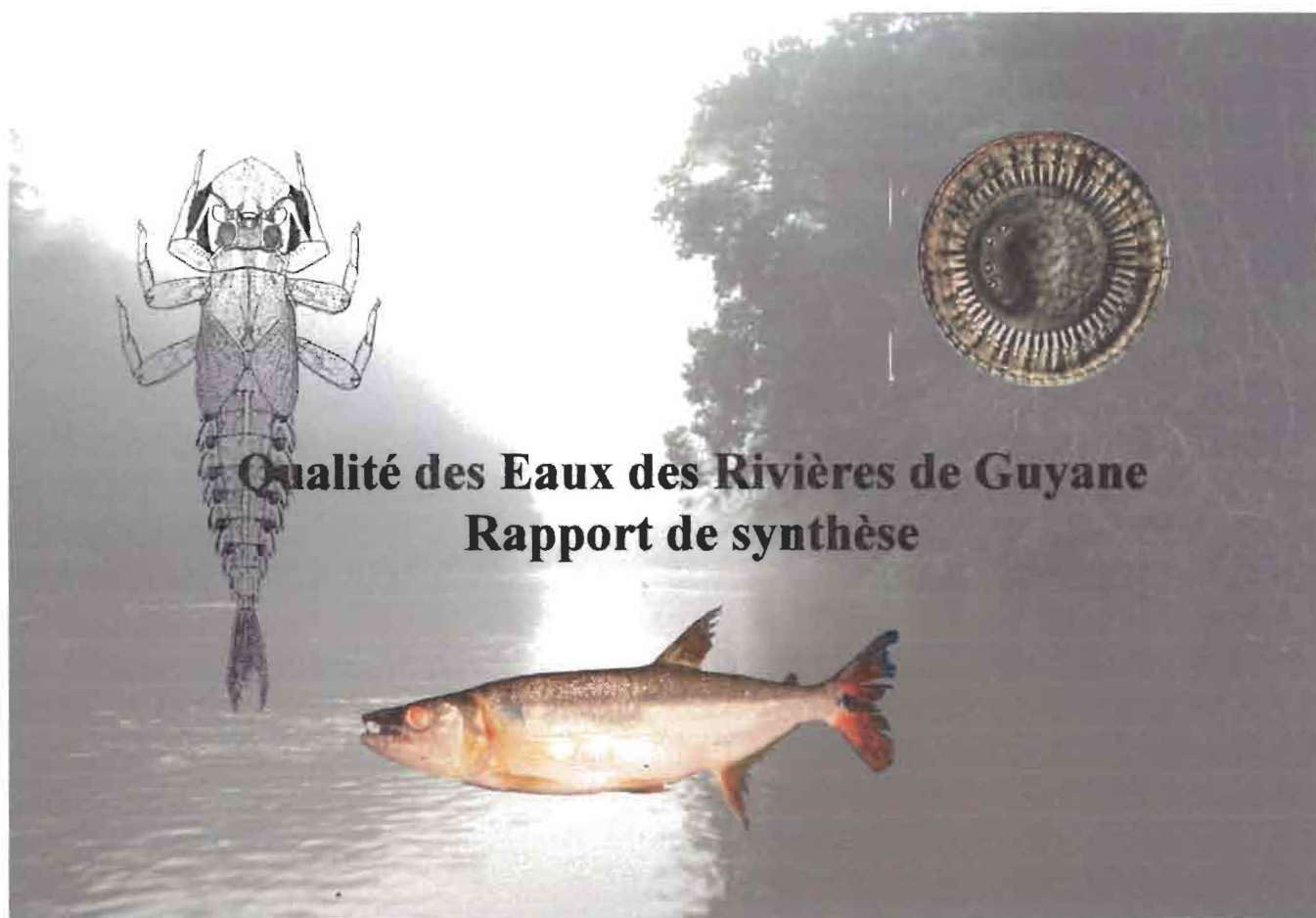




Préfecture de la région Guyane



Qualité des Eaux des Rivières de Guyane Rapport de synthèse



UMR CNRS 5576 CESAC
Université Paul Sabatier
TOULOUSE



juin 2001



– Convention “Qualité d’Eau”. – Rapport de synthèse – mai 2001

Bernard de Mérona, rédacteur
Jean-Pierre Carmouze, coordonnateur

Equipe scientifique (par ordre alphabétique)

- Marc BARRAL, ichtyologiste, stagiaire IRD
- Jean- Pierre CARMOUZE, hydrochimiste, IRD
- Philippe CERDAN, entomologiste, HYDRECO
- Michel COSTE, algologiste, CEMAGREF, Bordeaux
- Frédérique DEPUY entomologiste, D.E.S.U. Université Toulouse
- Yannick DOMINIQUE entomologiste, D.E.S.U. Université Toulouse
- Cédric GAUCHEREL, physicien, expert
- Christian GERARDHI, Institut Pasteur
- Véronique HOREAU, entomologiste, HYDRECO
- Bernard HUGUENY, ichtyologiste, IRD
- Bernard de MÉRONA, ichtyologiste, IRD
- Karine ORTH, entomologiste, D.E.S.U. Université Toulouse
- Sandrine RICHARD, hydrochimiste, HYDRECO
- David SCIBONA entomologiste, D.E.S.U. Université Toulouse;
- Frédéric SOULARD, ichtyologiste, stagiaire, IRD
- Francisco Leonardo TEJERINA GARRO, ichtyologiste, thésard IRD
- Alain THOMAS, entomologiste, Université Toulouse

Equipe technique (par ordre alphabétique)

- Roland ABOIKONI, HYDRECO
- Jean-Claude BRON, IRD
- Laurent GUILLEMET, HYDRECO
- Geneviève GUIRAUD, Université Toulouse
- C. PACHE, ADSPS
- Dominique PANTALACCI, Université Toulouse
- Cécile REYNOUARD, HYDRECO
- Roland RUFFINE, IRD
- Michel TARCY, IRD
- Jemmy VALERE, HYDRECO
- Régis VIGOUROUX, IRD
- Cyril ZOUITEN, HYDRECO

PRÉAMBULE

C'est le 2 juin 1999 qu'a administrativement débuté le projet "Qualité des Eaux des Rivières de Guyane". Les chercheurs participants étaient pour la plupart déjà au travail, anticipant la signature officielle. Il y avait de fait une certaine urgence. La DIREN, service de l'Etat demandeur, avait en effet confié à l'ORSTOM la mission *quasi* impossible de mettre au point un référentiel de qualité des rivières de Guyane dans un délai de deux ans. Quand on sait que de nombreuses équipes de chercheurs et techniciens se sont attelés pendant plus de dix ans et s'attellent encore en métropole au même objectif, on mesure l'ambition de ce projet pour la Guyane, grande de 91.000 km² et pour laquelle les données de base sont extrêmement limitées.

Le projet prévoyait 5 grandes orientations:

- centrer l'étude d'une part sur l'état de surface des bassins appréhendé par la télédétection, l'hydrologie et la physico-chimie et d'autre part sur trois familles de bio-indicateurs potentiels (diatomées, invertébrés aquatiques et poissons)
- élaborer un premier référentiel de l'état des cours d'eau en Guyane,
- localiser les agents perturbateurs majeurs,
- appréhender les réponses écologiques aux perturbations
- fournir un premier indice global de qualité des milieux aquatiques.

Il était prévu de décliner ces orientations en produits comprenant

1. une cartographie de l'organisation spatiale du réseau hydrographique,
2. une typologie hydrologique,
3. une typologie hydrochimique,
4. la définition d'un référentiel biologique,
5. une analyse des modifications des communautés en fonction des perturbations,
6. un croisement de l'ensemble des données pour aboutir à un premier indice global.

De plus un volet annexe et indépendant concernait l'adaptation des protocoles d'analyses bactériologiques aux conditions guyanaises (voir Annexe 8).

Comme souvent dans des projets de recherche abordant des thématiques nouvelles dans des environnements peu connus, les résultats obtenus ne sont pas toujours exactement en accord avec les objectifs initialement formulés. Certains objectifs apparaissent rapidement trop ambitieux ou irréalisables du fait de difficultés techniques imprévisibles. En revanche, la recherche peut aller plus loin dans certains domaines qui paraissent plus prometteurs qui génèrent des résultats insoupçonnables au moment de l'élaboration du projet.

Le projet "Qualité des Eaux Guyanaises" n'échappe pas à la règle, néanmoins les résultats obtenus et présentés dans ce rapport atteignent dans leur esprit les objectifs du projet et parfois vont bien au delà.

Les points 1 et 2 ont été traités parallèlement de manière à utiliser la même approche dans la caractérisation hydrologique et morphologique des cours d'eau. L'étude de la morphologie va bien au delà d'une simple cartographie en élaborant des indicateurs quantitatifs.

En ce qui concerne les études biologiques, les différents points ont été abordés conjointement. En effet il était aisé dans le contexte de la Guyane de déterminer *a priori* les milieux perturbés et, de plus, dont la perturbation est connue (barrage, orpaillage, etc.). L'intégration de toutes les collectes dans la même analyse permettait en même temps de déterminer les caractéristiques de peuplements de milieux non perturbés et les modifications en fonction des perturbations. Afin d'améliorer la fiabilité des résultats de nombreuses données, extérieures au projet lui-même, ont été intégrées aux analyses.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies la qualité de l'eau et des milieux aquatiques a été au cœur des préoccupations des responsables politiques et de la société en général tant aux Etats-Unis qu'en Europe. Le « Water Quality Act Amendment » en 1972 puis le « Clean Water Act » en 1977 aux Etats-Unis, les lois sur l'eau de 1964, 1971 et 1978 en France, ont eu pour but de protéger la qualité de l'eau qui constitue une ressource renouvelable essentielle pour l'humanité. Ces efforts ont d'abord porté sur la composition chimique de l'eau en établissant des seuils de tolérance pour des contaminants spécifiques. Mais très vite cette approche s'est avérée insuffisante. D'une part elle ne prend pas en compte les variations géographiques naturelles des niveaux de contaminants (Arsenic, Mercure, Aluminium, par ex.), ne considère pas les effets synergiques de plusieurs contaminants ni leurs effets subléthaux ni non plus leurs effets cumulatifs. D'autre part il est impossible de mesurer tous les facteurs chimiques susceptibles d'avoir un impact sur la vie d'un cours d'eau. De plus nombre de perturbations anthropiques ne sont pas détectées par des analyses chimiques (altération du régime hydrologique, dégradation des habitats, des zones de fraie, etc.). C'est à partir de ce constat qu'est née l'idée de l'intégrité biologique. Elle est définie comme « la capacité de supporter et maintenir une communauté d'organismes adaptables, équilibrée et intégrée, ayant une composition spécifique, une diversité et une organisation fonctionnelle comparables à celles d'habitats naturels de la même région » (Karr & Dudley, 1981 ; traduction libre)¹.

Dans la pratique, la surveillance des milieux aquatiques utilise l'ensemble des indicateurs physiques, chimiques et biologiques. En France métropolitaine le système d'évaluation de la qualité des cours d'eau évolue actuellement vers l'élaboration d'une grille unique fondée sur des valeurs seuils de divers paramètres répartis en trois compartiments exprimant respectivement la qualité physique du milieu (SEQ-phy), la qualité physico-chimique de l'eau (SEQ-eau) et la qualité biologique (SEQ-bio).

Le contrôle de la qualité des milieux aquatiques participe de deux stratégies complémentaires :

- d'une part suivre un certain nombre de stations fixes censées être représentatives de l'ensemble du réseau hydrographique du territoire considéré, et dans ce cas les indicateurs pourront faire abstraction de la variabilité entre stations, et il sera souvent possible d'identifier l'origine d'une perturbation. En revanche une typologie de tous les segments du réseau est indispensable pour identifier les stations.
- d'autre part être capable d'intervenir en tout point du réseau hydrographique en fonction de l'implantation d'activités perturbatrices du milieu aquatique. Dans ce cas les indicateurs devront être suffisamment généraux pour intégrer les particularités régionales de la faune et des relations faune/ habitat aquatique et pour être sensibles à une large gamme de perturbations.

Dans ce contexte, la situation de la Guyane est très particulière. D'une part la connaissance des milieux aquatiques continentaux et de leur faune est très fragmentaire. De larges zones du territoire sont en grande partie méconnues du fait de la difficulté d'accès, les faunes d'organismes aquatiques sont beaucoup plus riches en espèces, la détermination de certains groupes taxinomiques est encore incertaine et les caractéristiques biologiques de la plupart des espèces sont totalement inconnues. D'autre part les milieux aquatiques sont

¹ *Environmental Management*, 1981, 5 : 55-68

considérablement moins soumis à des perturbations d'origine anthropique que dans la France métropolitaine.

Il était néanmoins possible d'établir une première typologie des bassins versants limitée aux données actuellement disponibles. Les données hydrologiques et morphologiques des cours d'eau au niveau des stations hydrologiques ont été utilisées dans ce but (paragraphe 1). Cette typologie est complétée par la caractérisation hydrochimique de l'eau au niveau des stations étudiées (paragraphe 2)

Tout en sachant que le temps très court disponible pour la collecte ne permettait pas d'accumuler suffisamment de données, il a été possible de proposer des indicateurs biologiques préliminaires. Se fondant sur l'expérience métropolitaine, trois groupes d'organismes répondant de manière différente et complémentaire aux perturbations ont été choisis :

- les diatomées, algues unicellulaires la plupart du temps fixées, répondent de manière rapide aux perturbations du fait de leur cycle court et de leur contact direct avec l'eau. De plus elles présentent une grande diversité taxinomique avec des réponses spécifiques aux agressions (paragraphe 3)
- les invertébrés benthiques, principalement les insectes aquatiques, présentent aussi des cycles courts, une réponse légèrement moins rapide et leur systématique peut être plus facilement appréhendée au moins pour certains groupes (paragraphe 4)
- les poissons, plus intégrateurs avec une réponse plus tardive et présentent peu de problèmes de détermination taxinomique (paragraphe 5).

En dépit du caractère hétérogène des données analysées, une tentative de croisement de l'ensemble des résultats a été effectuée et discutée (paragraphe 6).

1. Plan d'échantillonnage

Le projet initial prévoyait d'échantillonner 15 stations réparties sur l'ensemble du territoire guyanais en privilégiant les deux grands bassins côtiers et les bassins sur lesquels les différentes équipes avaient déjà des données exploitables. En fait toutes les équipes ont inclus dans les analyses un plus grand nombre de stations.

L'étude sur les diatomées a pu intégrer dans les analyses des prélèvements effectués à l'occasion d'autres activités. Ainsi des stations littorales très perturbées telles que celles de la rivière de Cayenne ont été prises en compte.

L'équipe chargée des invertébrés a pu également intégrer des stations de criques qui étaient au départ exclues du projet.

L'équipe chargée des poissons a pris en compte des résultats de stations visitées au cours de projets antérieurs. Ces stations sont situées principalement sur les bassins du Sinnamary et de la Comté.

Ce sont donc au total 20 stations supplémentaires qui ont été échantillonnées (Tableau 1)

D'une manière générale les sites sont visités deux fois : une fois en saison sèche et une autre en saison des pluies. Cette stratégie vise à intégrer la variabilité saisonnière dans la recherche de la qualité des rivières.

Bassin	Nom de la station	Numéro carte	Echelle	Chimie	Diatomées	Invertébrés	Poissons
Maroni	Langa Tabiki	1	X	X	X	X	X
	Maripasoula aval	2		X	X	X	X
	Maripasoula amont	3		X	X	X	X
	Saut Sonnelle	4		X	X		X
	Petit Inini	5		X	X	X	X
	Grand Inini	6		X	X	X	X
	Tampock	7	X	X	X	X	X
Sinnamary	Saulnier	8					X
	Venus	9					X
	Kerenroch	10		X	X	X	X
	Leblond à Lucifer	11			X	X	X
	Courcibo à Lucifer	12			X	X	X
	Takari Tanté	13		X	X	X	X
	Saut Dalles	14					X
	Saut 2 Roros	15					X
	Saut Lucifer	29		X	X	X	
	Barrage à Genipa	30			X		
Malmanoury	Petit-Saut	31	X		X		
	Pont	16		X	X	X	X
Karouabo	Pont	17	X	X	X	X	X
Kourou	crique des Pères	18					X
	Passoura	32			X		
Comté	Loiseau	19		X	X	X	X
	Lysis	20	X	X	X	X	X
	Orapu aval	21			X		X
	Orapu amont	22			X		X
	Counana TanyKelly	23			X		X
	Counana Mirza	24			X		X
Riv de Cayenne	Cayenne	33			X		
	Matoury	34			X		
Oyapock	Saut Maripa amont	25	X	X	X		X
	Oyapock à Camopi	26	X	X	X	X	X
	Camopi à Camopi	27		X	X	X	X
	Saut Maripa aval	35			X		

Tableau 1. Dénomination des stations de collecte et détail de l'échantillonnage par discipline. Surligné bleu : stations conventionnellement prévues. En jaune surligné les stations échantillonnées par les trois approches biologiques.

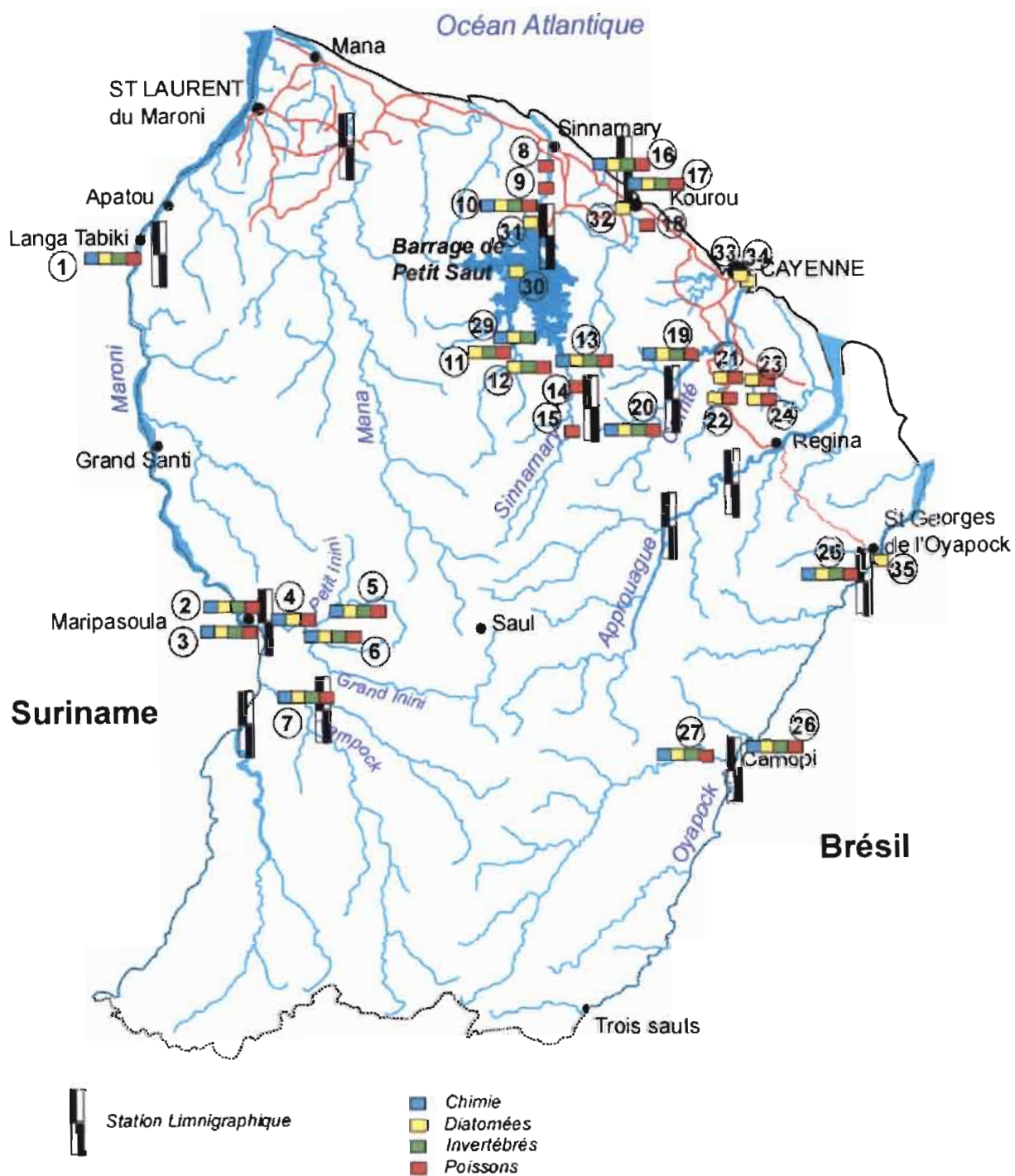


Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage.

2. Typologie morphologique et hydrologique des cours d'eau de Guyane.

Actuellement le service hydrologique de l'IRD gère une douzaine de stations hydrologiques dispersées sur les principaux grands cours d'eau : le Maroni qui jouxte le Surinam (stations d'Antécoum Pata, de Dégrad Roche, de Maripasoula et de Langa Tabiki), l'Oyapock frontière avec le Brésil (stations de Camopi et de Saut Maripa), la Mana (station de Saut Sabbat), l'Approuague (stations de Pierrette et de saut Athanase), la Comté (station de Saut Bief) et le Sinnamary actuellement barré par le barrage de Petit-Saut (station de Petit-Saut). A cet ensemble fut rajouté une station sur une petite rivière côtière, la Karouabo, qui malheureusement est quelque peu atypique (Figure 2).

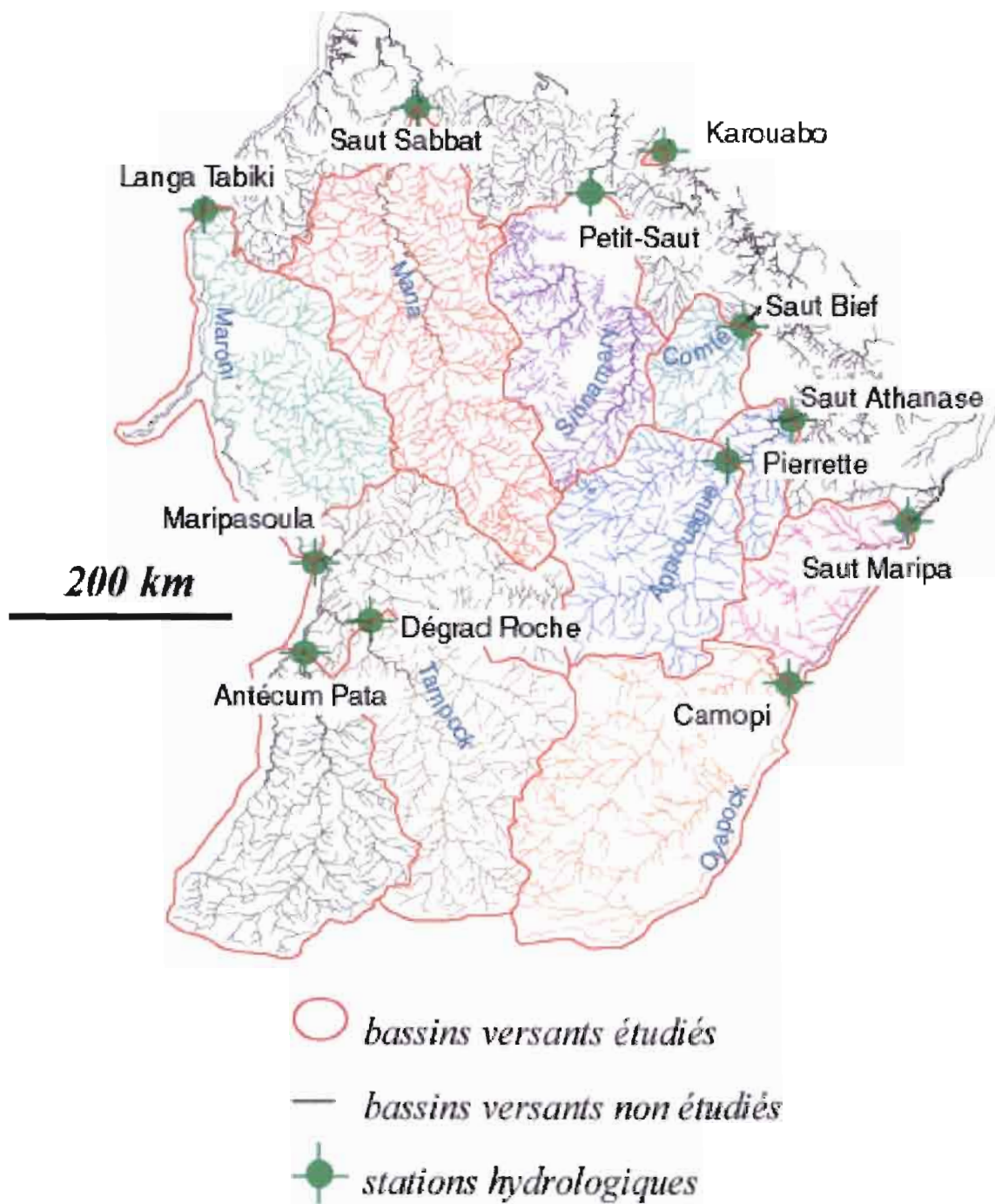


Figure 2. Carte du réseau hydrographique guyanais.

On voit que la plus grande partie du réseau hydrographique guyanais est couvert par les stations hydrologiques suivies. Il faut cependant signaler quelques faiblesses. D'une part, sur le territoire couvert la densité du réseau est très faible, quelques affluents importants tels que la Camopi sur l'Oyapock et l'Inini ou le Marouini sur le Maroni ne sont pas suivis. Dans les bassins non suivis on trouve les fleuves de moyenne importance tels que l'Iracoubo et le Kourou et tous les petits fleuves côtiers à l'exception de la Karouabo. Cette lacune est justifiée par le souci de s'abstraire de l'influence des marées, sensible jusqu'à 70 km à l'intérieur des terres. Néanmoins, dans l'optique d'une surveillance de la qualité des cours d'eau, **une meilleure connaissance hydrologique de cette zone côtière serait indispensable dans la mesure où il s'agit de la zone où se concentrent la plupart des activités humaines susceptibles de perturber les milieux aquatiques.**

Dans la zone étudiée, le réseau hydrographique est d'une grande densité, qui s'explique surtout par l'absence de relief marqué. Les stations hydrologiques définissent des bassins ou sous-bassins versants plutôt allongés, qui se jouxtent et couvrent plus de 90% du territoire. Nous avons volontairement ôté de notre examen le bassin du Sinnamary qui accueille le barrage de Petit-Saut et ne peut donc être comparé aux autres dans sa morphologie.

Pour la caractérisation morphologique les images numérisées du réseau hydrographique guyanais ont été utilisées et traitées. En particulier le premier travail a été de transformer des fichiers vecteurs en fichiers pixels qui sont les seuls à pouvoir donner lieu à des calculs (procédé de rasterisation). Les indicateurs calculés sont les suivants :

- la longueur moyenne des bras des cours d'eau. Le bras est défini comme la portion du cours d'eau compris entre la source et une confluence ou entre deux confluences. La longueur moyenne pour l'ensemble des sous-bassins est de 10,5 km avec un maximum à 27 km pour le bassin de la Comté. Ce dernier bassin présente la particularité d'être relativement plus uniformément plat que les autres. Cet indicateur de longueur apparaît très corrélé au relief.
- la densité du réseau définie comme étant en tout point (pixel) le nombre de ses voisins appartenant au réseau dans une fenêtre de dimension constante. La densité moyenne pour l'ensemble des bassins étudiés est de 38 points par km². Le réseau le plus dense s'observe dans la Mana et le moins dense sur la Comté.
- la sinuosité. Elle est évaluée comme le rapport entre la longueur du cours comprise entre deux points remarquables (confluences) et leur distance à vol d'oiseau. Elle est donc de 1 pour une portion rectiligne et peut monter jusqu'à 10 pour une portion très sinueuse. Pour ce paramètre, on retrouve la Comté plus sinueuse que la moyenne qui est de 1,57, mais la dispersion est faible entre les 11 valeurs.
- la courbure. Elle est estimée par un ajustement par la méthode des moindres carrés d'une portion de rivière à une parabole, centrée sur le pixel qui reçoit la valeur de la courbure. Elle varie entre 0 pour une portion rectiligne et $2\pi/n$ où n est le nombre de points servant à l'ajustement que nous avons fixé à 4 après plusieurs tests.

La caractérisation hydrologique a bénéficié des séries historiques de débits sur les principaux fleuves de Guyane fournies par le laboratoire d'Hydrologie de l'IRD Cayenne. Les plus longues de ces séries couvrent 50 ans. De nombreux paramètres des courbes de débits ont été examinés.

- descripteurs statistiques de fréquence d'apparition des valeurs annuelles moyennes de crues et d'étiage,
- descripteurs de variabilité tels que le coefficient de variation, la variance ou la variation extrême,
- les dérivées des débits qui mesurent leurs variations dans le temps.
- l'analyse fréquentielle, périodogramme ou analyse de Fourier
- le découpage de la courbe des débits,
- la forme des régimes,
- les tendances pluriannuelles

De plus deux approches novatrices ont été développées. L'une appelée le modèle numérique hydrologique pour rappeler le modèle numérique de terrain appliqué couramment en télédétection, propose une représentation graphique de la caractérisation hydrologique de chaque bassin intégrant la forme de la courbe des débits et sa variabilité annuelle et interannuelle. L'autre applique l'analyse des ondelettes. Elle cherche et représente graphiquement des corrélations entre le signal hydrologique et une famille de courbe plus ou moins dilatées.

De l'ensemble de ces études, ont été sélectionnés 4 groupes d'indicateurs hydrologiques : ceux concernant les dérivées premières et secondes des débits, ceux caractérisant la forme de l'hydrogramme moyen annuel (crue et étiage), ceux ayant trait aux cartes des coefficients en ondelettes obtenus à partir des mêmes régimes.

A ce stade du travail nous disposions donc d'un certain nombre d'indicateurs qui individuellement étaient pertinents pour une certaine caractérisation des bassins versants. Il restait à regrouper l'ensemble pour obtenir une valeur intégrant l'ensemble de ces indicateurs.

Dans un premier temps des analyses multivariées des indicateurs morphologiques d'une part et hydrologiques d'autre part ont permis d'éliminer un certain nombre d'indices très corrélés avec d'autres. A la suite de cette analyse, nous conservons 4 indicateurs hydrologiques et 4 indicateurs morphologiques. Les valeurs de chacun d'eux dans tous les bassins et sous-bassins étudiés sont centrées réduites. Nous définissons un indice (BV) caractérisant le sous-bassin comme la somme des indicateurs correspondant à ce bassin.

Le Tableau 2 présente le résultat final de cette caractérisation morphologique et hydrologique.

