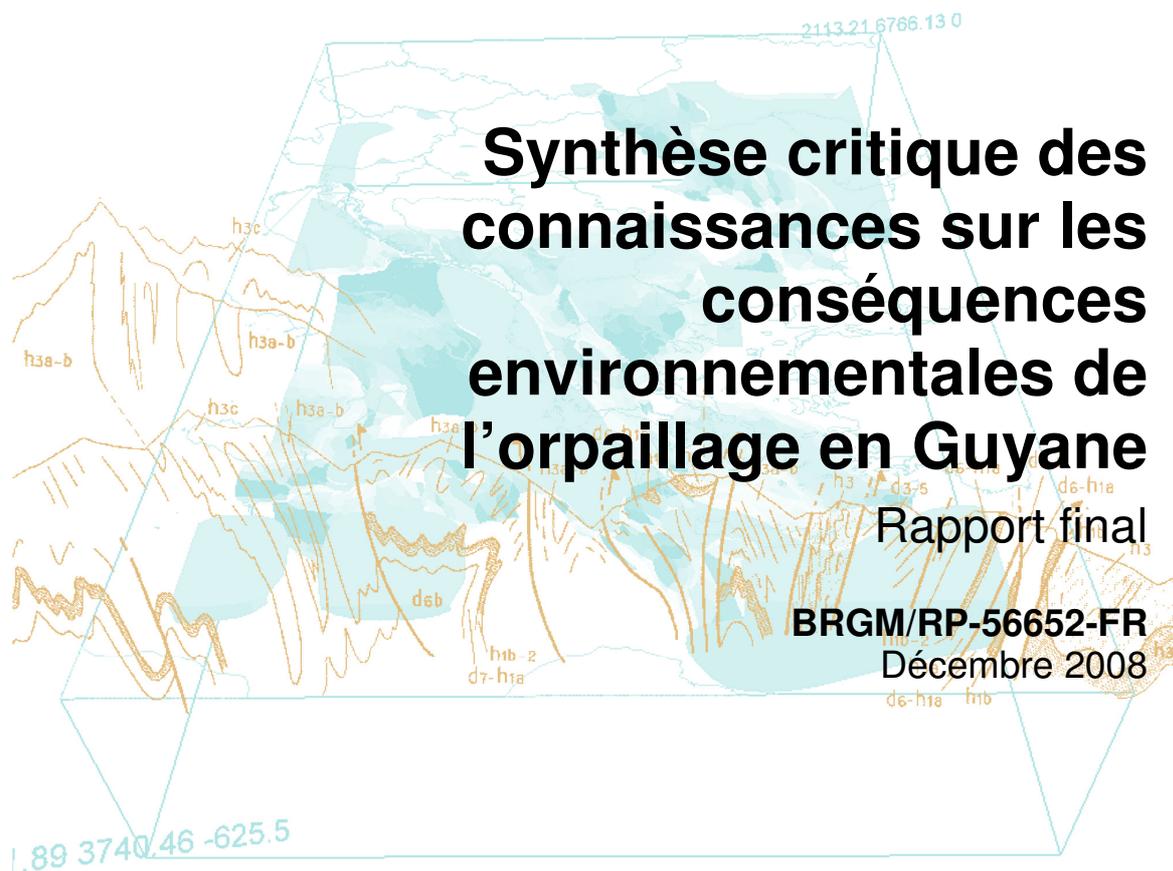


Document public



# Synthèse critique des connaissances sur les conséquences environnementales de l'orpaillage en Guyane

Rapport final

BRGM/RP-56652-FR

Décembre 2008





# Synthèse critique des connaissances sur les conséquences environnementales de l'orpaillage en Guyane

Rapport final

**BRGM/RP-56652-FR**  
Décembre 2008

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 08EAU94

Laperche V., Nontanovanh M., Thomassin J.F.

**Vérificateur : P. Piantone**

Nom :

Date :

Signature :

**Approbateur : P. Lecomte**

Nom :

Date :

Signature :

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

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**

**Mots clés :** Guyane française, extraction aurifère, orpaillage, impacts environnementaux, mercure, déforestation, turbidité, contamination.

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

Laperche V., Nontanovanh M., Thomassin J.F. (2008) : Synthèse critique des connaissances sur les conséquences environnementales de l'orpaillage en Guyane - Rapport BRGM/RP-56652-FR - Décembre 2008, 73 pages, 19 illustrations et 12 tableaux.

© BRGM, 2008, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Dans le cadre de la convention nationale de recherche et développement partagés ONEMA/BRGM, et suite à différentes réunions de travail, il est apparu comme indispensable d'élaborer une synthèse critique des connaissances sur les conséquences de l'orpaillage en Guyane française au préalable de tout montage de nouveau projet sur le sujet. Cette étude doit, en effet, permettre de situer la problématique de l'extraction aurifère et de ses conséquences potentielles sur l'environnement dans le cadre du développement durable de cette activité sur ce territoire.

L'activité minière aurifère (légale et clandestine) induit des activités qui peuvent potentiellement impacter l'environnement : la faune, la flore ou encore la ressource en eau. L'eau est indispensable à la pérennité des êtres vivants, sa préservation est un enjeu environnemental prioritaire.

La synthèse présentée ici, a montré que les impacts environnementaux n'ont pas tous été étudiés de manière identique et qu'ils ne peuvent donc pas être appréhendés à ce jour de la même façon. Ainsi, il y a les impacts pour lesquels on possède suffisamment de données et, dont il est alors possible de quantifier les conséquences, telles par exemple la déforestation, les quantités de mercure métal utilisées, ou la contamination des sédiments et des poissons. Il y a ensuite les impacts dont les experts connaissent bien les conséquences mais qu'il est difficile de quantifier en Guyane par manque d'études systématiques sur l'ensemble de la région, comme la contamination de l'eau, la turbidité, la perte de la biodiversité (faune et flore), la destruction ou la perte de certaines fonctions du sol, etc. Et enfin, il y a les impacts cités mais ni vérifiés ni étudiés, tels l'érosion des berges, le détournement des cours d'eau, la pollution des sols par les huiles de vidange, les essences, les carcasses d'engins...



# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Rappels sur la géologie, l'or, le mercure et l'eau.....</b>	<b>11</b>
2.1. LA GEOLOGIE DE LA GUYANE .....	11
2.2. RAPPELS SUR LES GISEMENTS ET LA PRODUCTION AURIFERE .....	12
2.2.1. Les gisements aurifères .....	12
2.3. LE FOND GEOCHIMIQUE EN MERCURE .....	18
2.3.1. Le mercure dans les sols.....	18
2.3.2. Le mercure dans les sédiments.....	19
2.4. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE EN GUYANE .....	21
2.4.1. La turbidité et la « composition » de l'eau en Guyane .....	21
2.4.2. Le mercure dans l'eau.....	23
<b>3. Exploitation minière.....</b>	<b>25</b>
3.1. L'EXPLOITATION DES GISEMENTS ALLUVIONNAIRES ET COLLUVIONNAIRES (OU « PLACERS ») .....	26
3.2. L'EXPLOITATION DES GISEMENTS PRIMAIRES .....	26
3.3. LES OUTILS DANS LA RECUPERATION DE L'OR .....	26
3.4. L'UTILISATION DU MERCURE .....	27
3.5. SYNTHESE DES TECHNIQUES D'EXPLOITATION DE L'OR.....	27
<b>4. Impacts environnementaux.....</b>	<b>29</b>
4.1. LES IMPACTS QUANTIFIES .....	29
4.1.1. La déforestation .....	29
4.1.2. La destruction et/ou l'altération des linéaires de cours d'eau.....	33
4.1.3. Le mercure métal .....	35
4.1.4. La contamination des poissons .....	37
4.2. LES IMPACTS CONNUS A TITRE D'EXPERT .....	40
4.2.1. La contamination de l'eau par le mercure.....	40
4.2.2. La turbidité .....	41

4.2.3. Les populations animales .....	46
4.2.4. La flore .....	50
4.2.5. Les sols .....	51
4.2.6. Le Drainage Minier acide (DMA).....	53
4.3. IMPACTS CITES MAIS NON VERIFIES/ETUDIES .....	54
4.3.1. Autres pollutions de l'eau et des sols.....	54
4.3.2. Autres modifications du milieu physique .....	54
<b>5. Conclusion et perspectives .....</b>	<b>57</b>
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>61</b>
<b>7. GLOSSAIRE .....</b>	<b>67</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte géologique simplifiée de la Guyane (source BRGM). La production aurifère .....	13
Illustration 2 : Superficie maximale susceptible d'être potentielle touchée par l'extraction aurifère (extrait du rapport BRGM/RP-54630-FR). .....	17
Illustration 3 : Développement de l'orpaillage sur la commune de Saint-Élie : images Landsat 5, en 1990 (a) et 2001 (b). Les zones orpaillées apparaissent en rose-fushia. © Usgs, 1990 et 2001 .....	29
Illustration 4 : Surfaces travaillées par l'activité minière en 2000 .....	30
Illustration 5 : Surfaces travaillées par l'activité minière en 2006 .....	31
Illustration 6 : Linéaires impactés par l'activité minière .....	34
Illustration 7 : Distribution de l'ensemble des concentrations en mercure [Hg] mesurées dans le muscle de la totalité des aymaras pêchés pour les 6 fleuves de Guyane (pf : poids frais).....	38
Illustration 8 : Représentation des diagrammes en bâton de la concentration en mercure mesurée dans le muscle de poisson pour les 6 régimes alimentaires. Les barres d'erreurs représentent les écarts types de la moyenne.....	39
Illustration 9 : Distribution des formes chimiques du mercure dans la zone du barrage hydroélectrique de Petit-Saut (d'après Charlet et Boudou, 2002) .....	41
Illustration 10 : Coloration ocre typique d'un cours d'eau en aval d'une exploitation (confluence de la Comté et de la crique Bagot non orpaillée).....	43
Illustration 11 : Mesures de turbidité des eaux (NTU , en rouge) et des teneurs en Hg (mg/t) des sédiments (en vert) dans l'Approuague et les criques .....	44
Illustration 12 : Etat et couleur de l'eau des cours d'eau de Guyane (la grosseur du cercle est proportionnelle au nombre d'observations notées par bassin versant).....	45
Illustration 13 : Taille des groupes de loutres observés dans les milieux soumis à des pressions variables .....	48
Illustration 14 : Corrélation entre la turbidité et le SMEG : a) en saison des pluies ; b) total (HYDRECO, 2006) .....	49
Illustration 15 : Dragline abandonnée depuis les années 50 sur la concession de Boulanger .....	54
Illustration 16 : Envasement des berges sur la crique Petit Inini (a) et sur la crique Couata (b) .....	55

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Production d'or déclarée par principaux bassins en 1992 (Picot et al., 1993).....	16
Tableau 2 : Statistiques élémentaires des teneurs en mercure (mg/t) pour les échantillons prélevés dans les criques non orpaillées, N : nombre d'échantillons par secteur (les secteurs de la bande littorale ont été mis en rouge italique) .....	21
Tableau 3 : Principaux paramètres physico-chimiques du fleuve Sinnamary en amont de la retenue (valeurs moyennes), en décembre 1992, deux ans avant la mise en eau du barrage, et en décembre 2004 (données HYDRECO ; Muresan 2006 et Dominique, 2006). L.D. : limite de détection. COP : Carbone organique particulaire, $FeD^{2+}$ : Fer dissous à l'état réduit.....	23
Tableau 4 : Dates remarquables de la production minière.....	25
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des techniques utilisées en fonction des exploitations et de l'époque (Thomassin 2008) .....	28
Tableau 6 : surfaces nouvellement déboisées au sein du Parc amazonien de Guyane (PAG, 2008).....	32
Tableau 7 : Linéaire travaillé et moyenne annuelle au cours du temps (source PAG, 2008).....	33
Tableau 8 : Quantités de mercure rejeté par bassin .....	35
Tableau 9 : Les dépôts de mercure sur les surfaces terrestres en Amazonie (extrait de Roulet et Grimaldi, 2001).....	52

## Liste des annexes

Annexe 1 Production d'or en Guyane de 1857 à 2007 .....	71
---	----

# 1. Introduction

Dans le cadre de la convention nationale de recherche et développement partagés ONEMA/BRGM, et suite à différentes réunions de travail, il est apparu comme indispensable d'élaborer une synthèse critique des connaissances sur les conséquences de l'orpaillage en Guyane française au préalable de tout montage de nouveau projet sur le sujet. Cette étude doit, en effet, permettre de situer la problématique de l'extraction aurifère et de ses conséquences potentielles sur l'environnement dans le cadre du développement durable de cette activité sur ce territoire.

Chaque écosystème est caractérisé par des paramètres biotiques et abiotiques. Les paramètres biotiques caractérisent l'ensemble des interactions entre les êtres vivants. Les paramètres abiotiques représentent l'ensemble des conditions physico-chimiques du milieu tels que la température, la luminosité, le pH, la concentration en matières en suspension (MES)... Une variation au niveau d'un de ces paramètres peut dès lors entraîner un déséquilibre de l'écosystème qui se répercute à différentes échelles.

Les perturbations du milieu peuvent entraîner un déséquilibre des écosystèmes pouvant aller jusqu'à une perte de biodiversité, se caractérisant par la perte de la continuité écologique, la perte de la fonctionnalité des écosystèmes.... La destruction potentielle de la qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau par l'exploitation de l'or alluvionnaire peut induire une réelle perte de fonctionnalité du milieu, qui se traduit par la destruction d'habitats, des zones de frayères... Si le maintien d'un débit minimum n'est pas respecté, la suppression du cours d'eau au profit d'un canal de dérivation va empêcher certaines espèces de circuler. Un rejet important de matières en suspension dans les cours d'eau va aussi entraîner un colmatage des sauts, une diminution de la luminosité de la colonne d'eau. L'ensemble de ces perturbations peut entraîner une perte de la biodiversité. Par ailleurs, la déforestation qui est fonction de l'importance de l'installation, va avoir tendance à supprimer des lieux de passages d'animaux, à isoler des territoires et à fragmenter le milieu, ce qui aura là aussi pour conséquence d'appauvrir la biodiversité ...

On aurait pu essayer de distinguer orpaillage légal et illégal, car il est clair que les impacts ne sont pas induits de la même façon. Cependant au final, ils seront relativement similaires vis-à-vis du milieu, de la faune et de la flore, la différence étant probablement dans leur magnitude. Par ailleurs, il reste difficile de faire la part des choses entre les deux, acteurs illégaux reprenant souvent des chantiers anciennement travaillés légalement et inversement, et enfin, pour des raisons évidentes de sécurité, l'observation et l'expérimentation sur ou à proximité de sites clandestins n'est généralement pas possible.

Cette synthèse est présentée en trois parties avec :

- (1) rappels sur la géologie, la production d'or, le fond géochimique en mercure et le réseau hydrographique de la Guyane ;
- (2) l'exploitation minière en Guyane ;
- (3) les impacts environnementaux classés suivants la qualité et la fiabilité des données recueillies.

Les deux premières sont courtes puisqu'il s'agit de rappels, tandis que la troisième constitue le cœur du sujet.

## 2. Rappels sur la géologie, l'or, le mercure et l'eau

### 2.1. LA GEOLOGIE DE LA GUYANE

Le craton guyanais s'étend sur plus de 1 500 000 km<sup>2</sup> du Nord-est du Brésil à la pointe orientale de la Colombie en passant par la Guyane, le Surinam, le Guyana et le Sud-est du Venezuela.

En Guyane française il est composé de roches volcano-sédimentaires du paléoprotérozoïque qui ont été métamorphosées dans les faciès des *roches vertes*<sup>1</sup> (schistes verts ou amphibolites) durant l'*orogénèse* Trans-Amazonienne il y a 2 milliards d'années. Cette orogénèse a vu également la mise en place des intrusions granitiques ainsi que le dépôt de roches détritiques résultant du démantèlement des nouveaux reliefs.

Les « ceintures » de roches vertes (Illustration 1) s'organisent en deux bandes parallèles globalement orientées Est-Ouest et séparées par un massif central granitique. Les principales unités géologiques constituant ces ceintures sont :

- le Paramaca inférieur, volcano-sédimentaire, composé de métavolcanites acides et basiques et de métapyroclastites (cendres, tufs, ponces et ignimbrites) ainsi que de quelques intercalations sédimentaires ;
- le Paramaca supérieur, formation « *flysch* », constitué de grès fins, *grauwackes*, *siltites* noires et pélites ;
- l'Ensemble Détritique Supérieur composé d'une alternance de faciès gréseux ou quartzitiques et de faciès conglomératiques. Ces dépôts discordants jalonnent le Sillon Nord Guyanais constitué de bassins allongés de type *pull-apart*.

L'essentiel du territoire est cependant constitué de roches *magmatiques*. Les ceintures de roches vertes sont recoupées par des intrusions de deux types :

- les intrusions de gabbros et diorites ;
- les intrusions de granite et granitoïdes.

---

<sup>1</sup> Voir au glossaire les définitions des mots en italique

## 2.2. RAPPELS SUR LES GISEMENTS ET LA PRODUCTION AURIFERE

### 2.2.1. Les gisements aurifères

D'un point de vue *métallogénique*, l'or a une affinité certaine avec le volcanisme. Elle se manifeste notamment au sein des ceintures de roches vertes de l'Archéen et du Protérozoïque (autour de 2 milliards d'années) dans les boucliers anciens. Un volcanisme « bimodal » associant roches vertes et volcanites feldspathiques constitue un contexte favorable à la préconcentration de l'or. On va alors le retrouver concentré dans trois types de gîtes : des amas de sulfures, des couches détritiques (résultant du démantèlement de roches préexistantes) ou encore au niveau de zones de fracturation et cisaillement. Les gisements économiques sont d'ailleurs la plupart du temps la combinaison de plusieurs gîtes. L'essentiel des indices aurifères se localise au contact des formations Paramaca - Ensemble Détritique Supérieur ou bien au contact Paramaca - intrusions granitiques.

D'un point de vue de spécialistes, Milési *et al.* (1995) ont distingué trois types de minéralisation dans les gîtes de Guyane :

- les minéralisations précoces liées aux strates de type « tourmalinite-hosted » dans les formations du Paramaca et dont le gîte de Dorlin est le meilleur exemple ;
- les minéralisations discordantes sous forme de filons ou stockwerks encaissés dans l'ensemble des ceintures vertes ;
- les conglomérats aurifères de l'Ensemble Détritique Supérieur du Sillon Nord Guyanais issus en partie de l'érosion des minéralisations filoniennes.

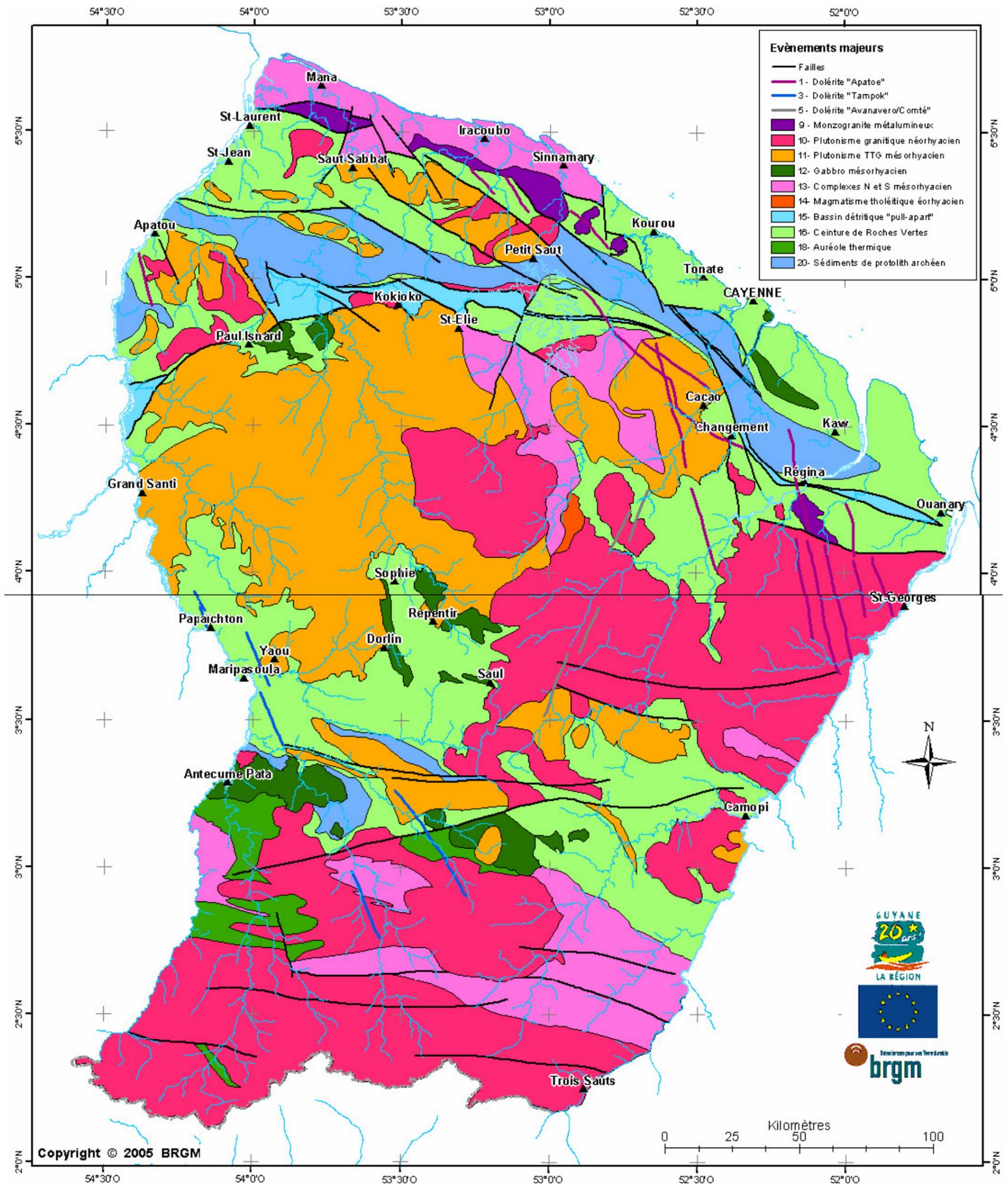


Illustration 1 : Carte géologique simplifiée de la Guyane (source BRGM). La production aurifère



Les informations collectées sur la production aurifère en Guyane proviennent essentiellement des rapports BRGM (1995) et Picot *et al.* (1993).

