

Collection « La mine en France »

*Exploration &
Exploitation minière
en Guyane*



**Mine
& Société**
Réseau d'excellence

TOME 8

Collection « La mine en France »

Exploration et exploitation minière en Guyane

Tome 8

Février 2017

Thomassin J.-F., Urien, P., Verneyre, L., Charles N., Galin R., Guillon, D., Boudrie, M., Cailleau A.,
Matheus P., Ostorero C., Tamagno D.



Comité de rédaction de la collection

Ministère de l'Économie et des Finances

Coordination : Alain Liger, Rémi Galin

Rédacteurs : Rémi Galin, Jean-François Moras, Diana Guillon.

BRGM – Bureau de Recherches Géologiques et Minières / Service Géologique National

Coordination : Nicolas Charles, Jean-Jacques Dupuy

Rédacteurs : Nicolas Charles, Laurent Bailly, Gaël Bellenfant, Francis Blanchard, Stéphane Chevrel, Patrice Christmann, Francis Cottard, Patrick D'Hugues, Jean-Jacques Dupuy, Jean-Claude Guillaneau, Jean-François Labbé, Bernard Lamouille, Maurice Save, Jean-François Thomassin, Pol Urien, Laure Verneyre, Guillaume Vic.

INERIS – Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

Coordination : Frédéric Poulard

Rédacteurs : Frédéric Poulard, Philippe Gombert, Xavier Daupley, Christophe Didier, Zbigniew Pokryszka.

Réseau d'Excellence Mine & Société (Mines ParisTech, Mines Nancy, Ecole Nationale Supérieure de Géologie, Mines d'Alès)

Coordination : Philippe Kister

Rédacteurs : Hossein Ahmadzadeh, Jean-Alain Fleurisson, Damien Goetz, Philippe Kister, Yann Gunzburger, Michel Jébrak, Brice Laurent, Jack-Pierre Piguet, David Salze.

Mots-clés : Guyane, exploration minière, exploitation minière.

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

Thomassin J.-F., Urien, P., Verneyre, L., Charles N., Galin R., Guillon, D., Boudrie, M., Cailleau A., Matheus P., Ostorero C., Tamagno D. (2017) – Exploration et exploitation minière en Guyane. Collection « La mine en France ». Tome 8, 141 p., 41 fig., 2 tabl., 7 ann.

Sommaire

1. Le contexte socio-économique et environnemental.....	9
1.1. LE CONTEXTE CLIMATIQUE.....	9
1.2. LES ECOSYSTEMES NATURELS ET LA BIODIVERSITE	10
1.3. DES ENVIRONNEMENTS SOCIO-ECONOMIQUES VARIABLES	12
1.4. LES INFRASTRUCTURES.....	13
1.5. LES POPULATIONS	13
1.6. L'ACTIVITE MINIERE DANS L'ECONOMIE GUYANAISE	13
1.7. LES STRUCTURES D'ACCOMPAGNEMENT DE LA MINE	14
1.8. LE CADRE REGLEMENTAIRE ET LEGISLATIF	17
1.9. LES PARTIES-PRENANTES	20
2. Le contexte géologique, le potentiel minier et l'activité minière	23
2.1. LE CONTEXTE GEOLOGIQUE	23
2.2. LE POTENTIEL MINIER.....	23
Potentiel aurifère.....	25
Potentiel des autres substances.....	27
2.3. ETAT DES LIEUX DE L'ACTIVITE MINIERE.....	28
3. L'exploration minière	31
3.1. METHODES ET TECHNIQUES DE L'EXPLORATION	31
3.2. IMPACTS DE L'EXPLORATION	31
3.3. SOLUTIONS ENVISAGEES ET BONNES PRATIQUES	32
4. L'exploitation minière	35
4.1. L'EXPLOITATION DE GISEMENTS ALLUVIONNAIRES	35
Profil des alluvions.....	35
Les phases de l'exploitation alluvionnaire	35
Les performances	39
4.2. METHODES ET TECHNIQUES D'EXPLOITATION DE GISEMENTS PRIMAIRES.....	39
Exploitations souterraines.....	39

Exploitations de surface	39
4.3. IMPACTS DE L'EXPLOITATION MINIERE	40
Impacts sur le milieu naturel.....	40
La logistique	43
Les verses à stériles.....	43
4.4. SOLUTIONS ENVISAGEES ET BONNES PRATIQUES	44
5. Le traitement du minerai	49
5.1. METHODES ET TECHNIQUES	49
La gravimétrie.....	49
La flottation.....	50
La cyanuration.....	53
Récupération de l'or solubilisé	54
Récupération de l'or solubilisé (procédé ADR : Adsorption-Désorption-Récupération) ..	54
5.2. IMPACTS DU TRAITEMENT DE MINERAI	55
Les rejets de traitement gravimétrique	55
Impacts liés au cyanure en présence de mercure.....	55
5.3. SOLUTIONS ENVISAGEES ET BONNES PRATIQUES	56
6. Fermeture, reconversion et gestion de l'après-mine en	59
6.1. EXPLOITATION D'OR ALLUVIONNAIRE.....	59
6.2. EXPLOITATION D'OR PRIMAIRE	60

Liste des figures

Figure 1 : Cumul annuel moyen des précipitations en Guyane (Source : www.nouragues.fr).	9
Figure 2 : Carte des sites et espaces naturels protégés de Guyane (Source : DEAL-Guyane).	11
Figure 3 : Les zonages forestiers (Source : ONF).....	12
Figure 4 : Session de formation à l'exploitation minière dans le cadre d'ORKidé (cliché : P. Urien, BRGM).15	
Figure 5 : Brochure tirée de l'exposition « des métiers en or » (Source : ORKidé).	16
Figure 6 : Le schéma départemental d'orientation minière (SDOM).	19
Figure 7 : Carte du potentiel minier de la Guyane (Source : BRGM).	24
Figure 8 : Similitudes géologiques et minières du Bouclier des Guyanes avec le craton Ouest-Africain (Source : Columbus Gold).	25
Figure 9 : Relations spatiales et physico-chimiques du minerai aurifère autour et en aval d'un minerai primaire (1 : primaire, 2 : oxydé, 3 : résiduel, 4 : colluvial, 5 : alluvial). Sources : cliché (Nateko - http://nateko.over-blog.com), schéma (GIS-Guyane BRGM).	26
Figure 10 : Profil d'altération classique d'une structure minéralisée sulfurée (Source : Mineralinfo).	26

Figure 11 : Géode de pyrite aurifère et minerai pyriteux en voie d'oxydation avec paillettes d'or sur le site de du filon Doyle (Mines CMB). (Clichés : P. Urien, BRGM).....	27
Figure 12: Concessions et permis d'exploitation en Guyane (Source : DEAL-Guyane).....	28
Figure 13. Gauche : Préparation d'une plateforme de forage, 6 employés locaux en phase d'acquisition de nouvelles compétence (Cliché : Newmont). Droite : Foreuses carottées légères en action avec un déboisement minimal lors du projet Sysmin Restauracion en République Dominicaine (Cliché : P.Urien, BRGM).....	34
Figure 14 : Schéma de principe d'une exploitation alluvionnaire en Guyane (Source : DEAL-Guyane)....	36
Figure 15 : Exploitation alluvionnaire en cours de production (Source : J.-F. Thomassin).....	36
Figure 16. Gauche : Débouage sur grille avec sluice simple au-dessous. Droite : Alimentation de la pulpe vers le sluice ayant une boîte à gravier en tête. Sluice en 3 sections en Z (Source : J.-F. Thomassin).....	37
Figure 17. Gauche : Concentrateur centrifuge. Droite : Table à secousses (Source : J.-F. Thomassin) ...	38
Figure 18 : Paillettes et lamelles d'or dans les concentrés de pyrites et sulfures en attente de valorisation (Site du filon Doyle Mines CMB). Clichés : P. Urien, BRGM.....	38
Figure 19. Gauche : Mine à ciel ouvert et usine (Site de Dieu-Merci en 2005).Centre : Le broyage. Droite : Concentrateur centrifuge (Clichés : J-F. Thomassin).....	40
Figure 20. Gauche : Tables à secousses. Centre : Jigs duplex. Droite : Concentrateur centrifuge.	49
Figure 21. Gauche : Schéma de fonctionnement d'une cellule de flottation. Droite : Unité de flottation en série (Cliché : J-F. Thomassin).....	51
Figure 22. Gauche : Lixiviation en tas avec arrosage par le dessus et récupération des solutions par le bas sur les liners. Droite : Cuves de cyanuration et adsorption sur charbon actif.	54
Figure 23 : Taux d'utilisation des différents procédés de destruction des cyanures.....	57
Figure 24 : Schéma explicatif de la réhabilitation d'un ancien site d'exploitation alluvionnaire (Source : DEAL-Guyane).....	59
Figure 25 : Exploitation alluvionnaire en cours de reprofilage et de plantations (Cliché : J.-F. Thomassin).	60
Figure 26. Gauche : Epanchage superficiel des stocks de terre végétale avant reboisement des vers à stériles. Droite : Végétalisation naturelle et spontanée des vers à stériles et intégration paysagère SMI Cominor Mine d'Ity en Côte-d'Ivoire (Clichés : P. Urien, BRGM).....	61
Figure 27 : L'association de l'exploitant société ERMINA avec le biologiste PHYTOTROP, sur l'exploitation de Saint-Félix. Gauche : Le chantier en finition. Droite : La zone ré-égulée, re-profilée et replantée (Cliché : C. Pernaut).....	62
Figure 28 : L'association de l'exploitant société ERMINA avec le biologiste PHYTOTROP, sur l'exploitation de Saint-Félix. Gauche : La zone après 3 ans. Droite : Les bords de crique après 4 ans (Cliché : C. Pernaut).	63
Figure 29 : Carte des secteurs couverts par l'échantillonnage régional et détaillé en sols et sédiments de ruisseau réalisé lors de l'inventaire minier. Source : http://gisguyane.brgm.fr/sig_inventaire_factuel.htm	81
Figure 30 : Carte de l'échantillonnage en sols et sédiments de ruisseau réalisé lors de l'inventaire minier et des résultats en or associés (hors partie Sud du Territoire). Source : http://gisguyane.brgm.fr/sig_inventaire_factuel.htm	82
Figure 31 : Zone couverte par la campagne aéroportée 1974-1975.	85
Figure 32 : Carte de la radiométrie, comptage total : levée lors de la campagne géophysique aéroportée de 1996. Source : http://gisguyane.brgm.fr/sig_geophysique75.htm	86
Figure 33 : Carte du champ magnétique, anomalie réduite au pôle. Campagne aéroportée 1974-1975.	87
Figure 34 : Territoire couvert lors de la campagne géophysique de 1996.....	88

Figure 35 : Carte magnétique de la Guyane (réduction au pôle). Source : BRGM.....	92
Figure 36 : Concentration en cyanure dans quelques végétaux (Source : Eisler, 1991).....	95
Figure 37 : Courbe d'équilibre du couple CN-/HCN et le pH (Source : Scott et Ingles, 1981).....	96
Figure 38 : Caractéristiques physico-chimiques des différents types de cyanures rencontrés sur les sites miniers et classés en fonction de leur stabilité croissante et toxicité décroissante (Source : Yu Zhang, Hydrometallurgy 46, 1997).....	97
Figure 39 : Comportement et transformation du cyanure à l'intérieur d'un bassin à résidus (tailing pond) et dans différents compartiments de l'environnement (air et sédiment). Source : Mudder et al., 1991.	98
Figure 40 : Exemple de dégradation du cyanure dans un bassin à l'air libre, aux UV du soleil et à la température ambiante. La dégradation de 20 à 0 mg/L s'effectue ici en 12 semaines (Source : Schmidt et al., 1981).	99
Figure 41 : Pilote de flottation de CME-CASPEO à Espérance (Cliché : J-F. Thomassin).....	103

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des différents actes miniers et de leurs principales caractéristiques.	18
Tableau 2 : Caractéristiques des différentes techniques de séparation gravimétrique.	50

Liste des annexes

Annexe 1 Historique de l'activité minière en Guyane.....	65
Annexe 2 Géologie et métallogénie.....	71
Annexe 3 Inventaire minier en Guyane : phases de l'exploration et méthodes	75
Annexe 4 Utilisation du cyanure en Guyane	93
Annexe 5 R&D de procédés de traitement en Guyane	101
Annexe 6 Après-mine (ex. ORkidé, Solicaz)	105
Annexe 7 Les métiers de la mine, « Des métiers en Or » par la grappe ORkidé de Guyane.....	111

1. Le contexte socio-économique et environnemental

1.1. LE CONTEXTE CLIMATIQUE

Située au nord-est du continent sud-américain, la Guyane est intégrée dans le plateau des Guyanes qui s'étend du sud du Venezuela au nord-est du Brésil.

D'une superficie de près de 84 000 km², la Guyane forme le plus vaste des départements français d'outre-mer (16% du territoire de l'Hexagone). Le territoire est bordé à l'ouest par le fleuve Maroni partagé avec le Suriname. Au sud et à l'est, la frontière avec le Brésil (580 km) est marquée par le fleuve Oyapock.

Le territoire bénéficie d'un climat de type équatorial humide. Sa position proche de l'équateur et la présence d'une façade maritime lui confèrent une grande stabilité climatique avec des vents et une amplitude de températures faibles. La température annuelle moyenne est de 26°C, le taux d'ensoleillement est important (de l'ordre de 2 200 heures par an), enfin le taux d'humidité est élevé, il varie entre 80 et 90%.

Les précipitations connaissent des variations annuelles conséquentes avec une saison humide qui s'étale de décembre à juillet, entrecoupée par une petite saison sèche vers mars et une plus longue d'août à novembre (Figure 1).

Cette saisonnalité a un fort impact sur les activités car elle induit des variations importantes de débits au niveau des bassins versants, accroissant en saison des pluies les phénomènes d'érosion et de crues, et rendant difficile l'accès aux sites par les fleuves ou les pistes. Le relief du département est peu marqué, avec une zone collinaire sur le littoral et quelques points dépassant 600 m d'altitude dans le sud, le point culminant atteint 830 m.

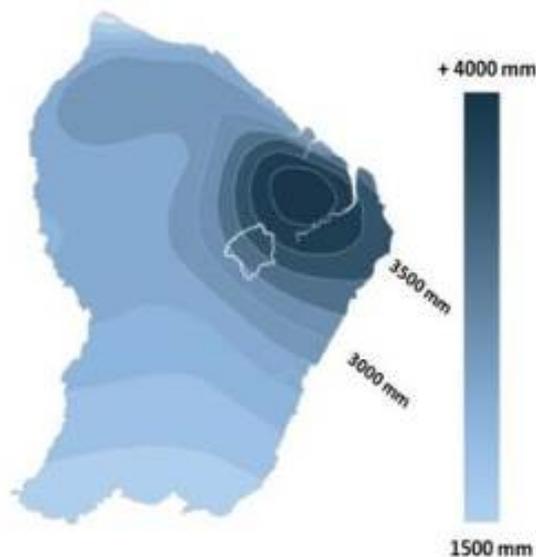


Figure 1 : Cumul annuel moyen des précipitations en Guyane (Source : www.nouragues.fr).

1.2. LES ECOSYSTEMES NATURELS ET LA BIODIVERSITE

La Guyane est recouverte à 97% par la forêt amazonienne et sillonnée de rivières et de fleuves entrecoupés de rapides. Le réseau hydrographique très dense avec plus de 110 000 km sur 8 principaux bassins versants (Maroni, Mana, Iracoubo, Sinnamary, Kourou, Mahury, Approuague, Oyapock) alimente en eau potable la population implantée sur le littoral et les fleuves frontaliers. Les eaux de surface en Guyane se caractérisent par une température élevée (23 à 28°C), une forte acidité (pH = 5,0 à 6,5), une forte turbidité liée à la présence de matière organique particulaire et une minéralisation extrêmement faible.

L'abondance de l'eau est un atout pour l'activité minière mais son acidité est favorable à la dissolution et au transport des métaux naturellement présents dans les sédiments ou susceptibles d'être rejetés par l'activité minière.

Le vaste massif forestier guyanais est considéré en bon état de conservation et doté d'une biodiversité exceptionnelle participant à l'équilibre climatique global. Il présente une forte diversité spécifique végétale et animale, la diversité des peuplements forestiers dépassant fréquemment les 150 espèces d'arbre par hectare. La géomorphologie est fortement liée à l'organisation des sols tropicaux, eux-mêmes influant sur la biodiversité végétale et animale.

La connaissance et la gestion de la biodiversité, des paysages et des écosystèmes naturels revêtent différents aspects. En matière de gestion et de protection, 30% de la superficie du territoire est couverte par des espaces naturels protégés, représentatifs des écosystèmes patrimoniaux naturels et humains de la Guyane.

Ces espaces sont constitués de réserves nationales et régionales, de réserves biologiques, d'arrêtés préfectoraux de protection de biotope, de sites, d'espaces du conservatoire du littoral, et bien entendu du parc national, le Parc Amazonien de Guyane, dont la zone-cœur couvre 20 300 km². Il existe également des mesures de protection des espèces, variables selon leur degré de vulnérabilité et de rareté.

Par ailleurs, l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) est un outil performant de constitution et de diffusion de la connaissance sur la nature (Figure 2). Révisé en 2014, il permet de caractériser et de délimiter les espaces naturels se distinguant du reste du territoire en raison de leur intérêt environnemental, basé sur des listes d'espèces déterminantes.

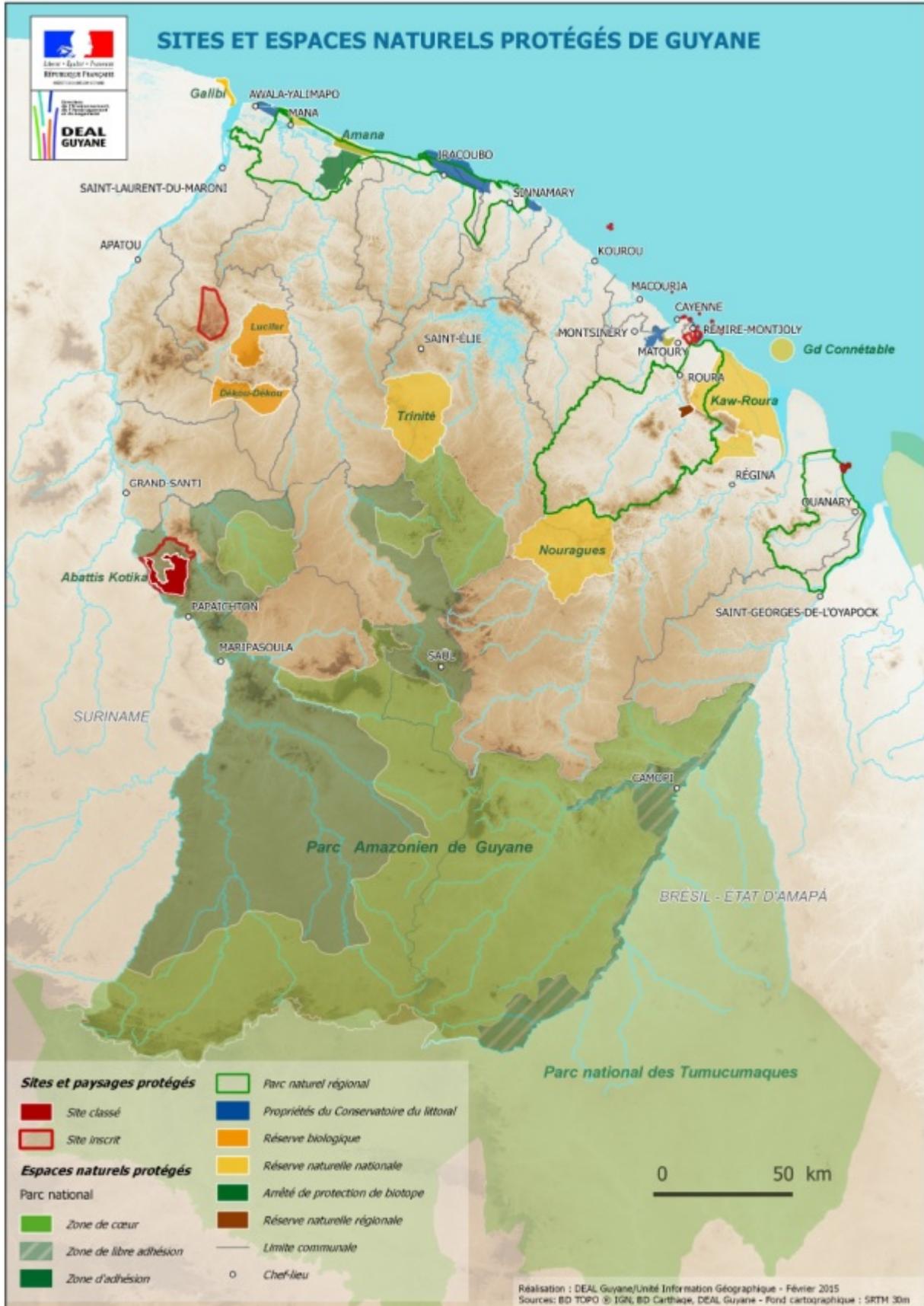


Figure 2 : Carte des sites et espaces naturels protégés de Guyane (Source : DEAL-Guyane).

1.3. DES ENVIRONNEMENTS SOCIO-ECONOMIQUES VARIABLES

La forêt guyanaise possède un statut de forêt domaniale dont la conservation et la gestion de 5,3 millions d'hectares de forêts du domaine privé de l'État sont confiées à l'ONF, le reste (2 millions d'hectares) étant situé au cœur du parc national est géré par le Parc Amazonien de Guyane. Le cadre juridique de cette gestion relève de la loi forestière de 2005 et du décret de 2008, adaptant le droit forestier au territoire de la Guyane.

Le domaine forestier permanent représente 2,4 millions d'hectares et constitue le seul espace en Guyane relevant du régime forestier. Celui-ci instaure un cadre législatif et réglementaire de gestion durable spécifique des forêts publiques, dont l'objectif principal est de garantir sur le long-terme la vocation forestière et naturelle de ces terrains et le renouvellement de la ressource en bois. À l'intérieur de cette zone, les forêts font l'objet de plans de gestion pluriannuels et multifonctionnels assurant la pérennité de cette gestion. Le réseau de pistes forestières desservant ces zones est défini et entretenu par l'ONF (Figure 3).

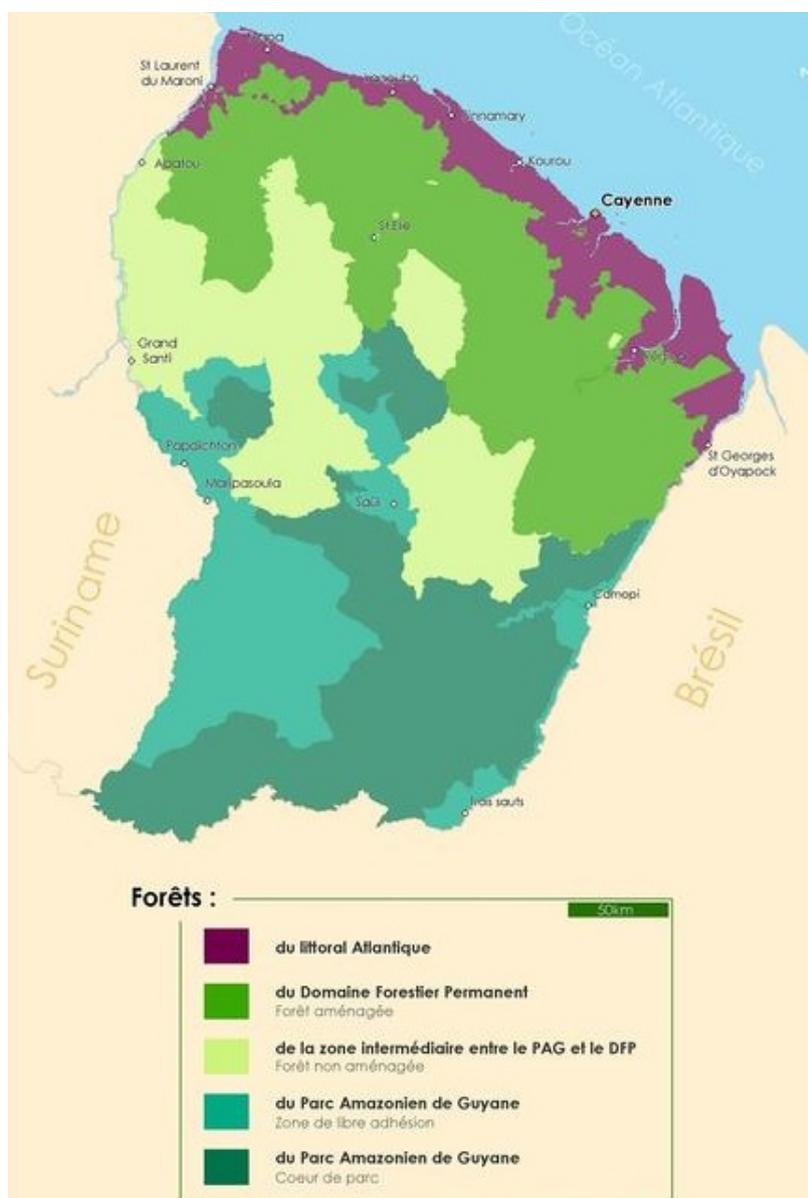


Figure 3 : Les zonages forestiers (Source : ONF).

1.4. LES INFRASTRUCTURES

Le réseau routier est développé sur la frange côtière et en connexion avec les pays frontaliers. Vers la Guyane intérieure, le réseau est peu développé et généralement prévu pour des activités temporaires (bois, activités minières) avec des infrastructures sensibles aux conditions climatiques. Le réseau de pistes forestières desservant le Domaine Forestier Permanent est géré par l'ONF. Le réseau de petits gabarits (ex. quad) est dense dans les régions aurifères mais il est peu sécurisé. Traditionnellement, le réseau fluvial est bien développé pour des raisons historiques, traditionnelles et de peuplement. Les populations locales ont une connaissance ancestrale et moderne des accès possibles, des risques saisonniers et des modalités de chargement. Les communes éloignées comme Maripasoula, Grand Santi, Saül ou Camopi sont également desservies par avion.

Le réseau de distribution d'énergie électrique se déploie uniquement sur la frange littorale entre Apatou et Cayenne. Ce point peut fortement contraindre les exploitations minières de grande ampleur. L'accès à l'eau potable en grande quantité peut s'avérer complexe dans les secteurs isolés du fait de l'absence de système de traitement et de réseau de distribution.

Ainsi, la valorisation des ressources minérales situées à distance de la bande côtière est contrainte par le développement des voies et l'éloignement des sources d'approvisionnement en énergie et en eau. Ce contexte spécifique, et la géologie du territoire ont conduit à privilégier l'exploration de cibles minières de haute valeur (or et diamants).

1.5. LES POPULATIONS

Avec une population qui a doublé en 20 ans, estimée à 250 377 habitants au 1^{er} janvier 2014 (et 440 000 habitants attendus en 2030), la Guyane reste l'un des départements les plus dynamiques de France en termes de démographie, malgré un récent ralentissement. La Guyane est la région la plus jeune de France, les moins de 20 ans représentant 42,5% des habitants. Un enjeu important réside dans la capacité à former et à proposer des emplois à ces jeunes, le taux de chômage (de 21% en moyenne) touchant plus fortement la catégorie des 15-24 ans (près de 45% de chômage).

La Guyane réunit sur son territoire une histoire contrastée et une mosaïque de communautés issues d'une variété d'influences et de richesses liées à : son origine amérindienne ; l'historique de l'esclavage qui y a sévit ; son statut de colonie puis de territoire ultramarin ; son image de territoire naturel vierge ; les activités atypiques passées et actuelles qui s'y sont développées (baignade, orpaillage, centre spatial, bases militaires) ; l'immigration indochinoise ; sa proximité avec des nations extra-européennes (Suriname, Brésil).

Ces communautés ont fréquemment des positions très variées vis-à-vis de l'activité minière du fait des revenus et des emplois que cette activité peut générer mais aussi des impacts potentiels sur la santé, les ressources (pollution des eaux) et la sécurité dès lors que ceux-ci ne sont pas bien maîtrisés.

1.6. L'ACTIVITE MINIERE DANS L'ECONOMIE GUYANAISE

En 2014, la branche industrielle représente environ 7% de la valeur ajoutée totale de la Guyane (source : IEDOM), se plaçant en troisième position en termes de création de richesses loin derrière le secteur des services et du commerce.

L'ensemble de la filière minière employait environ 550 travailleurs déclarés fin 2013 et les investissements atteignaient 14 M€. Les acteurs de la filière sont différents selon les types de gisements exploités. Les multinationales privilégient l'extraction d'or primaire, certaines PME se tournent à la fois vers l'extraction d'or primaire et l'exploitation d'or alluvionnaire, alors que les plus petits exploitants se limitent uniquement, pour le moment, à l'exploitation de l'or alluvionnaire qui nécessite moins d'ingénierie et d'investissements. Les cinq principaux sites d'exploitation représentent environ 60% de la production guyanaise et emploient chacun une cinquantaine de personnes (contre une trentaine de sociétés artisanales employant de 5 à 20 personnes).

L'extraction de l'or, deuxième filière industrielle derrière la production de biens d'équipement, a produit 1,8 t en 2014 (1,4 t en 2013) et a généré un chiffre d'affaires de l'ordre de 39 M€ (légèrement en baisse par rapport à 2013 du fait d'une dégradation des cours de l'or). Il existe un écart important entre la production réelle et la production déclarée. Cet écart est imputable aux gisements alluvionnaires et primaires exploités clandestinement par orpillage. Une estimation de 2008 (CEP Mine) se basant sur une hypothèse basse de 5 000 illégaux œuvrant à hauteur de 2 kg par ouvrier conduit à un total annuel produit de 8 à 10 tonnes d'or pour l'activité illégale.

Outre l'importance du travail illégal, les professionnels du secteur font part de contraintes au développement de leur activité liées à la réduction de l'octroi de titres miniers entre 2011 et 2013, aux délais et procédures de renouvellement et d'octroi de titres, aux coûts logistiques élevés en raison de la difficulté d'accès aux sites aurifères et aux coûts engendrés par l'obligation du respect des dispositions réglementaires relatives à l'environnement.

Le droit minier en Guyane est présenté dans le sixième paragraphe du tome 2 « Législation et réglementation minière ». Au 31/12/2015, 39 titres miniers (concessions, permis d'exploitation et permis exclusifs de recherches) étaient valides en Guyane, dont 20% destinés à l'exploration. On dénombre également une soixantaine d'autorisations d'exploitations qui ne sont pas des titres miniers mais des autorisations délivrées par le préfet.

1.7. LES STRUCTURES D'ACCOMPAGNEMENT DE LA MINE

Diverses instances et structures sont présentes en Guyane et interviennent dans le champ de l'activité minière.

- La Fédération des Opérateurs Miniers de Guyane (FEDOMG)

La FEDOMG est une association créée en juillet 2001, regroupant quatre syndicats composés de plus de 90% des entreprises minières de Guyane : artisans, PME et multinationales. Il est donc l'interlocuteur privilégié de l'administration et des instances politiques. Son activité vise à être force de proposition sur la fiscalité et le développement de la filière, il a pour cela proposé aux autorités un Plan de Développement Durable de l'Activité Minière (PDDAM). La FEDOMG a également élaboré et validé en 2005, en partenariat avec l'État, la Région et la profession minière, une charte des opérateurs miniers de Guyane traduisant l'engagement des acteurs de la profession vers des bonnes pratiques alliant développement minier, protection de la santé humaine et du milieu naturel et prospérité économique. Les éléments de la charte concernent plutôt l'activité alluvionnaire et n'ont pas fait l'objet d'évolution depuis 2006. Cette charte doit être évaluée mais elle constitue de fait un référentiel de la mine responsable en Guyane.

- Le Pôle Technique Minier de Guyane (PTMG)

Suite à une demande des professionnels pour la constitution d'une Chambre des mines, le PTMG a été créé en 2010, pour accompagner les artisans vers de nouvelles technologies d'exploration et d'exploitation et de mieux appréhender leur environnement réglementaire. Il se compose d'ingénieurs en géologie, environnement, géotechnique et traitement des minerais. Le PTMG favorise l'émergence d'entreprises structurées et constitue un pôle d'expertise transférable par le biais de la formation qualifiante et continue. Son appui s'exerce d'une part en matière d'appropriation des progrès techniques et de maîtrise des processus d'extraction et de traitement modernes, respectueux des milieux naturels et d'autre part en matière de finalisation des dossiers de demandes d'autorisation et de respect des procédures légales de toutes sortes (code minier, code de l'environnement, de l'urbanisme, du travail, etc.). Amorcé avec un financement européen, et de l'État complété par la FEDOMG et la CCIG à hauteur de 1,5 M€ sur la période 2010-2015. Initialement intégré dans le pôle industrie de la CCIG, le financement du PTMG est assuré par la collectivité territoriale de Guyane depuis le 1^{er} janvier 2016.

- La grappe ORkidé (« l'OR Ki Démarre, l'Or Ki Développe »)

ORkidé est une grappe d'entreprises œuvrant pour favoriser la synergie entre ses membres, les acteurs de la filière interprofessionnelle minière de Guyane et les métiers associés (Figure 4 et Figure 5). Lauréate en 2011 de l'appel à projets « Grappe d'entreprises » lancé par la Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale (DATAR), l'association regroupe 48 membres, dont 33 TPE, 12 PME, 2 organismes de recherche et de formation (BRGM, Université de Guyane) et une chambre consulaire (CCI de la Région Guyane).

L'objectif d'ORkidé est de constituer un réseau d'entreprises de la filière minière, mobilisées par une stratégie commune et des actions concrètes et mutualisées. Les projets prioritaires identifiés et mis en œuvre concernent la formation, l'optimisation des techniques d'exploitation et de récupération de l'or, la réhabilitation de sites, la valorisation des archives de la mine, les transferts de technologies et de compétences pour toute la filière.



Figure 4 : Session de formation à l'exploitation minière dans le cadre d'ORKidé (cliché : P. Urien, BRGM).



Figure 5 : Brochure tirée de l'exposition « Des métiers en or » (Source : ORkidé).

Depuis sa mise en place, ORkidé a réalisé des études, des formations et des événements permettant de valoriser les métiers de la mine et de rechercher des techniques et des solutions innovantes pour l'après-mine. Ainsi, 51 métiers avec des fiches-métiers associées ont été identifiés et 8 opérateurs ont été formés en 2014.

L'association est financée par les cotisations de ses membres et par des subventions publiques. Le budget annuel est d'environ 150 k€, le programme pour la période 2016-2018 est plus ambitieux, estimé à 755 k€.

• Le Contrat d'étude prospective (CEP Mines)

Confié à l'École des mines d'Alès en 2009, le CEP du secteur minier aurifère de la Guyane a fait l'objet d'une analyse du secteur, en se basant sur une dizaine d'entreprises de toute taille, alluvionnaire et primaire. Ce travail a fait l'objet d'une synthèse en janvier 2010 permettant de mieux connaître la ressource aurifère et son exploitation. Des propositions ont été formulées sur la nécessité d'envisager des évolutions techniques et technologiques pour optimiser la production et accroître la rentabilité tout en suivant une démarche d'exploitation responsable :

- l'accès aux ressources avec une meilleure évaluation du gisement et des techniques adaptées pour le traitement et l'enrichissement du minerai et améliorer les rendements ;
- la clarification des modalités d'accès aux titres miniers ;
- le développement de la prospection ;
- la capacité de mener des études de faisabilité basées sur un modèle économique réaliste pour faciliter l'accès aux aides bancaires ;
- la formation et son financement pour améliorer l'attractivité de la filière : inciter les opérateurs à entreprendre des études de faisabilité techniques et économiques sous la forme de crédit impôt-recherche ; améliorer les conditions de travail notamment en introduisant dans la convention collective régionale une organisation par cycles de

travail sur l'année ; proposer une offre de formation adaptée pour favoriser le recrutement local (collège à Bac +2, stages spécialisés, etc.), etc.

Les travaux du CEP Mines n'ont pas fait l'objet d'une évaluation de leur mise en œuvre.

1.8. LE CADRE REGLEMENTAIRE ET LEGISLATIF

• Code minier

L'application du code minier métropolitain a été étendue aux départements d'outre-mer à la fin des années 1990. Un régime particulier a été adopté par le législateur tenant compte des spécificités des exploitations aurifères artisanales en Guyane (

Tableau 1).

Ainsi, le code minier prévoit qu'en plus de la concession ou de l'exploitation par l'État, les mines (à l'exception des hydrocarbures liquides ou gazeux) puissent également être exploitées en vertu d'un titre minier dénommé « permis d'exploitation » ou d'une « autorisation d'exploitation ».

Le « permis d'exploitation » (PEX), est attribué par arrêté ministériel pour une durée maximale de 5 ans, renouvelable deux fois pour la même durée. La surface concernée est déterminée par l'acte accordant le permis.

Dans tous les cas, la délivrance d'un permis d'exploitation est subordonnée à la production d'une notice d'impact ou, en cas de dépôt conjoint de demande d'ouverture de travaux, d'une étude d'impact. Les permis d'exploitation étant des titres miniers, il est donc nécessaire avant de pouvoir entreprendre quelques travaux que ce soient, de procéder à une déclaration ou à une demande d'autorisation de travaux. Cette procédure peut être engagée simultanément à la demande de permis ou *a posteriori*. L'autorisation qui en découle prend la forme d'un arrêté préfectoral accompagné de prescriptions.

L'« autorisation d'exploitation » (AEX), est attribuée par le préfet, pour une durée maximale de 4 ans, renouvelable une fois pour la même durée, sur une superficie maximale de 1 kilomètre carré (km²). Sa caractéristique principale est d'être une autorisation de travaux, entrant par conséquent dans le champ de compétence du préfet et demandant le consentement préalable du propriétaire du sol. En Guyane, l'État étant gestionnaire d'une grande partie du territoire, il lui revient donc de délivrer des autorisations d'occupation temporaire du domaine public en plus des autorisations d'exploitation et des titres miniers.

Dans ce même cadre, l'autorisation de recherches minières (ARM), permet d'obtenir l'autorisation du propriétaire (État), représenté par l'Office National des Forêts, pour réaliser des travaux de recherche sous un simple régime déclaratif.

Les demandes de titres miniers et les autorisations de travaux sont soumises à l'avis consultatif de la commission départementale des mines regroupant notamment les associations de protection de l'environnement et les élus.

Tableau 1 : Synthèse des différents actes miniers et de leurs principales caractéristiques.

	ARM	AEX	PER	PEX	CONCESSION
SURFACE	1 à 3 km ²	1 km ² Sous forme de rectangle ou de carré	Libre	Libre	Libre
DURÉE	4 mois 1 demande par secteur, renouvelable une fois	4 ans max. Renouvelable une fois 3 AEX simultanés max.	5 ans max. Renouvelable deux fois	5 ans max. Renouvelable deux fois	Max. 50 ans Renouvelable par tranche de 25 ans (expir. 2018 des titres historiques)
TYPES DE SOCIÉTÉS	Artisans / PME	Artisans / PME	PME / Multinationales	PME / Multinationales	PME / Multinationales

Le projet de réforme engagé par le gouvernement en 2012 (Tome 2 - Législation et réglementation minière) ne prévoit pas de modifier sensiblement le régime minier applicable en Guyane.

Le projet de loi réajusterait les dispositions relatives aux autorisations d'exploitation. Ainsi, la superficie des autorisations d'exploitation serait réduite à 25 hectares (au lieu de 1 kilomètre carré) et limitée aux seules substances alluvionnaires. La surface maximale retenue serait ainsi en deçà de celle qui requiert une évaluation systématique suivant la directive n°2011/92/UE du 13/12/2011 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement.

Il est également prévu que la commission départementale des mines soit substituée au groupement participatif d'information et de concertation, lorsque la procédure renforcée de participation serait mise en œuvre. Un décret préciserait les modalités spécifiques d'organisation de la commission départementale des mines lorsqu'elle exercera les compétences du groupement participatif dans les processus d'instruction de titres miniers.

- Le Schéma Départemental d'Orientation Minière (SDOM)

Le SDOM, adopté en décembre 2011 a pour objectif l'instauration d'une politique équilibrée permettant le développement économique par la mise en valeur de la ressource minière et garantissant le respect de l'environnement (Figure 6).

Les espaces constituant le territoire du département de la Guyane sont répartis en quatre zones dans lesquelles les possibilités de prospection et d'exploitation minières sont définies conformément à l'article L.621-1 du code minier. Le zonage prendra en compte la protection des milieux naturels sensibles, des paysages, des sites et des populations et la gestion équilibrée de l'espace et des ressources naturelles, compte-tenu de l'intérêt économique de la Guyane et de la valorisation durable de ses ressources minières.