L'indice synthétique obtenu permet de caractériser les sous-bassins par un paramètre unique. Il n'évite toutefois pas les inconvénients d'une intégration de données hétérogène et reste donc assez grossier. Des analyses de classifications utilisant l'ensemble des 8 indicateurs sélectionnés permet de séparer les sous-bassins étudiés en 4 groupes :

- Les grands bassins (Maroni et Oyapock aux stations LangaTabiki et Saut Maripa,
- le plus petit bassin, la Karouabo,
- le bassin de la Comté qui paraît relativement atypique
- les autres sous-bassins (haut Maroni, Mana, Sinnamary, Approuague) qui présentent des valeurs moyennes pour la Guyane.

<i>Stations</i>	<i>BV</i>	<i>débit</i>	<i>der1</i>	<i>der2</i>	<i>crue</i>	<i>long</i>	<i>sin</i>	<i>dens</i>	<i>courb</i>
<i>Langa-Tabiki</i>	<i>0.5173</i>	2.66351	-0.4405	0.20762	1.37847	0.06325	0.40029	0.02527	-0.1591
<i>Maripasoula</i>	<i>0.4312</i>	0.67414	-0.4442	-0.0142	0.59611	-0.3608	0.34118	-0.0849	2.74199
<i>Saut-Sabbat</i>	<i>0.1213</i>	-0.3409	-0.3107	0.38361	0.53092	-0.3057	0.79169	0.13609	0.08528
<i>Saut-Athanase</i>	<i>0.0717</i>	-0.1985	-0.3762	0.62432	-0.2749	-0.0736	0.10607	1.09119	-0.3247
<i>Camopi</i>	<i>0.0397</i>	-0.0541	-0.3302	0.08401	0.47615	1.19346	-0.6763	0.12291	-0.4981
<i>Pierrette</i>	<i>0.0219</i>	-0.5118	-0.3266	0.38951	0.35358	-0.0568	0.23027	0.59541	-0.4981
<i>Antécum-Pata</i>	<i>-0.0145</i>	-0.1985	-0.5109	0.3436	0.38488	-0.0452	0.35354	-0.3633	-0.0803
<i>Saut-Maripa</i>	<i>-0.0578</i>	0.87145	-0.4238	0.24472	0.45268	-1.1701	-0.4841	0.51328	-0.4666
<i>Petit-Saut</i>	<i>-0.0606</i>	-0.5138	-0.0784	0.55926	-0.4522	0	0	0	0
<i>Degrad-Roche</i>	<i>-0.1262</i>	-0.6358	-0.2993	0.02683	0.36923	-0.0819	-0.2933	-0.0151	-0.0803
<i>Saut-Bief</i>	<i>-0.3389</i>	-0.7721	0.47625	0.26506	-2.0874	2.23677	-2.3638	0.71812	-1.1839
<i>Karouabo</i>	<i>-0.6052</i>	-0.9837	3.06458	-3.1144	-1.7275	-1.3994	1.59442	-2.739	0.46369

Tableau 2. Résultat final de la caractérisation morphologique et hydrologique des bassins versants de Guyane française.

3. Caractérisation chimique

L'ensemble des eaux des rivières de Guyane présente un faciès chimique tout à fait typique de celui d'eaux issues des régions forestières amazoniennes, à savoir :

- elles sont très faiblement minéralisées ; les conductivités restent inférieures à $50\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, et sont peu variables d'un fleuve à un autre. Elles sont généralement 10 à 20% plus concentrées en saison sèche qu'en saison humide,
- les compositions ioniques restent relativement constantes dans l'ensemble du pays et au long de l'année. Parmi les anions, prédominant à part sensiblement égale les bicarbonates et les chlorures tandis que le sodium est la forme cationique la plus abondante.
- les eaux sont légèrement acides, le pH ne dépasse pas la valeur de 6,5, tandis qu'il descend à 5,1.

Les valeurs d'oxygène sont relativement constantes, à la fois dans l'espace et dans le temps, à l'exception des deux rivières côtières étudiées, la Malmanoury (au moins dans le prélèvement de saison sèche) et surtout la Karouabo. Leurs particularités pourraient être la conséquence des activités industrielles du Centre Spatial et/ou de leur régime hydrologique directement sous influence océanique. Les valeurs sont légèrement sous-saturées (80 à 90% en moyenne de la valeur de saturation). Cette sous-saturation est commune en milieu forestier. Elle s'explique par le fait que la décomposition de la matière organique provenant du lessivage des sols est plus importante que la production primaire phytoplanctonique. Autrement dit la consommation d'oxygène résultant de la minéralisation de la matière organique est supérieure à la production d'oxygène par photosynthèse. Ces eaux sont dénommées hétérotrophes en ce sens que l'activité biologique est en grande partie due à un apport extérieur de matière organique. Notons que les faibles valeurs de pH traduisent le même phénomène. Le CO_2 produit par la minéralisation de la matière organique est supérieur au CO_2 fixé par la photosynthèse, ce qui maintient le pH en dessous du point de neutralité qui est de 7.

Les variations des concentrations d'oxygène qui sont enregistrées entre le début de la matinée et la fin de l'après-midi qui proviennent de l'activité biologique sont généralement très peu marquées, mettant en évidence la faible importance de cette dernière. L'amplitude réduite des variations journalières de pH en apporte la confirmation.

Les concentrations de phosphates sont très faibles, inférieures à $0,1\mu\text{moles}\cdot\text{l}^{-1}$. Le recyclage dans le milieu forestier de cet élément est très efficace et son exportation très limitée. Les composés azotés inorganiques sont habituellement représentés par les nitrates, les nitrites et l'ammonium. Ces deux derniers sont présents à de très faibles concentrations (à la limite de détection de nos méthodes chimiques). Les concentrations de nitrates sont notables (de 4 à $10\mu\text{moles}\cdot\text{l}^{-1}$) mais restent loin des teneurs qui peuvent présenter un danger pour la santé humaine.

La matière organique véhiculée par les fleuves, en provenance essentiellement des sols lessivés, est 3 à 5 fois plus abondante sous forme dissoute que sous forme particulaire (dans cet environnement forestier ce sont les substances humiques qui sont certainement prédominantes). Elle a tendance à être plus élevée sur le fleuve Maroni en amont de Maripasoula. La plus forte activité anthropique dans cette région pourrait être la cause d'une plus forte exportation de la litière organique des sols.

En dépit de l'homogénéité générale observée quelques paramètres présentent des valeurs très éloignées de la moyenne dans certaines stations. Il en est ainsi par exemple de la turbidité et des matières en suspension (MES) qui sont généralement faibles (de l'ordre respectivement de 10 à 30 NTU et de 5 à 15 mg.l⁻¹) mais qui deviennent élevées dans les sous-bassins touchés par l'activité d'orpaillage. Les valeurs montent à 70-80 NTU pour la turbidité et à 35 mg.l⁻¹ pour les MES dans le Petit-Inini fortement orpaillé.

4. Evaluation de la qualité des eaux à l'aide des communautés de diatomées benthiques

L'utilisation des diatomées comme groupe indicateur de la qualité des eaux présente un intérêt particulier en ce sens qu'il s'agit d'un groupe beaucoup plus sensible aux caractéristiques physico-chimiques des eaux qu'à celles des habitats, contrairement à des groupes supérieurs comme les invertébrés et les poissons. Les résultats issus de l'étude des diatomées est donc complémentaire à ceux des autres études.

Le problème de la taxonomie

Les diatomées, comme l'ensemble des végétaux réunis sous le nom de periphyton (végétaux attachés à un substrat) ont été utilisées depuis longtemps comme indice de la qualité des rivières. Etant fixées, elles ne peuvent échapper aux perturbations locales et leur temps de reproduction court permet des réponses rapides. Elles sont particulièrement sensibles aux modifications brusques de la qualité physique et chimique de l'eau.

La tentative d'utiliser les diatomées comme possible indicateur de la qualité des eaux des rivières de Guyane passe par un obstacle majeur qui vient de la méconnaissance de leur systématique et par voie de conséquence de leur écologie.

Les diatomées en Guyane ont en effet été très peu étudiées jusqu'à ce jour. **La présente étude a permis de recenser plus de 450 taxons** et ce premier inventaire est loin d'être complet. Une cinquantaine d'entre eux sont nouveaux et ont fait l'objet de descriptions au cours de ces deux dernières années. Une dizaine apparaissent comme nouvelles pour la science. Néanmoins **de nombreuses incertitudes doivent être levées au niveau de l'identification de certaines espèces**. L'usage de la microscopie électronique permet d'établir progressivement des bases de référence solides. Ce préalable est incontournable pour que l'on puisse ensuite être en mesure d'utiliser les diatomées comme indicateur de milieu.

L'élaboration des indices

Les indices destinés à appréhender la qualité des eaux font appel à l'abondance des taxons, leur sensibilité aux pollutions et leur capacité « indicatrice », cette dernière définie à partir de l'amplitude écologique des taxons considérés. Sensibilité et valeur indicatrice sont établies empiriquement à partir des pourcentages d'occurrence dans des conditions précises relevées dans la littérature ou mieux à partir des données de milieux de collecte.

Les méthodes indicielles impliquent obligatoirement l'établissement **d'un état de référence** obtenu par des données de peuplement sur des milieux non anthropisés, ce qui correspond à une démarche quelque peu utopique ou théorique. Ainsi, les indices proposés s'appuient sur les préférences écologiques des taxons établies en terme de probabilité de présence dans différents types d'eaux.

Deux indices ont été calculés :

un indice générique (IDG : indice diatomique générique) basé sur les genres pour lesquels il existe dans la littérature des données de sensibilité à la qualité de l'eau. Deux paramètres sont utilisés : l'indice de polluosensibilité (note s variant de 1 à 5) et la valeur indicatrice (note v variant de 1 à 3). L'IDG est calculé comme une combinaison de l'abondance des genre et des notes s et v. En Guyane, 63 genres ont été recensés et tous étaient déjà affectés de notes de polluosensibilité et de valeur indicatrice. Cet indice est

relativement aisé à mettre en place. Mais du fait de la grande diversité écologique que l'on rencontre au niveau du genre, il peut se révéler imprécis. Il est toutefois utilisé avec un certain succès en métropole.

➤ un indice spécifique Guyanais (ISG) pour lequel des notes devaient être attribuées aux différents taxons à partir des relevés effectués.

Pour cela, une hiérarchisation des stations a été établie à partir de la distribution des valeurs de 28 paramètres physico-chimiques en 4 classes. Une 5^e a été ajoutée, représentant les rivières les plus polluées (celles de Cayenne et de Matoury). Ces 5 classes débouchent sur une classification physico-chimique comprise entre 1 et 5 pour chaque relevé (les eaux typiquement côtières n'entrent pas dans cette classification). Un profil sur ces 5 classes, établi en probabilités de présence, est calculé sur l'ensemble des relevés et des taxons dont les exigences écologiques sont inconnues. Pour chaque taxon, le barycentre du profil fournit une note sur 5 caractéristique de son optimum de développement pour la classe (note s). L'écart-type de la distribution des probabilités sur 5 classes, ramené à un intervalle 1-3 fournit la valeur indicatrice de l'espèce (note v). La prise en compte de la particularité des communautés guyanaises rend cet indice plus riche en information et par là même plus prometteur. En contre-partie, il est indispensable de définir de façon plus complète le référentiel en couplant de nouvelles données tant biologiques que physico-chimiques.

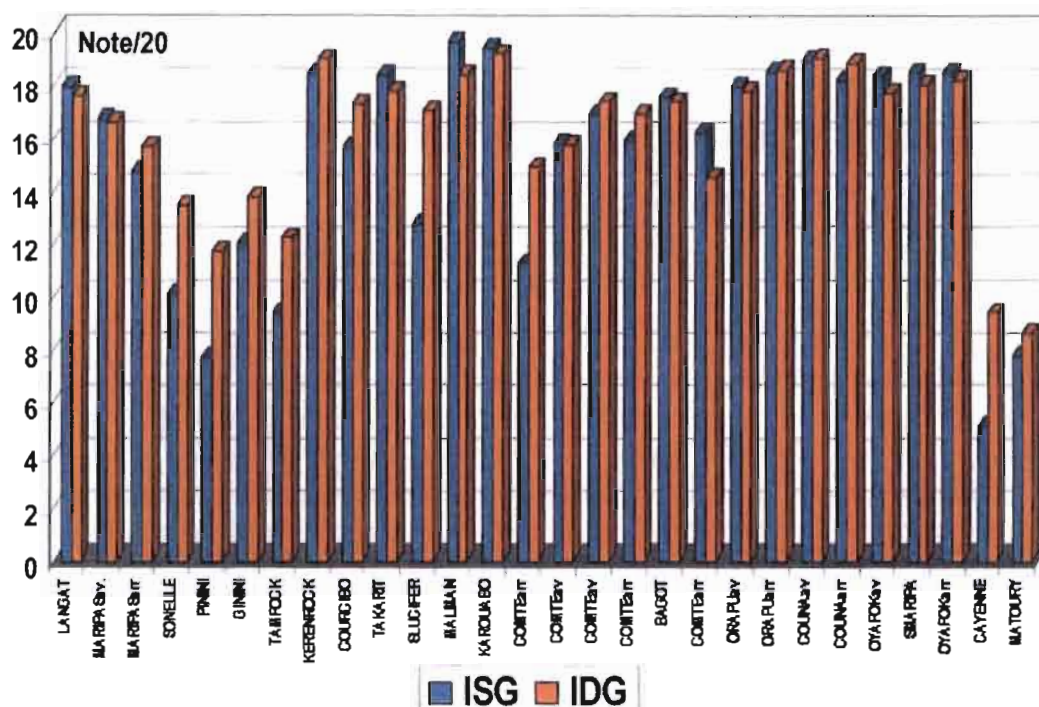
Pour la présente étude, étant donnée la grande sensibilité des diatomées aux caractéristiques physico-chimiques des eaux, **les données hydrologiques et morphologiques** ont été écartées dans un premier temps. **Il sera toutefois très utile de les envisager plus tard dans le cadre d'une définition plus fine des écorégions.**

Les résultats

L'IDG donne des résultats très proches de ceux de l'ISG (corrélation de 0,9 pour 54 relevés). Cependant les données provenant de l'ISG semblent plus fiables et plus sensibles car elles s'appuient sur un cortège d'indicateurs plus consistant en nombre et en signification écologique (Figure 3).

Les notes les plus basses sont obtenues dans les secteurs fortement dégradés comme la rivière de Cayenne le secteur de Matoury et le Petit Inini. Les plus élevées sont atteintes sur la Counana, l'Orapu amont et à la Karouabo.

Dans l'état actuel des données disponibles, les stations les moins anthropisées semblent assez bien représentées, mais **il est souhaitable de poursuivre des échantillonnages dans des stations représentatives de pollutions bien établies (pollutions organiques, pollutions minières, agricoles industrielles...) pour connaître les réponses des communautés de diatomées à l'égard de ces nuisances sur le milieu.**



Application des indices ISG et IDG aux communautés diatomiques de Guyane en saison sèche

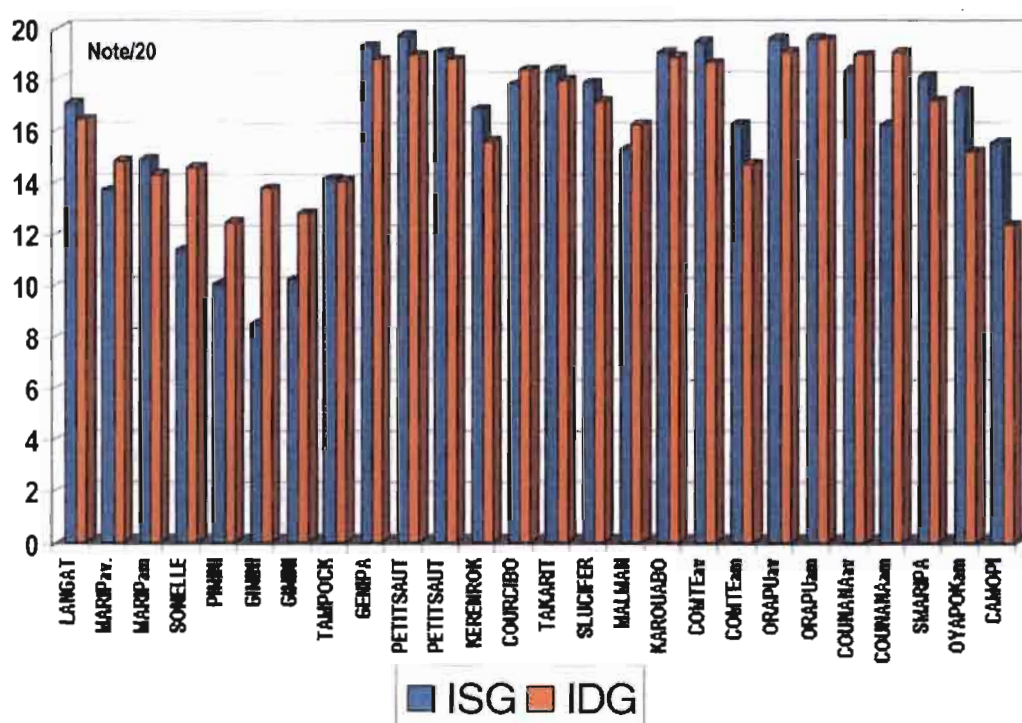


Figure 3. Valeurs des deux indices diatomées dans les différentes stations en saison sèche et saison des pluies.

5. Evaluation de la qualité des eaux à l'aide des communautés d'invertébrés

Les atouts

L'utilisation des macroinvertébrés comme bioindicateurs de la qualité des eaux courantes présente des avantages majeurs. En effet, l'immense biodiversité systématique de ces animaux entraîne la colonisation d'une grande variété d'habitats et de microhabitats, parfois très particuliers, depuis les sources jusqu'aux embouchures des cours d'eau. Cette biodiversité systématique s'accompagne évidemment d'une diversité fonctionnelle (stratégies de vie différentes entre les espèces) qui rend l'ensemble du groupe sensible à une grande variété de perturbations. Par ailleurs, la mobilité réduite des invertébrés, par rapport aux poissons, les expose davantage aux influences humaines. Enfin ils possèdent un cycle de vie de l'ordre d'un ou de quelques mois en milieu tropical, et ainsi ils intègrent le facteur temps de manière très complémentaire aux diatomées et aux poissons.

Ces atouts font que les invertébrés sont très largement utilisés pour l'évaluation de la qualité des cours d'eau. Mais ils s'accompagnent aussi de difficultés majeures.

Les difficultés

La première est la méconnaissance de la systématique de la faune d'invertébrés aquatiques en Guyane. **Il est donc absolument indispensable d'établir des inventaires**, nécessairement incomplets au départ, mais qui auront toutes les chances de contenir les espèces les plus abondantes et les plus fréquentes, donc les plus utilisables en biomonitoring.

Une deuxième difficulté est la méconnaissance générale de l'écologie des espèces et en particulier de leur sensibilité à différentes formes de perturbations.

Enfin la diversité des habitats colonisés par les macroinvertébrés ainsi que de leur stratégies font qu'il est difficile voire impossible d'établir une méthodologie d'échantillonnage standardisé. Ainsi des méthodes très diversifiées ont été pratiquées : prélèvement direct, filet de surber, filet à manche, drague, filet à dérive, nasses pour la capture des spécimens dans le milieu aquatique. Les échantillons ont été complétés par la capture des imagos aériens de quelques ordres majeurs d'invertébrés aquatiques par le biais de piégeage lumineux.

Résultats

Les insectes constituent le groupe dominant dans les collectes avec plus de 85% de tous les individus récoltés (Figure 4). Parmi ceux-ci deux ordres sont sur-représentés, les Diptères et les Ephéméroptères. C'est ce dernier ordre qui a été choisi pour élaborer un premier indice de qualité, pour un certain nombre de raisons : les Ephémères sont relativement faciles à déterminer au niveau taxonomique du genre, particulièrement en raison de l'état d'avancement des travaux du CESAC sur leur systématique ; leurs larves colonisent, tout particulièrement en Guyane, un grand nombre d'habitats : roche en place, pierres, graviers, sables grossiers, sédiments fins, accumulations de feuilles, réseaux racinaires, bois flotté, etc. Quantitativement c'est l'ordre du benthos d'eaux courantes le plus abondant sur fond pierreux (sautes). Qualitativement, le nombre de genres connus en Guyane est actuellement de 36, soit plus que les Hétéroptères et les Coléoptères réunis.

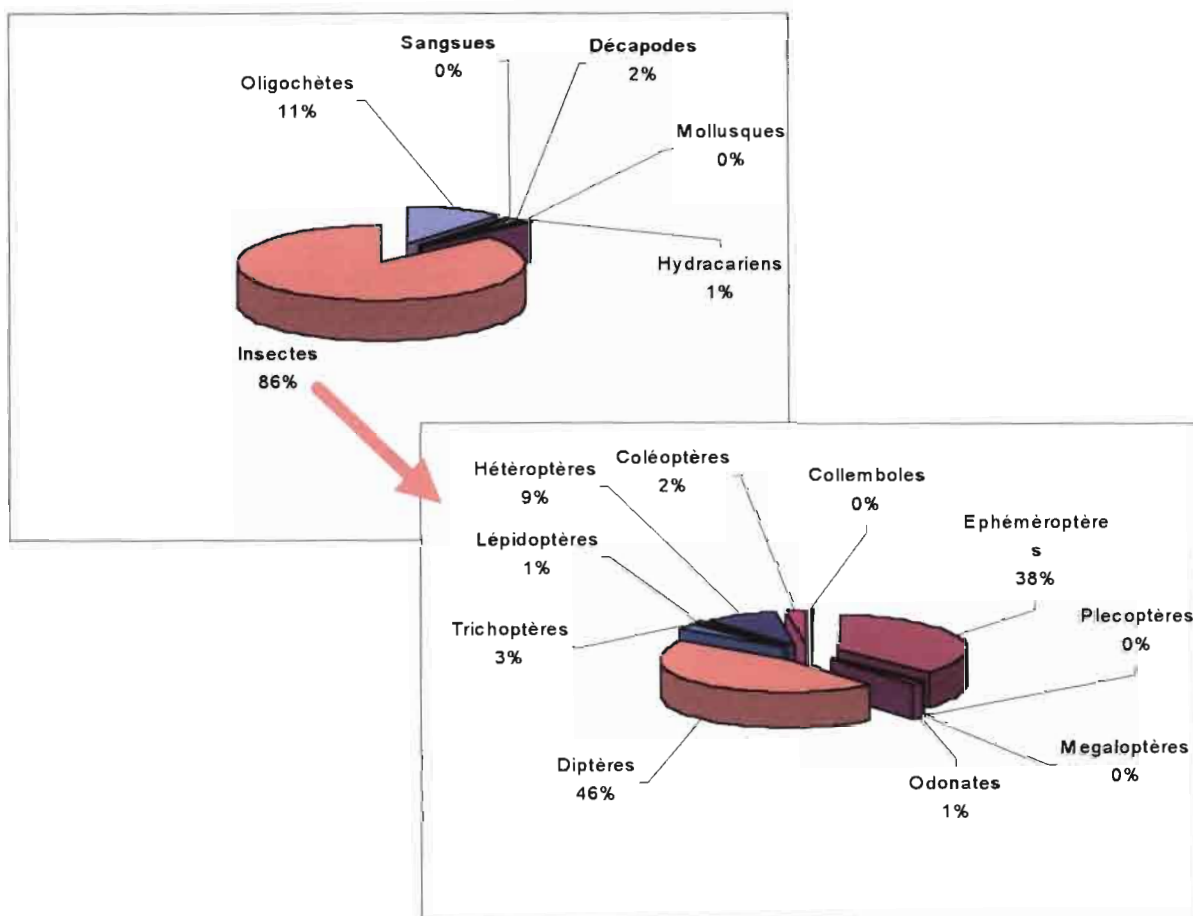


Figure 4. Répartition taxonomique des spécimens capturés.

Dans un premier temps une clé illustrée des genres d'Ephémères a été élaborée (Annexe 6).

Un indice est ensuite calculé selon une méthode basée sur les Ephéméroptères récemment proposée en Italie.

L'indice proposé (**SMEG** : Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane) ne constitue qu'une première base de travail et il sera affiné au fur et à mesure des progrès des connaissances sur cet ordre d'insectes tant dans les domaines de la répartition faunistique que dans les réponses de ce matériel biologique aux perturbations anthropiques.

L'indice est basé sur un score, c'est à dire sur l'addition des coefficients de polluosensibilité attribués aux différents genres (unités opérationnelles), ceci pour chacune des stations. On attribue aux genres une note de polluosensibilité : 1 = peu polluosensible; 3 = assez polluosensible; 5 = très polluosensible. Ces trois catégories sont provisoires et pourront à l'avenir être éventuellement portées à quatre ou même cinq pour augmenter la sensibilité de l'indice, sur un matériel mieux connu et plus abondant qu'à l'heure actuelle.

En fonction des relevés et des analyses chimiques disponibles, on estime que

- la catégorie 1 regroupe des genres présents en aval de perturbations anthropiques notables et durables (exploitation de filons aurifères, rejets domestiques et pollutions agricoles);

- la catégorie 3 regroupe à la fois :
 - a) des genres présents dans les conditions précédentes mais avec des baisses d'effectifs très élevées (> 90%) par rapport aux stations de référence [souvent il s'agit de matériel à très forte dérive];
 - b) des genres communs, à large valence écologique et souvent présents en aval d'influences anthropiques modérées.
- la catégorie 5 regroupe les genres présents seulement sur les sites non impactés. Il s'agit le plus souvent de taxa peu abondants, rencontrés en particulier dans les petites criques.

La méthode de calcul de l'indice Ephémères proprement dit consiste à :

- établir un Score Total, résultant de la somme des scores individuels des unités opérationnelles (U.O.= ici les genres) répertoriées à la station considérée;
- calculer un Score Moyen, obtenu à partir du Score Total, divisé par le nombre de genres.

Le Score Moyen maximal possible est donc théoriquement de 5. En fait, il excède rarement 4. Le Score Moyen minimal possible est de 0, correspondant à l'absence d'Ephéméroptères et *de facto* à des milieux à peu près azoïques, ou tout au moins dépourvus de macroinvertébrés polluosensibles

A partir des scores obtenus, on a provisoirement établi 6 classes de qualité

- I : petits cours d'eau sans impact anthropique notable;
- II : cours d'eau faiblement impactés, ou stations suffisamment éloignées des impacts pour présenter une récupération importante;
- III : cours d'eau soumis à des influences anthropiques durables mais d'intensité modérée;
- IV : cours d'eau soumis localement à des influences anthropiques répétées et intenses;
- 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 (appartenant à la seule catégorie 1);
- VI : cours d'eau très dégradés en continu, dépourvus de communautés de macroinvertébrés polluosensibles

Station	mois	Nb. d'U.O.	Valeur SMEG	Classe
Cr. Roténone	décembre	5	4,2	I
Cr. Sangsue	décembre	6	4	I
Cr. Vénus	septembre	5	3,8	I
Cr. St.-Martin	septembre	6	3,66	I
Cr. Mancellière	août	4	3,5	I
Cr. Louée	décembre	7	3,29	I
Courcibo	novembre	14	3,1	I
Grand Inini	juin	16	3	II
Courcibo	juin	12	3	II
Malmanoury	juillet	6	3	II
Langa Tabiki	octobre	9	3	II
Langa Tabiki	juin	6	3	II
Takari Tanté	janvier	12	2,83	II
Leblond	juin	7	2,71	II
Lysis	octobre	10	2,6	II
Grand Inini	janvier	11	2,5	III
Saut Lucifer	janvier	8	2,5	III
Tampock	janvier	7	2,43	III
Maripasoula am	janvier	9	2,33	III
Petit Inini	juin	8	2,25	III
Oyapock Camopi	novembre	5	2,2	III
Leblond	novembre	12	2,17	III
Maripasoula av	janvier	10	2	IV
Loiseau	octobre	3	1,66	IV
Camopi a Camopi	novembre	4	1,5	V
Petit Inini	janvier	2	1	V
Karouabo	juillet	1	1	V
Karouabo	décembre	1	1	V
Kerenroch	plusieurs	0	0	VI

Tableau 3. Valeurs provisoires de l'indice SMEG aux cours d'eau ou stations étudiés.

Perspectives

Le présent indice est prometteur. Il tient mieux compte - déjà même sous sa forme actuelle - que la famille des indices de type IBG utilisés en métropole, de la diversité assez réduite observée dans beaucoup de cours d'eau d'ordre 1, de très faible largeur; ces derniers abritent des biocénoses fragiles mais souvent encore peu diversifiées, tout comme les petits ruisseaux de haute montagne en Europe.

La catégorie 3, intermédiaire, est la plus diversifiée; néanmoins, deux catégories supplémentaires restent disponibles pour l'avenir et pourront être utilisées dès qu'on possèdera une meilleure connaissance de l'écologie des Ephémères de Guyane.

Ce progrès pourra aussi entraîner à l'avenir quelques changements de classes, en particulier pour des genres considérés actuellement comme rares.

Un éventuel développement ultérieur permettrait dans un futur proche (2002) :

- **d'accroître le nombre des unités opérationnelles**
- **et aussi d'affecter à chacune d'entre elles un coefficient de polluosensibilité individuel, précis jusqu'à une décimale, donc beaucoup plus fin.**

Un tel projet n'est ni utopique, ni même risqué.

A titre de preuve, il est intéressant de citer l'exemple du genre *Camelobaetidius* (Baetidae). Ce genre, en raison de son abondance (plus de 1/5 du total des Ephémères guyanais!), est actuellement étudié en priorité. Il compte 2 groupes de 2 espèces, très faciles à séparer sur la longueur du paracérque, court ou long. Tout comme en Europe, les Baetidae à paracérque court colonisent toujours des zones de courant vif et sont plus polluosensibles que les formes à paracérque long. En Guyane aussi, de toute évidence, la polluosensibilité des deux formes est différente avec un remplacement amont-aval des "paracérques courts" par les "paracérques longs". En outre, scinder le genre *Camelobaetidius* en ces deux unités opérationnelles de valeur indicatrice différente ne va présenter aucun surcroît de difficulté à un bon technicien spécialisé.

Des études équivalentes (systématique, écologique) à celles effectuées sur les Ephémères, à savoir notamment sur les Trichoptères, les Coléoptères, les Odonates, et les Hétéroptères, (ces deux derniers groupes étant cependant notoirement moins polluosensibles) sont souhaitables. Elles permettraient de dégager de ces ordres des genres très polluosensibles lesquels pourraient permettre de revenir sur la classification proposée en la précisant.

6. Evaluation de la qualité des eaux à l'aide des communautés de poissons

Le recours aux peuplements de poissons pour apprécier la qualité des milieux présente un certain nombre d'avantages :

- (1) la biologie et l'écologie des espèces est bien connue ;
- (2) les peuplements de poissons comprennent de nombreux groupes trophiques et sont donc potentiellement de bons intégrateurs des conditions du milieu ;
- (3) les poissons sont relativement faciles à identifier ;
- (4) ils sont présents dans tous les milieux aquatiques ;
- (5) ils sont populaires et représentent un bon intermédiaire pour sensibiliser le public aux perturbations que subissent les milieux aquatiques.