Les premiers gisements aurifères furent officiellement prospectés à partir de 1855 à la suite de la découverte en 1854 de quelques grammes d'or par un amérindien brésilien, Paoline, sur la crique Aïcoupaïe (affluent de l'Approuague). C'est l'expédition officielle d'août 1855 qui confirme la découverte de l'or sur cette zone et c'est en 1857 que la première compagnie minière « La Compagnie Aurifère et Agricole de l'Approuague » est créée. La production d'or est de 11 kg pour l'année 1857 (annexe 1). L'exploration et la découverte des placers s'effectuent jusqu'au début du 20<sup>e</sup> siècle sans que se produisent de ruées spectaculaires.

Des sociétés minières se créent alors et pendant 40 ans, la production va augmenter régulièrement (annexe 1). En 1880 apparaissent les premiers essais de mécanisation (voir paragraphe exploitation minière). La production d'or atteint son point haut (3 à 4 tonnes déclarées par an) de 1901 à 1916. Dès 1920, les gîtes les plus riches ont été écrémés et la production va décroître jusqu'à devenir quasi nulle en 1964-1965 (annexe 1).

Après le déclin des années 1930-1960, la recherche d'or est relancée par les campagnes de prospection et l'inventaire minier du BRGM, mais plus encore par l'augmentation des cours mondiaux de l'or (dans le courant des années 80). L'inventaire minier de la Guyane, de 1975 à 1995 préparé par une campagne de prospection aéromagnétique sur près de la moitié du territoire guyanais (46 000 km<sup>2</sup>) a permis de procéder au repérage des formations rocheuses favorables (« ceintures de roches vertes »). Cette campagne, suivie par une phase de prospection géochimique (120 000 échantillons prélevés), a permis de délimiter les zones dites « anomalies », présentant une probabilité accrue de découverte d'un gisement.

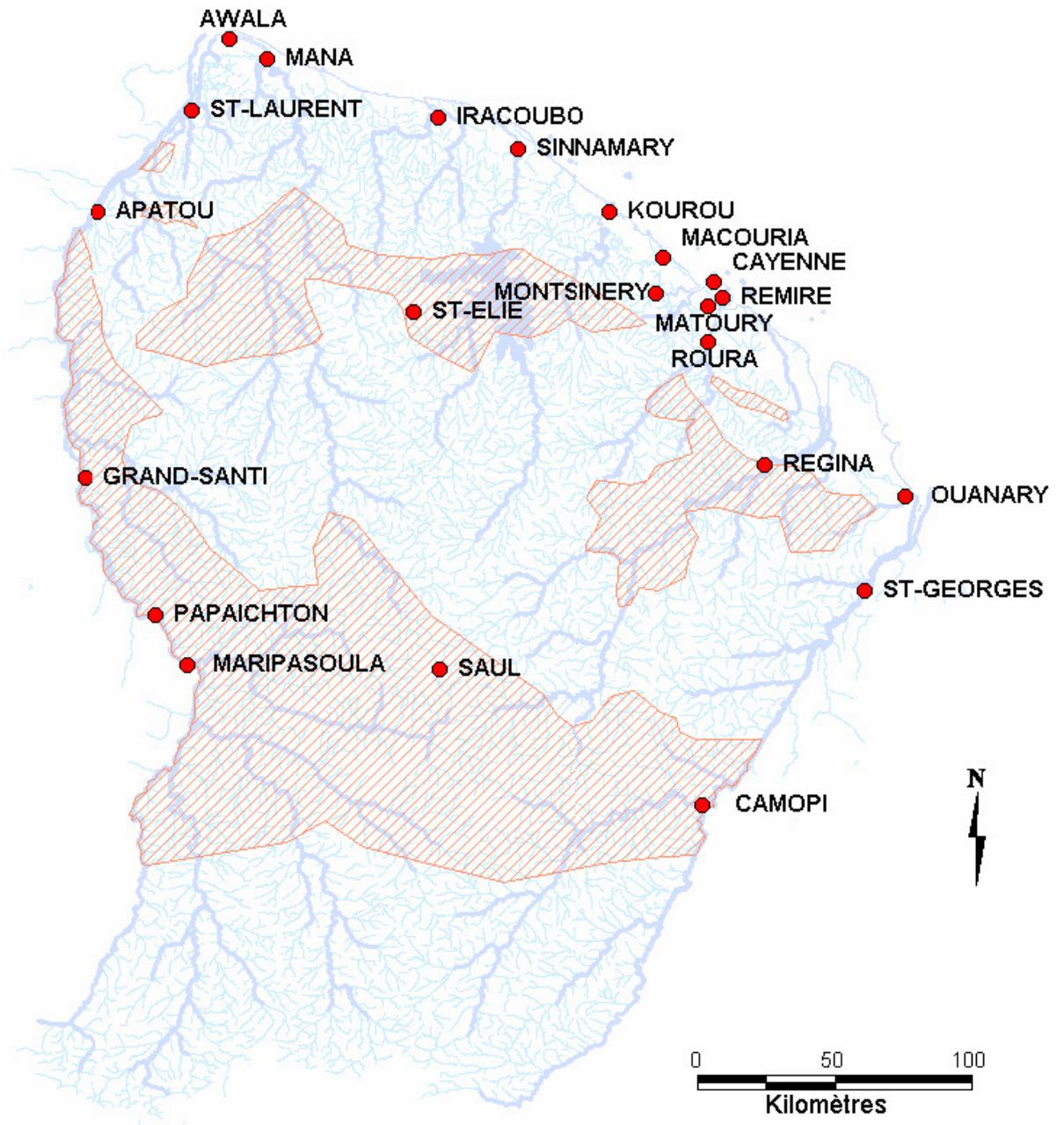
A partir des années 90, la production d'or retrouve alors son niveau du début du siècle, autour de 2 à 3 tonnes d'or déclarées par an. En 2007, la production légale cumulée exportée de Guyane est de 218 tonnes avec une production annuelle comprise entre 2 et 4 tonnes depuis 1992 (annexe 1).

Il n'existe pas d'estimation récente de la production d'or par bassins ; les seuls chiffres à notre disposition proviennent d'une étude du BRGM (Picot *et al.*, 1993) qui a permis d'estimer une production totale cumulée à fin 1992 de 202 tonnes d'or dans les principaux bassins de production guyanais (Tableau 1). Ce chiffre, calculé à partir de nombreuses sources de données et recoupements est probablement plus proche de la réalité que le chiffre officiel de la production déclarée (173 tonnes seulement). L'écart de 29 tonnes d'or, soit 17%, correspondrait à la production non déclarée.

<b>Bassins</b>	<b>Production d'or (kg)</b>	<b>Répartition par bassin (%)</b>
<b>Sinnamary</b>	27200	13,5
<b>Approuague</b>	28300	14,0
<b>Comté/Orapu</b>	18134	9,0
<b>Mana</b>	36600	18,1
<b>Iracoubo</b>	1000	0,5
<b>Kourou</b>	2000	1,0
<b>Oyapock</b>	12280	6,1
<b>Inini</b>	32000	15,8
<b>Maroni</b>	44700	22,1
<b>Total</b>	<b>202214</b>	100

Tableau 1 : Production d'or déclarée par principaux bassins en 1992 (Picot et al., 1993)

Weng *et al.* (2006) ont établi une carte de la superficie maximale susceptible de présenter de l'intérêt pour l'extraction aurifère (Illustration 2), en tenant compte des paramètres tels que les zones à fort potentiel aurifère, les sites à indices aurifères identifiés et les sites orpaillés (légaux et illégaux). L'ensemble couvre ainsi une surface totale de près de 29 000 km<sup>2</sup>.



*Illustration 2 : Superficie maximale susceptible d'être potentielle touchée par l'extraction aurifère (extrait du rapport BRGM/RP-54630-FR)*

## 2.3. LE FOND GEOCHIMIQUE EN MERCURE

### 2.3.1. Le mercure dans les sols

Le mercure est présent de façon naturelle dans les sols de Guyane, où il peut avoir deux origines non exhaustives (extraits de Grimaldi *et al.*, 2001) :

- l'accumulation résiduelle du mercure au cours du processus d'altération de la roche et de la formation du sol (cette accumulation est une caractéristique des oxysols ou sols ferrallitiques, formés en conditions climatiques chaudes et humides, pendant des périodes très longues) ;
- les apports atmosphériques naturels en mercure (dégazage de l'écorce terrestre et des océans) susceptibles d'être retenus par les constituants des sols, particulièrement des sols tropicaux riches en oxyhydroxydes métalliques.

Le stock de mercure peut cependant varier, d'un ordre de grandeur, dans des conditions identiques de la géologie et des apports atmosphériques, en fonction de la diversité pédologiques. Les oxysols sont les plus riches en raison de leur constitution (richesses en oxyhydroxydes métalliques) et de leur organisation (perméabilité élevée, conditions oxydantes), favorables à la rétention du mercure. A l'opposé, les sols hydromorphes sont pauvres en oxyhydroxydes ainsi qu'en argile et retiennent moins le mercure.

Dans ces différents milieux, les oxysols (qui couvrent une majorité du paysage) sont un des principaux réservoirs de mercure. Ce sont des sols profonds situés aux sommets des bassins versants, la roche mère se trouvant à 20 ou 30 m de profondeur. La teneur en mercure des oxysols peut atteindre 500 mg/t (milligramme par tonne) en surface. La profondeur sur laquelle est présent le mercure témoigne d'une accumulation très ancienne (liée aux précipitations atmosphériques et à l'âge de ces sols, de plusieurs millions d'années). A l'opposé, les sols hydromorphes situés en fonds de vallons, ont des teneurs beaucoup plus faibles comprises entre 20 et 50 mg/t.

Peretyazhko *et al.* (2006) ont étudié deux sols (un oxysol et un sol hydromorphe) près de la rivière Leblond dont les teneurs sont respectivement de 236 ( $\pm$  107) et 80 ( $\pm$  40) mg/t.

Guedron *et al.* (2006) ont mesuré des teneurs similaires dans des sols prélevés dans une même séquence topographique sur la rivière Leblond dans une zone non affectée par l'orpaillage. Les teneurs les plus élevées ont été mesurées dans la partie supérieure du profil (on passe de 500 à 100 mg/t du sommet au bas-fond).

Dans une zone non impactée par l'orpaillage, Roulet et Lucotte (1995) ont mesuré dans des sols ferrallitiques des teneurs en mercure de 189 ( $\pm$  16) mg/t et dans des sols hydromorphes des teneurs en mercure comprises entre 50 et 90 mg/t.

Richard *et al.* (2000) ont étudié, en outre, les niveaux de contamination des sols dans le bassin du Sinnamary. Les teneurs dans les sols latéritiques sont de 100 ( $\pm$  50) mg/t

et de 320 ( $\pm 180$ ) mg/t dans les sols argileux de forêt. D'après les auteurs, l'hétérogénéité des résultats ne permet pas d'exclure une contamination par l'orpaillage.

Ces teneurs en mercure dans les sols sont comparables à celles mesurées dans les mêmes types de sols au Brésil : de 90 à 210 mg/t dans la vallée de la rivière Tapajos (Roulet *et al.*, 1996), de 80 à 120 mg/t dans la vallée de la rivière Tocantins (Aula *et al.*, 1994), de 50 à 170 mg/t dans la vallée de la rivière Negro (Zeidemann and Forsberg, 1996), et de 232 à 439 mg/t dans la vallée de la rivière Madeira (Lechler *et al.*, 1997).

### 2.3.2. Le mercure dans les sédiments

Lors de campagnes d'échantillonnage entre 2005 et 2006 sur l'ensemble du territoire de la Guyane, 1211 échantillons de sédiments ont été prélevés le long des principaux cours d'eau et de leurs affluents (Laperche *et al.*, 2007). Cette étude a notamment permis d'estimer le fond géochimique en mercure des sédiments dans les zones non orpaillées.

#### a) Données sur l'ensemble de la Guyane

La teneur moyenne en mercure a été calculée à partir des analyses faites sur 80 échantillons de sédiments de type vase (au sens large) collectés en amont du Maroni (Litani) et sur le haut Oyapock ; le fond géochimique en Hg a ainsi été estimé à 100 ( $\pm 50$ ) mg/t (Laperche *et al.*, 2007). Si l'ensemble des données historiques, de l'inventaire minier et des données actuelles (DRIRE, ONF...) permet de dire que la zone du haut Oyapock n'a pas été orpaillée, il n'en est peut être pas de même pour la Litani car il y a trop d'incertitudes du côté du Surinam (en particulier au niveau de la crique Oulémali qui est orpaillée). Celui-ci a donc été estimé à partir des teneurs mesurées sur 51 échantillons collectés sur le haut Oyapock en amont de la crique Yaloupi (au sud du village d'Oscar). Ainsi, la teneur moyenne en Hg des sédiments (majoritairement de type vase) est de 100 ( $\pm 30$ ) mg/t. En enlevant, 6 des 51 échantillons décrits comme des vases sableuses, la moyenne calculée sur 46 échantillons de vases est de 101 ( $\pm 29$ ) mg/t ; il semble donc que des teneurs en Hg inférieures à 130 mg/t se rencontrent naturellement dans les sédiments des cours d'eau guyanais.

Cette valeur est compatible avec les déterminations de fond géochimique de Roulet *et al.* (2000) et Charlet *et al.* (2003) qui ont trouvé respectivement des valeurs comprises entre 10 et 160 mg/t en Amazonie et entre 74 et 153 mg/t en amont de la Litani en Guyane (concentration moyenne de  $109 \pm 30$  mg/t). Ces derniers ont aussi montré que les sédiments dans la zone non orpaillée présentaient une remarquable homogénéité avec la profondeur ( $151 \pm 10$  mg/t ; 12 prélèvements sur 50 cm de profil) ; homogénéité qui ne se retrouve pas dans les zones orpaillées.

## ***b) Données par fleuve***

Pour des raisons de logistique, l'échantillonnage des sédiments le long des cours d'eau principaux et de leurs affluents a été découpé en 12 secteurs (4 pour le Maroni, 2 pour la Mana, 1 pour la Comté-Orapu, 2 pour l'Approuague et 3 pour l'Oyapock).

Le fond géochimique déterminé précédemment peut varier en fonction du type de vases prélevées et de la géologie des zones dans chacun des secteurs. Il n'a pas été possible de calculer un fond géochimique pour une crique particulière non orpaillée par secteur à cause d'une trop faible représentativité (3 échantillons prélevés sur certaines criques seulement). Le fond géochimique a donc été calculé sur l'ensemble des échantillons prélevés dans les criques non orpaillées pour chaque secteur (Tableau 2), en notant toutefois que la question de la représentativité de l'échantillonnage reste d'actualité dans les secteurs de MAR1 et MAN2 (3 et 4 échantillons seulement).

Malgré une variabilité importante sur certains secteurs comme la Mana (MAN1), on peut distinguer d'une part les secteurs de la bande littorale (sauf APP1) avec des valeurs médianes inférieures aux 100 mg/t et, d'autre part, tous les autres avec des valeurs supérieures à 100 mg/t.

Même s'il est possible d'estimer un fond géochimique inférieur à 150 mg/t, cela n'exclut pas de rencontrer de plus fortes valeurs dans des zones non orpaillées et où aucun signe d'orpaillage n'a pu être détecté. Ainsi par exemple, dans le secteur de la MAN1, des teneurs comprises entre 300 et 760 mg/t ont été mesurées localement dans des sédiments prélevés dans des eaux claires mais très riches en matière organique. Malgré le rôle important de la matière organique, une telle teneur (760 mg/t) en mercure ne se retrouve généralement pas dans les zones non orpaillées, et il est donc difficile d'exclure complètement la probabilité d'une pollution ponctuelle localisée (par un rejet de mercure, lors d'une recherche d'indice aurifère par exemple).

	<b>COM1</b>	<b>APP1</b>	<b>APP2</b>	<b>MAN1</b>	<b>MAN2</b>	<b>MAR1</b>
Minimum	<i>31</i>	<i>58</i>	77	<i>36</i>	61	30
1 <sup>er</sup> Quartile	<i>50</i>	<i>78</i>	110	<i>67</i>	100	65
<b>Médiane</b>	<b><i>74</i></b>	<b><i>109</i></b>	<b>121</b>	<b><i>91</i></b>	<b>120</b>	<b>99</b>
3 <sup>eme</sup> Quartile	<i>106</i>	<i>169</i>	147	<i>143</i>	128	110
Maximum	<i>160</i>	<i>240</i>	283	<i>337</i>	132	120
<b>Moyenne</b>	<b><i>82</i></b>	<b><i>125</i></b>	<b>132</b>	<b><i>108</i></b>	<b>108</b>	<b>83</b>
Ecart-type	<i>39</i>	<i>59</i>	42	<i>56</i>	33	47
N	<i>17</i>	<i>13</i>	<b>24</b>	<b><i>43</i></b>	<b>4</b>	<b>3</b>
	<b>MAR2</b>	<b>MAR3</b>	<b>MAR4</b>	<b>OYA1</b>	<b>OYA2</b>	<b>OYA3</b>
Minimum	19	36	100	<i>29</i>	38	41
1 <sup>er</sup> Quartile	77	71	112	<i>48</i>	66	99
<b>Médiane</b>	<b>111</b>	<b>108</b>	<b>141</b>	<b><i>74</i></b>	<b>125</b>	<b>123</b>
3 <sup>eme</sup> Quartile	131	138	160	<i>86</i>	139	146
Maximum	378	171	180	<i>146</i>	147	298
<b>Moyenne</b>	<b>116</b>	<b>105</b>	<b>137</b>	<b><i>72</i></b>	<b>106</b>	<b>128</b>
Ecart-type	70	43	29	<i>33</i>	42	48
N	34	16	11	<i>17</i>	9	39

Tableau 2 : Statistiques élémentaires des teneurs en mercure (mg/t) pour les échantillons prélevés dans les criques non orpaillées, N : nombre d'échantillons par secteur (les secteurs de la bande littorale ont été mis en rouge italique)

## 2.4. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE EN GUYANE

### 2.4.1. La turbidité et la « composition » de l'eau en Guyane

Il n'existe pas d'étude systématique de la turbidité (mesure non spécifique de la concentration des solides en suspension) de l'ensemble des eaux des rivières de Guyane. L'étude la plus complète est celle de l'IRD (2001). Les autres données de turbidité concernent principalement les estuaires du Mahury et du Maroni (Jouanneau et Pujos, 1987 ; 1988), le fleuve Approuague ainsi que certains de ses affluents (HYDRECO, 2005 ; Laperche *et al.*, 2007) et la retenue de Petit Saut sur le Sinnamary (Richard, 1996).

D'une manière générale, la corrélation entre la turbidité et la teneur en MES (Matières En Suspension) peut être tout à fait satisfaisante pour une région donnée, sous certaines conditions. Pour obtenir une relation cohérente entre la turbidité et les matières en suspension, il faut se référer à un même milieu d'une part, et d'autre part, s'assurer que toutes les mesures de turbidité aient été faites avec le même appareil, calibré avec les mêmes étalons.

L'étude de l'IRD (2001) concerne les relevés de 17 stations réparties sur plusieurs bassins versants (7 stations sur Maroni, 3 sur le Sinnamary, 1 sur la Malmanoury, 1 sur la Karouabo, 2 sur la Comté et 3 sur l'Oyapock). Deux relevés ont été faits par station, l'un en saison sèche et l'autre en saison des pluies. La turbidité et les matières en

suspension (MES) sont généralement faibles, respectivement de l'ordre de 10 à 30 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) et de 5 à 15 mg / litre.

L'étude de Richard (1996) sur la mise en eau du barrage de Petit Saut sur le Sinnamary indique en moyenne une turbidité de 18,0 ( $\pm 7,2$ ) NTU et un taux de MES de 11,6 ( $\pm 5,3$ ) mg/l.

Récemment, plus de 500 mesures de turbidité ont été réalisées sur 40 km du fleuve Approuague et sur certains de ses affluents (HYDRECO, 2005). Cette étude montre la bonne corrélation entre la turbidité et le taux de MES. Cette étude a permis d'estimer un bruit de fond de la turbidité de 20 à 25 NTU. Il est intéressant de noter qu'en amont de la confluence Arataï - Approuague, la turbidité mesurée dans le fleuve est déjà de 32 NTU, ce qui tendrait à montrer que le fleuve a déjà subi une perturbation imputable aux lessivages des sols lors de la saison des pluies mais cette hypothèse reste à confirmer. Laperche *et al.* (2007) ont travaillé sur une section du fleuve plus amont que celle de l'étude HYDRECO (2005) et les mesures de turbidité des criques non orpaillées (zone de gneiss) sont en moyenne de 8 NTU. Les eaux claires du fleuve Approuague entre la crique Calebasse et la crique Couata (orpaillée) ont aussi une turbidité de 8 NTU.