À chaque zone correspondent des règles qui s'appliquent sans préjudice des dispositions législatives et réglementaires relatives aux activités minières, y compris celles spécifiques à la Guyane.

Le zonage a été défini en croisant les enjeux humains et environnementaux et le potentiel en ressource minière. Il intègre ainsi une analyse des enjeux économiques, humains et environnementaux, bien que les prescriptions particulières destinées à la zone sous contraintes (zone 2) ne soient pas totalement explicitées. Des mesures particulières sont prises mais concernent principalement l'exploitation aurifère alluvionnaire, comme les mesures visant la largeur maximale de dérivation des cours d'eau (7,5 m) ou encore le seuil de rejet de matières en suspension (teneur maximale 35 mg/L des rejets à l'exutoire).

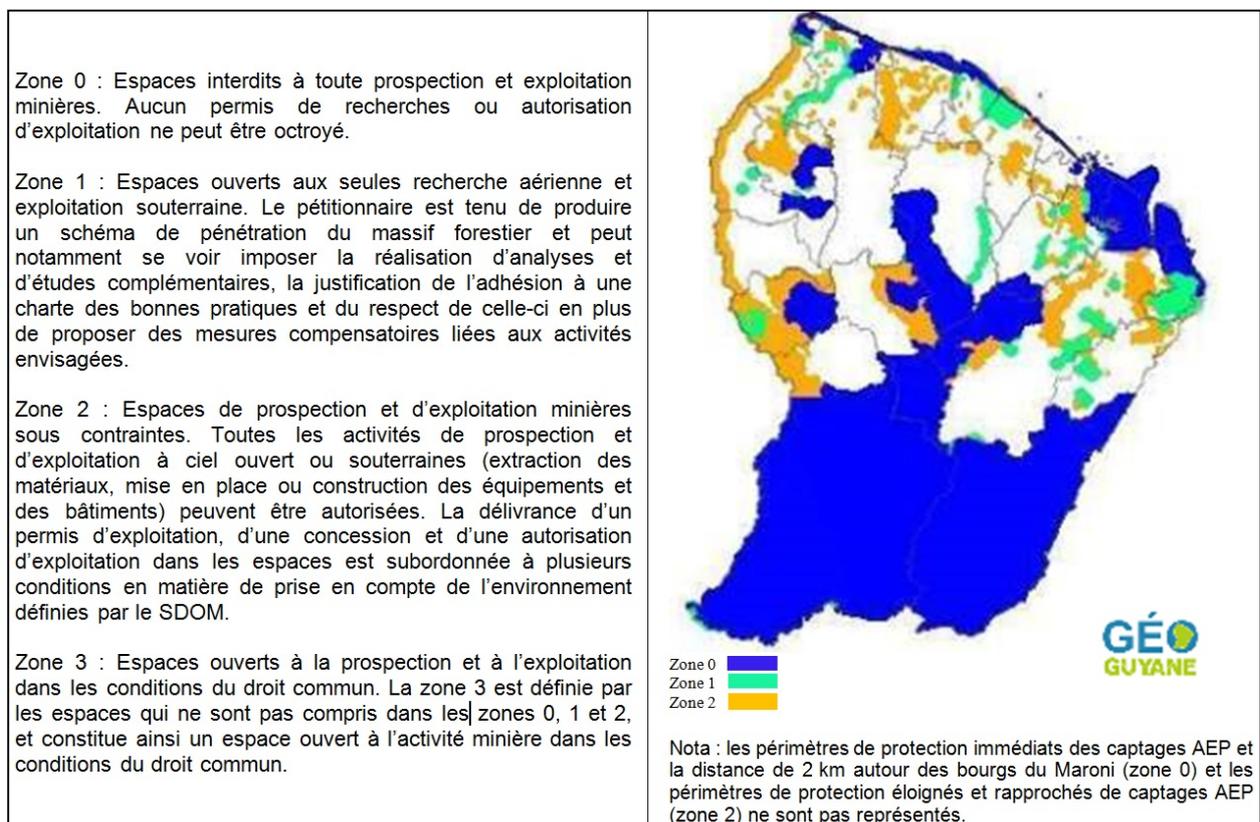


Figure 6 : Le schéma départemental d'orientation minière (SDOM).

Tous les quatre ans au moins, la commission départementale élargie doit élaborer un rapport de bilan complet d'évaluation du SDOM. Il pourra proposer des mesures correctrices et des indications sur les modifications qui pourront être apportées au schéma à l'avenir. Un premier bilan est prévu en 2016.

- Le Groupe de Travail Exploitation Environnement Zonage (GTEEZ)

Le GTEEZ a pour objectif d'étudier et de piloter la mise en œuvre de diverses actions en rapport avec l'activité aurifère pratiquée en Guyane. Ce groupe de travail piloté par la DEAL-Guyane regroupe des professionnels, les services de l'État, des bureaux d'études, des ONG et des associations environnementales. Ses activités sont pour le moment essentiellement tournées vers les techniques employées dans l'exploitation alluvionnaire. Les travaux récents visaient à définir les modalités techniques d'application des prescriptions du SDOM (notice d'impact renforcée, limite des 7,5 m de largeur de cours d'eau, etc.).

1.9. LES PARTIES-PRENANTES

Pour rappel, une partie-prenante est un acteur, individuel ou collectif (groupe ou organisation), activement ou passivement concerné par une décision ou un projet, c'est-à-dire dont les intérêts peuvent être affectés positivement ou négativement à la suite de son exécution (ou de sa non-exécution).

La notion de partie-prenante est centrale pour les questions relatives à :

- la responsabilité sociétale ;
- la démocratie participative ;
- la transformation écologique et sociale ainsi que pour certaines normes.

En matière de développement durable, les parties-prenantes expriment des attentes, synthétisées par l'entreprise qui devra en tenir compte. Le terme de parties-prenantes peut d'ailleurs souvent, s'élargir aux parties intéressées. Les niveaux d'implication ainsi que leurs besoins en communication et informations sont très élevés.

Les attentes des parties-prenantes identifiées dans le tome 3 de la collection mine responsable peuvent être retenues pour la Guyane sous réserve de bien les identifier et les intégrer dans le cadre d'un territoire d'outre-mer qui possède des caractéristiques particulières :

- La Guyane réunit sur son territoire une histoire contrastée et une mosaïque de communautés issues d'une variété d'influences et de richesses liées à son histoire et à sa situation géographique. Il existe des communautés locales dans la Guyane intérieure avec une culture et des habitudes traditionnelles, qui ont leur propre approche de leur environnement naturel et de leur savoir-faire. Ces cultures et traditions sont défendues par le CCPAB (Conseil Consultatif des Populations Amérindiennes et Bushinengé) adossé à la Collectivité Territoriale de Guyane. Avant la réforme territoriale, cet organe consultatif était adossé à la Préfecture de Région.

De fait, la mosaïque des différentes communautés guyanaises exprime fréquemment des positions très variées vis-à-vis de l'exploration et l'exploitation minières et des revenus socio-économiques que cette activité peut générer ainsi que des impacts négatifs sur la santé, les ressources en eau et la sécurité d'une activité minière non maîtrisée et non durable.

La richesse de cette dimension humaine devra être intégrée pour permettre l'émergence d'un concept innovant de mine responsable.

- Les forces de l'ordre et de sécurité et l'armée qui, en Guyane, sont en permanence mises à contribution pour faire respecter la loi régalienne dans le cadre de la lutte contre l'exploitation illégale ;

- La Collectivité Territoriale de Guyane (CTG) qui devra élaborer un plan intégré de développement concerté, harmonieux et cohérent de la Guyane intérieure.

Compte-tenu de la faible densité de population et de l'urbanisation quasi nulle des zones à vocation ou potentiel minier, les critères péri-urbains et d'interactions sur les valeurs immobilières sont nettement moins sensibles. À cela s'ajoute le statut spécifique de la forêt domaniale guyanaise dont la gestion est confiée à l'ONF dont les prérogatives ont force de loi dans de nombreux domaines.

Les projets miniers d'exploration ou d'exploitation suscitent bien souvent : curiosité, intérêts et inquiétudes. Une confusion persiste entre les activités légales encadrées et celles conduites illicitement, si bien que le sujet minier est souvent présent dans l'actualité. En effet, on estime à environ 10 t par an la production d'or qui échappe à tout contrôle et est exfiltrée illégalement de la Guyane (soit environ 1 milliard d'euros tous les 3 ans), contre 1,2 tonne déclarée annuellement. Cet énorme écart, conjugué aux ravages causés par les activités illégales sur la santé humaine, la sécurité et l'environnement sont autant d'éléments susceptibles de nuire à l'image de la filière. Il convient de noter toutefois les progrès réalisés ces dernières années grâce aux initiatives de la profession à travers la grappe ORkidé, mais aussi des pouvoirs publics et des ONG.

La communication objective, la transparence, l'usage de procédés adaptés et la traçabilité de l'or sont donc des voies essentielles dans la mise en place de la mine responsable en Guyane. Les travaux réalisés par le WWF dans le cadre du projet TAO (Traçabilité Analytique de l'Or de Guyane) offrent des résultats prometteurs qui permettraient de définir la « carte d'identité » de l'or guyanais, pouvant aller jusqu'à une labellisation. Les travaux en ce sens doivent être poursuivis avec la profession à l'avenir.

2. Le contexte géologique, le potentiel minier et l'activité minière

2.1. LE CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le bouclier guyanais est organisé sur le modèle classique des grands boucliers précambriens où alternent des ceintures de « roches vertes » d'origine volcano-sédimentaire et des complexes granitiques déformés (gneiss). En Guyane, les formations géologiques, dont l'âge est compris entre 2,1 et 1,8 milliards d'années (Protérozoïque inférieur) se répartissent en deux grands types :

- (1) les roches volcaniques (roches vertes et gabbros) recouvertes et/ou associées à des sédiments (grès et conglomérat) ou formation de Paramaca (particulièrement développée dans la partie nord de la Guyane) ;
- (2) les intrusions granitiques plus récentes recoupant de vastes zones de roches intensément déformées et métamorphosées de gneiss et migmatites.

2.2. LE POTENTIEL MINIER

La connaissance du potentiel minier en Guyane (Figure 7) s'est considérablement développée avec les prospections et cartographies géologiques et minières réalisées dans les années 1950, complété par l'Inventaire minier de la Guyane réalisé par le BRGM entre 1975 et 1995, comprenant des campagnes d'analyses géochimiques avec échantillonnages en sols, à large maille, et en sédiments de ruisseau (voir annexes). Cet inventaire à large maille a été poursuivi et enrichi par des études géophysiques (levé aéromagnétique et radiométrique en 1996), et géochimiques (suivi d'échantillonnage tactique ciblé) réalisées par le BRGM sur des zones d'intérêt.

Parallèlement, l'amélioration des connaissances géologiques et les divers travaux de recherches et de synthèses géologiques et métallogéniques de part et d'autre de l'Atlantique ont entraîné la réévaluation du potentiel aurifère du bouclier guyanais de la Guyane. Cette zone possède un fort potentiel en raison de sa parenté et continuité avec le bouclier Ouest-Africain (Figure 8). Les découvertes et mises en production des gisements d'Omaï au Guyana, de Las Cristinas au Venezuela, de Gross Rosebel au Suriname, ont suscité un intérêt et continue d'attirer des explorateurs et investisseurs miniers étrangers pour la Guyane.

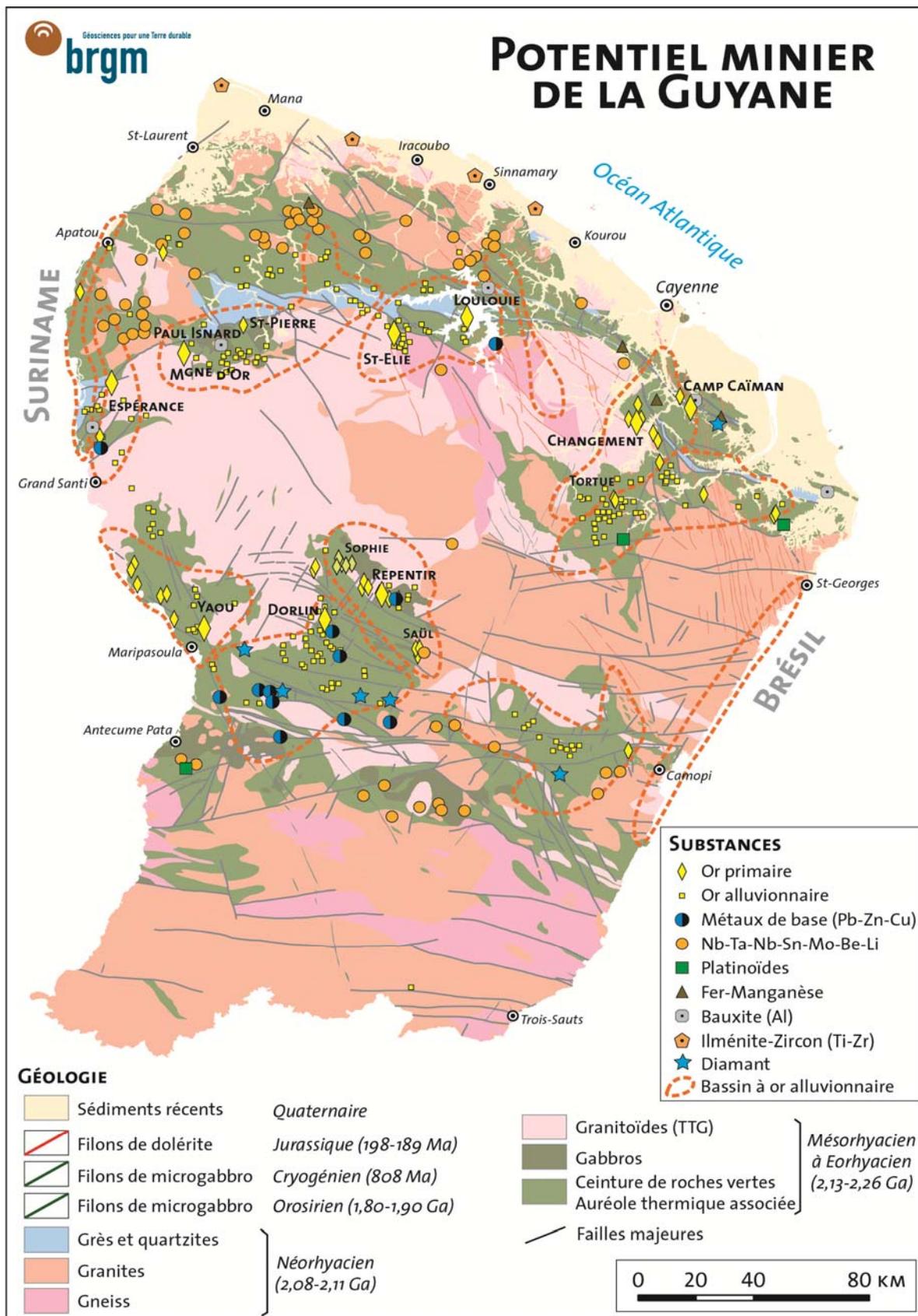


Figure 7 : Carte du potentiel minier de la Guyane (Source : BRGM).

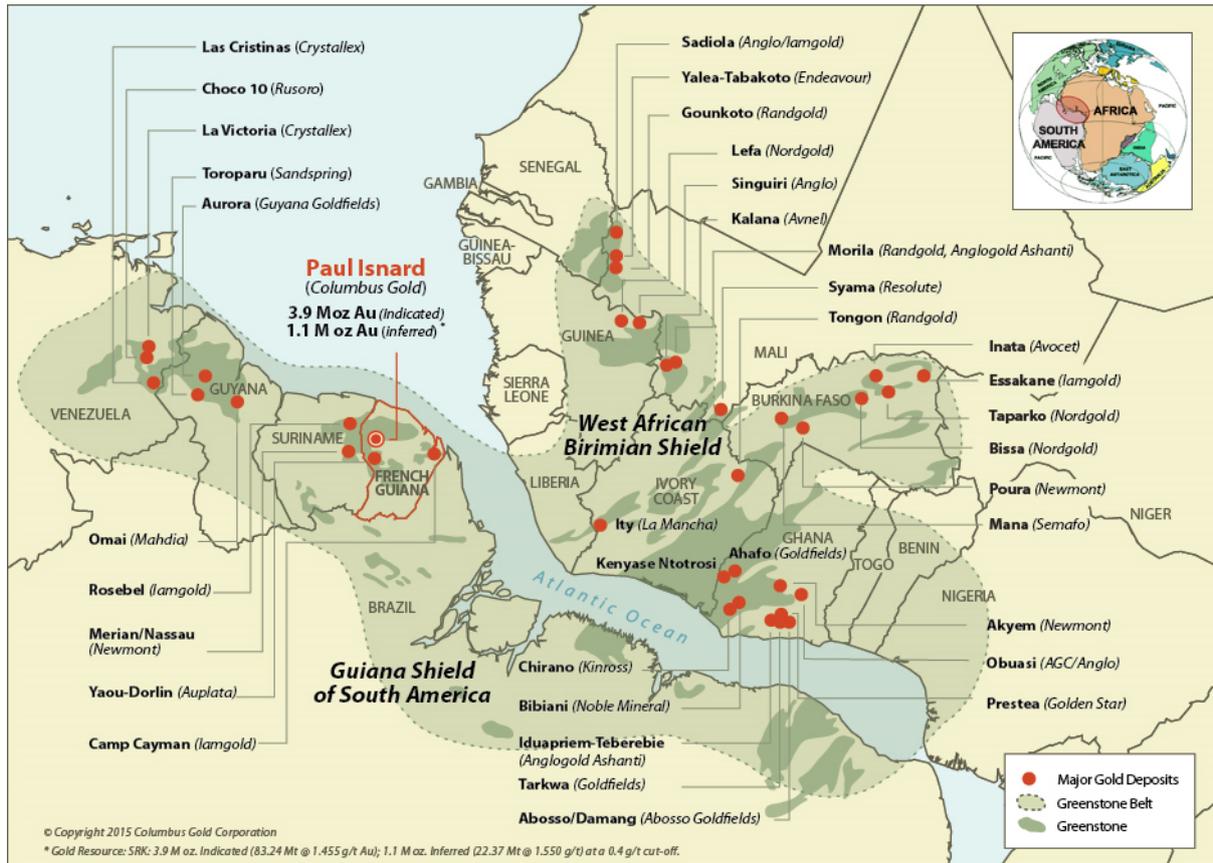


Figure 8 : Similitudes géologiques et minières du Bouclier des Guyanes avec le craton Ouest-Africain (Source : Columbus Gold).

Potentiel aurifère

Les ressources minérales connues de la Guyane sont essentiellement constituées de minéralisations aurifères. Fréquemment et compte-tenu de l'évolution historique de l'exploration et de l'exploitation, les géologues classent les gisements d'or en 5 types (Figure 9) :

- De type **placer ou alluvionnaire** (type 5). Une accumulation par gravité de l'or pépitique ou de minéraux lourds provenant du démantèlement des roches mères des versants. Accumulations en base des alluvions liées à la réduction de l'énergie du courant en amont de confluences ou dans un piège au fond du lit du cours d'eau ;
- De type **colluvial ou éluvionnaire** (type 4). Une concentration légèrement déplacée dans le sol d'un versant suite à l'altération et à l'érosion et l'évacuation des minéraux plus légers concentrant ainsi les éléments les plus denses ;
- De type **résiduel** (type 3). La concentration est localisée dans la roche (saprolite) et les sulfures altérés et dissous à l'aplomb de la source primaire. La structure et l'orientation originelle de la roche a disparu ;
- De type **oxydé** (type 2). La concentration est localisée dans une roche altérée ayant conservé sa structure originelle au-dessus du front d'oxydo-réduction ;
- De type **primaire** (type 1). Aucun des phénomènes d'altération superficielle n'a affecté ni la concentration minérale, ni l'encaissant. La concentration peut, cependant avoir subi des modifications par des altérations hydrothermales anciennes.

Les types 1 à 3 sont regroupés sous le terme de « gisements primaires ». Seul le type 1 ne fait pas l'objet d'exploitation à ce jour.

Le potentiel en or primaire (type 1) est quasiment intact et constitue sans doute l'avenir de l'activité minière en Guyane. La connaissance réelle du potentiel minier du territoire, aurifère ou non, reste lacunaire. Il est estimé que seulement un tiers du territoire a été inventorié.

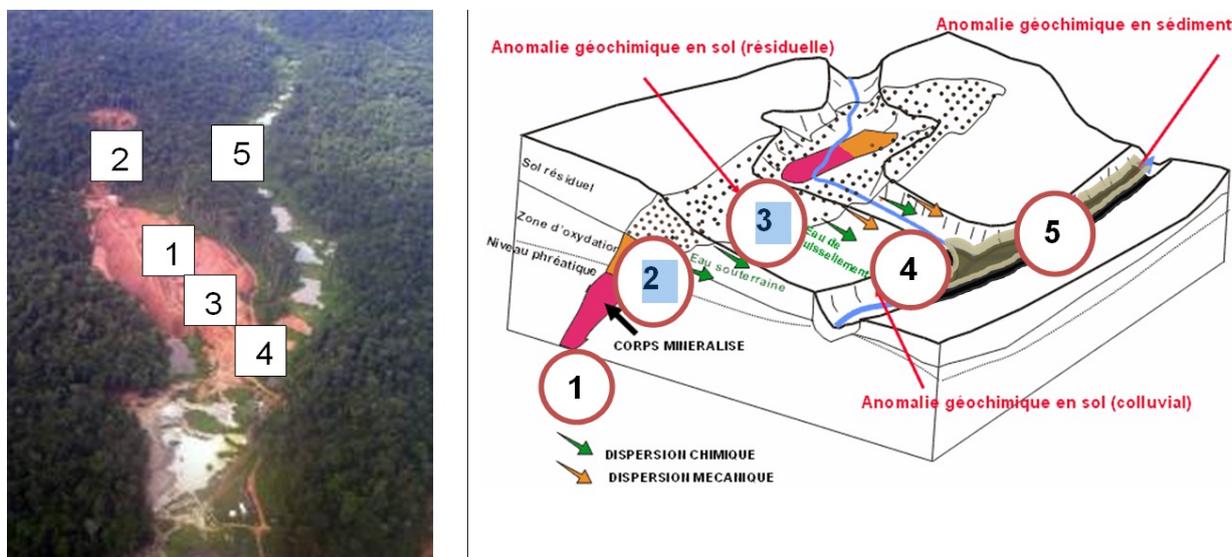


Figure 9 : Relations spatiales et physico-chimiques du minerai aurifère autour et en aval d'un minerai primaire (1 : primaire, 2 : oxydé, 3 : résiduel, 4 : colluvial, 5 : alluvial). Sources : cliché (Nateko - <http://nateko.over-blog.com>), schéma (GIS-Guyane BRGM).

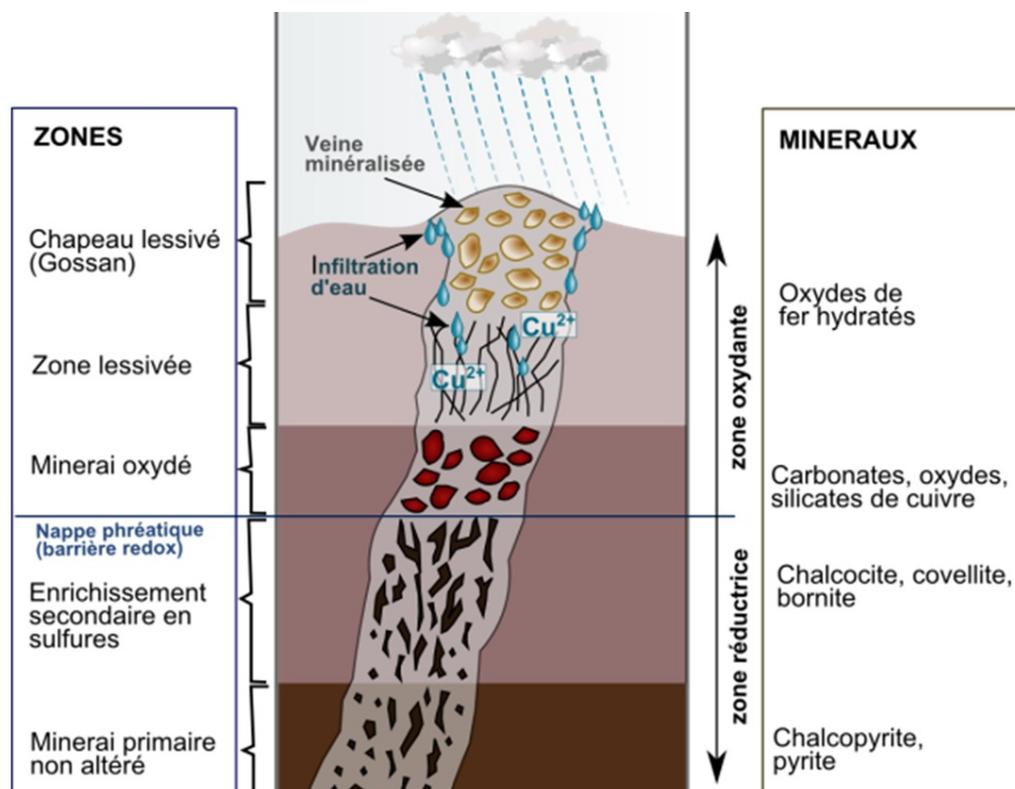


Figure 10 : Profil d'altération classique d'une structure minéralisée sulfurée (Source : BRGM).



Figure 11 : Géode de pyrite aurifère et minerai pyriteux en voie d'oxydation avec paillettes d'or sur le site du filon Doyle (Mines CMB). (Clichés : P. Urien, BRGM).

Potentiel des autres substances

Le potentiel minier de la Guyane hormis l'or a été actualisé en 2013 par le BRGM. Des recherches ont porté sur les indices des minéralisations à tantale-niobium et éléments associés, les minerais d'aluminium (bauxite), les concentrations de kaolin (hors périmètre du livre blanc) et les sables à minéraux lourds. Par ailleurs, l'Inventaire minier réalisé en 1976 a identifié des anomalies en cuivre, plomb, zinc, nickel, argent, molybdène, manganèse, et platine. Plusieurs diamants de petite taille mais en grand nombre et de forme cristalline parfaite ont été découverts dans les régions de la Montagne de Kaw et de l'Inini. Leur petite taille et les difficultés d'accès rendent inexploitable cette ressource dans les conditions actuelles.

Ainsi, bien que les minéralisations aurifères soient la principale ressource minière, d'autres substances sont souvent associées ou proches des gisements d'or et peuvent constituer un potentiel : porphyres à Cu-Au, amas polymétalliques à Pb-Zn-Cu, niveaux exhalatifs à Fe-Mn et minéralisations sulfurées à Cu-Ni associées à des roches basiques et ultrabasiques.

Des minéralisations associées aux granites (Nb-Ta, Li, Sn, Mo), en particulier les minéralisations de **colombo-tantalite** à tantalite dominante ont été identifiées et exploitées sous forme alluvionnaire dans les années 1950. Les zones d'intérêt ont été circonscrites en placers et roches altérées dans les secteurs de la Haute Sparouine, la Basse Mana et le Bas Sinnamary. Elles pourraient faire l'objet de développements dans le futur.

Il existe également des minerais d'aluminium de type **bauxite**. Seul le gisement de la Montagne de Kaw a fait l'objet de travaux significatifs ayant débouché sur plusieurs projets d'exploitation, mais les interdictions de ces activités sur le secteur de la Montagne de Kaw ainsi que les volumes et les teneurs économiques restent insuffisants en l'état actuel des prospections,

compte-tenu des coûts d'infrastructure pour l'exploitation, le traitement et le stockage des rejets et l'évacuation des minerais.

Enfin, les **sables à minéraux lourds** (ilménite, zircon, monazite) de la zone littorale des secteurs entre Sinnamary et Awala-Yalimapo, ont un avenir minier limité en raison de leur proximité avec des espaces naturels protégés (mangroves).

2.3. ETAT DES LIEUX DE L'ACTIVITE MINIERE

Au 31/12/2015, 39 titres miniers (concessions, permis d'exploitation et permis exclusifs de recherches) sont valides en Guyane, dont 20% destinés à l'exploration (Figure 12). On dénombre une soixantaine d'autorisations d'exploitations qui ne sont pas des titres miniers et qui sont délivrées par le préfet. La production s'établit à 1,8 t en 2014.

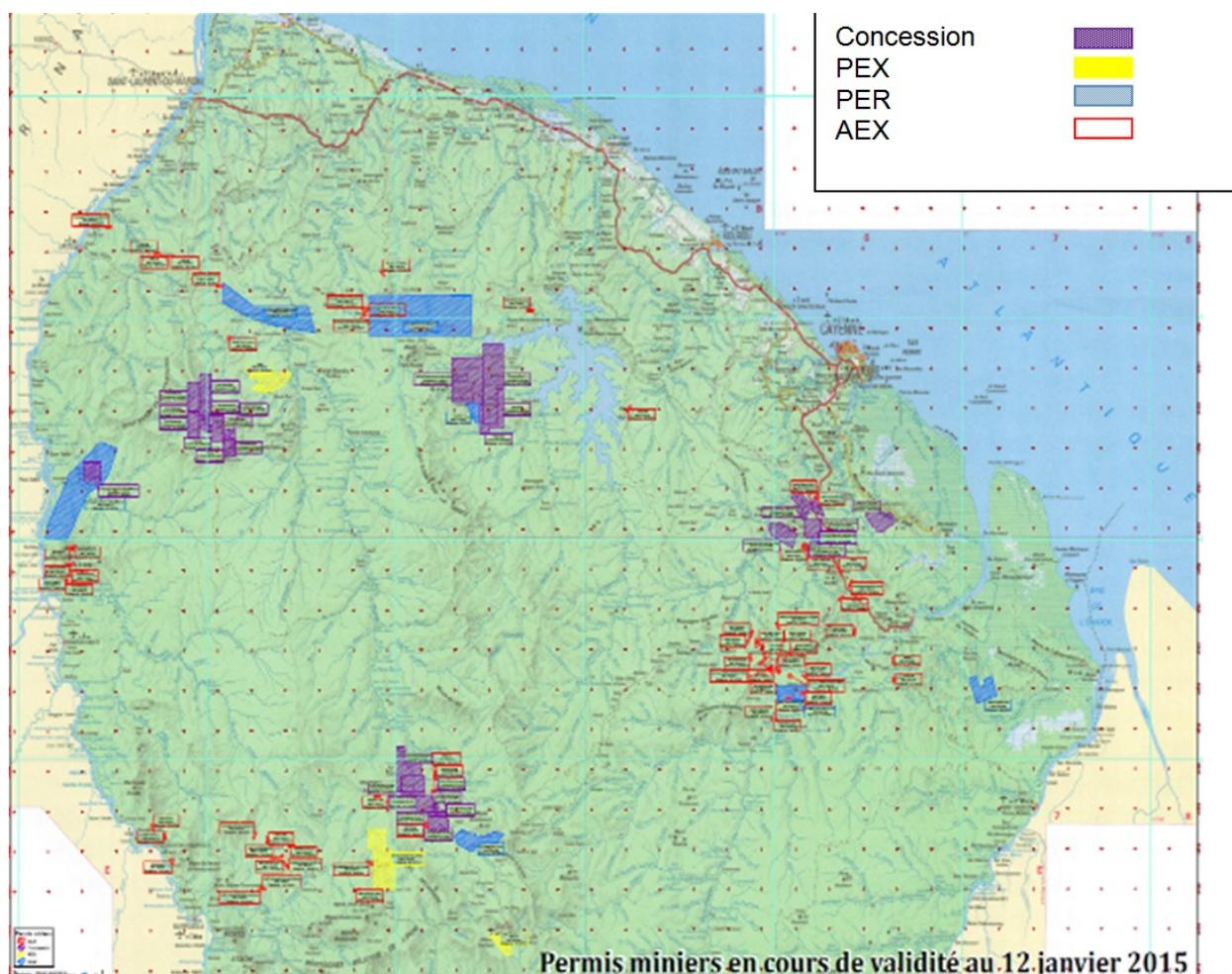


Figure 12: Concessions et permis d'exploitation en Guyane (Source : DEAL-Guyane).

On compte actuellement en Guyane une dizaine de sites d'exploration ou d'exploitation d'or primaire. Les sites actuellement en production emploient chacun environ une cinquantaine de personnes.

Parmi les principaux acteurs, on retrouve les sociétés suivantes :

- Auplata / SMYD / ARMINA
- Columbus Gold / SOTRAPMAG / Nordgold
- IAMGOLD
- Société des mines de Saint-Élie (SMSE) / Compagnie Minière Espérance
- Compagnie Minière Boulanger (CMB) / Société Saint-Eloi
- Newmont La Source

Pour compléter l'état des lieux, il est important de rappeler que c'est la production alluvionnaire qui a permis le maintien de l'existence du secteur minier aurifère en Guyane. C'est au tout début des années 1990 que la production alluvionnaire relance le secteur minier aurifère en Guyane, pendant que quelques multinationales s'intéressent à l'exploration. Mais c'est la centaine d'entreprises artisanales qui produit et structure l'environnement minier : évolution du code minier, charte, adaptation de la défiscalisation, taxation, réhabilitation, arrêt du mercure, reforestation, etc. Après un coup d'arrêt au moment de l'élaboration du SDOM, et à l'occasion de la remontée du cours de l'or, une relance significative et progressive est enregistrée depuis deux ans. La demande d'AEX a plus que doublé pendant cette période, démontrant l'importance et la vigueur du tissu artisanal minier nécessaire à l'équilibre du secteur.

En Guyane, l'activité minière devrait se poursuivre dans les conditions actuelles pour les artisans mineurs. Le développement de l'exploration et l'exploitation industrielle dans les PME locales ainsi que la concrétisation d'au moins un projet de taille mondiale sont attendus.

3. L'exploration minière

3.1. METHODES ET TECHNIQUES DE L'EXPLORATION

Les méthodes et techniques employées par les opérateurs miniers dans le cadre de l'exploration minière semi-industrielle et industrielle en Guyane sont similaires à celles qui sont employées en métropole et décrites dans le tome 4 (exploration minière) et le tome 11 (sondages miniers).

Les minéralisations aurifères de type alluvionnaire en Guyane sont recherchées par les artisans orpailleurs ainsi que par les PME. Le plan de prospection classique consiste dans un premier temps à réaliser une cartographie géologique pour localiser et caractériser les terrasses alluviales. Le potentiel aurifère de ces zones est ensuite évalué en prélevant des échantillons à la batée dans les alluvions des criques, puis en réalisant des puits à la pelle mécanique au niveau des terrasses. Les échantillons sont ensuite analysés afin d'en déterminer les teneurs en or et les résultats obtenus sont interprétés en vue d'estimer les ressources présentes.

Néanmoins, les spécificités du territoire sont prises en compte par les opérateurs lors de la planification et de la mise en œuvre du programme des travaux. Ainsi, les travaux de terrains nécessitant l'utilisation d'engins (sondages, tranchées, etc.) sont réalisés durant la saison sèche qui s'étend du mois d'août au mois de novembre. En outre, la mise en œuvre de certaines techniques (comme la géophysique aéroportée ou les sondages carottés profonds, etc.) nécessite de transporter le matériel nécessaire sur de longues distances. Le coût de mise en œuvre de ces techniques peut donc présenter des variations importantes selon que le matériel soit déjà présent à proximité du site ou nécessite d'être acheminé depuis d'autres pays comme le Canada.

3.2. IMPACTS DE L'EXPLORATION

Les campagnes d'exploration régionale ont peu d'impact sur le territoire. Elles sont réalisées rapidement sur de grandes surfaces de quelques centaines de km².

En étant correctement organisées, elles ont permis et permettent d'intégrer les communautés locales dans un processus de développement, en leur confiant les travaux réalisés dans leurs territoires (ex. accès pirogues, layons, prélèvements) favorisant ainsi l'intégration dans le milieu et les prises de contact avec les communautés.

Les prélèvements de sols sont des échantillonnages hors couverture végétale et humus de 1 à 5 kg d'argile. En exploration, les techniques de concentration alluvionnaire ne sont pas utilisatrices de volumes d'eau supérieure à 10 litres d'eau courante par site de prélèvement alluvionnaire. Les accès utilisés sont ceux existants et ne sont pas pérennes. Les déchets industriels sont absents et les déchets domestiques sont réduits et aisément transportables aux mêmes sites de collecte que ceux des échantillons. Les prélèvements de faune sauvage à des fins alimentaires sont proscrits.

Lors de l'exploration régionale géophysique et géochimique, les impacts sur les milieux naturels sont faibles. Il est recommandé lors de ces phases de faire reconnaître le secteur d'exploration par un biologiste spécialiste de la faune et de la flore de Guyane afin d'établir un bilan de l'existant sur le secteur ainsi que l'harmonisation du chronogramme des travaux en fonction des intérêts environnementaux présents et ou répertoriés. Il doit également exercer

son rôle de formation du personnel sur la connaissance du milieu et sur les enjeux du secteur de travail.

Les risques sont plutôt liés à l'inexpérience des personnels dans des tâches nouvelles dans un milieu isolé. Dans le cadre d'une **exploration initiale**, les principaux impacts sont :

- La perturbation de l'équilibre socio-culturel du milieu par l'arrivée de personnels allochtones ;
- L'impact de nouveaux revenus dans les communautés et la perturbation des équilibres antérieurs ;
- L'impact sur la faune et la flore est plutôt généré par le personnel et peut être limité par l'embauche temporaire des résidents des lieux favorisant ainsi la responsabilité et la transparence des opérations effectuées ;
- Cette embauche des résidents dans les fonctions basiques qui ne nécessitent pas de compétences particulières constitue une amorce non négligeable à leur intégration future dans les projets. Elles permettent un partage et une bonne connaissance de l'environnement humain, de l'historique et de la biodiversité des zones explorées ;
- Il n'est pas reporté de perturbations majeures lors de la réalisation de l'Inventaire minier géophysique et géochimique et sa réalisation a plutôt été un apport majeur pour la connaissance générale du territoire guyanais (voir annexes).

Lors des phases ultérieures d'exploration (géochimie tactique, tranchées, sondages carottés, puits), les besoins en personnels qualifiés sont plus importants et le recrutement de personnel qualifié non-résident est généralement nécessaire. Les différences salariales sont dans ce cas importantes (des travaux sur ce sujet sont en cours au sein de la Commission Mixte Paritaire Mines). De ce fait, la formation technique et la mise en valeur des personnels résidents sont nécessaires afin de renforcer la transparence des travaux de l'opérateur et son intégration dans les territoires.

Durant cette phase, les impacts les plus importants sont :

- des besoins en carburant et leur transport sécurisé ;
- des appuis logistiques : par voie fluviale, hélicoptère, ou ouvertures de pistes ;
- des apports et usages de matériel ;
- la création d'accès forestiers ;
- la constitution de base vie et de camps avec du personnel non-résident.

3.3. SOLUTIONS ENVISAGEES ET BONNES PRATIQUES

Les critères d'un comportement responsable en termes de relations humaines, de protection de l'environnement, de sécurité au travail doivent être prioritaires, particulièrement dans cette phase de mise en place des méthodes et techniques spécifiques auxquelles peu de personnes sont familiarisées, et en particulier dans un milieu inhabituel et isolé.

Les habitudes et bonnes pratiques HSE (Hygiène Sécurité Environnement) sont à initier dans cette phase de mise en place de façon autonome. Les opérations peuvent et doivent avoir un impact minimum en termes de déforestation, de perturbations hydrologiques et pédologiques et nuisances sonores. Pour les travaux exploratoires, l'appel à la main d'œuvre locale doit être privilégié. Concernant les aspects logistiques, l'usage des véhicules de type quad sur des pistes préexistantes ainsi que le recours à des sondeuses démontables de faible encombrement sont des exemples de pratiques pouvant contribuer à limiter l'impact sur le domaine forestier (Figure 13).

Les opérateurs des puits et tranchées doivent :

- Connaître les règles de sécurité régissant ces travaux et prévenir les risques existants (éboulement, manipulation d'outil et d'engins dangereux, présence de CO₂, configuration des évacuations d'urgence en puits et tranchées) ;
- Démontrer l'application des règles élémentaires de gestion des matériaux et des déchets engendrés sur les chantiers (en particulier le risque hydrocarbures) ;
- Posséder et avoir testé le matériel de sécurité et d'urgence adaptés aux travaux (casques-pelles, ventilation continue des puits, contrôle de la présence de gaz, mise en place de personnel suffisant, infrastructures d'alerte et de soins d'urgence) ;
- Respecter sans retard les consignes de remise en état rapide des puits et tranchées (en particulier le rebouchage et les boues de forages) ;
- Sécuriser les sites et ce particulièrement en cas de visites de personnes non professionnelles.