Dans le contexte guyanais, ces affirmations sont valides mais doivent être nuancées. En effet la biologie, l'écologie et la systématique des espèces ne sont généralement pas aussi bien connues que dans les zones tempérées et les points (1) et (3) perdent de leur force. Cependant les poissons demeurent le groupe zoologique le mieux connu parmi tous ceux rencontrés dans les eaux guyanaises.

Méthode

La méthode d'élaboration de l'indice est basée sur la recherche de relations entre l'habitat aquatique et les peuplements de poissons avec l'hypothèse que ceux-ci sont en grande partie déterminés par les conditions géographiques, physiques et chimiques du milieu. Ainsi une perturbation de ces conditions entraîne des changements des peuplements de poissons qui sont enregistrés.

Le principe est donc d'établir un modèle permettant de prévoir le peuplement de poissons dans un habitat aquatique donné en conditions naturelles, puis de calculer les écarts entre le peuplement prévu par le modèle et le peuplement réellement observé (les résidus) dans le milieu dont on veut évaluer la qualité

Pour donner à l'indice élaboré une validité incontestable il a été procédé à une analyse statistique permettant de tester les relations observées.

La procédure d'élaboration de l'indice comporte plusieurs étapes :

Etape 1: Préparation des données. Les données brutes sont transformées dans l'optique des traitements statistiques (normalisées dans la mesure du possible).

Etape 2: Recherche des relations descripteurs/variables. Il s'agit là de rechercher des relations entre l'habitat aquatique et les peuplements de poissons dans les conditions naturelles. On utilise donc pour ce faire uniquement les données provenant des échantillons considérés *a priori* non perturbés et les variables d'habitat non susceptibles d'être modifiées par les perturbations anthropiques.

Etape 3: Calcul des résidus. C'est le calcul des écarts entre les valeurs observées dans les échantillons et les valeurs calculées par les relations trouvées dans l'étape 2.

Etape 4: Identification des métriques pertinentes pour l'indice. Ces métriques sont celles pour lesquelles il existe une différence statistique entre les stations considérées *a priori* comme non perturbées et celles soupçonnées d'être perturbées.

Etape 5: Construction de l'indice. Une note est attribuée pour chaque gamme de valeur de la métrique à partir d'une échelle (Nous avons adoptée l'échelle proposée par le programme "indice biotique France" qui présente l'avantage d'avoir une signification statistique) et l'indice est la somme des notes des différentes métriques.

Etape 6: Validation. Nous appliquons ce calcul d'indice à la série d'échantillons réalisés dans le Sinnamary aval entre 1990 et 1999 pour tester sa validité sur des données non utilisées pour sa construction.

Résultats : l'indice poisson

L'indice poisson est composé des métriques du peuplement suivantes:

1. la capture brute en nombre de spécimens (l'unité d'effort étant normalisée). CPUE
2. l'indice de diversité de l'échantillon. IS
3. le pourcentage d'individus de la famille Anostomidae : ANOS
4. le pourcentage d'individus ichthyophages : ICHT
5. le pourcentage d'individus invertivores de proies aquatiques : INVA
6. le pourcentage d'espèces de la famille Anostomidae : RANO
7. le pourcentage d'espèces omnivores : ROMNI
8. le pourcentage d'individus invertivores de proies terrestres : INVT

Les métriques 1,2,4,5 et 8 sont en moyenne plus élevées dans les stations considérées *a priori* non perturbées, et, à l'inverse les métriques 3,6 et 7 y sont plus faibles.

Les métriques sont standardisées afin que toutes aient le même poids dans la construction de l'indice final, puis une note est attribuée pour chacune d'elles à partir d'une échelle. L'indice est la somme de toutes les métriques.

Le résultat est un classement des 53 échantillons en fonction de la valeur de l'indice poisson (Tableau 4). Dans la majorité des cas, les échantillons sont classés conformément à ce que nous savions (ou soupçonnions) des perturbations anthropiques dans les stations considérées. Cependant quelques échantillons échappent à cette tendance générale. Ces exceptions peuvent être attribuées à plusieurs facteurs:

- la variabilité naturelle des peuplements de poissons composés de populations spécifiques dont le recrutement peut être très variable d'année en année pour des raisons difficiles à cerner,
- l'effet de facteurs climatiques ou ponctuels qui pourraient influencer sur les résultats de la pêche dans un site un jour donné,
- les aléas de la pêche aux filets elle-même,
- le fait que l'indice proposé n'est que préliminaire et doit nécessairement être consolidé par des données additionnelles.

- enfin il n'est pas exclu que notre séparation *a priori* des échantillons non perturbés ne soit pas exacte. Certaines stations ou échantillons dans des stations peuvent se trouver perturbés sans que leur état soit visible de manière évidente.

Ainsi, l'échantillon effectué sur le Maroni à Langa Tabiki en juin, station que nous n'avions pas placée parmi les non perturbées, s'avère présenter une note d'indice élevée, la plaçant dans le groupe des stations non perturbées. Il est possible que l'important volume d'eau charrié par le Maroni en saison des pluies entraîne une telle dilution d'éventuels produits polluants que le milieu retrouve un état satisfaisant.

Les mauvais scores des échantillons de la Kounana, de l'Orapu et du Grand Inini pourraient provenir de la difficulté des prélèvements aux filets maillants dans de petits cours d'eau en saison des hautes eaux, lorsque le courant est violent.

Une validation de l'indice dans le cas du Sinnamary aval a été effectuée. Elle semble relativement concluante dans la mesure où la moyenne des valeurs d'indice dans les deux années suivant la fermeture du barrage est significativement inférieure à la moyenne de ce même indice avant barrage (Figure 5). En revanche, cette étude montre qu'il y a d'importantes variations de la valeur de l'indice d'un échantillon à l'autre ce qui confirme les hypothèses émises pour l'interprétation des valeurs d'indice dans l'ensemble des stations. D'autre part cette variabilité montre bien que **des mesures répétées sont nécessaires** pour un bon diagnostic de la qualité de l'eau dans une rivière.

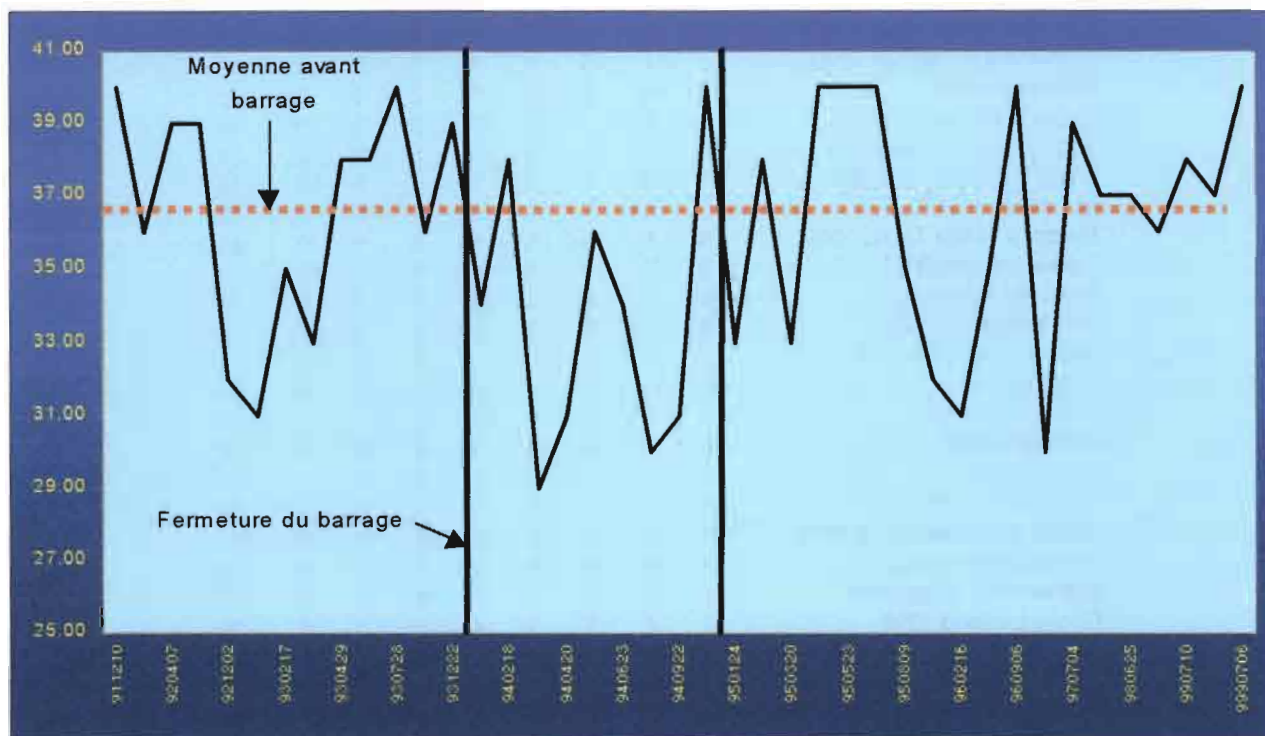


Figure 5. Evolution de l'indice poisson au niveau de la station Vénus sous l'effet de la fermeture du barrage de Petit-Saut.

STATION	CPUE	IS	ANO	ICHT	INVA	RANO	ROMNI	INVT	indice
Oyapok A0599	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Orapu A0798	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Comté A0499	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Sinnamary à 2Roros0698	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Comté B0499	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Sinnamary à Takari 1198	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Orapu B 1298	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Comté B 1098	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Tampok 0699	5	5	5	5	5	5	5	5	40
Camopi 1198	5	5	5	5	4	5	5	5	39
Orapu A 1298	5	5	5	5	5	5	5	3	38
Kounana A 1298	2	5	5	5	5	5	5	5	37
Kounana A 0798	1	5	5	5	5	5	5	5	36
Camopi 0599	5	5	5	5	5	5	5	0	35
Koursibo 1298	5	5	5	5	5	5	0	5	35
Maroni à Langa Tabiki 0699	5	5	0	5	5	5	5	5	35
Kounana B 1298	5	5	5	5	5	5	0	5	35
Crique des Pères 0499	5	5	5	5	5	5	0	5	35
Comté A 1098	5	5	5	5	5	5	0	5	35
Koursibo 0699	5	5	5	5	5	5	0	5	35
Maroni à Maripasoula A 0199	5	5	5	5	5	5	0	5	35
Sinnamary à Takari 0699	5	5	5	5	5	5	0	5	35
Grand Inini 0199	5	5	5	5	5	5	0	5	35
Maroni à Maripasoula B 0199	5	5	5	5	5	0	5	5	35
Sinnamary à Dalles 1199	5	5	4	5	5	0	5	5	34
Crique des Pères 0500	5	5	5	5	5	3	5	0	33
Sinnamary à Saulnier 1299	5	5	5	5	5	5	0	3	33
Maroni à Maripasoula A 0699	5	0	5	5	5	3	5	5	33
Sinnamary à Saulnier 0698	5	5	5	5	5	5	0	2	32
Karouabo 0500	5	5	5	5	5	2	0	5	32
Oyapok B 0599	5	5	1	5	5	0	5	5	31
Sinnamary à Dalles 0699	5	5	1	5	5	5	0	5	31
Sinnamary à 2Roros 1198	5	0	5	5	5	5	5	0	30
Malmanoury 0499	5	5	5	5	5	5	0	0	30
Maroni à Langa Tabiki 1099	5	5	0	5	5	5	5	0	30
Crique Leblond 0699	5	5	5	5	5	0	0	5	30
Petit Inini 0199	5	5	5	5	5	0	0	5	30
Inini à Sonelle 0199	5	5	5	5	5	0	0	5	30
Malmanoury 0500	5	4	5	5	5	5	0	0	29
Tampok 0199	5	5	5	5	5	4	0	0	29
Grand Inini 0699	5	5	5	5	5	3	0	1	29
Petit Inini 0699	5	5	5	5	5	0	0	4	29
Orapu B 0798	5	4	2	5	5	3	0	5	29
Kounana B 0798	0	5	5	5	5	0	5	3	28
Maroni à Maripasoula B 0699	5	0	5	5	5	2	0	5	27
Inini à Sonelle 0699	5	5	5	5	5	1	0	0	26
Sinnamary à Vénus0698	5	5	5	5	5	1	0	0	26
Crique Leblond 1298	2	4	5	5	4	0	0	5	25
Sinnamary à Kerenroch 0799	2	5	2	5	5	5	0	0	24
Sinnamary à Vénus 1298	5	5	0	5	1	1	5	0	22
Karouabo 0499	5	5	0	5	5	0	0	0	20
Sinnamary à Kerenroch 1299	5	0	0	5	4	5	0	0	19
Karouabo 0598	5	0	0	5	3	0	0	0	13

Tableau 4. Indice biotique "poissons" pour les échantillons. En noir les échantillons considérés *a priori* non perturbés et en rouge les échantillons suspectés de perturbation. CPUE=capture par unité d'effort ; IS=indice de diversité de Shannon ; ANO=abondance en Anostomidae ; ICHT=abondance en ichtyophages ; INVA=abondance en invertivores de proies aquatiques ; INVT=abondance d'invertivores de proies terrestres ; RANO=nombre d'espèces d'Anostomidae ; OMNI=nombre d'espèces omnivores.

7. Comparaison des différents indices biotiques et confrontation avec la chimie.

Les corrélations entre les différents indices sont faibles. (Tableau 5).

Il y a donc en général désaccord entre les diagnostics fournis par les différentes approches biologiques

	Poisson	Invertébré	Diatomée
Poisson	53	19	38
Invertébré	-0,073	20	17
Diatomée	0,178	0,145	41

Tableau 5 . Matrice de corrélation entre indices biotiques. La diagonale contient le nombre de données pour chaque indice. Au dessus de la diagonale le nombre de paires ayant servi à la corrélation et en dessous de la diagonale le coefficient de corrélation de Pearson.

Dans le détail on constate que sur 18 prélèvements communs, le seul accord général pour la détection de perturbations concerne le Petit Inini en janvier 1999 et cinq prélèvements sont unanimement considérés comme indiquant une bonne qualité, soit le tiers des diagnostics.

Entre poissons et invertébrés sur 19 observations, 10 fournissent un diagnostic équivalent, 3 détectent une perturbation, et 7 une bonne qualité.

Entre poissons et diatomées il y a 38 observations communes et dans 11 cas une mauvaise qualité est détectée par l'un des indices et pas par l'autre alors que dans 7 cas les deux indices détectent un problème de milieu et dans 20 cas une bonne qualité. Les faibles valeurs de l'indice diatomées qui correspondent à des valeurs normales de l'indice poissons semblent être surtout dues aux stations du Maroni. On peut ainsi penser qu'il existe une composition différente des communautés de diatomées dans ce bassin, hypothèse qu'il faudra vérifier avec un plus grand nombre d'échantillons.

Entre invertébrés et diatomées, sur 17 observations il y a 10 désaccords et dans un seul cas une mauvaise qualité est détectée par les deux indices. Là aussi dans un certain nombre de cas les désaccords proviennent de stations du haut Maroni

La confrontation des valeurs des indices aux données chimiques met en évidence un certain nombre de corrélations (Tableau 6).

BASSIN	STATION	indice poisson	indice ephémères	indice diatomée
Oyapock	Camopi 0599	35		15.5
	Camopi 1198	39	1.5	
	Oyapock amont 0599	40		17.5
	Oyapock amont 1198			18.5
	Oyapock Maripa 0599	31		18.1
	Oyapock Maripa 1198			18.5
Maroni	Grand Inini 0199	35	2.5	12.1
	Grand Inini 0699	29	3	8.5
	Petit Inini 0199	30	1	7.7
	Petit Inini 0699	29	2.25	10
	saut Sonnelle 0199	30		10.1
	saut Sonnelle 0699	26		11.4
	Tampock 0199	29	2.43	9.4
	Tampock 0699	40		14.1
	Maripasoula Amont 0199	35	2.33	14.8
	Maripasoula Amont 0699	33		14.9
	Maripasoula Aval 0199	35	2	16.7
	Maripasoula Aval 0699	27		13.7
	Langa Tabiki 0699	35	3	17
	Langa Tabiki 1099	30	3	18
Sinnamary	saut 2 roros 0698	40		
	saut 2 roros 1198	30		
	saut Dalles 0699	31		
	saut Dalles 1199	34		
	Takari Tanté 0699	35		18.3
	Takari Tanté 1198	40	2.83	18.4
	Courcibo 0699	35	3	17.8
	Courcibo 1298	35	3.1	15.7
	Leblond 0699	30	2.71	
	Leblond 1298	25	2.17	
	Lucifer 0799			17.9
	Lucifer 1199			12.8
	Kerenroch 0799	24	0	16.8
	Kerenroch 1299	19	0	18.5
	Saulnier 0698	32		
	Saulnier 1299	33		
	Venus 0698	26		
	Venus 1298	22		
Malmanoury	Malmanoury 0499	30		19.6
	Malmanoury 0500	29	3	15.3
Karouabo	Karouabo 0499	20		
	Karouabo 0500	32	1	19.1
	Karouabo 0598	13		19.4
Comté	Comté amont 0499	40		16.3
	Comté amont 1098	35	2.6	16.3
	Comté aval 0499	40		19.4
	Comté aval 1098	40	1.66	16
	Kounana amont 0798	36		16.2
	Kounana amont	37		18.2
	Kounana aval 0798	28		18.3
	Kounana aval 1298	35		19
	Orapu amont 0798	40		19.6
	Orapu amont 1298	38		18.6
	Orapu aval 0798	29		
Kourou	crique des Peres 0499	35		
	crique des Peres 0500	33		

Figure 6. Confrontation des résultats des différents indices biotiques. Bleu: bonne qualité. Rouge orangé: mauvaise qualité.

A	Indice Diatom.	Indice Ephem.	Indice poiss	CPUE	Divers	Abond Anos	Abond Icht.	Abond Inva	Abond Invt	Rich Anos	Rich Detr.	Rich Omni
Temp	0.285	-0.081	-0.161	-0.072	0.035	0.426	-0.138	-0.257	-0.389	-0.315	0.032	-0.004
Cond.	-0.584	-0.201	-0.478	-0.069	0.208	0.102	-0.038	-0.189	-0.411	0.281	-0.142	0.523
Oxyg.	-0.020	0.367	0.379	0.183	0.248	0.135	-0.118	0.163	0.255	-0.288	0.604	-0.550
Turbid.	-0.595	0.069	-0.022	0.187	0.240	-0.039	-0.020	0.322	0.154	0.464	0.093	0.172
MES	-0.646	0.232	-0.075	0.233	0.300	0.011	-0.096	0.202	0.119	0.434	0.221	0.119
Alcal	-0.484	-0.216	-0.053	-0.003	0.193	-0.162	0.031	0.238	-0.016	0.224	-0.078	0.432
Chlor	-0.013	-0.201	-0.146	-0.226	0.089	-0.016	-0.032	-0.092	-0.195	0.019	-0.138	0.312
K	-0.103	-0.157	0.063	-0.095	0.243	-0.051	-0.356	-0.207	-0.083	-0.084	0.292	-0.122
COD	-0.655	0.067	-0.234	0.059	0.307	-0.042	-0.234	0.020	0.032	0.423	0.153	0.315
COP	-0.112	-0.264	-0.194	0.196	-0.089	0.533	-0.131	-0.060	-0.055	0.236	-0.137	0.142
COD/COP	-0.457	0.333	0.096	0.028	0.332	-0.458	-0.162	0.089	0.026	0.057	0.360	-0.078
NOD	-0.596	-0.018	-0.013	0.109	0.094	-0.133	-0.179	0.077	-0.057	0.219	0.226	0.021
NOP	-0.118	-0.341	-0.085	0.131	0.017	0.353	-0.017	-0.031	0.059	0.241	-0.088	0.194
NOD/NOP	-0.393	0.295	0.156	-0.022	0.120	-0.360	-0.178	0.120	-0.037	0.009	0.242	-0.166
CHLT	0.102	-0.679	-0.355	-0.386	-0.226	0.217	-0.629	-0.025	-0.406	-0.315	-0.094	0.206

B	Indice Diatom.	Indice Ephem.	Indice poiss	CPUE	Divers	Abond Anos	Abond Icht.	Abond Inva	Abond Invt	Rich Anos	Rich Detr.	Rich Omni
Temp	0.114	0.749	0.396	0.705	0.853	0.019	0.466	0.171	0.037	0.090	0.866	0.982
Cond.	0.000	0.424	0.008	0.717	0.270	0.593	0.840	0.318	0.027	0.132	0.454	0.003
Oxyg.	0.915	0.134	0.039	0.334	0.186	0.478	0.533	0.389	0.182	0.122	0.000	0.002
Turbid.	0.000	0.785	0.907	0.322	0.201	0.838	0.915	0.082	0.425	0.010	0.624	0.362
MES	0.000	0.354	0.693	0.216	0.107	0.955	0.615	0.285	0.540	0.017	0.241	0.530
Alcal	0.005	0.389	0.779	0.990	0.307	0.392	0.871	0.206	0.933	0.234	0.680	0.017
Chlor	0.945	0.423	0.441	0.231	0.641	0.933	0.868	0.630	0.311	0.919	0.466	0.094
K	0.574	0.533	0.742	0.618	0.197	0.791	0.054	0.274	0.669	0.661	0.118	0.519
COD	0.000	0.793	0.221	0.759	0.105	0.828	0.221	0.920	0.872	0.022	0.429	0.096
COP	0.547	0.307	0.314	0.309	0.645	0.003	0.497	0.755	0.783	0.217	0.479	0.461
COD/COP	0.010	0.191	0.621	0.884	0.079	0.012	0.401	0.645	0.897	0.771	0.055	0.686
NOD	0.000	0.945	0.945	0.568	0.622	0.484	0.343	0.685	0.769	0.245	0.230	0.913
NOP	0.529	0.180	0.660	0.499	0.930	0.060	0.932	0.874	0.764	0.207	0.651	0.313
NOD/NOP	0.029	0.250	0.419	0.908	0.534	0.055	0.355	0.534	0.853	0.964	0.207	0.388
CHLT	0.585	0.003	0.059	0.039	0.239	0.257	0.000	0.896	0.032	0.096	0.626	0.283

Tableau 6. A - Corrélation entre les indices et les paramètres chimiques. B. Probabilités associées. En rouge les corrélations significatives au risque de 5%.

L'indice diatomées est beaucoup mieux corrélé aux paramètres chimiques que les deux autres indices. Cette conclusion est en accord avec l'hypothèse que les diatomées sont plus directement sensibles à la qualité chimique de l'eau qu'aux modifications structurelle de l'habitat. Il est corrélé négativement avec bon nombre de paramètres chimiques : conductivité, turbidité et MES, alcalinité, carbone organique dissous et rapport au carbone organique particulaire, azote organique dissous et rapport à l'azote organique particulaire. Il faut remarquer que plusieurs de ces paramètres présentent des valeurs en moyenne plus élevées dans le bassin du Maroni ce qui expliquerait le comportement de l'indice vis à vis de ces échantillons. L'indice éphémères n'est corrélé qu'avec la chlorophylle totale. Il est difficile à ce stade d'interpréter cette relation. L'indice poisson est lui, corrélé négativement avec la conductivité et positivement avec la concentration en oxygène dissous. La nécessité pour les poissons de disposer de milieux bien oxygénés n'est pas une surprise. Quant à la relation avec la conductivité elle est probablement due au fait qu'en Guyane une augmentation de ce paramètre chimique est souvent liée au rejet dans les cours d'eau soit de grande quantités de

couverture pédologique, soit de substances polluantes. Dans le détail certains composants de l'indice poisson sont également corrélés à des paramètres chimiques. Ce sont la température, la conductivité, l'oxygène, la turbidité et les matières en suspension, l'alcalinité, le carbone organique dissous et particulaire, le rapport entre ces deux derniers paramètres, et la chlorophylle totale.

A partir de cette analyse il est possible de proposer un indice chimique qui reprendrait les paramètres mis en évidence par leur influence sur les communautés biologiques.

$I_{\text{chimique}} = \text{oxygène} + \text{COD/COP} - \text{température} - \text{conductivité} - \text{turbidité} - \text{alcalinité} - \text{COD} - \text{COP} - \text{Chlorophylle totale}.$

Si on applique cet indice aux prélèvements, en ayant eu soin de standardiser les paramètres chimiques, on obtient la classification suivante :

Prélèvement de saison sèche	indice chimique
Pt Inini	-9.93
Saut Sonnelle	-4.35
Maripasoula aval	-2.83
Kerenroch	-2.78
Gd Inini	-2.57
Karouabo	-1.44
Tampock	0.65
Malmanoury	1.16
Maripasoula amont	1.44
Oyapock a Camopi	1.63
Camopi à Camopi	2.11
Saut Maripa	2.14
Langa Tabiki	2.30
Saut Lucifer	2.33
Comté Loiseau	2.46
Comté Lysis	2.63
Takari Tanté	6.07

Tableau 7 . Classification des prélèvements de saison sèche en fonction de paramètres chimiques.

Le prélèvement du Petit Inini apparaît comme le plus perturbé et celui de Takari Tanté comme le plus naturel. La classification des stations apparaît conforme à ce qui est connu sur leur degré de perturbation.

L'examen conjoint de l'ensemble des résultats nous permet ainsi de dresser un premier aperçu de la qualité des cours d'eau de Guyane.

Les sites présentant une certitude ou un soupçon de mauvaise qualité et qui pour cette raison avaient été exclus de l'analyse des relations habitat/poisson en milieu naturel sont :

- le Petit Inini et la crique Leblond, très visiblement impactés par des activités intenses d'orpaillage sans bassin de décantation, présentant une turbidité importante sont bien évalués par l'indice poisson et l'indice diatomée (Petit Inini). En revanche les éphémères ne semblent pas être très profondément affectées. De la même façon la station

de Saut Sonnelle recevant les effluents du Petit Inini présente elle aussi des notes faibles pour les indices poissons et diatomées.

➤ Kerenroch, subissant les effets du barrage de Petit-Saut présente des indices poissons et éphémères très faibles. En revanche l'indice diatomées ne détecte aucune perturbation.

➤ la station située à l'aval de Maripasoula présente le plus souvent des valeurs faibles d'indice. En revanche la station de Langa Tabiki, considéré perturbée car située à l'aval d'une région peuplée et soumise à une exploitation aurifère ne présentent pas généralement de faibles valeurs d'indice.

➤ la Karouabo, située sous le vent des installations du Centre Spatial Guyanais et dans le champ proche apparaît perturbée selon les indices poissons et invertébrés. En revanche l'indice diatomée est assez élevé. A proximité, la crique Malmanoury que l'on peut considérer hors de la zone impactable par les activités du centre, présente aussi des valeurs d'indice poisson faibles mais un indice invertébrés élevé.

A l'inverse, l'Oyapock, le haut Sinnamary et Courcibo apparaissent en général de bonne qualité à travers les indices proposés.

8. Mise en œuvre globale de la surveillance.

Les résultats de ces travaux permettent de faire un certain nombre de recommandations pour la mise en place d'un réseau de surveillance.

Où surveiller ?

Il n'était pas dans les objectifs de ce travail de proposer un schéma d'implantation de stations de surveillance, néanmoins les résultats du travail fournissent des indications pouvant aider à cette définition.

En terme de morphologie et hydrologie l'analyse poussée effectuée permet de définir quatre groupes: les grands bassins (Maroni et Oyapock); le plus petit bassin côtier (Karouabo); celui de la Comté assez atypique; et les bassins intermédiaires (le haut Maroni, la Mana, le Sinnamary et l'Approuague. Les observations donnent une bonne couverture de l'ensemble des cours d'eau de Guyane à l'exception notable de toute la bande côtière, celle qui justement fait partie des milieux les plus menacés par des agressions anthropiques. Il est impossible d'évaluer dans quelle mesure la Karouabo est représentative des nombreuses criques côtières (Elle ne l'est vraisemblablement pas du fait d'un estuaire obstrué par un bouchon sableux). **Il paraît donc important de mettre en place le plus rapidement possible une récolte de données hydrologiques sur un certain nombre de ces petits cours d'eau côtiers.**

En termes biologiques la situation semble plus complexe. Si on retrouve bien une certaine similitude dans le groupe des grands bassins (Maroni à Langa Tabiki et Oyapock), le groupe des bassins intermédiaires semble plus hétérogène. Haut Maroni et Sinnamary (les seuls bassins qu'il a été possible d'échantillonner) ont des positions très différentes sur les échelles d'indice proposées. De plus il est clair que le nombre de points différents reste insuffisant pour l'élaboration d'un indice fiable, chaque point supplémentaire améliorant la qualité de l'évaluation. Il serait, en particulier, **indispensable de disposer d'au moins un point sur la Mana (saut Sabbat ?) et un sur l'Approuague (saut Athanase ?).**

Quoi surveiller ?

Il est patent, au vu des résultats, que les trois indices proposés n'ont pas le même comportement vis à vis de la qualité du milieu. **Il apparaît donc essentiel de suivre parallèlement ces trois indices.** Idéalement l'interprétation de chacun des indices pourrait permettre d'identifier la source de perturbation (pollution chimique, dégradation des rives, perturbation du régime hydrologique, etc.). Bien sûr cet objectif ne pourra être atteint qu'avec la multiplication des observations.

Ce suivi peut être réalisé selon deux stratégies :

- une stratégie minimale économique. Il s'agit de récolter uniquement les données de peuplements dans les stations retenues et de les confronter aux résultats de cette étude. L'inconvénient majeur de cette option est que l'on améliorera pas les indices proposés qui, rappelons le, sont très préliminaires et probablement entachés d'importantes erreurs.
- une stratégie souhaitable et un peu plus lourde. Elle consiste à récolter, avec les données de peuplements, les caractéristiques physico-chimiques et d'habitat des stations visitées. Ces données pourront alors permettre d'améliorer la précision des indicateurs. Comme pour l'indice poisson, les données d'habitat pourraient entrer dans l'ajustement

de l'indice en fonction des différents sites prospectés. L'avantage fondamental de cette option est que chaque observation supplémentaire apporte aux indices une amélioration jusqu'à atteindre un degré de précision satisfaisant. De plus, le surcroît de travail n'est pas très important par rapport à l'option précédente.

Quand surveiller ?

L'expérience de l'application de l'indice poisson sur le Sinnamary aval montre bien l'influence de la variabilité naturelle des peuplements et des aléas de l'échantillonnage sur l'estimation d'un indice.

Il est donc fortement recommandé, pour une évaluation fiable de la qualité d'un milieu aquatique, de **disposer d'observations répétées**. Par ailleurs **la saison des basses eaux semble la plus appropriée** pour un certain nombre de raisons :

- Il y a une plus grande stabilité hydrologique des rivières et, en conséquence, une plus grande stabilité physico-chimique des eaux. En particulier, des pollutions peuvent se trouver rapidement et temporairement diluées par de fortes pluies.
- La récolte du matériel, en particulier des invertébrés, est grandement facilitée par l'émergence d'un plus grand nombre de substrats, les courants moins violents, une météorologie favorable...
- Il semble que l'indice diatomée soit plus sensible en saison sèche qu'en saison humide (Figure 3).