Les études de Jouanneau et Pujos (1987) sur l'estuaire du Mahury montrent que les boues sédimentées proviennent principalement du bassin de l'Amazone, expliquant la forte turbidité des eaux de l'estuaire (teneurs en MES : ~200 à 800 mg/l). En amont de Roura et jusqu'à la confluence Comté - Orapu, la turbidité des eaux chute fortement, avec seulement 5 mg/l de MES environ ; cette zone n'est donc ni sous l'influence de la marée ni sous celle de l'orpaillage. Cette valeur est également proche de celle trouvée dans la partie amont du fleuve Approuague.

Jouanneau et Pujos (1988) ont observé le même phénomène sur le Maroni. Dans la zone de l'estuaire (de l'île Portal à la pointe Panato), la turbidité élevée (jusqu'à 900 mg/l de MES, suivant les saisons) est due à l'influence de l'Amazone. En amont de l'île Portal et jusqu'à Apatou, les teneurs moyennes en matières en suspension ne sont plus que de l'ordre de 10 mg/l.

Ainsi toute la côte de la Guyane et les estuaires des différents fleuves semblent impactés par les sédiments en provenance du bassin de l'Amazone.

Il n'existe que peu de données sur la qualité des eaux en Guyane. Les études les plus complètes concernent le Sinnamary. L'analyse comparative des paramètres physico-chimiques mesurés en décembre 2004 (Muresan, 2006 ; Dominique, 2006), lors de la campagne d'échantillonnage menée sur le Sinnamary amont, avec ceux correspondant à la fin de l'année 1992, soit deux ans avant la mise en eau de la retenue, ne met pas en évidence de différences significatives (Tableau 3).

	T °C	pH	Cond μS cm <sup>-1</sup>	O <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup>	O <sub>2</sub> %	Turb. NTU	COP mg L <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μmol L <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μmol L <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> μmol L <sup>-1</sup>	FeD <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>
Décembre 1992	25,1	6,1	22,9	6,9	83,3	12,9	569	< L.D	21,8	0,6	0,8
Décembre 2004	22,5	5,8	21,1	7,1	90,6	11,2	650	< L.D	11,7	0,5	0,8

Tableau 3 : Principaux paramètres physico-chimiques du fleuve Sinnamary en amont de la retenue (valeurs moyennes), en décembre 1992, deux ans avant la mise en eau du barrage, et en décembre 2004 (données HYDRECO ; Muresan 2006 et Dominique, 2006). L.D. : limite de détection. COP : Carbone organique particulaire, FeD<sup>2+</sup> : Fer dissous à l'état réduit

En décembre 2004, les eaux sont caractérisées par une température moyenne de 22 °C. Peu minéralisées (conductivité électrique de 21 μS cm<sup>-1</sup>), elles présentent un pH légèrement acide (5,8). La concentration en oxygène dissous fluctue entre 6,8 et 8,2 mg/l (les valeurs maximales étant mesurées à la sortie des sauts).

Négrel et Lachassagne (2000) ont échantillonné le Maroni jusqu'à Antecumpata, sur environ 250 km. Les eaux (une vingtaine d'échantillons) sont peu minéralisées (conductivité de 25,9 μS cm<sup>-1</sup>) mais présentent un pH plus élevé que celles du Sinnamary, et proche de la neutralité (6,9).

A partir des relevés de 17 stations de mesure en rivière, répartis sur l'ensemble du territoire guyanais, une synthèse de l'IRD (2001) détermine que les eaux présentent un faciès chimique typique de celui des eaux issues des régions forestières amazoniennes. Ces données sont comparables à celles des études précédentes : les eaux sont faiblement minéralisées (conductivité inférieure à 50 μS cm<sup>-1</sup>) et le pH est compris entre 5,1 et 6,5.

Ces quelques données mettent en évidence qu'en dehors des zones orpaillées, les eaux sont peu minéralisées (conductivité faible) et faiblement turbides (entre 10 et 25 NTU).

#### 2.4.2. Le mercure dans l'eau

Les quantités de mercure présentes dans les eaux sont très faibles (très inférieures à la norme de potabilité de l'eau de 1 μg/l) et ne présentent aucun risque en cas de consommation directe ou pour la baignade. De plus, 99 % du mercure présent dans l'eau l'est sous forme inorganique (Boudou *et al.*, 2006a), forme peu biodisponible pour les organismes aquatiques.



### 3. Exploitation minière

En fonction des époques, différentes méthodes de travail ou d'exploitation ont été mises en œuvre. Il en est de même pour les équipements de récupération de l'or après excavation des matériaux.

Quelques dates intéressantes sont reprises dans le Tableau 4.

<b>Dates</b>	<b>Désignation</b>
1854	Découverte de l'or en Guyane
1856	Octroi des permis d'exploitation
	Utilisation des « <i>longtom</i> »
1880	Début de la mécanisation des exploitations
1890	Début des dragues à godets
1896	Début du « <i>monitoring- lance monitor</i> »
	Début de la grosse mécanisation
1956	Fin de l'exploitation par dragueline, sur l'exploitation de la compagnie minière Boulanger
1996	Interdiction d'utiliser les dragues à succion
2006	Interdiction d'utiliser le mercure pour l'amalgamation

*Tableau 4 : Dates remarquables de la production minière*

Les exploitations aurifères sont classées en exploitations alluvionnaires (travail directement dans les lits des criques et des fleuves, soit dans les *alluvions* de fond de vallée, soit dans les *colluvions* de versant) et en exploitations primaires (travail dans des filons plus ou moins indurés, plus ou moins altérés mais en place).

Majoritairement, ce sont les exploitations alluvionnaires qui ont produit l'or de Guyane.

### **3.1. L'EXPLOITATION DES GISEMENTS ALLUVIONNAIRES ET COLLUVIONNAIRES (OU « PLACERS »)**

En alluvionnaire, les matériaux sont excavés après détournement des cours d'eau (voir détails, Thomassin, 2008) :

- à la pelle manuelle avant la mécanisation ;
- par abattage hydraulique (monitoring) ;
- par excavation à la pelle mécanique ;
- ou par excavation à la drague (drague à godets, dragueline, drague à suction).

### **3.2. L'EXPLOITATION DES GISEMENTS PRIMAIRES**

Avant 1990, l'exploitation des gisements primaires filoniens était marginale par manque de connaissance (1 à 3 sites connus seulement). Ils étaient localisés dans la zone de Saint Elie. La méthode d'exploitation utilisée à l'époque pour récupérer le minerai, consistait à abattre la roche plus ou moins dure ou à foncer des galeries qui suivaient le filon. Le matériau était broyé dans de petits broyeurs à boulets (concassage-broyage). Les capacités de ces micro-usines variaient de 0,5 à 5 t/heure de minerai traité.

Dans les années 1990, après la mise à disposition des travaux de recherches minières effectuées par le BRGM au titre de l'inventaire minier de la Guyane, des sociétés ont investi dans des installations d'excavation et de traitement de minerais de capacité allant de 10 à 75 t/h de minerai plus ou moins induré avec des procédés plus modernes de récupération de l'or (voir détails, Thomassin 2008).

### **3.3. LES OUTILS DANS LA RECUPERATION DE L'OR**

La récupération de l'or à partir des matériaux excavés est principalement réalisée par l'utilisation du *sluice* comme concentrateur primaire, puis par l'usage du mercure comme concentrateur secondaire.

D'autres équipements sont aussi utilisés, telle la bâtée pour affiner la concentration des minéraux, le « *jig* » en sortie de classification granulométrique, le *concentrateur centrifuge* qui est principalement utilisé dans les exploitations primaires ou encore les différentes « *tables à secousses* » qui sont aussi des outils de finition (Thomassin 2008).

### 3.4. L'UTILISATION DU MERCURE

Le mercure a été classiquement utilisé pour récupérer l'or des concentrés lourds obtenus à partir du tri du minerai (sluices, concentrateur centrifuge...), puisqu'il forme avec l'or un amalgame. Une fois l'amalgame obtenu, nettoyé et « ressuyé » de son mercure excédentaire, il est distillé afin d'en éliminer les traces de mercure résiduelles. Après distillation, on obtient une éponge (terme mondial) ou cassave (terme local) qui est ensuite fondue pour fournir un lingot de première fusion (le Doré) qui est déclaré en douane et vendu. L'or de Guyane titre environ 94 à 98% en or fin.

L'utilisation du mercure dans l'exploitation de l'or est interdite depuis le 1er janvier 2006 par l'arrêté préfectoral n°1232/SG du 08 juin 2004.

Si les exploitants légaux (officiellement déclarés en 2006) n'utilisent plus le mercure dans leurs installations, il n'en reste pas moins que les illégaux et les clandestins l'utilisent. Il en est de même pour l'utilisation des dragues à succion sur le fleuve frontalier Maroni où les dragues étrangères, amarrées hors de France, qui exploitent les rivières en bordure du département de la Guyane.

### 3.5. SYNTHÈSE DES TECHNIQUES D'EXPLOITATION DE L'OR

Le Tableau 5 regroupe toutes les techniques utilisées depuis la découverte de l'or en Guyane jusqu'à nos jours en tenant compte des différents types d'exploitations et des époques.

<i>Désignation des méthodes de travail</i>		<i>époques de mise en œuvre des procédés</i>			
<b>alluvionnaire/colluvionnaire</b>					
manuel	batée	1850	2007		
	sousmarin/Hg	1860	1990		
	longtom/ <b>boite-Hg</b>	1860	1990		
	longtom/ <b>clean-up/Hg</b>	1860	1990		
mécanisé	continu	<b>dragueline</b> (mono godet)/trommel/sluisse/ <b>clean-up/Hg</b>	1940	1956	
		<b>dragueline</b> (mono godet)/trommel/sluisse/ <b>BoiteàHg</b>	1940	1955	
		<b>drague à godets</b> (multi-godets)/trommel/sluisse/ <b>BoiteàHg</b>	1890	1920	
		<b>drague à godets</b> (multi-godets)/trommel/sluisse/ <b>clean-up/Hg</b>	1890	1920	
		<b>abattage monitor/pompe/sluisse-longtom-sousmarin/BoiteàHg</b>	1896	1955	
		<b>abattage monitor/pompe/sluisse-longtom-sousmarin/clean-up/Hg</b>	1896	1955	
		<b>dragues suceuses/sluisse/clean-up/Hg</b>	1975	1996	
	séquentiel	<i>utilisation de la pelle mécanique quasi systématique, à compter de 1995</i>			
		<b>baranque lance monitor/pompe/sluisse/BoiteàHg</b>	1995	2005	
		<b>baranque lance monitor/pompe/sluisse/clean-up/Hg</b>	1995	2005	
		<b>baranque/pelle/grille/sluisse/BoiteàHg</b>	1995	2005	
		<b>baranque/pelle/grille/sluisse/clean-up/Hg</b>	1995	2005	
		<b>arrêt de l'utilisation du mercure</b>	<b>baranque lance monitor/pompe/sluisse/clean-up/TableàSecousses</b>	2006	2007
	<b>baranque/pelle/grille/sluisse/clean-up/TableàSecousses</b>	2006	2007		

<b>primaire/éluvionnaire</b>			
manuel	longtom/ <b>boite-Hg</b>	1860	1990
	longtom/ <b>clean-up/Hg</b>	1860	1990
mécanisé	lance monitor/sluisse/ <b>boite-Hg</b>	1896	2005
	lance monitor/sluisse-jig/ <b>clean-up/Hg</b>	1896	2005
	concassage/broyage/sluisse/ <b>boite-Hg</b>	1896	2005
	concassage/broyage/sluisse/ <b>clean-up/Hg</b>	1896	2005
	concassage/broyage/CC/ <b>Hg</b>	2000	2005
<b>arrêt de l'utilisation du mercure</b>	concassage/broyage/sluisse/tablage	2006	actuel
	concassage/broyage/CC/tablage	2006	actuel

*Tableau 5 : Tableau récapitulatif des techniques utilisées en fonction des exploitations et de l'époque (Thomassin 2008)*

Actuellement, tous les sites d'exploitation de minerais primaires excavent les minerais avec des pelles hydrauliques. La récupération de l'or s'effectue dans des concentrateurs centrifuges après les étapes de concassage – broyage.

Les exploitations alluvionnaires extraient les sables et terres à l'aide de systèmes pompes à pulpe-sluiques ou de pelles hydrauliques-grilles-sluiques.

Tous les concentrés obtenus sur les sluiques ou les concentrateurs centrifuges sont traités sur des tables à secousses avec finition à la batée avant le cycle de fusion pour produire les lingots de doré.

## 4. Impacts environnementaux

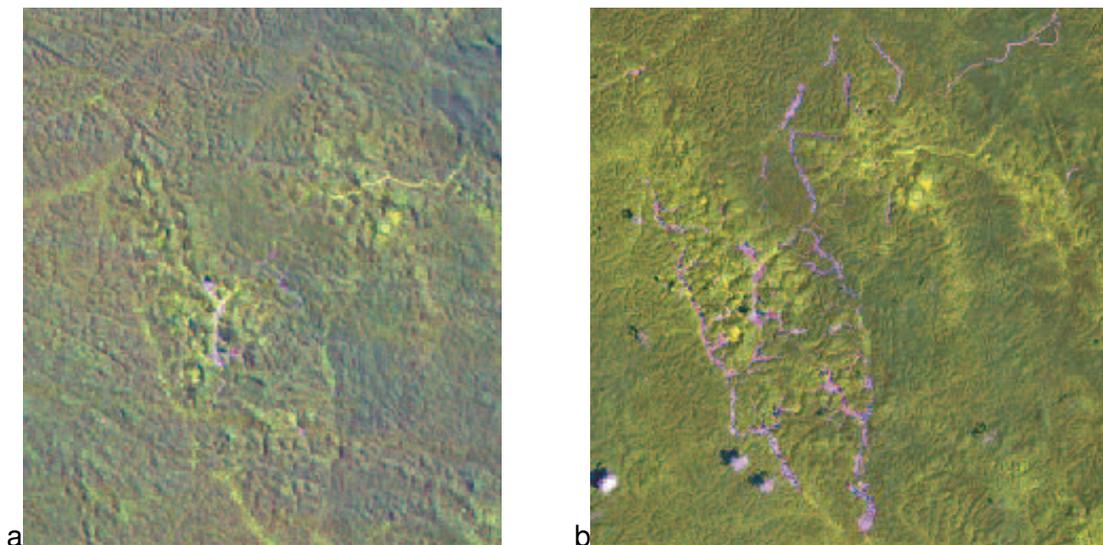
### 4.1. LES IMPACTS QUANTIFIES

#### 4.1.1. La déforestation

##### *Evaluation des surfaces impactées par l'activité minière*

La déforestation constitue un des impacts les plus visibles de l'activité d'extraction aurifère. Des relevés de terrain effectués depuis le début des années 90 croisés avec des données issues de l'exploitation d'images satellites ont permis à l'ONF d'évaluer les superficies déboisées et travaillées en extraction alluvionnaire.

La méthode de télédétection mise au point par le CIRAD à partir de données SPOT (Gond et Brognoli, 2005) permet de repérer les trouées dans la canopée en se basant sur les différences de réponse entre les sites orpaillés caractérisés par un sol mis à nu et la végétation environnante. En effet, la combinaison des néocanaux NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) et NDWI (Normalized Difference Water Index) avec la bande spectrale moyen infrarouge permet de dégager un fort contraste dans les objets recherchés. Ceux-ci, après seuillage pour être isolés (Illustration 3), peuvent alors être vectorisés et insérés dans un SIG afin d'évaluer l'extension spatiale des sites et leur localisation.



*Illustration 3 : Développement de l'orpaillage sur la commune de Saint-Élie : images Landsat 5, en 1990 (a) et 2001 (b). Les zones orpaillées apparaissent en rose-fushia. © Usgs, 1990 et 2001*

Après traitement, croisement et vérification avec les données de terrain, l'ONF a estimé que les surfaces concernées par la déforestation liée à l'activité minière étaient passées – en valeurs cumulées - de 200 ha en 1990, à 4000 ha en 2000 (Illustration 4), pour atteindre 11 500 ha à la fin de l'année 2005 (Illustration 5).

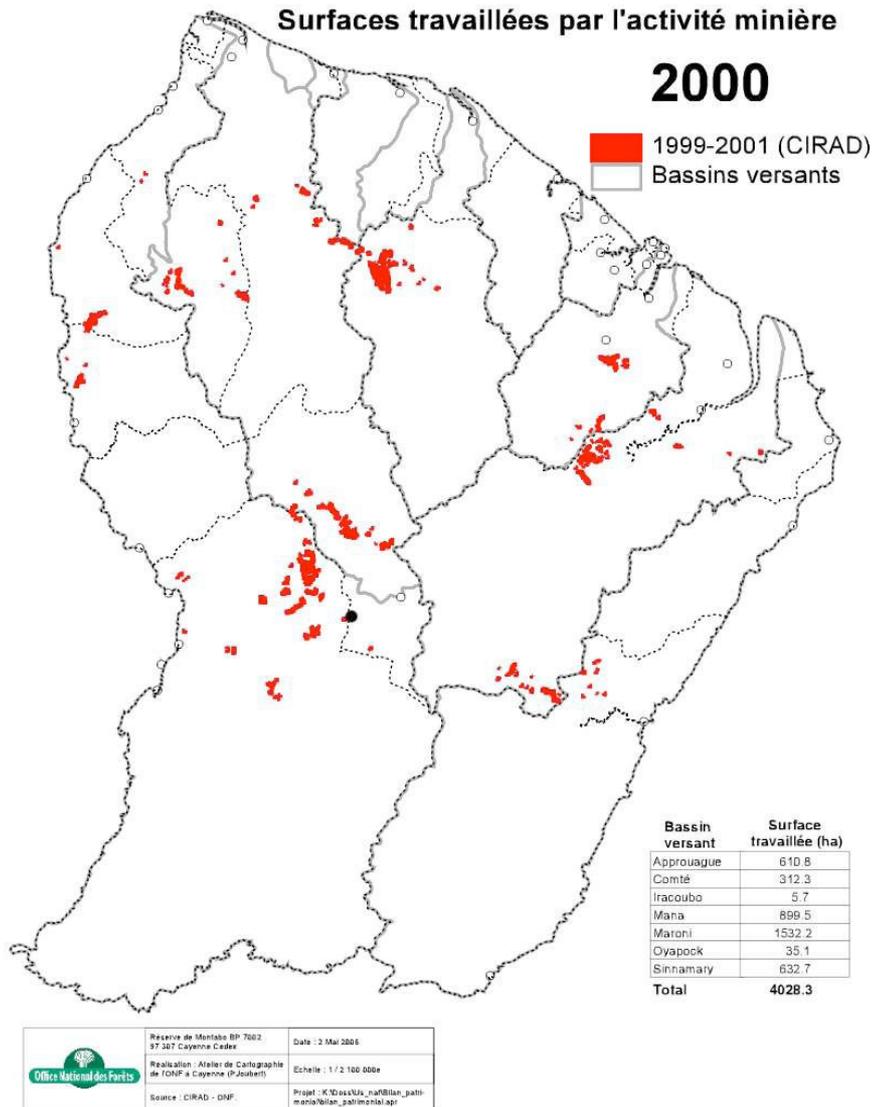


Illustration 4 : Surfaces travaillées par l'activité minière en 2000

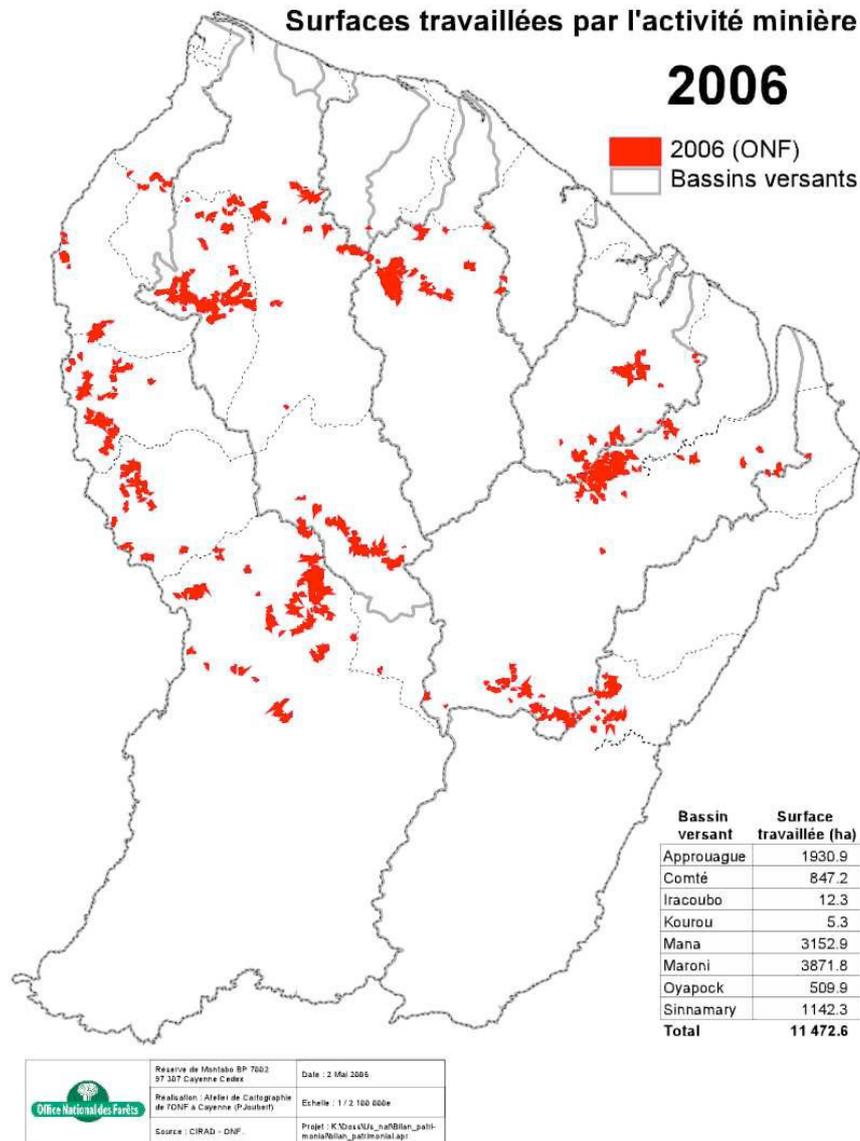


Illustration 5 : Surfaces travaillées par l'activité minière en 2006

Des données plus récentes, obtenues par la même méthode mais traitant uniquement de l'orpaillage illégal, sont disponibles dans le périmètre du Parc Amazonien de Guyane. Celles-ci font état d'une augmentation annuelle régulière des surfaces déboisées évaluées à 64 ha en 1995 et 342 ha au 30 septembre 2008 (source PAG, décembre 2008). En évolution cumulée, les chiffres suivent une courbe exponentielle portant la surface cumulée déboisée à 3273 ha en septembre 2008 (Tableau 6). Les impacts ont doublé en 2004 et 2008 et selon le PAG, l'activité en 2008 devrait être au moins au niveau de celle de 2007.