L'étape du sondage de l'exploration se déroule selon un phasage de scénarii qui n'a pas les mêmes implications dans les impacts provoqués.

Résumé des bonnes pratiques

- Construction de pistes forestières, avec impacts limités en phase d'exploration ;
- Usage prioritaire de pistes de quad préexistantes avec l'orpaillage et priorité au transport fluvial pour le transport léger ;
- Favoriser les transports fluviaux traditionnels générateurs d'emplois aux impacts environnementaux limités.
- Transport sécurisé pour les substances sensibles ou de valeurs (banditisme routier) ;
- Utilisation maximale des énergies renouvelables (solaire et micro-hydraulique, biomasse) et de basse consommation mais difficile au stade de l'exploration ;
- Embauche prioritaire et formation précoce de personnel local afin de développer la transparence des travaux effectués, l'acceptation et la sécurité des implantations ;
- Formation technique et formation santé-sécurité des personnels résidents ;
- Port des Equipements de Protection Individuel (EPI) par l'ensemble des personnels y compris sous-traitants
- Remise en état dès la fin du chantier des trous, puits ou tranchées
- Bonnes pratiques du vivre-ensemble, formation et gestion des différentes communautés ;
- Aides et appuis aux services de santé et d'éducation ;
- Aide au développement des activités annexes et de marchés de proximité (maraîchages, transport fluvial, construction de camps en matériaux locaux et architecture locale).



Figure 13. Gauche : Préparation d'une plateforme de sondage, six employés locaux en phase d'acquisition de nouvelles compétences (Cliché : Newmont). Droite : Foreuses carottées légères en action avec un déboisement minimal lors du projet Sysmin Restauración en République Dominicaine (Cliché : P.Urien, BRGM).

4. L'exploitation minière

4.1. L'EXPLOITATION DE GISEMENTS ALLUVIONNAIRES

L'exploitation alluvionnaire des criques et placers en Guyane constitue l'exploitation traditionnelle de référence. Tous les exploitants opèrent suivant des protocoles identiques bien précis, élaborés par eux-mêmes avec l'aide des agents techniques des services de l'État (DEAL, ONF, etc.), des cabinets d'études spécialisés, du Pôle Technique Minier de Guyane et de la grappe ORkidé.

Profil des alluvions

Les zones aurifères alluvionnaires sont généralement composées de plusieurs horizons verticaux : le couvert végétal (arbres et terres végétales), une ou plusieurs couches oxydées stériles composées de saprolite, graviers, sables, très anciens amas de bois calcinés réparties sur une épaisseur de 1 à 10 m, d'une couche de gravier/sable (0,1 à 2,0 m) minéralisée en or pépitique, d'un horizon d'argile molle (5 à 100 cm), puis de la roche saine en place.

L'objet de l'exploitation consiste donc à excaver et évacuer tous les matériaux stériles en or et de récupérer la zone minéralisée avec le minimum d'empreinte dans l'argile molle (5 à 20 cm).

Les phases de l'exploitation alluvionnaire

- **Reconnaissance de la ressource** par échantillonnage des sols ; après avoir obtenu une ARM (Autorisation de Recherche Minière),
- **Exploitation sur une AEX** (Autorisation d'EXploiter sur 1 km² au maximum), composée des phases suivantes :
 - installation du campement comprenant :
 - base-vie elle-même composée d'une réservation et protection d'un puits d'eau potable, de circuits des eaux usées avec puisard, de poubelles de déchets, etc. de carbet-dortoir ou chambres individuelles, de sanitaires, de carbet-cuisine et repas ;
 - carbet-atelier et stockage des pièces détachées ;
 - parc à matériel roulant ;
 - carbet-traitement de finition des concentrés de sluice lui-même composé des équipements suivants : concentrateur centrifuge et/ou table à secousses et batée.
 - Déforestation de la zone à exploiter avec réservation des végétaux pour utilisation comme andains en fin d'exploitation, l'ONF ne donnant que rarement le droit à vendre le bois pour une AEX ;
 - Creusement d'un canal de dérivation ;
 - Excavation de la zone stérile de la première barranque à la pelle hydraulique ;
 - Excavation de l'horizon minéralisé à la pelle hydraulique ou à la lance-moniteur ;
 - Alimentation des matériaux à traiter par pelles rétro ou pompe à gravier.

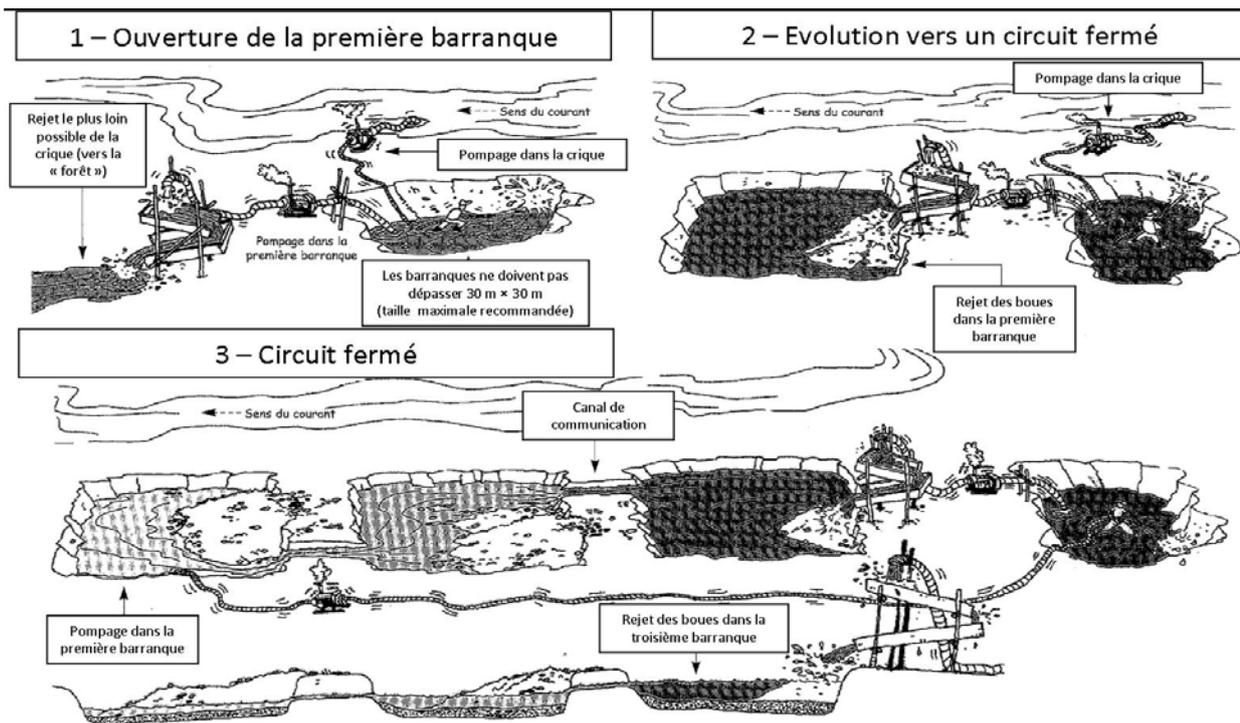


Figure 14 : Schéma de principe d'une exploitation alluvionnaire en Guyane (Source : DEAL-Guyane).



Figure 15 : Exploitation alluvionnaire en cours de production (Source : J.-F. Thomassin).

À ce stade d'exploitation, deux techniques de traitement des matériaux aurifères coexistent :

- Soit les matériaux sont suffisamment fins et débourbés par la lance-monitor et sont repris par la pompe à gravier qui alimente directement l'appareil de récupération de l'or dénommé **sluice** composé de :
 - Une boîte d'alimentation de la pulpe avec caisse à pierre qui récupère les plus grosses pépites ;
 - Sluice ou plan incliné à 10°, métallique ou de bois recouvert d'une couche de moquette bouclée (accumulateur de particules lourdes) surmontée d'une grille en métal déployé ;
- Soit les matériaux sont fortement agglomérés et ils sont transportés par pelle hydraulique et déposés sur une table/grille où ils sont débourbés à la lance-monitor. Les matériaux délités passent sur une grille de 25 mm qui évacue les stériles >25 mm en surverse. Les produits <25 mm tombent de façon gravitaire sur le sluice qui effectue la récupération de l'or.



Figure 16. Gauche : Débourage sur grille avec sluice simple au-dessous. Droite : Alimentation de la pulpe vers le sluice ayant une boîte à gravier en tête. Sluice en 3 sections en Z (Source : J.-F. Thomassin).

Alors que l'ensemble des produits stériles (>99% des matériaux alimentés) retournent dans les barranques ; les concentrés lourds, piégés dans les moquettes, sont récupérés et dirigés vers le laboratoire (salle de finition ou d'élimination des impuretés) par tamisage, passage au concentrateur centrifuge – table à secousses, aimant et finition à la batée.

Le produit final peut être commercialisé comme tel ou fusionné pour faire un lingot de Doré.



Figure 17. Gauche : Concentrateur centrifuge. Droite : Table à secousses (Source : J.-F. Thomassin).

Cependant, la concentration de ces divers appareils ne permet pas de séparer parfaitement les grains de sulfures (densité voisine de 5) des lamelles et plaquettes millimétriques d'or de forte surface spécifique (densité 19), qui ne se retrouvent pas dans les concentrés « haut de table ».

Ces concentrés de « haut de table » peuvent titrer plusieurs centaines de grammes par tonne. En 2014, afin de ne pas rejeter et perdre la valeur contenue, Auplata installée à Rémire-Montjoly, près de Cayenne, une unité-pilote de cyanuration afin de récupérer l'or contenu dans les concentrés sulfurés des exploitations alluvionnaires. Les premiers tests de mise en service, en 2015, sont considérés comme concluants.

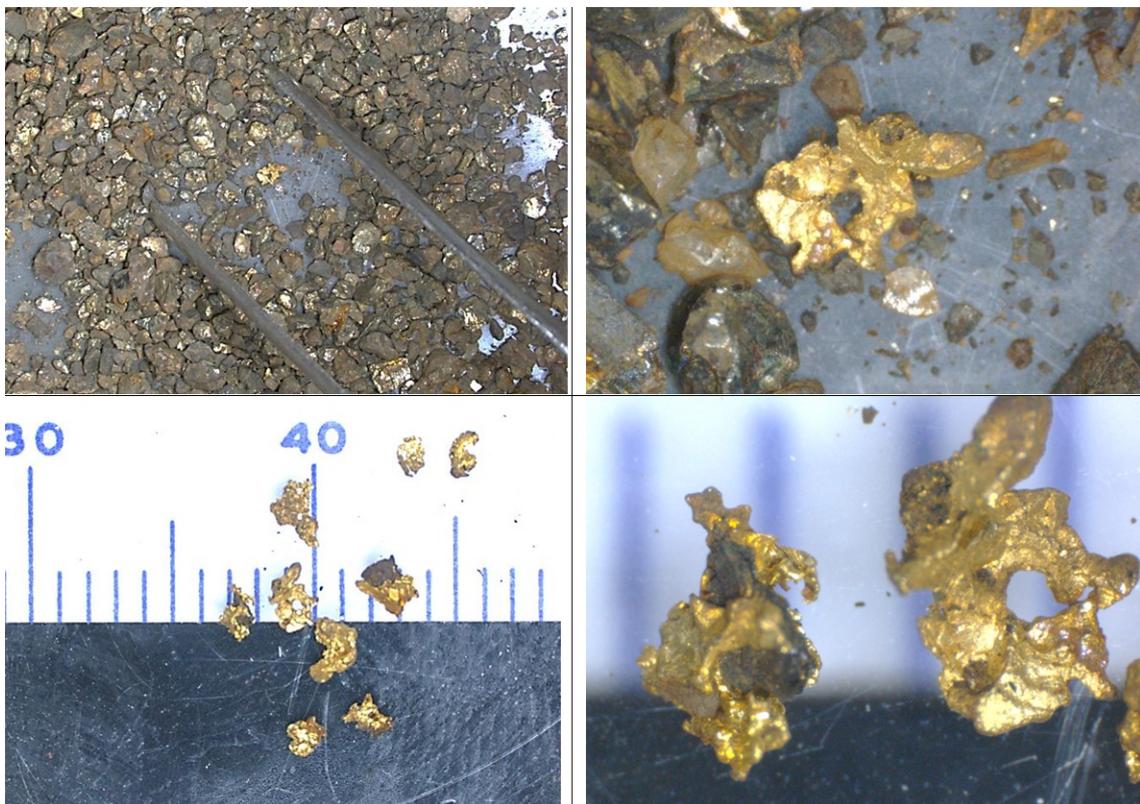


Figure 18 : Paillettes et lamelles d'or dans les concentrés de pyrites et sulfures en attente de valorisation (Site du filon Doyle, Mines CMB). Clichés : P. Urien, BRGM.

Sur les premiers essais (alimentation 2,5 t/jour), AUPLATA annonce un taux de récupération d'or de 92,5% pour des concentrés aurifères à une teneur moyenne de 200 g/t.

Les performances

La grande majorité de l'or qui a été produit en Guyane vient de l'exploitation alluvionnaire dont l'activité reste soutenue à ce jour.

Les rendements de récupération de l'or sont de l'ordre de 50 à 60% lorsque l'or est pépitique (>250 µm) dans les zones « vierges ».

Le sluice est un appareil rustique et souple car il peut absorber des fluctuations de débit ($\pm 20\%$ du nominal) et de granulométrie (0 à 25 mm). Son réglage est aisé, cet appareil performant est parfaitement adapté aux conditions d'exploitation difficile en forêt. Néanmoins, il n'est pas adapté pour récupérer des particules inférieures à 500 µm.

4.2. METHODES ET TECHNIQUES D'EXPLOITATION DE GISEMENTS PRIMAIRES

Exploitations souterraines

Il n'existe pas d'exploitation légale souterraine en Guyane.

Exploitations de surface

Toutes les exploitations de minerais primaires de Guyane sont des exploitations de surface ou MCO (Mine à Ciel Ouvert) (Figure 19). Elles emploient de 30 à 50 personnes suivant les sites ou sociétés. Ces mines sont composées de tous les services communs à toutes les mines du monde : des services de production (extraction du minerai et du traitement des minerais) et des services périphériques (sécurité, logistique avec Cayenne, comptabilité réduite sur site, service entretien, magasins, restauration, base-vie, laboratoire d'analyse et sur certains sites une unité de production de Doré).

Ces MCO disposent d'un matériel adapté au contexte tropical : engins sur chenilles (pelles excavatrices, bulls, chargeurs, etc.), matériel de transport des matériaux par des tombereaux articulés, matériel d'équipements de profilage (grader), et de logistique « aquatique » avec des barges.

L'exploitation est planifiée en fonction des sondages et des objets géologiques de valeur à excaver. L'orientation des travaux s'effectue en fonction des teneurs en or gravimétrique récupérables et des coûts opératoires relatifs à la teneur de coupure gravimétrique acceptable. Les teneurs sont suivies par des prises d'échantillons avec réalisation d'une batée individuelle après réduction granulométrique. Les résultats des analyses sont rapides mais ne fournissent pas d'information sur les quantités d'or en place, dans le stérile en verse, ou d'or dans les rejets de traitement. Pour ce faire, il faut des analyses d'or total à tous les niveaux de l'exploitation.

L'encadrement est réalisé par des techniciens confirmés ayant souvent des références minières. Les agents techniques sont principalement recrutés par diffusions de demandes sur les réseaux classiques guyanais et métropolitains : journaux, sites internet spécialisés, etc. Beaucoup de ces techniciens (conducteurs d'engins, mécaniciens) sont d'origine étrangère (Brésil, Suriname) car ils ont une bonne connaissance du travail en site isolé. L'évacuation des

productions s'effectue par voie aérienne pour des raisons de sécurité et de rapidité. L'hélicoptère et le petit avion (4 places) sont souvent utilisés pour le transport de personnel et de produits d'urgence.

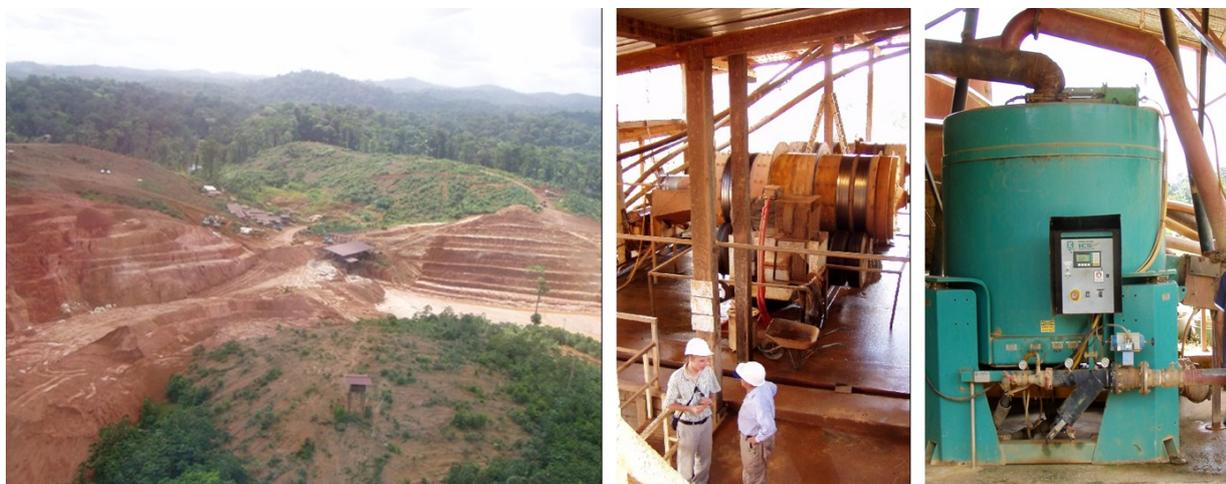


Figure 19. Gauche : Mine à ciel ouvert et usine (Site de Dieu-Merci en 2005). Centre : Le broyage. Droite : Concentrateur centrifuge (Clichés : J-F. Thomassin).

4.3. IMPACTS DE L'EXPLOITATION MINIERE

Impacts sur le milieu naturel

- **Défrichement – Destruction des habitats**

L'ouverture des fosses d'exploitation et l'implantation des infrastructures minières (parcs à résidus, stériles, usine, base-vie, etc.) nécessite le défrichement préalable des zones concernées. Ces travaux ont des impacts sur les habitats naturels et sur la flore proportionnels aux surfaces défrichées et à la biodiversité présente.

- **Modification du réseau hydrique**

L'activité minière en Guyane impacte localement le réseau hydrique.

Avant l'exploitation, le défrichement des zones minières modifie la dynamique des écoulements de surface. Le drainage et la rétention de l'eau au sol, ne sont plus assurés par le couvert végétal, ce qui augmente la vitesse d'écoulement des eaux de surface, et le débit des crues. Il en résulte une sensible augmentation de la quantité des eaux de ruissellement sur le site. Par ailleurs, la mise à nu des terrains, et le scalpage des sols, dévoilent en Guyane un terrain latéritique ou saprolitique, typique des sols altérés en milieu tropical humide. Les argiles prédominent au sein de cette couverture. Les particules argileuses sont facilement entraînées lors du ruissellement des eaux de surface, et deviennent des matières en suspension transportées dans les eaux de surface. Les eaux météoriques circulant sur des terrains mis à nu par l'exploitation minière se chargent donc en matières en suspension.

Durant l'exploitation, le réseau hydrographique est parfois modifié physiquement, et volontairement, pour faciliter l'extraction du minerai. Ceci est notamment le cas pour l'exploitation de l'or alluvionnaire. Les cours d'eau sont alors détournés par des canaux de dérivation longeant la zone d'extraction du minerai. L'exploitation de l'or alluvionnaire conduit, *in fine*, à une fragmentation du réseau hydrographique, qui brise le continuum écologique. Le travail du sol lors de l'exploitation est par la suite responsable d'un apport massif en matières en suspension, incompatible avec la vie biologique des cours d'eau, rivières, et fleuves.

Sans précautions, les conséquences environnementales sont alors réelles. Les matières en suspension peuvent opacifier les rivières en aval de l'exploitation, et modifier les propriétés physico-chimiques de l'eau, par transfert d'éléments chimiques contenus dans ces particules argileuses. Le mercure, présent naturellement ou non dans le sol, peut ainsi être remis en circulation suite à l'exploitation minière. Les écosystèmes des rivières et de leurs berges respectives peuvent alors être fortement impactés par ces transformations. Les particules en suspension empêchent notamment l'oxygénation des milieux aquatiques et des espèces végétales, ce qui peut occasionner la mort d'espèces animales et végétales par asphyxie. La potabilité de l'eau est aussi mise en danger. En saison sèche, les prélèvements d'eau, dans le milieu naturel, utilisés pour le fonctionnement des installations de production dans les cours d'eau, peuvent dérégler les équilibres des débits des cours d'eau, et les faire passer sous leur seuil de vie biologique.

Une gestion responsable du réseau hydrique permettra d'éviter des conséquences indésirables physiques, chimiques, et bioécologiques sur l'environnement.

Les conséquences et impacts directs et indirects pendant et après l'exploitation minière sont multiples :

- **Sur le milieu forestier**

La déforestation a des conséquences immédiates sur les milieux forestiers : les habitats sont modifiés, voire détruits ; les structures des sols sont perturbées ; des phénomènes de lisière apparaissent avec la pénétration directe de la lumière et des pluies jusqu'au sol. Le régime des températures, l'humidité relative et les mouvements de l'air peuvent s'en trouver modifiés, le tout ayant une influence sur les habitats et sur les modes de vie de certains animaux terrestres et oiseaux. En climat équatorial, compte tenu des perturbations physiques dues à l'exploitation minière, il ne peut y avoir de reconstitution d'un état initial forestier, du moins sur une échelle de temps humaine, même si des possibilités de reforestation artificielle ou naturelle existent. Ces phénomènes de mitage ont de multiples conséquences sur des micro-territoires, mais il reste peu probable que l'activité minière puisse entraîner de véritables ruptures de la continuité biologique, comme celles rencontrées dans certains pays européens.

- **Sur les milieux aquatiques**

Compte tenu du régime des pluies (quantité, répartition sur l'année, etc.), toute modification du couvert végétal et la mise à nu totale ou partielle de surfaces plus ou moins importantes ont, de fait, des conséquences sur les vitesses d'écoulement des eaux, sur la composition des éléments transportés et sur la quantité de matières en suspension. Les prélèvements d'eau nécessaires à l'activité minière modifient les équilibres des débits et peuvent, à certaines périodes, faire passer les cours d'eau au-dessous de leur seuil de vie biologique. Les rejets, malgré les précautions et traitement, sont toujours des causes de risques dans des milieux aquatiques fragiles, même en l'absence de tout accident chimique ou mécanique.

Les impacts de l'extraction alluvionnaire sont doubles : les premiers, d'ordre physique, sont la fragmentation des milieux aquatiques, la création de discontinuités hydrauliques et les apports massifs de matières en suspension, incompatibles avec la vie biologique des cours d'eau, rivières et fleuves ; les seconds, d'ordre biologique et chimique, sont les destructions des habitats aquatiques et forestiers en cas de dérivation des cours d'eau et, dans tous les cas, les discontinuités écologiques, la réduction de biodiversité due aux pollutions chroniques, les différents impacts résultant de la remise en circulation de mercure, qu'il s'agisse du mercure utilisé lors de précédentes phases d'exploitation aurifère ou de celui qui est naturellement présent dans les sols.

- **Le Drainage Minier Acide ou DMA**

Les travaux miniers impliquent l'excavation de roches de natures diverses. Ramenées à la surface, certaines roches peuvent se retrouver en déséquilibre chimique avec les conditions oxydantes de surface. Des réactions chimiques peuvent alors se produire brutalement. C'est le cas des réactions d'oxydation des sulfures métalliques. Si rien n'est fait, ces réactions auto-amplifiées génèrent alors des oxydes métalliques et de l'acide sulfurique, qui s'incorporent dans les rejets miniers. Lorsque ces réactions se produisent, les rejets miniers sont alors appelés « drainages miniers acides ».

Les drainages miniers acides, de pH inférieurs à 5, ne se dégradent pas et sont des poisons métaboliques. Leur durée de vie s'étend de quelques années à plusieurs siècles.

- **Sur les hommes**

L'activité minière en Guyane présente un impact réel sur les hommes. Cet impact est à double visage.

L'activité minière présente un impact positif indéniable sur les populations. Elle suppose la création d'emplois sur les sites de production ou au sein des bureaux administratifs, et favorise l'émergence d'un cortège d'emplois profitant du marché généré par l'activité (ex. les fournisseurs de services et de matériels). Les activités minières en Guyane sont aussi un moyen de participer à la maîtrise de l'orpaillage illégal (exploitation exclusive du sous-sol, soutien logistique lors des opérations militaires d'envergure). Une activité minière en Guyane peut également être le moteur de travaux scientifiques (inventaires écologiques) réalisés dans des zones réputées difficiles d'accès.

Mais cette activité impacte également les populations humaines d'une manière moins positive. Aujourd'hui, le secteur touristique représente un enjeu de taille pour la Guyane. L'amalgame avec la mauvaise image des exploitations illégales pourrait en devenir le frein. C'est par un travail de sensibilisation, et d'information de la population, que l'activité aurifère en Guyane pourra être démystifiée.

D'un autre côté, si elle est mal gérée, elle peut contribuer à l'émergence de réels risques sanitaires. En effet, la vie sur site en communauté, et la présence de nombreux vecteurs de maladies en forêt (moustiques, mouches, chauve-souris, etc.), sont des ingrédients qui favorisent l'émergence, le développement, ou la recrudescence de maladies tropicales ou d'épidémies (ex. malaria). Les rétentions d'eau artificielles favorisent la multiplication des moustiques. Par ailleurs, les populations vivant à proximité des sites miniers (en nombre très limité à ce jour) peuvent subir les dommages de santé liés au bruit (gêne), aux poussières (maladies respiratoires), et aux eaux de surface polluées (potabilité de l'eau). En effet, en Guyane, de nombreuses populations consomment l'eau des criques sans traitement. Cela est notamment souvent le cas pour les populations Bushingés et Amérindiennes. En outre, ces

populations entretiennent une relation étroite avec la forêt, et les cours d'eau. Ils sont notamment pour eux une source de nourriture (chasse, récoltes, pêche). Si l'activité minière pollue la chaîne alimentaire, les populations voisines en paieront les frais. Enfin, l'activité minière en Guyane pourrait éventuellement affecter le patrimoine culturel régional si des sites historiques, ou archéologiques, sont touchés par l'activité.

Ainsi, l'impact économique positif de l'activité minière en Guyane est à nuancer avec les dommages générés sur les populations. La destruction de la forêt primaire représente une perte de capital écologique, dont la valeur réelle n'est pas encore totalement connue. La préservation des espaces naturels est un défi qui, dans le cadre d'une filière en plein devenir, devra savoir s'accorder avec les travaux miniers.

La logistique

• Les accès

- Droits d'accès en forêt : l'ONF gère la forêt guyanaise par délégation de l'État français, à ce titre, elle peut autoriser l'utilisation des pistes existantes ou la création de pistes comme elle peut autoriser la vente du bois de déforestation des empreintes minières ;
- Routes : il n'existe quasiment pas de routes d'accès aux installations minières. Seule existe la route côtière principale qui pourrait desservir un réseau secondaire s'approchant des zones minières ;
- Pistes : elles sont souvent construites trop rapidement avec des matériaux non adaptés d'où la constitution de rigoles en travers des pistes dans les pentes, de zones d'embourbement dans les creux. Un réseau de piste de quad existe. Non répertorié, il est utilisé par les forces de l'ordre, certains opérateurs miniers et par les orpailleurs illégaux. Ce réseau n'est absolument pas sécurisé et ne peut être utilisé que pour des transports de personnel et de logistique légère ; les pistes ont été construites par les opérateurs miniers en raison de l'absence totale d'infrastructures d'accès ;
- Aérodromes : les exploitants miniers ont construit des pistes pour de petits avions ainsi que des zones pour hélicoptères (DZ). Les revêtements des accès sont généralement constitués de matériaux graveleux (latérite).

• Les surfaces de roulage en zone minière

Toutes les zones déboisées de site minier sont globalement constituées de matériaux argileux de surface. Ces surfaces présentent de fortes érosions dues aux pluies et aux écoulements associés au roulage des engins. Par temps sec, les poussières générées constituent un danger pour la visibilité des engins et une nuisance pour l'environnement proche.

Les verses à stériles

Les matériaux stériles, issus des excavations, ne contiennent théoriquement pas d'or et sont mis en tas volumineux. Ces matériaux sont issus des terrains de recouvrement (stériles francs), d'une partie du minerai abattu jugé insuffisamment riche (stériles de sélectivité) ou un mélange des deux précédents (stériles mixtes). Les camions déversent leurs matériaux qui sont régulés

par une niveleuse et boutés par un bulldozer. Le matériau n'est compacté que sur la zone de roulage du boteur.

Certains tas peuvent être disposés en surface, en attente d'un meilleur coût opératoire ou d'un cours de l'or favorable : ce sont des minerais marginaux mais qui risquent de rester en place, sans passer dans le concentrateur, en fin de vie de la mine.

Parce qu'elles affectent l'état d'équilibre préexistant, les opérations d'exploitation minière peuvent créer des risques de mouvements de terrain et des instabilités géotechniques, y compris au niveau des verses à stériles.

La gestion des eaux est également un point important à prendre en compte sur ces ouvrages. Elle est réalisée à l'aide de drains, de canaux de dérivation, de couverture, etc. Après vérification de leur qualité (température, couleur, turbidité, teneur en oxygène, pH, concentration en certains ions et notamment en éléments traces métalliques, etc.), ces volumes d'eau peuvent rejoindre le réseau hydrographique superficiel où ils sont susceptibles de modifier les écoulements naturels (débordement de cours d'eau en crue ou en hautes eaux, écoulement pérenne de certains cours d'eau normalement asséchés pendant une période de l'année).

4.4. SOLUTIONS ENVISAGEES ET BONNES PRATIQUES

- **Les zones d'érosion météorique et de roulage**

La mise en œuvre des préconisations du règlement général des industries extractives RGIE pour les pistes de roulage des engins miniers permet de répondre aux conditions climatiques particulières de la Guyane. Les routes et pistes de roulage sont couvertes en déblais et entretenues, afin d'atteindre les zones appropriées au stockage des produits extraits. Ces voies de circulation sont dimensionnées (largeur) et aménagées (signalétique, merlons de protection, gestion des eaux pluviales, pente, etc.) pour permettre un transport en toute sécurité.

La pente transversale doit être légèrement inclinée en direction du talus, de sorte de canaliser les eaux vers les ouvrages de décantation prévus à cet effet, avant leur restitution vers les exutoires originels.

Les fossés de collecte des eaux sont éventuellement équipés de dispositifs aptes à réduire la vitesse d'écoulement

Une attention particulière sera apportée pendant la saison sèche à l'arrosage des pistes afin de diminuer les poussières.

Il faut restreindre le roulage des engins lors des fortes pluies, elles impactent la visibilité des conducteurs et rendent glissantes les rampes argileuses. Il est crucial de réaliser des plans de circulation et d'implantation des infrastructures à jour et en limiter les zones d'érosion afin de gérer les flux d'eaux de ruissellement. Ces eaux devant être recyclées dans les installations.

Les sols de roulage abandonnés doivent être revégétalisés. À la fermeture définitive de la mine, les pistes pourront être mises à la disposition des parties-prenantes qui en feront la demande.

- **Réseau hydrique : digues et bassins**

Pour éviter les dommages environnementaux liés aux ruissellements, un programme de suivi des eaux est assuré sur le site d'exploitation. La gestion des eaux naturelles de surface

commence par une analyse hydrogéologique du site minier. Un modèle numérique de terrain (MNT) peut, par exemple, permettre l'identification des bassins versants, et d'anticiper le parcours des eaux de surface. La mise en place de digues et de bassins, dont le dimensionnement peut être calculé à l'aide de standards géotechniques, permet d'assurer un contrôle des eaux rejetées par décantation des particules fines en suspension, ainsi qu'un contrôle du débit des eaux de surface rejetées. Les surfaces d'exploitation étant généralement importantes (hectométriques à kilométriques), plusieurs digues et plusieurs bassins sont généralement mis en place pour chaque bassin versant. Chaque secteur d'exploitation dispose ainsi d'un système assurant le contrôle des eaux de surface rejetées. L'état des digues et l'état des bassins font l'objet d'une vérification périodique adaptée. Celle-ci permet d'anticiper les corrections à apporter au système pour mieux contrôler la qualité des eaux de surface rejetées.

Afin de contrôler la qualité des eaux de surface rejetées, des stations d'étude sont implantées stratégiquement sur le site minier pour rendre compte après analyse de la validité du système de gestion des eaux mis en place sur le site. Les eaux de surface transitant sur le site minier, et rejetées dans l'environnement, sont régulièrement contrôlées par des mesures *in situ* (températures, pH, potentiel d'oxydo-réduction, conductivité, concentration en O₂ dissout), et des prélèvements envoyés en laboratoire pour être analysés de manière approfondie (matières en suspension, demande chimique en oxygène, concentration en éléments chimiques). Les résultats d'analyse sont ensuite comparés aux seuils réglementaires applicables, l'arrêté préfectoral, l'arrêté du 02/02/1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau, ou une autre réglementation spécifique.

- **Les verses à stériles**

Les verses à stérile doivent faire l'objet de soins de compactage et de formation de dégradés pour limiter l'érosion et l'impact d'emprise en surface. Selon les engins utilisés et le matériau argileux extrait, le compactage peut s'effectuer par roulage des camions de déchargement sur toute la surface du stérile. Ce compactage en orientant parallèlement les particules argileuses permet d'étanchéifier ces surfaces et les rendre moins perméables aux percolations réduisant ainsi les infiltrations susceptibles de générer un drainage acide. L'inclinaison de ces surfaces permet aussi de contrôler et de gérer les écoulements superficiels sur une surface non végétalisée. Ces eaux de ruissellement doivent rapidement être collectées dans de petits bassins de décantation.

Cette opération réduit l'émission de poussière, améliore les conditions de travail et préserve les engins de roulage. Bien souvent dans le cas d'une mauvaise gestion de la mise en verse, les matériaux (surtout les saprolites et certains encaissants) sont aisément érodés par les pluies ; des ravines se forment en drainant des boues jusqu'en bas des verses. Les stockages de matériaux par bennages successifs juxtaposés sont déconseillés dans le cas de matériaux sulfurés car les structures en boîtes à œufs ainsi générées constituent un réceptacle idéal pour générer un drainage minier acide (DMA).

Les talus seront revégétalisés par ensemencement naturel et ou provoqués, du type de ceux utilisés dans le cadre du BTP.

- **Le Drainage Minier Acide ou DMA**

En cas de présence de DMA, l'aval de l'écosystème de la rivière touchée peut être impacté. Les usages anthropiques des rivières concernées sont à abolir (eau impropre à la consommation, baignades interdites, pêche interdite). Les drainages miniers acides peuvent même s'avérer nocifs pour les installations en raison de leurs propriétés corrosives.

Dans le contexte des mines d'or en Guyane, sont parfois rencontrées des minéralisations aurifères associées à la pyrite. Si elle est présente en grande quantité, son oxydation peut conduire à la formation de drainages miniers acides sous forme d'oxydes de fer associés à de l'acide sulfurique. L'opérateur doit alors s'assurer que la roche possède aussi dans son cortège minéral des matériaux pouvant neutraliser le phénomène. Dans le cas contraire, des précautions particulières devront être prises et un suivi spécifique devra être réalisé en interne par le service environnement. En fonction des caractéristiques des matériaux en présence (minéralogie, tonnage, concentration, etc.), les roches pouvant générer des solutions acides, devront subir une stabilisation chimique durable ou être confiné.

La mine ne doit pas produire de DMA. Un suivi particulier sera réalisé en interne par les services concernés : service environnement entre autres.

Une destination particulière des matériaux pouvant générer des solutions acides doit être mise en œuvre. Ils doivent être isolés afin de subir une stabilisation chimique durable plutôt qu'un confinement aléatoire dans la durée.

- **Exhaure minière**

Si l'exhaure minière est indispensable au dénoyage et au drainage pendant la durée de vie de la mine, il est recommandé qu'elle soit supprimée et qu'aucun déchet ne soit produit à la fermeture des travaux (donc pas de station de traitement des eaux après l'arrêt des travaux). Pour cela, des études hydrogéologiques doivent être réalisées durant toute la vie de la mine.

- **Traçabilité de l'or**

Le projet de méthodologie de traçabilité de l'or proposé par WWF qui travaille depuis plusieurs années sur la notion de traçabilité de l'or, a le double objectif d'étanchéfier la filière aurifère légale, et de permettre au consommateur soucieux de son impact de disposer d'informations quant au lieu et aux conditions d'extraction de l'or qu'il achète. Complétée par une véritable démarche de certification des pratiques d'extraction, la traçabilité de l'or pourrait également permettre aux exploitants légaux faisant preuve de bonnes pratiques sociales et environnementales de valoriser leur production par rapport à l'or non traçable dont les conditions de production sont souvent illégales.

L'application de ce qui pourrait devenir une voie de « norme », sera garanti pour l'exploitant, comme sûr et peu onéreux en unités d'œuvre et analyses.

- **Gouvernance interne des exploitants et environnement**

Veiller à assurer l'indépendance hiérarchique de l'ingénieur environnement et de son équipe en charge du suivi environnemental vis-à-vis de la direction de la production (services mine et traitement des minerais) afin de supprimer les conflits d'intérêts. Si la compagnie ne dispose pas d'assez de moyens, ce poste est délégué à une autre personne indépendante tel que le chef du laboratoire d'analyses par exemple mais il faudrait, toutefois, que l'agent ait des connaissances en chimie et biologie.

- **Favoriser les équipementiers locaux**

Les équipementiers de Guyane disposent de matériel de bonne qualité qui couvre une bonne partie de l'exploitation minière moderne : tous les équipements utilisés en TP ainsi que le matériel de préparation mécanique des minerais (concasseurs, broyeurs, cribles, tables à secousses, concentrateurs centrifuges, etc.).

- **Recrutement de personnel local**

Le recrutement du personnel doit être réalisé en partenariat avec les services *ad hoc* de l'État et des cabinets de recrutements professionnels ; l'exploitant supervisant l'ensemble des opérations et finalisant le recrutement par un entretien de gré à gré en fonction des profils (convention collective en cours). Une grille a été définie dans la convention collective avec les différents niveaux : Etam et Cadre.

Cette « convention de base » ne sera pas aisée à mettre en œuvre car la grande majorité des techniciens de la mine en Guyane sont d'origine étrangère ; principalement du Brésil. Ces agents ont les avantages de l'expérience technique et de savoir travailler dans des conditions difficiles loin de leurs repères familiaux. Il conviendra toutefois de favoriser l'embauche de techniciens guyanais à compétences égales pour renforcer les retombées territoriales de la mine.

Un niveau minimum de recrutement doit être établi : lettrés, CEP minimum, etc. mais un accueil de tous ceux qui souhaitent passer les tests serait judicieux car cela démontrerait la volonté de la compagnie à s'intégrer dans la richesse de la culture guyanaise.

Le recrutement du personnel ne doit pas se faire au détriment des autres entreprises de Guyane qui risquent de se retrouver en péril si leur personnel les quitte.

Des centres de sélection par tests techniques et psychotechniques, etc. avec audits personnels permettant l'embauche d'agents compétents ou ayant un potentiel d'acquisition de connaissances, pour un démarrage rapide et performant de la mine.

Les centres pourraient être disposés par zone géographique comme par exemple : Saint Laurent-Maripasoula-Saint Georges-Cayenne.

Ce type de travail en amont de l'embauche (avec période d'essai préalable), permet de ne pas mettre en péril la pérennité de la mine par un démarrage laborieux.

- **Favoriser l'appui à la formation professionnelle**

Les lycées techniques professionnels et l'Université de Guyane proposent des filières qui peuvent s'intégrer dans le contexte minier. Une adaptation technique et humaine devra toutefois être dispensée car le « travail sur site isolé » n'est pas forcément bien perçu par tous les élèves et étudiants. Les groupes miniers ont dans leurs effectifs des cadres compétents capables de dispenser les formations internes nécessaires à la mise à niveau du personnel local. La grappe ORkidé a recensé les métiers de la mine lors d'une étude dédiée à ce sujet : un fascicule a été édité et diffusé auprès des écoles et organismes de formation. Une collaboration entre la FEDOMG et l'Éducation Nationale et l'OPRF a d'ores-et-déjà été mis en place, avec le collège de Camopi par exemple. Ces actions doivent être entretenues et renforcées avec les différents organismes existants, Régiment du Service Militaire Adapté, Université de Guyane, Institut Universitaire de Technologie, lycées professionnels, etc.