9. ANNEXES

Annexe 1. Caractérisation physique des bassins versants de la Guyane française. *Par Cédric GAUCHEREL.*

Annexe 2. Essai d'évaluation de la qualité des eaux des rivières de Guyane à l'aide d'indicateurs chimiques. *Par Sandrine RICHARD et Philippe CERDAN.*

Annexe 3. Evaluation de la qualité des eaux des rivières de Guyane française à l'aide des communautés de diatomées benthiques. *Par Michel COSTE.*

Annexe 4. Diatomées de Guyane française: guide d'identification des principales espèces. *Par Michel COSTE.*

Annexe 5. Essai d'élaboration d'un indice biotique de la qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les invertébrés. *Par Véronique HOREAU et Philippe CERDAN.*

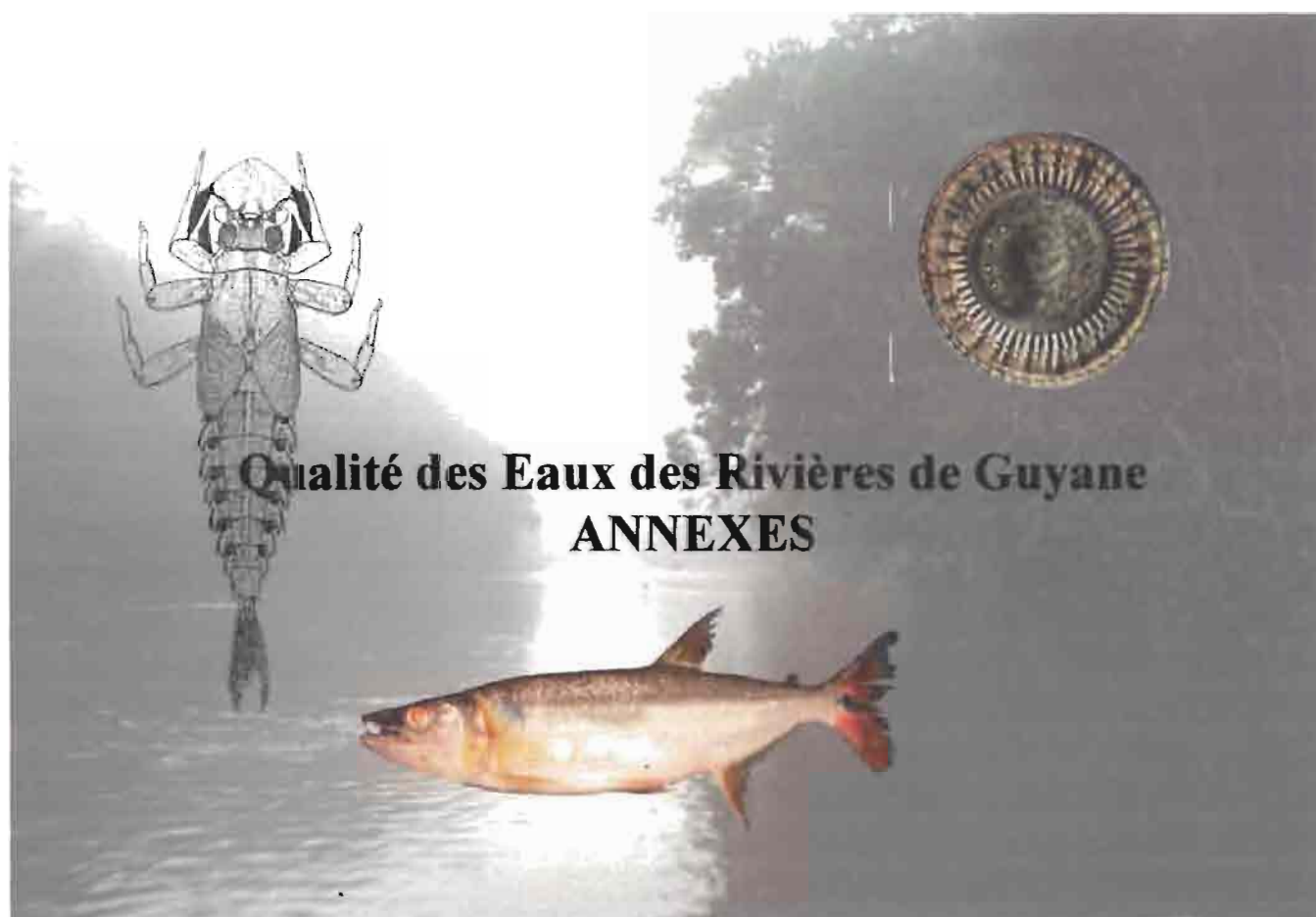
Annexe 6. Etude des Ephéméroptères de la Guyane française : Systématique, répartition géographique et élaboration d'un indice de qualité des eaux (SMEG). *Par Alain THOMAS.*

Annexe 7. Elaboration d'un indice biotique de qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les poissons. *Par Bernard de MERONA, Francisco L. TEJERINA GARRO, Bernard HUGUENY, Marc BARRAL, Frédéric SOULARD et Régis VIGOUROUX.*

Annexe 8. Etude bactériologique. *Par Christian GERARDHI.*



Préfecture de la région Guyane



UMR CNRS 5576 CESAC
Université Paul Sabatier
TOULOUSE



juin 2001

ANNEXE 1

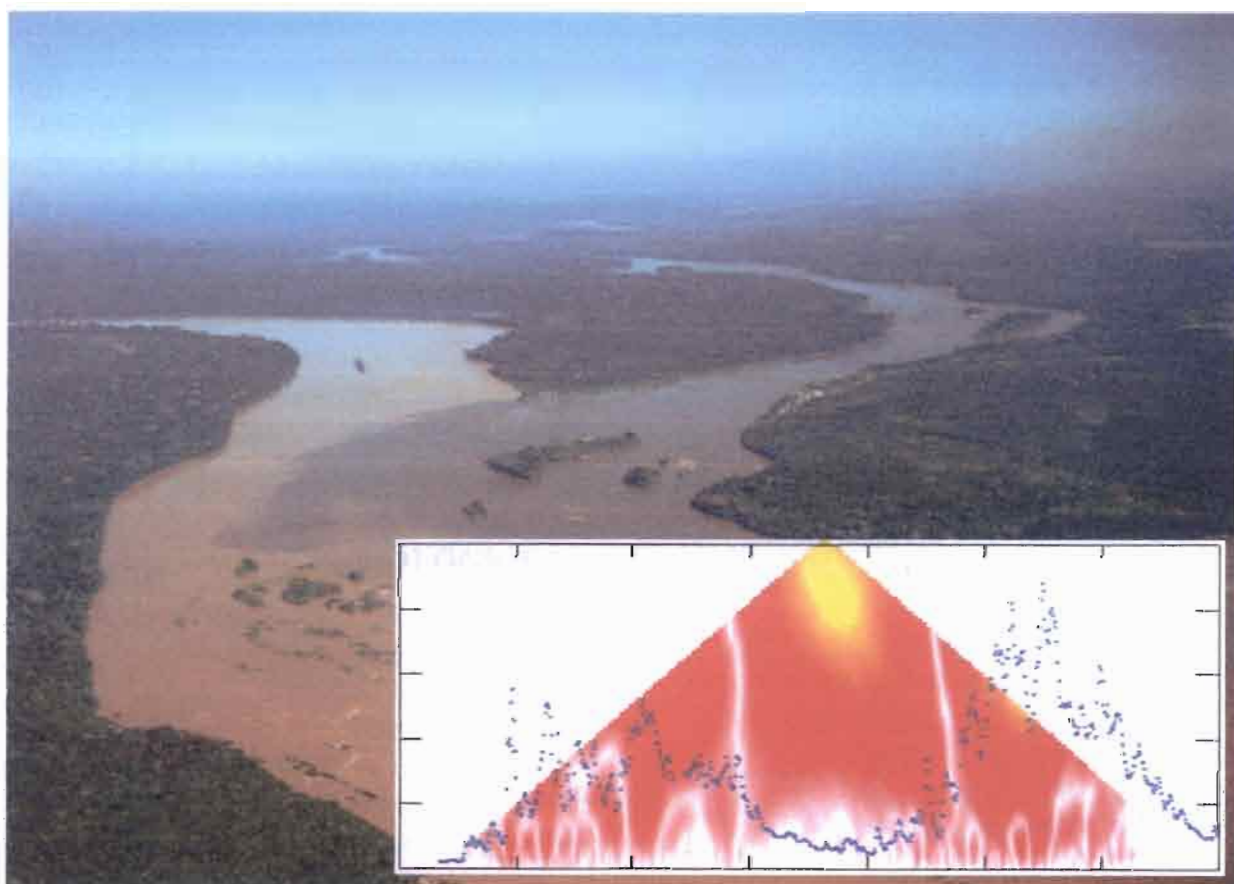
**Caractérisation physique des bassins versants de la
Guyane française.**

Cédric GAUCHEREL



Institut de recherche
pour le développement

Caractérisation physique des bassins versants de la Guyane française



par
Cédric GAUCHEREL
17 juillet 2000

Table des matières

TABLE DES MATIERES	1
1. INTRODUCTION	4
1.1. CONTEXTE	4
1.2. PLAN DU RAPPORT ET JUSTIFICATION.....	4
2. DESCRIPTION HYDROLOGIQUE.....	6
2.1. LES DONNEES.....	6
2.1.1. <i>LE RESEAU HYDROMETRIQUE</i>	6
2.1.2. <i>DISTRIBUTION DES DEBITS</i>	7
2.1.3. <i>QUALITE DES MESURES</i>	9
2.2. ANALYSE STANDARD.....	9
2.2.1. <i>DESCRIPTEURS STATISTIQUES</i>	9
2.2.2. <i>DESCRIPTEURS DE VARIABILITE</i>	10
2.2.3. <i>DERIVEES DES DEBITS</i>	11
2.2.4. <i>ANALYSE FREQUENTIELLE</i>	13
2.2.5. <i>DECOPAGE DE LA COURBE DES DEBITS</i>	14
2.2.6. <i>LA FORME DES REGIMES</i>	15
2.2.7. <i>TENDANCES PLURIANNUELLES</i>	16
2.3. NOUVELLES APPROCHES.....	17
2.3.1. <i>LE MNH</i>	17
2.3.2. <i>LES ONDELETES</i>	19
2.3.3. <i>SENSIBILITE A L'ECHELLE</i>	22
2.4. BILAN	23
3. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE	24
3.1. LES DONNEES.....	24
3.1.1. <i>LA DISTRIBUTION PLUVIOMETRIQUE</i>	24
3.1.2. <i>LA DISTRIBUTION HYDROMETRIQUE</i>	25
3.1.3. <i>LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE</i>	25
3.2. DESCRIPTION STANDARD	26
3.2.1. <i>LES INDICATEURS MORPHOLOGIQUES</i>	26
3.2.2. <i>TRAITEMENT PRELIMINAIRE</i>	28
3.2.3. <i>LES LONGUEURS</i>	28
3.2.4. <i>LES DENSITES</i>	30
3.2.5. <i>LES COURBURES ET SINUSITES</i>	31
3.3. NOUVELLE APPROCHE	33
3.3.1. <i>SENSIBILITES A L'ECHELLE : LA LOGIQUE</i>	33
3.3.2. <i>SENSIBILITES A L'ECHELLE : FRACTALITE</i>	34
3.3.3. <i>SENSIBILITES A LA QUALITE DES DONNEES</i>	36
3.3.4. <i>LES TEXTURES</i>	36
3.4. BILAN	37

4. FUSION DES DESCRIPTIONS	38
4.1. METHODE ET JUSTIFICATION	38
4.2. REDUCTION DU NOMBRE D'INDICATEURS	39
4.2.1. REDUCTION DES INDICATEURS HYDROLOGIQUES	39
4.2.2. REDUCTION DES INDICATEURS MORPHOLOGIQUES.....	40
4.2.3. REDUCTION GLOBALE	41
4.3. CLASSEMENT ET INDICE PHYSIQUE	42
4.3.1. UN INDICE PHYSIQUE	42
4.3.2. CLASSEMENT DES BASSINS VERSANTS	43
4.4. LIMITES ET PERSPECTIVES.....	44
 5. CONCLUSION	 46
 ANNEXE.....	 47
PRESENTATION.....	47
LISTE DES CARTES.....	47
 BIBLIOGRAPHIE	 48

1. Introduction

1.1. Contexte

Au XIX^{ème} siècle, les découvertes en immunologie et bactériologie de Louis Pasteur sont à l'origine des premières évaluations de la qualité de l'eau. En 1961 née la première loi française sur la qualité de l'eau, elle systématise son traitement. Dix ans plus tard débutent les mesures de la pollution chimique de l'eau, provenant de l'industrie, de l'agriculture et des produits utilisés par les consommateurs : métaux lourds, nitrates, pesticides, etc.¹ Toutes ces causes peuvent dans un avenir plus ou moins proche cristalliser dans les départements d'outre-mer telle que la Guyane.

La DIREN a ainsi initié le projet d'élaboration d'un système d'évaluation de la qualité globale des cours d'eau guyanais. Suite à un séminaire organisé en avril 1998, il a été décidé de préparer la mise en place d'un tel système de surveillance par la description des cours d'eau du département. Les instituts de recherche impliqués dans le projet ont donc pour tâche d'en brosser une typologie biophysique la plus complète possible².

Si l'on se réfère au système d'évaluation de la qualité des cours d'eau qui prévaut en France métropolitaine, la typologie des bassins guyanais aura intérêt à décliner des descripteurs biologiques autant qu'abiotiques. L'organisation biocénétique d'un cours d'eau dépend en effet en grande partie de son régime hydrologique et de son réseau hydrographique. Le débit d'une rivière est étroitement corrélé par exemple à la transparence, la composition chimique de ses eaux, la diversité des habitats ou les interactions biotiques³.

Pour la composante biologique, les diatomées, les macro-invertébrés et les poissons sont des pistes explorées dans ce projet tant il est vrai que cette faune renseigne sur la qualité de l'eau qui les accueille. L'étude complémentaire de leur habitat sera chimique autant que physique. Ce rapport détaille la description et caractérisation physique des cours et de leur bassin versant.

1.2. Plan du rapport et justification

Les hydrologues ont coutume de caractériser des bassins versants d'un point de vue climatologique d'abord, hydrologique ensuite et physio-géographique enfin⁴. La composante climatologique se résume en l'examen de la carte pluviométrique de la Guyane. Cette dernière est synthétisée par Météo France avec les données de la période 1961/1990, période qui correspond grossièrement à celle des enregistrements hydrologiques et suffit amplement à la perception des particularités climatologiques de chaque bassin (cf. Annexe).

Les deux autres composantes ont fait l'objet d'études fouillées qui nous ont permis d'extraire des données autant d'informations que faire ce peut. Les physiciens aiment à travailler avec des paramètres physiques, ultérieurement conciliés au sein de modèles schématisant un phénomène. Depuis peu, une nouvelle approche puissante voit le jour⁵. Elle manipule des « indicateurs » et les exploite en les faisant fusionner ou en leur trouvant des corrélations. Les indicateurs sont des variables qui n'ont pas forcément de réalité physique, mais trahissent (directement ou indirectement et surtout quantitativement) une caractéristique de l'objet d'étude. C'est cette approche que nous avons retenue ici. Nous nous sommes également demandé quelles devaient

être les qualités de nos indicateurs pour caractériser au mieux les cours d'eau et bassins versants de notre étude.

- Un tel indicateur doit en priorité être sensible : cela sous-entend qu'il soit monotone, variable, mais de faible dispersion pour rendre compte rigoureusement des différences entre les éléments de notre ensemble.
- Il doit être compréhensible : *i.e.* clairement défini d'une part, suffisamment simple pour être manipulé par tous d'autre part. Cette qualité n'est pas à confondre avec celle qui attribuerait un sens physique à l'indicateur, qui l'expliquerait. Ce qui en effet, n'est pas nécessaire pour caractériser !
- Il doit enfin être accessible : *i.e.* facilement reproductible et notamment à moindre frais. Avec ces qualités, un indicateur aura de fortes chances d'être « extrapolable » à d'autres régions ou d'autres problématiques que la notre... un plus en sa faveur.

Les indicateurs provenant des composantes que nous nommerons à l'avenir : hydrologique et morphologique (pour ce qu'elles caractérisent temporellement et spatialement les bassins versants) sont détaillées dans les chapitres 2 et 3 de ce rapport. Toutefois, ce travail présenterait peu d'intérêt si ses diverses composantes ne fusionnaient pas. Le chapitre 4 réalise et justifie la synthèse des ces différentes informations.

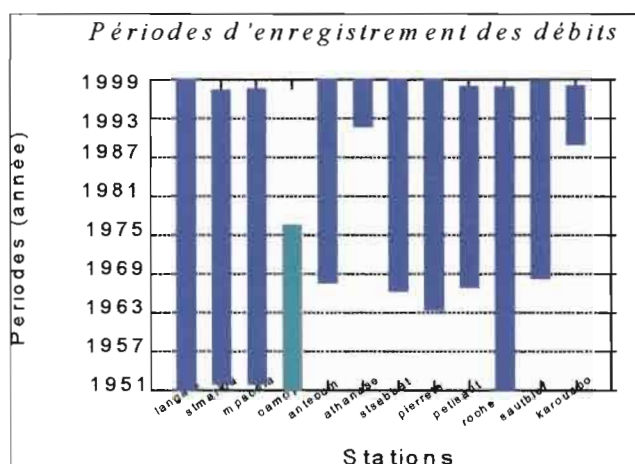
Nous avons également modulé les résultats finaux par les contraintes inhérentes à la région guyanaise. Cette dernière présente en effet des particularités (propres aux données, aux méthodologies qu'elle suppose d'employer, aux connaissances déjà acquises, etc.) qui contraignent notablement l'étude et nous ont obligés à recourir à de nouvelles méthodes de caractérisation de bassin versant. Ces contraintes seront examinées en détail dans la dernière partie, peu avant la conclusion.

2. Description hydrologique

2.1. les données

2.1.1. Le réseau hydrométrique

Le réseau hydrométrique de la Guyane française a vu le jour en 1950 avec l'installation de plusieurs stations sur les grands fleuves frontières. Actuellement, le service hydrologique de l'IRD gère une douzaine de stations hydrologiques dispersées sur tous les grands cours d'eau : le Maroni qui jouxte le Surinam (Antécum Pata, Dégrad Roche, Maripasoula et Langata biki), l'Oyapock frontière avec le Brésil (Camopi et Saut Maripa), la Mana (Saut Sabbat), l'Approuague (Pierrette et Saut Athanase), la Comté (Saut Bief), la Sinnamary qui accueille le seul barrage de Guyane (Petit Saut)⁶. A ce panel, a été rajouté la station de la petite rivière Karouabo, qui sortira régulièrement de nos statistiques mais sera précieuse pour fixer une limite inférieure à plusieurs paramètres.

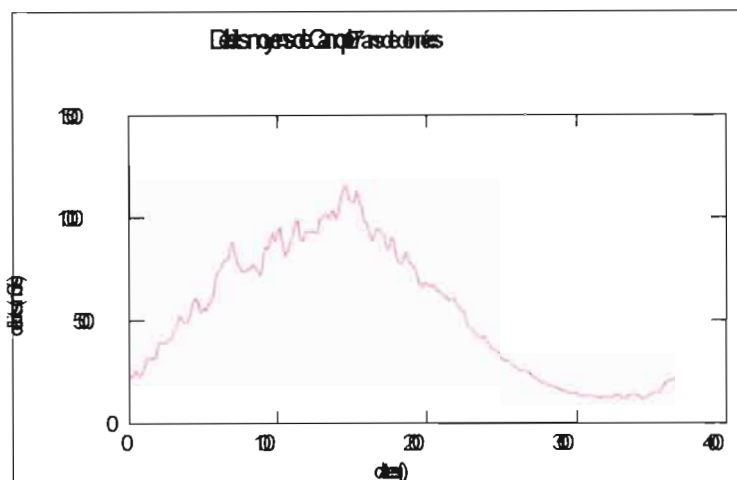


Années (de 1951 à 1999) suivies, pour chaque station hydrologique.

Période d'enregistrement des débits des 12 stations hydrologiques utilisées pour notre étude.

Si l'on excepte la station Camopi, les périodes d'enregistrement sont régulièrement actualisées et courent parfois depuis l'année de création du réseau de mesure. La station Camopi a été abandonnée pour une question d'accessibilité et parce que sa courbe d'étalonnage n'était pas univoque⁷. Ce sont en effet les hauteurs d'eau qui sont relevées sur le terrain, valeurs ultérieurement converties en débits à l'aide d'une courbe d'étalonnage. Camopi qui est en aval d'un point de confluence voit sa courbe influencée par le fleuve Oyapock et par l'un de ses affluents : à une hauteur mesurée ne correspond donc pas un unique débit⁴.

La Guyane est le siège d'une importante saison des pluies (de décembre à juin typiquement), généralement entrecoupée d'une courte période nommée « petit été de mars ». Cette période qui intervient à des dates variables dans l'année disparaît de fait dans l'hydrogramme moyen. Les régimes annuels moyens qui en découlent, d'une grande homogénéité entre les fleuves, font succéder la crue annuelle torturée à une décrue plus lente et régulière⁶.



Débits (m^3/s) en fonction des jours de l'année (de 1 à 365).

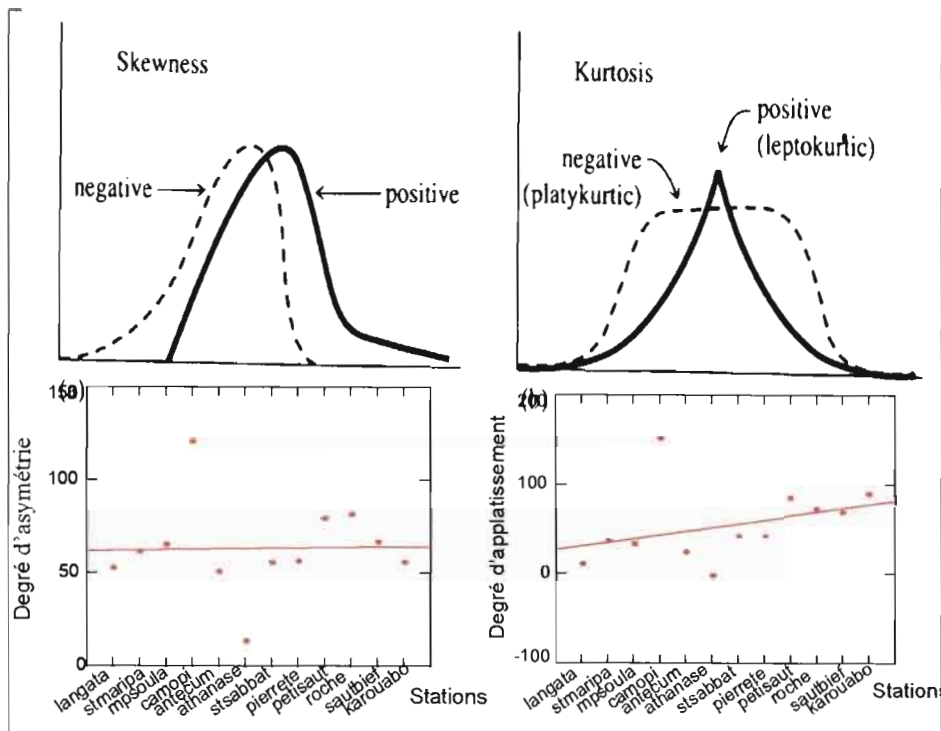
Forme caractéristique des hydrogrammes annuels moyens des cours d'eau guyanais. Exemple : Camopi, sur 27 ans de données.

Le tableau suivant donne une idée des débits et des surfaces des bassins versants associés à chaque station hydrologique de notre étude. Leur distribution spatiale sera commentée au chapitre 3.1. Deux grands fleuves (Maroni et Oyapock) et un petit (Karouabo) se dégagent des valeurs moyennes.

Stations	fleuve	débit moyen (en m^3/s)	Surface (en km^2)
Langata-biki	maroni	1798	60930
Saut-Maripa	oyapock	917	25120
Maripasoula	maroni	820	28285
Camopi	oyapock	462	5920
Antécum-Pata	maroni	391	10300
Saut-Athanase	approuague	391	7525
Saut-Sabbat	mana	321	10255
Pierrette	approuague	237	6105
Petit-Saut	sinnamary	236	5900
Degrad-Roche	maroni	176	7655
Saut-Bief	comté	109	1760
Karouabo	karouabo	5	76,7

2.1.2. Distribution des débits

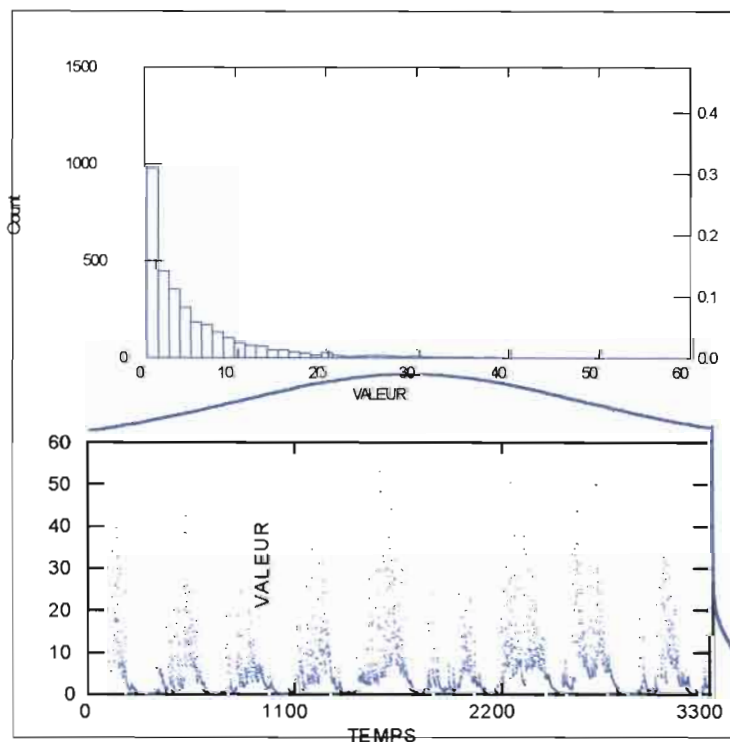
Une description statistique rapide des courbes de débits (à l'image des figures suivantes) permet d'ailleurs de fixer les ordres de grandeur de ces fleuves. Pour chaque cours d'eau, nous avons visualisé (avec le logiciel Systat 9.0[®]) les courbes de débits, moyennés par jour, et la forme de la distribution des débits (*i.e.* proportion de chaque valeur en fonction du total).



Indicateurs statistiques de forme (ordres 3 et 4) pour une distribution quelconque.

Exemple des mêmes indicateurs sur les distributions des stations de notre échantillon.

Pour quantifier cette forme, il est aisé de travailler avec les moments d'ordre 1 (moyenne), 2 (écart type), 3 (asymétrie) et 4 (aplatissement) de la distribution^{9,10}. Nous les utiliserons également plus loin pour toutes sortes de distributions. Les formes des distributions des débits se montrent quasiment tout le temps asymétriques (à droite, *i.e.* avec moins de débits élevés que de débits faibles) et « piquées » (*i.e.* avec un débit, d'étiage donc, préférentiel). Cette observation hydrologique est conforme à l'accoutumée¹¹.



Data for the following results were selected according to: (VALEUR < 9999)

	VALEUR
N of cases	3167
Minimum	0.002
Maximum	53.100
Range	53.098
Sum	16844.187
Median	2.860
Mean	5.319
95% CI Upper	5.555
95% CI Lower	5.083
Std. Error	0.120
Standard Dev	6.778
Variance	45.942
C.V.	1.274
Skewness(G1)	2.455
SE Skewness	0.044
Kurtosis(G2)	7.641
SE Kurtosis	0.087

Distribution des débits et courbe des débits journaliers ($\text{m}^3/\text{s}/\text{jour}$) de la station Karouabo. Indicateurs statistiques associés à cette distribution.

2.1.3. Qualité des mesures

Notons ici un point très important sur la qualité des données hydrologiques : pour des raisons d'accessibilité, mais aussi parce que les instruments sont très sollicités par les conditions climatiques guyanaises et tombent régulièrement en panne, toutes les courbes temporelles sont plus ou moins complètes (tableau suivant)¹². Le service hydrologique de l'IRD exploite les corrélations élevées entre stations hydrologiques voisines pour reconstituer les enregistrements manquants. Ainsi, on peut momentanément étudier une courbe qui est en fait celle de la station voisine ! Toutes nos conclusions seront modulées par l'incertitude que crée cette information sur les débits étudiés.

Les débits eux-mêmes doivent être affublés d'une incertitude difficilement quantifiable (pour les mêmes raisons). Nous l'avons estimée à 10% environ⁷. Sauf mention contraire, toutes les valeurs de ce chapitre doivent donc être lues avec ces imprécisions.

Stations	% de valeurs absentes
Langa-Tabiki	4.82
Saut-Maripa	1.79
Maripasoula	3.39
Camopi	8.85
Antécum-Pata	5.1
Saut-Athanase	28.3
Saut-Sabbat	47.86
Pierrette	18.52
Petit-Saut	3.06
Degrad-Roché	5.11
Saut-Bief	4.53
Karouabo	3.7

Finalement, bien que réduite à quelques stations hydrologiques, la couverture du département guyanais est complète et devrait permettre une analyse quasi exhaustive des comportements hydrologiques que l'on peut y déceler. On peut par exemple espérer repérer des cours d'eau « représentatifs » au sens hydrologique du terme, *i.e.* au sein desquels les spécificités hydrologiques de la Guyane se trouvent concentrées¹³.

2.2. Analyse standard

2.2.1. Descripteurs statistiques

Les descriptions statistiques des régimes des cours d'eau guyanais sont abondantes comme l'indiquent les pages consacrées à l'hydrologie dans l'Atlas de 1979 de Guyane. Les fréquences d'apparition et époques d'occurrence de certains modules, certaines crues ou étiages y sont discutées en détail, tandis que les lois qui les lient théoriquement sont vérifiées⁶. Ces descriptions s'appuient sur plusieurs études de l'ORSTOM (nouvellement IRD)^{10,12,etc.}. Nous noterons ici les

principales valeurs d'étiage et de crue annuelles en m^3/s (à notre disposition) pour les stations qui sont concernées par cette étude. Les colonnes représentent les différentes fréquences d'apparition des valeurs annuelles moyennes : 0.1 est donc une fréquence décennale, 0.001 centennale.