	Surface déboisée sur la période	Moyenne annuelle déboisée	Surface déboisée cumulée
1990			ε
1991-2000	884	90	895
2001-2004	903	225	1798
2005-2006	681	340	2480
2007-2008	794	450	3273

Tableau 6 : surfaces nouvellement déboisées au sein du Parc amazonien de Guyane (PAG, 2008)

Il est à noter que l'ensemble de ces valeurs est légèrement sous estimé. En effet, la méthode de télédétection utilisée ne permet pas d'identifier les sites d'extraction primaires sous couvert forestier. Et les illégaux, connaissant maintenant les techniques utilisées par les forces de sécurité pour les repérer, ont tendance à ne plus déforester et à disperser au maximum leurs installations pour les rendre les plus discrètes possibles. Les vérifications effectuées sur le terrain, la plupart du temps en hélicoptère, permettent toutefois de compenser relativement cette lacune. Par ailleurs, les chiffres correspondant aux surfaces nouvellement déboisées, les zones déforestées retravaillées ne sont par conséquent pas prises en compte.

### **Impacts générés par la déforestation**

La déforestation est elle-même à l'origine d'autres impacts connus mais souvent peu étudiés. Le cabinet Phytotrop (2004) cite notamment la disparition de la faune, de la flore, une dérégulation des cours d'eau à proximité des sites exploités provoquant une érosion des sols et donc une augmentation de la turbidité des eaux de surface. Il est également évoqué une augmentation de la température des cours d'eau, normalement régulée par la canopée. Certains de ses impacts sont abordés dans les paragraphes 4.2 et 4.3.

Plus précisément, les effets hydrologiques de la déforestation en Guyane ont été étudiés dans les années 80 dans le cadre du Programme ECEREX, "Etude de l'écosystème forestier naturel et de son évolution sous l'effet des transformations" (Fristch, 1993). Bien que non concentrée sur la déforestation liée à l'activité minière proprement dite, l'étude permet d'estimer quantitativement l'impact du phénomène.

Dix petits bassins versants entièrement recouverts par la forêt primaire ont fait l'objet d'un suivi hydrologique pendant 2 ans, puis sept bassins ont été défrichés mécaniquement selon divers protocoles. L'étude a montré que l'année du défrichement, les écoulements ont augmenté de +66 % à +200 %, et les débits de pointe de + 17 % à + 166 %, selon les bassins versants et les méthodes d'estimation. Si ces résultats doivent être nuancés par l'extrême hétérogénéité du milieu naturel hydrologique à mettre en relation avec la pédologie, ils montrent toutefois que la suppression du couvert forestier impacte les ruissellements de manière significative, et donc l'érosion des sols.

#### 4.1.2. La destruction et/ou l'altération des linéaires de cours d'eau

##### **Le Parc Amazonien de Guyane**

Dans ces travaux (décembre 2008), le Parc Amazonien de Guyane (PAG) distingue deux types d'impacts concernant les linéaires des cours d'eau.

- **Les impacts sur le linéaire au lieu de l'exploitation**

A l'aplomb des sites d'extraction alluvionnaires, il y a généralement destruction du lit mineur et déforestation totale, y compris des berges. Il peut également y avoir dérivation du cours d'eau et création d'un canal.

- **Les impacts sur les linéaires en aval des sites d'exploitation**

Il s'agit des linéaires situés à l'aval des sites d'extraction cités ci-dessus dans le même réseau hydrologique.

Ces portions de cours d'eau sont le réceptacle des polluants potentiels des sites (MES, méthylmercure, hydrocarbures...). Dans la mesure où ces impacts sont encore mal connus, notamment quant à leur degré de pollution du milieu en fonction de la distance à la source et la capacité du milieu à les « absorber », il a été décidé de considérer, en première approche, la totalité des linéaires situés en aval des sites d'extraction.

Ainsi, au 30 septembre 1998, sur le territoire du Parc Amazonien de Guyane, le cumul historique des impacts sur les cours d'eau représente un total de 405 km de linéaires directement impactés (sur les sites eux-mêmes) et un total de 1330 km indirectement impactés (à l'aval des sites d'extraction).

Le PAG a tenté d'estimer un kilométrage annuel travaillé concernant les 405 km de linéaires situés sur les sites d'exploitation, en gardant à l'esprit que certaines portions peuvent être travaillées sur plusieurs années (Tableau 7). Il apparaît que le rythme de travail s'est accéléré, puisqu'on est passé d'une moyenne de 9 km pour toute la période 1991-2000 à une moyenne de 60 km sur 2005-2006.

	Linéaire impacté sur la période	Moyenne annuelle
1991-2000	92 km	9 km
2001-2004	113 km	28 km
2005-2006	121 km	60 km
2007-2008	96 km	48 km

Tableau 7 : Linéaire travaillé et moyenne annuelle au cours du temps (source PAG, 2008)

Enfin, on peut retenir que selon les télédéTECTEURS, l'exploitation des images satellitales peut également aider à repérer et donc à mieux gérer la turbidité des eaux chargées de boues et de matériel polluant. Cette piste pourrait être explorée pour affiner les données. Le repérage des zones à eaux fortement turbides pourrait notamment aider, par déduction, au repérage des zones d'orpaillage clandestin.

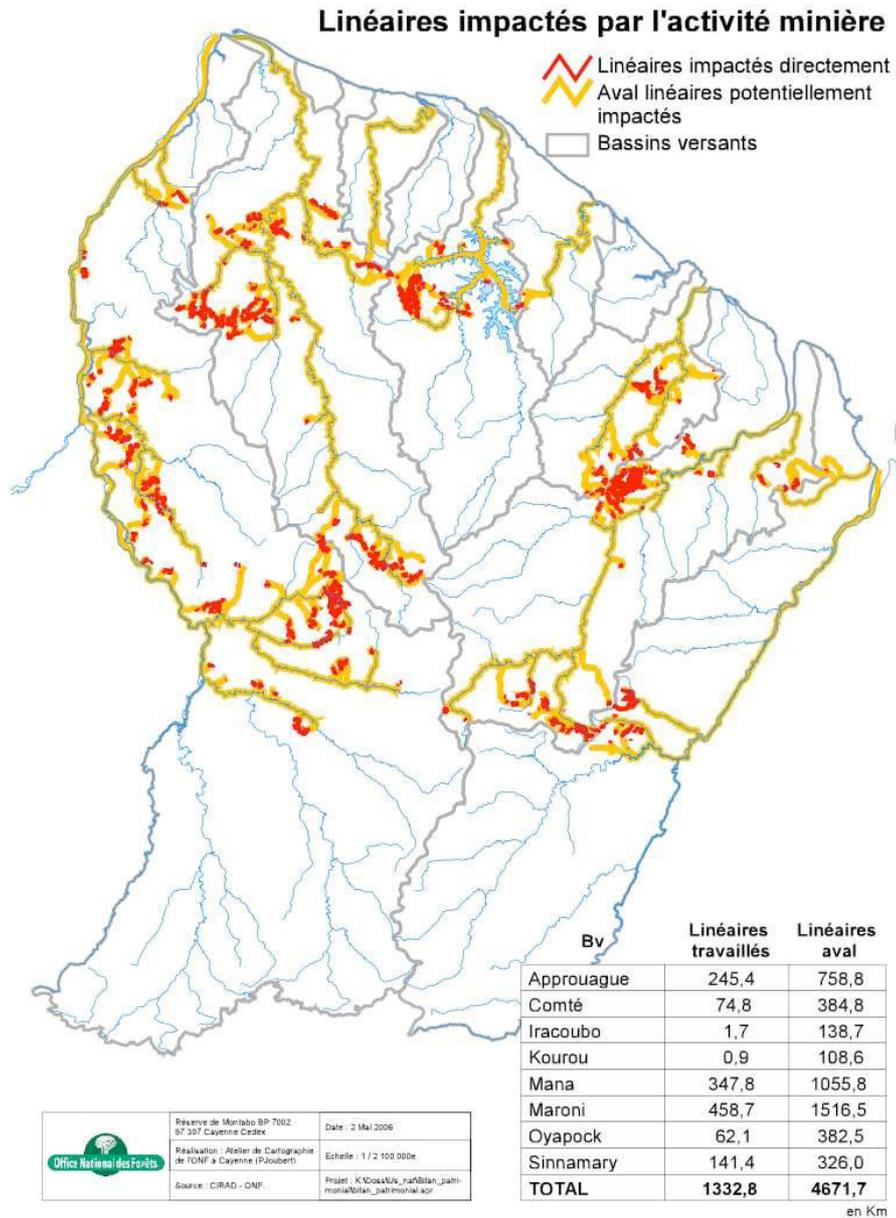


Illustration 6 : Linéaires impactés par l'activité minière

### 4.1.3. Le mercure métal

#### ***Evaluation des quantités de mercure rejetées***

L'utilisation du mercure dans l'industrie aurifère en Guyane s'est généralisée et systématisée entre 1850 environ, date de la découverte de l'or, et 2006, date de son interdiction d'usage.

Suivant les modes d'exploitation, les équipements, les époques et la qualité de surveillance techniques des installations, les quantités de mercure mises en jeu ont été différentes.

Le chiffre communément admis indique une perte de 1,4 g mercure par g d'or produit (Picot *et al.*, 1993). C'est effectivement le résultat du calcul de la perte générée lors de son utilisation hors recyclage.

Les quantités de mercure rejetées dans les bassins de Guyane (Tableau 8) sont évaluées à partir des données de production d'or estimées par le BRGM (Picot *et al.*, *ididem*). Cette étude indique une production d'or estimée à 202,2 tonnes à fin 1992 pour ce qui est des principaux bassins de production guyanais, ce qui correspondrait à 295 tonnes de mercure cumulé pour la Guyane.

Bassin	Production estimée d'or (kg)	Perte de mercure (kg)
Sinnamary	27 200	39 712
Approuague	28 300	41 318
Comté/Orapu	18 134	26 476
Mana	36 600	53 436
Iracoubo	1 000	1 460
Kourou	2 000	2 920
Oyapock	12 280	17 929
Inini	32 000	46 720
Maroni	44 700	65 262
Total	202 214	295 232

Tableau 8 : Quantités de mercure rejeté par bassin

Suite à son coût et surtout aux difficultés d'approvisionnement et d'acheminement, le mercure excédentaire dans les amalgames a été récupéré par filtration/pressage pour être recyclé.

Dans cette boucle de réutilisation, les exploitants se sont très vite aperçus que le mercure recyclé ainsi (après filtration), perdait progressivement ses propriétés d'amalgamation, ce qui les a amenés à le rejeter définitivement au bout de 5 cycles de fonctionnement (en moyenne) et de retravailler ensuite, avec du mercure propre obtenu après distillation ou acheté dans un comptoir spécialisé.

L'élimination du mercure non réutilisable n'est pas la seule source de pertes. Lors de l'exploitation, du mercure est aussi perdu par entraînement mécanique dans les boîtes à mercure et bien sûr, dans toutes les opérations l'utilisant.

L'utilisation du mercure dans l'activité aurifère est interdite depuis le 1er janvier 2006 par l'arrêté préfectoral n°1232/SG du 08 juin 2004 mais seuls les orpailleurs légaux sont susceptibles d'appliquer la loi. Aux dires des experts, les orpailleurs clandestins continuent à utiliser du mercure en provenance du Surinam. Et selon eux, ce mercure de moins bonne qualité perdrait plus rapidement ces qualités d'amalgamation d'où une augmentation des quantités de mercure utilisées par les orpailleurs clandestins. Il n'existe aucune étude chiffrée sur ces dires.

### ***Mercure anthropique / mercure naturel***

Que représente la perte de plus de 295 t de mercure par rapport au fond géochimique en mercure dans les sédiments ( $100 (\pm 50)$  mg/t) ? Il est possible de faire des estimations pour avoir une meilleure idée de l'apport du mercure anthropique dans l'environnement. Ces estimations peuvent être faites en considérant l'ensemble de la zone potentiellement touchée par l'extraction aurifère c'est-à-dire 29 000 km<sup>2</sup> (Illustration 2) ou en ne considérant que les linéaires de rivières impactés (directement ou potentiellement) par l'activité minière.

Pour calculer l'apport en mercure métal dans les sédiments, une profondeur moyenne d'extraction de 3 m, une largeur moyenne de 100 m pour les placers et une densité pour les sols de 2,6 ont été choisies. En considérant une répartition homogène de la perte du mercure métal rejeté par les exploitations, sur les 29 000 km<sup>2</sup>, l'apport d'Hg anthropique dans les sédiments est de 1,4 mg/t. Si on considère que 100 % du mercure métal est perdu dans les zones d'exploitation alors seuls les 1332,8 km de linéaires travaillés (Illustration 6) sont impactés par le mercure métal anthropique, ce qui représente un apport supplémentaire de 290 mg/t dans les sédiments des linéaires des sites exploités.

Suivant la méthode de calcul, les résultats sont très différents mais il semble que la méthode qui ne considère que les linéaires des sites d'exploitation soit beaucoup plus proche des observations de terrain. En effet, d'après Laperche *et al.* (2007), les concentrations en mercure dans les sédiments sont généralement proche du fond géochimique ( $100 \pm 50$  mg/t) et elles n'augmentent qu'à l'approche des sites d'orpaillage. Des concentrations en mercure supérieures à 10 000 mg/t ont été mesurées sur l'Approuague et vont dans le sens que le mercure métal rejeté par les orpailleurs reste majoritairement dans les zones de rejets d'où ces « hot-spots » dans les zones orpaillées et là seulement.

Ces constatations rejoignent celles de Telmer *et al.* (2006) qui observent que de façon générale, la source du mercure est le sédiment lui-même plutôt que le mercure apporté pour les activités minières. Les auteurs nuancent toutefois en reconnaissant que les opérations minières sont bien à l'origine d'anomalies en mercure aux endroits exploités.

Les concentrations maximales des « hot-spots » ne sont pas connues, sont-elles du même ordre de grandeur que les concentrations mesurées sur l'Approuague par Laperche *et al.* (2007) ou nettement supérieures ? Quelle est la surface d'un « hot-spot » et quelle est la quantité de mercure rejetée dans ces zones ? On ne possède à

l'heure actuelle, aucun élément de réponse à ces questions, qui mériteraient probablement qu'on s'y intéresse lors de quelques études de cas.

#### 4.1.4. La contamination des poissons

##### ***Etude sur les *Hoplias aimara****

L'étude conjointe BRGM et CNRS sur le mercure dans les sédiments et les poissons à l'échelle régionale (Laperche et al., 2007) a permis de compléter les études déjà réalisées par le CNRS sur la contamination des poissons dans les rivières de Guyane (Boudou *et al.*, 2005 ; Maury-Brachet *et al.*, 2006). L'illustration 7 présente de façon synthétique la distribution des différentes concentrations mesurées dans les muscles d'aymaras pour l'ensemble des 6 fleuves étudiés. La ligne verticale rouge illustre le seuil de la recommandation OMS de 0,5 mg Hg par kg de poisson (en poids frais). La probabilité de dépasser cette recommandation pour l'ensemble des 6 fleuves est comprise entre 46% et 96% (les probabilités calculées<sup>2</sup> représentent les probabilités de pêcher un *Hoplias aimara* de concentration en Hg supérieure à la recommandation OMS). Ces résultats révèlent donc le gradient de contamination existant entre les fleuves. Le classement des fleuves, du moins contaminé vers le plus contaminé, est donc :

Oyapock < Comté < Maroni < Approuague < Mana < Sinnamary.

Cette information est très importante car elle montre que les probabilités élevées présentées sur cette figure soulignent les risques en termes de santé publique liés à la consommation de ce poisson. Il faut en effet remarquer que, même dans l'Oyapock, qui est le fleuve le moins contaminé, 50 % des aymaras présentent des niveaux de contamination supérieurs aux recommandations de l'OMS ou de la DCE. A l'autre extrême, dans le Sinnamary ce sont globalement tous les aymaras qui sont au-dessus de ces recommandations. Pour l'ensemble du fleuve Sinnamary considéré ici, le niveau de contamination est, en fait, du même ordre de grandeur que ce qui a été rapporté pour la partie du fleuve située en aval du barrage de Petit-Saut où une probabilité de 93 % de pêcher un aymara dépassant la recommandation OMS avait été calculée (Boudou *et al.*, 2005 ; Durrieu *et al.*, 2005). D'après les auteurs, ces résultats doivent toutefois être modulés en fonction de la localisation des sites où les poissons ont été pêchés le long de chaque fleuve.

---

<sup>2</sup> p (=Pr{[Hg] > 0,5})

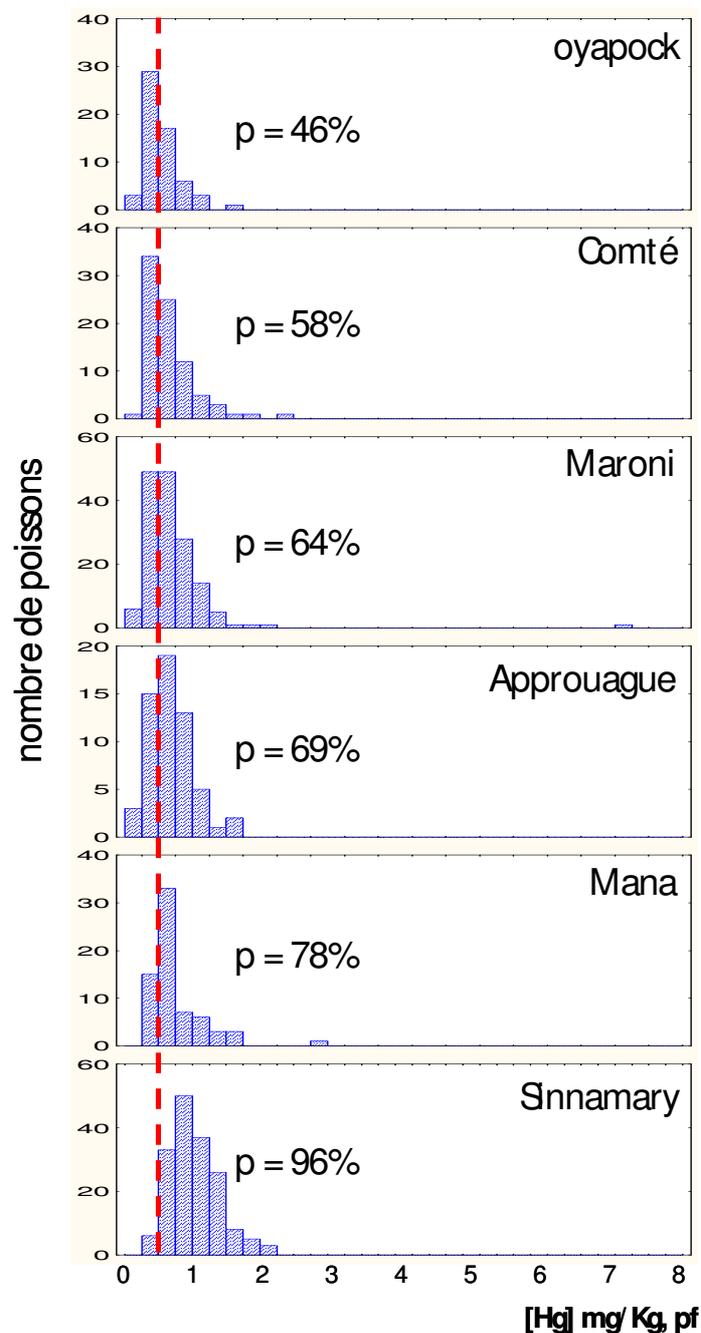


Illustration 7 : Distribution de l'ensemble des concentrations en mercure [Hg] mesurées dans le muscle de la totalité des aymaras pêchés pour les 6 fleuves de Guyane (pf : poids frais)

### Etude sur l'ensemble des espèces de poissons

Au cours de ce programme (extrait du rapport BRGM, Laperche *et al.*, 2007), 51 autres espèces de poissons ont été échantillonnées soit 974 individus. Les résultats obtenus

sur tous ces poissons ont permis de compléter les informations fournies par l'espèce bioindicatrice *H. aimara*. Cette étude couvre la totalité des régimes alimentaires. La représentation des concentrations en Hg correspondant aux différents régimes alimentaires (Illustration 8), fait clairement apparaître des différences très importantes entre les niveaux de bioaccumulation, atteignant un facteur proche de 120 entre les valeurs moyennes extrêmes. De faibles niveaux d'imprégnation en Hg sont systématiquement mesurés dans les poissons herbivores situés à la base des réseaux trophiques aquatiques. Une augmentation progressive des concentrations est ensuite observée au fur et à mesure que l'on progresse le long de ces mêmes réseaux trophiques (périphytophages < détritivores < omnivores < carnivores < piscivores), les concentrations les plus élevées étant systématiquement relevées dans les poissons piscivores situés en fin de chaînes alimentaires. Ces résultats confirment une nouvelle fois les données déjà publiées en Guyane (Boudou *et al.*, 2001, Maury-Brachet *et al.*, 2006) ou en Amazonie brésilienne (Roulet et Maury-Brachet, 2001).