La grappe ORkidé participe systématiquement à tous les forums des métiers proposés dans les établissements scolaires.

- **Énergie**

L'énergie est un facteur-clé du développement des grands projets miniers intimement lié au développement régional de la Guyane. Des discussions avec l'État et les collectivités territoriales sont indispensables. Il est évident que la Guyane ne peut développer l'exploitation de ses ressources qu'au sein d'un plan de développement intégrant les infrastructures déjà existantes. Toute utilisation d'énergie non fossile est à rechercher au regard des obligations de la loi pour la transition écologique et la croissance verte qui fixe un objectif d'autonomie énergétique du territoire à l'horizon 2030.

Solutions envisagées : les projets miniers importants chercheront dans les solutions d'approvisionnement en énergie à fonctionner selon des schémas de raccordement au réseau public de transport, réseau public sur lequel se développe des énergies renouvelables via des opérateurs privés français, présents en Guyane, et prêt à développer et investir sur le territoire les puissances nécessaires à ces projets miniers.

Par énergie renouvelable, il faut entendre les énergies intermittentes comme le solaire et l'éolien mais surtout il faut des énergies renouvelables garanties, et dans ce cas on parle de biomasse et d'hydraulique, peu impactant. Les potentiels énergétiques renouvelables à contrario des autres DOM existent pleinement en Guyane et sont en concordance avec les besoins futurs des industries minières, sous réserve que les porteurs de projets obtiennent les autorisations nécessaires. Dans le cas contraire, la seule solution alternative restera l'utilisation des énergies fossiles.

- **Dossier d'étude d'impact environnemental**

Ce document sert de référence au suivi du projet et permet de mettre en place un climat de dialogue et de confiance entre l'administration et toutes les parties-prenantes du projet minier. Une fois par an, l'entreprise réunira les parties-prenantes identifiées pour le projet minier, et l'informer de l'état d'avancement sur le plan environnemental, sociétal et économique.

- **Sécurité des personnes et des biens**

La difficulté à maîtriser l'activité minière illégale, a conduit certaines mines à disposer d'un service de sécurité des biens et des personnes, hors QHS (Qualité-Hygiène-Sécurité). Il conviendra d'adapter la convention de fonctionnement avec le Préfet de Guyane afin que ce type de travail soit encadré par les autorités de l'État. Une adaptation de la réglementation est envisagée sous peu pour pallier aux difficultés rencontrées par les différents intervenants.

- **Suivi des performances de management environnemental**

L'audit environnemental interne à la compagnie minière est l'outil le plus adapté aux exploitations guyanaises, et veillera au sein de l'entreprise à une :

- Compréhension des objectifs de la législation mise en place, de leur évolution et des outils de contrôle ;
- Information sur le rôle de l'audit interne, rédaction d'un modèle-type avec les procédures de reporting ;
- Formation à la prévention et à la minimisation des impacts sur l'environnement ;
- Formation et sensibilisation aux méthodes de réhabilitation ;
- Formation à l'utilisation de produits dangereux ;
- Formation et sensibilisation aux aspects et impacts sanitaires et sociaux pour les travailleurs et les populations environnantes.

5. Le traitement du minerai

En Guyane, actuellement, seul le procédé de récupération de l'or libre par voie gravimétrique est utilisé dans les unités de traitement des minerais primaires. Cette méthode essentiellement physique, se retrouve dans presque toutes les unités de traitement dans le monde. C'est un procédé physique éprouvé et conventionnel qui produit jusqu'à 50% de l'or mondial.

Le taux de récupération de l'or en Guyane, par le procédé gravimétrique, varie de 30% à 60% suivant la maille de broyage (100 µm à 500 µm) et du type de minerais à traiter. Les rejets générés par les installations actuelles ou passées (teneur en or comprise entre 1,5 et 10 g/t) contiennent encore un fort potentiel pour lequel la mise en œuvre de procédés complémentaires de récupération doit naturellement être mise en place.

5.1. METHODES ET TECHNIQUES

La gravimétrie

- Principe

C'est un procédé de séparation physique basé sur la différence de densité entre les différents minéraux en jeu : l'or de densité 19 et les sables contenant des oxydes de fer ou des sulfures dont les densités varient de 3 à 7 t/m³. Cette séparation physique s'effectue dans l'eau en utilisant des modes d'accélération plus ou moins sophistiqués telle la pulsion verticale, la rotation centrifuge, la secousse horizontale, etc. ; les mouvements étant toujours générés par voie mécanique.

- Les outils

Les machines de séparation gravimétrique, des plus simples aux plus sophistiquées, sont utilisées en Guyane (Figure 20 et

Tableau 2). Elles sont diffusées dans plusieurs sociétés de vente d'équipements miniers et de BTP.

- Utilisations

Chaque appareil possède son propre domaine d'utilisation suivant ses capacités à concentrer en fonction des granulométries des minéraux, de leur densité et des flux.

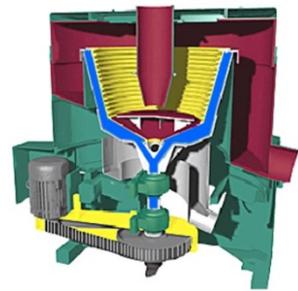


Figure 20. Gauche : Tables à secousses. Centre : Jigs duplex. Droite : Concentrateur centrifuge.

Tableau 2 : Caractéristiques des différentes techniques de séparation gravimétrique.

Mode de séparation	Equipements	Gamme de fonctionnement en mm		Besoin en eau	Capacité
		minimum	maximum		
Stratification	jig conventionnel	0.100	100	important	moyenne
	jig circulaire	0.050	100	important	grande
	jig centrifuge	0.020	2	important	moyenne
Lamellaire	sluice	0.150	10	important	moyenne
	sluice pulsé	0.100	10	important	moyenne
	couloir	0.150	2	important	faible
	cône Reichert	0.050	1.5	faible	grande
	sluice pincé	0.050	1.5	faible	moyenne
	spirale	0.030	2	moyen	moyenne
	Secousse	table à secousses	0.020	2	moyen
	table orbitale	0.010	0.070	important	faible
	courroie rainurée	0.010	0.030	important	faible
	Centrifuge	bol centrifuge	0.010	1.7	très important
Décantation entravée	séparateur densimétrique	0.070	0.6	moyen	grande
Air sec	jig pneumatique	0.150	25	nul	moyenne
	table pneumatique	0.250	6	nul	faible
				inspiré de Laplante	

- Performances

La section gravimétrique d'une usine de traitement est mise en place pour déstocker le plus rapidement possible l'or grossier libéré par l'étape préalable de broyage. À ce titre, elle permet aussi de vendre des dorés (lingots) au prix maximum car les impuretés contenues s'éliminent aisément lors des étapes de fusion successives. Elle permet aussi d'empêcher les particules d'or grossier (>100-200 µm) de traverser les sections suivantes telles que la flottation ou la cyanuration sans être récupérées par celles-ci car trop lourdes pour la flottation ou trop grosses pour une cyanuration rapide.

En Guyane, les taux de récupération varient de 30 à 60% suivant les minerais, cela uniquement dans les zones oxydées des gisements. Dans le cas d'une utilisation intégrée de la gravimétrie dans un circuit conventionnel avec flottation et/ou cyanuration, le taux de récupération peut être inférieur car les fines d'or seront récupérées par les procédés suivants qui seront mieux adaptés.

- Intégration environnementale

La section gravimétrique est consommatrice d'eau, aussi elle est toujours intégrée dans une boucle de recyclage interne à l'usine. L'emprise au sol est faible car elle est généralement composée d'un concentrateur centrifuge et d'une table à secousses et parfois d'un séparateur magnétique qui élimine les particules d'acier générées par les pièces d'usure des sections de concassage-broyage.

Elle est très peu consommatrice d'énergie. Les solides et liquides qui traversent ces machines sont intégralement recyclés dans l'usine.

La flottation

- Principe

C'est un procédé physico-chimique de séparation des minéraux qui consiste à utiliser les propriétés de surface des minéraux (or, sulfures, etc.) à se fixer sur des bulles d'air et donc de pouvoir être séparés d'autres minéraux non valorisables (la gangue) par flottation (Figure 21). La séparation s'effectue dans des cellules de flottation dans lesquelles le minerai et l'eau sont mis en suspension et en contact avec des réactifs chimiques et des bulles d'air. Certains minéraux (or natif, sulfures, etc.) adsorbent sur leur surface, les réactifs qui vont les rendre hydrophobes tout en ayant une grande affinité avec l'air. Les bulles d'air injectées se fixent à l'or qui monte en surface sous forme d'écume récupérée par débordement.

- Outils

Les machines de flottation sont adaptées aux minéraux et au contexte dans lesquels ils évoluent.

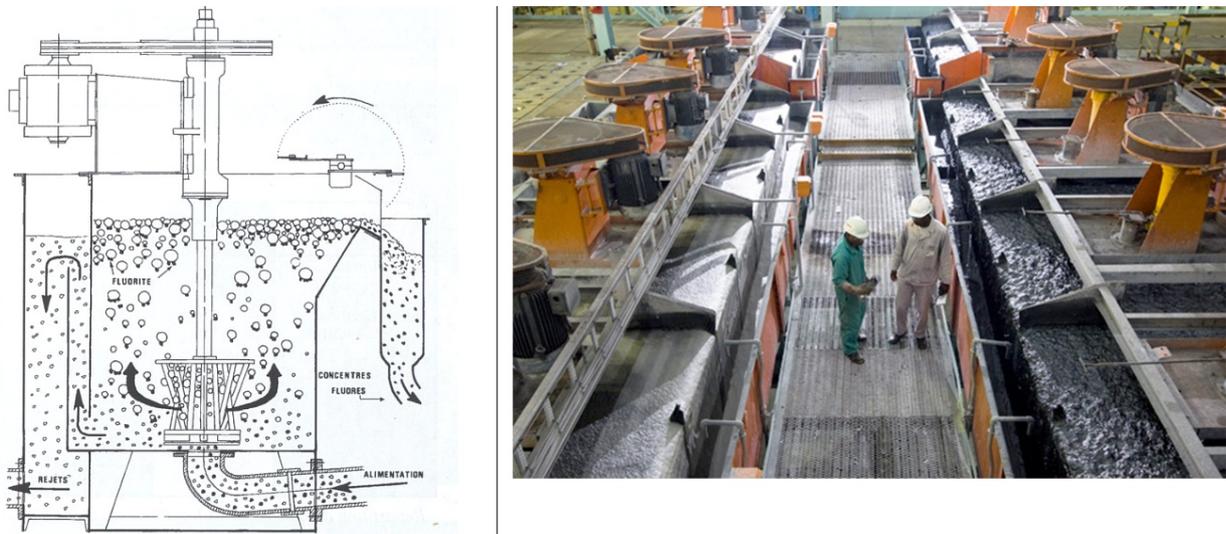


Figure 21. Gauche : Schéma de fonctionnement d'une cellule de flottation. Droite : Unité de flottation en série (Cliché : J-F. Thomassin).

- Performances

Dans le cas de la Guyane, ce procédé peut être une option avec des taux de récupération unitaire de 60 à 90% sur des minerais oxydés comme sulfurés. Elle vient le plus souvent en complément de la gravimétrie. La récupération de l'or et des sulfures dépend de leur maille de libération (ils doivent être libérés de leur gangue). Pour cela, le minerai doit être broyé à environ 50-150 µm. Les sulfures présents dans le minerai sont aussi récupérés avec l'or. Si la présence de sulfures métalliques affecte la cyanuration des concentrés par la dissolution d'impuretés, le fait de les récupérer participe à une dépollution du minerai tout-venant. Ils représentent un volume de 0,1 à 0,5% et peuvent être stockés et isolés. Les concentrés obtenus doivent subir une cyanuration afin d'en récupérer l'or. Cela est effectué dans une section compacte de cyanuration.

- Intégration environnementale

La flottation est consommatrice d'eau (30% de solide) et des reliquats de réactifs de flottation (xanthates, huile pin, etc.) se retrouvent dans les eaux. Si les UV détruisent ces produits, il peut parfois en subsister. Un traitement *ad hoc* doit alors être appliqué mais il est impératif de les recycler dans l'installation. Une récupération possible des sulfures qui peuvent, après cyanuration ou non, être aisément stabilisés et stockés (volume très faible).

La cyanuration

- Principe

La cyanuration est une opération chimique qui fait intervenir un élément à solubiliser (l'or, l'argent, etc.) et le cyanure de sodium ou potassium sous une forme aqueuse. La réaction s'effectue en présence d'oxygène (air) et à pH = 10,5 afin de ne pas perdre le cyanure par volatilisation.

Le cyanure est un produit dangereux. Il nécessite des précautions d'utilisation particulières qui sont standardisées dans des codes internationaux de type *internationalcyanidecode.org* que la majorité des entreprises mondiales adoptent. La cyanuration existe depuis un siècle et produit la moitié de l'or mondial. L'or solubilisé doit ensuite être récupéré de la pulpe ou de la solution. Plusieurs procédés existent : la cémentation sur poudre de zinc, l'adsorption sur charbon actif ou sur une résine. Ces procédés, complémentaires à la cyanuration, aboutissent à la fusion d'un Doré (lingot de première fusion) qui sera vendu par contrat à un affineur patenté.

La cyanuration de l'or s'effectue suivant plusieurs procédés (Figure 22) :

- In situ sur des minerais poreux. Le minerai reste en place et repose naturellement sur une couche géologique imperméable. Des puits d'injection et de récupération des solutions permettent la solubilisation de l'or. Ce procédé reste marginal car les conditions requises pour son bon fonctionnement ne sont quasiment jamais réunies ;
- En tas, sur des minerais concassés ou agglomérés. Le minerai est excavé et déposé sur des aires étanches. Les dimensions des particules peuvent varier de 5 mm à 1 cm suivant les matériaux à traiter. La hauteur des tas dépend de la perméabilité, du taux de fines et du tassement.

Pour des minerais de type saprolitique comme en Guyane, les tas peuvent avoir une hauteur de 6 m. Les solutions cyanurées sont dispersées sur le dessus et percolent à travers le minerai en solubilisant l'or. Les solutions riches sont récupérées à la base du tas et l'or est récupéré par le procédé Merrill-Crowe ou par le charbon actif.

Comme les aires de traitement sont grandes, la collecte d'eau météorique est aussi très importante. La difficulté majeure de ce procédé en milieu amazonien est donc la gestion des eaux.

Les durées de lixiviation peuvent varier de 3 mois à 1 an car des solutions faiblement cyanurées sont utilisées, de l'ordre de 100 mg/L. Les consommations de cyanure sont donc faibles. Généralement, on utilise la lixiviation en tas pour des minerais à faible teneur en or (< 2 g/t) et non pépitiqes. Elle est aussi utilisée pour des minerais « riches » dans les cas où l'or est <<10µm (cinétique de complexation rapide) ou pour des raisons « socio-politiques » dédié aux pays à risques avec faible investissement. Les rendements varient (saprolites non pépitiqes) de 40 à 80% suivant la maille de broyage.

- En cuve, sur des minerais broyés. Le minerai tout-venant (matériaux extraits de la mine) est concassé et broyé à une dimension de 50 à 150 µm puis est mis en pulpe agitée avec de l'eau, du cyanure en présence d'air.

Les cinétiques sont rapides (24 à 48h) et les taux de solubilisation de l'or varient de 40 à 99% suivant les types de minerais, des mailles de libération de l'or, des taux d'oxydations des minéraux, etc.

Le rendement de cyanuration d'un minerai d'or saprolitique peut être de 99%.

La récupération de l'or contenu dans les solutions s'effectue par adsorption sur charbon actif en pulpe.

Le procédé fonctionne à contre-courant, c'est-à-dire que dans un sens, il y a appauvrissement en or dans la pulpe et dans le sens contraire, le charbon actif s'enrichit en or. Ce procédé permet d'effectuer la récupération de l'or sans séparation liquide-solide (le charbon étant d'une maille plus importante que les plus grosses particules de minerai).

Les charbons sont ensuite traités dans un circuit dit DER (Désorption-Electrolyse-Régénération pour recyclage) afin d'en récupérer l'or et le fondre pour Doré.

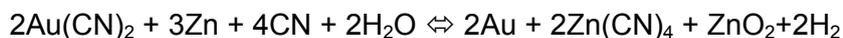


Figure 22. Gauche : Lixiviation en tas avec arrosage par le dessus et récupération des solutions par le bas sur les liners. Droite : Cuves de cyanuration et adsorption sur charbon actif.

Récupération de l'or solubilisé

- Principe

Le zinc ou l'aluminium sont utilisés pour leurs propriétés électromotrices vis à vis de l'or complexé en solution qui se dépose sur le métal en poudre : c'est la cémentation. Une des réactions proposées :



L'opération de cémentation se réalise sans oxygène (sous vide) avec des solutions limpides. On obtient un ciment composé de zinc et d'or, métal poudreux.

- Traitement du ciment

L'élimination des impuretés (Zn, Cu, etc.) s'effectue par dissolution ou lixiviation à l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique. Le ciment est ensuite fondu pour Doré.

Récupération de l'or solubilisé (procédé ADR : Adsorption-Désorption-Récupération)

- Principe

L'or étant complexé-« solubilisé » dans la phase aqueuse de la pulpe ; il consiste à adsorber le complexe sur du charbon actif ou de la résine (CIP ou RIP) afin de concentrer et séparer le métal précieux du milieu dans lequel il se trouve (pulpe ou solution). Les charbons chargés en métaux précieux sont isolés dans des colonnes mises en circuit fermé avec une solution de désorption de l'or et un électrolyseur. L'or se dépose sur les cathodes métalliques (paille d'acier) qui sont fusionnées pour produire les lingots de Doré. Les solutions et les charbons sont régénérés et recyclés.

5.2. IMPACTS DU TRAITEMENT DE MINERAI

Les rejets de traitement gravimétrique

Les boues de traitement ou rejets de traitement (tailings) sont évacués vers des bassins de décantation (parc à résidus ou à stériles) où, après décantation, les eaux claires sont récupérées et recyclées en tête de l'installation (circuit fermé). Ces volumes s'appuient, au niveau des eaux claires et de leurs surverses dans le milieu naturel, contre des digues ou barrages construits suivant des protocoles géotechniques. Les surfaces de ces bassins peuvent faire plusieurs hectares avec des bords constitués par le matériau décanté.

De par les surfaces occupées, ce sont des ouvrages qui collectent des volumes d'eau météorique importants auxquels s'ajoutent les eaux de ruissellement des surfaces déboisées. Il s'agit donc d'un secteur stratégique de gestion des eaux car les pluies peuvent être très violentes et importantes. La gestion de ces eaux requiert les mêmes précautions quant à leur qualité (température, couleur, turbidité, teneur en oxygène, pH, concentration en certains ions et notamment en éléments traces métalliques, etc.) que pour les eaux issues des verses à stériles.

Impacts liés au cyanure en présence de mercure

Jusqu'à fin 2005, les exploitants ont utilisé le mercure dans les unités de concentration gravimétrique de Guyane. Le mercure est présent dans les rejets des concentrés d'usine (abrasion sur les tables d'amalgamation, etc.) ou rejeté car devenu inefficace par accumulation d'impuretés. Il se trouve sous forme métallique dans les stocks de produits de décantation (bassins à stériles).

Du fait des faibles performances de récupération de l'or dans les zones oxydées des gisements, par la simple gravimétrie centrifuge : de l'ordre de 30 à 60%, il reste beaucoup d'or dans certains parcs à résidus dont les teneurs varient de 2 à 20 g/t en fonction des teneurs alimentées et de la qualité des appareils utilisés, intégrés dans des circuits souvent non optimisés.

Aussi, les nouveaux exploitants vont probablement reprendre ces anciens « stériles », en premier lieu car déjà réduits à 1-3 mm, pour en récupérer l'or par un procédé moderne et efficace utilisant : broyage fin > gravimétrie > flottation > cyanuration, par exemple.

Dans ce schéma, le mercure sera récupéré au niveau des concentrés de gravimétrie centrifuge pour partie, mais principalement lors de la cyanuration car le mercure est un cyanicide qui se complexe plus rapidement que l'or et qui se retrouve tout du long de la chaîne de traitement : il s'adsorbe avec l'or sur les résines ou les charbons actifs, il se désorbe avec l'or et se retrouve

aussi avec l'or sur les cathodes métalliques de l'électrolyse et, si on ne le récupère pas par un procédé adapté, se retrouve dans les Dorés et les filtres des envolées.

Le mercure est un pénalisant financier très important lorsque les lingots de Doré sont vendus pour être raffinés (puisqu'il nécessite des opérations supplémentaires de traitement) aussi, l'exploitant est obligé de « distiller » le mercure déposé sur les cathodes (évaporation – condensation) dans une étape de procédé supplémentaire avant de fusionner les cathodes dans le four. Il y aura donc un sous-produit à la production d'or : le mercure et une augmentation des coûts opératoires par surconsommation de réactifs et par l'intégration d'une section de distillation du mercure. Les concentrés obtenus par gravimétrie contiendront aussi du mercure qui devra être distillé.

5.3. SOLUTIONS ENVISAGEES ET BONNES PRATIQUES

- **Les rejets de traitement gravimétrique**

L'efficacité des ouvrages de gestion des eaux doit être maintenue dans le temps. Il incombe donc aux opérateurs d'entretenir les aménagements et de vérifier notamment la stabilité des digues et ouvrages relatifs aux bassins de décantation.

Tout comme pour la confection des pistes, les opérateurs doivent composer avec une variété assez limitée de ressources à disposition en matériaux de remblais.

Le fonctionnement du procédé de traitement du minerai étant tributaire de la qualité de la décantation opérée au sein de ces parcs à résidus (circuit fermé), les positionnement et fonctionnement du dispositif de prise d'eau à destination de l'installation sont pensés pour ne pas être perturbés par la turbidité provoquée lors de forts épisodes pluvieux. Si les déversoirs des ouvrages temporaires sont conçus au regard de la durée de vie des chantiers et des enjeux environnementaux afférents, en revanche les évacuateurs de crues des ouvrages permanents sont dimensionnés de sorte de pouvoir évacuer sans risque un débit de pointe de récurrence centennale. Il faut également tenir compte des éventuelles modifications du bassin versant, dont les déforestations pour ouverture de piste ou de chantier. Un ouvrage de dissipation d'énergie situé en aval est nécessaire pour limiter toute érosion des corps de digue.

Primordial, le suivi des digues délimitant ces bassins de décantation est assuré de manière régulière et après chaque intempérie notable. Les surfaces des digues sont maintenues propres, facilement accessible, et si nécessaire équipées d'outils de surveillance. Si une anomalie est constatée lors d'un contrôle, l'ouvrage est renforcé sans délais. L'intervention d'un ingénieur géotechnicien est envisagée dès les premiers signes d'irrégularité. Si, malgré toutes les protections, une rupture de digue partielle ou complète devait survenir, les travaux de production seraient immédiatement interrompus, et les forces humaines concentrées vers la reconstruction de l'ouvrage. L'accident est déclaré à la DREAL puis analysé pour éviter toute récurrence. En effet, une rupture de digue suppose un déversement brutal non maîtrisé de rejets miniers dans l'environnement, et un risque de pollution important : matières en suspension, éléments chimiques, et tout objet, machine, ou infrastructure, se trouvant dans l'axe du déversement accidentel, et susceptible de délivrer des produits polluants. Par conséquent, la conception et le suivi des ouvrages de rétention doit faire l'objet d'une procédure spécifique réalisée en collaboration avec un géotechnicien.

- **Les rejets des autres traitements (sites industriels seulement)**

Que ce soit pour des rejets de gravimétrie ou de flottation ou de cyanuration, outre la gestion réglementaire du cyanure, la gestion des volumes de rejet reste identique. Afin de limiter

l'emprise des rejets en pulpe qui représentent l'équivalent en volume du matériau à l'entrée de l'usine (tout-venant), il est important d'utiliser un procédé de réduction de ces volumes :

- Par l'obtention de gâteaux de filtration dont l'humidité résiduelle pourrait être de l'ordre de 20% ;
- Utilisation de surfloculateur/décanteur avec production de pâte dont le pourcentage en solide serait $\gg 70\%$, etc. Ce type de technologie participerait grandement à réduire les impacts d'infiltration, de mouvance de fines, ou de stabilité ;
- Ces technologies permettent de plus de facilement gérer les résidus en les plaçant dans des cellules qui, une fois remplies une à une, seraient végétalisées.

• Les cyanures résiduels

Un effort particulier devrait être fait pour qu'aucun cyanure de type WAD (cyanure libre + cyanure aisément libérable) ne soit évacué dans les sols ou dans les eaux ou les bassins. La norme depuis 2010, pour les rejets d'une installation autorisée après 2008 est de 10 ppm (mg/kg) au point de déversement des résidus dans le bassin. Le cyanure est exprimé en cyanure aisément libérable.

Une des méthodes consiste à recycler totalement le cyanure à l'intérieur de l'usine, par un procédé de type AVR (acidification – volatilisation – recyclage) par exemple. La destruction des cyanures WAD est souvent réalisée par le procédé INCO (oxydation par SO_2 + air), le procédé à l'acide de Caro et surtout avec l'appui des UV et de l'oxygène de l'air dopé par la température.

Bonne pratique : pour plus de sécurité, il est proposé de réaliser cette opération en amont des bassins de décantation.

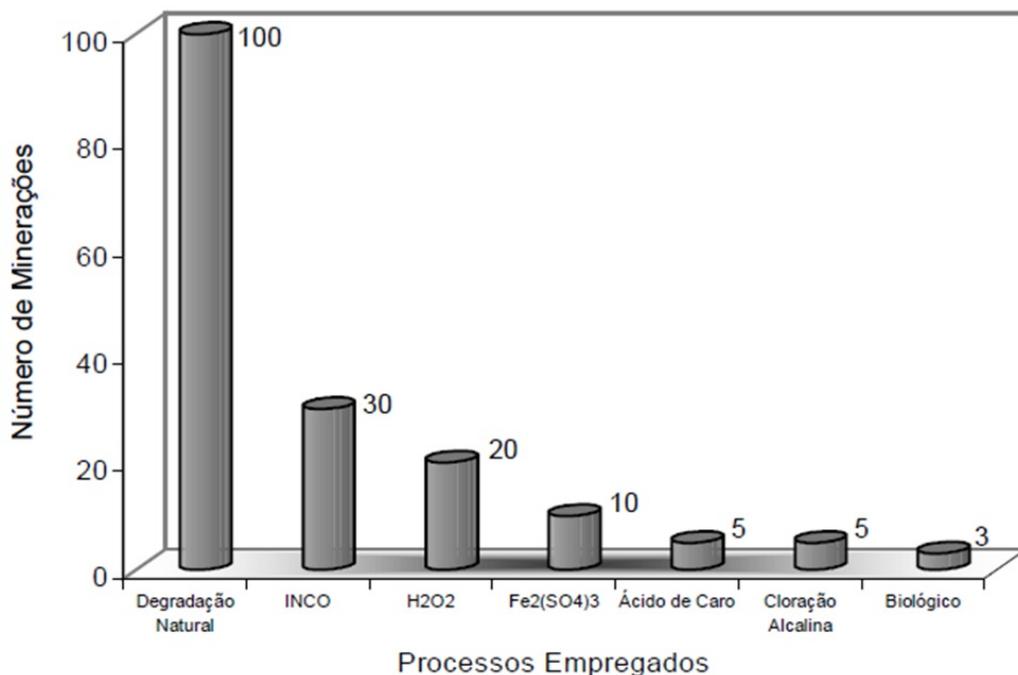


Figure 23 : Taux d'utilisation des différents procédés de destruction des cyanures.

- **Alternatives à l'utilisation du cyanure**

Les procédés alternatifs à l'utilisation du cyanure sont nombreux. Seuls les procédés thio-urée et thiosulfate semblent approcher, dans certains cas, les taux de récupération de l'or par le cyanure. Des travaux de recherche se poursuivent pour améliorer les performances de ces deux procédés en termes de rendement, de coût opératoire et de suivi environnemental (Cf. Annexes).

Bonnes pratiques

- *Concernant l'utilisation du cyanure*
 - Respect de la réglementation
 - Justifier de la formation du personnel à utiliser et gérer le cyanure ;
 - Justifier des compétences des cadres à gérer une usine de cyanuration ;
 - Justifier d'une formation « procédé » ;
 - Recyclage intégral du cyanure à l'intérieur de l'usine par un procédé adéquate ;
 - S'il y a rejet de cyanure, destruction des cyanures par un procédé au moins aussi efficace que $\text{SO}_2 + \text{UV}$;
 - Participation au code international de management du cyanure;
 - Justifier d'une logistique continue sans rupture de stock ni d'approvisionnement ;
 - Justifier d'un stock de produits destructeurs du cyanure équivalent à la quantité de cyanure engagée dans l'usine (stock et en cours) ;
 - Stockage abrité et aéré des fûts métalliques de cyanure (pH basique) qui se corrodent rapidement ;
 - Idem pour les fûts d'hypochlorite de calcium (cas de son utilisation pour détruire certains cyanures) ;
 - Justifier d'un monitoring de l'étude d'impact et de l'encours du procédé ;
 - Assistance technique externe (suivi de procédé, géotechnique, environnementale) ;
 - Zone de rétention étanche, avec facilité de reprise des matériaux, des cuves contenant des solutions cyanurées ;
 - Réaliser les bilans cyanures à tous les nœuds du procédé ; cette comptabilité participe à la maîtrise des flux du stock aux rejets (sur INVENTEO-USIMPAC par exemple) ;
 - Contrôle strict de la conformité des moyens de transport, de trajets, du conditionnement et de la sécurité des matériaux potentiellement dangereux par des personnes habilitées pour éviter accidents ou malveillances.

- **Le contrôle des rejets en mercure**

Les procédés légaux utilisés ne font plus appel au mercure. Celui-ci peut toutefois être présent dans les sols et les minerais. Bien qu'il soit considéré qu'un très faible tonnage de rejet est concerné par ce cas de figure, il conviendra de vérifier la concentration de mercure dans les rejets

6. Fermeture, reconversion et gestion de l'après-mine en

6.1. EXPLOITATION D'OR ALLUVIONNAIRE

- **Réhabilitation du site**

L'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter impose une réhabilitation du site au fur et à mesure de l'avancement des chantiers.

En pratique (Figure 24), lorsque le dernier bassin de la chaîne de décantation est asséché, il est comblé en respectant la stratification originelle des terrains (graviers stériles, terre végétale + andains pour favoriser la revégétalisation).

Fermeture des premières barranques au fur et à mesure de la progression du chantier

Le chantier ne doit pas communiquer avec la crique ou son canal de dérivation !!

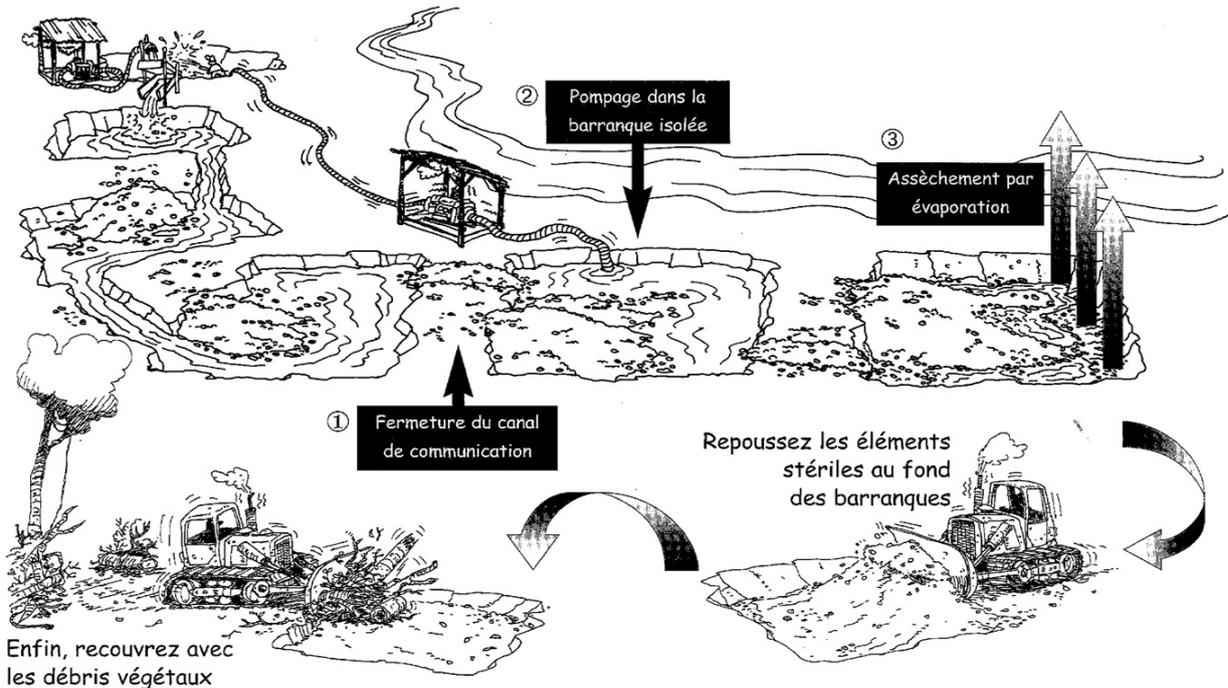


Figure 24 : Schéma explicatif de la réhabilitation d'un ancien site d'exploitation alluvionnaire (Source : DEAL-Guyane).



Figure 25 : Exploitation alluvionnaire en cours de reprofilage et de plantations (Cliché : J.-F. Thomassin).

En fin d'exploitation du site, le comblement des différents bassins doit être réalisé, la crique doit être re-profilée dans son tracé originel et le canal de dérivation, comblé (Figure 25). Dès lors, une revégétalisation du site doit être mise en œuvre.

- **Intégration environnementale**

Après réhabilitation du site, il faut une année pour bien voir les progrès de reconquête de la végétation. De très gros efforts en R&D ont été réalisés pour sélectionner les plantes *ad hoc* et mettre en place des protocoles satisfaisants.

Des progrès doivent être encore réalisés pour la partie gestion des eaux afin de ne pas prendre le risque de rejeter des particules en suspension dans le milieu naturel. Des réflexions doivent être engagées à ce sujet, elles doivent prendre en compte les capacités des installations (dégradation des performances en fonction de la vitesse d'avancement), les périodes pluvieuses de l'année, la gestion des eaux en fonction des volumes libres disponibles, le traitement des eaux de rejet, l'influence des flocculants sur la récupération or, etc.

6.2. EXPLOITATION D'OR PRIMAIRE

- La MCO en fin de vie

Afin d'éviter l'accumulation ou des fluctuations des eaux météoriques dans la MCO, et particulièrement dans les zones de battement (oxydé-sulfuré) ainsi que sulfurée, le comblement doit être envisagé avec les derniers matériaux excavés avec couverture consécutive d'une couche de saprolite compactée.

Les abords devront être sécurisés et un plan de réhabilitation-revégétalisation des accès – pistes – gradins sera mis en œuvre. L'appropriation de ces sites désaffectés par la biodiversité est souvent très rapide et peut être valorisée en termes d'image.

Une étude spécifique de l'après-mine a été conduite par la grappe ORkidé préconisant plusieurs alternatives aux schémas classiques.

Exemples d'utilisation de sites miniers :

- Un projet de stockage d'eau avec production d'électricité entre deux fosses ayant un dénivelé peut être par exemple envisagé (ex. projet Imerys après la fermeture de la carrière de kaolin de Berrien dans le Finistère) ;
- Aires de détente : jeux d'eau, balades, circuits touristiques, etc. (ex. Saint-Renan).

- Zones nues

Les zones nues, accès, pistes et aplombs d'anciens bâtiments seront profilés et revégétalisés afin de stabiliser les terrains.

- Déchets miniers
 - Verses à stériles

Les verses à stériles seront configurées de manière à ce qu'elles aient une bonne intégration paysagère (hauteur en particulier). Réviser toutes les ravines et les collecteurs d'eaux de ruissellement. Elles seront mises en forme et végétalisées (Figure 26).



Figure 26. Gauche : Epanchage superficiel des stocks de terre végétale avant reboisement des verses à stériles. Droite : Végétalisation naturelle et spontanée des verses à stériles et intégration paysagère, SMI Cominor Mine d'Ity en Côte-d'Ivoire (Clichés : P. Urien, BRGM).

- Résidus de traitement

Les parcs à résidus sont mis en forme avant revégétalisation, plantation. Les eaux de ruissellement restent captées pour décantation avant rejet dans le milieu naturel. Si des matériaux sulfurés (résidus de cyanuration de concentrés de flottation par exemple) ont été mis en place, il faudra vérifier que ces matériaux soient bien stabilisés et que le conditionnement soit bien hermétique.

- Le Drainage Minier Acide ou DMA

La mine ne doit pas produire de DMA. Si des matériaux sulfurés (résidus de cyanuration de concentrés de flottation par exemple) ont été mis en place, il faudra vérifier que ces matériaux soient bien stabilisés et que le conditionnement soit bien hermétique.

- Exhaure minière

L'exhaure minière ne peut être constituée que d'eau météorique décantée répondant à la réglementation : MES, éléments en trace métalliques, etc.

- Les eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement doivent être dirigées vers des bassins de décantation pendant toute la durée de reprise des herbacées.

- Revégétalisation des sites miniers

Plusieurs entreprises locales travaillent dans le domaine de la réhabilitation des sites miniers et à la revégétalisation des sols (CAEXGEO, PHYTOTROP, SOLICAZ, VERDAL REFORESTAGE, etc.). Ces entreprises disposent de pépinières et de solides expériences avec un choix et un stock de végétaux adaptés au contexte guyanais.



Figure 27 : L'association de l'exploitant société ERMINA avec le biologiste PHYTOTROP, sur l'exploitation de Saint-Félix. Gauche : Le chantier en finition. Droite : La zone ré-égalée, re-profilée et replantée (Cliché : C. Pernaut).



Figure 28 : L'association de l'exploitant société ERMINA avec le biologiste PHYTOTROP, sur l'exploitation de Saint-Félix. Gauche : La zone après 3 ans. Droite : Les bords de crique après 4 ans (Cliché : C. Pernaut).