Stations	Etiage 0.5	Etiage 0.1	Etiage 0.9	Crue 0.5	Crue 0.1	Crue 0.01
Langa-Tabiki	270	490	90	5600	6500	7200
Saut-Maripa	180	245	130	2770	3500	4100
Maripasoula	100	220	24	2600	3250	3800
Camopi	100	150	45	1900	2300	2650
Saut-Sabbat	80	130	23	900	1200 -	
Pierrette	65 -		40	650	775	850
Degrad-Roche	20	35	5	700	950	1150

A l'opposé, peu d'études visant à expliquer les phénomènes hydrologiques de Guyane ont vu le jour. On note malgré cette observation un travail ancien sur trois petits bassins versants aux couvertures géologiques et végétales différentes^{14,15}. L'auteur utilise la notion d'hydrogramme unitaire (qui trahit la réponse du bassin versant à un événement pluvieux) pour décrire les rivières¹⁶.

Cette notion reste malheureusement impossible à exploiter sur nos grands bassins versants : Ils nécessiteraient un arsenal de mesure impossible à mettre en œuvre. De plus, la relation pluie/débit n'est pas univoque sur des grandes surfaces. L'hétérogénéité naturelle des pluies et de la surface réceptrice si elle excède une certaine taille n'autorise pas un comportement reproductible du cours d'eau.

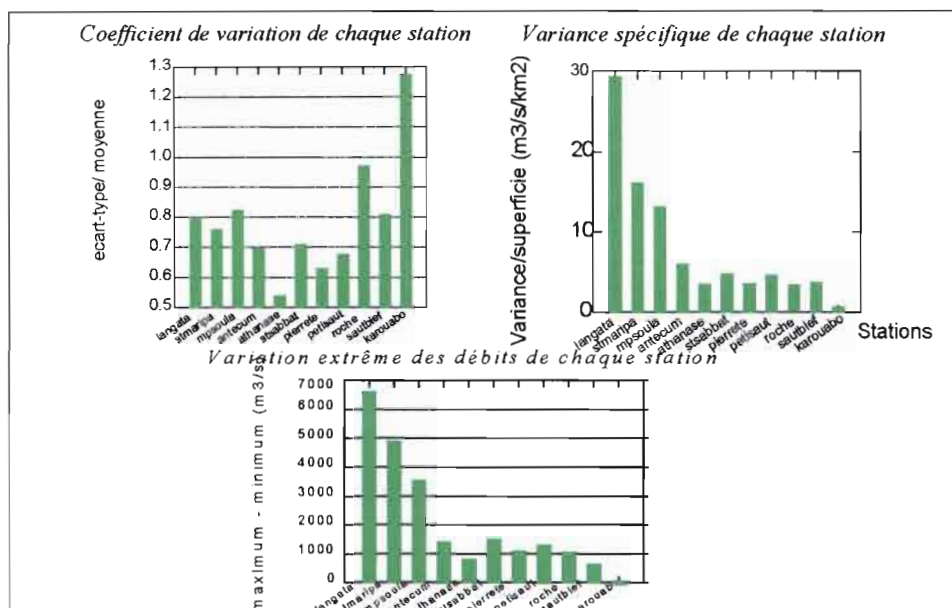
Dans un autre projet actuel, nous tentons malgré tout de décomposer nos courbes temporelles de débits à l'aide d'une technique bien connue des spécialistes de traitement du signal, en utilisant un filtre linéaire. Nous espérons ainsi remonter à une réponse impulsionnelle (qui s'apparenterait à un hydrogramme unitaire) propre à chaque fleuve.

2.2.2. Descripteurs de variabilité

A ce stade, il nous fallait chercher à caractériser plus en détail les 12 courbes de débits, en gardant à l'esprit la finalité de notre étude et son couplage futur avec les autres disciplines du projet. Les hydrobiologistes sont particulièrement intéressés par la variabilité des débits¹⁷, tandis que les hydrologues purs se concentreront sur la description de la surface collectrice des eaux de pluie¹⁸. En effet, la faune aquatique est très sensible aux changements, voire à la rapidité des changements de son habitat. C'est l'une des deux principales idées qui vont diriger ce premier chapitre et le choix de ses différentes méthodes de déduction d'informations des courbes temporelles.

Nous avons débuté cette quantification de la variabilité des cours d'eau par les calculs de différentes variables statistiques tels que le coefficient de variation des débits ($cv = \text{écart type}/\text{moyenne}$), la variation extrême des débits ($\text{maximum} - \text{minimum}$), la variance spécifique de chaque station ($\text{carré de l'écart type}/\text{surface du Bassin versant}$), etc⁸. Si l'on exclut volontairement

du lot la station Camopi, pour des raisons déjà évoquées, tous ces indicateurs ont présenté deux groupes de cours d'eau, ceux de taille importante et de taille plus réduite. Ils ne se montrent donc pas assez explicites.

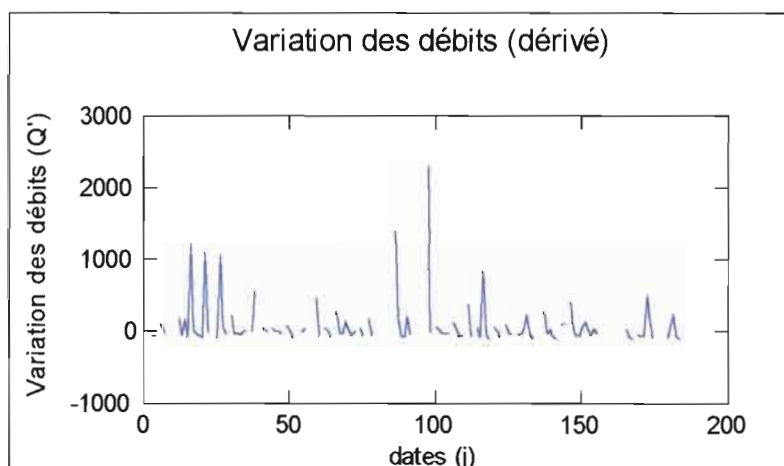


Les stations sont classées par ordre de débit moyen décroissant.

Différents indicateurs de variabilité des débits des stations de l'étude. On a volontairement omis la station Camopi.

2.2.3. Dérivées des débits

Dans le même esprit, nous nous sommes alors tournés vers une caractérisation des régimes à l'aide d'indicateurs utilisant les dérivées temporelles (premières et secondes) des débits, ainsi que ceux issus de leurs distributions respectives.



Dérivée des débits (m^3/s) en fonction des jours de l'année (sur une courte période). On voit clairement les périodes de crue et de décrue (plus stables).

Les dérivées successives dites : « relatives » se sont vite révélées pertinentes pour ce qu'elles permettaient de normaliser les contributions inégales des débits pendant les crues et les étiages et ainsi, de rendre possible leur comparaison. On se contente de faire le rapport entre la dérivée du jour $j0$ par la valeur du même jour qui est dérivée.

<i>Stations</i>	<i>der1-1</i>	<i>der1-2</i>	<i>der1-cv</i>	<i>der1-3</i>	<i>der1-4</i>
<i>Langa-Tabiki</i>	0.073	137.764	1887.178082	1.212	5.539
<i>Saut-Maripa</i>	-0.163	85.592	-525.1042945	1.077	10.391
<i>Maripasoula</i>	-0.072	59.887	-831.7638889	1.151	7.058
<i>Camopi</i>	0.044	68.208	1550.181818	0.734	9.249
<i>Antécum-Pata</i>	0.022	23.479	1067.227273	1.283	7.105
<i>Saut-Athanase</i>	0.019	29.817	1569.315789	0.854	3.862
<i>Saut-Sabbat</i>	-0.111	36.203	-326.1531532	0.714	6.248
<i>Pierrette</i>	0.013	25.038	1926	1.401	11.792
<i>Petit-Saut</i>	-0.01	44.604	-4460.4	0.534	9.179
<i>Degrad-Roche</i>	-0.011	21.647	-1967.909091	1.173	11.587
<i>Saut-Bief</i>	-0.039	20.441	-524.1282051	0.7	5.053
<i>Karouabo</i>	0.004	2.607	651.75	1.477	13.445

<i>Stations</i>	<i>der1rel-1</i>	<i>der1rel-2</i>	<i>der1rel-cv</i>	<i>der1rel-3</i>	<i>der1rel-4</i>
<i>Langa-Tabiki</i>	0.421	9.617	22.8432304	2.395	13.371
<i>Saut-Maripa</i>	0.462	10.254	22.19480519	2.326	15.029
<i>Maripasoula</i>	0.412	9.692	23.52427184	3.088	23.111
<i>Camopi</i>	0.692	12.317	17.79913295	2.348	14.068
<i>Antécum-Pata</i>	0.248	7.169	28.90725806	2.18	12.408
<i>Saut-Athanase</i>	0.579	11.423	19.72884283	1.878	6.569
<i>Saut-Sabbat</i>	0.74	13.352	18.04324324	2.962	25.787
<i>Pierrette</i>	0.701	12.715	18.13837375	2.507	14.416
<i>Petit-Saut</i>	1.311	17.712	13.51029748	2.472	13.913
<i>Degrad-Roche</i>	0.768	13.879	18.07161458	3.342	25.722
<i>Saut-Bief</i>	2.674	27.091	10.13126402	3.368	22.726
<i>Karouabo</i>	9.035	141.696	15.68301051	31.526	1146.779

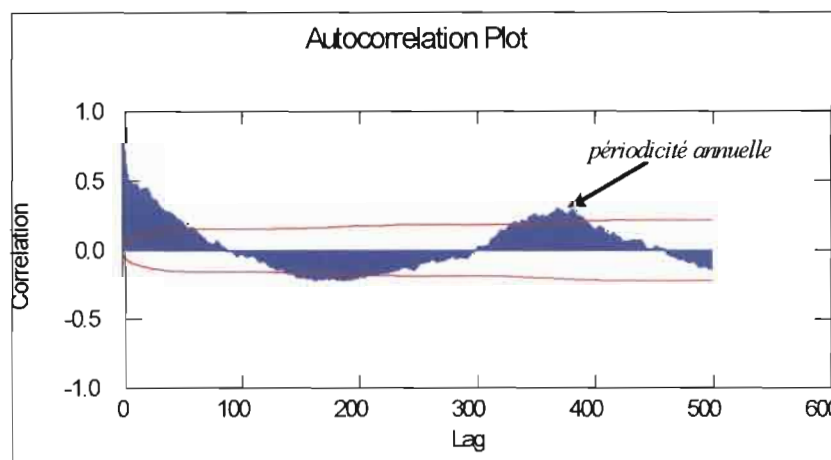
<i>Stations</i>	<i>der2-1</i>	<i>der2-2</i>	<i>der2-cv</i>	<i>der2-3</i>	<i>der2-4</i>
<i>Langa-Tabiki</i>	0.069	75.955	1100.797101	-0.34	6.192
<i>Saut-Maripa</i>	0.295	55.043	186.5864407	-1.038	12.452
<i>Maripasoula</i>	0.612	30.522	-49.87254902	-0.168	8.442
<i>Camopi</i>	-0.05	46.005	-920.1	-0.913	9.517
<i>Antécum-Pata</i>	0.08	12.52	156.5	-0.439	10.403
<i>Saut-Athanase</i>	-0.319	20.949	-65.67084639	-0.514	3.925
<i>Saut-Sabbat</i>	0.018	22.888	1271.555556	-0.281	6.459
<i>Pierrette</i>	-0.109	16.78	-153.9449541	-0.716	9.737
<i>Petit-Saut</i>	-0.171	32.212	-188.374269	-1.138	8.827
<i>Degrad-Roche</i>	-0.023	12.542	-545.3043478	-0.28	10.307
<i>Saut-Bief</i>	0.088	14.231	161.7159091	-0.471	4.386
<i>Karouabo</i>	0.001	2.09	2090	-1.82	14.004

Stations	der2rel-1	der2rel-2	der2rel-cv	der2rel-3	der2rel-4
Langu-Tabiki	-12,7	523,682	-41,23480315	-1,489	538,596
Saut-Maripa	-17,055	656,161	-38,47323366	3,127	290,161
Maripasonla	-8,882	512,857	-57,7411619	-12,808	795,066
Camopi	-26,716	1347,37	-50,43307381	-10,274	501,598
Antécum-Pata	-14,937	464,761	-31,11474861	-6,956	300,205
Saut-Athanase	-55,484	567,247	-10,22361401	-1,327	79,109
Saut-Sabbat	-24,706	695,169	-28,13765887	-2,302	190,904
Pierrette	-23,968	663,875	-27,69838952	2,532	190,177
Petit-Saut	-47,677	718,269	-15,06531451	-1,046	132,788
Degrad-Roche	-12,711	695,15	-54,68885218	-0,984	652,309
Saut-Bief	-33,222	1227,867	-36,95945458	-4,087	492,578
Karouabo	-4,671	1347,37	-288,4542924	9,115	389,425

Ces indicateurs sont les premiers à entrer dans la caractérisation hydrologique finale (On applique pour ces tableaux toujours la même notation : lorsqu'il ne s'agit pas du coefficient de variation cv , les chiffres des titres des colonnes indiquent l'ordre des moments de la distribution des indicateurs précédemment décrits).

2.2.4. Analyse fréquentielle

Des techniques « classiques » telles que la recherche de fortes valeurs d'autocorrélation au sein de chaque courbe ou de fréquences dominantes par analyse de Fourier devaient permettre d'améliorer cette description préliminaire¹⁹. La première méthode renseigne sur les corrélations possibles entre des débits enregistrés à différentes dates, chaque fois décalées d'une même durée. Comme l'indique la figure suivante, elle n'a pas porté ses fruits, confirmant tout au plus la corrélation entre les débits séparés d'une année ou d'un semestre.

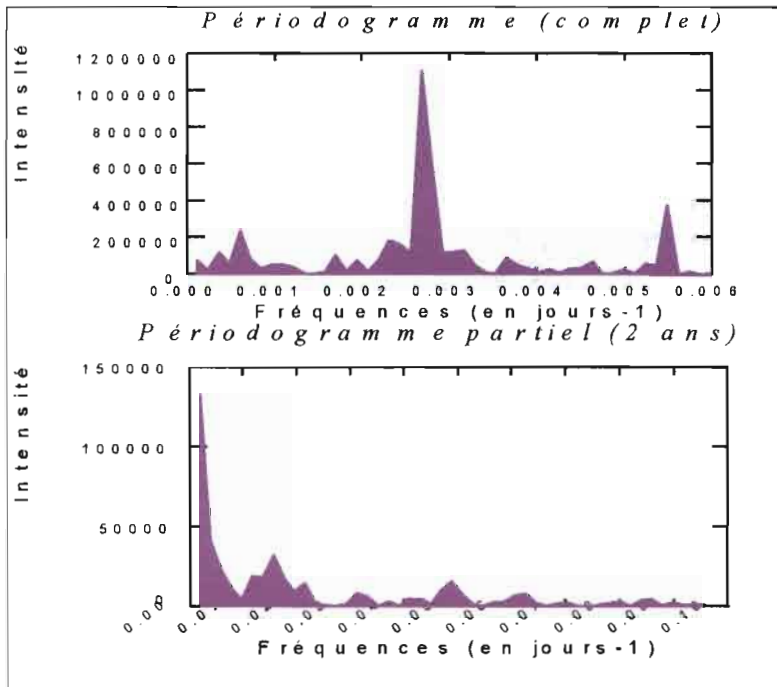


Indice sans unité (de 0 à 1) en fonction de la durée séparant deux débits corrélés.

Courbe d'autocorrélation de l'hydrogramme de la station Karouabo.

La deuxième méthode (Analyse de Fourier) décompose le signal hydrologique en une somme (théoriquement infinie) de fonctions périodiques. En pratique, on garde les périodes

majoritairement présentes dans le signal, qui renseignent souvent sur des phénomènes physiques périodiques sous-jacents²⁰. Là encore, malgré de nombreuses manipulations, aucune information pertinente n'a pu être extraite. On observe tout de même pour chaque cours d'eau une périodicité annuelle et, après découpages de la courbe, une autre légèrement inférieure au mois (de 21 à 28 jours) trahissant sans doute l'influence que l'on pensait négligeable de la marée.



Indice sans unité en fonction de la fréquence (en jours⁻¹) des 50 premières périodes des fonctions composant le signal.

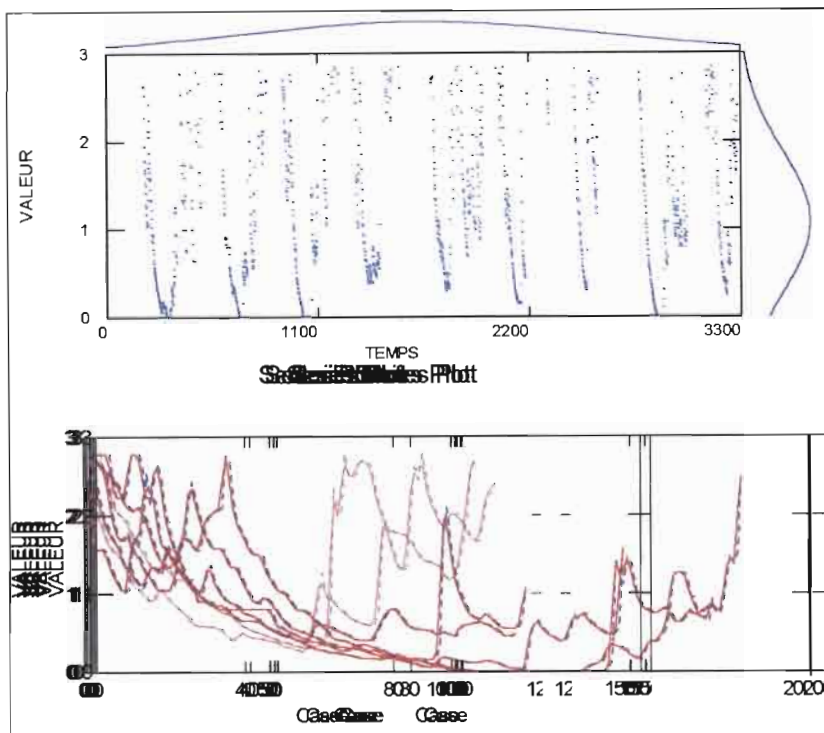
Périodogramme issu de l'analyse fréquentielle de Fourier de l'hydrogramme de la station Karouabo.

Fort de ces résultats négatifs, il était impératif de chercher une nouvelle méthode de caractérisation des variations de débits. Nous avons ainsi développé une approche pleinement novatrice basée sur la technique (décrite au chapitre suivant) des transformées en ondelettes.

2.2.5. Découpage de la courbe des débits

Les courbes de débit peuvent selon nous être appréhendées de deux façons distinctes : soit comme une courbe temporelle affublée de son sens physique (évolution dans le temps d'une quantité d'eau traversant une section choisie) comme nous venons de le faire, soit comme une succession de points sans signification *a priori*. Dans ce second cas, on peut chercher à caractériser les hydrogrammes par leur simple forme. C'est ce que nous avons tenté de faire en extrayant des « objets » hydrologiques (avec une signature bien définie) de la courbe initiale.

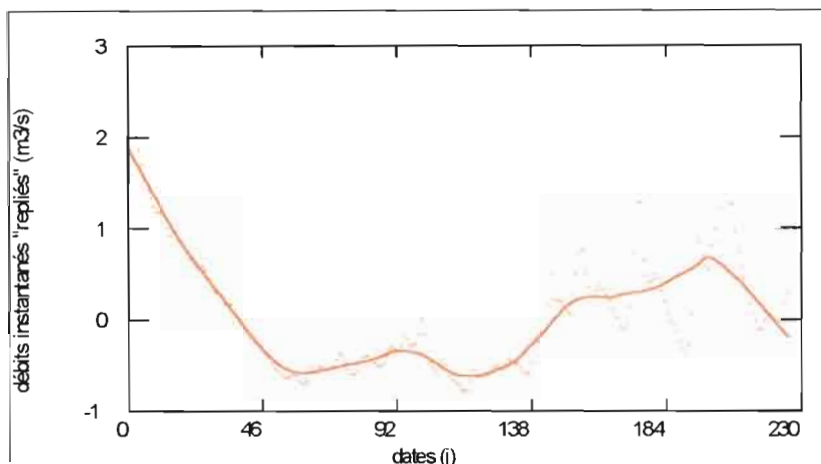
Nous avons ainsi cherché à découper la courbe en objets, dont les plus simples à première vue pouvaient être les crue et étiage annuels. Un exemple est montré sur la courbe de débit de la Karouabo enregistrée sur 9 années et dont on a gardé que les valeurs d'étiages standardisées (inférieurs à la médiane ici), *i.e.* ramenés à une moyenne nulle et un écart type égal à 1. La courbe est repliée manuellement. On observe une durée et une date de commencement variable à chaque nouvelle année.



Débits standardisés (moyenne = 0 ; écart type = 1) pour la comparaison, en fonction des jours de l'année ou de la période d'enregistrement.

Débits d'étiage de la Karouabo (coupés à la médiane) en fonction du temps (en jours). Seconde courbe identique, mais repliée manuellement.

Le résultat final est obtenu après moyennage et lissage (par les moindres carrés ici) de ces objets hydrologiques issus de différentes années. Une forme intéressante se détache, mais des variations importantes apparaissent au-delà du 140^{ème} jour. Ceci est clairement dû au découpage des objets (quel doit être le point 0 ? quelle durée exacte retenir ? etc.) qui introduit un biais sur la forme globale de l'étiage moyen.



Débits « d'étiage moyen » de la Karouabo en fonction du temps et moyenné sur les 9 années d'enregistrement.

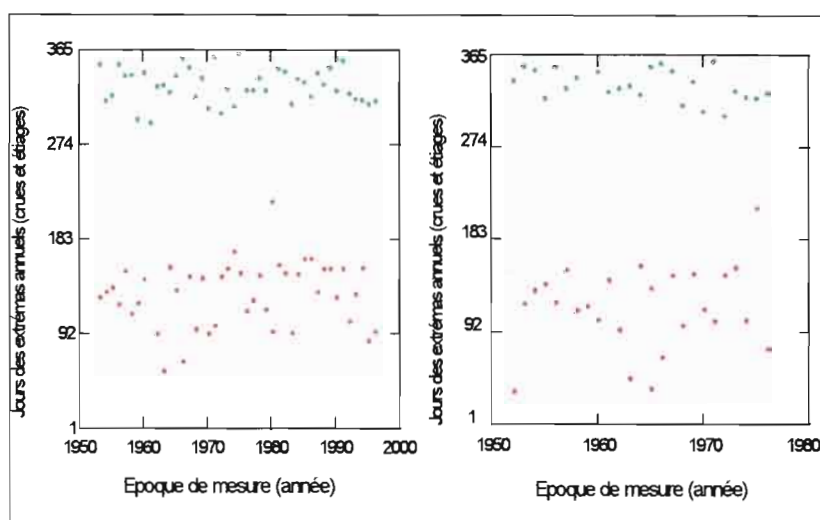
2.2.6. La forme des régimes

Nous n'avons pas réussi à découper de façon objective ces objets, dont la forme se révèle très dépendante du découpage et avons finalement décidé d'inverser les étapes de calcul. On commence par « replier » les hydrogrammes sur une année (périodicité dont on est sûr qu'elle a une réalité physique) et seulement après à les découper à l'aide de la médiane. On calcule enfin les moments de différents ordres qui décrivent les formes de la crue et l'étiage constituant cette courbe moyenne.

Stations	crue-1	crue-2	crue-cv	crue-3	crue-4	etiag-1	etiag-2	etiag-cv	etiag-3	etiag-4
Langa-Tabiki	70.95	80.34	1.13235	0.5746	-1.208	161.4	166.72	1.032962	0.1562	-1.807
Saut-Maripa	66.85	76.79	1.14869	0.6207	-1.142	158.52	163.1	1.028892	0.1536	-1.799
Maripasoula	67.28	77.34	1.14952	0.6171	-1.15	159.1	163.7	1.028913	0.1543	-1.797
Camopi	66.86	76.88	1.14987	0.6204	-1.142	158.51	163.09	1.028894	0.1534	-1.799
Antécum-Pata	66.2	76.53	1.15604	0.6291	-1.133	159.18	162.99	1.023935	0.1464	-1.797
Saut-Athanasie	62.83	74	1.17778	0.677	-1.071	155.56	160.54	1.032013	0.1721	-1.766
Saut-Sabbat	66.38	77.09	1.16134	0.6301	-1.143	159.99	163.84	1.024064	0.1509	-1.788
Pierrette	66.38	76.41	1.1511	0.6282	-1.131	157	162.44	1.03465	0.1655	-1.793
Petit-Saut	59.35	73.32	1.23538	0.4204	-1.008	156.05	162.22	1.039539	0.2184	-1.678
Degrad-Roche	66.25	76.47	1.15426	0.6297	-1.132	157.02	162.47	1.034709	0.1659	-1.792
Saut-Bief	53.15	67.05	1.26152	0.8333	-0.852	150.28	154.82	1.03021	0.2076	-1.667
Karouabo	52.43	68.43	1.30517	0.9028	-0.738	157.14	159.78	1.0168	0.2187	-1.584

2.2.7. Tendances pluriannuelles

Enfin, pour construire un dernier indicateur en conservant l'approche de manipulation de courbes de débits sans prendre en compte leur signification, on peut également répertorier les tendances pluriannuelles de variables telles que les dates de maxima ou de minima des débits.



Jour de l'année des extréma en fonction de l'année concernée.

Dates d'enregistrement des débits maximaux (rouge) et minimaux (vert) annuels des deux grands fleuves guyanais (Maroni et Oyapock).

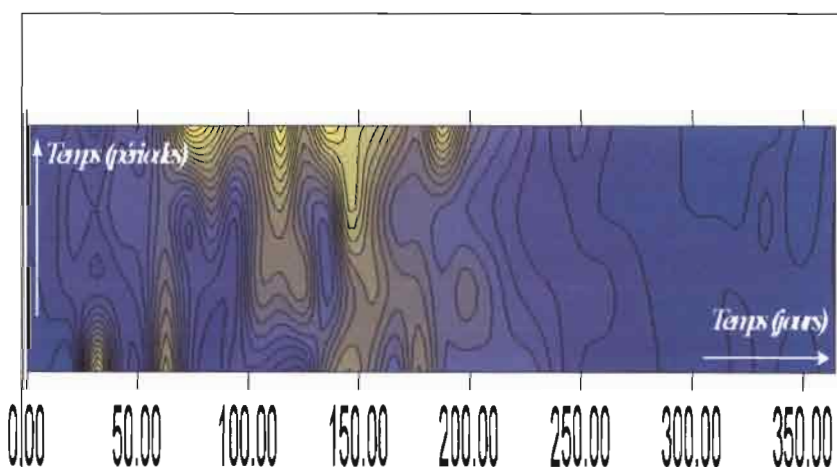
Ces diagrammes sont vraisemblablement chargés de nombreuses informations, mais leur combinaison rend très délicate l'observation de tendances pluriannuelles. C'est pourquoi nous avons mis au point une nouvelle technique de représentation des évolutions temporelle des débits (ou de toutes autres variables temporelles continue ou discrète d'ailleurs). Nous l'avons nommé MNH (Modèle Numérique Hydrologique) par analogie au MNT (Modèle Numérique de Terrain) qui se révèle un guide fructueux pour l'exploitation de cette méthode de visualisation. Celle-ci est décrite en détail dans la section suivante.

2.3. nouvelles approches

2.3.1. Le MNH

Comme nous l'avons vu, les indicateurs statistiques habituellement usités pour la caractérisation hydrologique d'un régime offrent un cadre intéressant quoique restreint pour notre étude. Nous avons développé deux méthodes complémentaires pour différencier les cours d'eau relativement semblables de la région guyanaise.

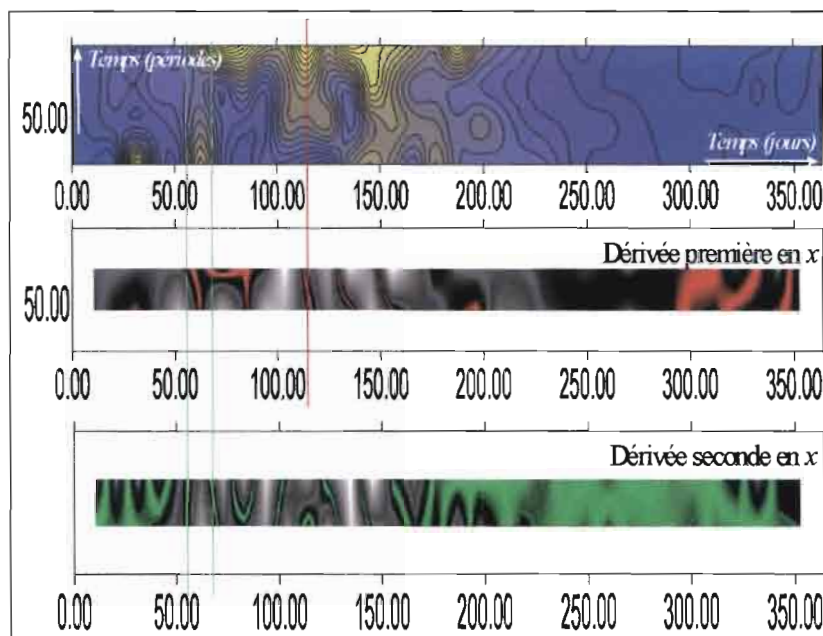
La première, le MNH, consiste en une nappe (*i.e.* une surface visualisée en 3D) construite à partir de l'hydrogramme. On découpe ce dernier selon sa période la plus marquée (l'année dans notre cas) et l'on dispose côte à côte les morceaux de courbes de débits obtenus. On les relie alors par interpolation (polynomiale exacte dans un premier temps), selon une nappe en 3D qui représente les débits selon l'axe z , le temps à la fréquence d'échantillonnage de la mesure selon l'axe des x , et le temps cette fois-ci par périodes successives selon l'axe des y . On doit donc « lire » la surface différemment selon la résolution temporelle choisie, *i.e.* selon l'angle de lecture avec les axes.



Débits en fonction des jours (en x) et des périodes (ici années, en y).

MNH de la station hydrologique de Camopi sur les 27 années d'enregistrement.

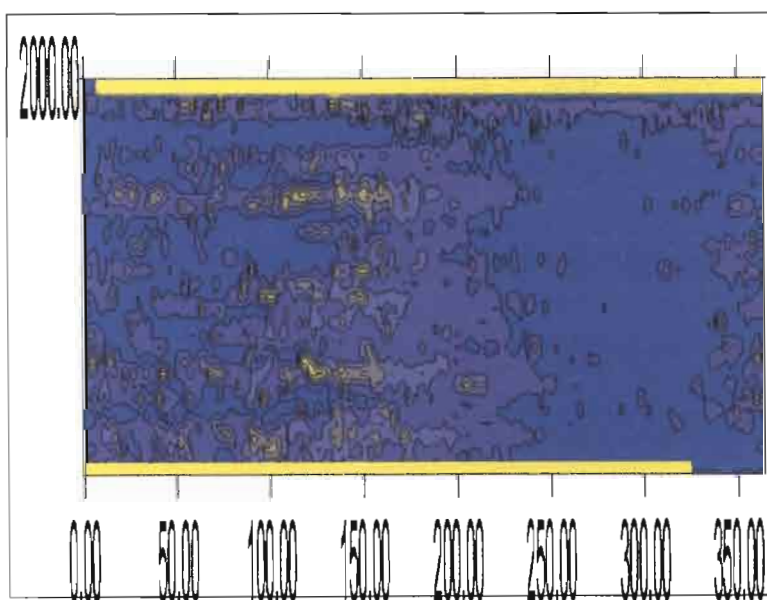
Avec le MNH, nous avons naturellement créé de nouveaux objets hydrologiques que sont les montagnes (en jaune) et les vallées (en bleu) qu'il contient. Les premières représentent les crues annuelles autant que leur perpétuation au fil des années. Les secondes montrent les étiages annuels qui perdurent ou disparaissent au fil des décennies.