Un autre point important mis en évidence par cette première analyse globale est que, seuls les poissons piscivores présentent une concentration moyenne en Hg supérieure à la recommandation OMS. L'ensemble des niveaux moyens d'imprégnation en Hg des échantillons appartenant aux autres régimes alimentaires est très significativement inférieur à cette recommandation. Il apparaît donc clairement, au vu de ces résultats, que la consommation des poissons piscivores doit être considérée comme présentant un risque majeur pour la santé humaine.

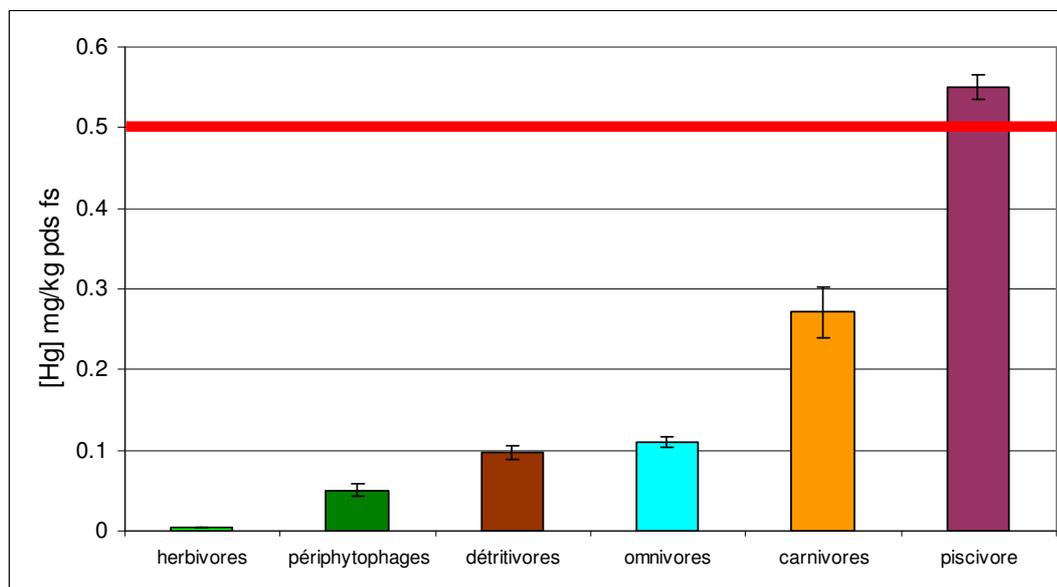


Illustration 8 : Représentation des diagrammes en bâton de la concentration en mercure mesurée dans le muscle de poisson pour les 6 régimes alimentaires. Les barres d'erreurs représentent les écarts types de la moyenne

Des études récentes (Lord *et al.*, 2007 ; Pagezy et Jégu, 2002) sur des espèces de poissons dont le régime alimentaire est principalement herbivore (Watau ou Kumaru) indiquent que si ces poissons sont faiblement contaminés par le méthylmercure, cela

risque d'accroître la pression de pêche sur ces espèces. Outre, le suivi des niveaux de contamination en méthylmercure des différentes espèces de poissons, un suivi des stocks est aussi important afin de maintenir un équilibre entre les espèces.

## 4.2. LES IMPACTS CONNUS A TITRE D'EXPERT

### 4.2.1. La contamination de l'eau par le mercure

Le risque sanitaire lié à la présence de mercure inorganique (divalent ou élémentaire) dans les cours d'eau est indirect et réside dans le fait que ce dernier peut, dans ce type d'écosystèmes, subir une transformation chimique : la méthylation. Cette réaction donne naissance, à partir du mercure oxydé (HgII), au méthylmercure (MMHg ou CH<sub>3</sub>Hg), forme la plus toxique du métal. Bien que des processus abiotiques, comme le transfert de groupements « méthyl » à partir de la matière organique, acides humiques par exemple, existent (Coquery., 1994 ; Weber, 1988), la méthylation du métal est essentiellement liée à l'action de bactéries anaérobies (notamment les bactéries sulfato-réductrices et ferri-réductrices), présentes dans les zones anoxiques des cours d'eau (Compeau et Bartha, 1985 ; King *et al.*, 2002 ; Fleming *et al.*, 2006). La présence de ces zones anoxiques, le plus souvent localisées à l'interface « colonne d'eau – sédiment », mais également dans les strates inférieures de la colonne d'eau (plaines d'inondation, réservoirs de barrage), apparaît donc comme la condition *nécessaire et indispensable* à la formation du MMHg et donc à la toxicité du métal pour les organismes vivants.

Le cas du barrage de Petit Saut est très intéressant dans le rôle joué par un réservoir dans la méthylation du mercure. Les études (Charlet et Boudou, 2002 ; Coquery *et al.* 2003) ont montré que deux des rivières qui alimentent le barrage - Courcibo et Leblond - présentent des concentrations en MMHg faibles et comparables 0,03 à 0,05 ng/l soit 1 à 1,7% du mercure totale dissous (Illustration 9). Elles ne se différencient que par leur turbidité et leurs teneurs en mercure total qui sont très élevées dans la rivière Leblond, sous l'influence de la zone d'orpaillage de St Elie. En aval de la retenue au niveau du fleuve Sinnamary, la turbidité et les teneurs en mercure total sont de nouveau comparables aux données mesurées dans la rivière Courcibo. Par contre, les teneurs en MMHg sont dix fois plus élevées que dans les rivières en amont de la retenue. Les couches anoxiques au sein de la retenue sont à l'origine de la production d'importantes quantités de MMHg que l'on retrouve à l'aval du barrage, via l'eau issue des turbines (Illustration 9).

Dans le cas du barrage, deux phénomènes se juxtaposent : l'impact de l'orpaillage et l'impact de la retenue. L'orpaillage entraîne une forte turbidité ainsi que de fortes concentrations en mercure total alors que la retenue entraîne une augmentation de la production de MMHg.

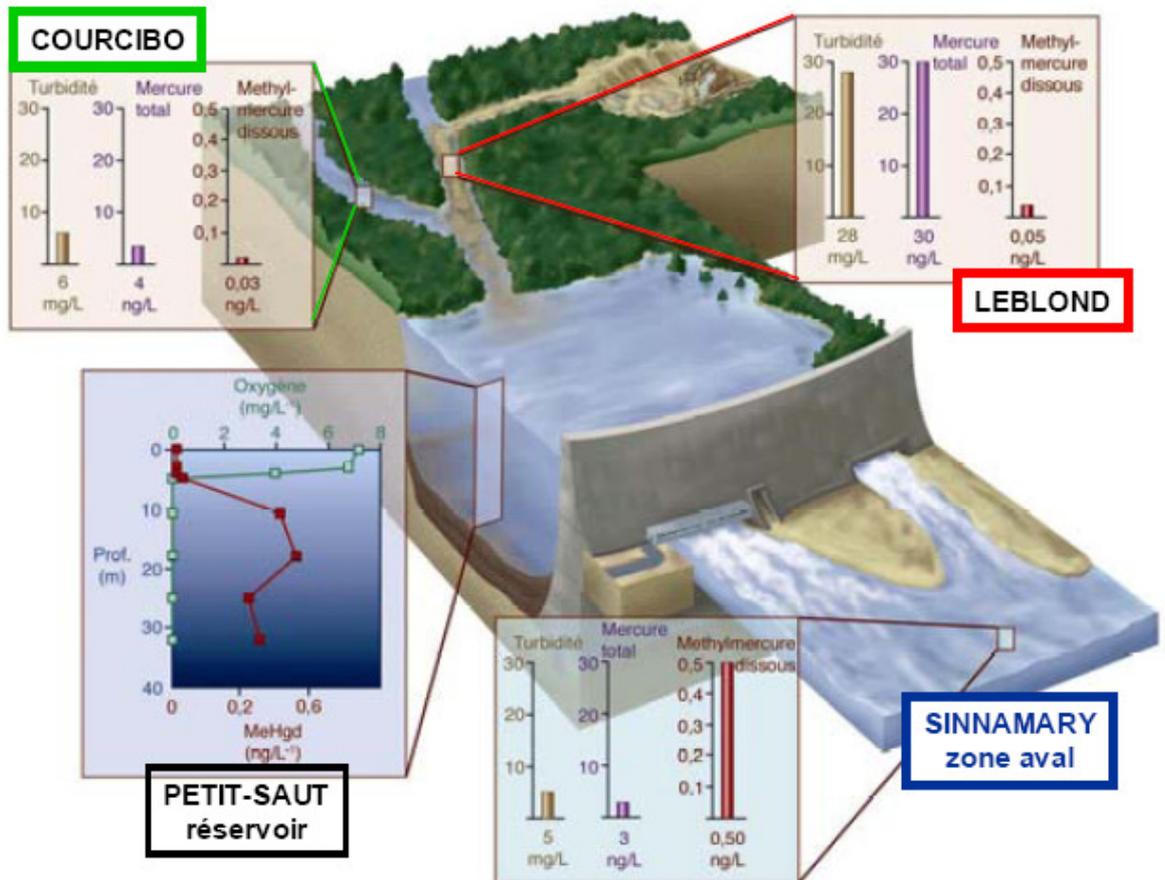


Illustration 9 : Distribution des formes chimiques du mercure dans la zone du barrage hydroélectrique de Petit-Saut (d'après Charlet et Boudou, 2002)

#### 4.2.2. La turbidité

L'étude de l'IRD (2001) montre que les valeurs de turbidités et le taux de MES montent dans les sous bassins touchés par l'activité d'orpaillage jusqu'à 70-80 NTU et 35 mg /kg dans le Petit-Inini fortement orpaillé. L'étude de HYDRECO (2005) a montré la bonne corrélation entre les valeurs de turbidité et la proximité des sites d'orpaillage.

Un point sur les effets de la turbidité liée aux opérations minières a été fait dans le cadre de la réalisation du rapport BRGM (Weng *et al.*, 2006). En effet comme décrit précédemment, l'eau est au centre des processus d'extraction de l'or alluvionnaire. Les prélèvements d'eau sont donc, dans le meilleur des cas, limités à la constitution du stock nécessaire au fonctionnement en circuit fermé de l'exploitation, en maintenant un débit permettant de garantir la vie piscicole dans le cours d'eau. On compte aujourd'hui environ 200 km de linéaires exploités pour l'activité minière aurifère pendant les dix dernières années (source ONF-BRGM, 2006). De plus, depuis le début de l'extraction aurifère en Guyane, et d'après les récents résultats des travaux de l'ONF, le linéaire total de cours d'eau directement impactés par ces activités (légaux et illégaux) est

d'environ 1330 km. Le linéaire de cours d'eau situés en aval de ces sites, donc pouvant être potentiellement impacté de manière indirecte, est d'environ 4 700 km.

Sur les 83 sites réguliers, les exploitants ont mis en place des bassins de décantation des boues – barranques - avant rejet dans les rivières d'une eau dont la concentration en MES doit être minimisée. Ces efforts devraient permettre de réduire la pression sur les cours d'eau impactés à moins de 70 mg/l de MES, l'augmentation de MES entre l'amont et l'aval d'une exploitation ne devant pas dépasser 25 % (disposition préfectorale 2005). Toutefois, les sites d'orpaillage irréguliers, qui sont de loin les plus nombreux, rendent les efforts des exploitants réguliers moins perceptibles.

Il n'y a pas de mesures de suivi de la concentration en MES des cours d'eau en Guyane. A dire d'expert, un taux de 15 mg/l de MES serait supportable pour les écosystèmes fluviaux. Au-delà de 20 mg/l l'impact est réel, et ce d'autant plus que ce niveau de concentration perdure. Une étude sur la qualité des eaux de l'Approuague à hauteur de deux criques orpaillées (HYDRECO, 2005) montre que :

- le taux de MES décroît avec la distance pour se stabiliser autour de 40 mg/l ;
- ce taux diminue peu si le cours d'eau ne présente aucune rupture dans le mode d'écoulement des eaux ;
- les sauts sur la rivière provoquent une baisse de la MES, mais au prix, dans cet exemple, d'un colmatage des milieux aquatiques avant chaque saut ;
- la vie aquatique s'appauvrit au niveau des criques où la turbidité est maximale.

Cette étude montre les conséquences potentielles en cascade qu'entraîne une augmentation de la turbidité de l'eau, avec notamment la diminution de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau (au point de l'obscurcir totalement), ce qui peut nuire au développement des plantes aquatiques. On constate également en relation avec une augmentation de la turbidité, la diminution du taux d'oxygène dans l'eau, le recouvrement des zones de frayères des poissons, le colmatage de leurs branchies, etc., l'ensemble entraînant une diminution significative de la densité des populations ainsi qu'une perte de la biodiversité dans le milieu.

Lors de l'étude BRGM (2007), il a été montré que si des eaux très turbides (couleur ocre) indiquent la présence de sites d'orpaillage en amont (Illustration 10), cela ne permet pas d'en déduire précisément la quantité de mercure transporté vers l'aval.



*Illustration 10 : Coloration ocre typique d'un cours d'eau en aval d'une exploitation (confluence de la Comté et de la crique Bagot non orpaillée)*

En effet lors de la campagne APP2, des mesures de turbidité ont été faites sur le Haut Approuague (amont de la crique Couata jusqu'au village Guillaume en aval de Régina) et elles ne montrent pas de corrélation entre la turbidité et les teneurs en mercure des sédiments (Illustration 11). Au niveau de la crique Calebasse les teneurs en mercure sont comprises entre 115 et 168 mg/t pour des turbidités très faibles autour de 8 NTU. Par contre, sur la crique Couata, si les teneurs en Hg sont à peine plus fortes (127 et 215 mg/t), les turbidités sont beaucoup plus élevées (292 à 466 NTU). Des données sur la crique Sapokaï (qui ne figure pas sur la carte) donnent des valeurs intermédiaires pour les turbidités (autour de 50 NTU), mais avec des teneurs en mercure faibles, ~70 mg/t. Il n'est donc pas possible de conclure à une relation généralisée entre la turbidité de l'eau et les teneurs en mercure des sédiments ; cette relation dépend en effet de plusieurs paramètres dont :

- L'exploitation d'un nouveau placer ou reprise d'un ancien site qui, en fonction des pratiques employées, va libérer une plus ou moins grande quantité de mercure qu'il soit d'origine naturelle ou anthropique (actuel ou historique).
- Le régime du cours d'eau avec ou non présence de sauts. En général, dans les rivières il y a peu de lieux propices à la sédimentation des MES (sauf durant la saison des pluies avec l'enneigement des rives) du fait des courants et de la présence de barres rocheuses qui jouent dans la plupart des cas, plus un rôle dans l'accroissement de la turbulence que dans celui de favoriser la sédimentation. Dans une zone où les sédiments ont une concentration en mercure similaire, la turbidité peut brusquement augmenter à cause de la présence de sauts.

- La minéralogie des particules qui varie, avec pour conséquence une affinité différente pour les différentes formes de mercure et un comportement dynamique différent (et notamment une plus ou moins grande distance parcourue par les particules, à l'aval des exploitations minières avant de se sédimenter, de façon provisoire ou de façon plus ou moins pérenne).
- Enfin, en termes de risque pour l'environnement, on doit considérer la quantité de méthylmercure (bioaccumulable) qui n'est pas directement lié à la quantité de mercure mais aux conditions physico-chimiques du milieu.

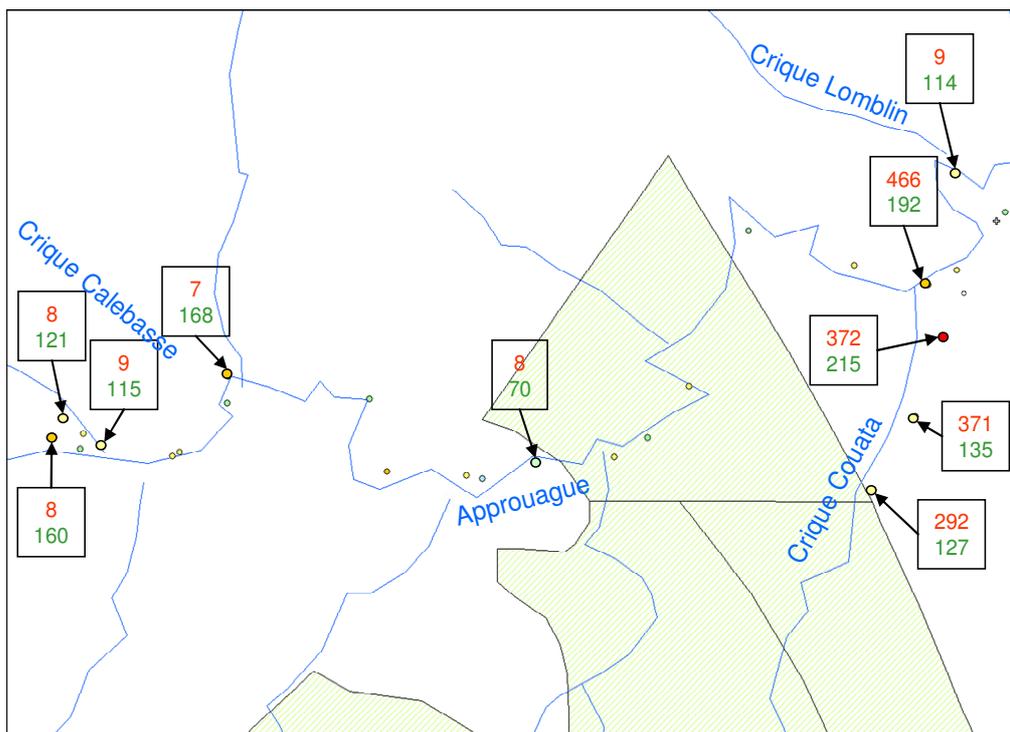


Illustration 11 : Mesures de turbidité des eaux (NTU , en rouge) et des teneurs en Hg (mg/t) des sédiments (en vert) dans l'Approuague et les criques

Guédron (2008) a simulé, sur une surface d'un hectare, la remise en exploitation d'un ancien placer durant 6 mois, de la déforestation à la mise en chantier de l'exploitation. Les résultats ont montré que la phase d'ouverture du chantier est la phase d'exploitation qui provoque le plus de rejets de MES dans le cours d'eau principal. Cette étude a aussi montré que les phases de creusement du canal de dérivation et de lavage du gravier aurifère augmentent le taux de MES d'un facteur de 1000 à 10 000 par rapport à l'état initial du cours d'eau principal.

Dans le cadre de l'étude régionale (Laperche *et al.*, 2007), l'état de l'eau a été noté à l'endroit de chaque prélèvement de sédiment. Ce résultat n'est que qualitatif (Illustration 12) mais montre que dans les zones d'estuaire les eaux sont principalement troubles (impact de l'Amazonie) et que dans l'intérieur de la Guyane, les eaux sont généralement troubles à turbides quand on se rapproche des zones

orpaillées. Les eaux claires (plus de 25 % des eaux d'un secteur) se trouvent principalement en amont d'Antécume Pata, de Camopi, dans la Haute Mana et dans le Haut Approuague.

