



BUREAU D'ETUDES EN ENVIRONNEMENT

Etudes d'impact - Gestion de l'environnement

Analyses et recherches en chimie des eaux de surface

Analyses et recherches en biologie :

invertébrés terrestres et aquatiques, poissons



CERTIFICAT
N° 05 12 1765

Agrément crédit
d'impôts en faveur
de la recherche

Laboratoire Environnement de Petit Saut – B.P. 823 – 97388 KOUROU Cedex

hydreco-labops@wanadoo.fr

Tél. : 05 94 32 40 79

Fax. : 05 94 32 21 29

ÉTUDE DE L'IMPACT DE L'ORPAILLAGE ALLUVIONNAIRE SUR LA QUALITE DES MILIEUX AQUATIQUES ET LA VIE PISCICOLE

**Etude et mesure de la qualité physico-chimique
des eaux de l'Approuague au niveau de la
Montagne Tortue et son impact sur les
populations de poissons et d'invertébrés
aquatiques.**

2006

Rapport final

Contrat Hydreco – DAF

ETUDE DE L'IMPACT DE L'ORPAILLAGE ALLUVIONNAIRE SUR LA QUALITE DES MILIEUX AQUATIQUES ET LA VIE PISCICOLE

Etude et mesure de la qualité physico-chimique des eaux de l'Approuague au niveau de la Montagne Tortue et son impact sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques.

Rapport final

Mots clés

Matières en suspension, turbidité, orpillage, poissons, invertébrés aquatiques, Guyane, Approuague.

En bibliographie, ce rapport sera cité de façon suivante :

Vigouroux R., Guillemet L., Pache C. & Cerdan P. – 2006 Etude de l'impact de l'orpillage alluvionnaire sur la qualité des milieux aquatiques et la vie piscicole. Etude et mesure de la qualité physico-chimique des eaux de l'Approuague au niveau de la Montagne Tortue et son impact sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques. 44p. Rap. Hydréco-DAF

© Hydréco 2006, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du client (la DAF).

Table des Matières

I - INTRODUCTION	4
II - METHODOLOGIE	5
II.1 - CHOIX DES STATIONS	5
<i>II.1.1 - La qualité physico-chimique des eaux et débits</i>	7
II.1.1.1 - Amont de la zone d'étude.....	7
II.1.1.2 - Zone d'étude.....	7
II.1.1.3 - Aval de la zone d'étude.....	8
<i>II.1.2 – Le peuplement piscicole</i>	8
<i>II.1.3 – Les invertébrés aquatiques</i>	8
II.1.3.1 - Crique Ipoucin.....	9
II.1.3.2 – Crique Tortue.....	9
II.2 – ECHANTILLONNAGE.....	9
<i>II.2.1 – Débits et qualité physico-chimique des eaux</i>	9
<i>II.2.2 – Le peuplement piscicole</i>	9
<i>II.2.3 - Les invertébrés aquatiques</i>	10
II.3 - TRAITEMENT DES DONNEES.....	11
<i>II.3.1 – La qualité physico-chimique</i>	11
<i>II.3.2 - Le peuplement piscicole</i>	11
<i>II.3.3 - Les invertébrés aquatiques</i>	11
III - RESULTATS	13
III.1. – DEBITS ET QUALITE PHYSICO-CHIMIE DES EAUX.....	13
<i>III.1.1 - Débits</i>	13
<i>III.1.2 - Paramètres Physico-chimiques</i>	13
<i>III.1.3 – Turbidité et MES</i>	14
III.2 - LE PEUPEMENT PISCICOLE.....	20
<i>III.2.1 - Les captures</i>	20
III.2.1.1 – Zone amont.....	20
III.2.1.2 – Ipoucin et Tortue.....	21
III.2.1.3 – Zone aval.....	22
<i>III.2.2 - La richesse</i>	24
<i>III.2.3 - Diversité des stations</i>	25
<i>III.2.4 – Interprétation</i>	25
III.3 - LES INVERTEBRES AQUATIQUES.....	27
<i>III.3.1 - Caractérisation du peuplement des différentes stations</i>	28
<i>III.3.3 - Interprétation</i>	30
III.3.3.1 - Le SMEG (Score Moyen des Ephéméroptère de Guyane).....	30
III.3.3.2 - Relation avec la turbidité.....	33
IV – DISCUSSION – CONCLUSION	34
V - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	36
ANNEXES	39

Liste des Illustrations

Figure 1 : Localisation des différentes stations d'échantillonnage sur l'ensemble du fleuve Approuague.	6
Figure 2 : Situation des stations d'échantillonnage de la faune aquatique au niveau de la zone d'étude.	6
Figure 3 : Corrélation entre la turbidité et les MES.	15
Figure 5 : Corrélation entre la turbidité et la proximité des chantiers d'orpaillage.	17
Figure 6 : Relation entre la Turbidité et les MES en fonction des conditions d'exploitations. <i>Crique Tortue (pas de chantier), Ipoucin A (chantier en activité), Ipoucin B (Chantier à l'arrêt)</i>	18
Figure 7 : Evolution de la turbidité du panache de rejet des criques Tortue et Ipoucin au niveau de l'Approuague en fonction des conditions climatiques.	19
Figure 8 : Structure en biomasse des peuplements échantillonnés sur la zone amont (Ilet Lézard)	21
Figure 9 : Structure en biomasse des peuplements échantillonnés sur les criques Ipoucin (A) et Tortue (B).	22
Figure 10 : Structure en biomasse des peuplements échantillonnés sur en aval de Saut Mathias.	23
Figure 11 : Evolution de la richesse spécifique capturée sur les trois zones d'études (A) et relation Richesse / Nombre d'individu capturés correspondante (B).	24
Figure 12 : Evolution de la diversité et de la régularité sur les trois secteurs étudiés.	25
Figure 13 : Répartition des différents taxons récoltés sur les dix stations	28
Figure 14 : AFC réalisée avec les peuplements d'invertébrés aquatiques des dix stations échantillonnées	29
Figure 15 : Evolution de l'indice de Shannon (1948) sur l'ensemble de la zone.....	30
Figure 16 : Représentation cartographique des classes d'intégrité	32
Figure 17 : Corrélation entre la turbidité et le SMEG : a) en saison des pluies ;b) total	33

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Résultats des mesures des paramètres de la qualité physico-chimique des eaux effectuées le long du fleuve Approuague en aval de la crique Arataï.....	13
Tableau 2: Captures en nombre d'individus (N) et en biomasse (Pds) au niveau de l'îlet Lézard. (Pds=Poids).	20
Tableau 3 : Captures en nombre d'individus (N) et en biomasse (Pds) au niveau des criques Ipoucin et Tortue.	21
Tableau 4 : Captures en nombre d'individus (N) et en biomasse (Pds) au niveau de saut Mathias	23
Tableau 5 : Liste faunistique globale des invertébrés aquatiques collectés sur les 10 stations échantillonnées	27
Tableau 6 : Liste taxonomique des genres d'éphéméroptères récoltés.....	30
Tableau 7 : Détail du calcul de l'indice SMEG	31

I - Introduction

L'actuelle prolifération des sites d'exploitation de l'or alluvionnaire sur la plupart des cours d'eau Guyanais rend impératif le besoin de qualifier et quantifier l'impact de cette activité sur le milieu récepteur.

Une des principales nuisances liées à l'orpaillage est l'impact dû aux Matières En Suspension (MES). Les eaux continentales peuvent naturellement atteindre des valeurs de 15 à 20 mg/l toutefois de manière limitée dans le temps. Les écosystèmes sont considérés comme peu modifiés avec des valeurs atteignant 30 mg/l. Au-dessus, des impacts sur la vie aquatique sont bien visibles.

Ces résultats sont regroupés dans une synthèse bibliographique (Cerdan *et al.*, 2005) de l'impact des MES en Guyane sur les différents cours d'eau. Suite à cette synthèse, une campagne de mesure a été effectuée lors de la saison sèche 2005 dans le but de définir le linéaire de rivière impacté par l'orpaillage alluvionnaire en condition légale afin de délivrer des autorisations d'exploiter tout en permettant à la vie aquatique de se maintenir.

Cependant des chantiers clandestins existent tout au long de l'Approuague comme sur la majorité des fleuves de Guyane. Même en amont de la crique Arataï (zone de réserve), l'eau de l'Approuague est turbide et chargée en MES. Lors de cette première mission, nous avons rencontré de nombreux chantiers d'orpaillage clandestins en remontant les criques Ipoucin et Tortue dont les impacts se mêlent et se surajoutent à ceux des chantiers déclarés. De plus, l'aspect temporel des impacts liés à ces rejets de MES a été mis en évidence tant sur le plan des conditions climatiques que des organismes utilisés pour mesurer l'état de qualité du milieu.

Ainsi, une seconde mission a été programmée lors de la saison des pluies 2006 afin de compléter les données recueillies en octobre 2005 et améliorer les relations alors mises en évidence notamment entre la turbidité et les MES. Elle a également pour objectif de clarifier et de spécifier les capacités des organismes choisis pour suivre l'évolution de la qualité des eaux (notamment les invertébrés et dans une moindre mesure les poissons) à une période fonctionnellement et structurellement différente de l'état du milieu. Au final, le présent travail a pour but de répondre plus précisément à la question déjà posé lors de la première mission : « avec tel débit et avec telle charge en MES le fleuve peut-il retrouver une certaine stabilité ? »

II - Méthodologie

La campagne de terrain de cette étude a été réalisée en saison des pluies (du 5 juin au 12 juin 2006). La méthodologie générale de l'étude est similaire à celle réalisée lors de la campagne de saison sèche 2005.

II.1 - Choix des stations

Pour prendre en considération la problématique posée - trois études différentes et complémentaires (qualité physico-chimique des eaux, poissons et invertébrés aquatiques) ont été effectuées conjointement – et dans le but de pouvoir faire des comparaisons représentatives de l'évolution du milieu d'étude, les stations d'échantillonnage et la chronologie suivie est exactement la même que celle réalisée lors de la campagne de saison sèche 2005 (Fig. 1 et 2):

Ainsi, afin d'apporter des éléments de réponse rapide à la problématique exposée - et au vu de la proximité des deux criques ciblées, il a été établi la chronologie suivante :

- Point zéro général en amont de la crique Ipoucin, au niveau de l'îlet Léopard (Fig. 2) : analyse de la qualité des eaux, caractérisation des dépôts du fond et étude de la faune aquatique (poissons et invertébrés) ; lorsque le milieu est homogène sur toute la largeur du fleuve Approuague et considéré comme équivalent au point zéro (par rapport à la turbidité), cette même analyse est réalisée.
- Sur la zone d'étude proprement dite, les stations d'échantillonnage ont été choisies en fonction des compartiments étudiés ;



Figure 1: Localisation des différentes stations d'échantillonnage sur l'ensemble du fleuve Approuague.

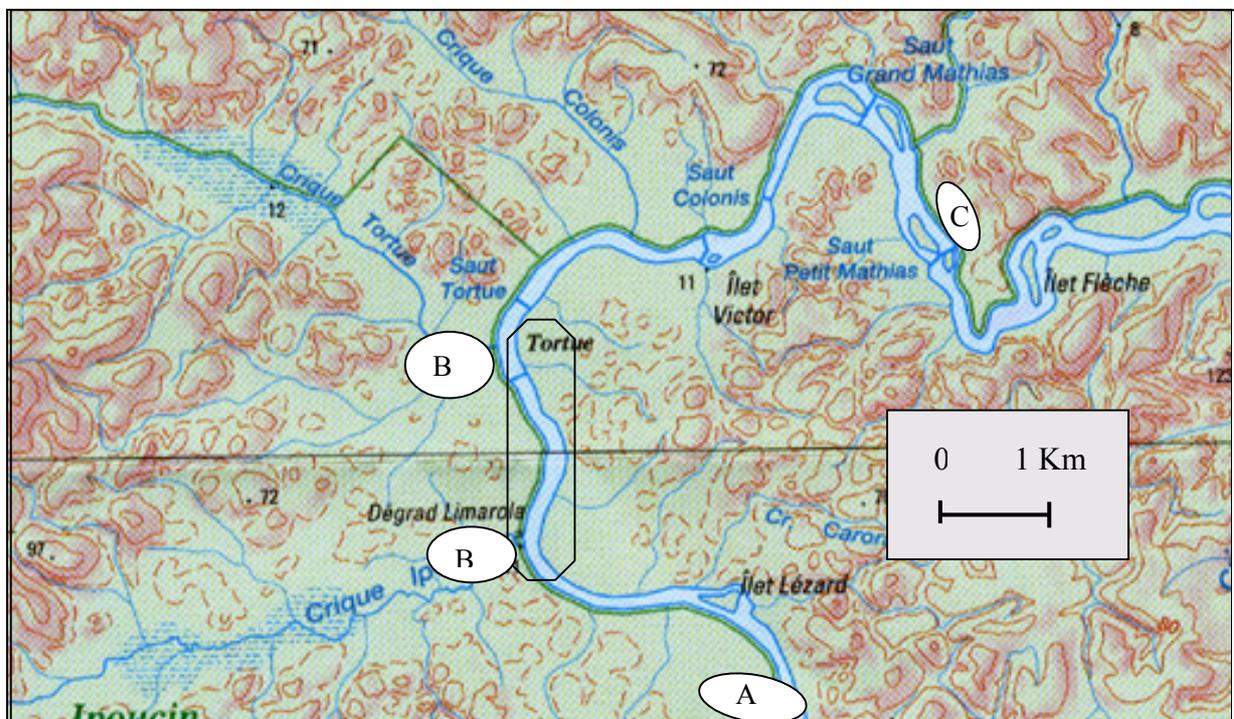


Figure 2 : Situation des stations d'échantillonnage de la faune aquatique au niveau de la zone d'étude.
A : point zéro ; *B* : points intermédiaire (B1 Ipoucin, B2 Tortue) ; *C* point aval

II.1.1 - La qualité physico-chimique des eaux et débits

II.1.1.1 - Amont de la zone d'étude

Une mesure initiale des MES et des paramètres physico-chimiques selon un transect transversal a été effectuée dans le fleuve Approuague au niveau de la confluence avec l'Arataï afin de déterminer une valeur au plus haut sur ce fleuve.

Le paramètre turbidité est préférentiellement suivi sur un transect longitudinal afin de connaître l'évolution de la turbidité en fonction de l'influence des différentes criques rencontrées en amont de la zone d'étude. Ainsi, à partir de la crique Arataï (point le plus haut sur le fleuve Approuague que nous ayons échantillonné) une mesure de la turbidité est effectuée tous les 500 mètres sur un transect transversal du fleuve jusqu'à la première rupture de pente rocheuse (premier saut situé à environ 5Km en aval de l'Arataï) où une homogénéité de la mesure est alors observée le long du transect transversal. Par la suite, les mesures sont effectuées tous les kilomètres dans l'axe du fleuve.

Une station supplémentaire a été mesurée en amont de la zone d'étude (Fig. 1). Il s'agit de la crique Benoît, car elle présente des similitudes avec les deux criques cibles (Ipoucïn et Tortue) : un faible débit, la présence d'orpaillage depuis plus un an (visible en avril 2005 au cours d'une de nos études sur l'Approuague) et elle avait ainsi déjà été prise en compte dans la première étude de saison sèche 2005.