Annexe 1

Historique de l'activité minière en Guyane

1719 à 1742	Echec de plusieurs expéditions dans leur recherche du fameux trésor. Elles ont cependant ouvert la route à l'exploration de la Guyane intérieure. Jean Baptiste Leblond décrit et cartographia en particulier les filons de quartz d' Adieu-Vat
Début 1854	Paoline un indien métis brésilien, considéré comme le découvreur de l'or guyanais. En effet, il ramène des pépites d'or récoltées dans la crique Aïcoupaïe, affluent de la rivière Approuague. En 1855, il récidive en ramenant de la même crique une dizaine de grammes d'or.
Août 1855	Une expédition officielle financée par l'administration, dirigée par Félix Couy et conseillée par Paoline remonte jusqu'au saut de Machicou Elle reconnaît des terrains aurifères dans le bassin de l'Approuague et ramène de belles pépites dont l'une pesant 57g.
1857	La Compagnie Aurifère et Agricole de l'Approuague est créée et initie la production officielle de l'or en Guyane avec 11 kg d'or en 1857. La production augmente avec des compagnies comme La Société Anonyme des Gisements d'Or de Saint-Élie encore active en 1964 sous le nom de Société Nouvelle de Saint-Élie. Cette dernière est à l'origine du passage de l'orpaillage manuel à l'exploitation industrielle. À partir de cette année, les explorations, découvertes et exploitations alluvionnaires se développent et se succèdent à travers toute la Guyane.
1859	Les découvertes de gros placers se succèdent (Boulangier, Cacao).
1862	Découverte de l'or sur la Comté.
1865	Découverte de placers sur le Sinnamary.
1873	Découverte de placers à Saint-Élie et ruée sur le Haut-Sinnamary. Le 5 juin, Vitalo fonde la Société du Placer « Dieu-Merci » ; ce site fera la fortune de cet entrepreneur guyanais avec l'extraction de 1636 kg en 46 mois d'exploitation.
1880	Des exploitations aurifères mécanisées sont mises en place par des sociétés minières investissant des moyens lourds (draglines, dragues à godets, pelleuses, broyeurs, voie ferrée de Saint-Élie en 1884, etc.). Cette mécanisation permet une rapide augmentation de la production (1928 kg déclarés en 1880, 4822 kg en 1894)
1887	Découverte de placers sur le Lawa et le Tapanahony.
1898-1900	Découverte de placers autour de Saül (Sophie, Repentir, Bœuf Mort).
1900	Début de l'exploitation de Dorlin.
1902	Découverte de placers sur la Haute-Mana.
1908	La Guyane produit officiellement 4471 kg d'or cette année-là. C'est l'apogée du premier cycle de l'or (1854-1950).
1910-1930	La population des mineurs dans l'intérieur de la Guyane est estimée à 10 000 personnes ; 85% sont originaires des Antilles anglaises, et principalement de Sainte-Lucie.
6 juin 1930	Pour reprendre le contrôle de l'intérieur de la Guyane en proie aux brigandages des « bricoleurs » (orpailleurs officiels) et « maraudeurs » (orpailleurs illégaux), un décret-loi institue, sans consultation du Parlement, le Territoire de l'Inini, qui couvre

	toute la colonie en-dehors de la bande côtière (soit 80 000 km ²). Placé sous l'autorité directe du gouverneur de Guyane, il échappe au pouvoir politique local.
1970	Dès les années 1970, de vieux chantiers (Paul Isnard, Boulanger) sont réactivés pour leurs réserves éluvionnaires : ils sont de nouveau rentables grâce à des techniques toujours plus performantes.
1985	Mise en exploitation de la partie oxydée du gisement primaire de Changement, situé à proximité de Boulanger. L'or est extrait par lixiviation en tas (cyanuration), procédé alors inédit en Guyane.
1960 à 1990	Exploitation dans des alluvions et éluvions de la région de Sinnamary de 50 t de colombo-tantalite (niobium-tantale) sur le site de Vénus.
1978	Les premières dragues suceuses font leur apparition sur les fleuves guyanais. Il s'agit de barges équipées d'un sluice sur lequel sont déversés les graviers aspirés par une pompe équipée d'un couple-jet (procédé Venturi) dont un plongeur oriente la bouche d'aspiration dans le fond de la rivière. Ces installations se rencontrent principalement sur le Maroni, l'Oyapock et l'Approuague.
1974	L'inventaire débute en 1974 avec un levé magnétique aéroporté préalable aux opérations de levés géologiques de terrain et à la campagne de géochimie.
1974 à 1995	Le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) et l'ORSTOM (devenu aujourd'hui IRD) et l'État investissent 268 millions de francs (soit 41 M€) dans l'inventaire minier et la cartographie géologique de la Guyane. En 1996, un levé radiométrique et électromagnétique est effectué.
1974	Un levé magnétique aéroporté préalable aux opérations de levés géologiques de terrain et à la campagne de géochimie.
1980	Développement international généralisé de la cyanuration en tas pour les minerais aurifères à basse teneur et relance de l'exploration sur les matériaux encaissant les filons riches.
1993	Ce sont une dizaine de compagnies minières internationales qui ont investi dans la prospection en Guyane, la suite de la compagnie Guyanor Ressources, en 1993.
1996	Campagne géophysique plus complète (magnétisme et radiométrie) postérieure à l'inventaire minier avec des profils à la maille de 500 m sur près de la moitié du territoire guyanais (48 000 km ²).
1993 - 1995	Mise en exploitation de la mine d'Omai (3,5 Moz) au Guyana et contamination au cyanure des rivières en 1995 (août).
1995	Développement de l'utilisation des pelles hydrauliques qui permettent d'augmenter d'un facteur supérieur à 100, la productivité des petites mines alluvionnaires et primaires.
2006	Interdiction formelle de l'usage du mercure dans les activités d'orpaillage et développement simultané des méthodes et matériels de concentration gravitaire.
11/02/2004	Mise en exploitation de la mine de Rosebel (3 Moz) au Suriname.
Février 2008	Rejet du projet de mine d'or de la société CBJ Caïman, filiale du groupe canadien IAMGOLD, prévu sur les flancs de la Montagne de Kaw.

2010	Acquisition de Paul Isnard Bœuf Mort par Columbus Gold et mise en évidence du gisement de Montagne d'Or.
22 février 2011	La première assemblée constitutive de la Grappe ORkidé et organisation remarquée du Kayenn Mining Symposium sur le thème « Le Bouclier des Guyanes », les 1, 2 et 3 décembre 2011.
30 décembre 2011	Décret n°2011-2105 du 30/12/2011 portant approbation du schéma départemental d'orientation minière (SDOM) de la Guyane.
2015	AuPlata installe dans la banlieue de Cayenne une unité pilote de cyanuration afin de récupérer l'or contenu dans les concentrés sulfurés des exploitations alluvionnaires. Les premiers tests de mise en service sont considérés comme concluants.

Depuis la découverte de l’or, les méthodes d’exploitation et de récupération de l’or ont évolué suivant les différents contextes :

Lieu d'exploitation	Dates d'exploitation	Equipements d'excavation	Equipements de récupération de l'or	
			Principal	Finition avant fusion
ZONES HUMIDES				
Petites criques	1860 à 1970	Pelles et pioches	Longtom, sluices, rocker	Batée
	1880 à 2000	Monitoring +pompes puis ajout des pelles rétro ----- Pelles rétro hydrauliques, exploitation en barranques	Longtom, sluices ----- Sluices + tables à secousses (jigs, concentrateurs centrifuges)	Batée ----- Jigs, concentrateur centrifuge, table à secousses, batée
	1980 à 2015			
Criques et zones marécageuses	1900 à 1930	Dragues à godets ; draguelines	Sluices	Jigs, batée
	1970 à 2000	Dragues suceuses	Sluices	Batée
	1980 à 2015	Pelles rétro hydrauliques, exploitation en barranques	Sluices	Jigs, concentrateur centrifuge, table à secousses, batée
Fleuves	1900 à 1930	Dragues à godets	sluices	Jigs, batée
	1970 à 2000	Dragues suceuses	sluices	Batée
ZONES « SECHES » (éluvions, colluvions, primaire)				
Matériaux non indurés	1860 à 1920	Pelles et pioches	Longtom, sluice, rocker	Batée
	1880 à 2000	Monitoring	Longtom, sluices	Jigs, batée
	2000 à 2015	Pelles hydrauliques	Broyage, concentrateurs centrifuges	Jigs, tables secousses, batée
Matériaux indurés	1990 à 2015	Explosifs, BRH, Bulls, chargeurs, dumpers, pelles rétro	Concassage-broyage, criblage, Concentrateurs centrifuges	Tables à secousses, batée
<i>Remarque : de 1860 à fin 2005, l'amalgamation au mercure était une étape intermédiaire entre la production du concentré de sluice et la finition à la batée avant fusion pour Doré. Cette étape a disparu depuis janvier 2006.</i>				

Annexe 2

Géologie et métallogénie

- **Ancienne carte de l'or en Guyane**



Alain LANDY : Les leçons de l'Histoire en Guyane

www.lekotidien.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=5475%3Ahistoire-de-la-guyane-qui-va-tuer-la-poule-aux-oeufs-dor-&catid=12%3Aguayane&Itemid=101

- **Gîtologie des gisements aurifères guyanais**

Les minéralisations d'or primaire sont encaissées dans les formations volcano-sédimentaires (notamment le Paramaca inférieur, âgé entre 2,1 et 1,8 Ga). Le Paramaca inférieur pourrait avoir été le vecteur et le support de la mise en place initiale du stock d'or, suivant un schéma du type dépôt syngénétique. Cette formation Paramaca métamorphisée dans le faciès schistes verts est décrite comme une ceinture de « roches vertes » bordant les intrusions granitiques fréquemment déformées. Deux ceintures principales orientées E-O traversent la région : (1) la ceinture nord-guyanaise allant des secteurs de Régina à Paul-Isnard, et (2) la ceinture de l'Inini allant du secteur de Camopi à Maripasoula.

Certaines anomalies aurifères sont contenues dans les terrains d'Armina, en dehors des zones d'influence des intrusions. L'Armina est le produit sédimentaire résultant essentiellement du démantèlement du Paramaca inférieur (et de son potentiel aurifère).

L'Inventaire minier a mis en évidence dans plusieurs sections du Sillon Nord-Guyanais (SNG), l'existence de minéralisations aurifères discordantes (Montagne de Kaw) ou stratiformes et discordantes (Montagne Tortue, Trois Pitons), encaissées dans l'Ensemble Détritique Supérieur. La minéralisation aurifère stratiforme pourrait être interprétée comme un paléoplacer, l'encaissant étant constitué par un ensemble détritique.

Certaines minéralisations aurifères (Repentir, Ela-Mataroni) sont encaissées dans des granitoïdes, mais se situent à faible distance de terrains volcano-sédimentaires. Les paragenèses ou les associations géochimiques montrent sur certains indices une influence granitique (anomalie géochimique en W-Mo à Loulouie) ou périgranitique (association Au-W-Sb-Mo à Maripa). Dans certains cas, des intrusifs auraient pu jouer un rôle moteur dans les circulations hydrothermales minéralisantes.

On distingue classiquement trois types de gisements d'or primaire en Guyane :

- Or disséminé associé aux phénomènes d'altération hydrothermale issue d'une minéralisation précoce des strates volcano-sédimentaires (Paramaca) ;
- Gisements discordants recoupant les couches géologiques à filons de quartz associés à des cisaillements profonds de la croûte terrestre localisés dans les séries volcano-sédimentaires et sédimentaires détritiques ;
- Gisements liés à des niveaux de conglomérats, localement riches en galets de quartz et de grès (Orapu).

Les études récentes publiées dans le cadre du développement du gîte de Montagne d'Or souligne le caractère d'amas sulfuré volcano-sédimentaire sous-marin lié à un épisode felsique à dacitique. Les lithologies (nature des roches) encadrant la minéralisation sont des méta-volcanites basiques, des tufs felsiques et à lapilli, des granodiorites et des porphyres feldspathiques et quartzo-feldspathiques (<http://www.columbusgoldcorp.com/i/pdf/techrep-2015-07-31-PEA-Paul-Isnard-MO.pdf>).

Ces caractéristiques permettent de le considérer comme très similaire à des contextes connus dans de nombreux districts du bouclier Ouest-Africain. Ces observations de terrain ouvrent des champs d'investigation et d'évolution des modèles gîtologiques. Elles permettent aussi d'envisager des méthodes d'exploration mieux ciblées.

Postérieurement, les formations géologiques et les gisements du bouclier guyanais ont subi une altération superficielle très importante du fait du climat équatorial humide et sont presque partout recouvertes de latérites et d'altérites sur une épaisseur variant de quelques mètres à plus de 50 m. La présence de ce profil d'altération permet de détailler les dénominations et classification des gisements guyanais.

Annexe 3

Inventaire minier en Guyane : phases de l'exploration et méthodes

l'analyse de sédiments de ruisseaux a permis de couvrir à moindre coût cette région d'intérêt moins prioritaire ;

- **Phase 2 de définition d'indices** (surfaces considérées de quelques km² à quelques dizaines de km²). Chaque indice ou groupe d'indices géochimiques de surface issu de l'exploration est alors examiné en fonction de son environnement géochimique, géologique ou de critères miniers connus et sa reconnaissance est progressivement améliorée par géochimie en procédant à des resserrements successifs de la maille de prélèvement de sol, jusqu'à parvenir à une définition géométrique suffisante de l'emprise superficielle de l'anomalie métallique. C'est au cours de ces opérations que le levé géologique prend une importance particulière, permettant d'orienter plus précisément la phase suivante ;
- **Phase 3, contrôle de subsurface des anomalies superficielles** (surface de quelques ha). Il s'agit, au cours de cette opération, de vérifier que l'anomalie démontrée dans les sols correspond réellement à une source locale et pour ce faire, d'atteindre en profondeur la roche altérée. Pour vérifier cet enracinement, la méthode la plus classique et plus facile à mettre en œuvre, dans ce contexte à faibles possibilités d'accès, est la tarière à main. A proximité de routes, des engins ont été utilisés pour l'ouverture de tranchées (observation en continu), mais généralement à la suite d'une campagne préliminaire de profils de tarières.

À ce niveau, s'arrête normalement l'action de service public de l'Inventaire dont l'objectif est de définir un plus grand nombre de sites potentiellement favorables, la suite des opérations, lourde, coûteuse et très ciblée, devant incomber aux investisseurs miniers.

- **Phase 4 de reconnaissance profonde et recherche de la mise en évidence d'un objectif minier.** La reconnaissance profonde d'une minéralisation fait appel aux sondages carottés, réalisés en plusieurs étapes de plus en plus coûteuses, et qui doit, dans le cas le plus favorable, aboutir à la démonstration d'un objectif économiquement intéressant. Dans deux cas précis, et sur les premiers sujets trouvés par le Projet, Espérance et Changement, le Comité de l'Inventaire a pris la décision de poursuivre la reconnaissance jusqu'à réaliser dans chacun de ces sites une première série de sondages, permettant notamment de démontrer la solidité de la méthodologie employée et motiver les investisseurs ;
- **Phase 5 de certification de gisement.** La démonstration d'un gisement est une opération lourde, nécessitant un grand nombre de travaux de profondeur (dans le cas des gisements primaires) et d'essais multiples de récupération et de valorisation, avant d'aboutir à une décision d'exploitation.

*Les difficultés de la prospection en Guyane

L'application à la Guyane des techniques conventionnelles d'exploration de grandes surfaces pour la recherche de minéralisations primaires est rendue difficile par :

- l'existence d'un couvert forestier continu et dense et l'imprécision des documents cartographiques, quand ils existent, rendent difficiles les cheminements ainsi que le repérage géographique ;
- dans l'intérieur du pays, l'infrastructure routière étant inexistante, les cours d'eau constituent les seules voies de pénétration possibles, plus ou moins praticables ;

- les fortes pluies saisonnières tropicales constituent un handicap majeur (ennoisement des affleurements, inondations des zones basses et renforcement des difficultés de pénétration) ;
- l'altération superficielle de type équatorial transforme complètement les roches et les éventuelles minéralisations sur une épaisseur qui peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. De ce fait, en dehors des cours d'eau, les affleurements sont rares ou de mauvaise qualité.

*La méthode géophysique : Aéromagnétométrie

Cette méthode géophysique se base sur la mesure des altérations du champ magnétique terrestre consécutives à la présence de roches particulières ou de grands accidents tectoniques. Il s'agit donc d'une méthode de reconnaissance indirecte particulièrement utile dans les régions où la géologie est masquée. Utilisée à maille large dans un premier temps, elle permet d'établir une esquisse géologique interprétative soulignant les extensions des grandes unités lithologiques et marquant les structures tectoniques majeures.

En Guyane, la mise en place d'une campagne de prospection magnétique aéroportée préalablement aux opérations de terrain (en 1974-1975), en couverture des terrains les plus favorables, a constitué un prologue important de l'Inventaire (phase 0 de l'enchaînement des opérations).

Note : la campagne géophysique plus complète (magnétisme et radiométrie) de 1996 s'est déroulée postérieurement à l'Inventaire minier.

*La méthode géochimique : de la phase régionale aux travaux de détail

Classiquement, lorsqu'il s'agit de prospecter de vastes surfaces vierges de toute activité minière, la technique consiste à s'appuyer sur le réseau hydrographique afin de procéder à un échantillonnage des sédiments fins déposés dans le lit du cours d'eau.

L'analyse de ces échantillons renseigne alors sur le potentiel métallique (signature géochimique moyenne) du bassin situé en amont du prélèvement. Elle permet d'y déceler d'éventuelles teneurs élevées (anomalies) pouvant correspondre, en amont, à la présence de minéralisations d'intérêt.

Fortement remaniée par les processus d'altération chimique et de dispersion mécanique, la signature géochimique des roches et de leur minéralisation se retrouve, bien que déformée, dans les sols et les sédiments de ruisseau qui en dérivent. L'analyse chimique multi-élémentaire de ces matériaux permet de caractériser les contextes lithologiques et de détecter les minéralisations sous l'épais couvert pédologique guyanais.

Classiquement, lorsqu'il s'agit de prospecter de vastes surfaces, la technique consiste à s'appuyer sur le réseau hydrographique afin de procéder à des prélèvements de sédiments de ruisseau. L'analyse de ces échantillons renseigne alors sur le potentiel métallique (signature géochimique moyenne) du bassin situé en amont du prélèvement et d'y déceler d'éventuelles anomalies pouvant correspondre à des concentrations.

En Guyane, les difficultés de cheminement et de repérage le long des petits cours d'eau appelés criques, mais surtout l'absence de pistes rendaient cette méthode peu adaptée. Pour réaliser une couverture géochimique satisfaisante, il fut décidé de s'appuyer sur un système de quadrillage par ouverture de layons rectilignes et orientés et en prélevant des échantillons de sols à une maille régulière. En phase régionale, le principe du prélèvement de sédiments de

ruisseau pour analyse fut conservé, celui-ci étant réalisé chaque fois qu'un layon recoupait une crique.

La prospection géochimique en phase régionale (ou "stratégique") correspond à une densité de prélèvements de 2 échantillons/km² en moyenne suivant une maille d'exploration large (généralement 2000 x 500 m). Elle a permis, à partir de grandes surfaces (plusieurs milliers de km²), d'isoler des zones attrayantes, plus restreintes (jusqu'à quelques dizaines de km²), porteuses d'anomalies, pour lesquelles la probabilité de découverte minérale devenait importante. L'analyse des échantillons pour une large gamme d'éléments chimiques (plus de 30) a permis de préciser au mieux les signatures géochimiques et, en conséquence, d'améliorer la hiérarchisation des anomalies détectées.

La prospection géochimique réalisée en phase de détail (ou "tactique") a consisté à prélever des échantillons de sols (100 échantillons ou plus par km²) sur les zones ou autour des points anomaux détectés au cours de la phase régionale 1. Elle vise à souligner une structuration (géométrie des anomalies) et d'obtenir une certaine forme de quantification (niveau des teneurs) de ces anomalies. Localement, des compléments analytiques multi-élémentaires ont été réalisés pour aider à la connaissance des supports géologiques et identifier d'éventuels accompagnateurs des métaux recherchés (guides).

Quelques précisions sur la terminologie :

Prospection "régionale" ou exploration stratégique : prospection systématique à large maille (1 à 3 échantillons/km²), sur des surfaces de quelques centaines à quelques milliers de km², avec mise en œuvre de méthodes adaptées au contexte géomorphologique et aux objectifs, dans le but de mettre en évidence des indices ou des anomalies de produit ciblés ou non ciblés.

Prospection "tactique" ou développement : prospection régulière sur une surface relativement réduite avec mise en œuvre de techniques de prospection adaptées à la délimitation d'indices ou d'une anomalie jugés intéressants lors de la prospection d'exploration, pour en affiner la connaissance (extension superficielle, géométrie de l'anomalie et niveau de teneurs atteint en sol, 50 à 200 échantillons/km²).

Prospect : aire géographique de faible extension relative (quelques centaines de m² à quelques km²), déterminée d'après les résultats d'une prospection régionale et correspondant à un indice d'intérêt minier (anomalie, indice minéralisé affleurant) dont on se propose de développer la connaissance. A son terme, le prospect, ou sujet minier, peut évoluer vers un gisement.

***La méthode alluvionnaire : concentrés de minéraux lourds**

Dans le quart sud du département, totalement dominé par des terrains granitoïdes jugés de moindre intérêt minier et présentant d'importantes difficultés logistiques, l'exploration régionale a été fondée sur des méthodes uniquement alluvionnaires.

La méthode consiste à extraire à la bâtée les minéraux lourds contenus dans un volume connu d'alluvions, en essayant de respecter une densité d'échantillonnage prédéterminée et suffisamment significative. Les minéraux lourds sont déterminés et quantifiés par des études minéralogiques à la binoculaire. Cette technique permet d'identifier directement des substances utiles (or, diamant, cassitérite, scheelite, etc.) ou de les déceler indirectement (minéraux accompagnateurs du diamant, par exemple). Elle fournit également des informations précieuses pour la connaissance géologique générale : répartition régionale des minéraux du métamorphisme ou présence de minéraux typiques attestant de la présence de certaines formations lithologiques. Cette technique a permis de découvrir l'indice diamantifère IT33. La

méthode a par ailleurs été appliquée directement à la recherche de minéralisations en placer pour :

- ilménite, rutile, monazite, dans les cordons littoraux de la côte nord
- or des grands flats, comme ceux des bassins du Sinnamary et de l'Approuague.

La tâche consistait alors à chiffrer des volumes minéralisés et parvenir à déterminer leur teneur en minéraux utiles. Ces opérations ont été réalisées au moyen de sondages courts à la tarière à main ou en utilisant des appareils de type Banka ou Dormers, les produits extraits étant concentrés, puis étudiés et comptés sous binoculaire.

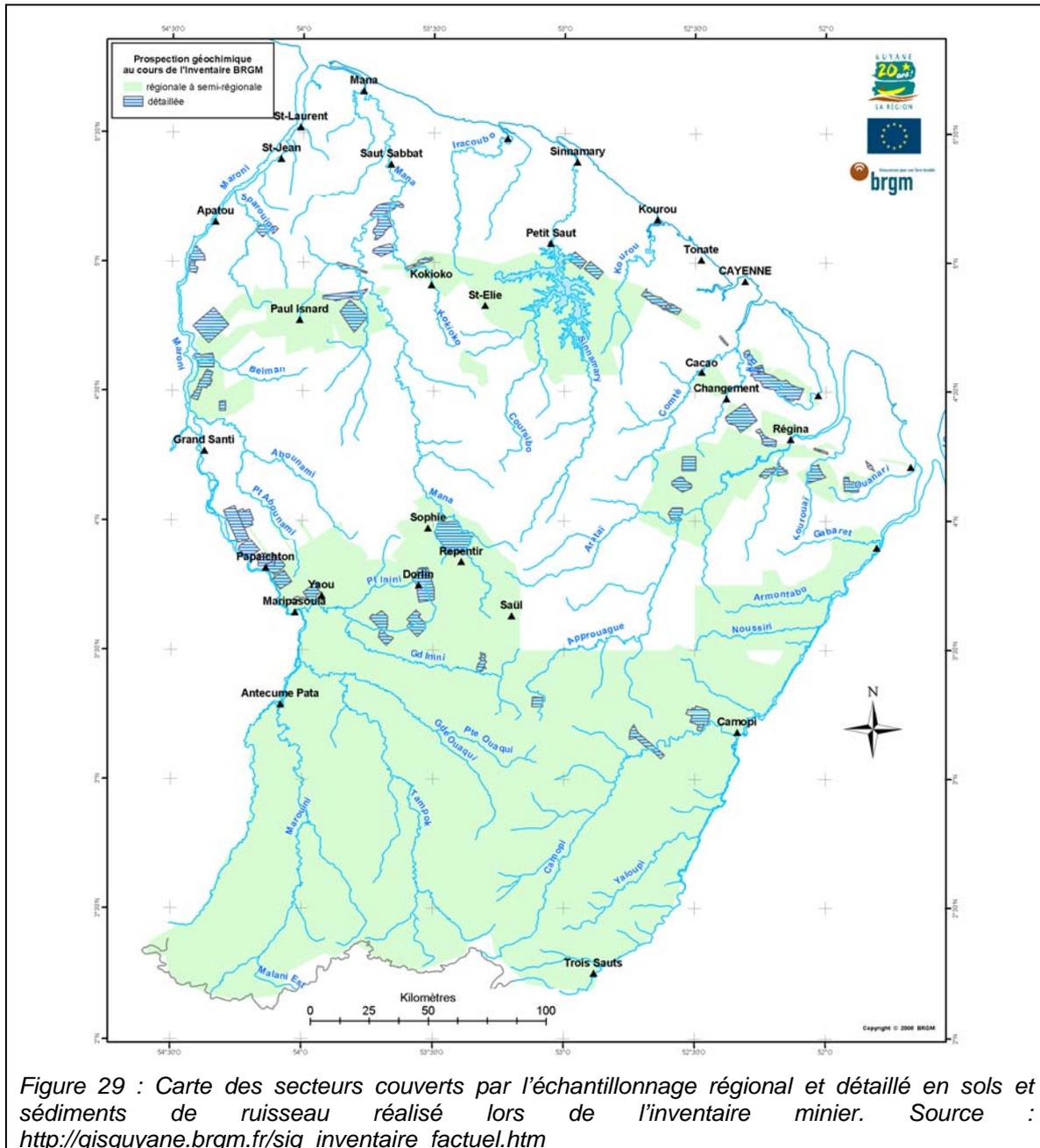


Figure 29 : Carte des secteurs couverts par l'échantillonnage régional et détaillé en sols et sédiments de ruisseau réalisé lors de l'inventaire minier. Source : http://gisguyane.brgm.fr/sig_inventaire_factuel.htm

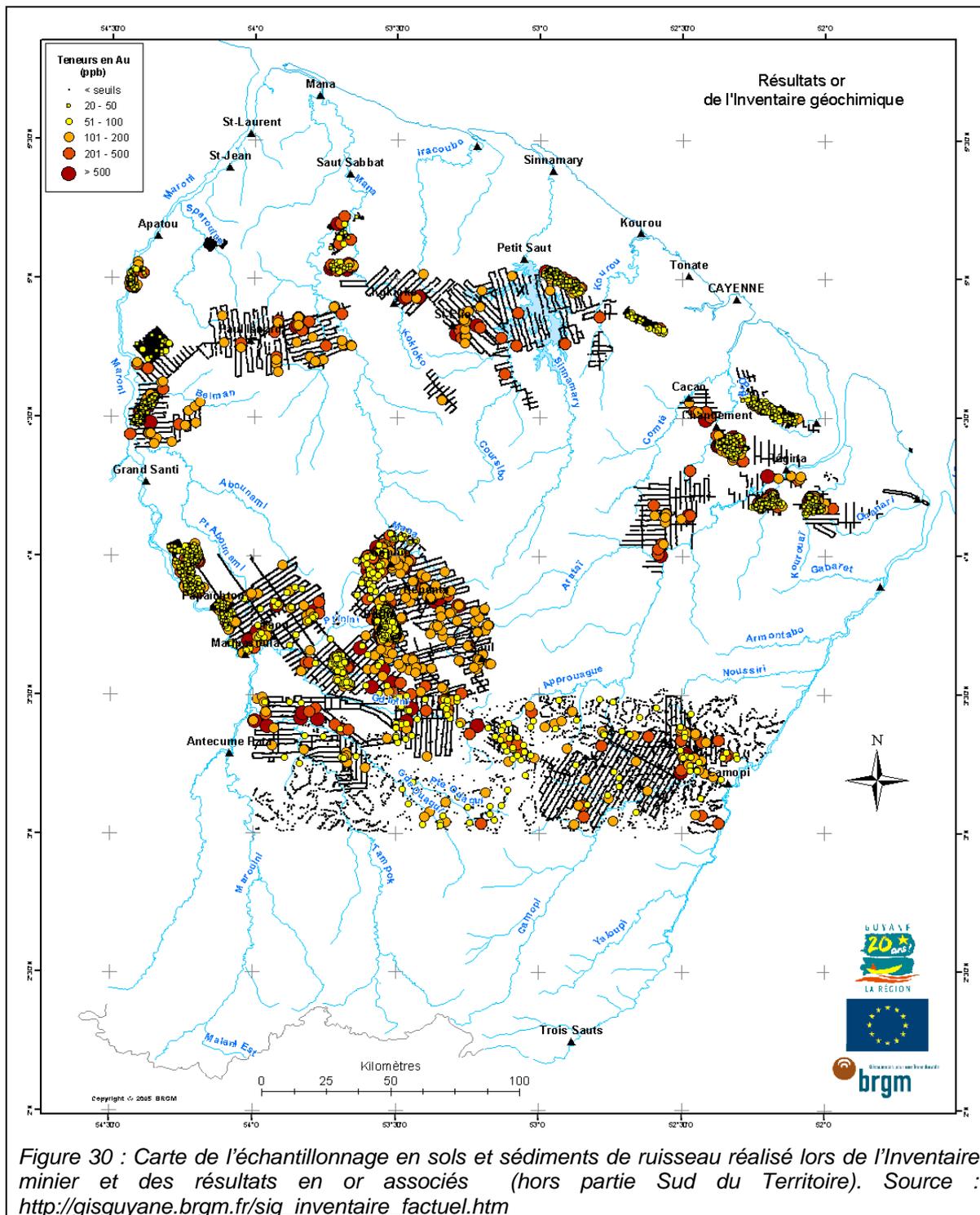


Figure 30 : Carte de l'échantillonnage en sols et sédiments de ruisseau réalisé lors de l'Inventaire minier et des résultats en or associés (hors partie Sud du Territoire). Source : http://gisguyane.brgm.fr/sig_inventaire_factuel.htm

***Les méthodes de reconnaissance en subsurface et en profondeur**

Toute anomalie mise en évidence par géochimie en sols n'a d'intérêt et de valeur que si son enracinement en roche est démontré. En effet, des anomalies peuvent correspondre à des concentrations purement pédologiques sans source profonde locale ; d'autres peuvent avoir subi des déplacements latéraux non négligeables par colluvionnement des sols. Cette vérification s'effectue en échantillonnant des saprolites ou altérites, verticalement (tarières le

Du fait des variations topographiques, il fut nécessaire de découper la région en plusieurs blocs, volés à des altitudes différentes (600, 700 et 1000 m) ; l'espacement des lignes de vol, orientées N-S ou N30°W, était en général de 1000 m, à l'exception du sud-est et l'extrême sud où il était de 2000 m ; des traverses perpendiculaires, faites avec un espacement de 10 km, ont permis de raccorder les lignes entre elles. La navigation se faisait au Doppler et des prises de vues permettaient une localisation et un calage précis des lignes de vol.

Les mesures ont été faites à l'aide d'un magnétomètre à précession de protons (Geometrics G. 803) installé à bord d'un avion Hurel-Dubois; ce magnétomètre permet de mesurer l'intensité du champ magnétique total avec une précision de l'ordre de 1 nT (soit 10^{-9} T, le Tesla correspondant à un flux d'induction magnétique de 1 Wb/m^2). En Guyane, le champ magnétique est de l'ordre de 32 000 nT.

Au total, 47 441 km de lignes de vol firent l'objet de mesures.

Le document résultant présente donc la compilation des mesures après élimination du champ magnétique régional : il ne subsiste que les anomalies locales du champ magnétique qui sont dessinées par des courbes isanomales équidistantes de 20 γ (le gamma [γ] est, en unités CGS, la 100 000^{ème} partie de l'intensité d'un champ magnétique qui exercerait une force de 1 dyne par unité de pôle magnétique, soit $1 \gamma = 10^{-5}$ Oe). L'intérêt de cette figuration est en général de mettre en évidence des structures tectoniques, des unités stratigraphiques ou pétrographiques d'une façon très synthétique qu'il serait bien difficile de déceler autrement sur le terrain, par observation directe.

Plus spécifiquement dans le cadre des études sur la Guyane, cette phase de reconnaissance géophysique devait servir :

- de support aux futurs levés géologiques pour :
 - mettre en évidence des massifs de roches basiques et ultrabasiques ;
 - préciser les contours de la formation volcano-sédimentaire du Paramaca inférieur.
- à sélectionner des zones présumées favorables à la présence de minéralisations sulfurées dans le Paramaca inférieur (recherche de métaux de base : Cu, Pb, Zn, etc.) ;
- à déceler d'éventuelles concentrations en magnétite.

Les données correspondant aux blocs du nord et entre Cayenne et Saint-Georges ont été réinterprétées en 1990. Contrairement à 1976, les données furent informatisées, ce qui a permis d'effectuer une analyse structurale automatique appliquée à la réduction au pôle des valeurs du champ magnétique. Ainsi, la définition plus précise des structures et accidents magnétiques a contribué à affiner la cartographie géologique et structurale.

Certaines anomalies magnétiques furent également sélectionnées pour des contrôles de terrain, essentiellement par grilles géochimiques en sols ; aucune minéralisation n'y fut décelée. Dans le sud, ces anomalies paraissent correspondre en réalité à des variations de faciès dans les ensembles granitiques.

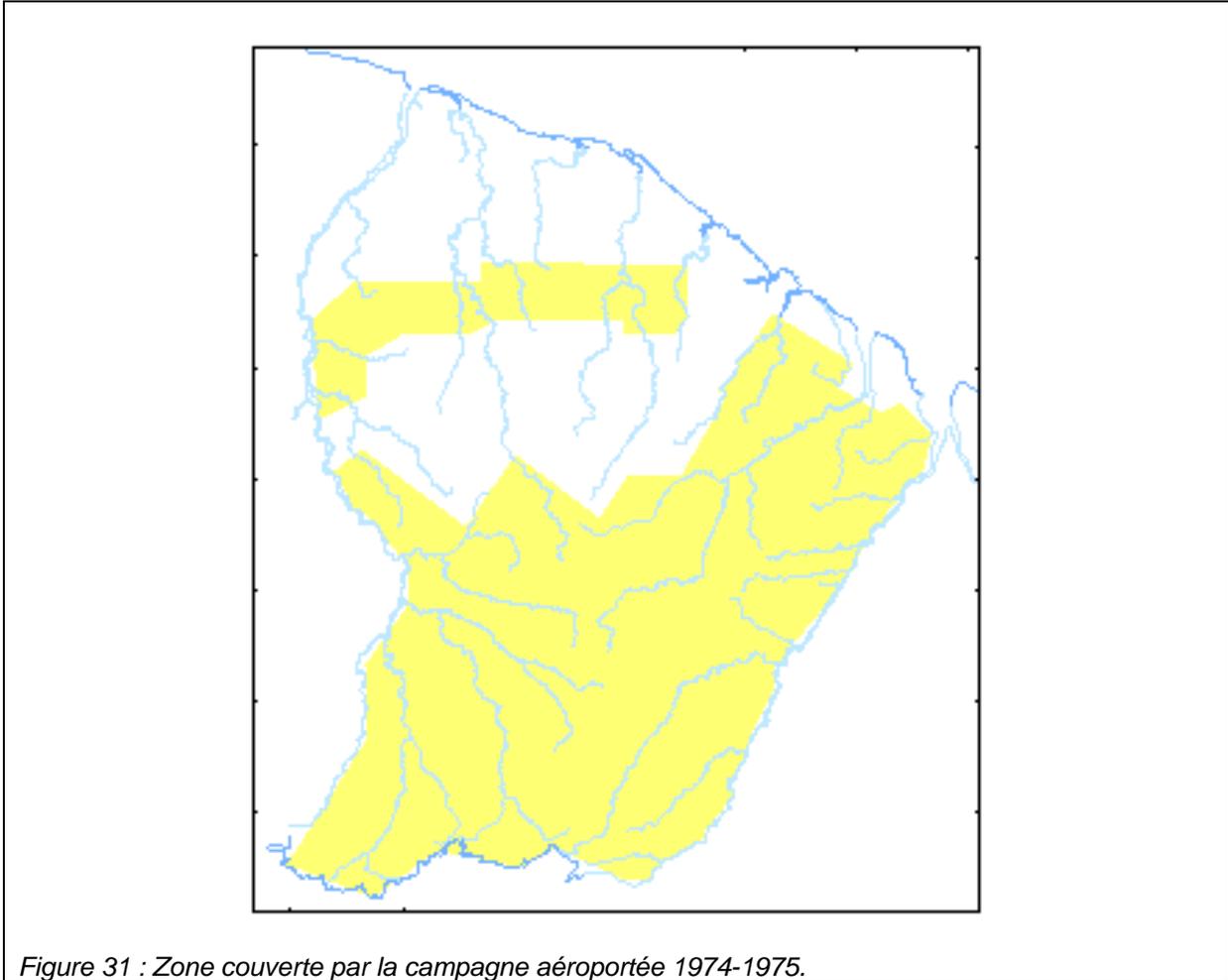
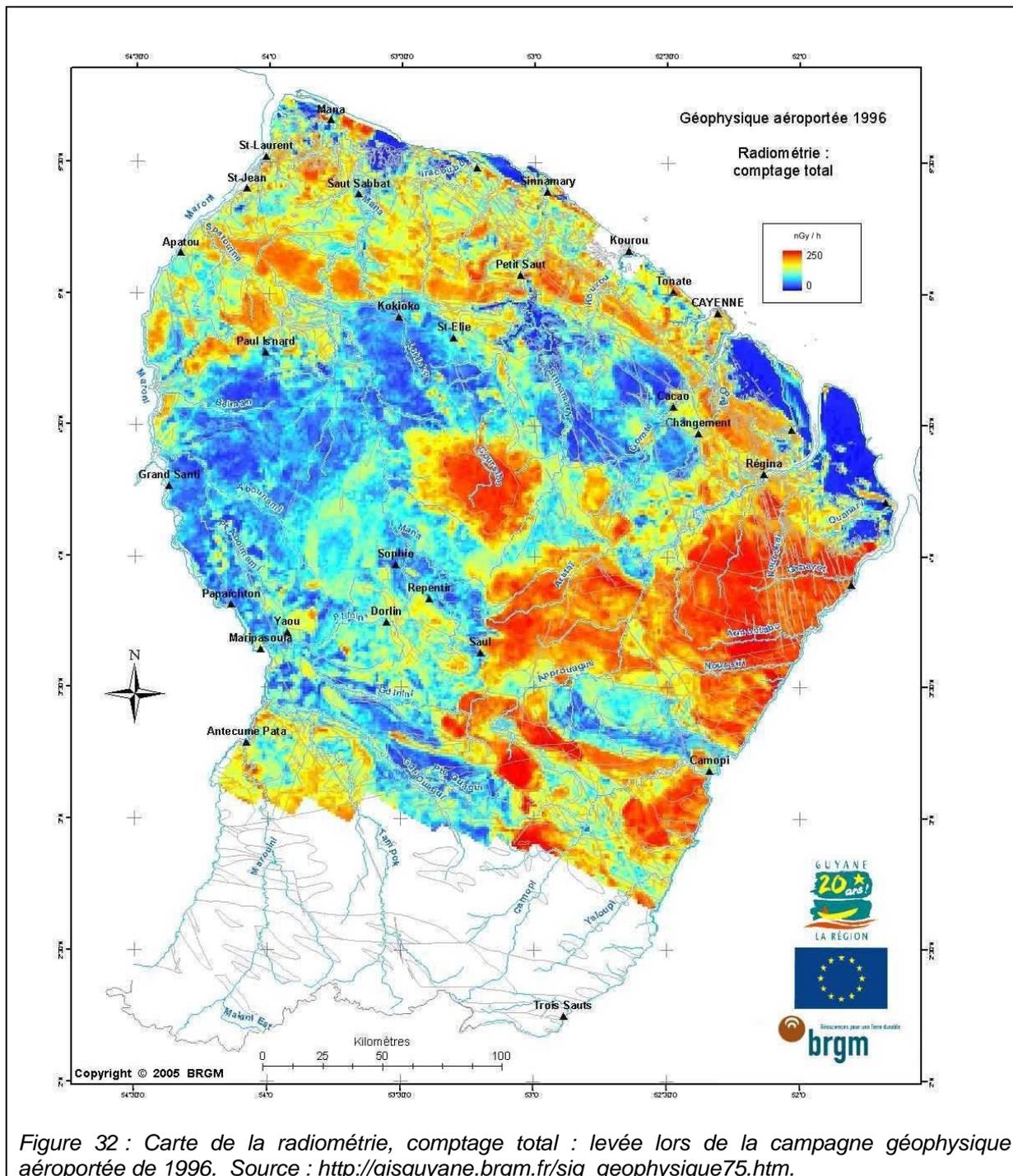


Figure 31 : Zone couverte par la campagne aéroportée 1974-1975.

Campagne géophysique aéroportée 1996

Ce levé géophysique aéroporté a été réalisé au second semestre 1996 pour le compte du Ministère français de l'Industrie, sous la direction du BRGM. Sa réalisation a été confiée à la CGG suite à un appel d'offre. Il dote les 2/3 nord du département de Guyane française d'une couverture combinée d'altimétrie, de magnétisme et de radiométrie spectrale U-Th-K satisfaisant à des critères de "haute sensibilité". Les cartes établies à partir des résultats de cette reconnaissance géophysique aéroportée constituent un support d'infrastructure géophysique réutilisable pour diverses applications : cartographie géologique et structurale détaillée, gestion des ressources en eau, aménagement du territoire, prospection minière.

Ces données sont disponibles en téléchargement sur la page d'accueil du site gisguyane.brgm.fr, au format MapInfo ou ArcGIS.