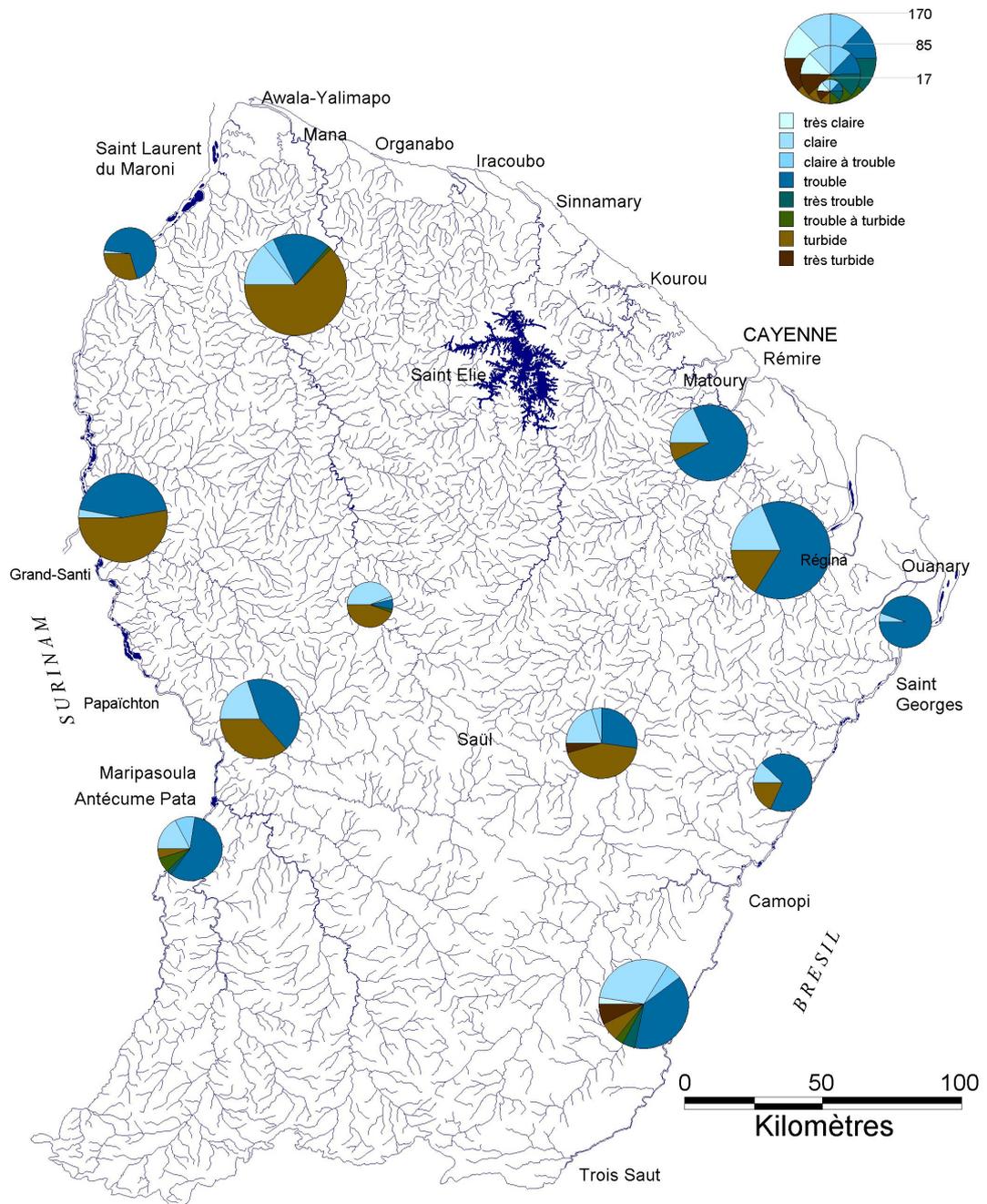


Illustration 12 : Etat et couleur de l'eau des cours d'eau de Guyane (la grosseur du cercle est proportionnelle au nombre d'observations notées par bassin versant)

### 4.2.3. Les populations animales

Les études les plus complètes sur les populations animales inféodées au milieu aquatique continental ont été publiées dans l'atlas sur les amphibiens (Lescure et Marty, 2000) et les atlas sur les poissons d'eau douce (Planquette *et al.*, 1996 et Keith *et al.*, 2000). L'objectif de ces inventaires est de rassembler un jeu exhaustif de données sur l'ensemble des espèces présentes en Guyane française. L'atlas sur les amphibiens est le résultat de plus de 30 ans de travail et il dresse l'état des connaissances actuelles sur la *taxonomie* des amphibiens de Guyane et d'Amazonie. L'inventaire des poissons d'eau douce a officiellement été lancé en 1993 et est actualisé régulièrement. De nombreuses autres études existent également pour tous les autres groupes ou familles d'animaux, parfois très générales (vulgarisation) parfois très détaillées et spécialisées (De Noter, 2008).

D'après le Profil Environnemental de la Guyane (DIREN, 2006), la faune guyanaise est très diversifiée, et on compte en nombre d'espèces :

- 186 mammifères ;
- 740 oiseaux ;
- 187 reptiles ;
- 110 amphibiens,
- 480 poissons (eaux douce et saumâtre) ;
- 97 mollusques continentaux ;
- de l'ordre de 400 000 insectes.

Les experts s'accordent communément sur l'effet destructeur de l'orpaillage sur les populations animales. En effet, l'activité entraîne des modifications d'habitat liées à des transformations du milieu physique à différents niveaux. Toutefois, malgré une bibliographie abondante sur la faune de Guyane - près de 1400 références ont été répertoriées pour la période allant de 1990 à 2008 (De Noter, 2008) -, très peu de données sur l'impact de l'activité minière, sont disponibles.

Dans une note d'expertise dans le cadre d'une mission sur le projet d'exploitation aurifère de Camp Caïman (Forget et Poncy, 2008), il est fait état d'une étude ornithologique sur l'impact probable de l'exploitation minière sur les populations d'oiseaux et aussi du constat de la diminution de plusieurs espèces chassables dont l'extinction possible du singe-araignée dans la zone de Camp Caïman. Aucun singe-araignée, espèce protégée et rare à Kaw n'a été observé en 2007 (cet inventaire a été réalisé par les agents de l'ONCFS du 9 au 17 juillet 2007) alors qu'elle y était présente en 1997-1998 (Goguillon et Bétouille, 1998). Dans ce dernier cas, il est intéressant de noter, que lors de la période d'exploration (pendant 10 ans), le personnel de CBJ-Caïman ne chassait pas et que seule l'ouverture des pistes en forêt a entraîné une

diminution des espèces. C'est d'ailleurs toujours le cas quelque soit l'activité réalisée en milieu forestier : toute ouverture de piste génère une augmentation significative d'une chasse non régulée (le plus souvent par un ensemble de chasseurs n'ayant pas nécessairement de lien direct avec l'activité en question), et provoquant une diminution tout aussi significative des populations d'animaux – voir travaux de C. Richard-Hansen ou de B. de Thoisy *et al.*, sur le suivi des grands mammifères-. Dans cette expertise, Forget et Poncy (2008) indiquent des lacunes importantes dans l'inventaire, en ce qui concerne la diversité des espèces non chassées et de poids inférieur à 1 kg comme, par exemple, les reptiles, les amphibiens, les chiroptères et les petits rongeurs.

### ***Augmentation de la pression due à la chasse***

Pour paraphraser ce qui est évoqué ci-dessus, il est vérifié que la pression de chasse augmente à proximité des sites d'orpaillage pour deux raisons : les orpailleurs chassent souvent pour leur autosubsistance et des pistes sont ouvertes pour rallier les exploitations favorisant ainsi la pénétration des chasseurs à but commercial.

Grenand *et al.* (2003) signalent à ce titre le cas de la commune de Régina, où l'exploitation minière concentrerait une population de 1500 à 2000 personnes autour de l'Approuague, pour une population communale estimée par ailleurs à 800 personnes seulement (INSEE 2008).

Selon les enquêtes menées, le territoire de chasse sur ce territoire se serait considérablement amoindri, en raison :

- de la superficie occupée par les sites miniers ;
- de l'importante pression « cynégétique incontrôlable » exercée par les orpailleurs ;
- de la pression supplémentaire exercée par les autres chasseurs alentours (autres chasseurs auto-subsistants et chasseurs à but commercial).

Les populations les plus chassées par les chasseurs à but commercial pendant la durée de l'étude ont été les pécaris et le tapir, espèces à forte plus-value, représentant respectivement 64,6% et 27,3% de la biomasse prélevée. En revanche, il n'existe pas de données fiables sur le type et la quantité d'espèces chassées par les orpailleurs, faute d'étude menée pour des raisons évidentes de sécurité.

### ***Perturbation générale du milieu physique***

Une étude de 2006 (Association Kwata) sur les populations de loutres en Guyane a intégré les facteurs environnementaux liés à l'activité minière en se basant sur les connaissances de terrain et les données issues du travail de télédétection cité en 4.1 (Gond et Brognoli, 2005). Trois niveaux ont été considérés : milieu intact, milieu peu perturbé (présence humaine sans atteinte de l'habitat) et milieu perturbé (atteinte structurelle de l'habitat : pollution, déforestation légère).

Les résultats indiquent qu'il semble exister une corrélation entre le degré de perturbation du milieu et la taille moyenne des groupes de loutres observés (Illustration 13). Celle-ci passe de 5 individus en moyenne, en milieu intact, à 3 en milieu fortement perturbé, avec une variation significative de la répartition statistique en passant d'un milieu à un autre.

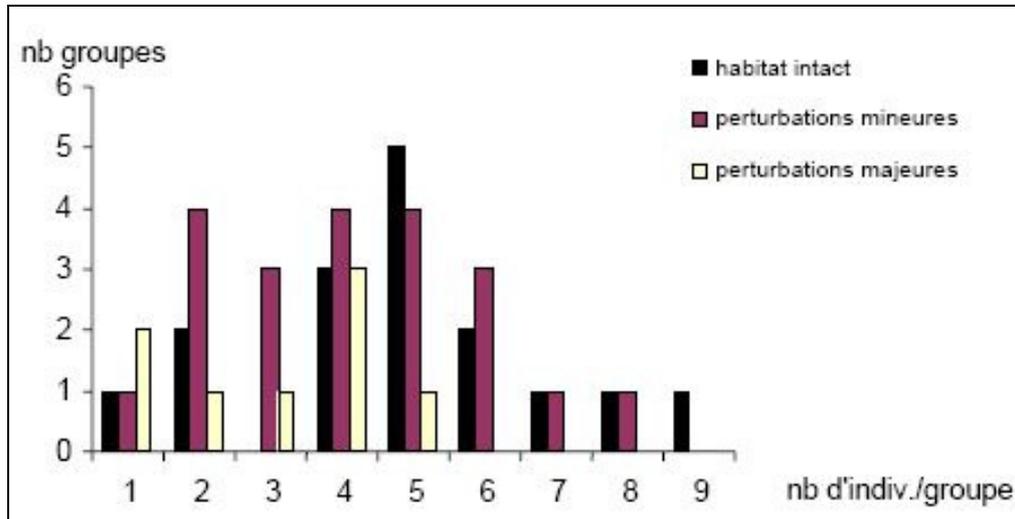


Illustration 13 : Taille des groupes de loutres observés dans les milieux soumis à des pressions variables

En outre, dans les zones de fleuve au nord du territoire (bande littorale), la fréquence élevée d'individus isolés témoigne de perturbations significatives du milieu où vivent les loutres.

Toutefois, le lien entre activité minière et présence ou absence des loutres est à mieux comprendre, car si aucun spécimen n'a été observé sur la Mana et la partie aval du Maroni, fleuves tous deux impactés par l'exploitation aurifère (mais également le développement des villages et zones d'habitat), les observations de loutres restent régulières sur l'Approuague y compris dans sa partie aval (Hydreco, 2005), subissant pourtant elle aussi les effets de l'activité minière (mais où l'implantation humaine en générale est faible).

Ainsi, les auteurs de l'étude mettent en avant la complexité des relations entre la distribution d'une espèce animale et la perturbation des cours d'eau, et invitent à approfondir les travaux en étudiant :

- les modalités d'utilisation des zones perturbées ;
- la durée et l'intensité des perturbations ;
- la topographie des bassins versants et la distribution des menaces sur toute ou partie des cours d'eau principaux et secondaires.

De la même manière, les perturbations majeures que représente une forte augmentation de la turbidité n'est pas sans conséquence sur d'autres groupes animaux. Ainsi, elle pourrait gêner certains oiseaux chasseurs inféodés au cours d'eau comme les martins pêcheurs ou les hérons, car ceux-ci chassent à vue.

### **Les populations d'invertébrés aquatiques : un indicateur de perturbation du milieu**

Lors d'études menées en 2005 et 2006, HYDRECO a établi une corrélation entre la turbidité et les invertébrés aquatiques, via le calcul d'un paramètre indicateur de la qualité des cours d'eau, le SMEG ou Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane (Illustration 14).

En saison sèche, les peuplements récoltés étaient constitués à 72 % de genres peu ou très peu sensibles à la pollution de l'eau - « polluo-sensibles » - (*Americabaetis*, *Cloeodes*, *Campsurus* et *Paracloeodes*) et à 15 % de genres polluo-sensibles ou très polluo-sensibles (*Leptohyphes* et *Cryptonympha*). En saison des pluies, le peuplement était constitué à 45% de genres peu ou très peu polluo-sensibles (*Americabaetis*, *Cloeodes*, *Campsurus* et *Paracloeodes*) et les genres polluo-sensibles ou très polluo-sensibles étaient absents de l'inventaire.

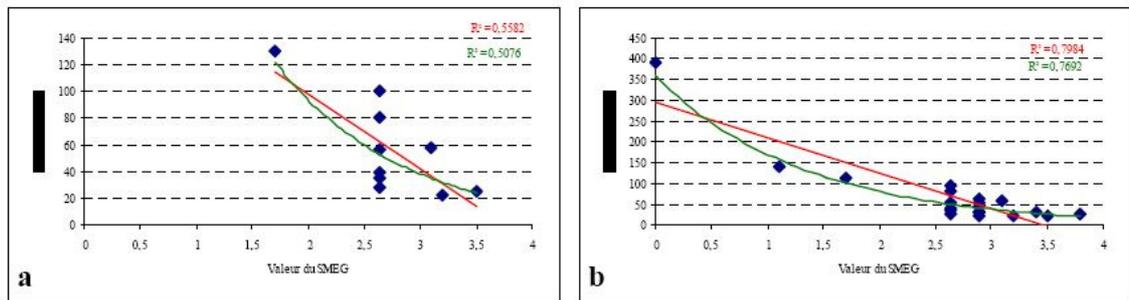


Illustration 14 : Corrélation entre la turbidité et le SMEG : a) en saison des pluies ; b) total (HYDRECO, 2006)

La compilation de données recueillies dans des conditions hydrologiques différentes (dix observations en saison sèche et dix en saison des pluies) avec un autre jeu de données issu du bassin versant de la Mana indique, sur un total de 27 points, un coefficient de corrélation assez élevé (linéaire de 0,70 et exponentiel de 0,96).

Ainsi, il apparaît que les invertébrés aquatiques, et particulièrement les éphémères peuvent constituer de bons marqueurs des perturbations du milieu et notamment celles d'origine minière.

### **L'empoisonnement au mercure**

S'il existe de nombreuses publications sur la contamination des poissons par le mercure, il y a pas ou peu de données sur les animaux piscivores de Guyane comme

les loutres, les opossums (ou yapock), les martins pêcheurs, les hérons, ou bien encore les caïmans. Boudou *et al.* (2006) ont montré que seuls les animaux dont le régime alimentaire repose sur la consommation de proies aquatiques, présentent des concentrations en mercure élevées dans les tissus musculaires. Le martin pêcheur qui se nourrit exclusivement de poissons présente des concentrations en mercure de 3300 mg/g (de poids sec - ps) alors que le perroquet qui a un régime granivore présente des concentrations en mercure de 9 ng/g (ps). De même, les mammifères terrestres (cervidé, singe, pécarri et tapir) présentent des concentrations en mercure faibles et inférieures à 50 ng/g (ps) - (Fréry *et al.*, 2001).

Les loutres, dont le régime alimentaire est principalement constitué de poissons omnivores de la famille des Characidés, seraient susceptibles d'être contaminées par le mercure (com. orale association Kwata).

#### 4.2.4. La flore

Les écosystèmes forestiers de Guyane présentent une extraordinaire biodiversité, encore mal connue aujourd'hui, puisque chaque année de nouvelles espèces sont découvertes. On estime qu'en moyenne il y a plus de 400 espèces végétales différentes à l'hectare de forêt. La région compte plus de 7000 espèces de végétaux (champignons exclus) dont 5600 espèces de plantes à fleurs et fougères, et plus de 1200 espèces d'arbres (DIREN 2006).

Depuis 1965, des explorations et inventaires botaniques menés principalement par l'IRD dans toute la Guyane, ont permis d'alimenter la base de données AUBLET2. Cette base réunit les données concernant les spécimens botaniques collectés sur le plateau des Guyanes, et surtout en Guyane Française, et déposés à l'Herbier de Cayenne (Hoff *et al.*, 2007). Cette base des données botaniques de l'Herbier est libre et peut être consultée à l'adresse suivante : <http://www.cayenne.ird.fr/aublet2>.

De très nombreuses études ont été menées par ailleurs, tant sur le plateau des Guyanes que dans la région Guyane elle-même, parmi lesquelles des travaux sur les interactions plantes -milieu. En Guyane française, on peut mentionner par exemple, Ter Steege *et al.* (2003) sur la réserve naturelle Trésor ou encore Poncy *et al.* (2001) dans la zone des Nouragues.

Malgré cette abondance de littérature, il ne semble pas exister d'étude de l'impact de l'orpaillage sur la flore, même si les experts s'accordent à dire que l'extension des zones d'orpaillage entraîne forcément une destruction de la flore voire la disparition de certaines espèces. Des études d'impact sont actuellement en cours sur les sites miniers classés ICPE et apporteront des éléments d'information à ce niveau ; par contre on peut regretter qu'aucune étude scientifique sur les effets « lisière » n'ait été encore envisagée (Miramond, DIREN 2009, communication orale).

#### 4.2.5. Les sols

##### ***La communauté microbienne des sols***

Les travaux de Schimann (2005) sur les « impacts de perturbations liées à l'orpaillage sur l'évolution des communautés et fonctionnalités microbiennes d'un sol » ont montré qu'un sol minier « revégétalisé » pouvait récupérer des performances similaires à celles d'un sol de forêt. Ce résultat est basé sur deux fonctions (respiration et dénitrification) des communautés bactériennes ; le suivi de ces fonctions a montré une certaine réversibilité des activités microbiennes des sols après la réhabilitation du site minier.

Schimann (2005) a aussi montré que si le sol minier réhabilité peut retrouver des capacités similaires à un sol de forêt, il semble que l'utilisation du mercure induise une grande vulnérabilité des sols face à cette perturbation mercurielle surimposée. En effet, il a été observé une quasi disparition de la fonction de dénitrification dans les sols soumis aux deux perturbations simultanément (présence de mercure et chaleur générée par l'ensoleillement en zone dénudée).

Il faut noter que ces expériences ont été faites en microcosmes avec l'application sur les sols de solution de chlorure mercurique ( $\text{HgCl}_2$ ) à 30 mg/l (400 ml par kg de sol sec). Ces conditions représentent peut être un scénario bien pire que les conditions de pollution réellement rencontrées sur le terrain.

##### ***La contamination des sols par le mercure***

Les sols de Guyane sont naturellement riches en mercure (voire paragraphe 2.3.1) et si les sols hydromorphes ont des teneurs en mercure inférieures à 100 mg/t, les sols ferrallitiques (ou oxysols) ont des teneurs en mercure supérieures à 200 mg/t. Les teneurs les plus élevées peuvent même atteindre 500 mg/t. L'origine du mercure dans les sols peut être naturelle ou anthropique. La première source de mercure dans les sols est le mercure des minéraux constituant la roche-mère, une deuxième source est le mercure atmosphérique retombant sur les sols via les aérosols ou les précipitations. La voie atmosphérique concerne les retombées naturelles d'émissions volcaniques par exemple, mais aussi une pollution liée à des activités industrielles parfois très lointaines ; par rapport à ces différentes sources, quelle est le pourcentage de mercure anthropique généré par l'activité aurifère dans les sols de surface ?

Des mesures de mercure dans l'air ont été faites au niveau de sites d'orpaillage et comparé au « bruit de fond » (1,5 ng/m<sup>3</sup>). Ainsi par exemple au dessus de l'Inini ou de la région de Dorlin (respectivement 15 et 4,8 ng/m<sup>3</sup>), les concentrations sont nettement supérieures au « bruit de fond » (Programme Mercure en Guyane, 2002).

Grimaldi *et al.* (2008) ont étudié la distribution du mercure le long de profils de sol en Guyane en fonction de l'origine du mercure. Ils ont montré que le mercure d'origine

atmosphérique peut pénétrer jusqu'à 3 m de profondeur dans les sols rouges ferrallitiques (oxysol) alors que ce même mercure reste dans l'horizon de surface dans les sols argileux forestiers (acrisol). En effet, la pénétration du mercure dans le sol est contrôlée par la conductivité hydraulique qui est effectivement très différente entre ces deux types de sol.

Aucune évaluation du dépôt de mercure sur les surfaces terrestres n'a été faite en Guyane française mais il existe des données sur le Brésil (Tableau 9). Ces données ont été compilées par Roulet et Grimaldi (2001) et montrent l'impact des sites d'orpaillage. Le dépôt le plus élevé est observé près des sites d'orpaillage (moins de 10 km) et décroît avec l'éloignement (plus de 100 km). Ces valeurs sont nettement supérieures à celles généralement observées (10 µg par m<sup>2</sup> et par an) dans les milieux éloignés des sources directes de pollution en milieu tempéré.