Une autre crique également orpaillée fin 2005, l'Ekini, présentait cette fois-ci une eau claire indiquant que les orpailleurs avaient délaissé cet endroit. Seul un prélèvement d'eau pour analyses des MES en conditions naturelles a été effectué ; Il en va de même pour la crique nommée Grande Crique située à 26 Km de l'Arataï qui présentait une eau claire.

II.1.1.2 - Zone d'étude

La méthodologie est la même que celle appliquée lors de la campagne de saison sèche 2005. seuls quelques modifications ont été apportées afin de permettre une meilleure comparaison entre les deux criques (et éventuellement entre les deux campagnes de mesures).

- 1- Cinq transects ont été réalisés en amont et en aval de chaque crique ainsi qu'à l'intérieur de celles-ci afin de mesurer le débit des différentes stations.
- 2- Tous les 100 m, une mesure de la turbidité est effectuée dans le panache de sortie des criques cibles et ceci jusqu'à retrouver des valeurs similaires à celle mesurée au point zéro;
- 3- A l'aval des criques Ipoucïn et Tortue :

Tous les 300 m, une mesure de la qualité physico-chimique (MES, température, oxygène dissous, pH, turbidité, conductivité, potentiel Redox) est effectuée selon un transect transversal du fleuve (Rive droite, milieu et panache). Cette procédure nous permet de déterminer l'évolution conjointe de la turbidité et des MES le long du panache de la crique Ipoucïn ainsi que la largeur du panache et de la dispersion des MES au sein du fleuve.

- 4- Sur chacune des criques, un suivi longitudinal de la turbidité a été effectué afin de déterminer l'évolution amont-aval de ce paramètre et de pouvoir estimer par la suite la quantité de MES correspondante.

II.1.1.3 - Aval de la zone d'étude

Afin de déterminer le point le plus en aval de la zone d'étude qui présente des conditions équivalentes au point zéro (comme pour la confluence entre l'Approuague et l'Arataï) des mesures de MES et de paramètres physico-chimiques selon un transect transversal ont été réalisées. Afin d'avoir un suivi longitudinal, cinq autres points ont été effectués en aval de la zone d'étude au niveau des sauts Grand Mathias, Petit Mathias, Athanase, Mapaou et Tourépé.

II.1.2 – Le peuplement piscicole

Le point zéro est situé au niveau de l'îlet Lézard (Fig. 2). Afin d'avoir un aperçu de l'ensemble du peuplement en place, tous les habitats disponibles sont échantillonnés. Une batterie de filets (voir III.2 ci-dessous pour le descriptif de l'échantillonnage) est donc placée en rive droite de l'île, partie qui regroupe des plantes arbustives recouvrant les berges et une profondeur relativement faible. Une autre batterie est située en rive gauche légèrement en dessous de l'île, partie au milieu plus encombrée d'arbres morts et d'une végétation haute. L'ensemble des filets les plus en aval est situé à plus d'un kilomètre au-dessus de la crique Ipoucin.

Le point d'étude de l'impact des émissions de MES par les deux criques est étudié comme suit :

- une batterie est placée directement et uniquement dans le panache de la crique Ipoucin, le dernier filet étant situé à environ 1,5 km au-dessus de la crique Tortue ;
- une deuxième batterie est placée directement et uniquement dans le panache de la crique Tortue, le dernier filet étant situé à environ 1 Km au-dessus du saut Colonis.

Le point le plus en aval correspondant à un milieu homogène est effectué entre les sauts Grand Mathias et Petit Mathias. Comme pour le point zéro et afin d'échantillonner tous les habitats en place, une batterie est placée en rive gauche (présence de courant moyen à fort avec des zones calmes et profondes sous une végétation de taille moyenne à haute avec une surface recouvrant le fleuve assez importante). Quelques zones à courant plus faible et avec la présence de moucou-moucou et une autre est située en rive droite (zone lente à faible profondeur d'eau avec des plantes arbustives basses recouvrantes).

II.1.3 – Les invertébrés aquatiques

Le point zéro amont est effectué à une cinquantaine de mètres en amont de la crique Ipoucin sur le fleuve Approuague.

II.1.3.1 - Crique Ipoucin

Un prélèvement est effectué au point le plus haut de notre remontée à l'intérieur de la crique.

Au niveau du panache de sortie de la crique, un prélèvement est effectué immédiatement sous la confluence puis 3 prélèvements sont réalisés tous les 600 m jusqu'à la crique Tortue.

II.1.3.2 – Crique Tortue

Le dernier prélèvement effectué dans le panache de sortie de la crique Ipoucin fait office de point zéro pour la crique Tortue.

Comme pour la crique Ipoucin, un prélèvement est effectué au plus haut de notre remontée à l'intérieur de la crique.

II.2 – Echantillonnage

II.2.1 – Débits et qualité physico-chimique des eaux.

Les profils sont enregistrés grâce à un courantomètre profiler acoustique Doppler de mesure de débit (ADP RiverSurveyor de Son Teck/Ysi) conçu pour mesurer le débit. Il utilise des impulsions acoustiques pour mesurer la vitesse de l'eau en trois dimensions (X/Nord, Y/Est, Z/Haut). Le RiverSurveyor mesure des profils verticaux de vitesse, du niveau et de la vitesse du bateau le long de la trajectoire. Il calcule séquentiellement le débit par incréments verticaux (cellules) d'une rive à l'autre. Les données sont enregistrées et traitées sur Portable PC par le logiciel RiverSurveyor sous Windows.

Les échantillons d'eau sont collectés pour l'analyse des MES : sur le terrain un volume d'eau est filtré sur filtre en fibre de verre qui est ensuite mis dans de l'azote liquide pour une pesée ultérieure au laboratoire (filtration selon les normes Afnor NF EN 872 [T 90-105-1]).

Les paramètres, tels que la turbidité, le taux d'oxygène dissous, la conductivité et le pH, sont mesurés in situ à l'aide d'un turbidimètre ou d'une sonde multiparamètres (Datasonde HYDROLAB).

Les dépôts au fond du cours d'eau seront, dans la mesure du possible, collectés (dragues) sur plusieurs points de chaque profil pour estimer l'importance du colmatage.

II.2.2 – Le peuplement piscicole

La méthode d'échantillonnage utilisée est celle des filets maillants de surface car elle présente l'avantage d'être standardisée et reproductible (Lauzanne *et al.*, 1993).

Utilisés dans le cours principal des criques, les filets sont regroupés par batterie de 10 filets de superficie identique de 50 m² (25 m de long sur 2 m de hauteur) et de mailles allant de 10 à 70 mm. Cela permet de récolter des individus de toutes les tailles et de voir, de manière qualitative, si la population d'une espèce couramment échantillonnée, présente des classes d'âges équilibrées. Deux batteries sont utilisées pour échantillonner tous les habitats disponibles. Pour l'analyse du panache de MES, une batterie est placée dans la partie amont

(panache Ipoucin), l'autre dans la partie aval (panache Tortue). Les filets sont posés le soir avant la tombée de la nuit et relevés le lendemain matin.

Chaque poisson est déterminé à l'espèce puis mesuré et pesé individuellement. Des prélèvements d'estomacs pour l'analyse des régimes alimentaires sont effectués. L'estomac est prélevé sur le terrain et conservé dans l'alcool (70°) jusqu'à l'analyse de son contenu sous stéréo-microscope au laboratoire. Dans la mesure du possible, la détermination du sexe des individus est également effectuée.

II.2.3 - Les invertébrés aquatiques

Pour appréhender les diverses communautés d'invertébrés aquatiques, différentes techniques de prélèvements ont été utilisées et regroupées au sein d'une même unité d'échantillonnage :

Pour la faune pélagique :

Des filets de dérive de 100 μ , ont été utilisés. Ces filets, de forme conique (0,3 m de diamètre à l'ouverture ; 0,77 m de profondeur) permettent de filtrer une certaine quantité d'eau, ici 100 litres.

Les organismes, ainsi récoltés sont alors conservés dans du formol à 5 %, puis triés et dénombrés au laboratoire sous loupe binoculaire.

Pour la faune benthique :

Le filet troubleau, est utilisé en berge, en prenant soin de prélever à contre courant. De manière à obtenir un prélèvement quantitatif, un temps de manipulation est fixé en fonction de la densité apparente des organismes. Ce temps a été fixé à 1 minute. Ces prélèvements ont été réalisés à l'identique sur les trois rivières, un en rive droite et un en rive gauche.

Nous utilisons également une drague qui est traînée au fond de la rivière. Le sédiment ainsi prélevé (0,15 m³) est rincé puis filtré sur une maille suffisamment fine pour retenir les organismes. Ce matériel est également conservé dans du formol titré à 5 % puis trié sous loupe binoculaire.

Au laboratoire, tous les organismes sont triés et dénombrés le plus souvent par famille. L'identification de ces invertébrés aquatiques est réalisée grâce aux ouvrages de Mc Cafferty (1981), Merrit & Cummins (1998), Fernandez & Dominguez (2001), Tachet & al. (2002) et Depuy & Thomas (2001) ainsi qu'à divers travaux sur certains groupes de Guyane (Scibona, 1999 ; Depuy, 2001 ; Orth *et al.*, 2001 ; Fossati *et al.*, en cours). Des travaux sur du matériel guyanais, notamment sur des éphémères (Dominguez *et al.*, 1997 ; Orth *et al.*, 2000 ; Thomas *et al.*, 2000 ; Thomas *et al.*, 2001 a et b ; Dominique *et al.*, 2001 a et b) nous permettent dans certains cas d'identifier au genre voire à l'espèce. Les éphémères sont d'ailleurs tous conservés séparément puis identifiés à l'espèce et le cas échéant, en fonction de la difficulté de détermination rencontrée, sont envoyés au Pr. Alain Thomas (université Paul Sabatier de Toulouse) spécialiste de ce groupe. Ces déterminations nous permettent de calculer le SMEG (Score Moyen des Ephéméroptères Guyanais), indice de qualification des eaux douces guyanaises à partir des Ephéméroptères actuellement en cours de validation.

II.3 - Traitement des données

L'ensemble des traitements informatiques est réalisé à l'aide du logiciel Statistica et de l'utilitaire d'analyse pour Excel : Xlstat 4.6.

II.3.1 – La qualité physico-chimique

Des corrélations ont été réalisées afin d'établir certaines correspondances entre la turbidité et les MES et entre la turbidité et la distance des chantiers d'orpaillage.

II.3.2 - Le peuplement piscicole

Dans la mesure où l'effort de pêche est identique pour les trois stations échantillonnées lors de cette campagne, les captures spécifiques sont exprimées en nombre et poids par espèce pour une nuit de pêche par station.

Afin de comparer les trois stations, les indices de diversité et de régularité de Shannon sont calculés. Un autre indice de diversité donnant des informations sur la structure même du peuplement sera également utilisé. Il s'agit de la constante de Motomura ou pente de la droite d'ajustement des graphiques de distributions des abondances spécifiques ordonnées (en logarithme). La corrélation linéaire obtenue, ou corrélation de Motomura, renseigne sur le degré d'équilibre des peuplements. Selon cet indice, l'ajustement est rigoureux pour $r > 0,99$; satisfaisant pour $0,98 < r < 0,99$ et non vérifié pour $r < 0,95$.

Le régime alimentaire est obtenu par l'examen du contenu stomacal sous microscope stéréoscopique. Huit types d'aliments sont considérés : les végétaux supérieurs (feuille, fruit, graine, racine...) les algues macroscopiques, les invertébrés terrestres, les invertébrés aquatiques (hormis macrocrustacés et zooplancton), le plancton (zoo- et phytoplancton), les macrocrustacés (crevettes et crabes), les poissons et le sédiment (incluant la boue benthique, la pellicule organique, les détritits, etc.). Les résultats de ces analyses sont exprimés en pourcentage moyen pour l'ensemble des estomacs de chacune des espèces. La structure trophique des peuplements de chaque crique suit la méthodologie établie par Mérona de *et al.*, (2003).

II.3.3 - Les invertébrés aquatiques

Les effectifs seront exprimés, sauf indication contraire, par unité d'échantillonnage. Nous pourrions ainsi définir et caractériser le peuplement de chaque station et montrer les différences ou les similitudes qui peuvent exister entre elles.

L'indice de Shannon (1949) couramment utilisé en écologie aquatique en tant que paramètre synthétique de la structure des peuplements pour évaluer les effets de pollution ou de perturbations anthropiques sur les communautés biologiques est, *sensu stricto*, difficilement applicable dans le contexte guyanais (IRD, 2001). Il est également démontré, que l'indice de Shannon (1948) tel qu'il a été proposé à son origine ($H = -\sum p_i \log p_i$) est plus adapté pour évaluer une dégradation du milieu, c'est pourquoi nous utiliserons celui-ci.

Enfin, le SMEG (Score Moyen des Ephéméroptères Guyanais) sera calculé. Cet indice permet à partir de la polluo-sensibilité des unités opérationnelles (ou U.O., ici les genres) et de la diversité répertoriées sur une station, de classer les cours d'eau en six classes de qualité (Thomas *et al.*, 2001c).

Les six classes sont les suivantes :

- I : Criques de faible largeur ou petites rivières sans impact anthropique notable ;
- II : Rivières faiblement impactées, ou bien stations suffisamment éloignées des impacts pour présenter une récupération importante ;
- III : Cours d'eau soumis à des influences anthropiques durables mais d'intensité moyenne ;
- IV : Cours d'eau soumis localement à des influences anthropiques répétées et intenses, ou bien présentant des conditions naturelles défavorables : déficit en oxygène, excès de matière organique, courant nul ;
- V : Cours d'eau subissant des pollutions importantes, se traduisant en particulier par un fort déficit en O₂ et/ou un substratum très modifié ; survie de quelques éphéméroptères, les moins polluo-sensibles ;
- VI : Cours d'eau très dégradés en continu, dépourvus de communautés polluo-sensibles ;

Le calcul de ce SMEG, se déroule en 5 étapes :

- 1- Déterminer le nombre d'U.O (genres) présentes sur la station,
- 2- Attribuer à chaque U.O. un score individuel et faire la somme de ces scores,
- 3- Faire le rapport entre la somme des scores individuels et le nombre d'U.O.,
- 4- Prendre en compte l'apport de la diversité, en ajoutant 0,1 pour chaque U.O.,
- 5- Déterminer la classe d'intégrité du cours d'eau.

III - Résultats

III.1. – Débits et qualité physico-chimie des eaux.

III.1.1 - Débits

Les débits mesurés en amont de la zone d'étude étaient de 400 m³/s, au dessus de la crique Ipoucin et 419,8 m³/s juste avant le saut Mathias. Au niveau des criques Ipoucin et Tortue, juste avant leur confluence avec le fleuve Approuague, les débits mesurés étaient respectivement de 7,2 et 6,6 m³/s.

Lors de deux épisodes pluvieux abondants survenus dans la nuit du 8 au 9 juin et dans la soirée du 9 juin jusqu'au lendemain 10 juin (vers 10h), le débit des deux criques suivies a doublé et la hauteur d'eau a augmenté entre 30 et 50 cm.