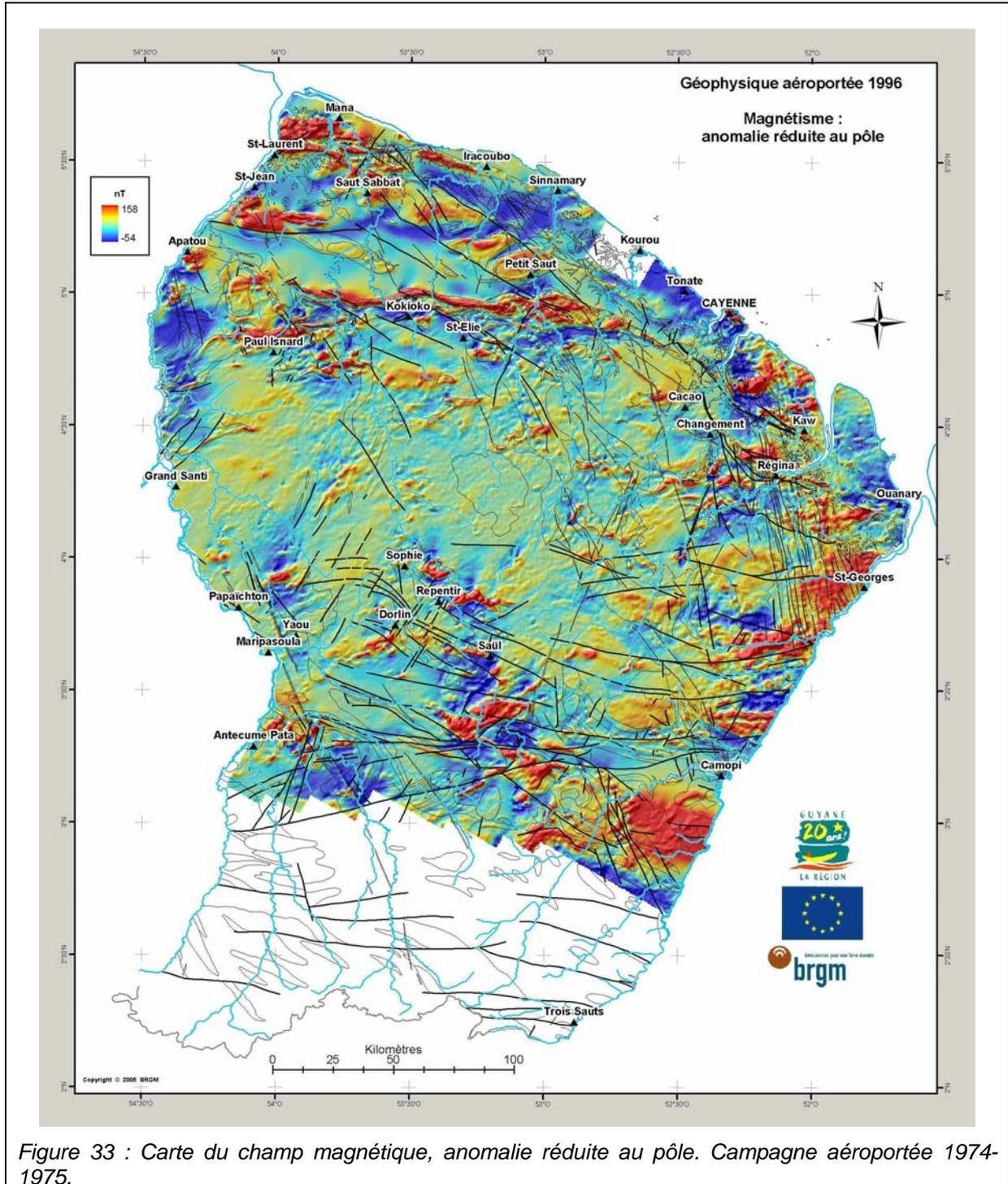


Figure 33 : Carte du champ magnétique, anomalie réduite au pôle. Campagne aéroportée 1974-1975.

Caractéristiques de cette campagne de géophysique aéroportée

Les vols ont été réalisés avec deux avions Cessna Titan 404 équipés à l'identique d'un système complet de navigation (positionnement GPS différentiel ; baromètre, laser et radar altimètres; vidéo), d'un magnétomètre Césium monté en stinger couplé à un compensateur et d'un détecteur du rayonnement gamma à scintillation associé à un spectromètre 256 canaux opérant dans la gamme 0,4-3,0 MeV.

Compte tenu des difficultés techniques de navigation à basse altitude en région équatoriale, l'acquisition a été faite en mode drapé en respectant une « garde au sol » de 120 m au-dessus de la canopée et à la vitesse moyenne de 260 km/h (72 m/s).

Les mesures ont été prises selon un plan de vol préétabli totalisant 130 000 km linéaires de lignes de vol orientées N30° et espacées de 500 m ou 1 000 m (zone centrale) ou 250 m (pour 3 petites zones de test) ; un réseau de recoupes perpendiculaires espacées de 5 000 m a complété le dispositif. La résolution spatiale le long des lignes de vol est de 7 m pour le magnétisme et de 70 m pour la spectrométrie.

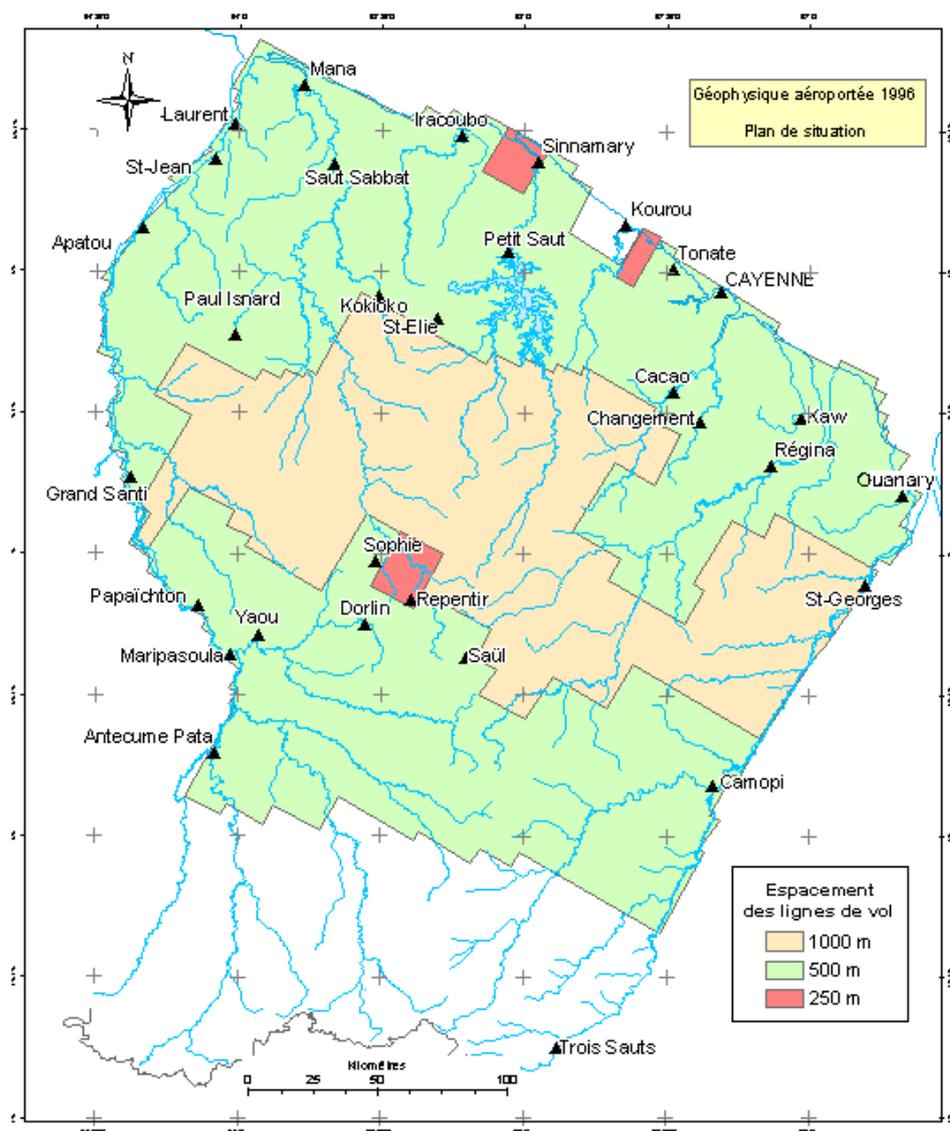


Figure 34 : Territoire couvert lors de la campagne géophysique de 1996.

Les variations temporelles du champ magnétique ont été réduites à partir des enregistrements de stations au sol installées pour les besoins de la campagne à Cayenne, Saint-Laurent du Maroni et Saül, et complétées par les mesures de l'observatoire magnétique de Kourou maintenu par l'Institut de Physique du Globe et appartenant au réseau INTERMAGNET. La station de Cayenne a également été équipée pour servir de station de référence au positionnement GPS.

Le capteur de rayonnement gamma utilisé ici était d'un volume important de 48 litres dont 8 litres, focalisés vers le haut, dédiés à la surveillance du bruit de fond engendré par le radon atmosphérique. Les spectres ont été analysés selon la méthode classique, par fenêtres spectrales correspondant aux gammes d'énergie du Comptage Total (0,41 à 2,81 MeV), du potassium (1,37 à 1,57 MeV), de l'uranium (1.66 à 1.86 MeV), du thorium (2,41 à 2,81 MeV) ainsi que d'un canal de correction cosmique (>3 MeV) (conformément aux recommandations IAEA-1991 rapport technique n°323). Pour davantage de détails sur les caractéristiques ou les traitements apportés à ce levé, se reporter au rapport de fin de campagne (rapport BRGM n° R.39625). Les résultats du levé sont disponibles et peuvent être acquis auprès du service CDG du BRGM à Orléans, en cartes à 1/500 000 ou sous forme de données numériques, en ligne de vol ou en grille au pas de 250 m ou de 125 m.

Carte de topographie relative Radar

La Guyane souffre d'un manque de données topographiques précises inhérent principalement au couvert forestier amazonien. Dans le cadre de ce projet, le calcul d'un pseudo Modèle Numérique de Terrain a été fait à partir des données du levé aéro-géophysique, par différence entre l'altitude GPS de l'avion et la garde au sol mesurée par l'altimètre radar. Ce document, qui ne comporte ni compensation de la hauteur de la canopée, ni recalage sur points cotés, apparaît suffisant pour définir le réseau hydrographique et l'extension des bassins versants dans des zones mal connues (zones difficilement pénétrables en raison de la densité de la forêt tropicale, et souvent mal reconnues en photo-aérienne ou satellites en raison de la permanence du couvert nuageux). Toutefois cette carte pâtit certainement de la non directivité du faisceau radar dont l'écho marque l'obstacle le plus proche avec une pénétration dans la biomasse pouvant varier selon la densité de la forêt. L'anisotropie des mesures (denses le long des lignes de vol mais lâches selon l'espacement du plan de vol) apporte une autre source d'incertitude. Quelques essais méthodologiques montrent qu'il serait possible de l'améliorer par utilisation couplée des estimations de hauteur de forêt à partir des résultats du laser altimètre de cette campagne et d'un MNT radar-grammétrique issu de l'imagerie SAR (Synthetic Aperture Radar) [N. Baghdadi et al., 2002 - Merging of airborne laser altimeter data and RADARSAT data to develop a Digital Elevation Model. *In First International Symposium on Recent Advances in Quantitative Remote Sensing - Valencia - Spain - 16-20/09/2002, International Journal of Remote Sensing*].

L'utilisation des données laser de ces levés mais aussi celles plus récentes du SRTM (cf. Topographie) s'avèrent beaucoup plus précises pour générer une image de la topographie de la Guyane et un modèle numérique de terrain.

Cartes du champ magnétique

La compilation des données aéromagnétiques conduit à l'établissement d'une carte de l'anomalie du champ magnétique total. Par anomalie on désigne la fraction résiduelle du champ magnétique terrestre total après retrait d'une composante régionale. Cette dernière, caractérisée par des longueurs d'onde de plusieurs dizaines de kilomètres, reflète la variation spatiale de l'intensité du champ magnétique terrestre à l'échelle du globe terrestre et/ou d'anomalies d'origine crustale. Celle-ci masque le signal "utile" induit par les corps géologiques superficiels que l'on cherche à étudier ; c'est pourquoi on l'élimine dès les premières étapes du traitement.

Ensuite, pour faciliter l'interprétation des anomalies magnétiques en termes de structures géologiques un certain nombre de transformées géophysiques conventionnelles sont appliquées, deux des plus couramment utilisées sont fournies ci-après (avec, en superposition, les limites géologiques de la carte de 2001) :

- **REDUCTION AU PÔLE** : La forme et l'amplitude de l'anomalie magnétique créée par un même corps aimanté varient selon la latitude magnétique en relation avec la direction locale du champ magnétique terrestre. Le traitement de réduction au pôle vise à corriger cet effet géographique, pour se ramener au cas de figure où, comme au pôle Nord, le champ inducteur est vertical et orienté vers le bas. En l'absence d'aimantation rémanente inverse et à l'exception des structures géologiques à fort pendage, les signatures magnétiques, à l'origine complexes et bipolaires, sont transformées en anomalies positives et symétriques focalisées à l'aplomb des sources d'aimantation.

La réduction au pôle a été appliquée avec les paramètres d'inclinaison et de déclinaison de l'époque du levé (respectivement de 21° et -17°) avec un opérateur " basse latitude " de manière à limiter l'amplification du bruit selon la direction nord-sud.

- **GRADIENT VERTICAL** : Cette transformation du champ magnétique consiste en une dérivation d'ordre 1 selon la verticale. On a affaire à un opérateur « focalisant » qui en favorisant le contenu haute fréquence du signal, permet de 1) augmenter le pouvoir séparateur du magnétisme, c'est à dire de mieux séparer des anomalies proches ou coalescentes ; 2) favoriser les sources superficielles au détriment des sources profondes. Le calcul du gradient vertical a été associé à une réduction au pôle.

Les cartes magnétiques délimitent nettement les grandes unités du socle précambrien guyanais: massifs granitiques ou pegmatitiques, bassins volcano-sédimentaires. Les anomalies sont parfois localement plus intenses en périphérie de certains plutons, matérialisant peut-être une auréole de métamorphisme de contact. Les maxima les plus intenses peuvent révéler des occurrences de magnétite ou marquent tout simplement de forts contrastes de susceptibilité magnétique apportés par une plus grande richesse en minéraux ferro-magnésiens (par exemple dans les gabbros). De nombreuses anomalies linéaires sont mises en évidence, dont quelques-unes peuvent être identifiées localement comme des dykes de dolérites (en particulier un important réseau de filons jurassiques témoignant de l'ouverture de l'Atlantique au sud-est de Cayenne) et parfois des failles. Ces cartes permettent d'améliorer grandement les déterminations de direction et de continuité de ces objets géologiques difficiles à observer sur le terrain en forêt. D'autre part certaines structures majeures peuvent être suivies sous couverture sédimentaire dans la plaine côtière ou en mer.

Cartes radiométriques

La quantité de rayonnement gamma émis par les roches dépend de leur teneur en radioéléments naturels, essentiellement en potassium, en uranium et en thorium. Plus précisément, la méthode de radiométrie spectrale permet d'identifier, par analyse d'énergie des spectres, la contribution au signal radiométrique des principaux radio-isotopes naturels présents : à savoir potassium 40, bismuth 214 (descendant de la famille radioactive de l'uranium), thallium 208 (descendant de la famille radioactive du thorium). Les résultats sont restitués selon 4 canaux séparés :

- **POTASSIUM, URANIUM, THORIUM** correspondant aux 3 radioéléments naturels différenciés et un canal
- **COMPTAGE TOTAL** construit par intégration des énergies sur la totalité de la bande spectrale, correspondant à la mesure globale de la radioactivité naturelle. Les cartes radiométriques fournissent donc des éléments de détection des variations du chimisme des roches et par conséquent, comme en géochimie, donnent " une empreinte " de la nature des roches présentes en surface.

La méthode spectrométrique est quantitative, c'est à dire que les diverses corrections apportées au traitement sont calibrées pour restituer les résultats en teneur élémentaire (pour le potassium), ou en teneur équivalente (pour uranium et thorium dont les filiations radiogéniques peuvent être déséquilibrées). Une calibration de sensibilité des équipements a été faite spécialement pour ce levé au Canada, sur le site de calibration dynamique de Breckenridge. Toutefois, en dépit du soin apporté, soulignons que de nombreux facteurs peuvent perturber la précision des résultats de spectrométrie aéroportée. Ainsi par exemple, si l'atténuation du rayonnement gamma dans l'air, tout en restant assez faible pour permettre les mesures à 120 m d'altitude, est relativement bien compensée des variations d'altitude, de température et d'humidité de l'air, cette atténuation dans le sol est importante et ne peut pas être maîtrisée car elle varie avec plusieurs paramètres (chimie, humidité, densité, etc.). L'effet d'écran de la forêt guyanaise a été pris en compte sur la base d'une estimation de 325 t/ha de biomasse équivalent à 40 m supplémentaires de tranche d'air au-delà de la pénétration du radar altimètre dans la canopée (de l'ordre de 12m).

Ces incertitudes peuvent expliquer en partie les teneurs relativement faibles en radioéléments déterminées ici par l'aérospectrométrie. En particulier, la plaine côtière, souvent inondable ou très humide est caractérisée par une très faible radioactivité essentiellement représentative de la très forte atténuation du rayonnement gamma dans ce milieu. La Guyane a une autre particularité : la couverture latéritique est très développée. Ceci mis en relation avec la faible pénétration des mesures spectrométriques (quelques décimètres) justifie que les signatures radiométriques cartographiées sont très certainement peu représentatives des roches protolithes, mais sont plutôt révélatrices des processus chimiques et de lessivages subis lors de la latéritisation. Cependant les résultats indiquent nettement que les latérites ne constituent pas un masque uniforme et/ou déconnecté du substrat de roches mères : de nombreux contrastes coïncident avec des limites de formations géologiques reconnues.

Le potassium est particulièrement sensible au lessivage, et apparaît par conséquent à une concentration souvent très faible à l'exception de certaines formations détritiques comme celles du sillon nord-guyanais (grès, conglomérats métamorphisés probablement riches en feldspaths potassiques, muscovite ou séricite). Les granitoïdes, pourtant souvent porteurs de micas et feldspaths, sont peu marqués sur le canal potassium probablement en raison de la très rapide dégradation des minéraux par le processus d'altération supergène.

Le thorium donne le signal radiométrique le plus contrasté, car il est porté à l'état d'élément trace par des minéraux lourds (monazite, zircons) très résistants à l'altération et pouvant subsister dans les cuirasses latéritiques.

L'uranium sous forme de minéraux uranifères (oxydes, hydroxydes) est réputé très mobile ; très probablement, dans le contexte guyanais le canal uranium ne met en évidence sa présence que dans les mêmes occurrences minérales que le thorium où il existe aussi en trace. Cependant des variations du rapport uranium / thorium existent et témoignent certainement de différences de nature géologique dans les plutons granitiques.

Les cartes radiométriques marquent également des phénomènes d'érosion actuelle ou récente soulignés par des anomalies intenses témoignant de la concentration de minéraux radioactifs dans des alluvions le long de certains cours d'eau ou sous forme de cordons littoraux.

Compilation des données de 1975 et 1996

Les deux campagnes de géophysique aéroportée de 1975 et de 1996 n'ont en commun que la mesure du champ magnétique. Si la campagne de 1975 couvrait principalement le sud de la Guyane, celle de 1996 couvrait essentiellement le nord. Malgré des sensibilités de capteurs et des caractéristiques de vol (altitude et espacement des lignes de vols) très différents, il a été possible de combiner l'ensemble de ces données et de réaliser une carte magnétique de

l'ensemble de la Guyane. Le degré de précision est variable pour chaque région et dépend notamment de l'espacement des lignes de vol.

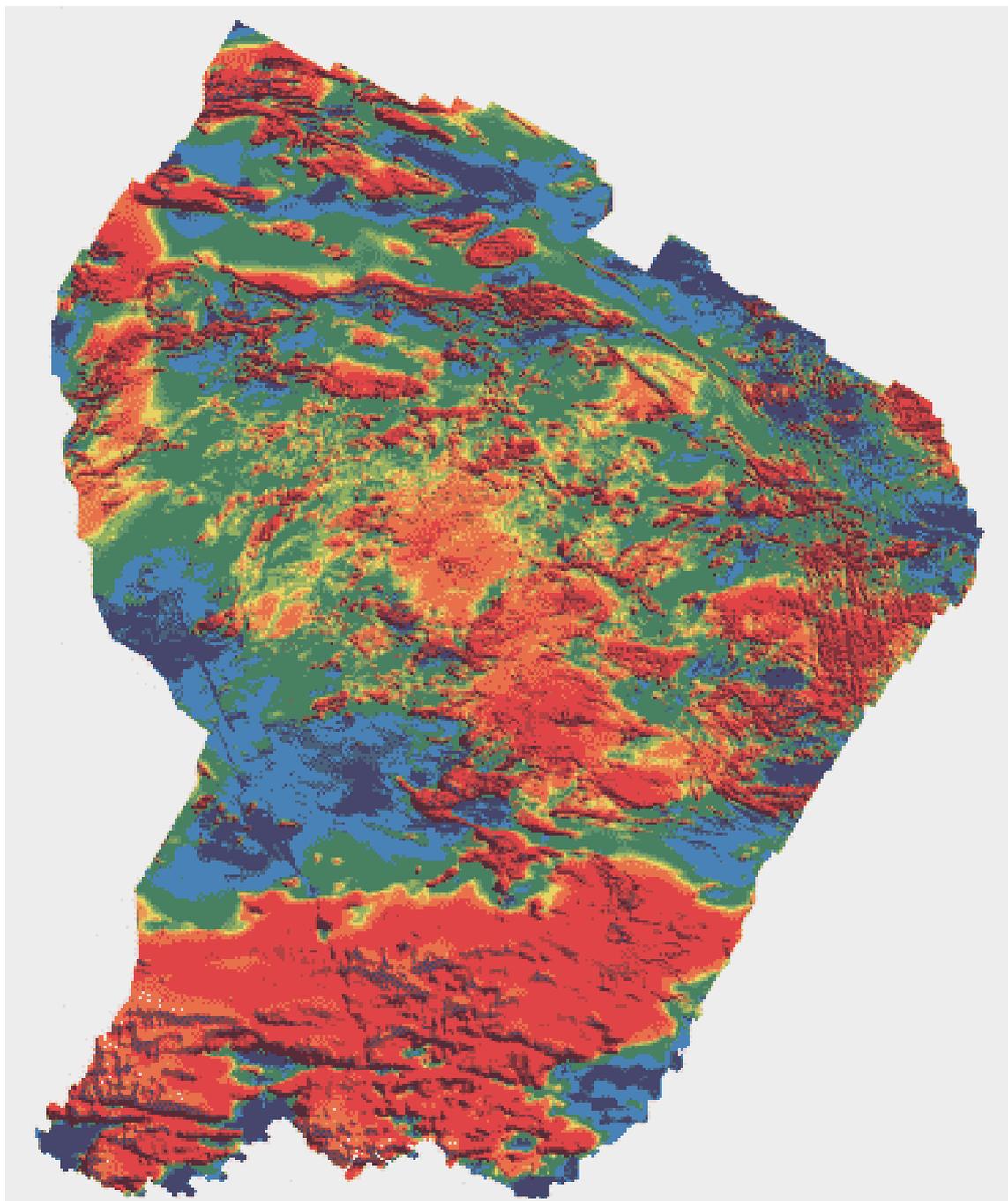


Figure 35 : Carte magnétique de la Guyane (réduction au pôle). Source : BRGM.

Annexe 4

Utilisation du cyanure

Le document ci-dessous est à consulter et à utiliser comme « fil rouge » tout au long d'un projet minier lorsque le concentrateur devra travailler avec le cyanure.

Moisan, M., Blanchard, F., 2013. Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane. Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations.

Rapport public BRGM n° BRGM/RP-61968-FR, 103 p.

Synthèse du rapport et compléments

- Dans le milieu naturel

Beaucoup de fruits à noyaux et plantes contiennent du cyanure (forme amygdalin), tels que abricots, cerises, amandes, lentilles, pêches, pistaches, pommes de terre, MANIOC (cassava), etc.

Plant Species	Concentration (mg.kg ⁻¹)
Cassava (sweet varieties)	
leaves	377-500
roots	138
dried roots	46-<100
mash	81
Bamboo tip	Max. 8,000
Lima bean (Burma)	2,100
Almond (Bitter)	280-2,500
Sorghum (young plant, whole)	Max. 2,500

Figure 36 : Concentration en cyanure dans quelques végétaux (Source : Eisler, 1991).

- Dans le secteur minier.

Le cyanure utilisé est un cyanure de sodium (NaCN), de potassium (KCN) ou de calcium (CaCN), sous forme de poudre, de boulets (pellets) ou en solution concentrée. Ce sont des cyanures composés simples et solubles, classifiés comme cyanures libres. Ils produisent les autres cyanures libres HCN (cyanure d'hydrogène gazeux) et le CN (milieu aqueux).

Ces cyanures libres sont la forme la plus libérable et donc la plus toxique qui soit.

La forme CN est celle recherchée pour complexer (solubiliser) l'or métal.

Afin de ne pas produire la forme HCN (gazeuse) qui pourrait être perdue par volatilisation, il est indispensable que toutes les opérations de cyanuration se réalisent à un pH de 10-10,5 comme le montre la courbe d'équilibre CN⁻ / HCN.

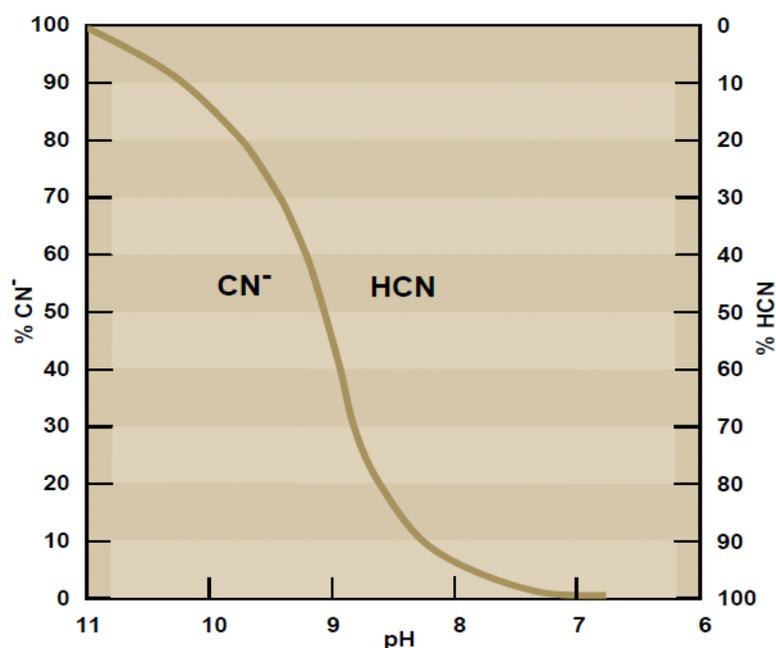


Figure 37 : Courbe d'équilibre du couple CN⁻/HCN et le pH (Source : Scott et Ingles, 1981).

Suivant la composition minéralogique des minerais traités, certains minéraux et leurs formes métalliques se cyanurent plus ou moins facilement.

Les éléments les plus aisés à complexer vers les moins faciles sont : Cu, Zn, Ni, Cd, Ag.

Ces cyanures métalliques sont dénommés : **cyanures aisément libérables ou WAD** (en anglais). Ils sont toxiques tout en l'étant beaucoup moins que les cyanures libres.

Le degré de toxicité et de dangerosité est représenté dans la colonne intitulée : Constante d'équilibre ou moins la constante est faible, plus la dangerosité-toxicité augmente.

Dans la colonne « Toxicité poissons LC50 », on retrouve les plus fortes toxicités pour les cyanures libres.

Réf.	Désignation	Dénomination analytique réglementaire	Spéciations / composés	Cte d'équilibre	Solubilité g/100mL	Toxicité/poisson LC50 en mg/L
1	Cyanure libre	Cyanure libre	CN ⁻ ,		-	~ 0,1
			H ₂ CN ₂ ,	9,2	9,2	0,05 – 0,18
	Cyanures composés simples <i>A_ solubles</i>	Cyanure libre	KCN(s)		71,6 (25°C)	0,03 – 0,08
			NaCN.2H ₂ O(s) Ca(CN) ₂ (s)		34,2 (15°C)	0,4 – 0,7
2	Cyanures composés simples <i>B_ Relativement insolubles</i>	Cyanures Aisément libérables <i>terme anglais: WAD (weak acid dissociable)</i>	CuCN(s)	19,5		-
			Zn(CN) ₂ (s)	15,9		-
			Ni(CN) ₂ (s)	-	9,1x10 ⁻⁴ (15°C)	-
3	Cyanures faiblement complexés / faiblement liés	Cyanures aisément libérables <i>anglais: WAD (weak acid dissociable)</i>	Cd(CN) ₄ ²⁻ ,	17,9		-
			Zn(CN) ₄ ²⁻ ,	19,6		0,18
4	Complexes cyanurés modérément ou faiblement liés	Cyanures aisément libérables <i>terme anglais: WAD (weak acid dissociable)</i>	Ni(CN) ₄ ²⁻ ,	30,2	-	0,42
			Cu(CN) ₂ ⁻ ,	16,3	-0,26	-
			Cu(CN) ₃ ²⁻ ,	21,6	-	0,71 (24h)
			Cu(CN) ₄ ³⁻ ,	23,1	-	-
			Ag(CN) ₂ ⁻	20,5	-	-
5	Complexes cyanurés fortement liés <i>anglais: SAD (Strong acid dissociable)</i>	Intégrés dans les cyanures totaux	Fe(CN) ₆ ⁴⁻ ,	35,4	-	35,0 (jour) et de 860 à 940 (nuit)
			Fe(CN) ₆ ³⁻ ,	43,6	-	
			Co(CN) ₆ ⁴⁻ , Au(CN) ₂ ⁻ ,	38,3	-	35,0 (jour) et de 860 à 940 (nuit)
6	Produits de dégradation des cyanures	Thiocyanates	SCN ⁻	-	-	50 – 200
		Cyanates	CNO ⁻	-	-	34 - 54

Figure 38 : Caractéristiques physico-chimiques des différents types de cyanures rencontrés sur les sites miniers et classés en fonction de leur stabilité croissante et toxicité décroissante (Source : Yu Zhang, Hydrometallurgy 46, 1997).

Les cyanures métalliques associés au Fe, Co et Au sont fortement liés et difficiles à dissocier. Ils sont intégrés dans l'analyse des cyanures totaux qui regroupe donc :

Cyanure total =
cyanures libres + cyanures aisément libérables + cyanures fortement liés

Remarque : les produits de dégradation du cyanure thiocyanate SCN⁻ et cyanate CNO⁻ sont intégrés dans l'analyse du cyanure total.

Beaucoup de processus peuvent transformer les cyanures : l'oxygène, les UV, l'acide, les bactéries, etc. Le schéma suivant regroupe leur comportement en fonction du milieu dans lequel ils se trouvent.

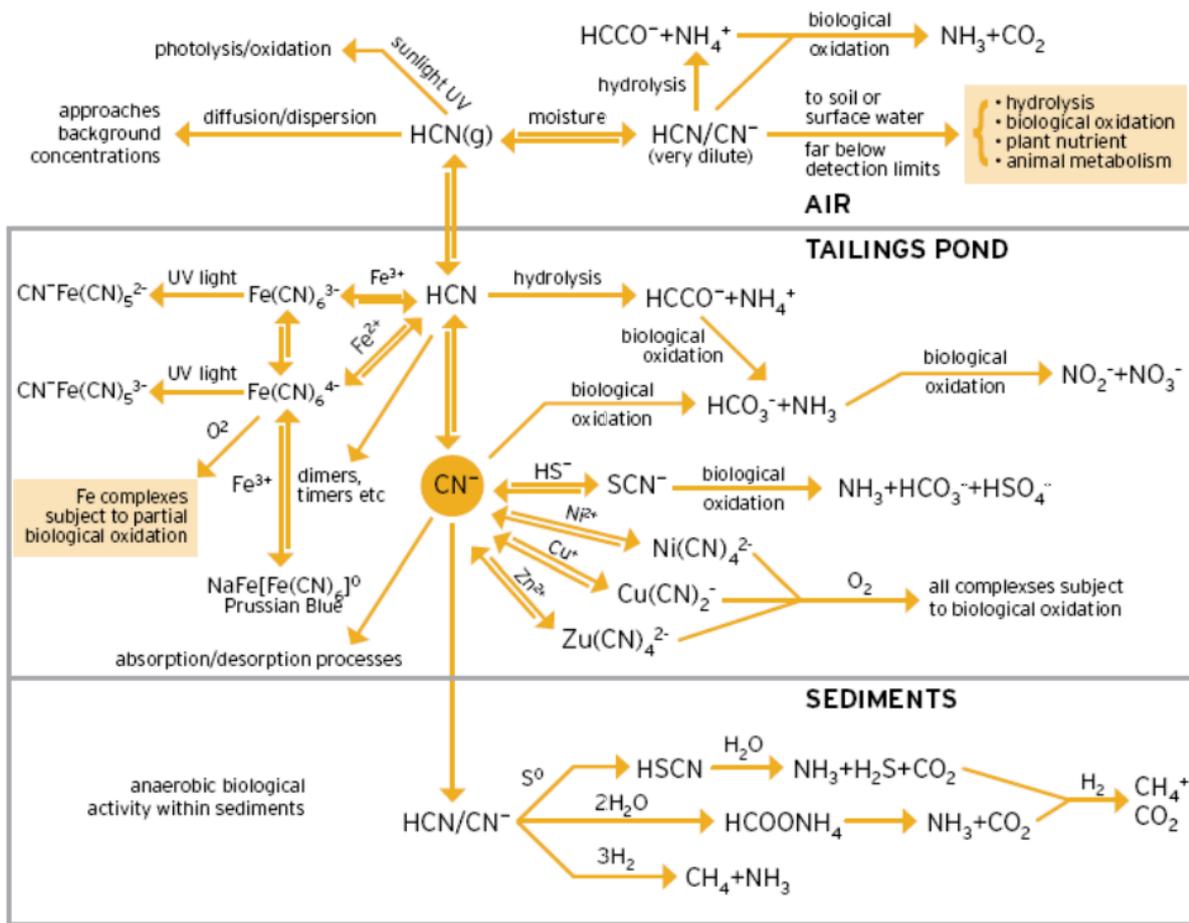


Figure 39 : Comportement et transformation du cyanure à l'intérieur d'un bassin à résidus (tailing pond) et dans différents compartiments de l'environnement (air et sédiment). Source : Mudder et al., 1991.

On y observe aussi les produits de dégradation dont la plus part sont de l'oxygène et des produits azotés.

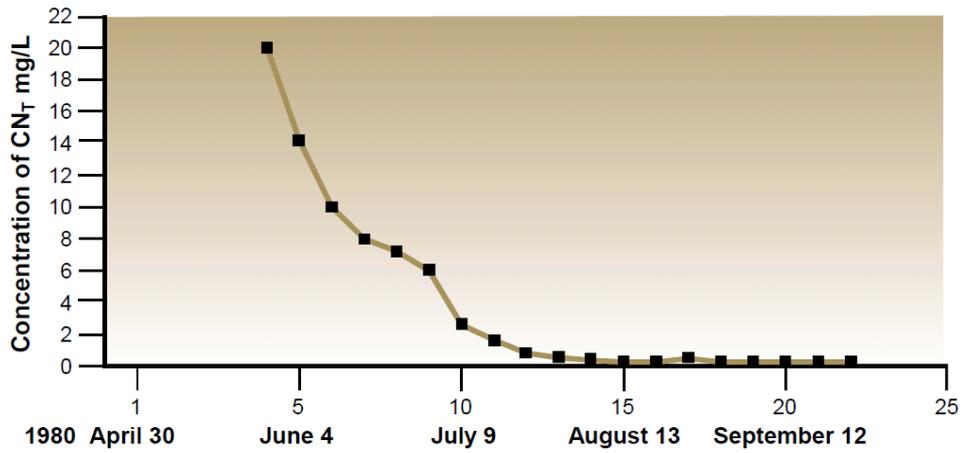


Figure 40 : Exemple de dégradation du cyanure dans un bassin à l'air libre, aux UV du soleil et à la température ambiante. La dégradation de 20 à 0 mg/L s'effectue ici en 12 semaines (Source : Schmidt et al., 1981).

Annexe 5

R&D de procédés de traitement

La société CME (Compagnie Minière Espérance), avec l'aide de CASPEO, a installé une unité-pilote de flottation alimentée par les rejets de leur usine de gravimétrie sur le site d'Espérance. Ce fut un succès quant aux performances obtenues et cette opération a fait l'objet d'une publication scientifique internationale.



Figure 41 : Pilote de flottation de CME-CASPEO à Espérance (Cliché : J-F. Thomassin).

Annexe 6

Après-mine (ex. ORkidé, Solicaz)



SOLICAZ
nos terres...
une ressource

SOLICAZ
nos terres...
une ressource

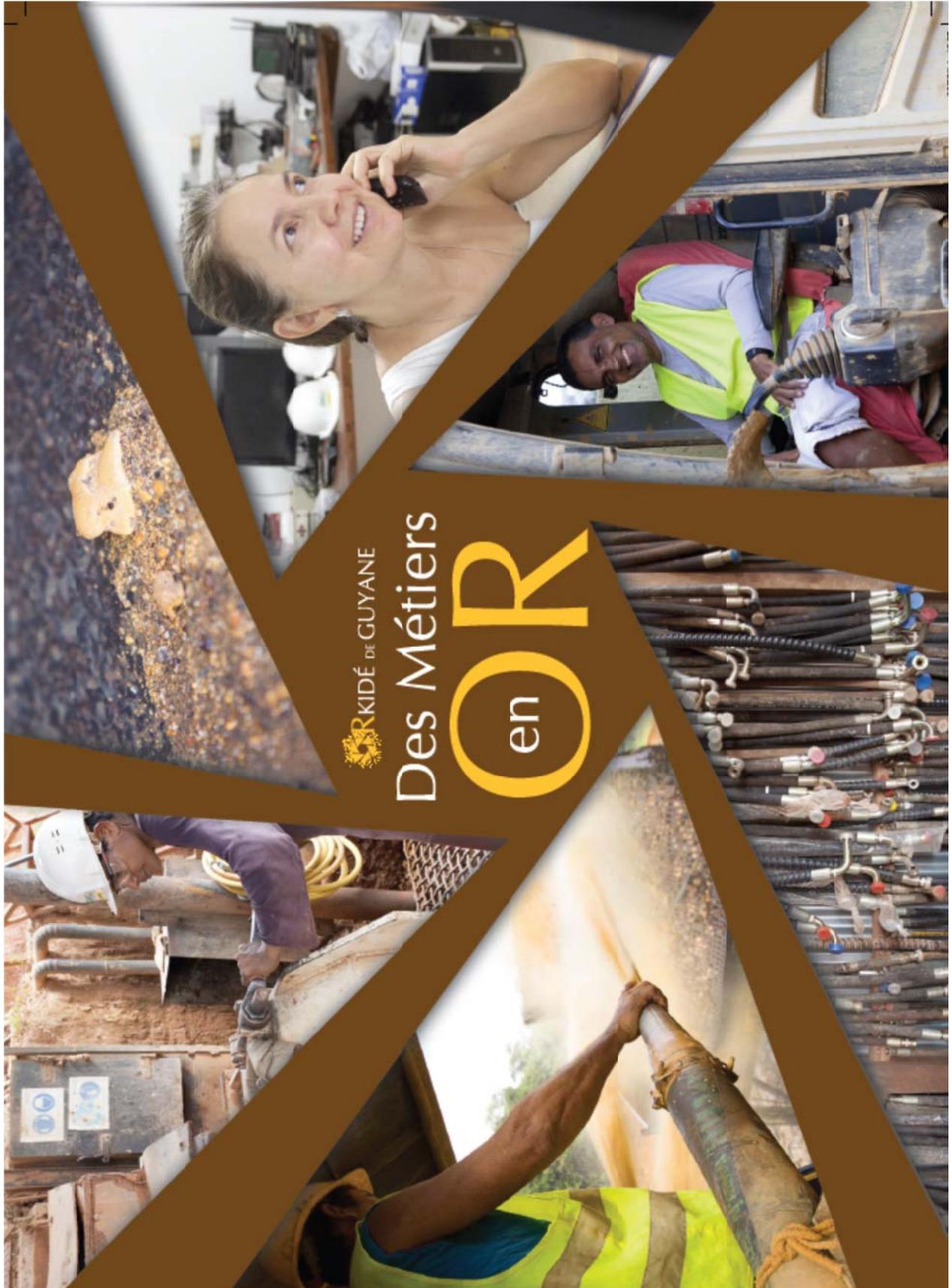
CONTACT
Elodie BRUNSTEIN
215 rue du marais-97355 Macouria
T. : +594 (0) 694 422 113
@ : elodie.brunstein@solicaz.fr

EXPERTISE DES SOLS
REVEGETALISATION
CONSEIL et ACCOMPAGNEMENT

Annexe 7

Les métiers de la mine, « Des métiers en Or » par la grappe ORkidé de Guyane

Disponible à l'adresse suivante : www.orkideguyane.org/des-metiers-en



REMERCIEMENTS

La grappe Orkidé tient à remercier pour leur collaboration et leur contribution tous les acteurs et les partenaires de la filière Or en Guyane, notamment le groupe de travail « Exposition métiers et métiers associés », les opérateurs miniers, le PTMG, le Rectorat de l'Académie de Guyane et le BRGM pour leurs témoignages et la rédaction des articles.