Mêmes axes que le MNH. Les dérivées sont nulles lorsqu'elles sont colorées (en rouge et vert).

MNH et ses dérivées premières et secondes (selon l'axe des x) de la station hydrologique de Camopi sur les 27 années d'enregistrement.

Cette surface rend très aisée la déduction de tendances pluriannuelles, que l'on peut ultérieurement quantifier à l'aide des dérivées en 2D qu'elle sous-tend. La dérivée première s'annule au sommet des montagnes (donc au maximum des crues) et dans le creux des vallées (au minimum des étiages), tandis que la dérivée seconde qui s'annule aux points d'inflexion devrait permettre de découper astucieusement et surtout objectivement les objets précédemment décrits. Le MNH a beaucoup d'autres applications comme celle de déceler les absences ou erreurs de mesure des débits : la mise en eau du barrage de petit saut saute aux yeux sur son MNH, à l'instar des artefacts causés par l'absence de données de la station Saut sabbat.



Débits en fonction des jours (en x) et des périodes (ici années, en y).

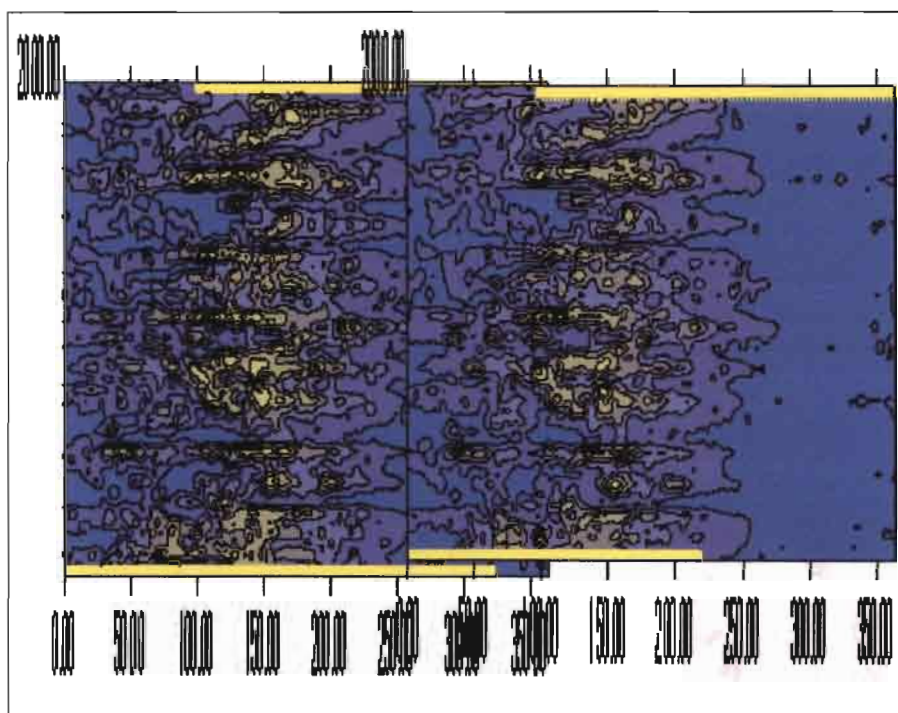
MNH de la station hydrologique de Petit saut (barrage sur la Sinnamary). La mise en eau du barrage dans les dernières années saute aux yeux : il n'y a pas de crue annuelle !

Malgré ses qualités, le MNH n'a pas rempli son rôle d'indicateur pour caractériser avec précision les différents cours d'eau de notre échantillon, et ce pour plusieurs raisons :

- D'abord, le MNH n'est pas un indicateur en soi et il aurait fallu se munir d'un arsenal mathématique pour exploiter des variables abritées par la nappe du MNH. Un travail est

actuellement en cours pour tenter d'exploiter dans ces moindres retranchements cette nouvelle notion.

- Le MNH s'est également révélé très dépendant des mailles et méthodes d'interpolation choisies pour relier les valeurs des débits dans l'espace (x, y, z) . Nous avons fait les choix les moins contraignants et les moins difficiles à justifier théoriquement : maille $[1 * 1]$ (*i.e.* les jours en x sont séparés de la même distance que les années en y) puis de $[7 * 7]$, tandis que l'interpolation polynomiale est exacte (*i.e.* passant par les points de la nappe).
- Ensuite et surtout, les MNH des différents cours d'eau de Guyane se ressemblent étrangement. Ils trahissent avec une précision inattendue les variations climatiques, pluviométriques à l'origine des débits. Ils ne nous ont donc pas permis de différencier les cours d'eau et de leur associer des caractéristiques flagrantes.

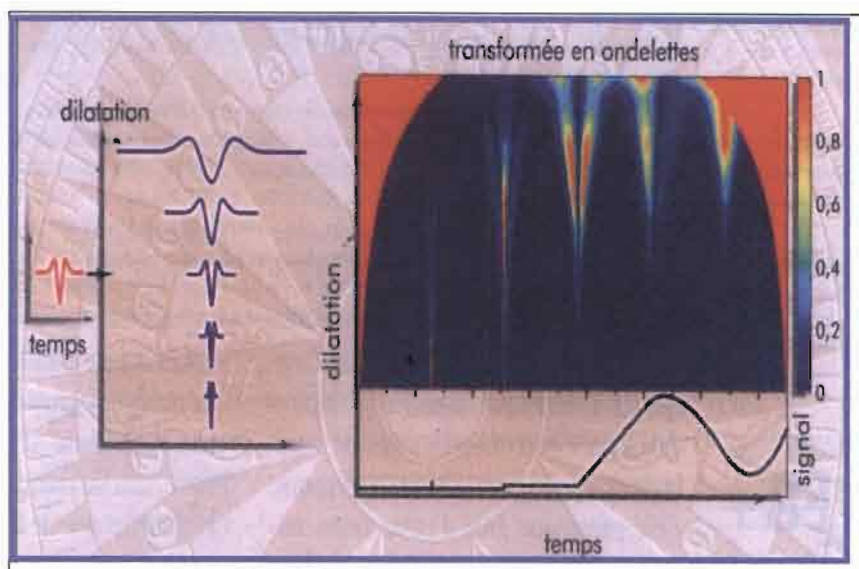


Débits en fonction des jours (en x) et des périodes (ici années de 1951 à 1999, en y , sont superposées pour les 2 graphes).

Comparaison des MNH des stations des grands fleuves frontières de Guyane : on identifie les objets hydrologiques deux à deux.

2.3.2. les ondelettes

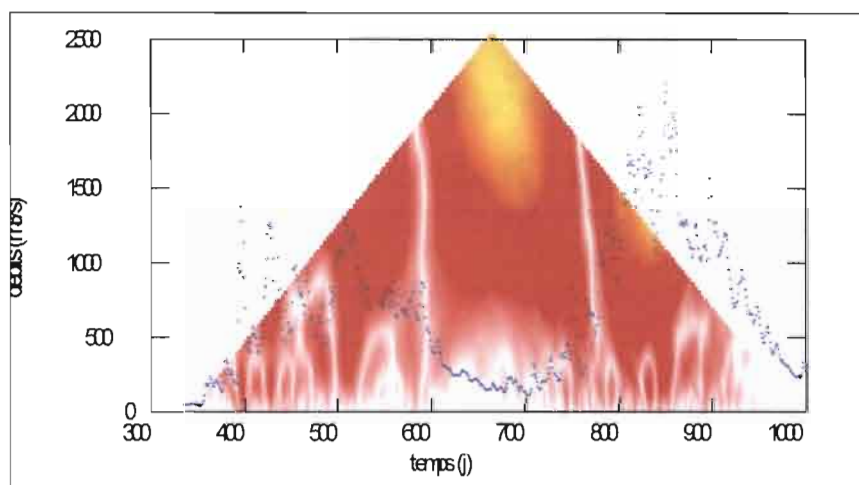
La seconde méthode novatrice que nous avons développée utilise la transformation en ondelettes des courbes de débits, pour palier les déficiences des analyses fréquentielles standards. Elle s'appuie sur les mêmes bases mathématiques que la décomposition en série de Fourier et cherche des corrélations entre le signal (l'hydrogramme pour nous) et une famille de courbes²¹. Ces dernières sont toutes de formes identiques, mais plus ou moins dilatées. C'est en jouant sur ce facteur de dilatation que l'on peut examiner les variations courtes ou plus étendues du signal. La transformée en ondelettes est une sorte de zoom mathématique²² !



« L'ondelette mère » est en rouge à gauche, son coefficient de dilatation croît selon l'axe y , l'axe x représente le temps, tandis que les couleurs indiquent l'intensité de la corrélation (de 0 à 1).

Principe de la transformation en ondelettes d'un signal (ici sismologique).

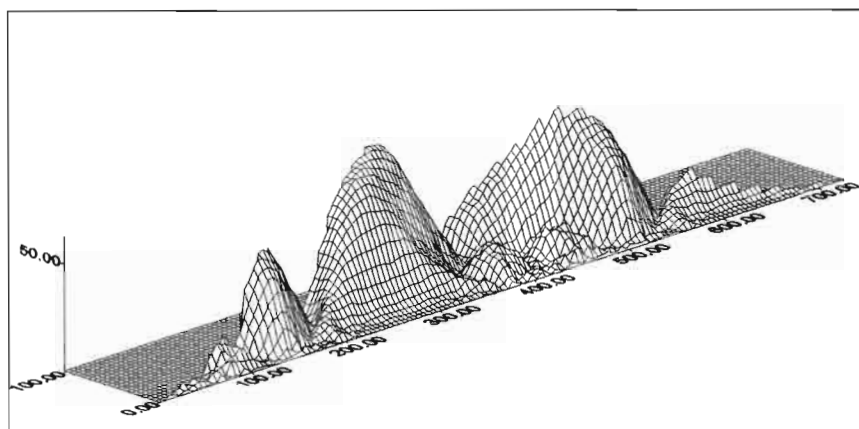
Comme on le devine sur l'exemple ci-dessus, la distribution des coefficients d'ondelettes (qui traduisent l'intensité de la corrélation entre une ondelette à dilatation fixée et le signal) permet d'identifier autant que de caractériser les accidents du signal temporel. Le dernier accident par exemple n'est pas détectable initialement sur la courbe. Nous avons ainsi eu l'idée de dresser des cartes de coefficients en ondelettes pour tous les cours d'eau guyanais et d'étudier leurs différences. Il nous a fallu pour ce faire, choisir une ondelette mère (le « chapeau mexicain », l'un des plus simples à manipuler) et programmer la recherche de corrélations (sous Visual Basic 6.0²³)²¹.



La carte des coefficients en ondelette en arrière plan (forte corrélation en jaune, faible en blanc). Les débits transformés sont en sur-épaisseur en bleu.

Décomposition en ondelettes d'un an et demi de débits de la Karouabo.

Nous avons commencé par replier les hydrogrammes de chaque station sur un an pour garder toute l'information sous-jacente, mais lisser les variations temporelles. Nous l'avons ensuite dédoublée pour tenir compte du fait que les variations qui vont réellement différencier les régimes entre eux seront concentrées dans la crue, qui est souvent à cheval sur deux années.



Autre représentation de la carte des coefficients en ondelettes. On distingue nettement les 2 bosses centrales caractérisant chaque bassin versant.

Calculée sur cette courbe moyenne, on retrouve dans la carte des coefficients une succession de fortes corrélations à longues échelles temporelles au moment des étiages annuels (ces derniers sont en effet suffisamment lisses pour ressortir ainsi, en jaune) et de faibles corrélations à courtes échelles temporelles au moment des crues annuelles (elles sont très torturées, en blanc). Ces représentations laissent espérer que l'on pourra dissocier les caractéristiques propres à chaque cours d'eau.

On peut faire une analyse de ces cartes à deux échelles : l'une globale (renseignant sur l'ensemble du profil des débits) en estimant les indicateurs statistiques standards de la distribution des coefficients, l'autre « zoomée » sur la partie localement variable (les deux bosses au premier plan de la deuxième représentation). La première est suffisante pour notre étude. Nous avons adjoint aux calculs des moments d'ordre 1 et 2, au coefficient de variation et au débatement de l'histogramme (maximum – minimum), une estimation de la surface et du volume (seuls et spécifiques, *i.e.* ramenés à la même surface) de la nappe sur la même durée. Les résultats sont consignés dans ce tableau.

Stations	ond-1	ond-2	ond-cv	ond-range	ond-surf	ond-vol	ond-surf-spe	ond-vol-spe
Langa-Tabiki	3799	4540	1.19505133	17160	6410000	146000000	1687.28613	38431.1661
Saut-Maripa	1854	2217	1.19579288	8382	3076000	71300000	1659.11543	38457.3894
Maripasoula	1695	2030	1.19764012	7706	2860000	65200000	1687.31563	38466.0767
Camopi	1210	1429	1.18099174	5402	2000000	46500000	1652.89256	38429.7521
Antécum-Pata	702	835	1.18945869	3207	1191000	27000000	1696.5812	38461.5385
Saut-Athanase	494	572	1.15789474	2191	903189	18900000	1828.31781	38259.1093
Saut-Sabbat	544	641	1.17830882	2417	998504	20900000	1835.48529	38419.1176
Pierrette	382	456	1.19371728	1729	685425	14700000	1794.30628	38481.6754
Petit-Saut	325	371	1.14153846	1419	661303	12500000	2034.77846	38461.5385
Degrad-Roche	416	494	1.1875	1876	713503	16000000	1715.15144	38461.5385
Saut-Bief	184	208	1.13043478	807	362329	7070000	1969.17935	38423.913
Karouabo	15	16	1.06666667	62	52011	582200	3467.4	38813.3333

A un examen attentif, ces indicateurs semblent se comporter de la même manière que les débits (décroissance régulière avec l'importance des bassins) et l'on s'attend à une certaine redondance

entre eux. Ce fait sera confirmé au dernier chapitre, dans lequel on ne pourra pas exploiter directement les valeurs de ce tableau. Il faut ici raisonner en relatif (et non en absolu), ce qu'autorise les couleurs des cartes de coefficients. On note plusieurs particularités :

- Plus les bassins sont étendus et plus les cartes sont lisses (couleurs uniformes, sans dédoublement des « ponts » de couleurs comme pour la Karouabo ou Petit-saut). Il est donc heureux de retrouver leur caractère intégrateur. Ceci mériterait d'être confirmé pour une même période d'enregistrement des débits.
- On retrouve également leur temps de réponse par la position de la transition (blanche) à grande échelle temporelle entre les saisons de crue et d'étiage. Outre le fait d'apporter confirmation à ce fait connu, ces cartes peuvent être un moyen pratique de quantifier le phénomène.
- On observe une « dérive » de la transition (blanche) vers la droite à mesure que l'on va vers les petites échelles temporelles pour les fleuves de l'Ouest de la Guyane (reciproquement vers la gauche pour les fleuves de l'Est). Ceci peut certainement s'expliquer par les tendances pluviométriques de la région et demande à être vérifié.

La Comté, ainsi que les autres petits bassins, se démarquent là encore.

2.3.3. Sensibilité à l'échelle

Nous avons brièvement estimé la sensibilité des indicateurs hydrologiques que nous avons identifiés à l'échelle temporelle. On se doute de leur grande dépendance à l'échelle. Nous avons simplement moyenné les valeurs quotidiennes de la courbe de débit la plus longue (Station de Langata biki) sur le mois. Les variables statistiques s'en trouvent généralement fortement modifiées et on observe des variations presque toutes supérieures à $\pm 100\%$. Tous sont donc très sensibles, mais l'information est trop précieuse pour s'en défaire. L'échelle intermédiaire qui moyenne les valeurs sur la journée est celle retenue.

Langata	débit	der1-1	der1-2	der1-cv	der1-3	der1-4	der1rel-1	der1rel-2	der1rel-cv
journalier	1798	0.073	137.76	1887.2	1.212	5.539	0.421	9.617	22.843
mensuel	1689	2.549	668.84	262.39	0.1	-0.372	20.554	89.661	4.3622
variation	6.255	-188.9	-131.7	151.2	169.5	228.8	-192	-161.3	135.9
Langata	der1rel-3	der1rel-4	der2-1	der2-2	der2-cv	der2-3	der2-4	der2rel-1	der2rel-2
journalier	2.395	13.371	0.069	75.955	1100.8	-0.34	6.192	-12.7	523.68
mensuel	2.926	13.033	-0.798	460.26	-576.8	0.998	0.691	33.233	888.27
variation	-19.96	2.56	-237.9	-143.3	640.2	-406.7	159.8	-447.4	-51.64
Langata	der2rel-cv	der2rel-3	der2rel-4	ond-1	ond-2	ond-cv	ond-range	ond-surf	ond-vol
journalier	#REF!	-1.489	538.6	3799	4540	1.1951	17160	6E+06	1E+08
mensuel	#REF!	8.209	98.216	696.11	631.88	0.9077	2197.2	13621	17056
variation	#REF!	-288.6	138.3	138.1	151.1	27.33	154.6	199.2	200

2.4. Bilan

En conclusion pour la composante hydrologique de ce projet, nous disposons de 4 groupes d'indicateurs, nommément : ceux concernant les dérivées premières et secondes des débits, ceux caractérisant la forme de l'hydrogramme moyen annuel (crue et étiage), ceux ayant trait aux cartes de coefficients en ondelettes obtenus à partir des mêmes régimes. Nous avons écarté les études fréquentielles « standards » ainsi que le MNH, qui se révèlent intéressants dans un autre contexte que le notre.

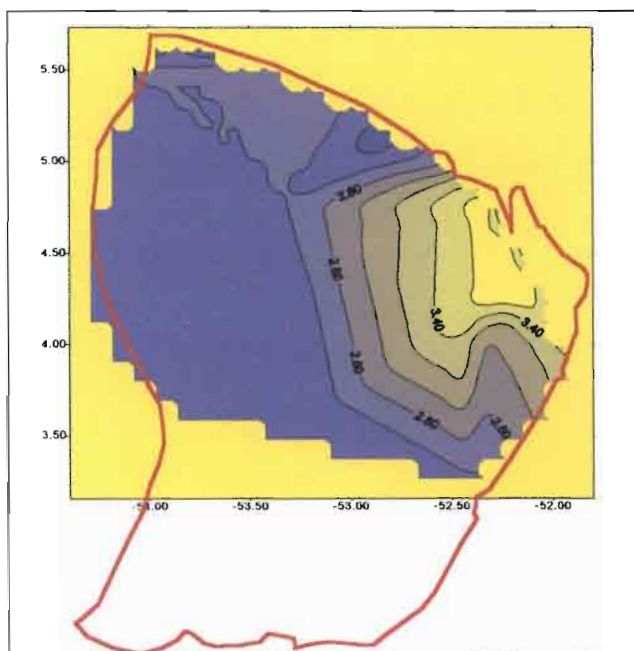
A ce stade, nous ne départageons pas encore les plus pertinents d'entre eux. Nous attendrons de disposer des indicateurs dits « morphologiques » pour trancher, puis classer les bassins versants ainsi caractérisés.

3. Description morphologique

3.1. les données

3.1.1. La distribution pluviométrique

Avant de décrire le réseau hydrographique examinons la carte pluviométrique de la Guyane. Celle-ci a été élaborée à partir des enregistrements d'une vingtaine de stations Météo France, essentiellement disséminées le long du littoral. Nous touchons ici du doigt la difficulté à se procurer des informations de quelque nature que ce soit sur les zones reculées du département. Ces données nous renseignent toutefois avec une précision variable sur la distribution spatiale des pluies. On observe un gradient pluviométrique de l'intérieur du continent à la côte, de 2.5 à 4m par an (sur la période de synthèse : 1961 – 1990), avec un maximum centré sur les montagnes de Kaw.



↑ Nord géographique. Coordonnées en latitudes / longitudes (degrés décimaux).

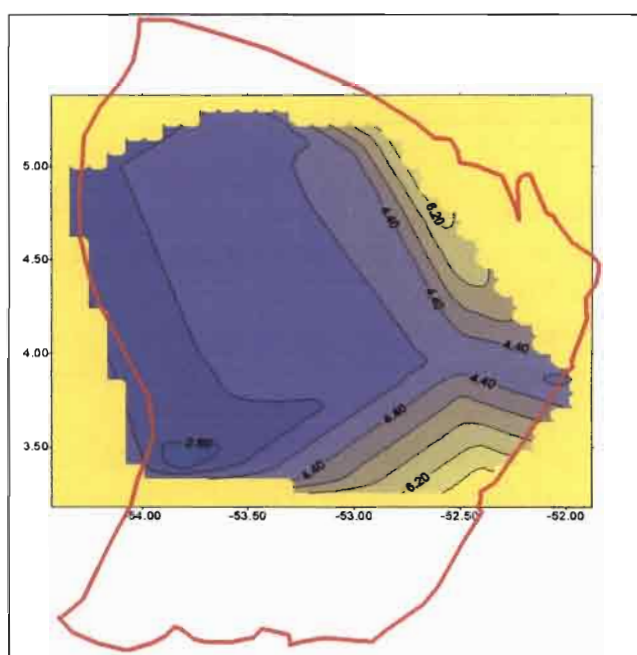
Carte des isohyètes de la Guyane d'après des données Météo France enregistrées entre 1961 et 1990. On note l'absence de données sur la moitié sud du département.

Pour l'étude qui nous concerne, on notera la grande homogénéité des pluies sur l'ensemble des bassins versants étudiés⁶ (à moins que cela ne soit un biais de mesure). A l'exception des relativement petits bassins de l'Approuague et de la Comté, les stations hydrologiques sont suffisamment éloignées de la côte pour que leur bassin versant ne subisse pas ce gradient pluviométrique et soit arrosé en moyenne par la même quantité. Précisons que, sauf mention de notre part, les cartes de ce rapport sont présentées après interpolation polynomiale exacte (*i.e.* utilisant un polynôme qui passe par les points de mesure à interpoler)²⁴.

3.1.2. La distribution hydrométrique

Nous avons dressé la carte des débits moyens spécifiques (*i.e.* ramenés à une même surface de bassin versant) des fleuves étudiés pour appréhender la répartition spatiale de l'abondance des cours d'eau. Elle suit d'assez près la distribution des pluies en Guyane, exception faite de la station de Camopi qui peut être à l'origine d'un biais dans la partie sud-est (pour des raisons déjà évoquées). On peut s'en convaincre en prêtant à cette station un débit spécifique égal à la moyenne des autres et en retrouvant dès lors la même distribution que la carte pluviométrique.

Cette seconde carte est une façon rapide de confirmer l'homogénéité du comportement hydrologique des sols en Guyane, connus pour être une simple couche de latérite sur une cuirasse ferrallitique²⁵. La majorité des eaux de pluie se retrouvent ainsi tôt ou tard dans les écoulements de surface et le rôle de réservoir du sous-sol semble réduit (excepté dans certaines arènes)⁶. Ce point a son importance plus loin, lorsque nous discuterons le choix des indicateurs spatiaux.



↑ Nord géographique. Coordonnées en latitudes / longitudes (degrés décimaux).

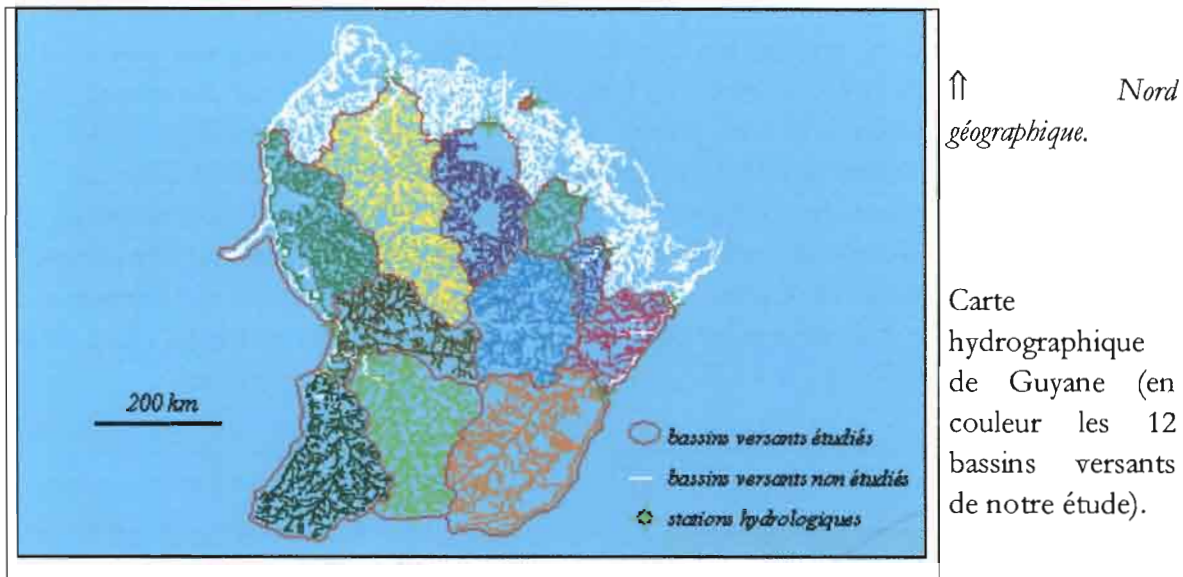
Carte des débits spécifiques de la Guyane rendant compte de la distribution spatiale de l'abondance des cours d'eau. La station de Camopi, mal étalonnée, biaise la partie sud-est.

La composante physio-géographique des bassins versants renvoie aux paramètres des réseaux hydrographiques que l'on espère extraire des données de télédétection. Le réseau hydrographique doit synthétiser à sa manière les contraintes environnementales du bassin versant, notamment : sa géologie, sa pédologie, sa topographie ou encore sa végétation²⁶. Une première étape consiste à extraire le réseau hydrographique des images à notre disposition. Une partie du réseau hydrographique guyanais (à basse résolution) a déjà été numérisé et a servi de base à ce travail.

3.1.3. Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la Guyane est d'une grande densité qui s'explique surtout par l'absence de relief marqué. Ce dernier excède rarement 400m d'altitude dans le département et contraint donc les cours d'eau à se former là où tombe la pluie, puis à « sinuer » naturellement jusqu'au littoral. Les stations hydrologiques de notre échantillon ont été placées à une distance importante de la côte pour s'abstraire de l'influence de la marée. Elles nous définissent des

bassins versants (zone collectrice en amont du point de mesure) plutôt allongés, qui se jouxtent et couvrent plus de 90% du territoire.



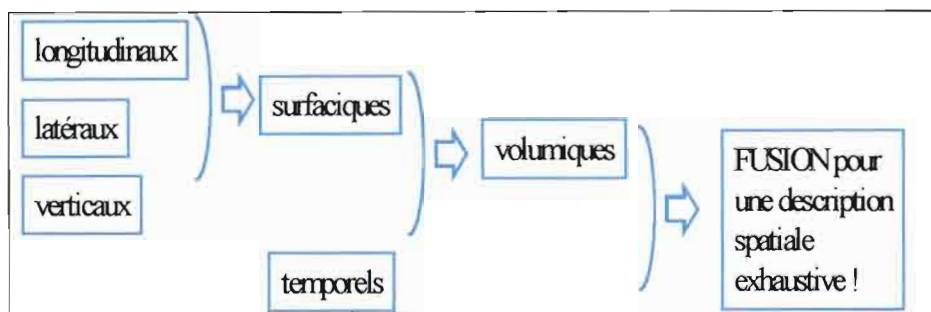
Nous avons volontairement ôté de notre examen le bassin de la Sinnamary qui accueille le barrage et ne peut donc être comparé aux autres dans sa morphologie. Nous ne disposons que des réseaux hydrographiques des bassins versants de Guyane, ce qui est contraignant pour les bassins des grands fleuves frontières (dont respectivement 56% et 50,8% sont au Surinam et au Brésil). Nous verrons dans le paragraphe dédié à leur analyse texturale comment contourner cette difficulté.

Entre autre difficulté, il est important de mentionner qu'il n'existe pas à ce jour de MNT (Modèle Numérique de Terrain²⁷) sur la Guyane. Ce manque sera discuté dans le paragraphe traitant des limites de l'étude.

3.2. Description standard

3.2.1. Les indicateurs morphologiques

Comme pour le chapitre précédent, il était crucial d'adopter la logique la plus rigoureuse et la plus exhaustive possible dans le choix des indicateurs morphologiques (dits aussi : « spatiaux ») qui allaient décrire les bassins versants. L'approche de cette composante purement spatiale de l'étude nous a suggéré de regrouper ses indicateurs par dimensions. Seront longitudinaux ceux qui sont calculés « le long du fleuve », latéraux ceux estimés en « regardant perpendiculairement au fleuve », etc.²⁸



Logique du choix des indicateurs spatio-morphologiques de notre étude.

A cette première liste, il est possible d'ajouter toutes les combinaisons imaginables entre ces indicateurs de base, ainsi que leur évolution temporelle si la région d'étude change rapidement (par exemple sous la pression anthropique). Nous ne sommes pas allés aussi loin : les combinaisons se prêtent plutôt aux études locales des bassins, bassins qui en Guyane évoluent bien plus lentement que l'échelle temporelle d'examen.

Le tableau ci-dessous donne une liste non exhaustive des indicateurs de base (dont certains complètement nouveaux) que nous aurions pu retenir pour ce projet. Ne pouvant matériellement pas tous les tester, nous n'avons retenu que des indicateurs longitudinaux et surfaciques. En effet, le relief inexistant de la Guyane réduit l'intérêt de ceux verticaux, tandis que l'uniformité du terrain (sol + végétation) qui compose le bassin rend l'étude de gradients latéraux peu pertinente⁶. Ces derniers auraient en plus nécessités de nombreuses images satellitales haute résolution que nous n'avions pas.

Longitudinaux	Latéraux	Surfaciques	Verticaux, Volumiques
• Longueurs • Courbures • Directions • Parallélisme • Angles de confluence • Taux de bifurcations • Valeurs hiérarchiques • Nb de sauts • Fractalité ...	- Distance au cours d'eau ou pourcentage de : • Végétation ripicole • Cultures • Autres zones anthropisées • Textures • Largeur du cours d'eau principal ...	• Combinaisons des précédents • Densité et fréquences des points et des confluences • Surface BV en amont d'un point • Surfaces d'inondation et de cultures • Pentes et expositions 2D • Fractalité ...	• Coupe du talveg et de la végétation • Volume en amont d'un point • Fractalité ...