III.1.2 - Paramètres Physico-chimiques

Les mesures réalisées sont similaires à celles effectuées en saison sèche 2005. Seule la température est légèrement plus faible, phénomène caractéristique de la saison des pluies (tableau 1).

Ainsi, suite à un problème de multisonde, les données mesurées jusqu'au kilomètre 7 peuvent être généralisées à l'ensemble de la zone d'étude, les mêmes remarques et constats que celles émises en saison sèche 2005 étant applicables lors de cette saison des pluies 2006 (Vigouroux *et al.*, 2005).

Tableau 1 : Résultats des mesures des paramètres de la qualité physico-chimique des eaux effectuées le long du fleuve Approuague en aval de la crique Arataï

T : Température, *C* : conductivité; *O2* :Oxygène dissous ; *RG* : RiveGauche ; *M* : Axe du Fleuve ; *RD* : Rive Droite

Date	Station	Km	Transect	T °C	pH	C	O2		Turb (NTU)
							%	mg/l	
7/06/06	Arataï amont	-0.2		24.7	5.63	18.5	95.8	7.9	11.0
	Approuague amont confluence Arataï			24.8	5.58	17.4	96.3	7.9	32.3
		0	RD	24.8	5.61	17.1	93.8	7.7	33.0
		0	M	24.9	5.62	17.2	95.6	7.9	32.4
		0	RG	24.7	5.63	18.5	95.1	7.9	10.9
		0.5	RG	24.8	5.61	18	93.2	7.7	15.2
		0.5	M	24.9	5.6	17.5	96.6	8	27.3
		0.5	RD	24.9	5.71	17.5	94.1	7.8	29.4
		1	RG	24.8	5.7	18	93	7.7	17.6
		1	M	24.8	5.68	17.6	94.4	7.9	24.7
		1	RD	24.8	5.7	17.5	95.4	7.8	27.7
		1.5	RG	24.8	5.68	18	93.2	7.7	19.0
		1.5	M	24.9	5.65	17.6	94.5	7.8	24.1
		1.5	RD	24.8	5.63	17.5	93.9	7.8	28.2

	2	RG	24.9	5.71	18	93.4	7.7	20.0
	2	M	24.9	5.66	17.8	95.4	7.9	23.4
	2	RD	24.9	5.78	17.5	93.2	7.7	28.4
	2.5	RG	24.9	5.75	18	93	7.7	20.3
	2.5	M	24.9	5.68	17.8	95.1	7.8	22.4
	2.5	RD	24.9	5.74	17.4	91.4	7.6	27.8
	3	RG	24.9	5.8	17.9	91.6	7.6	21.1
	3	M	24.9	5.61	17.6	95.5	7.8	24.3
	3	RD	24.9	5.75	17.5	90.5	7.4	27.1
	4	RG	24.9	5.84	17.6	90.4	7.4	21.3
	4	M	25	5.65	17.8	94.4	7.9	23.9
	4	RD	24.9	5.81	17.5	91.5	7.5	27.4
	5	RG	24.9	5.71	17.8	93.4	7.7	23.0
	5	M	25	5.6	17.8	93.7	7.7	24.2
	5	RD	25	5.6	17.6	93.7	7.7	25.9
	6	RG	25	5.75	17.9	92.4	7.6	25.7
	6	M	25	5.67	17.8	94.8	7.8	23.8
	6	RD	25	5.73	17.6	93.1	7.6	25.2
	7	M						24.6

III.1.3 – Turbidité et MES

Plus de cinq cent mesures de turbidité ont été réalisées lors de cette étude et tout comme en 2005, 40 Km de fleuve ont ainsi été suivis (les données brutes sont en annexe). Plus de 100 analyses de Matières En Suspension (MES) ont également été réalisées. L'ensemble des données brutes sont en annexes.

Les résultats des mesures réalisées dans le cadre d'une relation turbidité – MES le long du fleuve Approuague sont présentés en annexe 1 et 2 et sur les figures 3 et 4. Trois de ces points indiquent l'état du milieu lorsque les eaux sont « claires » c'est-à-dire sans présence d'orpaillage : il s'agit du premier réalisé sur la rivière Arataï, d'un deuxième sur la crique Ekini, le dernier étant sur la Grande Crique située quelques kilomètres en aval de l'Ekini (Fig. 1). Ces valeurs peuvent être comparées à celles des criques orpaillées comme Benoit, Ipoucin ou Tortue. Les valeurs de turbidité enregistrées à la confluence entre l'Arataï et l'Approuague montrent que l'amont du fleuve subit déjà une perturbation (32 NTU). Ces valeurs peuvent être induites aux lessivages des sols lors de la saison des pluies mais le même constat avait été fait lors de la saison sèche 2005 où le seul lessivage des sols est celui provoqué par les lances monitor utilisées pour décaper les sols.

La crique Ekini présente une eau claire au contraire de la mission d'octobre 2005 où les eaux boueuses et les mesures de turbidités effectuées en remontant la crique avaient mis en évidence des activités d'orpaillages (Vigouroux *et al.*, 2005). Ces dernières n'étaient pas décelables à la seule mesure de turbidité du milieu et les eaux étant « claires », cette crique peut être considérée pour cette campagne de saison des pluies 2006 comme un témoin du point de vue de la turbidité ou des MES.

La figure 3 montre la corrélation entre la turbidité et les MES obtenue d'une part lors de la présente mission (117 mesures) et d'autre part en ajoutant les mesures réalisées en octobre 2005 (47 mesures supplémentaires). Dans les deux cas, la relation obtenue est identique et hautement significative ($p < 0,0001$).

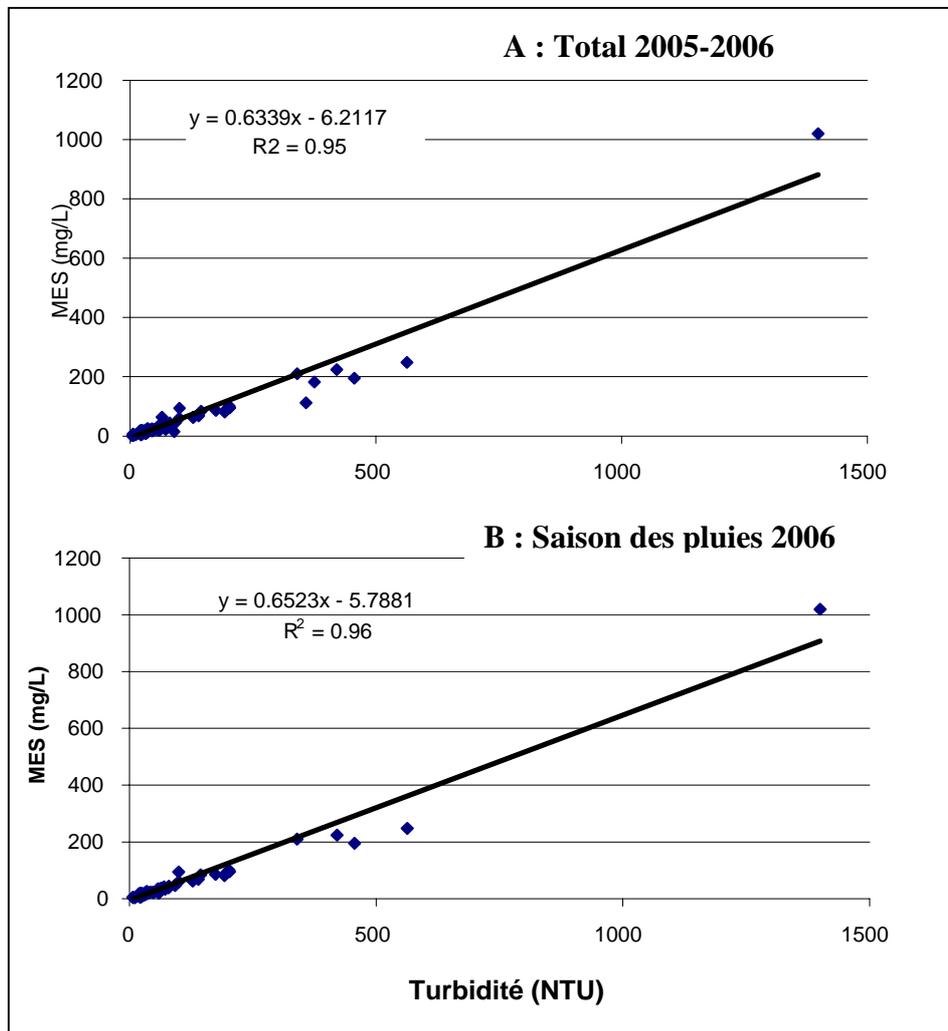
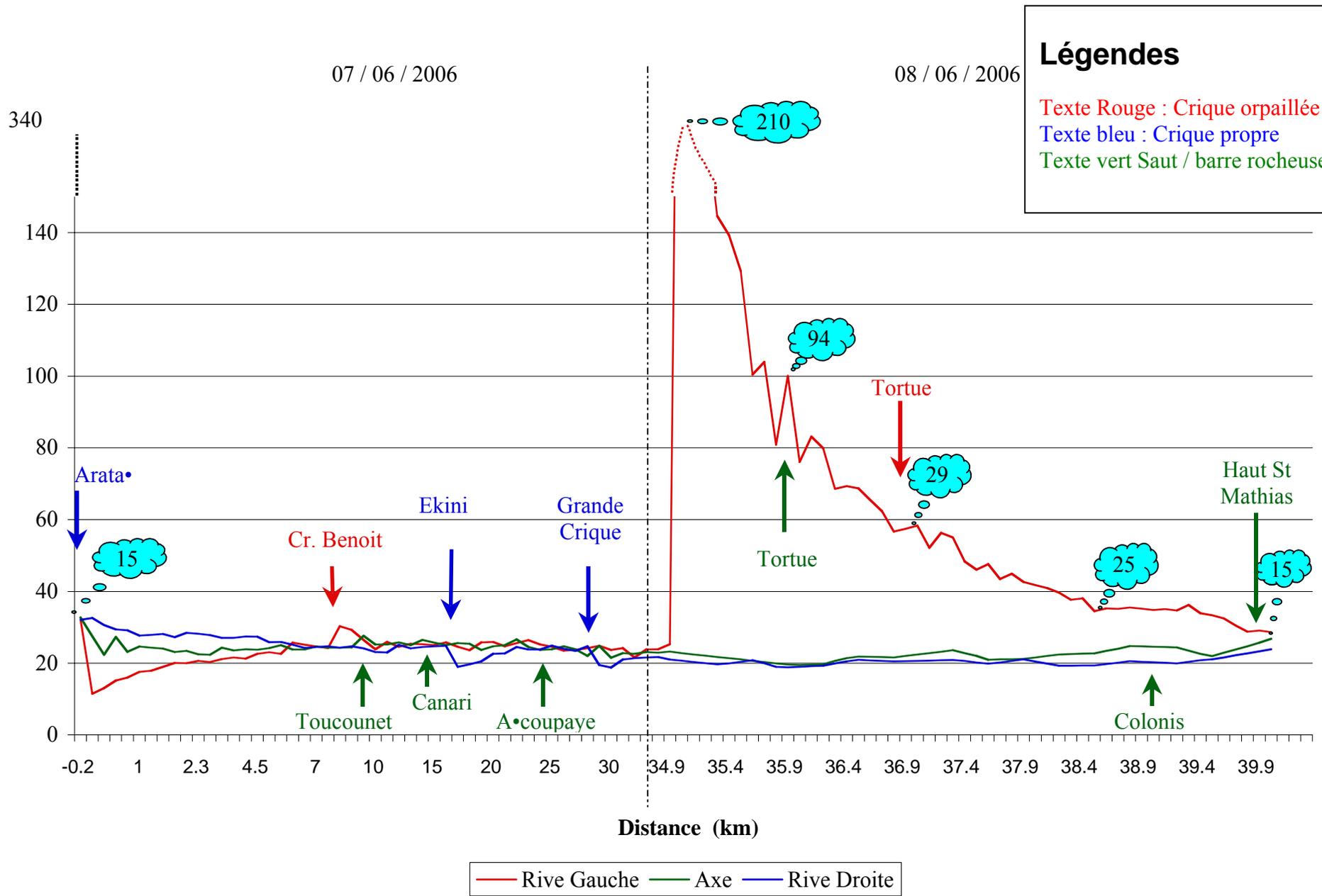


Figure 3: Corrélation entre la turbidité et les MES

La figure 4, le tableau 1 et les annexes 1, 2 et 3 montrent les valeurs de turbidité-MES obtenues entre la Crique Arataï et le saut Grand Mathias. Les résultats concernant l'évolution de la turbidité au sein du fleuve confirment le constat émis lors de la saison sèche 2005 :

- 1- Un échantillonnage plus important que celui effectué en 2005 (tous les 500m versus tous les 1000m) à été réalisé à l'aval de la crique Arataï afin d'avoir une image plus précise de cette notion d'homogénéisation des eaux après confluence d'une crique. Il en résulte, comme lors de la saison sèche 2005, que le panache des sorties de criques, qu'elles soient orpaillées ou considérées comme « propres », ne s'homogénéise avec l'ensemble du fleuve qu'après un saut ou plusieurs barres rocheuses. Cette distance peut être importante puisqu'elle atteint 5 km pour l'Arataï.



- 2- Les valeurs de turbidité-MES à la sortie des criques orpaillées diminuent pour atteindre ce que l'on pourrait appeler « bruit de fond de l'Approuague » qui est de l'ordre de 20 à 25 NTU pour la turbidité et de 15 mg/L pour les MES en environ 7 km et ce indépendamment de la saison en ce qui concerne la turbidité.
- 3- La diminution des valeurs de turbidité et de MES est rapide au début : en 2 km les valeurs passent de 340 à 57,4 NTU en saison des pluies 2006 et de 70 à 32,56 en saison des pluies 2005. Par la suite cette diminution est lente et progressive, ce processus étant encore plus lent en saison des pluies qu'en saison sèche.

La figure 5 met en évidence, tout comme en saison sèche, la relation existante entre la turbidité et la proximité de chantiers d'exploitation aurifère : plus on se rapproche des chantiers plus la turbidité augmente. On constate également que la turbidité augmente de façon significative lorsqu'un chantier est en activité comme ce fut le cas sur la crique Ipoucine où des valeurs de turbidité ont été mesurées sans activité du chantier (moyenne = 160.4 NTU) et avec le chantier en activité (moyenne = 193.3 NTU) (Fig 5a ; annexe 2).