Roulet *et al.* (1999) ont montré dans une étude sur le bassin amazonien que les apports attribuables aux activités d'orpaillage représenteraient moins de 3 % des teneurs cumulées dans l'horizon de surface des sols.

Région	Dépôt (µg m <sup>-2</sup> an <sup>-1</sup> )	Références
Pantanal, Brésil, 1-10 km des mines d'or	151	Tümping et al., 1996
Pantanal, Brésil, à plus de 110 km des mines d'or	25-40	Tümping et al., 1996
Amapa, Brésil, forêt non perturbée à plus de 200 km des mines d'or	18	Fostier et al., 1999
Amazonas, Brésil, forêt non perturbée, Rio Negro	20	Fadini et Jardim, 1999

Tableau 9 : Les dépôts de mercure sur les surfaces terrestres en Amazonie (extrait de Roulet et Grimaldi, 2001)

### **La destruction des sols**

La destruction des sols est citée comme un impact majeur de l'activité minière, plus ou moins conséquente selon le type d'exploitation (DIREN Guyane).

Lorsqu'il s'agit de procédés d'extraction alluvionnaire, il y a remaniement total et profond de tout le matériau situé au dessus de la couche de graviers exploitée dans le flat, entraînant une destruction complète du sol sur toute sa hauteur. L'exploitation induit en outre une séparation physique des différents constituants du sol selon leur granulométrie avec des remises en dépôt de matériau « trié ».

En cas d'exploitation d'or primaire, le sous-sol est remanié à des profondeurs élevées avec destruction des horizons du sol jusqu'à la roche mère et perturbation complète de la structure pédologique.

Dans une exploitation plus respectueuse de l'environnement, le sol superficiel contenant la matière organique et la microflore est enlevé avec précaution et stocké à part pour être remis en place lors de la phase de réhabilitation du site, favorisant ainsi une rapide remise en fonction de l'horizon fertile superficiel. C'est rarement le cas dans les exploitations de Guyane.

#### **4.2.6. Le Drainage Minier acide (DMA)**

##### ***Définition***

Le drainage minier acide ou DMA est décrit comme un processus d'acidification des eaux de drainage dans un environnement minier d'exploitation primaire ; il résulte de l'oxydation de minéraux sulfurés sous l'effet des agents atmosphériques lors du contact avec l'air des matériaux de profondeur ramenés en surface. Le principal minéral concerné est la pyrite ( $\text{Fe}_2\text{S}$ ), bien connue des opérateurs miniers en général puisque souvent indicatrice de minéralisations aurifères. L'acidification faisant suite à cette oxydation va favoriser la solubilisation des métaux présents. La percolation acide peut alors générer des écoulements continus chargés d'éléments métalliques qui se déversent depuis les sites d'origine vers le réseau hydrographique le plus proche, ou atteignent l'aquifère. Le pH de ces écoulements peut atteindre dans des cas extrêmes des valeurs inférieures à 2.

##### ***Risques en Guyane***

En Guyane, une étude réalisée à la demande de la DIREN (GEM Impact, 2007) a montré que le drainage acide était très faible, voire inexistant, dans les exploitations aurifères primaires.

Bien que ses résultats soient à prendre avec précaution en raison d'un faible échantillonnage (6 sites), le diagnostic montre que dans les conditions actuelles d'exploitation, n'atteignant pas le niveau induré, les risques de DMA et de lixiviation, apparaissent relativement faibles. Toutefois, concernant les zones de transition (saprock) et de roche non oxydée, le risque de formation de DMA existe mais semble dépendre de la nature géologique rencontrée. Ainsi, ce risque – faible - a pu être clairement évalué dans la zone « roche non oxydée », mais seulement dans le cas de minéralisations précoces liées aux strates de type «tourmalinite-hosted » dans les formations du Paramaca inférieur, le risque restant incertain au sein de la zone «saprock ».

### 4.3. IMPACTS CITES MAIS NON VERIFIES/ETUDIES

#### 4.3.1. Autres pollutions de l'eau et des sols

Si l'on possède quelques données sur la perturbation des cours d'eau par le mercure et la turbidité, il ne semble pas y avoir de bibliographie sur la pollution des cours d'eau par les substances autres que le mercure utilisées sur les sites miniers, tels les huiles de vidange, les carburants... De même, aucune donnée n'a été trouvée sur les impacts de ces mêmes éléments dans les sols en Guyane.

On ne dispose pas non plus d'évaluation des déchets générés sur les sites (emballages, carcasses d'engins (Illustration 15) ...), des systèmes d'assainissement des eaux usées ou de l'impact global d'une exploitation sur la qualité de l'air.

Vu l'importance des chantiers et le nombre de personnes impliquées, on peut toutefois estimer que ce type d'impact reste marginal par rapport à ceux décrits dans les paragraphes précédents.



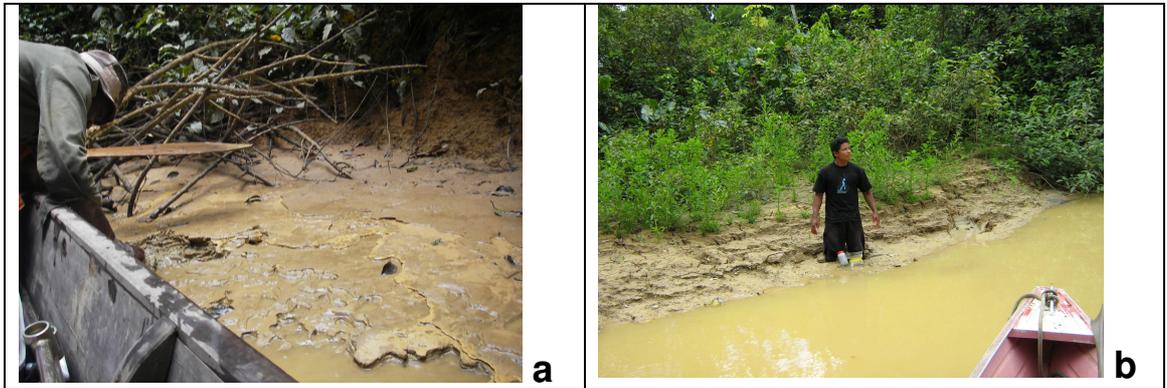
*Illustration 15 : Dragline abandonnée depuis les années 50 sur la concession de Boulanger*

#### 4.3.2. Autres modifications du milieu physique

Le détournement des cours d'eau (création d'un canal de dérivation) est très fréquent et bien visible en vue aérienne. On peut admettre que cela provoque une barrière et une fragmentation des habitats, notamment pour des espèces piscicoles.

L'exploitation minière, de par l'augmentation du ruissellement liée à la déforestation, modifie le comportement hydrologique des cours d'eau, ce qui peut avoir un impact, non encore quantifié, en termes d'érosion des berges.

On envisage par ailleurs assez aisément que l'augmentation de turbidité et de charge en MES puisse induire une modification de la vitesse de courant, provoquant par endroit un envasement des berges (lequel pourrait constituer un « piège » pour certaines espèces animales) (Illustration 16).



*Illustration 16 : Envasement des berges sur la crique Petit Inini (a) et sur la crique Couata (b)*

Le bruit issu de l'activité sur les sites exploités, pourrait constituer aussi un facteur de dérangement relatif pour une certaine faune, surtout dans le cas d'un bruit non continu (explosif par exemple).

Enfin, il est clair que l'activité minière transforme irréversiblement le paysage, modifie le relief et l'accessibilité des zones soumises à exploitation, et qu'en matière de remodelage et réhabilitation du milieu, il sera très difficile – voire illusoire – de revenir à l'état initial non perturbé. Mais dans ce domaine également, on a très peu d'éléments d'information objective sur la dégradation des paysages et le mitage.



## 5. Conclusion et perspectives

Les exploitations aurifères induisent de très nombreux impacts négatifs au niveau de l'environnement en Guyane. Ses impacts sont avérés ; parfois ils sont également quantifiés, mais ce n'est pas toujours le cas.

Les facteurs de nuisances générées par les activités de l'exploitation de l'or sont principalement :

- la déforestation qui provoque l'érosion de sols, détruit les habitats et la continuité forestière, perturbe la flore et la vie animale et contribue à détruire la biodiversité ;
- la turbidité des cours d'eau en aval des sites, polluant fortement le milieu aquatique, qui s'en trouve appauvri, voire débarrassé d'une très grande partie de sa flore et de sa faune ; les estimations les plus récentes font état de milliers de km de linéaires de rivière touchés ;
- l'utilisation du mercure - rémanente en dépit de l'arrêt de son utilisation, au moins chez les exploitants légaux, empoisonnant tous les compartiments de l'écosystème, depuis les sols et les sédiments, l'eau et toute la chaîne trophique aquatique ; ce qui a pour conséquence majeure de faire peser un réel risque sanitaire sur les populations humaines vivant dans ces régions et se nourrissant de poisson ;
- la destruction totale du milieu naturel sur les sites d'exploitation eux-mêmes : les sols, les linéaires de rivières, la flore et la faune (avec en plus une pression cynégétique démesurée), les paysages, etc.

En conséquence, toutes les activités minières en Guyane doivent avoir pour objectif un rejet zéro dans le milieu naturel. De plus, tout ouvrage ayant un impact potentiel sur les cours d'eau doit intégrer dès sa conception - et lors de la rédaction de l'étude d'impact - les conséquences liées aux modifications des dynamiques sédimentaires (érosion, transport des sédiments et colloïdes, lieux d'accumulation, lieux de méthylation potentielle du mercure, etc....).

Il existe une charte des opérateurs miniers en Guyane qui inclut un guide des bonnes pratiques prenant en compte la nécessité de réaliser pour les AEX (autorisations d'exploitation) des notices d'impact, et pour les PEX (permis exclusifs d'exploitation) et les demandes de concessions, des études d'impact sur l'environnement et des notices d'incidences sur les milieux aquatiques. Cette approche est effectivement un pré-requis mais il est nécessaire d'aller plus loin en termes de gestion des eaux car, si l'approche en circuit fermé doit être effectivement favorisée, le point crucial concerne la maîtrise des eaux, difficile durant la saison des pluies. Remédier à cette situation implique une approche de gestion des exploitations plus structurée afin d'éviter tous les rejets dans le milieu naturel, résultant du ruissellement et de l'érosion des terrains

dénudés ou du débordement des lagunes (barranques). Enfin, les techniques d'exploitation d'un site doivent être menées de façon à permettre son réaménagement progressif et coordonné, dès le démarrage des travaux ; c'est, il faut bien l'écrire, encore bien peu souvent le cas en Guyane.

Cette synthèse permet de pointer la faible quantité d'études scientifiques liées aux impacts environnementaux de l'orpaillage dans la région. L'essentiel des données quantitatives actuellement disponibles est le fait des résultats issus du programme Mercure du CNRS, du travail de suivi de la brigade nature de l'ONF, du travail d'HYDRECO et l'étude régionale menée par le BRGM et le CNRS sur la qualité des milieux aquatiques et de la vie piscicole en milieu impacté.

Mais de très nombreuses questions restent posées et on manque réellement de mesures et de données plus systématiques et sur le long terme pour quantifier de nombreux aspects des nuisances engendrées par l'exploitation de l'or. Il serait certainement très bénéfique de pouvoir d'envisager d'augmenter la connaissance sur ces impacts, notamment pour la ressource en eau. La Directive Cadre Européenne sur l'eau (2000/60/CE) impose en effet aux pays européens d'atteindre un bon état écologique des masses d'eau à l'échéance 2015. Tout impact sur la ressource en eau doit être limité. L'état des lieux du district de la Guyane a mis en évidence la présence de masses d'eau de surface présentant de façon très significative un « Risque de Non Atteinte du Bon Etat » (RNABE).

Etudes et dispositifs d'observation sont d'ores et déjà prévus ou en cours de mise en place. Dès 2009, le PAG engagera des protocoles permettant d'évaluer et de suivre en continu les impacts « surface déboisée et linéaire des cours d'eau impactés ». Il engagera également des études pour mieux connaître les effets des MES sur les milieux aquatiques et les populations piscicoles (dans la continuité du travail d'HYDRECO pour la DAF), afin d'évaluer la perte de biodiversité résultant de ces pollutions chroniques. Dans le cadre de la DCE, l'Office de l'Eau a mis en place (1<sup>ère</sup> campagne d'échantillonnage en 2009) un réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface composé de 53 stations dispersées sur tout le territoire de la Guyane ; installé pour 6 ans, ces stations seront échantillonnées deux fois par an pour analyses.

Les personnes rencontrées lors de la récolte de données souhaitent mutualiser le travail sur les futures études. Cette collaboration pourrait s'avérer fructueuse dans la mesure où la synthèse présentée ici est établie de manière presque contemporaine avec un bilan patrimonial de l'ONF lié à l'exploitation aurifère (actuellement en cours de validation en Préfecture de Guyane) et un bilan des impacts de l'orpaillage illégal sur le territoire du Parc Amazonien de Guyane.

En plus de mutualiser les résultats, il est important de pouvoir appliquer les mêmes protocoles d'échantillonnage et de mesures faites par les différentes équipes pour pouvoir comparer l'ensemble des résultats entre eux, entre secteurs géographiques et au cours du temps, et de constituer un véritable groupe de travail et de réflexion multi-organismes. **Un tel objectif relève de la mise en place de ce qui pourrait devenir l'Observatoire Guyanais de l'Impact de l'Exploitation minière sur l'Environnement.** Cette initiative ira ainsi au-delà de ce qui se fait déjà au travers de

l'OAM (Observatoire de l'Activité Minière) géré par l'ONF avec les services de l'Etat concernés et le BRGM, et visant à mutualiser toute l'information utile pour combattre l'activité minière illégale.

**En prémisses au développement d'un tel observatoire, des études scientifiques pluridisciplinaires associant des équipes de chercheurs d'organismes différents en concertation avec les services gestionnaires de sites pourraient être proposées sur des sujets actuellement sensibles :**

- les « hot-spots » en mercure : quelle est leur extension, pour quelles teneurs maximales ? Comment se répartit le mercure dans de telles zones ? Peut-on faire la part du mercure provenant de l'amalgamation du mercure naturel mobilisé ?...
- les trainées de turbidité en aval des exploitations : comment améliorer la décantation ? Peut-on mettre au point des techniques de floculation simples, efficaces et peu coûteuses (à partir de flocculants issus de plantes autochtones par exemple) ?...
- les effets « lisière » : quel est l'impact lié à une mise à nu du terrain sur les bordures forestières ? Comment réagit la végétation en lisière ? Comment minimiser cet impact ?...
- la réhabilitation de sites arrêtés : quel bilan peut-on tirer aujourd'hui des expériences concrètes qui ont été menées à ce jour en Guyane ? Quelles techniques ont fait leurs preuves ? Quelles expérimentations mettre en place pour les conforter ? Quels enseignements peut-on tirer de ce qui se fait dans les pays voisins ? Comment traduire cet ensemble d'informations et de documentation, en parcours techniques concrets et pédagogiques à destination des professionnels ?...



## 6. Bibliographie

Bizi. M., Gaboriau. H., Laperche. V. 2005. Preliminary laboratory study on the impact of gold exploitations in French Guyana on water quality and remobilisation of mercury. In 9th International FZK/TNO - Conference on Soil-Water Systems - Bordeaux - France - Convention Center - 03-07/10/2005.

Boudou A, Ribeyre F. 1997. Mercury in the food web: accumulation and transfer mechanisms. Sigel A, Sigel H, eds. Metal ions in biological systems - Mercury and its effects on environment and biology. New York: M. Dekker. 34, 289-315.

Boudou A., Durrieu G., Maury-Brachet R., Dauta A., Dauta C. et Thomas A. 2001. Bioamplification du mercure et risques à l'égard des populations humaines. Rapport CNRS : 36-65.

Boudou A. Dominique Y. Cordier S. et Frery N. 2006a. Les chercheurs d'or et la pollution par le mercure en Guyane française : conséquences environnementales et sanitaires. Environnement, Risques & Santé 5 : 167-179.

Boudou A., Maury-Brachet R., Durrieu G., Coquery M., Dauta C. 2006b. Chercheurs d'or et contamination par le mercure des systèmes aquatiques continentaux de Guyane - Risques à l'égard des populations humaines. Hydroécol. Appl., 15, 1-18.

Boujard T., Pascal M., Meunier J.F., Le Bail P.Y. 1997. Poissons de Guyane, Guide écologique de l'Approuague et de la réserve des Nouragues, INRA éditions, 219 p.

Bourdineaud J.P., Bénard G., Brèthes D., Fujimura M., Gonzalez P., Marighetto A., Maury-Brachet R., Mormède C., Philippin J.N., Rossignol R., Rostène W., Sawada M. and Laclau M. 2008. Feeding mice with diets made up with mercury-contaminated fish flesh from French Guiana: a model for the mercurial intoxication of the Wayanas Amerindians (article soumis).

BRGM. 1995. L'or en Guyane : Géologie, gîtes, potentialités. Quel avenir pour l'an 2000 ? Rapport BRGM- Ministère de l'industrie, 116p.

Carmouze J.P., Lucotte M. and Boudou A. 2001. Le mercure en Amazonie : rôle de l'homme et de l'environnement, risques sanitaires. IRD, Paris : 494p.

Charlet L., Boudou A. 2002. Cet or qui file un mauvais mercure. La Recherche, 359: 52-59.

Charlet L., Roman-Ross G., Spadini L., Rumbach G. 2003. Solid and aqueous mercury in remote river sediments (Litani River, French Guyana, South America). J. phys., IV, XIIth International Conference on Heavy Metals in the Environment. vol. 107 (1), 281-284.

Cordier S, Grasmick C, Pasquier-Passelaigue M, Mandereau L, Weber JP, Jouan M. 1997. Imprégnation de la population guyanaise par le mercure : niveaux et sources d'exposition. BEH 14 : 59-61.

DIREN 2006. Profil Environnemental de la Guyane, Direction régionale de l'Environnement, Guyane, décembre 2006, 191p.

Dominique Y. 2006. Contamination par les différentes formes chimiques du mercure de la composante biologique du barrage hydroélectrique de Petit Saut, en Guyane Française. Thèse de Doctorat – Université Bordeaux 1, n°3180, 335p.

Durrieu G, Maury-Brachet R, Boudou A. 2005. Goldmining and mercury contamination of the piscivorous fish *Hoplias aimara* in French Guiana (Amazon basin). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60(3), 315-323.

Fadini P.S., Jardim W.F. 1999. Levels of mercury in Negro River basin in Amazon Brazil. *In* Barbosa J.P., Melamed R., Villas-Boas R. (éd.) : 160.

Forget P.M., Poncy O. 2008. Note d'analyse sur la biodiversité et la conservation du patrimoine naturel guyanais. Mission d'expertise réalisée du 3 au 7 décembre 2007 dans le cadre d'une mission d'inspection sur le projet d'exploitation aurifère de camp caïman (CBJ Cambior) sur la montagne de Kaw MNHN, 29p. [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3\\_guyane\\_rapport\\_cle13a82a.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3_guyane_rapport_cle13a82a.pdf).

Fostier A.H., Oliviera S.M.B., Guimaraes J.R.D., Forti M.C., Melfi A.J., Boulet R., Favaro D.I.T., Krug J.F. 1999. Mercury accumulation in natural forested Amazonian soils. *In* Barbosa J.P., Melamed R., Villas-Boas R. (éd.) : 557.

Frery N., Maury-Brachet, R., Maillot E., Deheeger M., Merona de, B., Boudou, A. 2001 - Gold mining activities and mercury contamination of native amerindian communities in french Guiana: key role of fish in dietary uptake. *Environmental Health Perspectives*, 109 (5), 449-456.

Fristch J.-M., 1993. Les effets hydrologiques du déboisement de la forêt amazonienne et d'utilisations alternatives du sol. Grands Bassins Fluviaux, Paris, 22-24 novembre 1993, 411-424.

GEM Impact, 2007. Diagnostic du phénomène Drainage Minier Acide sur des mines d'or primaire en Guyane française - Evaluation des risques associés. Rapport Final pour DIREN.

Giron Y., Diallo-Bourguignon G., Le Bail P.Y. 1999. Etude de faisabilité d'une pisciculture vivrière à Papaïchton, Haut Maroni, Guyane française. Rapport final COFREPECHE, 100p.

Gond V., Brognoli C. 2005. Télédétection et aménagement du territoire : localisation et identification des sites d'orpaillage en Guyane française. *Bois et Forêts des Tropiques*, 286 (4).