Certains indicateurs spatiaux étaient autant incontournables que simples à concevoir. C'est le cas de la longueur (indicateur longitudinal) des bras de cours d'eau et de la densité du réseau hydrographique (surfacique)²⁹. Un bras de rivière est sa partie coincée entre une source et une confluence ou entre deux confluences. Pour chacun d'eux le résultat du calcul se présente comme une carte des valeurs d'indicateurs directement superposable à celle du bassin. On l'obtient en interpolant « prudemment » les valeurs estimées en certains point du réseau (nous y reviendrons)²².

Nous avons également testé des indicateurs plus complexes, tels que ceux qui trahissent la hiérarchie du réseau hydrographique ou la distribution de sa surface collectrice. Ces derniers

auraient nécessité plus de temps pour être parfaitement mis au point et ne se sont pas révélés assez pertinents pour cette composante du projet.

3.2.2. *Traitement préliminaire*

Les premières étapes donnant accès à ces indicateurs sont génériques. Le réseau hydrographique à notre disposition était sous forme vecteur (*i.e.* constitué d'un ensemble de figures géométriques de base, impossible à manipuler pour nos calculs). Il nous a fallu rastériser les différents bassins versants (*i.e.* les transformer en une succession de pixels noirs sur fond blanc disposés à reproduire la forme des cours d'eau³⁰). La taille de ces pixels représente d'ailleurs la résolution à laquelle le fleuve est vu. Nous l'avons choisi à l'échelle intermédiaire de 100m dans un premier temps.

Cette rastérisation est laborieuse et suppose de passer par différents formats de fichiers (qui plus est, pour chaque bassin) afin de garder le contrôle de la forme du réseau initial. L'étape suivante consiste d'ailleurs à « nettoyer » le réseau obtenu de sorte à éviter l'accrétion de points ou le dédoublement de bras de cours d'eau. C'est encore plus fastidieux, notamment parce qu'il n'est pas possible de nettoyer sans règles précises. Sans rentrer dans les détails, nous nous sommes imposés de déformer le moins possible la représentation initiale.

Les fichiers sont à présents prêts à être manipulés, il faut programmer (encore sous Visual Basic 6.0²³) les algorithmes qui permettent de parcourir le réseau. Nous n'avons pas de MNT disponible rappelons-le et ne pouvons donc pas utiliser les techniques habituelles qui reposent sur la « descente du terrain » selon la plus grande pente (comme le fait l'eau²⁹). Il nous a fallu affiner les programmes existants pour éviter notamment de revenir en arrière et être sûr de ne pas omettre de bras.

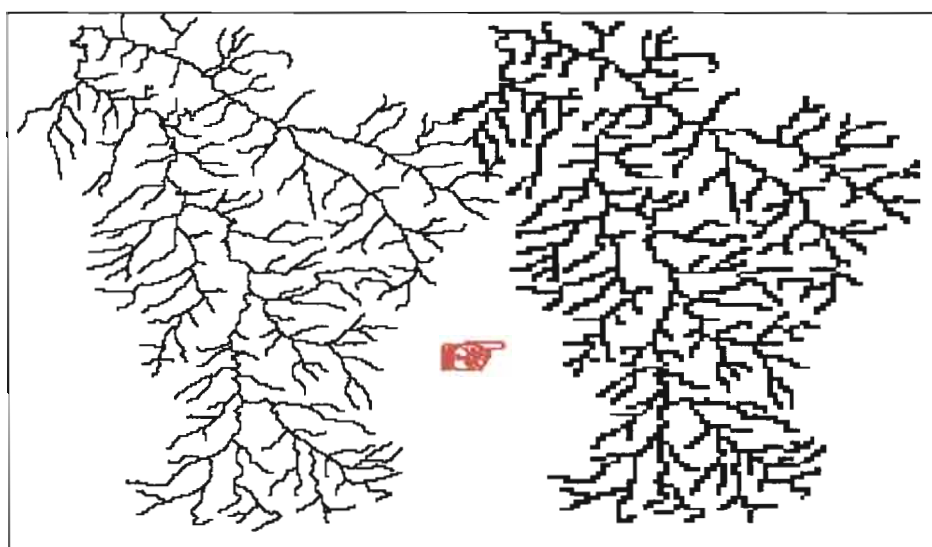
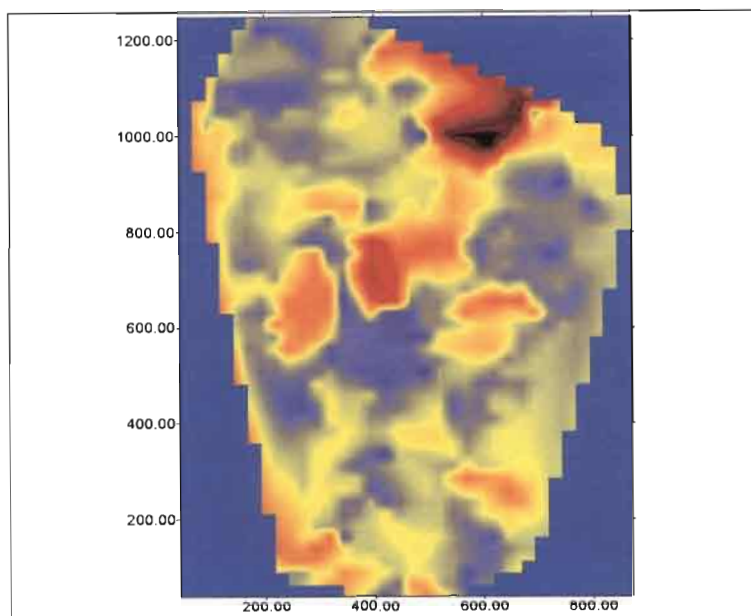


Illustration grossière du passage d'un fichier vecteur à un fichier raster (station Dégrad Roche). On note la taille des pixels finalement obtenus.

3.2.3. *Les longueurs*

Pour la carte des longueurs des bras de cours d'eau, on attribue comme longueur à chaque pixel du réseau hydrographique, le nombre de pixels de son bras. Cette définition de la longueur n'est possible que parce l'on moyenne dans toutes les directions du plan les erreurs causées par la forme carrée des pixels : sur un bras isolé, 5 pixels placés horizontalement ou en diagonale

n'auront pas la même longueur. Ces valeurs de l'indicateur, placées à des endroits précis (en données cartographiques, unité 100m) peuvent ensuite être interpolées et former une surface visualisable en 3D, ou en 2D à l'aide d'une échelle de couleur.



↑ Nord géographique. La carte est en coordonnées cartographiques (unité de 100m). L'échelle des couleurs est bleue/jaune/rouge/noir.

Carte des longueurs du bassin versant de la station Degrad-Roche (représentée juste au-dessus).

Une telle carte est elle aussi exploitable de 2 façons : soit localement en interprétant les fluctuations observées en un endroit comme l'influence combinée de facteurs tels que le relief ou la pédologie, soit globalement en examinant comme nous l'avons fait pour la carte en ondelettes la distribution de leurs valeurs sur l'ensemble du bassin décrit. La première démarche sort du cadre de cette étude ; nous avons retenu la seconde. Le tableau suivant résume les calculs pour ce premier paramètre, qui ne nécessite pas d'interpolation (les valeurs brutes sont utilisées).

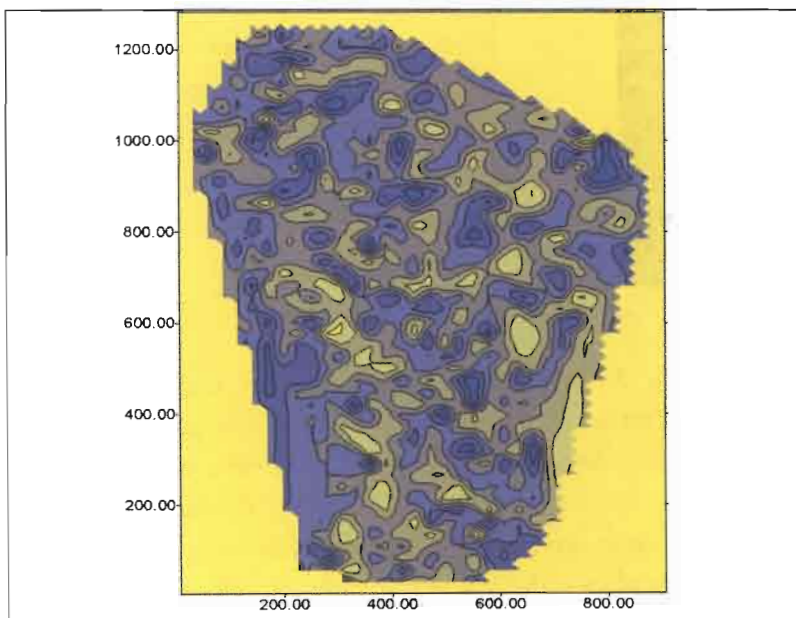
Stations	long-1	long-2	long-cv	long-3	long-4
Langa-Tabiki	112.747	69.923	0.620176147	222.5	233.64
Saut-Maripa	149.459	12.661	0.084712195	191.23	240.76
Maripasoula	85.094	50.235	0.590347146	1.369	3.192
Camopi	151.206	122.396	0.809465233	130.62	20.96
Antécum-Pata	107.293	64.888	0.604773844	105.18	94.21
Saut-Athanase	112.937	63.569	0.562871335	65.81	33.09
Saut-Sabbat	95.088	52.793	0.555201498	88.85	73.22
Pierrette	119.304	64.35	0.539378395	54.5	25.14
Petit-Saut					
Degrad-Roche	111.578	63.185	0.566285468	108.11	149.84
Saut-Bief	270.797	170.834	0.630856324	66.105	16.79
Karouabo	55.308	2.015	0.036432343	-0.331	-2.055

La longueur moyenne des bras de cours d'eau est de $10,5 \pm 7,3$ km avec un maximum à 27 km pour le bassin atypique de la Comté. Ce dernier semble en effet uniformément plat, même si d'autres bassins peuvent localement présenter un tel caractère (et dont les effets sont moyennés

avec d'autres zones au relief accentué). Cet indicateur apparaît, comme on pouvait s'y attendre très corrélé au relief.

3.2.4. Les densités

Partant des mêmes fichiers raster, nous avons localement estimé la densité du réseau hydrographique en attribuant à chaque pixel le nombre de ses voisins appartenant au réseau dans une fenêtre de taille constante. Après plusieurs tests, nous avons choisi une fenêtre circulaire de rayon 40 pixels, taille intermédiaire ne favorisant pas les petits ou grands bassins versants et permettant de recueillir suffisamment de points dans les zones peu denses²⁹. Plus loin, nous discutons l'influence de cette taille.



↑ Nord géographique. La carte est en coordonnées cartographiques (unité de 100m).

Carte des densités du bassin versant de la station Degrad-Roche. On note son hétérogénéité.

Pour l'interprétation finale, nous avons modifié la visualisation de la carte finale (avec la même méthode d'interpolation) et avons estimé de la même manière les variables statistiques décrivant la distribution des valeurs sur tout le bassin. Les variations sont significatives et renseignent efficacement sur le réseau de nos cours d'eau.

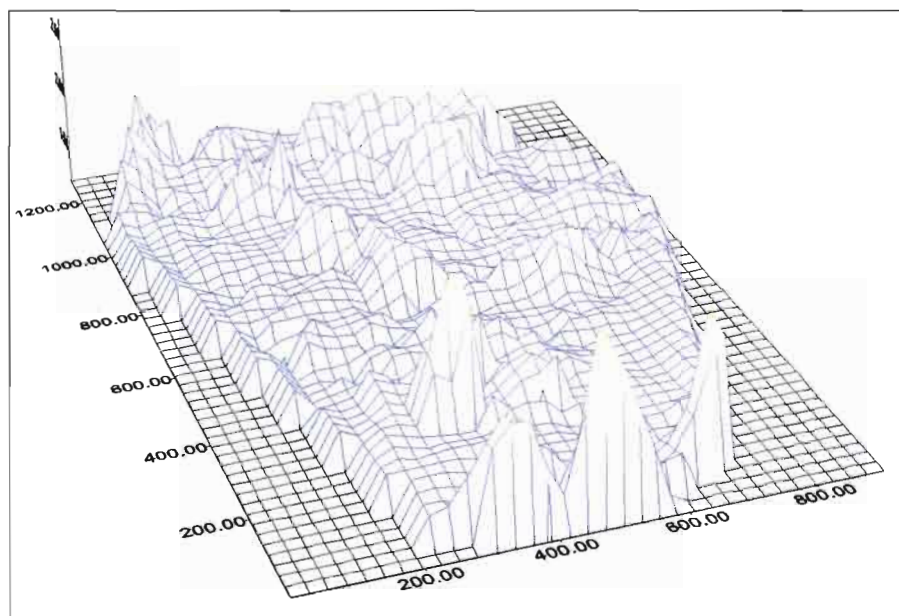
Stations	dens-1	dens-2	dens-cv	dens-3	dens-4
Langa-Tabiki	202.93	59.643	0.29391357	0.13	-0.33
Saut-Maripa	178.96	58.401	0.32633732	0.331	0.072
Maripasoula	201.33	57.698	0.28659133	0.185	-0.067
Camopi	173.75	52.194	0.30040058	0.183	-0.065
Antécum-Pata	201.66	54.065	0.26809977	0.092	-0.384
Saut-Athanase	194.95	71.106	0.36473406	0.425	-0.172
Saut-Sabbat	213.54	64.333	0.30127614	0.138	0.185
Pierrette	198.32	65.801	0.33179373	0.395	0.017
Petit-Saut					
Degrad-Roche	184.13	53.624	0.2912306	0.017	-0.395
Saut-Bief	128.01	43.518	0.33994719	0.265	-0.585

La densité moyenne sur la Guyane est de 201 ± 63 points, soit 38 ± 1.2 points par km^2 . Contrairement aux longueurs, on observe une faible dispersion (quoique cohérente avec les autres indicateurs) de ces valeurs entre les bassins versants. Une augmentation et baisse locale caractérise respectivement les bassins de la haute Mana et de la Comté.

3.2.5. Les courbures et sinuosités

Une autre information nous a semblé indispensable à l'analyse morphologique de nos bassins versants : celle qui prend en compte les courbures ou sinuosités des cours d'eau qu'ils abritent³¹. Ces deux indicateurs n'ont pas la même signification *a priori*. Le premier est une information très locale (qui peut-être spatialisée à l'instar des précédentes) sur la forme des méandres, l'autre constitue plus une intégration de la première sur les segments des cours d'eau.

On s'attend bien sûr à ce que ces indicateurs soient également sensibles au relief, mais pas exclusivement (à la géologie, pédologie ou encore couverture végétale) ou tout du moins pas de la même manière que les indicateurs de longueurs et densités^{32,18}. La Fusion finale aidera normalement à les départager et à mettre à jour les redondances.

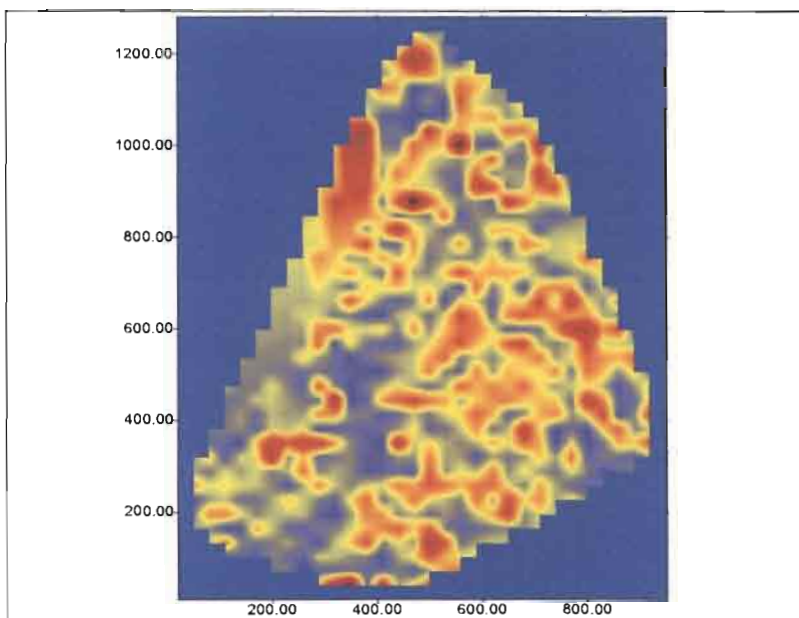


↑ Nord géographique.
La carte est en
coordonnées
cartographiques (unité de
100m).

Carte des sinuosités
du bassin versant de la
station Degrad-Roche.

La sinuosité se déduit facilement par le rapport de la longueur attribuée à chaque pixel par la distance à vol d'oiseau entre ses confluences amont et aval. Une sinuosité de 1 est ainsi calculée pour les cours rectilignes et peut monter souvent jusqu'à 10. La courbure elle, est estimée par une interpolation (de type moindre carré sur la base d'une parabole 2D) sur une partie de la rivière.

Cette partie est centrée sur le pixel qui reçoit la valeur de la courbure de la courbe, ajustée avec un certain nombre de voisins. Ce paramètre est borné entre 0 (rectiligne) et $2\pi/n$, où n est le nombre de points servant à l'interpolation polynomiale. Ceci correspond à la courbure des points d'un cercle de périmètre égal à n (cas limite théorique)²⁹. Après plusieurs tests, nous avons retenu 4 voisins de part et d'autres du pixel central. La sensibilité à ce paramètre est également discutée plus bas.



↑ Nord géographique. La carte est en coordonnées cartographiques (unité de 100m).

Carte des courbures du bassin versant de la station Degrad-Roche.

De la même façon qu'avec les autres indicateurs on récupère deux cartes interpolées, directement interprétables et deux distributions globales décrites statistiquement pour chaque bassin versant. La sinuosité moyenne estimée en Guyane est de $1,57 \pm 0,56$. On retrouve une Comté plus sinueuse et un Tampoc moins sinueux que la moyenne. La dispersion est faible entre ces 11 valeurs. La courbure donne d'autres renseignements et paraît moins sensible que le précédent indicateur. Avec une moyenne pour la région de $-4,25 \pm 0,87$ (prendre la valeur absolue), Le bas Maripasoula se révèle très peu courbe (montagneux), contrairement à la Comté et à Pierrette (tendance locale).

Stations	sin-1	sin-2	sin-cv	sin-3	sin-4	courb-1	courb-2	Courb-cv	courb-3	courb-4
Langa-Tabiki	1.581	0.557	0.3523087	0.008	7764	-4.25	0.872	-0.2051765	62.73	24.74
Saut-Maripa	1.683	0.662	0.3933452	5.02	1230	-4.271	0.833	-0.1950363	35.625	12.18
Maripasoula	1.504	0.251	0.1668883	4.578	38.8	-3.581	1.24	-0.346272	1.483	1.27
Camopi	1.687	0.728	0.4315353	5.139	1013	-4.286	0.829	-0.1934204	29.89	10.67
Antécum-Pata	1.551	0.339	0.2185687	3.474	515	-4.221	0.882	-0.2089552	31.75	12.49
Saut-Athanase	1.619	0.577	0.3563928	4.244	650	-4.267	0.851	-0.1994375	29.75	9.386
Saut-Sabbat	1.445	0.228	0.1577855	3.558	7362	-4.245	0.903	-0.2127208	43.84	21.76
Pierrette	1.612	0.358	0.2220844	3.924	457	-4.302	0.829	-0.1927011	26.71	8.95
Petit-Saut										
Degrad-Roche	1.484	0.222	0.1495957	2.85	321	-4.253	0.882	-0.207383	32.96	19.5
Saut-Bief	1.805	1.332	0.7379501	4.082	410	-4.408	0.742	-0.1683303	27.62	22.58
Karouabo	1.451	0.066	0.0454859	-0.27	8	-4.333	0.951	-0.2194784	6.68	0.78

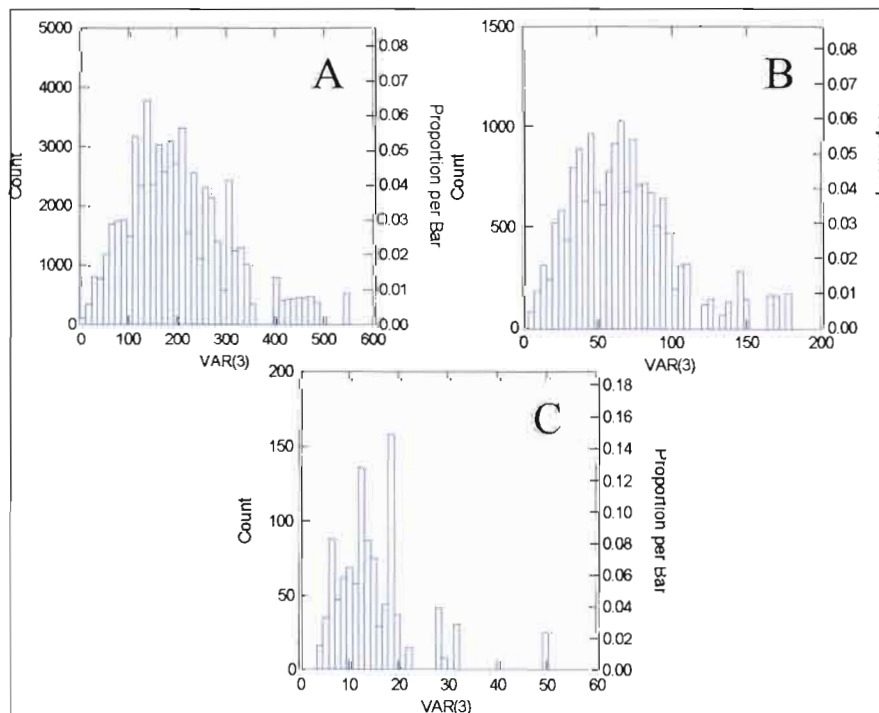
3.3. Nouvelle approche

3.3.1. Sensibilités à l'échelle : la logique

En particulier pour des données spatiales, les indicateurs qui nous ont semblé pertinents doivent être « qualifiés ». Peut-être sont-ils hautement variables selon l'échelle à laquelle le réseau est discrétisé ou sont-ils particulièrement sensibles à la qualité des données initiales³³ (le réseau hydrographique numérisé) ? Et dans ce cas, doit-on les garder si l'on sait qu'ils peuvent se révéler complètement différents avec des données, elles, à peine différentes ? Pour vérifier la première hypothèse, nous avons d'abord sélectionné un bassin versant et l'avons rastérisé à différentes résolutions.

Le bassin test (Degrad-Roche, déjà montré comme exemple plus haut) devait être de surface moyenne ou relativement faible pour réduire les temps de calculs et d'une morphologie représentative de l'ensemble de la Guyane (i.e. avec un spectre étendu dans les caractéristiques retenues, mais sans particularités flagrantes).

Les échelles devaient être choisies dans une fourchette la plus large possible tout en conservant un réseau « réaliste » : à la résolution grossière, il faut retrouver des bras de cours d'eau qui s'imbriquent les uns dans les autres, à la résolution la plus précise, le réseau ne doit pas ressembler à une somme de segments rectilignes, résultats de la vectorisation. Ce critère de sélection s'avère particulièrement pertinent lorsque l'on représente l'évolution des densités moyennes selon les échelles : le premier et les derniers points de la courbe montrent un écart important à la tendance de la courbe. Ainsi les dimensions des pixels allaient de 40m à 1km, d'un pas approximatif de 0.05 ordre de grandeur (i.e. en graduation logarithmique).

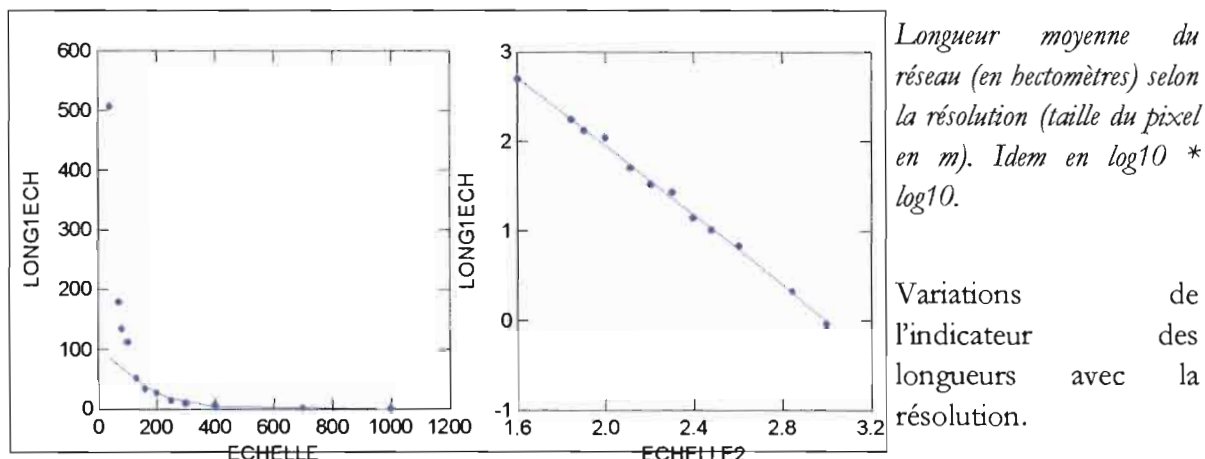


Nombre de point du réseau en fonction de sa valeur de densité.

Distributions des longueurs estimées sur le bassin versant de la station Degrad-Roche à différentes résolutions : 40m (A), 130m (B) et 700m (C).

Nous avons par exemple étudié la variation de la longueur moyenne du bassin de Degrad-Roche en fonction de la résolution à laquelle on regarde son réseau hydrographique. Nous avons

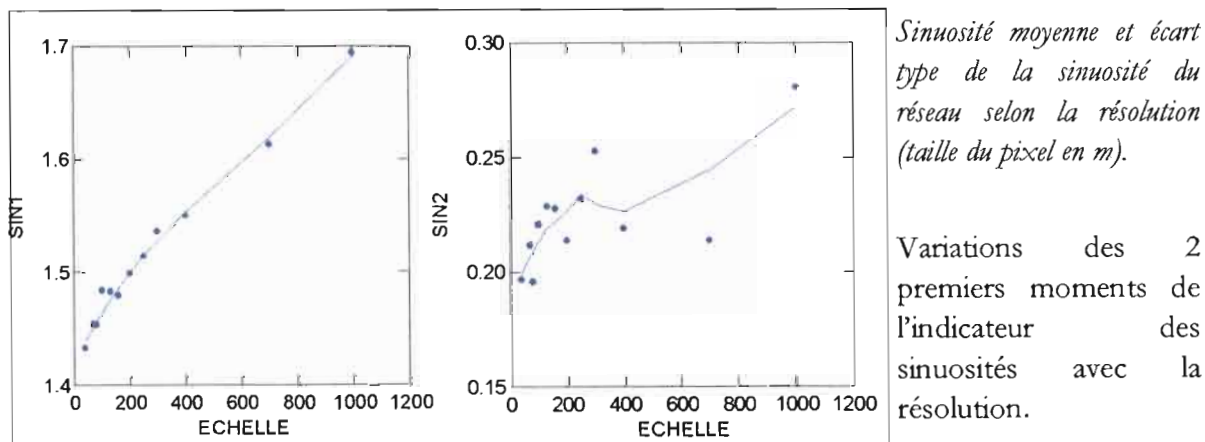
examiné dans un premier temps les distributions de cet indicateur sur l'ensemble du bassin. Une correction a été appliquée aux valeurs des longueurs pour prendre en compte la taille variable des pixels.



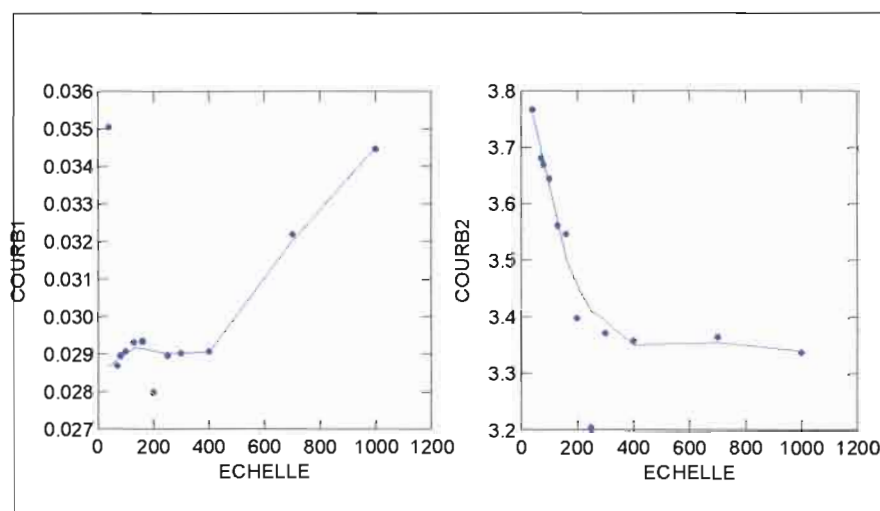
3.3.2. Sensibilités à l'échelle : fractalité

Chaque variable statistique (les moments) décrivant la distribution des longueurs a ensuite été représentée en fonction de l'échelle, en coordonnées logarithmiques. La variation de la moyenne se révèle fortement linéaire, ce qui corrobore des résultats antérieurs sur les cours d'eau du bassin amazonien³⁴. Cette propriété est nommée fractalité et traduit le fait que certaines propriétés des cours d'eau se reproduisent identiques à elles-mêmes à mesure que l'on fait varier l'échelle à laquelle on les observe. Les parties d'un fleuve guyanais ressemblent à son tout : le fleuve est « auto-similaire »³⁵. On a estimé sa dimension fractale à 1.956 ± 0.05 , valeur consistante avec les études antérieures mais très élevée pour ce bassin versant.

Notons que si l'on excepte peut-être l'écart type, les autres variables statistiques (qui nous renseignent sur la « déformation » de la distribution des longueurs avec l'échelle) ne sont pas fractales. En conclusion pour notre étude, cet indicateur varie de façon assez violente avec l'échelle et n'est pas le mieux indiqué pour la caractérisation de bassins versants. Mieux vaut disposer d'un indicateur indépendant de l'échelle et donc plus fiable. Toutefois, son caractère hautement fractal dans ce domaine d'échelles en fait un indicateur « prévisible » dont la variation est assez régulière pour s'abstraire de l'effet d'échelle.



Nous avons procédé de même avec la sinuosité qui, rappelons-le, est un rapport de longueurs et ne devrait pas *a priori* se comporter de la même manière. C'est effectivement ce que nous observons. La sinuosité croît, mais lentement, avec l'échelle et semble donc constituer un bon indicateur pour la caractérisation. On observe même quelques « paliers » (3) qui pousse à croire que la sinuosité est « localement » insensible à la résolution de numérisation du réseau hydrographique.