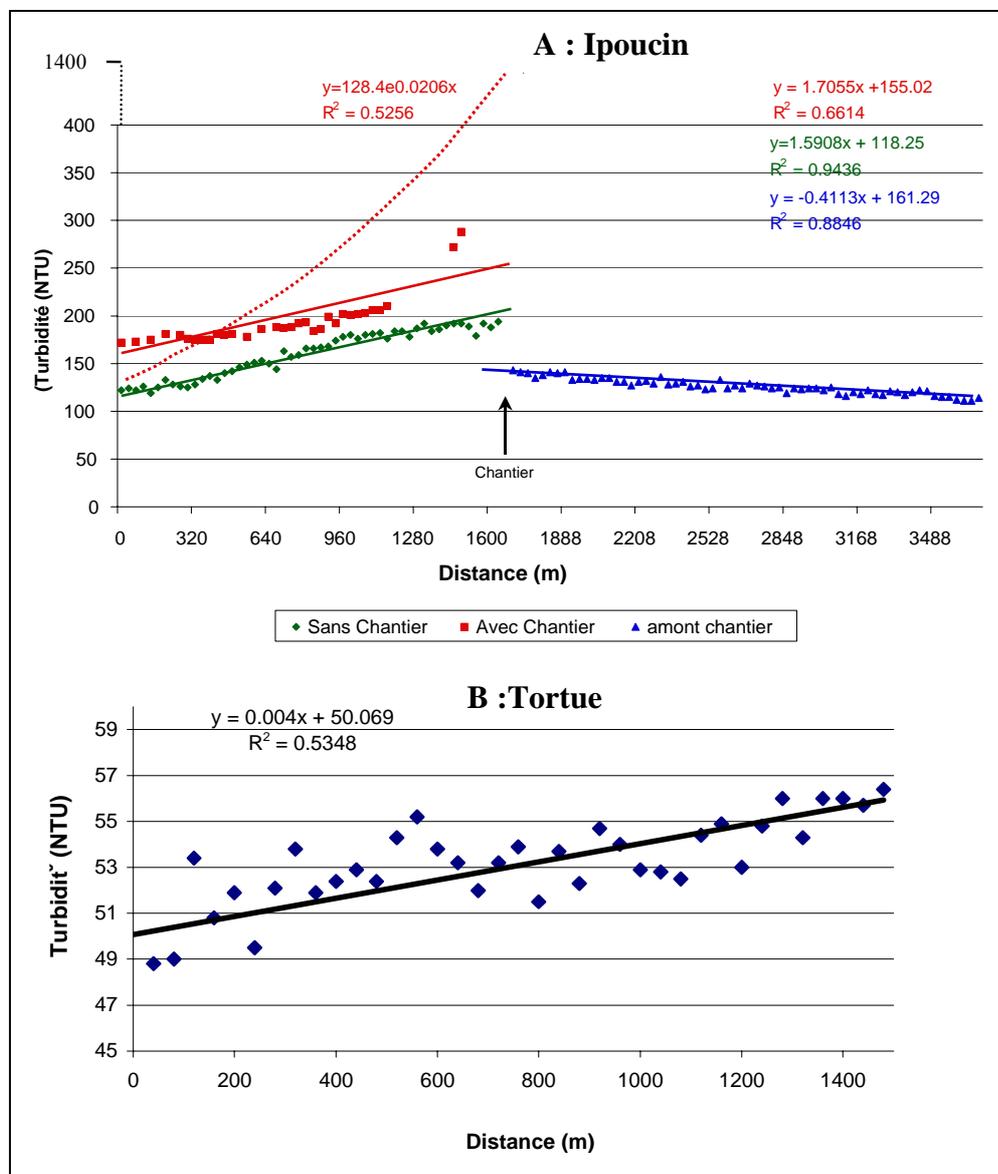


Figure 5 : Corrélation entre la turbidité et la proximité des chantiers d'orpaillage.

En vert l'aval du chantier à l'arrêt. En rouge, l'aval du chantier en marche. En bleu, l'amont du chantier.

L'augmentation constatée de la turbidité après activation du chantier est de 33 unités soit 20 % en plus sur l'ensemble de la zone située en aval du chantier. Cette turbidité correspond à une augmentation de plus de 50% des valeurs moyennes enregistrées sur une distance de près de 2 km en amont du chantier. De plus, nous avons mesuré un rejet de l'ordre de 1400 NTU en turbidité pour une valeur de MES de plus de 1 g /L soit plus de 10 fois supérieur à la zone amont et environ 68 fois supérieure aux valeurs de base du fleuve Approuague (15 mg/L). Ces valeurs de turbidité suivent une courbe exponentielle (tracé en pointillé rouge, Fig. 5a) et diminuent très rapidement en s'éloignant du rejet comme il a été observé précédemment dans le cas des criques Ipoucin et Tortue depuis octobre 2005 (Cf ci dessus).

Toutefois la turbidité moyenne mesurée à l'aval du chantier est deux fois moins importante que celle enregistrée sur cette même zone en octobre 2005 (159 versus 364 NTU) mais trois fois supérieure à celle de la crique Tortue. En effet, celle-ci présente des valeurs également près de deux fois inférieures à celles de saison sèche (53 versus 91.3 NTU) et de niveau identique à la turbidité mesurée sur le fleuve Approuague juste en amont (Fig. 4 ; Annexe 1).

La figure 6 confirme ces observations au niveau des MES qui sont deux à trois (chantier à l'arrêt et en fonctionnement) fois moins important sur la crique Tortue que sur l'aval de Ipoucin.

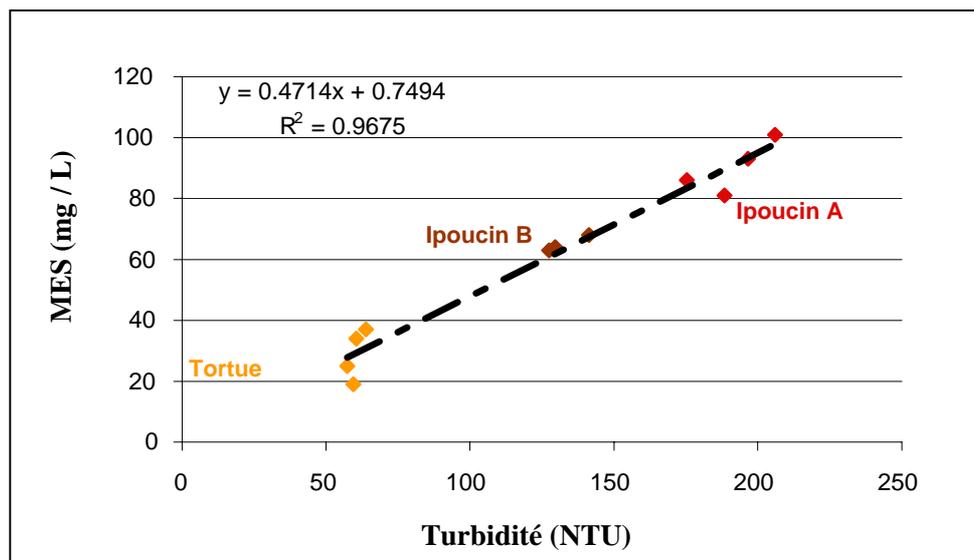


Figure 6 : Relation entre la Turbidité et les MES en fonction des conditions d'exploitations.
Crique Tortue (pas de chantier), Ipoucin A (chantier en activité), Ipoucin B (Chantier à l'arrêt)

Il est probable que les activités d'orpaillage soient moins importantes voire inexistantes sur la crique Tortue lors de la campagne de saison des pluies 2006. En revanche, même si le nombre de chantiers en fonctionnement a certainement diminué en raison d'une récente opération de gendarmerie (suite à l'assassinat de deux gardes de l'association Arataï) en plus du fait que la saison des pluies est moins propice aux activités d'orpaillage, celles-ci sont bien présentes sur la crique Ipoucin avec l'observation in situ des rejets d'un chantier minier (Fig. 5a et Fig. 6). A l'inverse, sur la crique Tortue, les activités étaient vraisemblablement toutes à l'arrêt depuis un certain temps et la turbidité mesurée serait plus la résultante du lessivage passif des sols mis à nu (Fig. 6).

Cette notion de lessivage des sols déboisés est mise en évidence par la figure 7 qui représente l'évolution des rejets des criques Ipoucin et Tortue avec et sans épisodes pluvieux.

En effet, après la forte pluie survenue toute la nuit du 9 au 10 juin, le débit des criques a été multiplié par deux (Cf III 1.1) et l'augmentation des valeurs de turbidité est très significative (+ 158 NTU ; $p < 0.001$).

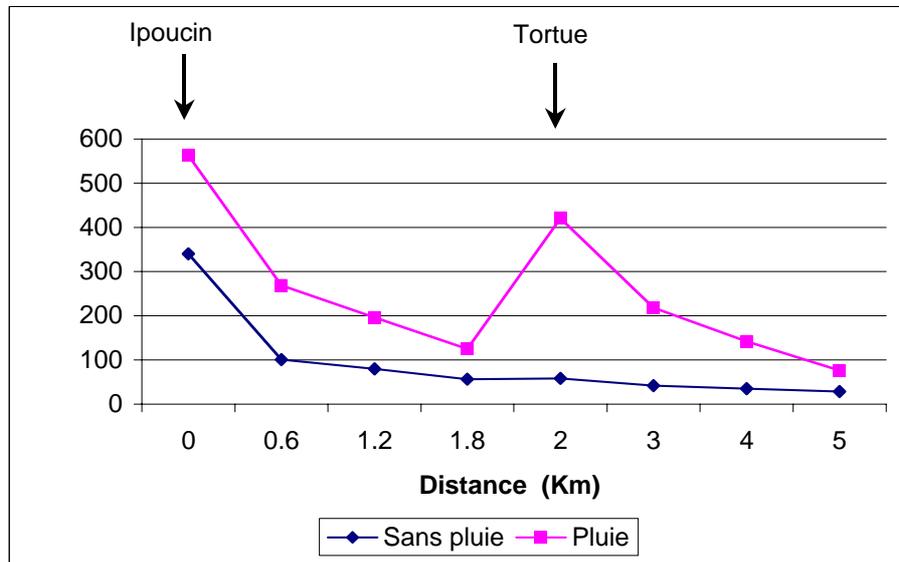


Figure 7 : Evolution de la turbidité du panache de rejet des criques Tortue et Ipoucin au niveau de l'Approuague en fonction des conditions climatiques.

Les valeurs de turbidité mesurées le 10 juin au matin sont 2 à 10 fois supérieures à celles enregistrées respectivement sur les criques Ipoucin et Tortue avant cet épisode pluvieux (Fig. 7 ; annexe 4). Le rejet de la Crique Tortue au sein de l'Approuague, est négligeable sans la pluie mais devient très important lors d'une forte pluie suite au lessivage des sols. Malgré un processus comparable à celui observé sans la pluie (diminution rapide des valeurs et une relative homogénéisation du milieu au niveau de Saut Mathias ; Cf ci dessus), les valeurs de turbidité mesurées à cette station sont 2 à 3 fois supérieures à celles observées sans pluie puisque de 28.6 NTU sans pluie on passe à 76 NTU avec la pluie (Fig. 7, annexe 4).

Les grandes quantités de MES ainsi déversées dans l'Approuague (respectivement 248 et 224 mg/L pour Ipoucin et Tortue) induisent de fortes modifications du milieu et se font ressentir jusqu'à l'estuaire même 2 jours après l'épisode pluvieux. En effet, les valeurs de turbidité et de MES relevées à l'aval de Saut Mathias restent élevées jusqu'à Saut Tourépé (turbidité moyenne = 70 NTU ; MES moyenne = 38 mg / L).

Malgré la saison des pluies et l'influence de la marée qui peut aller jusqu'à saut Athanase en saison des pluies, les valeurs observées à Petit Mathias et en amont de Athanase restent importantes (entre 62 et 68.5 NTU pour la turbidité et 35-36 mg/L pour les MES) et peuvent être considérées comme impactantes pour le milieu aquatique (Cerdan *et al.*, 2005). Les dépôts de MES observés sur les rochers des sauts Mapaou et Athanase en octobre 2005 (Cf Annexe 1 du rapport Final 2005) confirment ce constat.

III.2 - Le peuplement piscicole

III.2.1 - Les captures

III.2.1.1 – Zone amont

Le tableau 2 présente les captures en nombre et en biomasse réalisées dans la zone amont des deux criques cibles correspondant au point zéro de l'actuelle étude.

Tableau 2: Captures en nombre d'individus (N) et en biomasse (Pds) au niveau de l'îlet Lézard. (Pds=Poids).

Espèce	Îlet Lézard	
	N	Pds (g)
<i>Ageniosus inermis</i>	2	444.0
<i>Acestrorhynchus microlepis</i>	10	963.4
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	14	277.4
<i>Ageniosus ucayalensis</i>	25	1464.3
<i>Bryconops caudomaculatus</i>	14	321.3
<i>Curimata cyprinoides</i>	26	3536.2
<i>Hypostomus gymnorhynchus</i>	2	146.9
<i>Lycengraulis batesii</i>	1	109.1
<i>Leporinus friderici</i>	1	511.1
<i>Moenkhausia grandisquamis</i>	59	1319.9
<i>Moenkhausia surinamensis</i>	3	76.7
<i>Myleus ternetzi</i>	5	509.3
<i>Poptella brevispina</i>	31	331.7
<i>Pseudotylosurus microps</i>	2	199.0
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	2	2887.7
<i>Serrasalmus humeralis</i>	4	196.1
Total	201	13294.1

201 individus représentant 16 espèces et une biomasse de 13,3 kilogrammes (Kg) ont été capturés dans la zone amont au niveau de l'îlet Lézard. Le peuplement est relativement homogène bien que dominé par quatre espèces qui représentent plus des deux tiers des effectifs (70%) et la moitié de la biomasse (50%) : il s'agit des insectivores *Moenkhausia grandisquamis* et *Poptella brevispina*, du détritivore *Curimata cyprinoides* et du carnivore *Ageniosus ucayalensis*.

Le même constat est observé au regard de l'échelle de Motomura (Fig. 8) qui indique que la structure du peuplement de la zone amont est relativement bien équilibré puisque le coefficient de corrélation de la droite d'ajustement est $r = 0.989$.

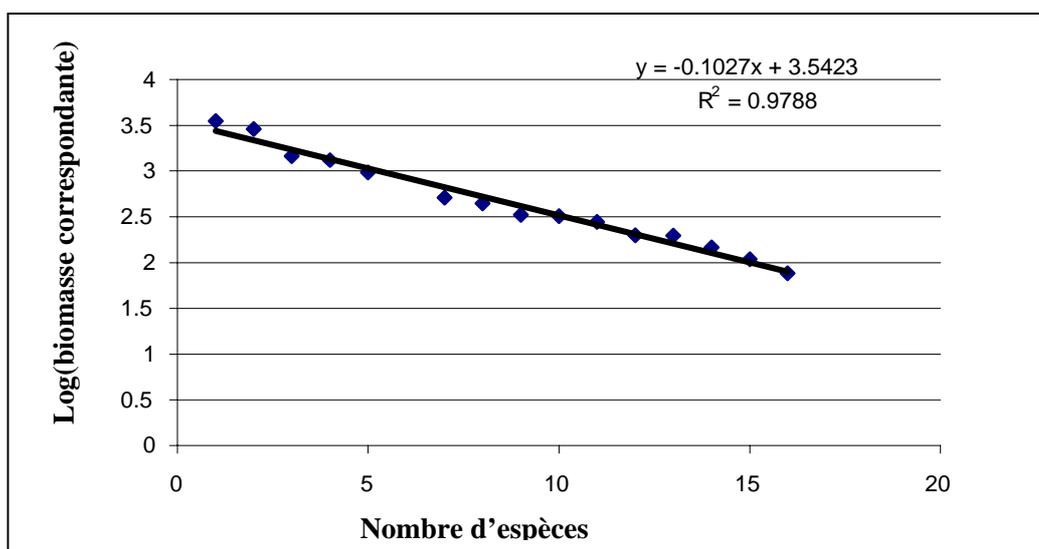


Figure 8 : Structure en biomasse des peuplements échantillonnés sur la zone amont (Ilet Lézard)

Les carnivores représentent plus du tiers des espèces (6 espèces de carnivores) et près de la moitié de la biomasse (47,5%). En revanche, les insectivores dominent la structure trophique en nombre avec les deux tiers des captures (63,5%) mais seulement 17 % de la biomasse.