- Gonzalez P., Dominique Y., Massabuau J.C., Boudou A., Bourdineaud J.P. 2005 Comparative effects of dietary methylmercury on gene expression in liver, skeletal muscle, and brain of the zebrafish (*Danio rerio*), Environmental Science and Technology, 39 (11), 3972-3980.
- Goguillon B., Bétouille J.L. 1998. Etudes inventaire de l'avifaune de la montagne de Kaw – Asarco « camp Caïman ». ONF, Cayenne.
- Grenand *et al.*, 2003. La chasse en Guyane aujourd'hui : vers une gestion durable? Programme Ecosystèmes Tropicaux 1999-2002 – SILVOLAB, rapport final, 227 p., 2 ann..
- Grimaldi C., Grimaldi M., Guedron S. 2008. Mercury distribution in tropical soil profiles related to origin of mercury and soil processes. Science of The Total Environment, 401, 1-3, 121-129.
- Grimaldi M., Gaudet J.P., Grimaldi C., Melieres M.A., Spadini L. 2001. Sources, stocks et transfert dans les sols et sédiments, Programme mercure en Guyane, Rapport Final, 1ère partie, 4-35.
- Guedron S., 2008. Impact de l'exploitation minière en Guyane française sur les flux de mercure vers les écosystèmes aquatiques. Thèse de doctorat, Univ. J. Fourier, Grenoble, 337p, non publié.
- Guedron S., Charlet L., Grimaldi M., Cossa D. 2007. Dissolved methyl mercury production in gold-mines vs tropical artificial reservoirs (French Guiana). Conference on Geo Environmental engineering (7th Japan-Korean-French Seminar). Grenoble, France (22-24/05/2007), 337-340.
- Guedron S., Grimaldi C., Chauvel C., Spadini L., Grimaldi M. 2006. Weathering versus atmospheric contributions to mercury concentrations in French Guiana soils. Applied Geochemistry, 21, 11, 2010-2022.
- Hoff M. 1996. Les berges du fleuve Sinnamary (Guyane française) : géomorphologie et groupements végétaux. *Hydroécol. Appl.*, 7, 1-2, 151-183.
- Hoff, M., Cremers, G., Chevillotte, H., de Granville J.-J., Guérin V. & Molino J.-F., 2007. Base de données botaniques Aublet2 de l'Herbier de Guyane française (CAY). <http://www.cayenne.ird.fr/aublet2>.
- Horeau V. 1996. La mise en eau du barrage de Petit-Saut (Guyane française) : Hydrobiologie 1- du fleuve Sinnamary avant la mise en eau, 2- de la retenue pendant la mise en eau et 3- du fleuve en aval. Thèse de doctorat. Université d'Aix-Marseille I : 247p.
- Horeau V., Cerdan P. et Champeau A. 1997. La mise en eau du barrage hydroélectrique de Petit-Saut (Guyane) : ses conséquences sur les peuplements d'invertébrés aquatiques et sur la nourriture des poissons. *Hydroécologie Appliquée*. 9 : 213-240.

HYDRECO, 2005. Etude et mesure de la qualité physico-chimique des eaux de l'Approuage au niveau de la Montagne Tortue et son impact sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques. Rapport Final.

HYDRECO, 2006. Etude et mesure de la qualité physico-chimique des eaux de l'Approuage au niveau de la Montagne Tortue et son impact sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques. Rapport Final.

IRD (2001). Qualité des eaux des rivières de Guyane : rapport de synthèse. Mérona Bernard de (ed.), Carmouze Jean-Pierre (ed.), 36 p.

Keith P., Le Bail P. Y., and Planquette, P., 2000. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Collection du Patrimoine Naturel, MNHN (Paris) 43(I) : 286p.

KWATA, 2006. Suivi des populations chez la loutre géante : aide à la conservation d'une espèce emblématique des cours d'eau amazoniens.

Laperche V., R. Maury-Brachet, F. Blanchard, Y. Dominique, G. Durrieu, J.C. Massabuau, H. Bouillard, B. Joseph, P. Laporte, N. Mesmer-Dudons, V. Duflo et L. Callier, 2007. Répartition régionale du mercure dans les sédiments et les poissons de six fleuves de Guyane - Rapport BRGM/RP-55965-FR – Septembre 2007, 201 pages , 72 illustrations, 15 tableaux.

Le Bail P Y., Keith P. and Planquette, P., 2000. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Collection du Patrimoine Naturel, MNHN (Paris). 43(II) : 307p.

Lescure J., Marty C., 2000. Atlas des Amphibiens de Guyane. Patrimoines Naturels, 45: 1-388.

PHYTOTROP, 2004. Activités aurifères anciennes et récentes dans le périmètre de captage des eaux de surface du bassin de la Comté. *In* Etude préalable à la redéfinition des périmètres de protection du captage AEP de la Comté (Guyane) – Rapport BRGM/RP-53480-FR – Novembre 2004, 75 pages, 8 fig., 9 tab., 4 ann., 1 planche hors texte.

Maury-Brachet R., Durrieu G., Boudou A. 2006. Mercury distribution in fish organs and food regimes: significant relationships from twelve species collected in French Guiana (Amazonian basin), *Science of The Total Environment* 368, 1, 1, 262-270.

Mérona de B., Vigouroux R. et Horeau V. 2003. Changes in food resources and their utilization by fish assemblages in large tropical reservoir in South America (Petit-Saut Dam, French Guiana). *Acta Oecologica*. 24 : 147-156.

Meunier, J. F., R. Rojas-Beltran, T. Boujard, and F. Lecomte. 1994. Rythmes saisonniers de la croissance chez quelques Téléostéens de Guyane française. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 27: 423-440.

- Milesi J.P., Egal E., Ledru P., Vernhet Y., Thieblemont D., Cocherie A., Tegye M. Martel-Jantin B., Lagny Ph. 1995. Les minéralisations du Nord de la Guyane française dans leur cadre géologique. *Chronique de la Recherche Minière*, n° 518.
- Muresan Paslaru B. 2006. Géochimie du mercure dans le continuum de la retenue de Petit-Saut et de l'estuaire du Sinnamary, Guyane française. Thèse de Doctorat - Université Bordeaux 1, n°3178, 265p.
- Muresan B., Cossa D., Richard S. and Burban B. 2007. Mercury speciation and exchanges at the air–water interface of a tropical artificial reservoir, French Guiana. *Science of The Total Environment*. 385, 1-3, 132-145.
- ONF, 2006. Bilan patrimonial de l'impact de l'activité aurifère en Guyane. Cartes.
- Parc Amazonien de Guyane, 2008. Bilan des impacts de l'orpaillage illégal sur le territoire du Parc Amazonien de Guyane au 30 septembre 2008.
- Petot J. 1983. Histoire contemporaine de l'or en Guyane (de 1947 à nos jours). Eds de l'Harmattan, Paris, 255p.
- Picot J.C., Foucher J.L., Wagner R., 1993. Production aurifère et mercure utilisé de l'origine à nos jours. Rapport BRGM-R37837.
- Planquette P., Keith P. and Le Bail P. Y., 1996. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Collection du Patrimoine Naturel, MNHN (Paris). 22 :429 p.
- Poncy O., Sabatier D., Prévost M.-F., Hardy I. 2001. The lowland forests: structure and tree species diversity. *In* F. Bongers, P. Charles-Dominique, M. Théry, P.M. Forget, eds, « Nouragues, Dynamics and plant-animal interactions in a neotropical rainforest ». Chap 4 : 31-46. Kluwer, Pays-Bas.
- Programme Mercure en Guyane, 2002. Région du Haut Maroni et lieux de référence ECEREX et Matecho, Rapport final – deuxième partie. 456p.
- Quenel P., Salviuc P. et Godard E. 2007. Le mercure en Guyane : risque sanitaire et enjeux de santé publique. BASAG « Bulletin d'Alerte et de Surveillance Antilles Guyane » 7, 12p.
- Rapport CNRS programme « Mercure en Guyane » 2002. Région du Haut Maroni et lieux de référence Ecerex & Matecho : 82p.
- Richard S. 1996. La mise en eau du barrage de Petit-Saut. *Hydrochimie 1 - du fleuve Sinnamary avant la mise en eau, 2 - de la retenue pendant la mise en eau, 3 - du fleuve en aval. Doctorat Thesis*, Aix - Marseille Univ I, 278p.
- Roulet M., Grimaldi C. 2001. Le mercure dans les sols d'Amazonie. Origine et comportement du mercure dans les couvertures ferrallitiques du bassin amazonien et des Guyanes. *In* « Le mercure en Amazonie », Annexe 2 - IRD Editions (Paris), p.p. 121-165.

Roulet M., Lucotte M. 1995. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. *Water, Air, Soil pollution*, 80, 1079-1088.

Roulet M., Maury-Brachet R. 2001. Le mercure dans les organismes aquatiques amazoniens. In « Le mercure en Amazonie », Annexe 4 - IRD Editions (Paris), p.p. 204-271.

Taubira-Delannon C. 2000. L'or en Guyane : Eclat et artifice. S.L. : S.N., rapport remis à Monsieur le Premier Ministre. *La Documentation Française*, Paris, 157p.

Ter Steege, H., Sabatier, D., Molino, J. F., Bánki, O., Prévost, M.-F., Pelissier, R. 2003. Report of the establishment of a permanent one-hectare plot in Réserve Naturelle Volontaire Trésor. Utrecht University, National Herbarium, Utrecht.

Thomassin J.L. 2008. Le mercure dans l'industrie minière aurifère de Guyane. Rapport BRGM, en cours.

Tümping W.V., Wilken R.D., Einax J. 1996. Mercury deposition resulting from the setting on fire grasslands. Estimation of the annual mercury deposition of the tropical northern Pantanal Region, Central Brazil. In Barbosa J.P., Melamed R., Villas-Boas R. (éd.) : 478.

Weng Ph., Aulong S., Dolbeau X., Guillet J., Orru J.F., Saget M. 2006. Mise en oeuvre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau : District de la Guyane - Plan détaillé d'état des lieux. Rapport BRGM/RP-54630-FR., 143 p, 36 Fig., 38 tab.

## 7. GLOSSAIRE

**(La plupart des définitions sont extraites du dictionnaire de géologie de Foucault et Raoult, 1980 et du Petit lexique de pédologie de Baize, 2004)**

**ACRISOL** : sol caractérisé par la présence d'un horizon très argileux, des minéraux argileux à faibles CEC (capacité d'échange cationique) et un faible taux de saturation. Fréquent dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées chaudes.

**AFFINAGE** : purification de l'or : l'or est séparé des impuretés (principalement le mercure) par chauffage à haute température. Le mercure se transforme en vapeur (il bout à 357 °C) tandis que l'or reste solide (température de fusion : 1063 °C).

**ALLUVION** : sédiment des cours d'eau et des lacs composé, selon les régions traversées et la force du courant, de galets, de graviers et de sable en dépôts souvent lenticulaires, la fraction fine correspond à des argiles et des limons. Alluvions aurifères : alluvions contenant de l'or en quantité exploitable, concentré par tri gravimétrique (placer).

**AMALGAME** : alliage métallique qui se forme facilement, sans chauffage. Cela désigne en général les alliages du mercure avec principalement de l'or, l'argent et d'autres métaux tels l'étain, le cuivre, etc.

**BARRANQUE** : fosse d'exploitation d'une mine alluvionnaire au fond de laquelle la couche minéralisée sera mise en suspension à l'aide de lances monitor. A la fin de l'exploitation d'une barranque, celle-ci sert de bassin de décantation des eaux turbides de l'exploitation de la barranque voisine.

**BATEE** : sorte de grand plat métallique destiné à laver les sédiments pour en extraire les minéraux les plus lourds et notamment l'or.

**BOIS CANON** : le bois canon est un arbre à la peau grise et au tronc creux. De ses larges feuilles argentées, les orpailleurs couvrent la poêle à frire dans laquelle ils chauffent leur amalgame, pour séparer l'or du mercure. Par ce procédé dérisoire, ils se donnent l'illusion de filtrer les vapeurs du mercure qui se dégagent.

**BOITE A MERCURE** : boîte à chicanes ouverte sur le dessus, dont le fond est rempli de mercure. Elle est placée sous le broyeur à décharge verticale. La pulpe entre de force dans le mercure et s'y mélange (à priori) pour ressortir après avoir traversé les chicanes. Les paillettes d'or libérées s'amalgament au passage mais beaucoup de

mercure est entraîné mécaniquement. Des plaques d'amalgamation sont disposées après cette boîte, afin de récupérer une partie du mercure entraîné.

**COLLUVION** : dépôt de bas de pente, relativement fin et dont les éléments ont subi un faible transport à la différence des alluvions.

**CONCENTRATEUR CENTRIFUGE** : appareil permettant de séparer les différentes fractions d'un matériau par centrifugation, le plus lourd (l'or) se concentrant au fond sur le plancher du concentrateur.

**DRAGLINE** : une dragline est un engin d'excavation utilisé dans le génie civil et les mines à ciel ouvert. Cet engin est aussi appelé pelle à drague à godets. Cette pelle mécanique à câbles sert à extraire les matériaux meubles, comme la terre, le sable, le gravier, etc. Elle agit en raclant le terrain. Elle comprend un godet suspendu à une flèche de grue, traîné sur le sol par un câble de halage. Une fois rempli, le godet est relevé à l'aide d'un câble de levage fixé à la potence et mû par un treuil.

**DRAGUE A SUCCION** : drague aspiratrice qui utilise une pompe pour aspirer les alluvions dans le lit du fleuve ou des rivières, pour les déverser sur une rampe de lavage posée sur un radeau.

**ELUVION** : matériau totalement altéré et désagrégé mais qui est resté en place (alors que la colluvion correspond à du matériau qui a glissé sur un versant).

**EPONTE** : bord du filon au contact avec la roche.

**FLYSCH** : formations rocheuses syn-orogéniques (qui se forment en même temps que les montagnes) formées par des alternances de bancs de grès à la base de la formation et de schistes vers le haut de la formation.

**GITE** : synonyme de gisement mais réservé le plus souvent à des masses minérales comportant un ou plusieurs métaux susceptibles d'une exploitation (gîte métallifère).

**GRAUWACKE** : roche sédimentaire détritique de la classe des arénites ; en général de teinte sombre, à ciment assez abondant (20% environ) d'origine marine, constituée de grains anguleux, de dimension comprise entre 60 µm et 2 mm : feldspath, quartz, micas, débris à grains fins (roches magmatiques basiques et schistes), cimentés par un liant argileux riche en chlorite, ce qui la colore en vert. Faiblement métamorphisé, elle est souvent abondante dans diverses séries du Paléozoïque.

**HYDROMORPHE** : qualifie un horizon ou un sol dont la morphologie a été fortement influencée par des excès d'eau temporaires ou permanents.

**JIG** : appareil utilisé pour l'enrichissement gravimétrique des minéraux solides. Il utilise le principe de l'action d'un mouvement de pulsations verticales de l'eau à travers

une masse de minerais qui provoque un classement des différents constituants. La capacité peut varier de 0,5 à 50 t h<sup>-1</sup>.

**LONGTOM** : ancêtre du sluice. Caisse en bois rectangulaire où est débourbé le minerai, d'un côté fermée par une grille et relié de l'autre à une arrivée d'eau et qui sépare l'or du minerai.

**MAGMATIQUE** (qui provient du magma) : de la couche minérale en fusion située sous la croûte terrestre.

**METALLOGENIQUE** : en rapport avec la métallogénie, science qui étudie les gisements métallifères et leur formation.

**MONITORING** : utilisation de lance monitor (lance hydraulique). Les pelleteuses déposent les graviers aurifères sur les sluices et sous la pression des lances hydrauliques les argiles sont transformées en boue très liquide et les pépites d'or sont retenues dans les grilles.

**OROGENESE** : processus de formation d'une chaîne de montagnes.

**OXYSOL** : sol ferrallitique qui se rapporte à des sols comportant principalement des oxydes de fer et d'aluminium hydratés et peu de silice, formé dans de bonnes conditions de drainage.

**PLACER** : zone d'accumulation et de concentration anormale d'un métal ou d'un minéral dans des alluvions.

**PULL-APART** : bassin formé par extension de la croûte terrestre dans un système de failles de coulissage.

**ROCHES VERTES** : expression désignant d'une manière générale l'ensemble des roches magmatiques, plutoniques et effusives, basiques et ultrabasiques, dont la teinte verte est due au développement de chlorite, épidote, amphibole et serpentine du fait de l'altération et, plus souvent, du métamorphisme.

**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.

**STOCKWORK** : réseau de petites veines remplies de minerai dans une roche.

**TABLE A SECOUSSES** : table, posée sur un support en acier, inclinée, vibrante, permettant de séparer l'or, plus lourd, du sable ; avec cette technique, l'amalgamation au mercure n'est plus nécessaire.

**TABLE D'AMALGAMATION** : procédé qui consiste à faire passer la pulpe (minerai sous forme de boue) sur des plaques en cuivre recouvertes d'une fine couche

de mercure disposées sur des tables en bois à la sortie du broyeur et qui permet de récupérer le mercure contenu dans la pulpe.

**TAXONOMIE** : classification des organismes vivants en fonction de leurs caractéristiques.

**TURBIDITE** : la turbidité de l'eau est fonction de la quantité des diverses matières en suspension : argiles, limon, matière organique et minérale en fines particules, plancton. La turbidité correspond à la propriété optique de l'eau qui fait que la lumière incidente est diffusée ou absorbée. La turbidité, telle qu'elle est définie dans la méthode néphélométrique correspond à une mesure non spécifique de la concentration des solides en suspension. Une turbidité de NTU < 5 correspond à une eau claire, une turbidité comprise entre 5 < NTU < 30 correspond à une eau légèrement trouble et turbidité de NTU > 50 correspond à une eau trouble.

## **Annexe 1**

### **Production d'or en Guyane de 1857 à 2007**

**(d'après J. Petot, 1983 et des données DRIRE et  
BRGM)**



## Production d'or fin en Guyane française

Année	Production d'or fin										
	en kg	en kg cum									
1857	11	11	1905	3 130	77 667	1953	151	160 847	2001	4 058	200 125
1858	41	52	1906	3 583	81 250	1954	47	160 894	2002	3 255	203 380
1859	54	106	1907	4 056	85 306	1955	262	161 156	2003	3 347	206 727
1860	91	197	1908	4 471	89 777	1956	217	161 373	2004	2 835	209 562
1861	169	366	1909	3 964	93 741	1957	316	161 689	2005	2 576	212 138
1862	170	536	1910	3 658	97 399	1958	661	162 350	2006	3 083	215 221
1863	396	932	1911	3 795	101 194	1959	565	162 915	2007	2 671	217 892
1864	346	1 278	1912	3 873	105 067	1960	696	163 611			
1865	312	1 590	1913	3 762	108 829	1961	313	163 924			
1866	288	1 878	1914	2 943	111 772	1962	196	164 120			
1867	343	2 221	1915	3 379	115 151	1963	217	164 337			
1868	297	2 518	1916	3 055	118 206	1964	-	164 337			
1869	382	2 900	1917	2 755	120 961	1965	-	164 337			
1870	313	3 213	1918	2 255	123 216	1966	20	164 357			
1871	726	3 939	1919	1 954	125 170	1967	236	164 593			
1872	758	4 697	1920	1 767	126 937	1968	159	164 752			
1873	832	5 529	1921	1 297	128 234	1969	111	164 863			
1874	1 432	6 961	1922	1 014	129 248	1970	73	164 936			
1875	1 996	8 957	1923	1 434	130 682	1971	72	165 008			
1876	1 858	10 815	1924	1 255	131 937	1972	34	165 042			
1877	1 633	12 448	1925	1 212	133 149	1973	42	165 084			
1878	1 754	14 202	1926	1 407	134 556	1974	35	165 119			
1879	2 171	16 373	1927	1 361	135 917	1975	76	165 195			
1880	1 928	18 301	1928	1 414	137 331	1976	88	165 283			
1881	1 977	20 278	1929	1 522	138 853	1977	150	165 433			
1882	1 621	21 899	1930	1 367	140 220	1978	90	165 523			
1883	1 894	23 793	1931	1 477	141 697	1979	60	165 583			
1884	1 954	25 747	1932	1 507	143 204	1980	99	165 682			
1885	1 655	27 402	1933	1 493	144 697	1981	166	165 848			
1886	1 594	28 996	1934	1 416	146 113	1982	162	166 010			
1887	1 785	30 781	1935	1 474	147 587	1983	250	166 260			
1888	2 028	32 809	1936	1 417	149 004	1984	315	166 575			
1889	1 937	34 746	1937	1 435	150 439	1985	407	166 982			
1890	1 335	36 081	1938	1 320	151 759	1986	326	167 308			
1891	1 520	37 601	1939	1 229	152 988	1987	514	167 822			
1892	1 569	39 170	1940	1 185	154 173	1988	522	168 344			
1893	1 702	40 872	1941	1 120	155 293	1989	544	168 888			
1894	2 922	43 794	1942	847	156 140	1990	870	169 758			
1895	2 933	46 727	1943	641	156 781	1991	1 417	171 175			
1896	3 056	49 783	1944	579	157 360	1992	2 140	173 315			
1897	2 589	52 372	1945	642	158 002	1993	2 795	176 110			
1898	2 322	54 694	1946	614	158 616	1994	2 267	178 377			
1899	2 291	56 985	1947	464	159 080	1995	2 470	180 847			
1900	2 170	59 155	1948	424	159 504	1996	2 949	183 796			
1901	2 950	62 105	1949	224	159 728	1997	3 183	186 979			
1902	4 244	66 349	1950	401	160 129	1998	2 673	189 652			
1903	4 325	70 674	1951	311	160 440	1999	2 870	192 522			
1904	3 863	74 537	1952	256	160 696	2000	3 545	196 067			

*Remarques : suivant les auteurs, quelques écarts peuvent apparaître au niveau de la restitution des informations : s'agit il d'or fin (100%) ou d'or de première fusion Doré (impureté = cuivre et argent). Très souvent, des valeurs sont fournies en données brutes, en attente de validation par des analyses de raffinage. La restitution des résultats d'analyses pouvant durer plusieurs mois, voire ne pas être réalisées, il s'en trouve que les valeurs initialement annoncées perdurent jusqu'à l'oubli de la correction a posteriori.*



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Guyane**  
Domaine de Suzini  
Route de Montabo - B.P. 552  
97333 CAYENNE CEDEX 2  
Tél. : 05 94 30 06 24