Edition : ORkidé de Guyane - Rectorat de Guyane
En collaboration avec le Pôle Technique Minier de Guyane
Conception : BA! Marketing Communication / Aupoint Concept / Guyane Stratégies
Photos : FEDOMG / Opérateurs miniers / Gendarmerie / Forces armées / Ronan Lietar
Imprimé par Pim Services en 500 exemplaires

SOMMAIRE

LE MOT DU PRÉSIDENT	P5
QU'EST-CE QUE L'OR PRIMAIRE ?	P6
QU'EST-CE QUE L'OR ALLUVIONNAIRE ?	P7
LES MÉTIERS DE L'EXPLORATION	P8
SCHÉMA D'UNE EXPLOITATION MINIÈRE LÉGALE.....	P10
L'EXPLOITATION SUR UN SITE ALLUVIONNAIRE.....	P12
L'EXPLOITATION SUR UN SITE PRIMAIRE.....	P13
LES MÉTIERS DE L'EXPLOITATION	P14
LES MÉTIERS DE L'EXPLOITATION : MOYENS GÉNÉRAUX	P16
L'ORGANISATION DE LA BASE VIE EN FORÊT.....	P18
LES MÉTIERS DE L'EXPLOITATION : SERVICES TECHNIQUES.....	P19
PRENDRE EN COMPTE L'ENVIRONNEMENT À TOUS LES STADES DE L'EXPLOITATION.....	P20
LES MÉTIERS DE L'ADMINISTRATION	P22
LES MÉTIERS ASSOCIÉS	P24
LES FORMATIONS INITIALES.....	P26
LEXIQUE.....	P27

LE MOT DU PRÉSIDENT

En Guyane, l'or, et l'activité qui s'y rapporte, font partie de notre patrimoine tant les nombreux événements qui ont émaillé l'évolution de l'extraction aurifère depuis la découverte de la première pépite en 1854 et les passions qui s'y sont associées ont imprégné l'histoire de la Guyane.

Cette activité a permis l'emploi de plusieurs milliers de personnes sur les placers depuis la fin du XIX^e siècle avec des fortunes diverses, les techniques n'étant pas toujours appropriées et les conditions de vie dans « les grands bois », comme on disait à l'époque, étant souvent difficiles pour les salariés des sociétés minières.

Depuis cette époque les choses ont évolué. Les sociétés de recherche et d'exploitation aurifères actuelles, quelque soit leur taille, se sont modernisées, elles sont mécanisées et font appel à de la main d'œuvre de plus spécialisée et formée pour ce type d'activité. La mise en exploitation de gisements primaires de plus grande importance qui pourrait intervenir dans un avenir proche devrait permettre d'ouvrir encore le panel des métiers de la mine et de mettre en place des formations vers de nouvelles spécialités.

La GRAPPE ORKIDE est donc heureuse de vous présenter, dans ce livret, les métiers que l'activité aurifère est susceptible de vous proposer. Vous y trouverez, au travers des « fiches métiers » illustrées de photographies prises sur les différents sites d'exploration ou d'exploitation en Guyane, toutes les informations qui pourraient vous être utiles.

J'espère que ce livret vous donnera envie de rejoindre nos équipes afin de participer à cette aventure de l'exploitation aurifère qui représente, en Guyane, le deuxième secteur d'activité après le pôle spatial, et devrait se trouver en situation, dans les années à venir, d'être parmi les secteurs d'activités les plus dynamiques et les plus attractifs de Guyane en termes de diversité d'emplois et d'évolution de carrière.

Bonne lecture et à bientôt j'espère au sein de nos entreprises.

Philippe MATHIEUS
Président de la Grappe d'entreprises ORKIDÉ



QU'EST-CE QUE L'OR PRIMAIRE ?

L'or primaire est le minéral d'or contenu dans les roches profondes, aussi bien dans les roches meubles, oxydées et latéritées sur 20 à 50 m de profondeur (sapolite) que dans la roche dure et saine.

Cet or provient de roches très anciennes (2 milliards d'années), d'origine volcanique et sédimentaire, recoupées par des intrusions granitiques diverses, qu'on appelle des « ceintures de roches vertes ». En Guyane, 2 ceintures orientées est-ouest, une au nord et une au sud.

Ces roches ont subi une phase tectonique intense qui les a comprimées, cisailées, étirées, faillées ou transformées. Ces événements ont permis à l'or contenu dans les roches volcaniques de se concentrer dans des unités géologiques particulières (roches volcano-sédimentaires, schistes, grès et conglomérats, filons de quartz) en autant de types de gisements.

Plusieurs mines d'or primaire en sapolite existent actuellement en Guyane : St-Elie, Dieu-Merci, Espérance, Yaou.

En roche dure, plusieurs gisements importants d'or primaire ont été identifiés, mais sont en cours d'exploration ou de développement : Camp Caiman, Montagne d'Or (région de Paul-Isnard), Yaou, Dorlin...



QU'EST-CE QUE L'OR ALLUVIONNAIRE ?

L'or alluvionnaire est l'or libre, sous forme de paillettes, grains et pépites, contenu dans les alluvions des cours d'eau. La couche de gravier aurifère constitue le placier qui se situe dans un « flat » (vallée à fond plat).

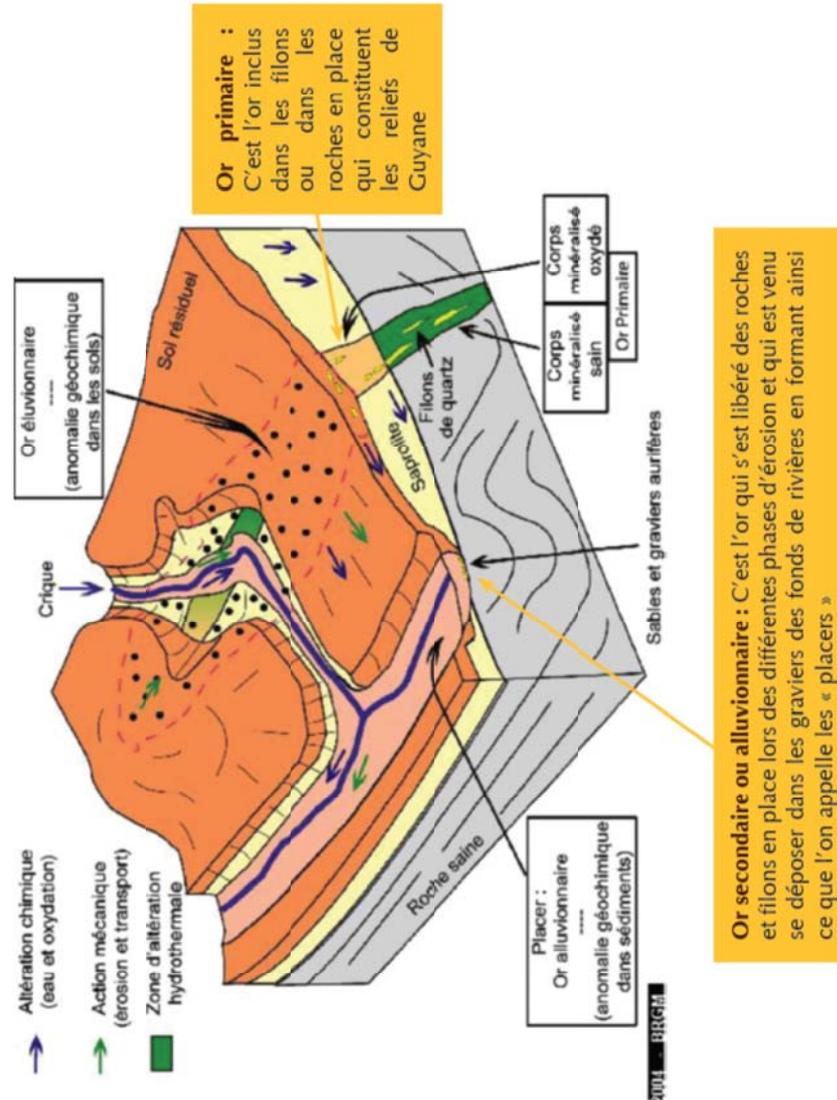
Cet or provient de l'érosion et de la désagrégation des gisements d'or primaire, par exemple des filons de quartz ou des cuirasses latéritiques lorsque celles-ci se sont développées au sommet des collines sur des gisements primaires.

Par des processus mécaniques (gravité) ou chimiques (dissolution), les particules d'or libérées des roches primaires altérées et désagrégées sont transportées vers le bas de pentes, puis dans les alluvions des cours d'eau. L'or, de très forte densité (19), se rassemble ou se concentre chimiquement ensuite dans la partie inférieure des sédiments.

La méthode d'exploitation consiste à dégager la partie superficielle du flat pour atteindre la couche de gravier. Le sédiment est ensuite passé dans une série de cribles, sluices, concentrateurs, tables vibrantes pour séparer l'or par des moyens mettant en jeu uniquement la gravimétrie.

Toutes les criques et rivières qui recourent les roches des ceintures de roches vertes sont riches en placiers aurifères. Les principaux secteurs sont ceux de Boulanger, Cacao, route de Bélizon, Ipoussing, St-Elie, Paul-Isnard, haute Mana, Dorlin, Sapokaïe, etc...

L'or alluvionnaire a été exploité en Guyane depuis 1857 et la majorité de la production aurifère (230 tonnes jusqu'en 2013) provient de ce type de gisements. On note près de 40 sociétés exploitant l'or alluvionnaire actuellement en activité.



TECHNICIEN GEOLOGUE/INGENIEUR GEOLOGUE

Le détecteur de gisement d'or



Où trouver l'or ? C'est la question à laquelle le géologue essaie de répondre ! Le géologue **d'exploration** doit chercher de nouveaux sites (prospection). La croûte terrestre est composée de couches de roches de natures différentes, qui se sont déposées, déformées et fracturées au cours des périodes géologiques. Le géologue veille à reconstituer l'histoire de ces dépôts et de ces déformations pour déterminer là où pourraient se trouver les gisements d'or.

Le **géologue d'exploitation** prélève des roches (échantillonnage) et en fait le suivi et l'identification. Il effectue les travaux géophysiques, géochimiques, géotechniques, topographiques de base (levés géologiques détaillés - tranchées, puits, ... - relevés géochimiques), réalise une synthèse et une interprétation des données géologiques dont il dispose. Il peut également encadrer selon les cas une équipe de manoeuvres, d'ouvriers qualifiés, pour l'accomplissement des tâches.

David DELIANCE,
Directeur d'exploration à Newmont La Source



À la fin de mes études en Géologie j'ai été embauché en 1996 par une PME locale afin de répondre à une demande d'exploration. Au fil du temps et des opportunités je suis passé dans une plus grande PME, puis une Junior (Société Multinationale spécialisée dans l'exploration sans mine active), pour me retrouver dans une multinationale 3 ans après. J'ai pu découvrir quasiment l'ensemble des pays du bouclier guyanais. Cette ouverture géographique a été un atout.

Au cours du temps mes tâches ont évolué. Au départ j'étais responsable d'une équipe faisant principalement de la géochimie ou qui aidait au suivi d'exploitation minière. Puis une grande partie de mon travail s'est orientée sur les phases de reconnaissance et d'évaluation de ressources. Maintenant mes tâches sont un suivi du terrain, aussi bien géologique que d'un point de vue bases de données, ainsi que le suivi financier et administratif de la branche Guyane Française de Newmont Mining (le respect des budgets, des obligations légales et des dossiers de demande). Une grande part de mon travail consiste aussi à la formation de géologue de terrain au contexte géologique guyanais et à l'exploration aurifère.

Une grande autonomie est nécessaire pour travailler sur un site isolé : si vous ne faites pas les choses, personne ne les fera pour vous. Bien que l'on voit peu de monde, ce travail demande une grande sociabilité : peu de métiers nécessitent de vivre avec ses collègues pendant plusieurs semaines 24 heures sur 24 ! Si les distractions sont peu nombreuses, et les contacts familiaux limités (ceci s'est largement amélioré depuis qu'Internet est disponible à faible coût par satellite), cela permet de se concentrer totalement sur sa tâche et de l'accomplir pleinement. La vie dans ces conditions simples et rudimentaires permet d'apprécier à leur juste valeur tous les comforts de la vie moderne en milieu urbain.

LES METIERS DE L'EXPLORATION

PROSPECTEUR MINIER

Le chercheur du précieux minéral



Carte, GPS et boussole à la main, le prospecteur minier assiste le géologue dans les travaux d'exploration et dispose d'une équipe pour l'aider dans l'accomplissement des travaux techniques dont il a la charge :

- reconnaissance géologique
 - prospection
 - cartographie
 - échantillonnage
 - travaux de géophysiques, géochimiques, géotechniques, topographiques de base
- Il encadre les tâches des manoeuvres telles que l'ouverture de layons, ...

Compétences et qualités requises :

Principalement en forêt, le prospecteur minier doit être à l'aise en milieu hostile, il doit savoir lire une boussole, et savoir prendre des initiatives, mais surtout être en bonne condition physique

Parcours de formation :

Niveau V de l'Education Nationale (BEP)
Emploi accessible avec une solide expérience professionnelle

Evolution de Carrière :

Technicien Géologue
Ingénieur Géologue confirmé
Directeur d'Exploration

Il peut se voir confier la responsabilité d'un projet d'exploration. Dans ce cas il s'occupe de la préparation des budgets et a autorité sur l'ensemble des personnels travaillant sur le projet. Bien que le travail en forêt demande d'être polyvalent, il devient très spécialisé dans les calculs de réserve et leur validation, dans l'exploration initiale, ou la métallurgie par exemple. Il doit avoir une connaissance de toutes ces spécialités, mais assez souvent ne va en utiliser qu'une à deux sur un même projet. Il est important d'avoir fait toutes ces tâches au cours d'une carrière.

Compétences et qualités requises :

Le géologue travaille principalement sur le terrain, il doit être en bonne condition physique pour les déplacements en forêt. Accompagné d'une équipe, il doit savoir diriger du personnel. La vie en site isolé pendant plusieurs jours, voire plusieurs semaines, demande une grande sociabilité, et requiert d'accepter de travailler dans des conditions simples et rudimentaires. L'informatique est un outil indispensable au géologue, car il doit transcrire ses observations de terrain sur des logiciels spécifiques. Il doit donc maîtriser les logiciels de cartographie et de géomatique (systèmes d'information géographique), des logiciels de simulation et de modélisation...

Parcours de formation :

Niveau I ou II de l'Education Nationale, formation universitaire ou Ecole d'ingénieur
BTS en géologie appliquée
Pratiquer une langue étrangère
Connaître les logiciels spécifiques de géologie

Evolution de Carrière :

Ingénieur Géologue
Chef de projet
Directeur d'Exploration

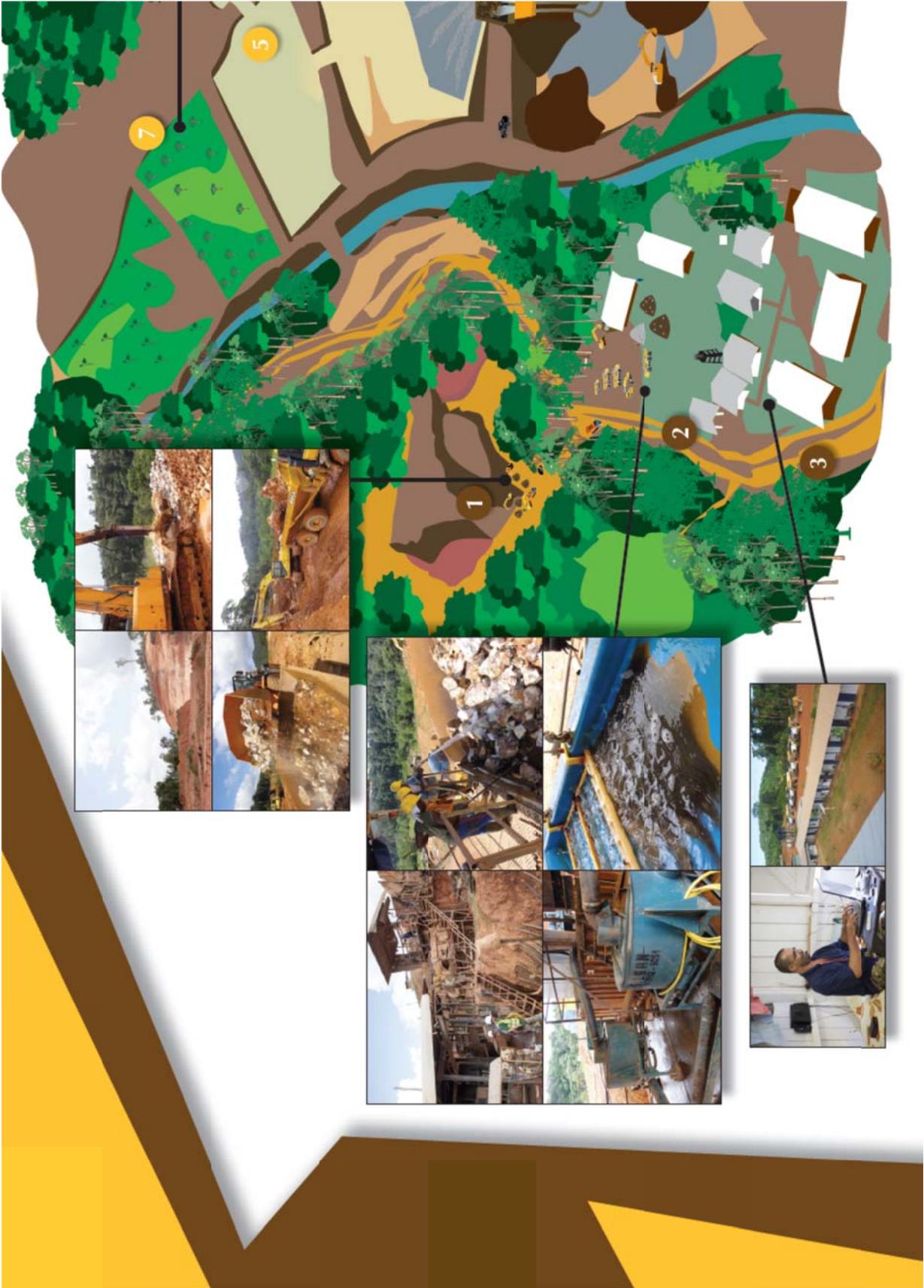


SCHÉMA D'UNE EXPLOITATION MINIÈRE LÉGALE



L'EXPLOITATION SUR UN SITE ALLUVIONNAIRE

décantation de l'eau, mise en place d'un canal de retour. L'eau est initialement prélevée dans la crique et réutilisée en circuit fermé. Le stérile est extrait et stocké temporairement pour atteindre, extraire puis traiter le minéral.

En ce qui concerne le traitement du minéral, on utilise l'eau maintenue dans le circuit fermé pour le débouage et la mise en pulpe du minéral. Cela signifie que le minéral qui contient l'or libre est lavé grâce à des jets d'eau puissants alimentés par des pompes à eau pour constituer un mélange de boue et de minéraux homogène. Le minéral est ensuite criblé de manière manuelle, semi-automatisé ou entièrement automatisé. Il existe différentes méthodes : tri manuel, grille, crible vibrant... La pulpe est dirigée sur des systèmes de piégeages gravimétriques d'or : pentes recouvertes de métal déployé et moquettes (sluices), concentrateurs centrifuges, jigs. Régulièrement, l'opération de levée est nécessaire : le concentré aurifère, ou sable aurifère, est récupéré et traité une dernière fois par un technicien avec d'autres systèmes gravimétriques plus précis : concentrateur centrifuge, table à secousses ou table à vagues. La « poudre » d'or obtenue est quasi-propre et peut être revendue à un récupérateur agréé pour ensuite être fondue. Sur le chantier, au fur et à mesure de l'avancée des travaux, les engins s'occupent du réglage des bassins et du reprofilage de la crique, c'est la phase de réhabilitation.

Patrick ROBERT, Chef de chantier pour la société Ermina
Mon parcours professionnel est varié, initialement boucher, puis traiteur en passant à la manutention chez un transporteur de poisson, puis cuisinier et enfin opérateur miniers. Aujourd'hui ma fonction au sein de la société Ermina, consiste en la gestion du chantier d'une mine alluvionnaire au nord de Saï. En détails : gestion des mouvements des pelles hydrauliques dans les barranques d'extraction, suivi au GPS, contrôle au front de taille, communication journalière avec le bureau à Cayenne via internet, commande et réception des produits transportés par hélicoptère, suivi des levés.



Je m'occupe également du suivi de la réhabilitation des chantiers et de la plantation (revégétalisation). Nous avons en effet une pépinière installée sur notre base-vie. En ce qui concerne mon ressenti pour le travail en milieu isolé, peu importe de travailler en ville ou en forêt, je trouve cependant que le travail en forêt est plus agréable.



Lorsque le gîte d'or alluvionnaire est identifié grâce à la prospection et que les caractéristiques du terrain sont cartographiées, l'opérateur minier définit une méthode d'exploitation du gisement afin d'extraire le maximum d'or technologiquement exploitable de manière rentable pour l'entreprise.

Les méthodes employées aujourd'hui dans l'exploitation alluvionnaire font appel à des technologies dites « gravimétriques ». On profite de la densité élevée de l'or (1 litre d'or a une masse égale à environ 19 litres d'eau) pour le séparer des autres minéraux qui l'entourent. Cela permet de récupérer entre 40 et 60% de l'or total. Le rendement de récupération de l'or dépend surtout des proportions de taille de l'or et du minéral qui le contient : on s'intéresse alors à la granulométrie. Cela permet à l'ingénieur de dimensionner un système de récupération, adapté à la taille et aux caractéristiques du gisement. De multiples combinaisons sont possibles, cela dépend des caractéristiques du terrain et des capacités financières de l'entreprise. Généralement, plus l'or est fin, plus il est difficile et coûteux à récupérer. Pour rappel l'utilisation du mercure est proscrite depuis 2006.

De manière concrète, sur le terrain, il s'agit de préparer et d'exploiter des successions de chantiers, par portion de 300m environ. Les conducteurs de pelles hydrauliques entrent en action, sous la coordination du chef de chantier : dérivation provisoire de la crique en bordure de terrasse grâce à un canal de dérivation, déforestation, sauvegarde de la terre végétale et des andains, mise en place des pistes d'accès au chantier, création des bassins d'extraction et de

L'EXPLOITATION SUR UN SITE PRIMAIRE



Philippe MATHEUS,
Directeur d'exploitation de la compagnie minière Boulanger

Après avoir obtenu mon BTS en géologie, j'ai très vite intégré le BRGM en tant que géologue et j'y suis resté plus de 15 ans. En 1982, le BRGM m'a proposé de poursuivre mes études afin d'obtenir le diplôme d'ingénieur d'études géologiques et minières délivré par l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris. Cela m'a permis d'évoluer sur différents postes au cours de nombreuses missions, essentiellement en Afrique de l'ouest, et d'obtenir la double compétence de géologue minier et d'ingénieur minéralurgiste. C'est lors d'une mission en Amérique du Sud, que j'ai eu l'occasion de découvrir la Guyane. Un poste de Direction m'a été proposé afin de développer un projet minier au sud de St ELIE. J'ai tout de suite accepté. C'est ainsi que TEXMINE a été créé en 1992 et que dans la foulée l'exploitation des gisements du secteur de DIEU – MERCI a démarré. Après environ 10 années passées au cœur de la Guyane, j'ai dû, pour des raisons personnelles, repartir dans l'hexagone où j'ai poursuivi ma carrière dans des activités toujours liées au sous-sol. C'est en 2010 que le groupe GARROT-CHAILLAC, basé dans la région de Montpellier, m'a proposé de revenir en Guyane pour prendre la direction de deux de leurs entités, la Compagnie Minière de Boulanger et la Société St ELOI. C'est donc avec beaucoup de plaisir que j'ai saisi l'occasion de revenir vivre et exercer ma passion en Guyane.

Etre Directeur d'une mine c'est être sur tous les fronts à la fois. Il faut maîtriser les techniques de recherche et de développement minier sans négliger tout ce qui fait le quotidien (logistique, administration, gestion du personnel...). Il faut savoir anticiper l'avenir en étant à la recherche de nouveaux sites d'exploitation au travers du dépôt de demandes de permis miniers afin d'assurer la pérennité de l'activité de la société. Au-delà du savoir-faire technique, il y a toute une dimension humaine à ne pas négliger, manager le personnel en sachant déléguer certaines responsabilités, entretenir des relations de confiance et de partenariat avec les services de l'Etat, les administrations et les Elus locaux pour toutes les questions d'ordres administratifs, réglementaires et de suivi des exploitations ...

Le contexte guyanais est particulier car peu de sites miniers sont accessibles par la route. Aussi il est souvent nécessaire d'utiliser la pirogue, l'avion ou l'hélicoptère pour accéder aux chantiers d'exploitations ou d'exploitation les plus éloignés. Cela complique et renchérit les opérations. Je vais sur les sites toutes les semaines et aussi souvent que cela est nécessaire car c'est là que tout se passe. Le reste du temps je garde en permanence le contact avec les responsables de sites par radio, par téléphone ou par internet. Nos bureaux sont localisés aux environs de Cayenne ce qui est indispensable pour être au plus près des centres de décision et de nos interlocuteurs (Administration, Elus, Bureaux d'Etudes, Fournisseurs...).

Contrairement à l'or alluvionnaire qui a été libéré par l'érosion, puis est venu se piéger dans le gravier des fonds de vallées, l'or primaire est resté inclus dans les roches encaissantes qui, en Guyane, sont souvent constituées de filons de quartz de plus ou moins forte épaisseur.

Il faut donc dégager ces filons et les évacuer afin d'en extraire le précieux métal. C'est le rôle conjoint de l'ingénieur des mines, du chef d'exploitation et du géologue qui :

- définissent la fosse d'exploitation dont le dimensionnement sera fonction de la géométrie de la zone filonienne et de la profondeur à atteindre
- délimitent les zones de stérilité qui seront envoyées au déblai et les panneaux minéralisés qui seront extraits et dirigés vers l'usine de traitement
- organisent le travail des engins d'extraction et de transport du minerai vers l'usine
- et enfin coordonnent l'ensemble de ces travaux d'exploitation dans le respect des règles de sécurité de manière à éviter tout risque pour le personnel travaillant sur les sites d'extraction

Les blocs de minerai sont acheminés sur le lieu de stockage de l'**usine de traitement** (appelé aussi le « carreau »). Ils sont repris par d'autres engins afin de subir différentes phases de **concassage** et de **broyage** successives pour être transformés en un sable très fin, voire une poudre, de telle sorte que l'or puisse être libéré totalement ou partiellement.

L'or totalement libéré et suffisamment « gros » sera piégé dans des **appareils de récupération gravimétrique** (qui utilisent la forte densité de l'or), tels que les sluices, les jigs, les concentrateurs centrifuges et les tables à secousses.

L'or trop fin ou non totalement libéré devra subir un traitement par voie chimique ou hydrométallurgique. Il s'agit de traitements par **flottation** ou par **cyanuration**, ou les deux combinés, pour ne citer que les plus courants.

L'or ainsi récupéré est fondu afin d'obtenir un « doré », sorte de lingot encore impur.

Actuellement en Guyane, seule la récupération gravimétrique est utilisée. Au début des années 1990, la cyanuration a été utilisée durant une dizaine d'années sur la mine d'or de Changement sur la commune de ROURA avant que la mine ne ferme faute de minéral.

Toutes ces activités sont bien entendu régies par des autorisations (Autorisation d' Ouverture de Travaux Miniers, autorisation d'Installation Classée Pour l'Environnement, etc.) qui nécessitent des dossiers d'études d'impact et des enquêtes publiques avant d'être délivrées. De même, tout au long des processus d'extraction et de traitement des minerais, l'opérateur a le devoir de se conformer à la législation minière et de démontrer que toutes les mesures sont prises pour préserver le milieu naturel.

INGENIEUR DES MINES

Le calculateur ou Operating System des mines



Une compagnie minière souhaite exploiter un gisement, l'ingénieur des mines est un expert du sujet. Il travaille sur la phase d'avant-projet, coordonne les études de faisabilité et s'assure que les objectifs fixés (rentabilité, sécurité, respect de l'environnement et des délais) sont atteints. Il va ensuite suivre les installations des équipements. Présents également dans la phase de production, il va analyser, améliorer ou développer des que nécessaire de nouveaux processus visant à accroître la productivité. Il peut également être amené à superviser l'ensemble des activités minières sur le site et être responsable des mesures concernant l'environnement.

Compétences et qualités requises :

Responsable du gisement, l'ingénieur des mines doit maîtriser son sujet et avoir une forte capacité d'analyse. Il doit également avoir le sens de la relation humaine car il est amené à manager une équipe.

Parcours de formation :

Niveau I (Ecole d'ingénieur, INSA, Mines)
Emploi également accessible avec une solide expérience professionnelle (au moins 10 ans d'expérience)
Pratiquer une langue étrangère

Evolution de carrière :

Responsable d'Exploitation
Directeur Général

CHEF D'EQUIPE USINE

Le gardien du « traitement » du minéral



Une fois la matière brute extraite du sol (exploitation primaire) ou des alluvions (exploitation alluvionnaire), elle est acheminée vers l'usine qui va procéder au traitement du minéral.

Le chef d'équipe d'usine fait exécuter les tâches nécessaires au bon fonctionnement de l'usine de traitement, a un groupe de manoeuvres polyvalents, tout en participant lui-même à l'accomplissement de ces tâches.

Il dispose de l'autonomie et de l'autorité nécessaires aux actions préventives et correctives pour un traitement du minéral optimisé et est soumis à une obligation de résultats.

Il veille également au respect des règles d'hygiène et de sécurité du personnel travaillant sous ses ordres (notamment pour le port des équipements de protection individuelle).

Compétences et qualités requises :

Le traitement du minéral est une opération en chaîne où l'on retrouve des hommes à des postes bien déterminés. Le chef d'équipe doit donc avoir un excellent sens du relationnel, nécessaire à la cohésion d'équipe. Son objectif est de faire fonctionner au mieux l'usine. La pratique d'une langue étrangère est indispensable pour passer les consignes au personnel afin qu'elles soient compréhensibles et appliquées par tous.

Parcours de formation :

Niveau IV-III Bac ou Bac + 2 dans le domaine de la métallurgie complété par une solide expérience professionnelle dans le domaine d'au moins 3 ans
Permis de Conduire

Evolution de carrière :

Responsable d'Exploitation

LES MÉTIERS DE L'EXPLOITATION

CHEF DE MINE

Le chef d'orchestre du chantier minier



L'extraction du précieux minier nécessite la coordination de différents corps de métiers qui se côtoient et interviennent sur le chantier à différentes phases de l'opération. Le chef de mine a d'importantes responsabilités en terme de production : il organise la production, planifie et contrôle l'extraction du minier. Il assure le suivi du traitement et de la livraison des matériaux. Il est également manager d'équipe (gestion des équipes d'extraction) et coordinateur de chantier (gestion des mouvements des engins de chantier).

Il cherche constamment à optimiser le rendement du site, tout en veillant au respect de l'environnement et aux règles de sécurité.

Qualités et compétences requises :

Le chef de mine doit avoir le sens du relationnel, être à l'écoute de son personnel, savoir communiquer pour faire passer des consignes. Il doit également savoir anticiper et être réactif quant au processus d'extraction du minier.

Parcours de formation :

Bac (Bac pro Travaux Publics)
 Bac +2 (BTS Travaux Publics)
 Certificat de Qualification Professionnelle Chef de carrière
 Conducteur d'engin expérimenté

Evolution de carrière :

Responsable d'Exploitation

CONDUCTEUR D'ENGINS

Le pilote de puissantes machines



Pas de chantier sans bulldozer, ni pelle mécanique. Le conducteur d'engins conduit et manipule différents types d'engins lourds et puissants. Il réalise dans un premier temps des travaux de déforestation, de découverte et de mouvement de terrain. Il effectue ensuite des tâches d'extraction, de transport et de reprise du minier. Il manutentionne et déplace des charges lourdes et volumineuses. Il prend soin du matériel qu'il utilise, et signale au mécanicien les anomalies qu'il détecte. (Exemples d'engins de chantier : pelle hydraulique, tombereau articulé, bulldozer, niveleuse, compacteur, dumper...)

Il prend soin du matériel qu'il utilise, et signale au mécanicien les anomalies qu'il détecte. (Exemples d'engins de chantier : pelle hydraulique, tombereau articulé, bulldozer, niveleuse, compacteur, dumper...)

Il prend soin du matériel qu'il utilise, et signale au mécanicien les anomalies qu'il détecte. (Exemples d'engins de chantier : pelle hydraulique, tombereau articulé, bulldozer, niveleuse, compacteur, dumper...)

Compétences et qualités requises :

Le conducteur d'engins réalise un travail de précision qui demande de l'adresse, de l'organisation et de l'attention. Il doit savoir apprécier les distances et les reliefs, et avoir le sens de l'équilibre. Confortablement installé dans sa machine qu'il connaît sur le bout des doigts, il travaille dehors par tous les temps, dans le bruit, la poussière et la boue. Il doit faire preuve d'une certaine résistance physique. *Se déplaçant partout sur le chantier, le conducteur d'engins doit rester alerte et doit faire attention à tout ce qui se passe pour éviter tout accident matériel ou humain. Il doit évaluer les difficultés du terrain, observer et écouter le mouvement des autres machines pour avoir le bon réflexe au bon moment. Savoir conduire un engin ne suffit pas : le conducteur d'engins doit aussi être capable d'entretenir le matériel, de détecter une anomalie...*

Le conducteur d'engins réalise un travail de précision qui demande de l'adresse, de l'organisation et de l'attention. Il doit savoir apprécier les distances et les reliefs, et avoir le sens de l'équilibre. Confortablement installé dans sa machine qu'il connaît sur le bout des doigts, il travaille dehors par tous les temps, dans le bruit, la poussière et la boue. Il doit faire preuve d'une certaine résistance physique. *Se déplaçant partout sur le chantier, le conducteur d'engins doit rester alerte et doit faire attention à tout ce qui se passe pour éviter tout accident matériel ou humain. Il doit évaluer les difficultés du terrain, observer et écouter le mouvement des autres machines pour avoir le bon réflexe au bon moment. Savoir conduire un engin ne suffit pas : le conducteur d'engins doit aussi être capable d'entretenir le matériel, de détecter une anomalie...*

Parcours de formation :

Niveau V conducteur d'engins : travaux publics et carrières
 BP conducteur d'engins de chantier de travaux publics

Evolution de carrière :

Chef de carrière
 Chef de mine
 Responsable d'Exploitation

Frantz COUCHY,
Chef des opérations logistiques chez AUPLATA



J'ai initialement une formation d'apprenti peintre carrossier. J'ai choisi très tôt de me réorienter en suivant pendant deux années des cours du soir (anglais/gestion/informatique). J'ai pu ainsi intégrer la société Caterpillar au poste de chef magasinier pendant 18 ans. Ensuite, j'ai travaillé un an en tant que responsable de site chez Autorama. En 2005 la société Auplata m'a contacté, et à l'époque j'apprenais le secteur minier en Guyane. Trois années de réflexion ont été nécessaires pour intégrer le groupe aux postes de responsable logistique « fixe et roulant » sur Yaou, puis responsable mine pendant 4 ans. Depuis 2012 je suis basé à Cayenne en tant que chef logistique. S'il y avait quelque chose à refaire ? Accepter tout de suite le poste au lieu d'attendre trois ans.

Au quotidien, je supervise les flux de matériel (engins, pièces, nourriture) et de personnel des 3 sites d'Auplata en Guyane. Le pôle logistique que je coordonne est composé de trois personnes à Cayenne et une personne à St Laurent. Nous sommes en contact tous les matins avec les mines pour faire le point, coordonner les mouvements logistiques et enregistrer les besoins en matériel. Les moyens de transport pour accéder à nos mines sont multiples : véhicule léger et utilitaire, camion, pirogue, barge, hélicoptère et avion. Nos moyens de communication avec les mines sont le téléphone classique et le satellite, ainsi qu'internet depuis quelques années. Lorsque qu'il s'agit de réaliser un achat au coût élevé, je suis en charge de l'étude comparative des prix et de rentrer en négociation avec les fournisseurs, localisés en Guyane mais également en métropole, Chine et USA.

Travailler en site isolé c'est « du pareil au même ». Avec un côté plus prenant quand on travaille sur site. D'après mon retour d'expérience sur Yaou il y a deux ans, il faut être en alerte pour réagir rapidement, et palier aux éventuels arrêts techniques pour garantir une production continue. La logistique sur site isolé est un poste stimulant. En ce qui concerne les temps de repos, nous avions l'opportunité de rentrer sur Maripasoula le weekend. Je pouvais également rentrer sur Cayenne toutes les trois semaines.

LOGISTICIEN

Le ravitailleur des sites



Une durtite manquant, une pompe à acheter, s'assurer que les outils sont toujours disponibles en atelier... Faisant le va-et-vient entre les sites en forêt et la ville, le logisticien s'assure que les employés ne manquent de rien (ni en denrées alimentaires, ni en outillage). Il est le garant des approvisionnements de la mine. Il est responsable de la réception, du conditionnement, du transport et du stockage des marchandises. Il prépare également les livraisons. Il gère les achats et toutes les activités de transport. Il assure le transfert du personnel sur leur lieu de travail.

Il conçoit et organise les stratégies les plus rationnelles pour assurer l'acheminement du matériel depuis leur achat jusqu'à l'arrivée sur les sites dans un souci constant d'optimisation du rapport service/coût. Le logisticien seconde le Responsable Logistique dans sa mission d'optimisation du transport et peut exercer des fonctions de coordination et d'encadrement du personnel du Service Logistique.

Compétences et qualités requises :

Le logisticien doit à la fois avoir le sens de l'organisation, de l'optimisation et de la gestion car il gère des marchandises, mais aussi avoir le sens du relationnel car il est en lien constant avec les employés. Il doit être réactif, rigoureux, et maîtriser les bases en informatique.

Parcours de formation :

Niveau III (BTS transport et prestations logistiques, DUT gestion logistique et transport)
Emploi également accessible avec une solide expérience professionnelle

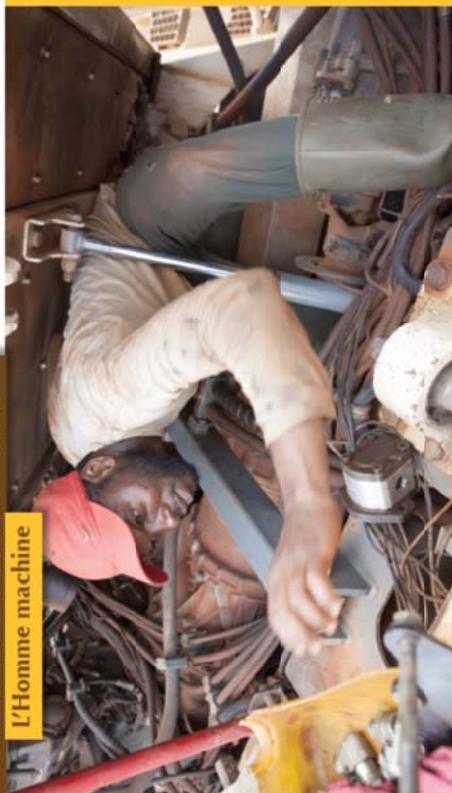
Evolution de carrière :

Responsable du Service Logistique
Responsable de site

LES MÉTIERS DE L'EXPLOITATION : MOYENS GÉNÉRAUX

ELECTROMECHANICIEN/ SOUDEUR

L'Homme machine



Le Soudeur :

Le soudeur assemble par fusion ou par apport de métal des parties ou des éléments de pièces variées en utilisant différents procédés de soudure (au chalumeau, à l'arc,...). Il peut souder à l'unité, d'après des plans ou suivant un gabarit. Il intervient aussi sur le renforcement ou la réparation de pièces usées.

Le Chef Mécanicien :

L'ensemble de ces corps de métiers est dirigé par un chef mécanicien. Il coordonne les activités, la maintenance, les réparations et l'entretien du parc mécanique de la société (engins, véhicules, outillage, usine) en vue de l'optimisation du taux de disponibilité, et de la durée de vie des matériels. Il installe les machines d'équipement, gère et prévient les interventions de l'équipe de mécaniciens. Il constitue et suit le stock de pièces détachées, conseille le service logistique pour les achats de gros matériels. Il forme aussi les mécaniciens.