III.2.1.2 – Ipoucin et Tortue

Le tableau 3 présente les captures en nombre et en biomasse de chaque batterie posée en aval de chacune des deux criques : la batterie 1 en aval de la crique Ipoucin et la batterie 2 en aval de la crique Tortue.

Tableau 3 : Captures en nombre d'individus (N) et en biomasse (Pds) au niveau des criques Ipoucin et Tortue.

Espèce	Ipoucin		Tortue		Total	
	N	Pds (g)	N	Pds (g)	N	Pds (g)
<i>Ageniosus inermis</i>	1	427.7	1	351.7	2	779.4
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	5	69.2	17	378.2	22	447.4
<i>Ageniosus ucayalensis</i>	7	364.5	6	343.2	13	707.7
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	1	910	1	1052.2	2	1962.2
<i>Curimata cyprinoides</i>			3	461.4	3	461.4
<i>Hemiodus quadrimaculatus</i>	1	9.7			1	9.7
<i>Leporinus friderici</i>	1	853.9	1	770.9	2	1624.8
<i>Pterengraulis atherinoides</i>	1	76.9			1	76.9
<i>Pimelodus blochii</i>	1	293.3			1	293.3
<i>Piabucus dentatus</i>	1	20.9			1	20.9
<i>Parauchenipterus galeatus</i>			5	739.2	5	739.2
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	1	844.6	1	138.8	2	983.4
Total	20	3870.7	35	4235.6	55	8106.3

En sortie de la crique Ipoucin (batterie 1), 20 individus représentant 10 espèces et une biomasse de 3,8 Kg ont été capturés (Tab. 3). *A. nuchalis* et *Ageneiosus ucayalensis* dominent le peuplement en nombre avec près du tiers des effectifs (60%) alors que le peuplement en biomasse est dominé par deux carnivores (*A. inermis* et *Plagioscion squamosissimus*) et un opportuniste (*Leporinus friderici*) avec les deux tiers de la biomasse (67 %).

En aval de la crique Tortue (batterie 2), les 35 individus capturés représentent 8 espèces et une biomasse de 4,2 Kg (Tab. 3). Le peuplement en nombre est dominé par un invertivore (*Auchenipterus nuchalis*) avec près de la moitié des effectifs (48,5%). Contrairement à ce qui a été observé pour la première batterie, le peuplement est relativement homogène du point de vue de la biomasse capturée, exception faite d'un seul individu de l'espèce carnivore *Plagioscion squamosissimus* qui représente à lui seul le quart de la biomasse totale.

Ces observations se retrouvent dans l'examen respectif de l'indice de Motomura. Le peuplement de la crique Tortue apparaît comme relativement bien équilibré ($r=0,98$) tandis que celui de la crique Ipoucin ($r=0,96$) est beaucoup plus approximatif (Fig. 9).

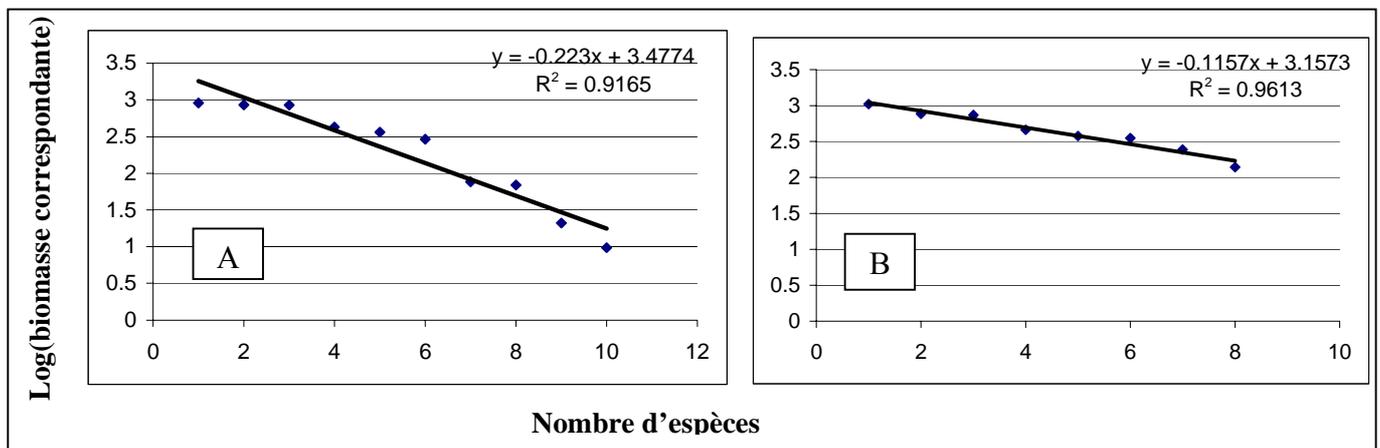


Figure 9 : Structure en biomasse des peuplements échantillonnés sur les criques Ipoucin (A) et Tortue (B).

III.2.1.3 – Zone aval

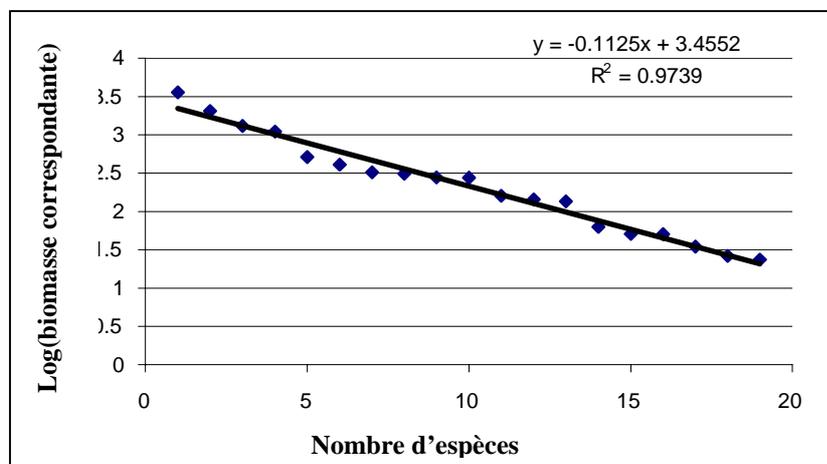
Le tableau 4 présente les captures en nombre et en biomasse réalisées dans la zone aval des deux criques étudiées, soit entre les sauts Grand Mathias et Petit Mathias.

Un total de 74 individus représentant 20 espèces et une biomasse de 10,8 Kg a été capturé au niveau de la zone aval du saut Grand Mathias.

Tableau 4 : Captures en nombre d'individus (N) et en biomasse (Pds) au niveau de saut Mathias

Espèce	Mathias	
	N	Pds (g)
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	2	50.8
<i>Ageniosus inermis</i>	5	1309.2
<i>Acestrorhynchus microlepis</i>	1	34.8
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	14	279.1
<i>Ageniosus ucayalensis</i>	16	1102.6
<i>Bryconops caudomaculatus</i>	2	50.4
<i>Curimata cyprinoides</i>	3	275.9
<i>Hoplias aimara</i>	1	2040
<i>Hemiodus unimaculatus</i>	2	143.9
<i>Hypostomus gymnorhynchus</i>	1	4.9
<i>Leporinus friderici</i>	4	3590.1
<i>Leporinus gossei</i>	1	311.5
<i>Moenkhausia grandisquamis</i>	6	160.4
<i>Myleus ternetzi</i>	6	512.8
<i>Poptella brevispina</i>	2	26.3
<i>Piabucus dentatus</i>	1	23.5
<i>Pachypops fourcroi</i>	1	63.2
<i>Parauchenipterus galeatus</i>	3	322.7
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	1	407
<i>Serrasalmus humeralis</i>	2	134.9
Total	74	10844.0

Exception faite de l'invertivore *A. nuchalis* et du carnivore *A. ucayalensis*, qui représentent à elles deux plus du tiers des effectifs pêchés (40,5%), aucune espèce ne domine le peuplement en nombre de cette station. Au niveau de la biomasse, quatre espèces dominent le peuplement avec près des trois quarts de la biomasse capturée (74,2%): l'omnivore *L. friderici* accompagnée de trois carnivores (*Hoplias aimara*, *A. inermis* et *A. ucayalensis*). Ceci n'empêche pas la structure générale du peuplement d'être satisfaisante puisque le coefficient de Motomura est de $r = 0.987$ (Fig. 10).

**Figure 10 :** Structure en biomasse des peuplements échantillonnés sur en aval de Saut Mathias.

III.2.2 - La richesse

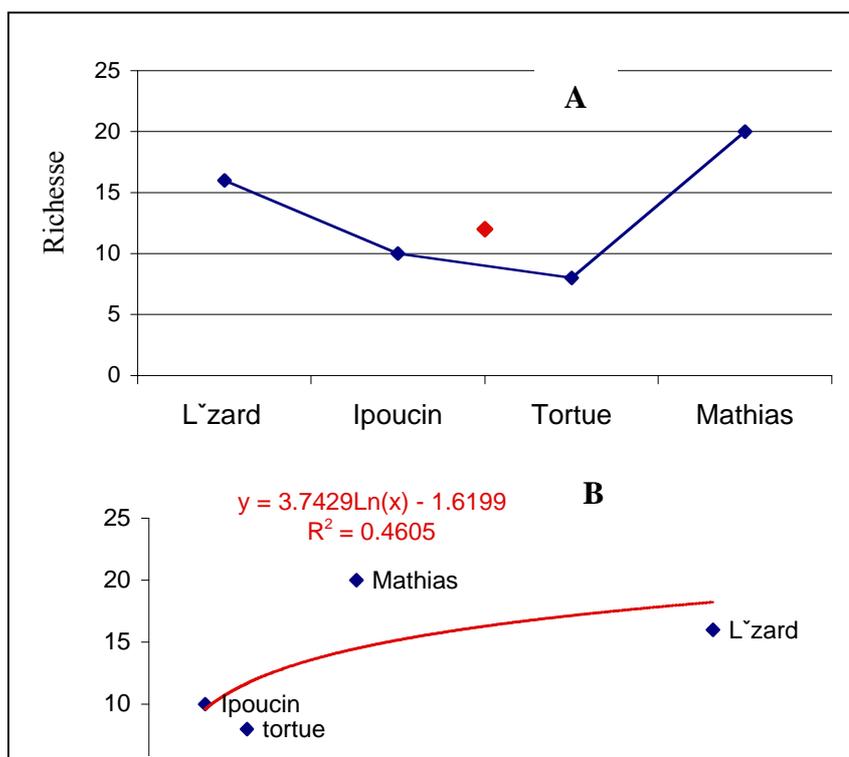


Figure 11 : Evolution de la richesse spécifique capturée sur les trois zones d'études (A) et relation Richesse / Nombre d'individu capturés correspondante (B).

En rouge la richesse spécifique globale des deux criques (Tortue et Ipoucine).

La figure 11A montre l'évolution du nombre d'espèces capturées entre les trois zones d'études : de 16 espèces capturées dans la zone amont au niveau de l'îlet Lézard, la richesse spécifique diminue de 4 espèces au niveau de la zone d'étude (10 espèces dans la batterie 1 de la crique Ipoucine et 8 dans la batterie 2 de la crique Tortue pour un total de 12 espèces pour les deux batteries) pour être égale à 20 espèces sous le saut Grand Mathias. Il y a donc une légère diminution de la richesse générale du milieu à l'aval des criques Ipoucine et Tortue.

En étudiant la relation entre le nombre d'espèces et le nombre de spécimens dans l'échantillon - ce qui permet d'obtenir un indice de richesse du milieu plus représentatif de la réalité (Mérona de 2001 ; Vigouroux et al., 2005) - on constate que la richesse suit une courbe logarithmique ascendante des points les plus faibles (Ipoucine et Tortue) vers le plus élevée (îlet Lézard).

La zone aval présente ainsi une richesse comparable à celui de la zone témoin.

L'ensemble de ces observations concorde point pour point avec celles réalisées lors des échantillonnages de saison sèche 2005.

III.2.3 - Diversité des stations

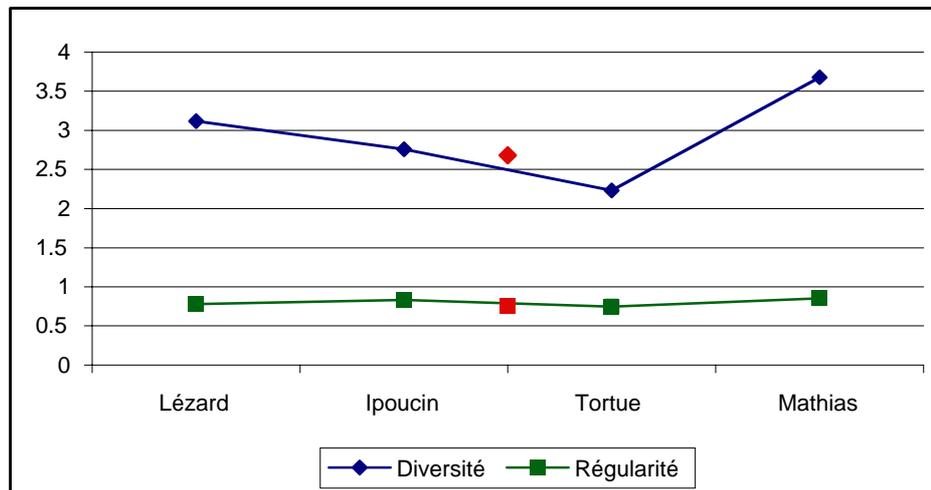


Figure 12 : Evolution de la diversité et de la régularité sur les trois secteurs étudiés.

En rouge l'indice global des deux criques (Tortue et Ipoucin).

D'après la figure 12, on constate que la diversité de Shannon diminue graduellement entre l'Ilet Lézard et la crique Tortue mais qu'elle ré-augmente au niveau de saut Mathias. La régularité quant à elle, enregistre une légère diminution au niveau des deux criques étudiées (notamment après la crique Tortue) pour ensuite prendre une valeur élevée sous le Saut Mathias.

Les observations faites lors de la saison sèche 2005 sont toujours valables lors de cette campagne : le fait d'échantillonner des milieux différents entre chacun des trois secteurs est une des principales explications de ce phénomène. Des habitats différents engendrent nécessairement des populations de poissons différentes, ceci étant amplifié par les préférendum saisonniers des espèces présentes sur la zone d'étude.

III.2.4 – Interprétation

330 individus représentant 27 espèces et une biomasse de plus de 32 Kg ont été capturés sur l'ensemble des trois zones étudiées. Sur les 16 espèces présentes au niveau de la zone amont (Ilet Lézard), 3 ne se retrouvent pas dans les échantillons des deux autres zones tandis qu'au niveau des deux criques étudiées, 6 espèces apparaissent dont 4 ne sont capturées que dans cette zone, et 5 ne sont présentes que dans la zone aval (Mathias).

Par rapport à la saison sèche 2005, 7 espèces nouvelles ont été capturées mais 12 autres espèces n'ont pas été reprises lors de ce prélèvement de saison des pluies 2006 soit un recouvrement sur les deux périodes de la moitié des espèces présentes dans le milieu (20 espèces soit 51,2% du total). En revanche, exception faite de la zone amont (Ilet Lézard) où les effectifs ont doublé et la diversité a diminué de près d'un quart, l'ensemble de la zone

d'étude présente une capture par station relativement homogène entre les deux saisons d'échantillonnages.

Ainsi, au niveau des deux criques étudiées, la composition relative des deux batteries et leur inter-comparaison est similaire à celle trouvée en saison sèche 2005, notamment pour la crique Ipoucin qui est plus équilibrée du point de vue des effectifs et où la seule différence enregistrée entre les deux prélèvements est une capture en nombre légèrement plus faible et une biomasse totale légèrement plus importante (Vigouroux *et al.*, 2005).

La principale différence entre les deux périodes d'échantillonnage réside surtout dans une nette diminution de la diversité capturée dans la batterie 2, située sous la crique Tortue, lors de cette campagne d'échantillonnage avec un tiers d'espèces en moins. Toutefois, cet échantillonnage aura permis de capturer 4 espèces nouvelles sur cette station : *Curimata cyprinoides*, *Brachyplatystoma vaillanti*, *Hemiodus quadrimaculatus* et *Pimelodus blochii* ; La première espèce avait été capturée uniquement en aval de Saut Mathias, la seconde au niveau de la zone amont (îlet Lézard) et les deux dernières sont des données nouvelles dans le cadre de cette étude.

Cet exemple reflète l'ensemble des observations faites sur les peuplements de poissons de toute la zone d'étude entre les deux campagnes d'échantillonnage. Ainsi, deux grands axes se dégagent :

- Premièrement, on constate que les espèces bougent au sein de la zone d'étude et que :
 - d'une part, nous avons un manque d'informations quant au peuplement global présent sur l'ensemble de la zone d'étude. Ce point tend toutefois à diminuer avec le nombre de campagnes réalisées.
 - d'autre part, certaines espèces profitent de la saison des hautes eaux pour franchir certains sauts comme celui de Saut Mathias, comme *P. blochii* qui ne se rencontre généralement que dans des milieux de type estuariens ou bien jusqu'au niveau de remontée maximum de l'onde de marée (Le Bail *et al.*, 2000). Cette observation est confirmée par la capture comme lors de la saison sèche 2005, d'un nouvel exemplaire de l'espèce *Pterengraulis atherinoides*, dont l'habitat optimal est plutôt situé dans les eaux basses des fleuves (Planquette *et al.*, 1996). Il en est de même pour le carnivore *Pseudotylausorus microps* qui a été capturé en aval de Saut Mathias en saison sèche 2005 et qui est retrouvé dans la zone amont lors de la campagne de saison des pluies 2006.

Les espèces présentent au niveau des deux criques suivies et de la zone amont bougent également comme par exemple le benthophage *Hypostomus gymnorhynchus* qui est trouvé à la fois dans la zone amont et à l'aval de Saut Mathias en 2006 alors qu'il n'avait été capturé qu'au niveau des zones rocheuses de la crique Tortue en saison sèche 2005.

➤ Deuxièmement, on constate que les différents indices de comparaison des trois secteurs d'études évoluent de la même façon entre les deux saisons d'échantillonnages :

- la régularité des peuplements est relativement comparable entre la zone amont et les deux criques suivies et augmente de façon nette à l'aval de Saut Mathias.
- la richesse et la diversité chutent dans le panache des deux criques suivies (Ipoucin et Tortue) ;
- la structure générale des peuplements est assez bien équilibrée au niveau des zones amont et aval mais est plus approximative au niveau des deux criques suivies et plus particulièrement sous la crique Ipoucin, le peuplement situé sous la crique Tortue étant plus stable.

Le premier point reflète une zone témoin subissant également une perturbation, probablement liée à des activités humaines situées bien en amont de ce secteur d'étude, voir au dessus de Saut Machicou (Cf III.1).

Les deux autres points sont vraisemblablement liés aux conditions du milieu puisque la crique Tortue présentait, lors des échantillonnages réalisés en saison des pluies 2006, une turbidité inférieure à celle de la crique Ipoucin. (Cf.III.1.3). Cette relative faiblesse du paramètre Turbidité recueillit au niveau de la crique Tortue provient certainement d'une activité minière bien moindre sur cette crique que sur la crique Ipoucin. A ceci, se juxtapose le phénomène de dilution du milieu, bien plus important en cette saison que lors des derniers échantillonnages de saison sèche 2005. En effet, le débit de ces deux petites criques étant 20 à 30 fois inférieur à celui du fleuve récepteur, l'impact des Matières En Suspension sur le milieu se fait donc moins ressentir. Ainsi, la turbidité étant moins importante sous la crique Tortue, les poissons de cette zone y retrouvent des conditions plus favorable que sous la crique Ipoucin.

III.3 - Les invertébrés aquatiques

Le tableau 5 présente la faune aquatique récoltée sur l'ensemble de la zone d'étude, qui s'étend de l'amont de la crique Ipoucin à l'aval de saut Mathias.

Tableau 5 : Liste faunistique globale des invertébrés aquatiques collectés sur les 10 stations échantillonnées

		Total
Achètes		28
Crustacés		
Décapodes		
Gammaridae		7
Insectes		
Coléoptères		
Dytiscidae		18
Elmidae		19
Ind.		6
Trichoptères		
Hydropsychidae		7
Hydroptilidae		3
Leptoceridae		2
Polycentropodidae		1
Diptères		
Ceratopogonidae		171
Chironomidae		566
Limoniidae		4
Simuliidae		6
Hétéroptères		
Veliidae		25
Corixidae		12
Notonectidae		2
Ephéméroptères		
Baetidae		143
Leptophlebiidae		116
Leptohyphidae		11
Caenidae		8

Odonates		
	Corludiidae	1
	Gomphidae	8
Mégaloptères		4
Mollusques		8
Total		1176

1176 individus ont été récoltés, appartenant à 24 taxons. Par rapport à la saison sèche cela représente trois fois moins d'individus mais 4 taxons supplémentaire. Cette constatation est régulièrement observée en Guyane (IRD, 2001). En effet, les effectifs récoltés sont toujours plus importants en saison sèche, mais le nombre de taxons est plus élevé en saison des pluies. Les insectes représentent toujours la plus grande part des effectifs totaux avec plus de 95 %. Les Diptères sont toujours les plus abondants puisqu'ils représentent plus de 60 % des effectifs (Fig. 13). Notons cependant qu'ils avaient une répartition beaucoup plus importante en saison sèche. De plus, la structure taxonomique de ce peuplement de Diptères a changé. En effet, les Chironomidae qui représentaient 98 % des effectifs de Diptères ne représentent plus que 75 %, les Ceratopogonidae prenant la place restante.

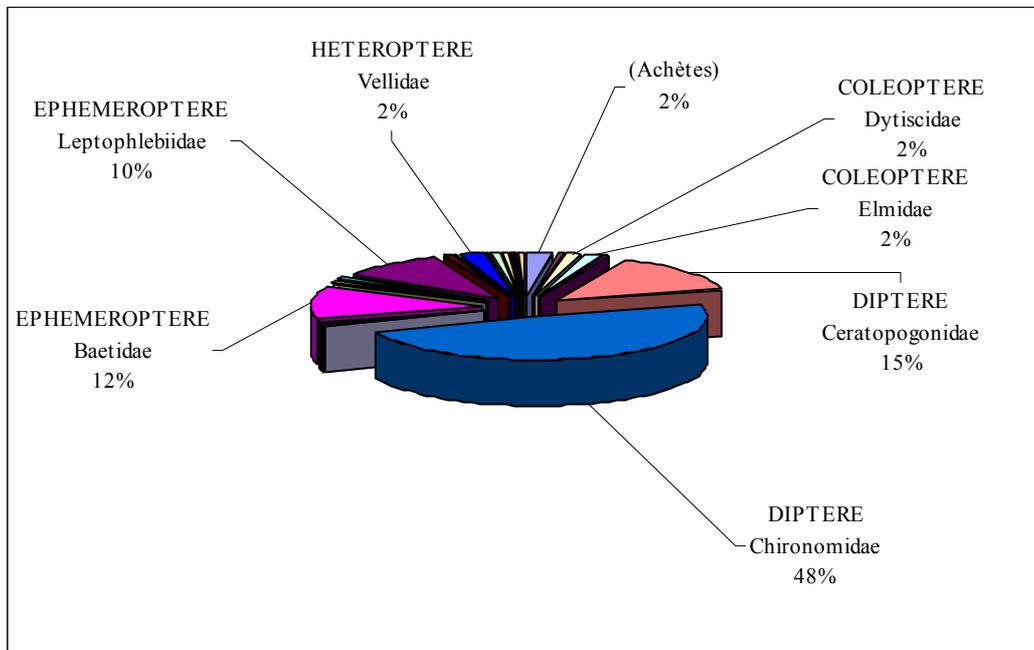


Figure 13 : Répartition des différents taxons récoltés sur les dix stations

Les éphéméroptères restent eux aussi au deuxième rang, avec plus de 15 % des effectifs totaux, ce qui correspond à une augmentation importante par rapport à la saison sèche. Le reste des effectifs est constitué essentiellement d'Hétéroptères et d'Achètes.

Globalement, le peuplement de saison des pluies est ainsi plus équilibré que celui de saison sèche.

III.3.1 - Caractérisation du peuplement des différentes stations

L'analyse détaillée du peuplement de chacune des stations (Fig. 14) permet, comme lors de la saison sèche, de mettre en évidence 3 zones bien distinctes : Les deux criques suivies, le

fleuve et le saut. Cependant, la situation est très différente de celle observée en octobre 2005, tant au niveau de l'abondance que de la diversité, ces deux facteurs étant faibles au niveau des deux criques, en augmentation sur le fleuve et très important à l'aval de Saut Mathias.

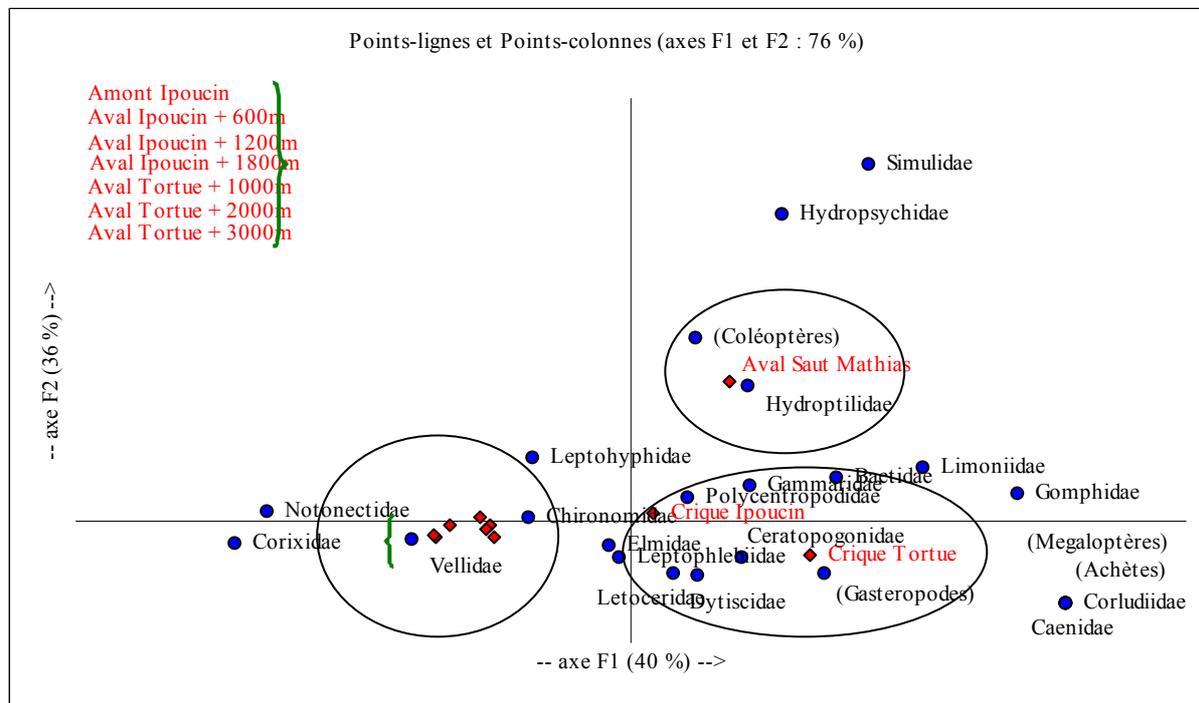


Figure 14 : AFC réalisée avec les peuplements d'invertébrés aquatiques des dix stations échantillonnées

➤ Les deux criques orpaillées :

Le peuplement est caractérisé par des densités élevées, les plus importantes de la zone d'étude. 154 individus ont été récoltés dans la Crique Ipoucin et 410 dans la Crique Tortue. La richesse taxonomique est également importante avec respectivement 12 et 17 taxons récoltés.

➤ Le fleuve Approuague :

L'abondance dans cette zone est variable, de 60 individus à 1200 m en aval de la confluence avec la crique Ipoucin à 87 à 2000 m en aval de la confluence avec la crique Tortue. Cette abondance reste toutefois beaucoup moins importante que dans les criques, hormis en amont de la crique Ipoucin (129 individus récoltés).

La diversité varie elle, de 7 à 12 taxons sur l'ensemble de la zone, et reste donc inférieure à celle des deux criques.

➤ Le Saut :

L'abondance est inférieure à celle des deux criques (116 individus récoltés) et comparable à celle relevée à l'amont de la zone. En revanche la diversité, avec 14 taxons récoltés, est plus élevée que celle de toutes les autres stations du fleuve.

III.3.3 - Interprétation

La figure 15, présente l'évolution de l'indice de diversité de Shannon (1948) selon un transect amont-aval de la zone.