Compétences et qualités requises :

La polyvalence dans les trois domaines est appréciée dans la mine : la capacité d'endosser à la fois la casquette d'un mécanicien pour réparer une pièce défectueuse, la casquette d'un électricien pour réaliser un câblage, la casquette d'un soudeur pour souder des pièces entre elles permet d'avoir une vision globale de la machine. Cette multi-compétence requiert certaines maîtrises : dans la lecture de plans et de schémas techniques, dans l'utilisation d'appareils de mesure électrique (multimètre,...), dans la gestion et le stockage de déchets industriels, dans la connaissance d'éléments métallurgiques, dans la connaissance des règles de sécurité, dans le management d'équipe et les relations humaines (chef de chantier).

Parcours de formation :

Niveau V ou IV de l'Éducation Nationale (CAP, CFPA, BEP ou Bac Pro en électricité, électromécanique ou électrotechnique/ CAP/BEP en soudure)
Emploi également accessible avec une solide expérience professionnelle

Evolution de carrière :

Chef Mécanicien
Chef de camp
Responsable Logistique

Le Mécanicien :

Un tombereau en panne, un rotor défectueux ! Le mécanicien doit être en mesure d'intervenir sur tous types d'engins : véhicules légers, lourds, engins de chantier, moteurs (groupe électrogène, pompes,...), sur l'outillage (tronçonneuse,...). etc. Il procède aux révisions, diagnostics, réparations, réglages de tout ou partie des éléments d'équipements ou d'organes d'engins ou de machines à partir des données spécifiques du constructeur ou du Chef mécanicien.

L'Électromécanicien :

Trouver l'origine de la panne électrique est la mission de l'électromécanicien. Son intervention est un peu plus poussée que celle du mécanicien. Il exécute la pose, le montage et la fixation de composants électriques sur différents supports destinés à la réalisation d'ensembles ou de sous-ensembles électromécaniques à partir de plans ou de schémas. Il assure les modifications de câblage, des essais et des réglages pour les travaux d'installation ou de mise en service du matériel. Il veille également à l'entretien et à la mise en sécurité du réseau électrique du campement.

L'ORGANISATION DE LA BASE VIE EN FORÊT

forêt car des solutions satellites accessibles existent, avec un débit satisfaisant. Cela permet aux employés de communiquer plus longtemps avec leur famille, ou au chef d'entreprise de solutionner rapidement les pannes mécaniques grâce à l'envoi de photos de la pièce défectueuse par exemple. Le téléphone satellite et la radio deviennent petit à petit des solutions secondaires de secours. En ce qui concerne l'alimentation énergétique du camp, même si le groupe électrogène est encore largement utilisé, la solution des panneaux solaires voit le jour. L'utilisation des deux systèmes couplés est aujourd'hui une solution satisfaisante en milieu isolé (groupe électrogène de secours et/ou alimentation du matériel électropportatif).

Une place est faite également pour les temps de détente après les heures de travail grâce à la mise à disposition de salles et espaces aménagés : sport, télévision, jeux...

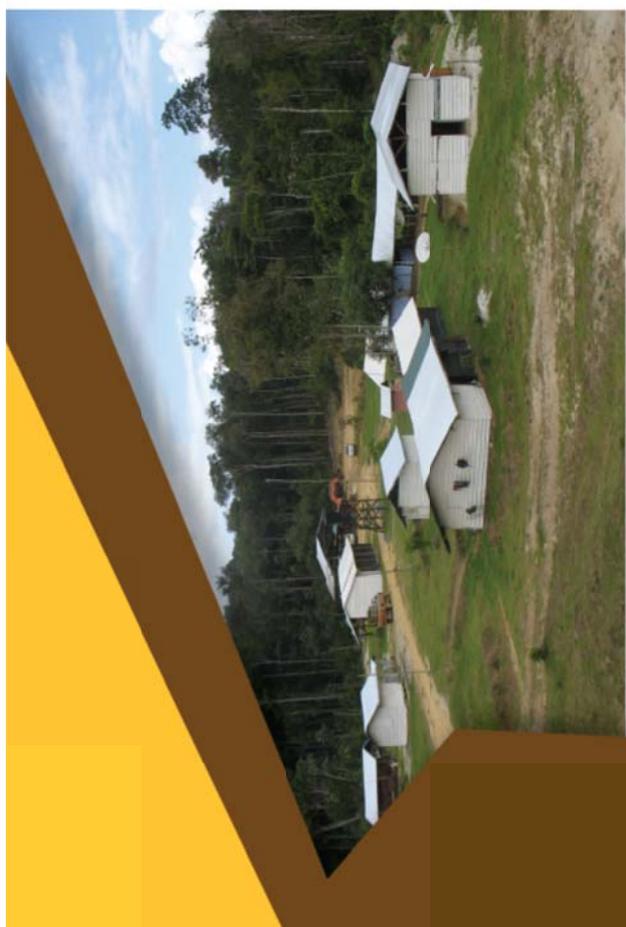
Quelques exemples anecdotiques : aux environs de Régina, un champ de mille ananas entoure le carbet cuisine d'une exploitation ; un professeur de français donne des cours de français pendant 3 mois aux employés d'un autre site ; un billard a été hébergé dans un camp au nord de Saül. Une tradition se perd cependant : les parties de dominos du soir sont remplacées petit à petit par la télévision et internet. En forêt, si l'éloignement existe, l'isolement diminue.



François MATHURIN, Chef de site à DIEU-MERCI

Sur le plan technique il n'y a pas vraiment de problème à travailler sur un site isolé avec toutes les avancées technologiques actuelles, notamment internet. Mais c'est plus du côté psychologique que c'est un petit peu plus compliqué, car finalement ce qui nous manque le plus sur site c'est la famille. En tant que responsable de site j'ai droit à quelques jours «OFF» tous les mois. Mais j'ai remarqué deux choses importantes :

- la concentration de personnes sur un même lieu en pleine forêt renforce la cohésion et la solidarité en cas de besoin.
- il est plus intense de retrouver les siens quelques jours que de se croiser tous les jours. En fait c'est une forme d'équilibre.



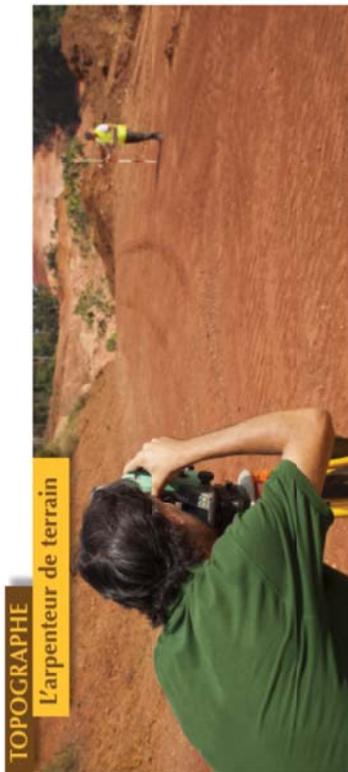
En Guyane, les opérateurs miniers légaux améliorent leurs méthodes d'exploitation, mais aussi la qualité de vie en milieu isolé de leurs occupants.

Les chefs d'entreprise ont pris conscience de l'importance de la qualité de vie en milieu isolé. Depuis plusieurs années, on assiste à une amélioration de l'hygiène et du confort de vie sur les camps de mine pour les employés, et ce quelque soit la durée de vie envisagée pour le site.

L'accès au site minier peut varier : de 3 heures en 4x4 sur piste aménagée, à 7 heures en pirogue, ou 1 heure en hélicoptère. L'hébergement collectif en hamac est remplacé par des solutions de logements individuels dans des carbets en bois protégés par des moustiquaires ou par des préfabriqués. Le carbet cuisine est le lieu de prise de repas collectif, repas équilibrés composés de produits issus d'un ravitaillement hebdomadaire ou issus de la culture de l'abattis et du potager... L'eau prélevée du puits est purifiée et filtrée. Les sanitaires sont à la hauteur de ceux rencontrés en carbets privés touristiques ainsi que l'équipement électroménager de base (machine à laver, ...). Chaque base vie dispose d'un équipement médical d'urgence adapté et du nombre suffisant de personnes formées aux techniques de premier secours (mise à jour des connaissances annuelle).

On assiste également à une montée en puissance du développement de la communication vers l'extérieur depuis presque dix ans : internet se généralise en

LES MÉTIERS DE L'EXPLOITATION : SERVICES TECHNIQUES



TOPOGRAPHE
L'arpenteur de terrain

La topographie permet de mesurer puis de représenter sur un plan ou sur une carte des formes et des détails visibles sur le terrain, qu'ils soient naturels (surfaces, reliefs, volumes, hydrographie) ou artificiels (pièces, base vie...). Le topographe est donc celui qui va de manière autonome réaliser les relevés topographiques de tous les points caractéristiques d'un terrain, effectuer les opérations géodésiques, puis concevoir les plans d'implantation, et transposer l'ensemble des données sur un support (papier ou informatique). Il peut également être amené à encadrer une petite équipe.

Compétences et qualités requises :

Le topographe est un observateur, rigoureux. Il doit donc avoir le sens de l'espace, en particulier pour appréhender les reliefs. Certains relevés nécessitant une précision au millimètre, il doit aussi posséder une excellente vision. Il doit être minutieux et précis dans son travail. Les résultats qu'il délivre doivent être très détaillés car la moindre erreur pourrait avoir des conséquences néfastes pour les travaux de l'entreprise. Il est aussi parfaitement à l'aise avec le traitement des données par informatique et maîtrise les logiciels spécifiques à la profession.

Parcours de formation :

Niveau IV ou III de l'Education Nationale (B.T. géomètre topographe, B.T.S géomètre topographe)

Evolution de carrière :

Responsable Prospection



CARTOGRAPHE
L'interprète des images aériennes et satellitaires

La localisation cartographique d'un gisement d'or, est un préalable essentiel à l'identification et à la reconnaissance des lieux, lors de l'exploration et pendant l'exploitation d'un site minier. Le cartographe s'efforce de décrire, mesurer et rendre compte de la forme et des dimensions de l'espace souhaité, afin d'en tirer une représentation sur un support réduit traduisant l'espace réel. Le cartographe dessine, élabore des schémas, des plans techniques, des documents cartographiques, des sections à partir de données techniques suivant un cahier des charges fourni par les différents services ou selon les besoins des chantiers.

Compétences et qualités requises :

Pour concevoir des cartes, le cartographe doit maîtriser l'outil informatique, notamment les outils graphiques (les logiciels de type Système d'Information Géographique). Il doit être pointilleux mais aussi avoir un intérêt pour les nouvelles technologies. Il est rigoureux et a un excellent sens de l'orientation.

Parcours de formation :

Niveau Bac (Bac Pro Technicien Géomètre Topographe)
Niveau Bac + 2 (BTS Géomètre Topographe...)
Niveau Bac + 3 (Licence géographie et aménagement, Licence pro...)

Evolution de carrière :

Responsable Bureau d'Etudes
Directeur d'Exploration
Responsable Exploitation

PRENDRE EN COMPTE

Elle contient une banque de graines conséquente qui va permettre une repousse rapide de la végétation.

Une revégétalisation assistée peut également être mise en place afin d'accélérer le processus, que ce soit sur les sites alluvionnaires ou sur les sites primaires où le délai plus important d'exploitation n'aura pas permis de conserver la couche de terres humifères. Dans ce cas, des espèces spécifiques sont choisies, par exemple plantes pionnières (résistantes à l'ensoleillement), plantes enrichissantes (légumineuses fixatrices d'azotes), plantes couvrantes (limitant l'érosion), etc., puis cortège d'essences forestières en phase ultérieure.

Toujours pour la phase de réhabilitation, le comblement des bassins et le reprofilage de la crique sur son lit original (exploitation alluvionnaire) ne doit se faire qu'en période de saison sèche, afin de limiter la diffusion des matières en suspension (MES) dans le milieu naturel.

Durant le chantier d'exploitation lui-même, la prise en compte de l'environnement est également importante. La dérivation de la crique permet de la conserver en état. La mise en place d'un circuit fermé d'eau et de bassins de décantations avec digues de protection permet d'éviter toute pollution fortuite du milieu naturel. Dans le cas d'exploitation primaire, les volumes conséquents des bassins de stockage des résidus et autres bassins de décantation nécessitent la création de digues de protection dimensionnées en conséquence. Le bon état de ces digues doit être vérifié régulièrement (repérage d'éventuelles failles et démarriage de fuites, opérations de colmatage à prévoir, suivi du niveau maximum de remplissage, ...).

La gestion des déchets produits par l'exploitation est prioritaire. Il s'agira par exemple d'organiser le stockage puis le rapatriement en ville des déchets non dangereux (verres, plastiques, ...). Le brûlage à l'air libre est interdit. Le stockage des déchets dangereux et polluants est sécurisé : huiles, hydrocarbures, fûts et chiffons souillés sont disposés en contenants sur bac avec rétention. Ces déchets seront ensuite remis à des récupérateurs agréés (avec bordereau de suivi ou d'enlèvement du déchet).

Tout au long de la vie de son exploitation, l'opérateur minier doit veiller à minimiser les impacts de son action sur l'environnement. Pour ce faire, charge à lui de sensibiliser son personnel aux bonnes pratiques et de mettre à disposition les bons contenants (homologués) ainsi que les procédures (affichage, panneaux



La prise en compte de l'environnement dans l'exploitation minière concerne plusieurs aspects et intervient à différents stades.

Que ce soit pour un projet d'exploitation alluvionnaire ou primaire, il s'agit d'abord de mesurer préalablement les impacts de ce projet. Pour cela, un état initial du site avant travaux est réalisé, au travers de la notice ou de l'étude d'impact sur l'environnement. Cet état initial doit permettre d'établir la sensibilité du site, et ainsi fournir les arguments nécessaires à l'étude de faisabilité du projet pour le porteur lui-même et pour les services instructeurs.

La mise en place du chantier doit être réalisée en tenant compte de l'étape ultime de fermeture de ce chantier, c'est-à-dire en planifiant d'avance les phases de réhabilitation du site (programme préalable de réhabilitation à réaliser). Pour cela, la déforestation doit se faire de manière raisonnée (limitation de la surface au strict minimum), surtout en matière d'exploitation alluvionnaire puisqu'il s'agit d'exploitation à court terme : les andains (trunks d'arbres) seront stockés en périphérie du site pour ensuite être étalés (création de zone de repousse de biodiversité et d'abris pour la faune). L'horizon de terres humifères doit être décapé et stocké également en périphérie, pour être redéposé sur le maximum de surface possible. Cette couche de terre humifère est l'un des éléments indispensables à une bonne reprise de la végétation du site.

L'ENVIRONNEMENT À TOUS LES STADES DE L'EXPLOITATION

signalétiques, ...). Une démarche de contrôle en interne ou via un audit extérieur est indispensable.



François MOUNIE, Bureau d'étude IDM Guyane

Géologue minier de formation et gérant d'un bureau d'études géologique depuis 1997, une des missions que nous confie les exploitants est de les accompagner dans la gestion des déchets, plus particulièrement les DIS (Déchets Industriels Spéciaux) et DBE (Déchets Banals des Entreprises).

Le retour d'expériences aussi bien auprès des artisans que des PME démontrent que les actions prioritaires à mener sont l'éducation et la sensibilisation du personnel au respect de l'environnement, via notamment la tenue de réunions (idéalement mensuelles à bi-mensuelles) et la répétition des consignes. La mise en pratique doit être correctement expliquée et régulièrement revue afin d'éviter tout relâchement d'attention. L'élimination des déchets DIS et DBE, notamment depuis un site isolé, incluant la propreté du site, a un coût non négligeable dont l'entreprise doit tenir compte dans ses prévisions budgétaires.

Globalement, il est peu évident de sensibiliser le personnel (non francophone) aux bons réflexes. Donc sur site, accompagné du chef de chantier, on commence généralement par identifier les différents types de déchets. On doit s'assurer que l'action (collecte, stockage provisoire) sera menée à terme en proposant la mise en œuvre du schéma de stockage pour chacun de ces déchets. L'adhésion du chef de chantier est indispensable.

De mon côté, je n'hésite pas à mettre la main à la patte en montrant ce qui doit être fait (donneur d'ordres, création de bornes de collecte pour piles usagées, organisation des zones de stockage des déchets DIS et DBE, ...)

Les meilleurs élèves sont les PME structurées dans la gestion administrative (avec budget alloué à la réhabilitation et à la gestion des déchets) et humaine (présence de techniciens confirmés).

En plus de 16 ans d'activité, j'ai pu m'apercevoir que les chefs d'entreprise ne négligent plus cet aspect « gestion des déchets » car ils sont fiers de montrer que leur site est « propre » et veulent rester crédibles auprès de l'Administration afin de pérenniser leur activité.

INGENIEUR EN ENVIRONNEMENT ET METIERS ASSOCIES

Les garants de la protection environnementale au sein de l'industrie minière

Déforestation, extraction, mouvement de sols ... sont autant d'opérations qui viennent modifier l'état initial d'un site en exploitation. Comment concilier production rentable liée à une activité extractive et préservation de la nature et de l'environnement ? Les personnes en charge du volet environnement au sein d'entreprises minières interviennent :

- avant le démarrage du chantier pour préserver les espèces floristiques et faunistiques
- pendant le chantier pour conserver les terres humifères nécessaires à la revegetalisation du site
- après le chantier dans la phase de réimplantation d'espèces végétales

Ils assurent l'entretien de la pépinière, gèrent, analysent et résolvent les problèmes liés à la protection de la nature et à l'environnement. L'ingénieur en environnement peut également travailler de pair avec l'ingénieur des mines afin de garantir l'hygiène et la sécurité au travail des employés. Ils assurent une fonction préventive, corrective ou de recherche des risques liés à l'activité. On parle d'étude de « l'environnement de travail » et de fonction HSE (Hygiène Sécurité Environnement).

Compétences et qualités requises :

Observateur, les personnes en charge de l'environnement doivent être en mesure de prévoir et de mesurer l'impact qu'aura la production de l'entreprise sur l'environnement. Ils ont de solides connaissances scientifiques, techniques, mais aussi dans le code minier, les normes environnementales et le droit forestier. Ils doivent être sensibles à la faune et à la flore, savoir s'adapter à leur environnement et savoir faire preuve d'innovations techniques dans des milieux exigeants.

Parcours de formation :

Niveau V de l'Education Nationale
CAP ou BEP ou expérience qualifiante
Niveau I ou II de l'Education Nationale
Maîtrise, DESS, DEA
Diplôme d'ingénieur

Evolution de carrière :

Responsable Environnement
Responsable d'Exploitation



Maud ANDRES, Responsable administrative



Je me suis formée seule et sur le tas. J'ai eu la chance de démarrer ma carrière auprès de mes parents qui avaient un magasin de motos dans lequel j'ai été responsable dès 21 ans. Avec cette expérience très complète, j'ai occupé très longtemps le poste de chef magasinnière dans différentes concessions motos ce qui m'a amené en 1991 chez POLYMECA. En 2000, j'ai démarré à la SAAMP en tant que responsable de la partie grossiste en bijouterie. J'avais en charge le suivi du perfectionnement passif (envoi d'or brut et transformation en articles de bijouterie). J'ai constitué ma clientèle de bijoux à travers toute la Guyane, et au fur et à mesure j'ai mis en place une collection « Guyane » avec de très bons résultats. J'étais aussi responsable du service export et en particulier des expéditions de métal via le Surinam. Les 4 dernières années, je me suis occupée en plus de la partie achat d'or à temps plein. Il y a deux ans j'ai trouvé logique et intéressant de travailler à la source chez un opérateur minier, M. PERNAUT, dans un domaine inconnu pour moi l'administratif : comptabilité, payes, finances ; la dernière partie de la gestion d'une entreprise qui me manquait.

Mes occupations au quotidien sont multiples et variées : comptabilité journalière, suivi bancaire et règlements, établissement des payes, déclarations aux divers organismes sociaux, impôts, douanes, commandes des pièces détachées pour tous les engins sur site, commandes en Hollande, Etats-Unis, Angleterre. Contacts journaliers avec le site sur SKYPE, suivi et transmission de leurs besoins, ... Suivi et démarches administratives pour les employés : cartes de séjour, sécurité sociale, comptes bancaires et autres... Nettoyage des échantillons issus de la prospection et évaluation des teneurs. Logistique des transports : avions et hélicoptères. Suivi sur tableaux des productions pour les 3 sociétés, des consommations de gaz, des coûts du transport aérien, des achats divers.

Mes activités me sédentarisent sur Matoury, mais j'ai un contact journalier avec le chef de chantier en forêt et je vois tout le personnel deux fois par an lors des sorties. Je souhaite depuis le début passer un moment sur le site pour découvrir l'activité sur place et les besoins éventuellement mal évalués à distance. Mais jusqu'à présent ma présence libère plutôt mon patron qui peut plus facilement s'absenter du bureau.

Les liaisons internet étant ce qu'elles sont en Guyane, il me paraît très difficile de faire mon travail en forêt. Je pense que nous sommes très utiles ici pour répondre à tous les besoins des personnels isolés en forêt et très demandeurs.

DIRECTEUR ADMINISTRATIF ET FINANCIER

Homme clé et fin stratège de l'entreprise

Le D.A.F. :

Investir dans de nouvelles machines, conseiller sur les aspects fiscaux et juridiques de l'entreprise, sont autant de questions auxquelles doit répondre le Directeur Administratif et Financier. Il supervise, organise et coordonne les services administratifs, comptables et financiers. Il peut également être amené à superviser les services informatiques et généraux.

Il collecte les informations auprès des responsables opérationnels, structure les données représentatives du bon fonctionnement de l'entreprise et nécessaires aux prises de décisions (bilans, comptes de résultats, tableaux de bord).

Il constate les points forts et les points faibles de l'activité. Il attire l'attention de la direction et conseille sur les prévisions à court terme, formule des propositions sur les stratégies à moyen terme.

Le D.R.H. :

Recruter un nouvel employé ? Le DRH, en relation directe avec la direction, élabore et met en œuvre les moyens quantitatifs et qualitatifs nécessaires à l'optimisation et l'adaptation des ressources humaines avec les spécificités de la société : recrutement, gestion de l'emploi, formation, plan de carrières, communication.

Il veille à la bonne application de la réglementation sociale en intégrant les règles et les procédures du droit du travail.

Compétences et qualités requises :

Le DAF doit constamment veiller au bon équilibre financier de l'entreprise. Il doit donc maîtriser les notions de comptabilité générale et de comptabilité analytique. Il doit avoir de solides connaissances en droit des sociétés et en fiscalité. Il doit être en mesure de prévoir et d'anticiper les stratégies de l'entreprise. Pour cela il doit être capable d'élaborer et d'analyser des tableaux de bord avec des indicateurs qu'il aura lui-même mis en place.

Trouver le poulaïn rare et fidéliser son personnel sont les challenges que doit relever le DRH. Il doit avoir le sens de la relation humaine, avoir de solides connaissances en droit du travail et en législation sociale, maîtriser

LES MÉTIERS DE L'ADMINISTRATION

la Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences – CPEC, savoir gérer une masse salariale en s'appuyant sur des outils informatiques et des logiciels spécifiques.

Parcours de formation :

Niveau III à I de l'Education Nationale avec expérience professionnelle qualifiante dans le domaine de la gestion ou de la comptabilité
Pratiquer une langue étrangère

Evolution de Carrière :

Directeur Général

Parcours de formation :

Niveau V de l'Education Nationale complété par une expérience professionnelle qualifiante Niveau IV et III de l'Education Nationale
Niveau III à I de l'Education Nationale avec expérience professionnelle qualifiante dans le domaine de la gestion

Evolution de Carrière :

Responsable Comptable
Contrôleur de Gestion
Directeur Administratif et Financier

GESTION COMPTABLE

Le détenteur des chiffres-clés de la santé de l'entreprise

Le comptable enregistre et traite les informations relatives aux mouvements financiers de l'entreprise. Il rend compte en terme monétaire ou financier de l'activité économique de l'entreprise vis-à-vis de la réglementation fiscale ou de la législation sociale du travail.

Le responsable comptable tient à jour les comptes de la société (comptabilité générale et comptabilité analytique).

Il établit et présente sous forme normalisée les documents comptables légaux, bilans annuels, comptes de résultats et toutes les informations ponctuelles demandées par la direction (situation mensuelle, trimestrielle ...).

Il peut également exercer des activités connexes de type financier (trésorerie), fiscal (impôts, déclarations) ou social (salaires).

Le contrôleur de gestion aide la direction dans l'orientation et le suivi de la stratégie qu'elle s'est fixée. Il participe à la définition des objectifs et anticipe les résultats. Il établit le schéma directeur des budgets. Il exerce en permanence une surveillance des indicateurs de gestion mis en place pour évaluer l'activité de l'entreprise et transmet les informations à la direction.

Il apprécie les causes et les effets des écarts identifiés entre les objectifs et les réalisations. Il peut proposer à la direction des opérations correctives à mettre en œuvre.

Compétences et qualités requises :

Le comptable est rigoureux et pointilleux, il maîtrise les normes comptables, le droit des sociétés, le droit fiscal, ainsi que l'outil informatique et les logiciels spécifiques.

AGENT ADMINISTRATIF/STANDARDISTE/SECRETAIRE

L'agent administratif au côté du responsable d'entreprise

L'agent administratif classe et vérifie les documents nécessaires à la saisie des informations pour un ou plusieurs services de l'entreprise. Il effectue l'enregistrement de données en tout genre (données administratives et comptables) à l'aide d'outils informatiques.

Il assure le secrétariat de l'entreprise, dépouille, classe et transmet le courrier. Il organise matériellement les déplacements et les rendez-vous de son supérieur hiérarchique.

Il effectue également des tâches de réceptionniste, en transmettant et filtrant les communications téléphoniques, en assurant le premier niveau de contact entre les services et l'extérieur.

Pour exercer ce métier, il est important d'avoir le sens du relationnel et de l'organisation. Les logiciels bureautiques (traitement de texte, tableur...) sont ses principaux outils de travail.

Parcours de formation :

Diplôme de niveau Bac (Bac STMG, Bac Pro Gestion-Administration ...)
Emploi également accessible avec une solide expérience professionnelle

Evolution de Carrière :

Assistant de Direction
Gestion comptable



Olivier Honegger, Responsable de SAAMP Guyane
(Société d'Affinage et Apprêts de Métaux Précieux)

Technicien forestier de formation, puis opérateur minier durant 14 ans, j'ai aujourd'hui 12 ans d'expérience dans le métier de semi-affinage (première fonte), en Guyane principalement.

C'est un métier en évolution permanente, on apprend constamment car les produits utilisés évoluent et il faut savoir s'adapter. C'est également un défi intellectuel car la présence conséquente de mercure nous contraint à mettre en œuvre des techniques d'extraction non polluantes.

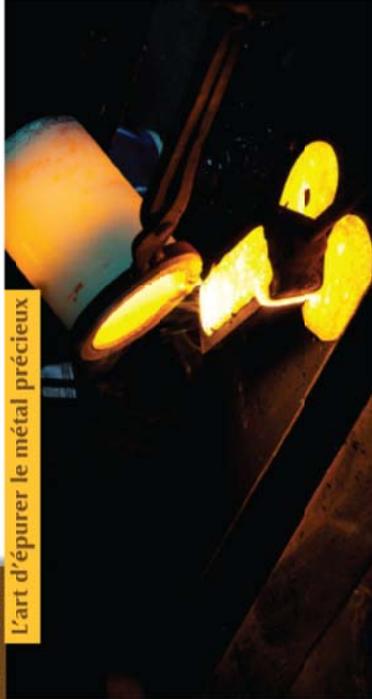
Nous sommes en contact direct avec les producteurs d'or qui peuvent ainsi directement récupérer leurs gains sans délais trop longs.

La fonte du minerai aurifère a un côté noble qui me plaît. L'opérateur minier vous emmène un produit qui ne ressemble pas à grand-chose et vous en faites un beau lingot !



FONDEUR

L'art d'épurer le métal précieux



La fonderie permet par moulage du métal, la création d'objets, de sculptures ou d'œuvres d'art. Les objets créés sont très variés : bijoux, sculptures ou encore lingots d'or.

Le fondeur traite le minerai brut en sortie de mine. Par le biais de procédés d'extraction et de piégeage, il sépare l'or des autres métaux. En le faisant passer à plusieurs reprises par le feu dans un creuset en argile, il débarrasse le métal désiré de ses scories et de ses impuretés. Il détermine ainsi le pourcentage d'or pur obtenu. Il veille également à respecter les directives de la Direction de l'Environnement et de l'Amenagement et du Logement (DEAL) en matière d'Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Compétences et qualités requises :

Méticulosité, dextérité, probité, réactivité.
Un fondeur doit être adroit et méthodique. Il doit également être précis, soigneux et avoir des réflexes rapides. Connaître les différents alliages qu'il faut ensuite couler dans des moules demande une longue pratique. La connaissance des styles artistiques est un plus appréciable.

Parcours de formation :

Niveau V (CAP - Apprentissage)

LES MÉTIERS ASSOCIÉS

BIJOUTIER, JOAILLER



La consécration de toute une chaîne de production

Le métal et la pierre étant souvent associés dans le montage d'un bijou, les activités du bijoutier et du joaillier se ressemblent. Tandis que le premier crée, répare ou transforme les bijoux en or, argent, platine, le second prépare la monture des pierres précieuses ou des perles pour les mettre en valeur. Les bijoutiers maîtrisent souvent les deux métiers et réalisent leurs ouvrages seuls de la conception à la finition.

De la conception à la fabrication

Avant de créer un bijou, le bijoutier-joaillier, en concertation avec le client, conçoit et dessine le bijou avant d'en donner une estimation. Il passe ensuite à la fabrication : fonte des métaux, composition des alliages, façonnage de la matière première pour réaliser la maquette en cire, puis en métal. Enfin, après avoir déterminé l'emplacement des pierres, il procède au perçage et au fraisage.

Un travail en collaboration

Pour le travail de finition et de polissage, le bijoutier-joaillier peut faire appel à des spécialistes. Par exemple, le lapidaire ou le diamantaire pour tailler pierres et diamants. Le sertisseur pour la fixation des pierres sur les montures, ou encore le polisseur qui donne au bijou brillance et éclat. Quant au gemmologue, il identifie les pierres précieuses et fines. Les artisans bijoutiers de Guyane sont souvent polyvalents sur ces trois compétences.

Compétences et qualités requises :

Le bijoutier-joaillier dessine et conceptualise un bijou. Il doit donc avoir le sens artistique. Il soude, grave, sertit des métaux et pierres précieuses, il est minutieux et a le sens de la perfection.

Il doit avoir des connaissances scientifiques pour la préparation des alliages faisant appel à des notions de physique, de chimie et de gemmologie pour l'identification des pierres précieuses.

Il doit également développer des compétences commerciales pour écouler ses productions.

Parcours de formation :

Niveau V de l'éducation Nationale (CAP Art et techniques de la bijouterie-joaillier (seul option))

Romuald BITTEROLE, Bijoutier

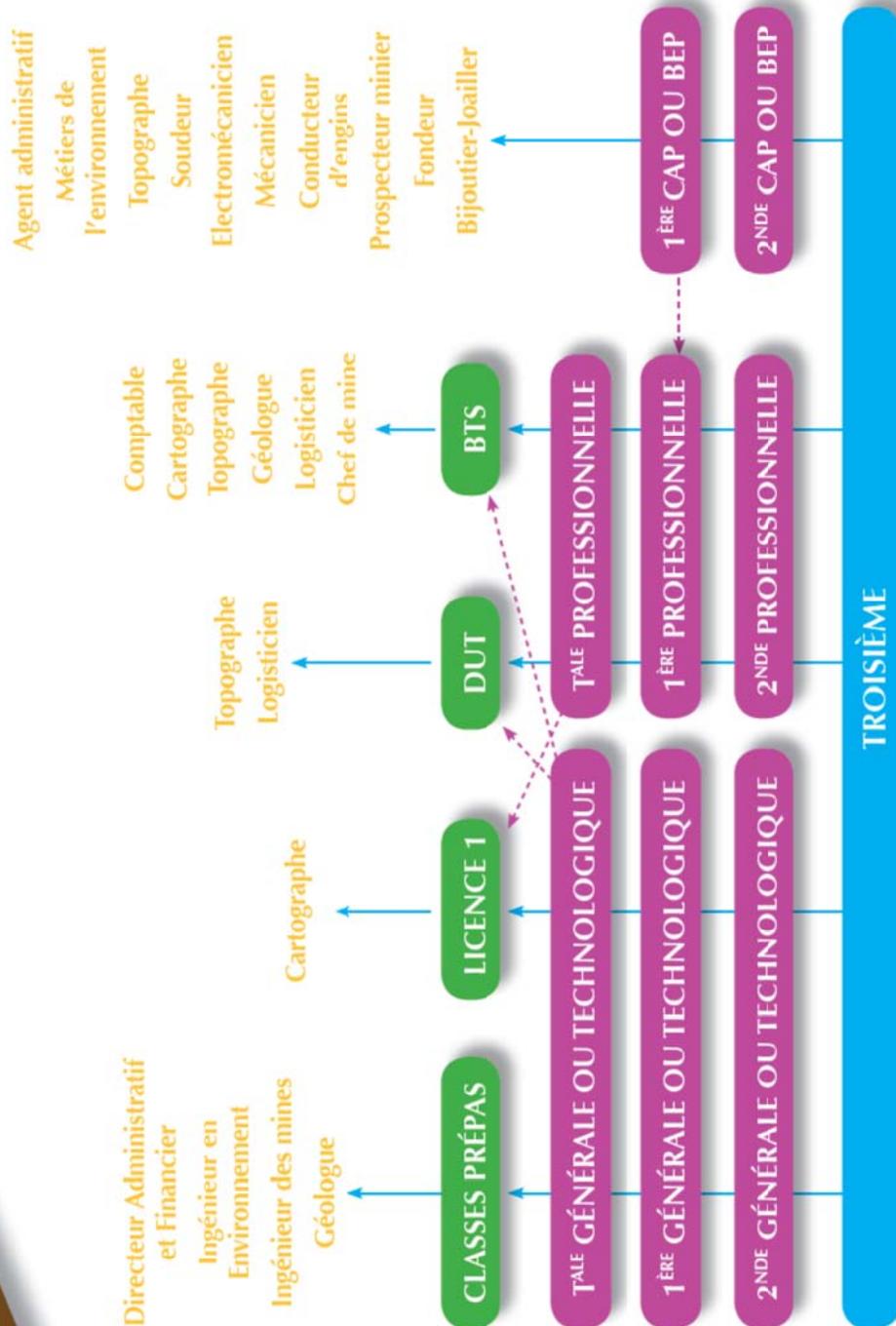
Fils de bijoutier, diplômé de l'Ecole du Louvre (Bijouterie Joaillerie et orfèvrerie de Paris), je possède une expérience de 3 ans dans la création de bijoux (création propre ou sur commande). Je réalise aussi sur demande des réparations de bijoux.

Ayant grandi dans ce milieu il était bien évidemment naturel pour moi d'y travailler. J'aime l'aspect création artistique et le contact avec les personnes. Le sertissage de pierres précieuses est la partie qui m'attire le plus, avec tout type de pierres en fonction de la demande ou de notre propre stock (émeraude, saphir, rubis, diamant, améthyste).

Fier d'avoir repris le flambeau familial, je souhaite continuer à développer cette activité.



LES FORMATIONS INITIALES



Retrouvez toutes les fiches métiers sur le site www.orkiddeguyane.org

LEXIQUE

ALLUVION	Sédiment des cours d'eau et des lacs composé de galets, graviers, sable, argile et limons. Des alluvions peuvent être aurifères et donc contenir de l'or issu de la roche primaire.
ANDAINS D'ARBRES	Tas de troncs et de branches d'arbres déracinés. Les andains sont généralement réutilisés pour la re-végétalisation.
CAROTTE	Morceau de roche cylindrique prélevé en profondeur par une sondeuse pour la prospection d'or primaire notamment.
DÉBOURBAGE	Opération qui consiste à séparer les particules grâce à un jet d'eau. L'argile est diluée en une pulpe liquide dans laquelle l'or est libéré.
DÉCANTATION	Chute naturelle des particules fines contenues dans de l'eau turbide en un certain temps (de quelques secondes à plusieurs années).
FILON	Veine métallifère résultant du remplissage d'une faille, d'une fissure ou d'une diaclase plus ou moins importante et qui recoupe d'une façon très capricieuse les roches.
FLAT	Vallée entre deux reliefs où circule (ou a circulé) une rivière. A différentes époques le lit de celle-ci peut s'être déplacé à l'intérieur de tout le flat, laissant sur son passage des dépôts alluvionnaires.
FRONT DE TAILLE	Limite de progression de l'extraction (horizontale) correspondant à une paroi verticale creusée dans la roche ou l'argile.
GÎTE	Concentration minérale représentant un certain tonnage et possédant des dimensions mesurables, technologiquement exploitable.
GRANULOMETRIE	Etude qui s'occupe de classer les minéraux en fonction de leur taille. On parle souvent de tranche granulométrique (exemple: tranche granulométrique de 1 à 2mm).
GRAVIMETRIE	Méthode qui utilise les propriétés de densité des éléments pour les séparer ou les analyser.
JIG	Appareil de concentration qui sépare les minéraux lourds des légers. Il est constitué d'une cuve dans laquelle un piston provoque alternativement sur le mélange d'eau et minéraux, une pression suivie d'une aspiration.
MÉANDRE	Sinuosité arrondie et régulière décrite par un cours d'eau. Généralement, la rive concave est sapée par le courant et la rive convexe est constituée d'alluvions.
MÉTAL DÉPLOYÉ	Surface constituée d'alvéoles métalliques (ou riflées) de forme hexagonale. Cet outil génère de multiples vortex (tourbillons) qui piègent les minéraux plus lourds lorsque la pulpe passe dessus.
MÉTALLOGÉNIE	Science des gisements métallifères basée sur l'analyse des minéraux en liaison avec leur histoire géologique. Il peut s'y ajouter l'estimation de leur intérêt économique.
MINÉRAI	Minéraux de valeur (habituellement métalliques) pouvant être extraits d'une roche de façon rentable.
PLUIE PF	Au sens minier, mélange d'eau et de minéraux qui constitue une boue très liquide.
PLACER	Zone d'accumulation et de concentration anormale d'un métal ou d'un minéral dans des alluvions.
RÉGALAGE	Opération qui consiste à remettre en place les stériles et graviers d'un barraque exploité à l'aide d'un bulldozer ou de pelles hydrauliques.
RÉHABILITATION	Modification des terrains perturbés par la mine en vue d'une utilisation nouvelle ou de remise en état proche de l'état l'initial.
REPROFILAGE	Création d'un nouveau tracé de la crique au sein du placer lors de la réhabilitation.
REVEGETALISATION	Redonner un caractère végétal à quelque chose / Reconquête par des espèces introduites ou naturellement présentes dans le milieu naturel des terrains dénaturés par l'action de l'homme ou suite à des catastrophes naturelles.
SAPROLITE	Roche généralement meuble résultant de l'altération chimique d'une roche-mère dont elle conserve les structures d'origine.
SCHISTE	Roche ayant acquis une schistosité (déformation en feuillet développée sous l'influence de contraintes tectoniques).
SLUICE	Rampe de lavage en bois ou en métal, garni de tapis spéciaux et de tasseaux dans lequel s'écoule le matériau prélevé dans les alluvions avec un courant d'eau. L'or plus lourd est piégé par les tapis ou retenu derrière les tasseaux alors que le sable est évacué. Aujourd'hui les tasseaux ont été remplacés par le métal déployé et les rampes se succèdent en forme de «Z», on parle de «table».

ORKIDÉ DE GUYANE

www.orkideguyane.org

Contact : 06.94.44.22.61 - 05.94.38.64.47
orkide.guyane@gmail.com



COLLECTION « LA MINE EN FRANCE »

Tome 1 - Industrie minérale et activité minière en France

Tome 2 - Législation et réglementation minière

Tome 3 - Projet minier et parties-prenantes

Tome 4 - Exploration minière

Tome 5 - Développement, financement, construction

Tome 6 - Exploitation minière et traitement des minerais

Tome 7 - Fermeture, reconversion et gestion de l'après-mine

Tome 8 - Exploration et exploitation minière en Guyane

Tome 9 - Le concept de «mine responsable». Parangonnage des initiatives mondiales

Tome 10 - Mines européennes. Quelques exemples de mines de métaux

Tome 11 - Sondages miniers

Tome 12 - Bonnes pratiques de l'activité minière

Tome 13 - Lexique

www.mineralinfo.fr