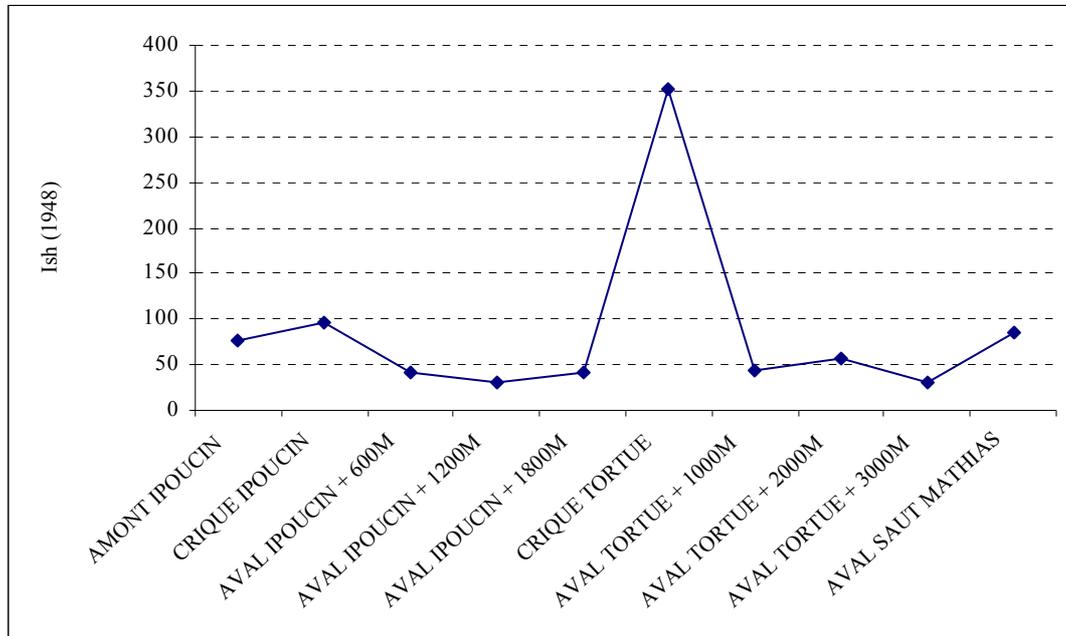


Figure 15 : Evolution de l'indice de Shannon (1948) sur l'ensemble de la zone

Contrairement à ce qui se passait en saison sèche, où la situation des deux criques était catastrophique, nous constatons une légère augmentation de la qualité des peuplements benthiques dans la crique Ipoucine et une augmentation significative dans la crique Tortue avec un score qui atteint 350 (Fig. 15).

En revanche, la situation sur le fleuve, y compris en amont de la zone d'étude, semble s'être dégradée. En effet, les valeurs de l'indice observé oscillent entre 80 et moins de 50 alors qu'elles variaient autour de 100 en saison sèche.

Enfin, le score obtenu à l'aval de Saut Mathias qui chute de plus de 5 fois par rapport à celui de saison sèche, reflète une forte baisse de la qualité biologique des eaux.

III.3.3.1 - Le SMEG (Score Moyen des Ephéméroptère de Guyane)

Il a été récolté 287 Ephéméroptères, répartis en 8 genres (Tab. 6). 84 individus n'ont pas pu être identifiés au genre, ce qui représente 30 % des effectifs totaux d'éphémères.

Tableau 6 : Liste taxonomique des genres d'éphéméroptères récoltés

Genres	Quantité	Score individuel de polluosensibilité
<i>Americabaetis</i>	43	3
<i>Caenis</i>	5	1
<i>Camelobaetidius</i>	8	3
<i>Cloeodes</i>	31	1
<i>Lentvaaria</i>	1	2

<i>Leptohyphes</i>	12	4
<i>Paracloeodes</i>	55	2
<i>Simothraulopsis</i>	48	3

Les genres les plus abondants sont *Paracloeodes* de la famille des Baetidae et *Simauthroloopsis* de la famille des Leptophlebiidae. Viennent ensuite au deuxième et troisième rang, deux Baetidae (*Americabaetis* et *Eloeodes*) avec respectivement 15 et 11 % des effectifs totaux d'éphéméroptères. La part des autres genres restant ne dépassant pas 3 %.

Le peuplement est ainsi constitué à 45 % d'unités opérationnelles peu ou très peu polluosensibles (*Americabaetis*, *Cloeodes*, *Simauthroloopsis* et *Paracloeodes*). Les genres polluosensibles ou très polluosensibles sont absents de cet inventaire.

Le tableau 7 montre le détail du calcul de l'indice SMEG.

Tableau 7 : Détail du calcul de l'indice SMEG

	Amont Ipoucain	Crique Ipoucain	Aval Ipoucain + 600 m	Aval Ipoucain + 1200 m	Aval Ipoucain + 1800 m	Crique Tortue	Aval Tortue + 1000 m	Aval Tortue + 2000 m	Aval Tortue + 3000 m	Aval saut Mathias
Nbr. U.O	2	2	3	3	3	5	3	3	3	5
\sum des scores individuels	6	3	7	7	7	13	7	7	7	15
SMEG	3,0	1,5	2,3	2,3	2,3	2,6	2,3	2,3	2,3	3,0
Apport de la diversité	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5
SMEG	3,2	1,7	2,6	2,6	2,6	3,1	2,6	2,6	2,6	3,5
Classe d'intégrité	III	V	IV	IV	IV	III	IV	IV	IV	III

Le nombre d'U.O. (Unités Opérationnelles) récoltés sur l'ensemble de la zone, est de 8 contre 10 en saison sèche.

Un maximum de 5 taxons est atteint à Saut Mathias et dans la crique Tortue avec un minimum de 2, dans et en amont de la crique Ipoucain. Le nombre, régulièrement observé dans ce genre de crique, dans des conditions naturelles (c'est à dire non impactées), est supérieur à 10.

La somme des scores individuels est elle aussi faible, ce qui confirme que les unités opérationnelles collectées sont assez résistantes. Plus généralement, nous constatons que hormis dans les deux criques, le score de l'indice entre le mois de juin et le mois d'octobre a baissé sur l'ensemble de la zone, sans pour autant engendrer de déclassement.

La figure16 cartographie la zone d'étude en fonction des classes d'intégrités issue du calcul du SMEG.

III.3.3.2 - Relation avec la turbidité

La caractéristique première de l'exploitation aurifère par décapage de surface, est le rejet en grande quantité de matière dans les cours d'eau adjacents. Ces rejets ont pour conséquence une forte augmentation des M.E.S. et de la turbidité, qui sont par ailleurs corrélées entre elles (Cf. III.1).

Malgré le nombre réduit d'observations, nous avons mis en évidence à partir des données recueillies lors de la saison sèche, une relation entre la turbidité et les communautés aquatiques ($n = 10$; R^2 linéaire = 0,76 ; R^2 exponentiel = 0,84).

La figure 17 montre la relation qui peut exister entre les invertébrés aquatiques et la turbidité lorsque l'on rajoute les valeurs obtenues durant la mission du mois d'octobre.

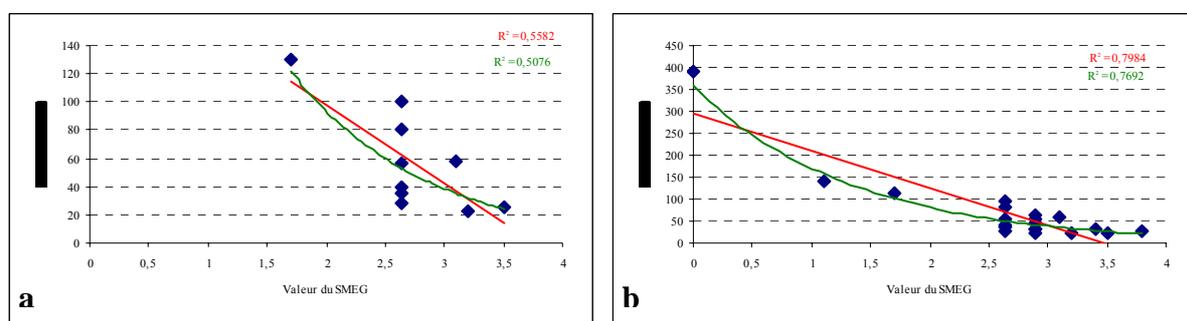


Figure 17 : Corrélation entre la turbidité et le SMEG : a) en saison des pluies ; b) total

Le nombre de points ($n = 20$) est toujours insuffisant. Cependant la corrélation reste significative malgré l'ajout de données supplémentaires recueillies dans des conditions hydrologiques complètement différentes.

De plus, si l'on intègre à ce jeu de données des valeurs provenant d'autres bassins versants, la Mana par exemple (Guillemet et Thomas, 2005), nous obtenons avec $n = 27$ des coefficients de corrélation : linéaire = 0,70 ; exponentiel = 0,96.

Ainsi, il s'avère que les invertébrés aquatiques et particulièrement les éphémères répondent de manière significative aux perturbations d'origine minières. Ils peuvent donc être considérés comme des outils de choix pour l'étude de l'impact des activités aurifères sur les cours d'eau.

IV – Discussion – Conclusion

L'ensemble des mesures réalisées sur la turbidité et les MES confirment et complètent les conclusions réalisées lors de la saison sèche 2005. Ainsi :

- La turbidité et les MES sont corrélés de façon significative. Lors de futures investigations, la collecte des données pourra donc se limiter à la mesure de la turbidité. La lecture directe des données de turbidité permet une multiplication des points de mesures sans l'inconvénient de la collecte, du transport et du traitement des échantillons d'eau nécessaires pour la mesure des MES. ;
- Le panache de diffusion des MES issues des criques orpaillées est manifeste sur une portion importante du fleuve, même si les teneurs diminuent avec la dilution amenée par la confluence. Les limons se déposent tout au long du parcours de la masse d'eau (colmatage des fonds manifeste à chaque station de mesure). Une amélioration de la qualité de l'eau ne se présente de façon notable qu'au niveau d'une rupture de pente, un Saut au niveau duquel le matériel en suspension se dépose en masse (observations faites en saison sèche 2005) ;
- Une augmentation forte et significative des valeurs de turbidité et de MES est observée après la mise en service d'un chantier d'orpaillage (doublement des quantités de MES et jusqu'à trois fois pour la turbidité) comme ce fut le cas entre les criques Tortue et Ipoucin lors de la saison sèche 2005 et lors de cette mission sur la crique Ipoucin. Cette dernière présente de surcroît des valeurs de turbidité sans activité minière deux fois plus importantes que celles du bruit de fond de l'Approuague, évaluées quant à elles à 20-25 NTU et 15 mg/L de MES ;
- Un phénomène identique se met en place après un épisode pluvieux important mais avec une amplitude beaucoup plus grande puisque les valeurs de turbidité peuvent être multipliées par 10 fois. Cet important lessivage des sols mis à nu par les activités minières a une forte incidence sur tout le fleuve en aval. Cet impact est sans aucun doute durable très certainement visible sur plusieurs années même après l'arrêt de l'activité d'orpaillage dans les fleuves. Pour cela et si l'orpaillage cesse sur la crique Tortue ou sur l'Arataï (explicité en saison sèche 2005) il serait intéressant de suivre l'évolution des écosystèmes sur plusieurs années (matières en suspension, état physique des fonds (colmatage) et vitesse et modalités de recolonisation des différents habitats). Il paraît en particulier indispensable de mesurer l'effet de chasse des crues sur les dépôts de limons. Comment leur intensité joue-t-elle sur la répartition vers l'aval de ces dépôts et quelle est l'évolution naturelle des milieux anciennement orpaillés de ceux non orpaillés ? De même une étude comparative entre par exemple les populations des salades Coumarou du Sinnamary (un des derniers sites non orpaillés de Guyane) avec les salades de ces zones régulièrement impactées par les MES pourrait nous renseigner sur les véritables impacts à long terme.

Le suivi des invertébrés aquatiques nous apporte de nombreuses indications quant à la qualité des eaux puisqu'une relation entre la turbidité et les communautés aquatiques a pu être mise en évidence. De ce fait, il s'avère que les invertébrés aquatiques et particulièrement les éphémères répondent de manière significative aux perturbations d'origine minières. Ils peuvent donc être considérés comme des outils de choix pour l'étude de l'impact des activités aurifères sur les cours d'eau. Nous avons ainsi pu cartographier grâce au SMEG la zone d'étude et souligner l'importance des Sauts dans les phénomènes d'auto-épuration des cours d'eau, ce phénomène étant beaucoup moins efficace en saison des pluies que lors de la saison sèche.

En ce qui concerne les peuplements de poissons, le constat établi lors de cette campagne de saison des pluies est le même que celui effectué lors de la saison sèche 2005 : la crique Tortue, dont les valeurs moyenne en MES et en turbidité sont inférieures à celles trouvées dans la crique Ipoucin, présente une richesse spécifique et une abondance supérieures à celles de la crique Ipoucin dont le rejet est manifestement plus important. Toutefois l'ensemble du peuplement de poissons présent sous ces deux criques étudiées est significativement moins riche et abondant mais également moins bien équilibré que celui des stations amont et aval.

Cette constatation souligne l'importance du facteur « temps d'exposition ». En effet, les poissons, organismes facilement mobiles, peuvent échapper à l'impact direct de la charge en matières en suspension des eaux en évitant le panache de rejet et revenir très vite lorsque les émissions cessent mais plus la pression sera maintenue longtemps plus le milieu aura du mal à « récupérer ».

Ces données montrent également que le fleuve Approuague est déjà perturbé en amont de la zone étudiée (richesse spécifique et abondance aussi bien des poissons que des invertébrés aquatiques très en retrait par rapport aux valeurs obtenues sur d'autres fleuves Guyanais comparables).

V - Références bibliographiques

- Cerdan P., Guillemet L., Richard S. & Vigouroux R. - 2005 - Etude de l'impact de l'orpaillage alluvionnaire sur la qualité des milieux aquatiques et la vie piscicole. Etude Bibliographique. *Rap. Hydréco-DAF*, 14p.
- Depuy F. & Thomas A.- 2001 - Clés d'identification illustrées générales des macroinvertébrés des rivières de Guyane française. (Embranchement, Classes, Ordres). *in* IRD - Qualité des eaux des rivières de Guyane. 1-21.
- Depuy F. - 2001 - Clés d'identification illustrées des coléoptères des rivières de Guyane française. Clé de détermination à la famille - Clé de détermination générique. *in* IRD - Qualité des eaux des rivières de Guyane. 88-129.
- Dominguez E., Peters W.L., Peters J.G., Savage H.M. - 1997 – the imago of *Simothraulopsis* Demoulin with a redescription of the nymph (Ephemeroptera : Leptophlebiidae : Atalophlebiinae). *Aquatic insectes*, 19 : 141-150.
- Dominique Y., Mathuriau C. & Thomas A.- 2001a - Etude systématique du genre *Camelobaetidius* Demoulin, 1966 en Colombie (Ephemeroptera, Baetidae). *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, 137 : 17-32.
- Dominique Y., Thomas A. & Fenoglio S.- 2001b - Redescription de *Camelobaetidius musseri* (Travers & Edmunds, 1968) (Ephemeroptera, Baetidae). *Ephemera*, 3 : 33-41.
- Fernandez H.R. et Dominguez E. – 2001 – Guia Para la determinación de los artopodos bentonicos sudamericanos. *UNT Ed., Tucuman. 950-554-247-X ; 282p.*
- Guillemet L., Thomas A, Cerdan P. - 2005 - Les invertébrés aquatiques de la Mana : premier inventaire, biodiversité, endémisme . caractérisation d'impact anthropiques par l'étude des différentes communautés. *Rap. Hydréco-MOM*, 18p.
- Horeau V. & Cerdan P. – 2001 - Essai d'élaboration d'un indice biotique de la qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les invertébrés - *in* IRD - Qualité des eaux des rivières de Guyane, Annexe 5, 36pp.
- Horeau V., Guillemet L, & Vigouroux R. - 2004 - Contribution à l'étude de faisabilité de l'exploitation durable de la salade Coumarou (*Mourea fluviatilis*, Podostomaceae) en Guyane. 1-Peuplement et biomasse des invertébrés aquatiques. *Rap. Hydreco-GRID*, 29p.
- Horeau V., Guillemet L., Vigouroux R., Cerdan P. - 2002 - Contribution à l'étude de faisabilité de l'exploitation durable de la salade Coumarou (*Mourea fluviatilis*, Podostomaceae) en Guyane : impact sur les communautés d'invertébrés aquatiques. *Rap. Hydreco-GRID*, 19p.
- IRD – 2001 – Surveillance de la faune ichtyologique dans la zone du Centre Spatial Guyanais. *In Résultats du plan de mesures environnement CSG 2000, CSG-RP-S3X-400 : 18-37p.*
- Lauzanne, L., Morais de T., Morais de A., Ponton D. - 1993 - Structure biologique des peuplements ichtyiques du fleuve Sinnamary en Guyane française. *Rapport EDF-ORSTOM, Cayenne : 133 p.*

- Le Bail, P.-Y., Keith P. et Planquette P. - 2000 - Atlas Des Poissons D'Eau Douce De Guyane Française (Tome 2, Fascicule II). Ed. INRA CSP Min. Env. Paris IEGB-MNHN. 1 ed. 1 vols. Paris: IEGB-MNHN, INRA, CSP, Min. Env.
- Mc Cafferty W.P. – 1981 – Aquatic Entomology. The Fishermen's and ecologist's illustrated guide to insect and their relatives. *With illustrations by A. V. Provonsha* : 448p.
- Mérona de B. - 2001 - Etudes relatives au suivi ichthyologique dans la retenue et à l'aval. Synthèse des études, année 2000. *Rap. Final IRD-EDF*, 76 p.
- Mérona B. de - 2001 - Surveillance de la faune ichthyologique dans la zone du Centre Spatial Guyanais. *Rapport final, contrat N°99/CNES/2652 (Avenant 2000). ORSTOM Cayenne* : 37 p.
- Mérona B. de, Vigouroux R., Horeau V. - 2003 - Changes in food resources and their utilization by the fish community in a large tropical reservoir in South America (Petit-Saut Dam, French Guiana). *Acta oecol* ; 24 : 147-156.
- Mérona B. de, Tejerina Garro F. L., Hugueny F., Soulard F., Barral M., Vigouroux R. - 2000 - Elaboration d'un indice biotique de qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les poissons. *Convention DIREN « Qualité des eaux guyanaises », annexe 7*, 28p.
- Merritt R. W. et Cummins K.W. – 1988 – An introduction to the aquatic insect of north America. *Second Edition. Ed., Dubuque, Iowa*. 722p.
- Orth K., Thomas A. , Dauta C., Horeau V., Brosse S. & Ademmer C., 2000. Les Ephémères de la Guyane Française. 1. Premier inventaire générique, à but de biosurveillance (Ephemeroptera). *Ephemera*, 2 : 25-38.
- Orth K., Thomas A. & Dominique Y., 2001. Clés d'identification illustrées des éphéméroptères des rivières de Guyane française. Clé de détermination à la famille - Clé de détermination générique. *in IRD - Qualité des eaux des rivières de Guyane*. 22-87.
- Planquette P., Keith P., B. Le Bail, P.Y. - 1996 - Atlas des poissons d'eau douce de guyane (tome 1). *Collection du Patrimoine Naturel ed., Paris*. 2-86515-094-1, 429.
- Richard S et Cerdan P. - 2000 - Essai d'élaboration d'un indice biotique de la qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les invertébrés. *Convention DIREN « Qualité des eaux guyanaises », annexe 5*, 37p.
- Richard S. - 1996 - La mise en eau du barrage de Petit Saut (Guyane française). Hydrochimie 1- du fleuve Sinnamary avant la mise en eau, 2- de la retenue pendant la mise en eau, 3- du fleuve en aval. *Thèse de l'Université d'Aix-Marseille 1*, 278p.
- Scibona D. – 1999 – Etude faunistique des trichoptères et mégaloptères des rivières des Antilles et de la Guyane Française. Rapport de Stage D.E.S.U. /CESAC Université de Toulouse
- Tachet H, Richoux P., Bournaud M., Useglio-Polatera P. – 2002 – Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. *CNRS éditions Ed., Paris*. 2-271-05745-0, 587p.

- Téjérina-Garro F.L - 2001 – Etude des relations habitat-poissons dans les eaux courantes de Guyane française pour l'évaluation de la qualité du milieu aquatique. Thèse de doctorat, Univ. Montpellier II, 244p.
- Thomas A., Orth K., Horeau V. & Dominique Y. – 2000 - Les Ephémères de la Guyane Française. 3. *Bessierus doloris* n. gen., n. sp. (Ephemeroptera, Leptophlebiidae). *Ephemera*, 2 : 49-57.
- Thomas A., Dominique Y. & Horeau V. - 2001a - Les Ephémères de la Guyane Française. 7. Redescription de *Camelobaetidius cayumba* (Traver & Edmunds,1968) [Ephemeroptera, Baetidae]. *Ephemera*, 3 : 117-122.
- Thomas A., Peru N. & Horeau V. - 2001b - Les Ephémères de la Guyane Française. 8. Description de *Camelobaetidius matilei* n. sp. et clé de détermination des espèces guyanaises de ce genre [Ephemeroptera, Baetidae]. *Ephemera*, 3 : 123-133.
- Thomas A., Orth K. & Dominique Y. - 2001c - Etude des éphéméroptères de la Guyane française : Systématique, répartition géographique et élaboration d'un indice de qualité des eaux (SMEG). in IRD - Qualité des eaux des rivières de Guyane. 1-84.
- Vigouroux R., Horeau V., Guillemet L, Cerdan P. - 2004 - Contribution à l'étude de faisabilité de l'exploitation durable de la salade Coumarou (*Mourea fluviatilis*, Podostomaceae) en Guyane. 2-Peuplement et alimentation des communautés de poissons. 24 p.
- Vigouroux R. et Guillemet L. - 2005 - Surveillance la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. *Contrat HYDRECO – CNES, commande n° 47 0000 136403 / CSG009*, 49p.
- Vigouroux R., Guillemet L. & Cerdan P. – 2005 Etude de l'impact de l'orpaillage alluvionnaire sur la qualité des milieux aquatiques et la vie piscicole. Etude et mesure de la qualité physico-chimique des eaux de l'Approuague au niveau de la Montagne Tortue et son impact sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques. 40p. Rap. Hydréco-DAF

Annexes

Annexe 1a : Tableau brut des mesures de turbidité effectuées le long de l'Approuague

Station	KM	Rive Gauche	Axe	Rive Droite					
ARATAI	-0.2	32.20	32.70	32.10		32	21.60	22.60	21.40
	0.1	11.47	27.53	32.60		33	23.80	23.10	21.60
	0.3	13.07	22.33	30.63		34	23.90	22.90	21.70
	0.5	15.17	27.33	29.43		34.9	25.30	23.27	21.03
	0.7	15.97	23.20	29.17		35	340.00	22.80	20.70
	1	17.60	24.67	27.67	Sortie Ipoucin	35.1	276.67	22.40	20.30
	1.2	17.90	24.33	27.90		35.2	172.67	22.10	20.00
	1.5	18.97	24.07	28.17		35.3	144.67	21.70	19.70
	1.7	20.03	23.13	27.23		35.4	139.33	21.40	19.90
	2	20.00	23.40	28.43		35.5	129.33	21.10	20.40
	2.3	20.60	22.47	28.20		35.6	100.47	20.65	20.85
	2.5	20.33	22.37	27.80		35.7	103.90	20.30	20.00
	3	21.13	24.33	27.07		35.8	80.87	19.90	19.00
	3.5	21.57	23.53	27.03		35.9	100.17	19.63	18.85
	4	21.27	23.87	27.47		36	76.10	19.50	19.00
	4.5	22.63	23.77	27.40		36.1	83.17	19.60	19.15
	5	23.03	24.20	25.87		36.2	79.90	19.67	19.30
	5.5	22.63	25.00	25.93		36.3	68.57	20.60	19.90
	6	25.73	23.80	25.17		36.4	69.33	21.40	20.50
	6.5	25.13	23.83	24.23		36.5	68.67	21.87	20.93
	7	24.63	24.63	24.53		36.6	65.47	21.80	20.75
	8	24.20	24.30	24.70		36.7	62.30	21.70	20.60
	8.3	30.30	24.30	24.30	Sortie Torue	36.8	56.63	21.60	20.50
	8.5	29.30	24.40	24.70		36.9	57.40	22.00	20.55
	9	26.50	27.60	24.10		37	58.33	22.40	20.62
	10	23.90	25.20	23.10		37.1	52.17	22.80	20.71
	11	25.90	25.20	23.00		37.2	56.27	23.20	20.80
	12	24.60	25.80	25.10		37.3	55.00	23.60	20.90
	13	25.40	25.00	24.10		37.4	48.33	22.80	20.60
	14	25.30	26.50	24.50		37.5	46.00	22.00	20.20
	15	25.00	25.70	24.70		37.6	47.53	20.97	19.83
	16	25.80	25.00	24.80		37.7	43.40	21.05	20.20
	17	24.60	25.60	19.00		37.8	44.87	21.10	20.65
	18	23.60	25.40	19.70		37.9	42.57	21.20	21.10
	19	25.80	23.70	20.50		38	41.73	21.60	20.45
	20	25.90	24.70	22.60		38.1	40.93	22.00	19.85
	21	24.70	25.00	22.70		38.2	39.67	22.40	19.30
	22	25.60	26.60	24.50		38.3	37.67	22.55	19.30
	23	26.40	24.50	23.80		38.4	38.07	22.66	19.35
	24	25.20	23.70	23.80		38.5	34.50	22.75	19.35
	25	24.60	23.90	24.90		38.6	35.30	23.40	19.75
	26	23.50	24.70	24.00		38.7	35.13	24.00	20.15
	27	23.70	23.90	23.40		38.8	35.50	24.77	20.55
	28	24.20	22.00	24.70		38.9	35.20	24.70	20.40
	29	24.80	24.80	19.50		39	34.83	24.60	20.25
	30	23.70	21.50	18.80		39.1	35.05	24.50	20.10
	31	24.20	22.80	21.00		39.2	34.70	24.40	19.95
						39.3	36.25	23.50	20.35
						39.4	33.95	22.60	20.80

	39.5	33.35	21.97	21.10
	39.6	32.50	22.90	21.60
	39.7	30.50	23.80	22.20
	39.8	28.75	24.70	22.70
	39.9	29.10	25.70	23.30
	40	28.67	26.80	23.90
	40.1			
	40.2			

	40.3			
sous Mathias	41	80.27	92.37	72.8
Petit Mathias	42.5	68.1	62	58.10
Athanase		67.5	69.8	
Mapaou		69.3	72.8	

Annexe 1b : Mesures de turbidité – MES réalisées le long de l'Approuague et sur les criques connexes

Turbidité	MES
11	4
32.3333333	15
15.1666667	9.3
17.6	11.3
20	12
20.3333333	11.3
21.1333333	13
21.2666667	15
23.0333333	13
58.8	30
25.7333333	16
24.6333333	14
24.4	15
48.95	21
35.9	18
30.3	14
24.07	16
25.17	15.3
24.83	16
25.43	14.7
25.1333333	16
7.4	3.3
25.2	13.3
23.0666667	15.3
22.9	16.7
23.2	16
24.4	16
24.1333333	13.3
25.5666667	15
24.9	11
24.2333333	13.5
24.4666667	8
24.0666667	9.5
7.11	5.5
23.6666667	15
23.6333333	17
23.0333333	13
21.3333333	16.5
22.6666667	7

21.87	4.5
22.83	17
22.83	7
25.3	12
23.2666667	16
21.0333333	18.7
340	210
144.666667	84
21.7333333	16
19.7	14
100.466667	94
20.65	14.7
20.85	16
100.166667	60
19.6333333	12.7
18.85	16
79.9	39
19.6666667	14.7
19.3	14.7
68.6666667	39
21.8666667	14
20.9333333	14
56.6333333	25
21.6	14
20.5	12
58.3333333	24
55	29
23.6	8.7
20.9	11.3
47.5333333	23
20.9666667	16
19.8333333	9.3
42.5666667	23
21.2	17.3
21.1	14.7
39.6666667	21
22.4	16
19.3	15.3
34.5	19.3
22.75	14

19.35	14
35.5	25.3
24.7666667	17.3
20.55	13.3
34.7	24.7
24.4	19.3
19.95	17.3
33.35	22.7
21.9666667	14.7
21.1	15.3
28.6666667	18
26.8	11.3
23.9	16
198	93
175	86
193	81
202	101
203	95
456	195
1400	1020
140	68
128	64
128.5	63
57.4	25
60.6	34
63.9	37
59.5	19
563	248
420.7	224
72.8	33
92.6	46
80.3	44
68.1	36
62	30
58.1	35
68.65	36
70.95	42
78.1	37

Annexe 2 : Tableau brut des mesures de Turbidité effectuées sur la crique Ipoucin

Distance en m	chantier		1248	178		2528	126
	Sans	Avec					
			1280	187		2560	
0	122	192	1312	192		2592	
32	124	198	1344	184		2624	
64	122	200	1376	186		2656	
96	126		1408	190		2688	
128	119		1440	192		2720	
160	125		1472	192		2752	
192	133		1504	189		2784	
224	128		1536	179		2816	
256	126		1568	192		2848	
288	125		1600	188		2880	
320	128	176	1630	194		2912	
352	134	175			431	2944	
384	137	175	1650		456	2976	
416	133		1696		458	3008	
448	140		1728			3040	
480	142		1760		207	3072	
512	146		1792		203	3104	
544	149		1824		288	3136	
576	151		1856		272	3168	
608	153		1888		141	3200	
640	150		1920		140	3232	
672	144		1952		143	3264	
704	163		1984			3296	
736	157	188	2016			3328	
768	159	193	2048			3360	
800	166	184	2080			3392	
832	166		2112			3424	
864	167		2144			3456	
896	168		2176			3488	
928	174		2208			3520	
960	178		2240			3552	
992	180		2272			3584	
1024	176		2304			3616	
1056	180		2336			3648	
1088	181	206	2368			3680	
1120	182	202	2400			3712	
1152	176	210	2432			3744	128
1184	184		2464		135	3776	127
1216	184		2496		128		

Annexe 3 : Tableau brut des mesures de Turbidité-MES effectuées le long de la crique Tortue

Distance	Turbidité
0	44
40	49
80	49
120	53
160	51
200	52
240	50
280	52
320	54
360	52
400	52
440	53
480	52
520	54
560	55
600	54
640	53
680	52
720	53
760	54
800	52
840	54
880	52
920	55
960	54
1000	53
1040	53
1080	53
1120	54
1160	55
1200	53
1240	55
1280	56
1320	54
1360	56
1400	56
1440	56
1480	56

Annexe 4 : Tableau brut des mesures de Turbidité effectuées lors de la pluie dans le panache des criques Ipoucin et Tortue

	Distance (Km)	Turbidité	
		Sans pluie	Pluie
Sortie Ipoucin	0	340	563
	0.6	100.5	268
	1.2	79.9	196
	1.8	56.6	125
Sortie Torue	2	58.3	420
	3	41.7	218
	4	34.8	142
	5	28.7	76