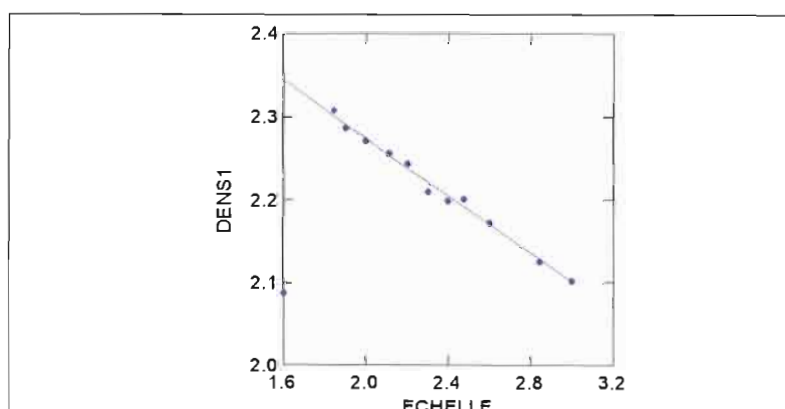


Moyenne et écart type de la courbure du réseau (sans dimension) selon la résolution (taille du pixel en m).

Variations de l'indicateur des courbures et de son écart type avec la résolution (du réseau hydrographique de Dégrad Roche).

La sinuosité intègre la courbure sur le trajet de l'eau. On pourrait ainsi s'attendre à ce que cette dernière reproduise la tendance de la première (*i.e.* que le fleuve soit moins rectiligne à mesure que l'échelle d'observation augmente). En fait, il n'en est rien : la courbure varie pratiquement pas en fonction de l'échelle d'étude. Cette différence de comportement montre tout l'intérêt de combiner les informations venant de plusieurs indicateurs.

On comprend que l'étape de rasterisation qui transforme un segment en pixels (qui se juxtaposent selon des directions discrètes) reproduise plus ou moins fidèlement la forme locale d'un cours d'eau. Du moins tant que l'on n'atteint pas des échelles extrêmes (le premier et les deux derniers points). Nous avons choisi de garder le même nombre de voisins (4) de part et d'autre du point concerné. Cet indicateur semble être le plus fiable.



Densité moyenne du réseau (en log10 du nombre de pixels) selon la résolution (log10 de la taille du pixel en m).

Graphe log/log de l'indicateur des densités avec la résolution.

La densité moyenne du réseau hydrographique en amont de Degrad-Roche enfin, présente un caractère fractal assez marqué. Ce résultat est nouveau, nous avons calculé une pente moyenne de

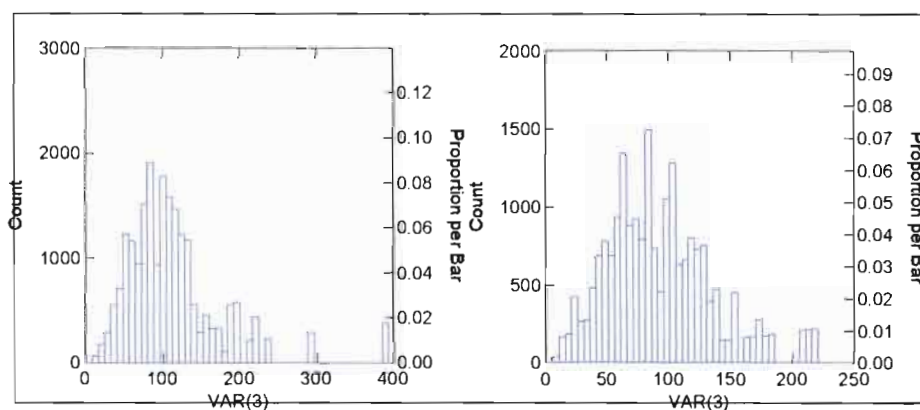
-0.1177 ± 0.05 . Il serait intéressant de confirmer ou d'infirmer cette observation à l'aide de réseaux hydrographiques plus fins (par exemple numérisé à partir de cartes au 25 000^{ème}), ce que nous n'avons pas eu le temps de faire.

3.3.3. Sensibilités à la qualité des données

La sensibilité à la qualité des données des indicateurs précédents devait être également testée. Cette qualité ne sous-entend pas seulement l'exactitude à laquelle le réseau est numérisé, mais fait allusion à toutes les étapes intermédiaires qui transforme une section de cours d'eau en un pixel (précision planimétrique du placement depuis la photo aérienne ou satellitale, du couplage stéréoscopique, du dessin de la carte, de la numérisation manuelle, de la rasterisation, etc.).

Nous l'avons expérimenté en « dégradant » volontairement le réseau hydrographique du bassin de Dégrad Roche. Quelques règles simples ont permis de dégrader de façon réaliste (et de réduire les biais occasionnés par cette déformation) :

- Garder les sources et confluences à peu près à la même place, compte tenu du fait qu'il est plus facile (à un homme qui numérise) de placer une intersection qu'un méandre ;
- Essayer de reproduire les méandres initiaux par d'autres similaires pour reproduire l'erreur d'un tracé à main levée (*i.e.* avec moins de repères).



Distribution des longueurs (en hectomètres) du réseau normal (gauche), puis déformé.

Variation des longueurs entre un réseau normal puis déformé.

Chaque indicateur a donc été recalculé sur ce réseau déformé à la résolution finale de 100m par pixel. Les écarts (ou variation en %) des variables décrivant leur distribution sur l'ensemble du bassin renseignent sur leur stabilité respective. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant et indiquent de façon flagrante l'intérêt des densités et des courbures du réseau.

Statut	long-1	long-2	sin-1	sin-2	dens-1	dens-2	courb-1	courb-2
normal	111.98	62.858	1.484	0.221	186.52	55.689	-3.538	1.293
déformé	91.074	43.131	1.42	0.169	178.246	53.136	-3.51	1.314
variation	20.5916	37.2246	4.4077	26.667	4.53661	4.69194	0.79455	-1.611

3.3.4. Les textures

A ce stade, les indicateurs spatiaux qui caractérisent les bassins versants guyanais à partir de leur réseau hydrographique montrent leurs limites. Dans les réseaux, nous avons surtout caractérisé l'objet intermédiaire qui concentre les eaux de pluie jusqu'à l'exutoire du bassin. Il nous a semblé

que nous n'avions pas une vue assez exhaustive du bassin et en particulier de sa surface collectrice³⁶.

En gardant à l'esprit les spécificités des bassins guyanais (*i.e.* plats, de végétation uniforme et avec peu de transferts latéraux) et compte tenu des données spatiales à notre disposition, nous avons choisi de compléter notre échantillon d'indicateurs par la texture de surface déduite d'images radar satellitaires³⁷. Celle-ci rend autant compte du relief (en partie examiné grâce aux indicateurs précédents) que des variations de la couverture végétale, de la géologie, de la pédologie, etc. Elle est pleinement complémentaire des indicateurs morphologiques déjà mentionnés.

Nous disposons de deux mosaïques radar : ERS1 réalisée en 1992 (bande C à 100m de résolution) et JERS plus récentes (bande L à environ 200m de résolution). La dernière empiète largement aux Surinam et Brésil et offrira l'avantage d'examiner les bassins non guyanais des fleuves frontières (Maroni et Oyapock).

Nous avons adopté la démarche de caractérisation explicitée plus haut et n'avons pas tenté d'interpréter les résultats de la classification des textures (ce travail est en cours par ailleurs). Après avoir rigoureusement identifié et défini les classes de texture, nous avons estimé leurs surfaces respectives (en %) au sein de chacun de nos 11 bassins versants.

A l'heure de la rédaction de ce rapport, les calculs concernant les textures des bassins versant guyanais ne sont pas terminés. Ils ne seront donc pas intégrés dans la fusion détaillée au chapitre suivant, mais seront présentés lors de la réunion de synthèse prévue au mois de septembre 2000.

3.4. Bilan

En conclusion, ces études complémentaires, indispensables à la rigueur de la caractérisation des bassins versants, donnent une idée précise des qualités et défauts des indicateurs morphologiques retenus. Toutes informations confondues, la sinuosité est sans conteste le plus fiable d'entre eux, suivi juste après par les densités et longueurs des bras de cour d'eau. Nous n'excluons pas a priori la courbure (qui est d'ailleurs plus pénible à calculer que les autres) et laisserons le soin à la fusion du dernier chapitre de mieux cerner son rôle et la richesse de ses informations.

4. Fusion des descriptions

4.1. Méthode et justification

Il y avait plusieurs méthodes envisageables pour faire fusionner les études hydrologiques et morphologiques, les indicateurs temporels et spatiaux caractérisant les bassins versants :

- Nous pouvions rassembler les indicateurs de différentes natures au sein d'un Système d'Information Géographique (SIG). Un SIG aurait permis de présenter les informations spatiales comme des « couches » directement superposables, auxquelles on aurait adjoint des tableaux d'informations vectorielles sur les débits³⁸. Cette technique est très interactive et autorise une manipulation et modification aisée plusieurs années après sa conception, si l'on décidait par exemple de réfléchir à nouveau sur le thème. Elle prend par contre du temps à être mise en place. Enfin et surtout, le SIG ne réalise pas lui-même la fusion et se contente de la faciliter ; il oblige son concepteur à découper lui-même des zones d'intérêt et à chercher les corrélations cachées entre indicateurs. Pour toutes ces raisons, nous n'avons pas retenu cette approche.
- Pour palier le principal défaut du SIG et assister la recherche de corrélations entre indicateurs, nous pouvions utiliser un réseau de neurones qui aurait codifié la relation entre bassin versant et régime³⁹. Les réseaux de neurones s'inspirent du fonctionnement de notre cerveau et combine des informations pour en déduire de nouvelles. Ils supposent un apprentissage qui aurait été délicat à mener dans notre cas et le résultat final constitue une « boîte noire » qui rend inexploitable les liaisons mises en évidence entre les indicateurs. De plus, cette technique aussi nécessite du temps (de programmation) que nous n'avions pas.
- Finalement, une approche mathématique a fait ses preuves depuis longtemps pour mettre à jour des corrélations entre paramètres, pour éliminer les redondances et monter en exergue les variables inhabituelles, pour les classer et montrer du doigt celles qui recèlent le plus d'informations : il s'agit de l'Analyse en Composante Principale (ACP)⁴⁰. Cette technique très utilisée en statistique et en traitement d'image consiste à chercher les valeurs propres d'une matrice qui lie les variables de départ à celles qui concentreront leurs informations³⁰. Plus rapide à mettre en œuvre, c'est cette approche que nous avons retenue.

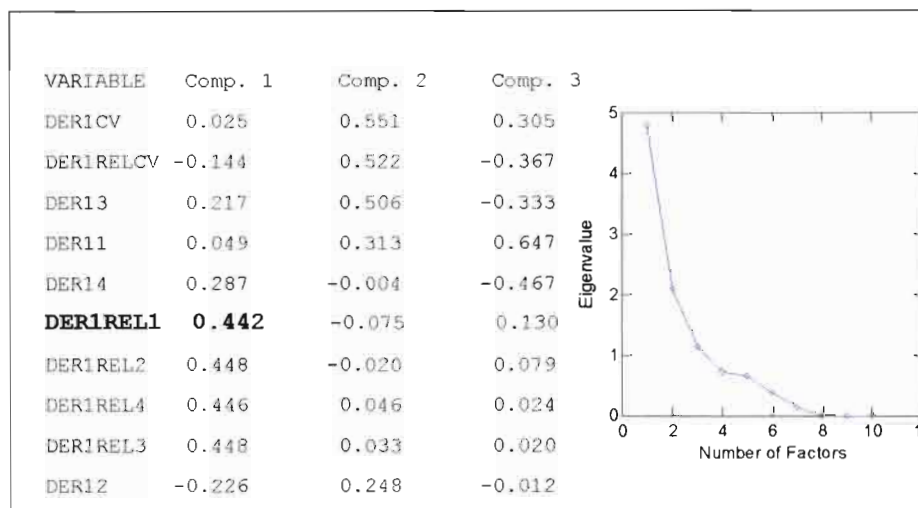
Une ACP peut être vue comme une projection du nuage de points de l'hyperespace formé par les variables initiales sur des axes appropriés à la concentration des informations³⁰. Le premier axe (*i.e.* la première composante) est celui qui contient le plus d'informations, quantité qui décroît ensuite plus ou moins rapidement avec les autres composantes (nous en préciserons la vitesse au besoin).

Nous avons donc entrepris de réduire le nombre variables à notre disposition en gardant une variable statistique par groupe d'indicateurs hydrologiques, celle qui contribue le plus à la composante principale. Cette démarche est indispensable si l'on considère que nous avons une faible statistique (12 objets d'étude) et beaucoup de paramètres descriptifs. L'analyse gagnera en fiabilité si l'on se rapproche d'une matrice d'analyse [bassins versants * indicateurs de caractéristiques] carrée.

4.2. Réduction du nombre d'indicateurs

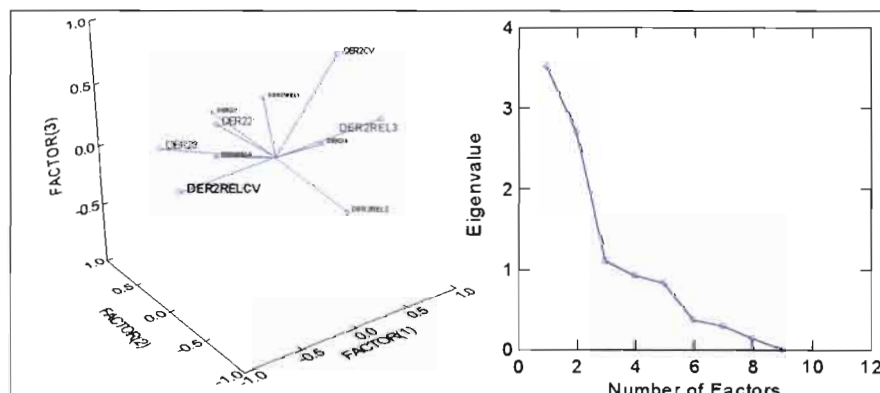
4.2.1. Réduction des indicateurs hydrologiques

Nous avons vu que les produits issus de la dérivée première sont nombreux. Une première ACP sur ceux-ci a permis de réduire leur nombre. Sa composante principale recèle à elle seule 50% de l'information (*i.e.* de la variance totale) comme suggère la décroissance des valeurs propres. La moyenne de la dérivée première relative y contribue à hauteur égale avec d'autres variables. C'est celle que nous avons gardée.



Valeurs propres (à droite) et vecteurs propres des composantes de l'ACP basée sur les variables statistiques de la dérivée première.

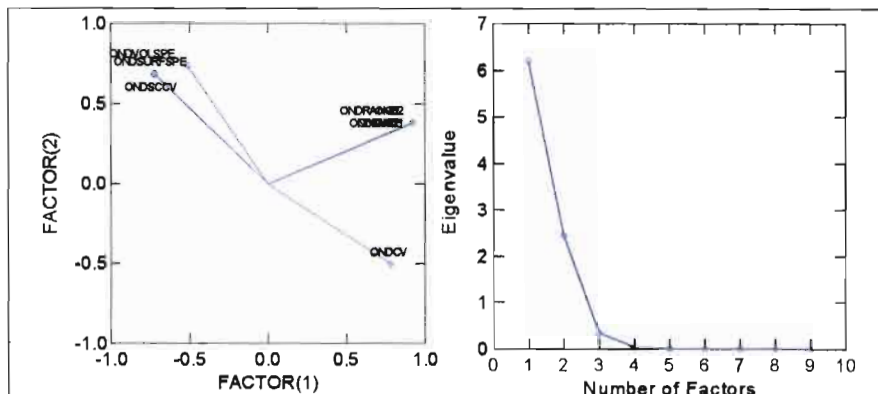
La même méthode est appliquée aux variables déduites de la dérivée seconde. L'information est plus « noyée » que dans le cas précédent et il s'agit même du cas le plus délicat à trancher. Nous avons retenu le coefficient de variation de la dérivée relative seconde qui contribue le plus à la composante principale (35% du total de l'information). La distribution spatiale des variables de ce groupe dans l'espace des 3 principales composantes montre combien elles sont indépendantes (leurs distances respectives se valent et ne sont pas négligeables).



Valeurs propres (à droite) de l'ACP basée sur les variables statistiques de la dérivée seconde, et leur distribution dans l'espace des 3 premières composantes.

Les variables liées aux ondelettes présentent par contre un comportement relativement similaire et sont faciles à « agréger ». La moyenne des coefficients d'ondelettes par exemple explique pour une part importante la composante principale qui regroupe 69% de l'information. Le graphe des valeurs propres résume bien cette distribution. De même pour les paramètres de crue et d'étiage

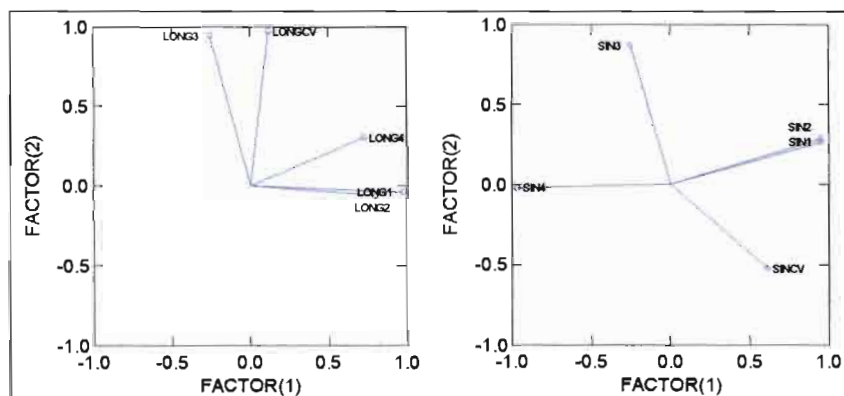
annuels, la composante principale (81%) est bien décrite par l'écart type des formes de crue par exemple (*i.e.* la largeur de la bosse de l'hydrogramme annuel moyen).



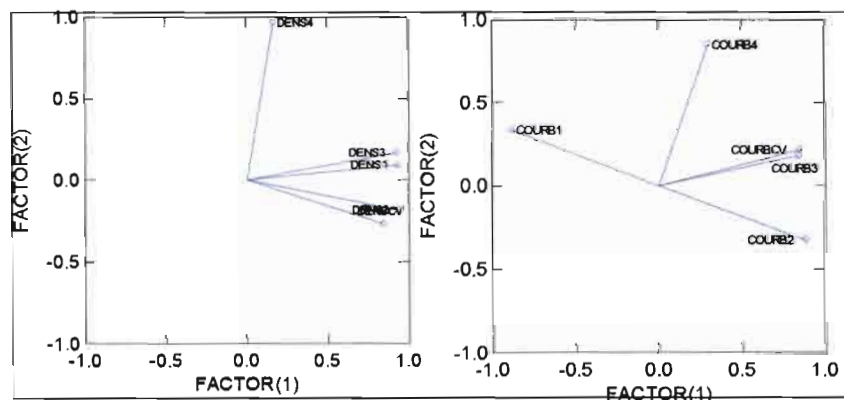
Valeurs propres (à droite) de l'ACP basée sur les variables statistiques des coefficients en ondelettes, et leur distribution dans l'espace des 2 premières composantes.

4.2.2. Réduction des indicateurs morphologiques

L'indicateur des longueurs est bien résumé dans sa moyenne. La composante principale explique ici 44% de la variance totale, mais les variables statistiques restent globalement assez regroupées comme l'indique leurs positions dans le plan des deux premières composantes. Un même raisonnement permet de retenir l'aplatissement de la sinuosité (65% expliqué), l'écart type de la densité (67%) et la moyenne de la courbure (62%).



Distribution des variables statistiques des longueurs et sinuosités dans l'espace des 2 premières composantes fournies par leur ACP respective.

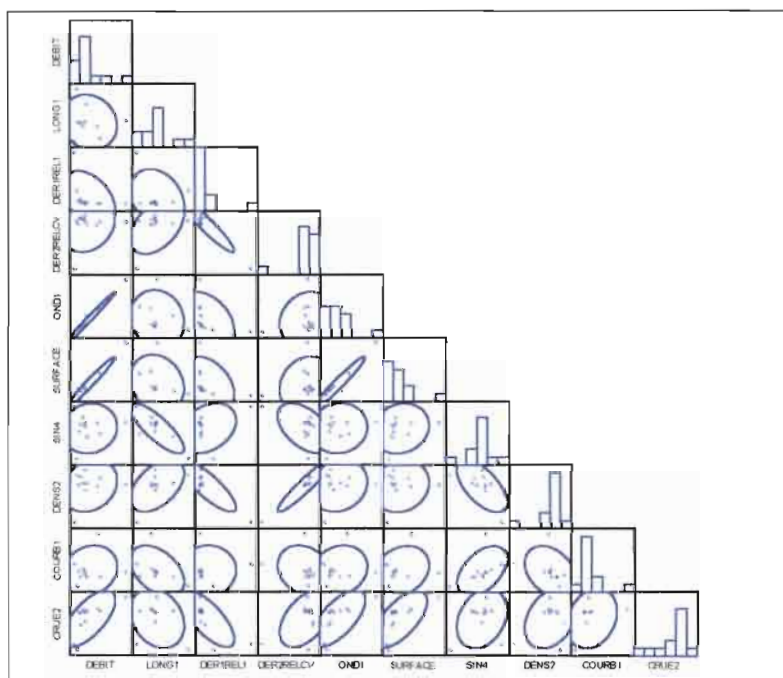


Distribution des variables statistiques des densités et courbures dans l'espace des 2 premières composantes fournies par leur ACP respective.

4.2.3. Réduction globale

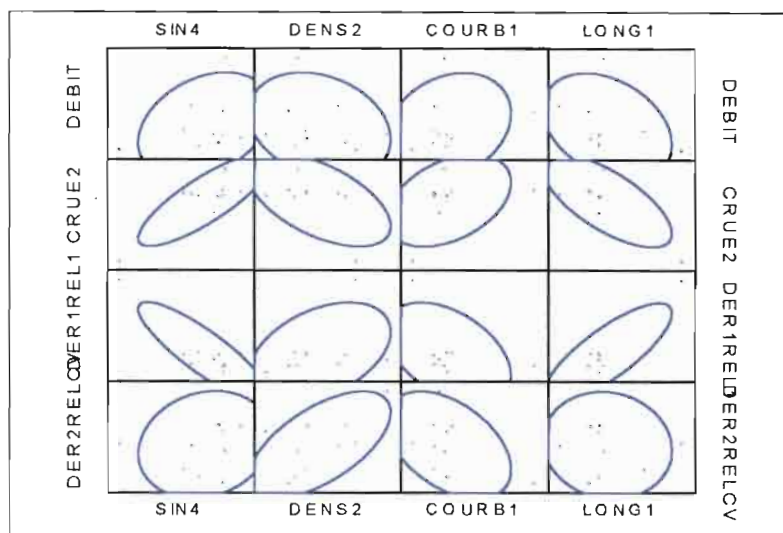
En y ajoutant les débits et surfaces des bassins versants, nous disposons d'un ensemble de 10 indicateurs calculés indépendamment les uns des autres et contenant *a priori* des informations distinctes sur les cours d'eau guyanais. Il est intéressant à ce stade de vérifier le degré de cette indépendance à l'aide d'une matrice de corrélation (méthode de Pearson).

Cette matrice est bien visualisée par les graphes de dispersions (scatterplot) qui positionnent chaque bassin selon les indicateurs pris deux à deux (sur les axes x et y). Après avoir volontairement omis la Karouabo (trop atypique), l'ellipse qui entoure le nuage de points indique une corrélation (si elle est allongée), une absence de relation (si elle est circulaire) et ce, de façon plus ou moins intense selon que l'ellipse est compacte ou non.



Graphes de dispersion (méthode de Pearson) positionnant chaque bassin versant en fonction des valeurs de ses indicateurs pris 2 à 2. Les ellipses ajustées autour des nuages de points donnent une idée de la dispersion des objets d'étude dans ces plans et indiquent s'il apparaît des corrélations entre les paramètres descriptifs.

Il apparaît nettement que les débits, surfaces et ondelettes sont corrélés et propagent donc la même information. Ce que confirme la méthode ACP utilisée sur les mêmes indicateurs. Nous n'avons par la suite conservé que les débits. Comme le signale la figure suivante, d'autres corrélations pourraient être mises en évidence (notamment entre les indicateurs temporels et ceux spatiaux), mais nous nous sommes gardé de la faire compte tenu de la statistique de départ (10 bassins versants).



Matrice de dispersion (méthode de Pearson) indiquant la distribution des bassins versants en fonction des valeurs de ses indicateurs hydrologiques et morphologiques pris 2 à 2. La statistique est faible pour conclure à des corrélations.

4.3. Classement et indice physique

4.3.1. Un indice physique

Les 8 indicateurs encore en lice peuvent être combinés au sein d'un indice (noté *BV*) que nous avons démontré suffisamment simple et exhaustif pour la description de l'état physique des Bassins Versants. Nous avons adopté pour son calcul l'approche du Programme des Nations Unies (PNUD) lors de son estimation d'un « Indicateur de Développement Humain » (IDH) servant à classer les pays de la planète⁴¹.

Après avoir standardisé (*i.e.* ramené les valeurs de notre échantillon à une moyenne nulle et un écart type de 1), nous faisons la moyenne des 8 indicateurs dits : « standards » pour déduire l'indice. Voici les résultats, classés par indice décroissant pour les 12 bassins de Guyane (nous avons pris la moyenne des autres bassins versants, *i.e.* 0, pour les valeurs de la station de Petit saut, station pour laquelle il manque les valeurs des indicateurs spatiaux).

Stations	BV	débit	der1	der2	crue	long	sin	dens	courb
Langa-Tabiki	0.5173	2.66351	-0.4405	0.20762	1.37847	0.06325	0.40029	0.02527	-0.1591
Maripasoula	0.4312	0.67414	-0.4442	-0.0142	0.59611	-0.3608	0.34118	-0.0849	2.74199
Saut-Sabbat	0.1213	-0.3409	-0.3107	0.38361	0.53092	-0.3057	0.79169	0.13609	0.08528
Saut-Athanase	0.0717	-0.1985	-0.3762	0.62432	-0.2749	-0.0736	0.10607	1.09119	-0.3247
Camopi	0.0397	-0.0541	-0.3302	0.08401	0.47615	1.19346	-0.6763	0.12291	-0.4981
Pierrette	0.0219	-0.5118	-0.3266	0.38951	0.35358	-0.0568	0.23027	0.59541	-0.4981
Antécum-Pata	-0.0145	-0.1985	-0.5109	0.3436	0.38488	-0.0452	0.35354	-0.3633	-0.0803
Saut-Maripa	-0.0578	0.87145	-0.4238	0.24472	0.45268	-1.1701	-0.4841	0.51328	-0.4666
Petit-Saut	-0.0606	-0.5138	-0.0784	0.55926	-0.4522	0	0	0	0
Degrad-Roche	-0.1262	-0.6358	-0.2993	0.02683	0.36923	-0.0819	-0.2933	-0.0151	-0.0803
Saut-Bief	-0.3389	-0.7721	0.47625	0.26506	-2.0874	2.23677	-2.3638	0.71812	-1.1839
Karouabo	-0.6052	-0.9837	3.06458	-3.1144	-1.7275	-1.3994	1.59442	-2.739	0.46369

Cet indice BV permet de caractériser les bassins guyanais à l'aide d'un unique paramètre et de rapidement dissocier ceux atypiques de ceux « normaux ». Se détachent nettement le Maroni d'une part, les Karouabo et Comté d'autre part. On observe aussi combien les stations Pierrette et Antécum Pata sont « normale » en Guyane française.

4.3.2. Classement des bassins versants

L'indice BV n'évite toutefois pas les inconvénients d'un paramètre unique et reste grossier. Il concentre trop l'information contenue dans les indicateurs. Mieux vaut en effet disposer de l'information la plus complète possible pour classer les bassins. Nous avons donc doublé l'ACP d'une méthode statistique de classification par ensembles (« cluster analysis ») à partir des 8 indicateurs précédents pour regrouper les bassins guyanais et préciser ceux qui en sont les plus représentatifs.

Cette méthode estime les « distance euclidiennes » respectives des valeurs indicateurs pour chaque bassin et regroupe ceux dont les distances sont les plus faibles (2^{ème} colonne du tableau ci-dessous). Cette technique va donc avoir tendance à isoler les grands bassins versants. Plus loin, les bassins sont classés par débits moyens décroissants (case 1 à 11).

Nous avons également « modulé » les résultats bruts de cette méthode mathématique, aidé de notre expérience des particularités des bassins versants. La Karouabo par exemple n'a pas été incluse dans l'analyse. Tout petit bassin, il sort systématiquement du lot et constitue à lui seul un groupe. La première classification fait avec l'hypothèse vraisemblable de 5 groupes isole Saut bief (bassin effectivement atypique comme l'indique les Indicateurs morphologiques), les grands fleuves en trois groupes que l'on peut réunir au besoin (ils sont très différents des autres, ils sont très différents entre eux, mais ont la plupart de leurs caractéristiques communes) et tous les autres bassins.

Cluster 1 of 5 contains 6 cases						
Members			Statistics			
Case	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum	St.Dev.
Case 5	0.27	DEBIT	-0.64	-0.40	-0.20	0.18
Case 6	0.35	DER1REL1	-0.51	-0.32	-0.08	0.14
Case 7	0.27	DER2RELCV	0.03	0.39	0.62	0.21
Case 8	0.18	CRUE2	-0.45	0.15	0.53	0.41
Case 9	0.34	LONG1	-0.31	-0.11	-0.05	0.11
Case 10	0.28	SIN4	-0.29	0.24	0.79	0.39
		DENS2	-0.36	0.29	1.09	0.57
		COURB1	-0.50	-0.18	0.09	0.23
Cluster 2 of 5 contains 1 cases						
Members			Statistics			
Case	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum	St.Dev.
Case 11	0.00	DEBIT	-0.77	-0.77	-0.77	
		DER1REL1	0.48	0.48	0.48	
		DER2RELCV	0.27	0.27	0.27	
		CRUE2	-2.09	-2.09	-2.09	
		LONG1	2.24	2.24	2.24	
		SIN4	-2.36	-2.36	-2.36	
		DENS2	0.72	0.72	0.72	
		COURB1	-1.18	-1.18	-1.18	
Cluster 3 of 5 contains 1 cases						
Members			Statistics			
Case	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum	St.Dev.
Case 1	0.00	DEBIT	2.66	2.66	2.66	
		DER1REL1	-0.44	-0.44	-0.44	
		DER2RELCV	0.21	0.21	0.21	
		CRUE2	1.38	1.38	1.38	
		LONG1	0.06	0.06	0.06	
		SIN4	0.40	0.40	0.40	
		DENS2	0.03	0.03	0.03	
		COURB1	-0.16	-0.16	-0.16	
Cluster 4 of 5 contains 1 cases						
Members			Statistics			
Case	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum	St.Dev.

Extrait de l'analyse par « clusters » qui permet de regrouper les bassins versants guyanais en fonction des valeurs de leurs indicateurs spatio-temporels.

On a fait l'hypothèse de 5 groupes, estimés en fonction des distances (euclidiennes) de leurs indicateurs.

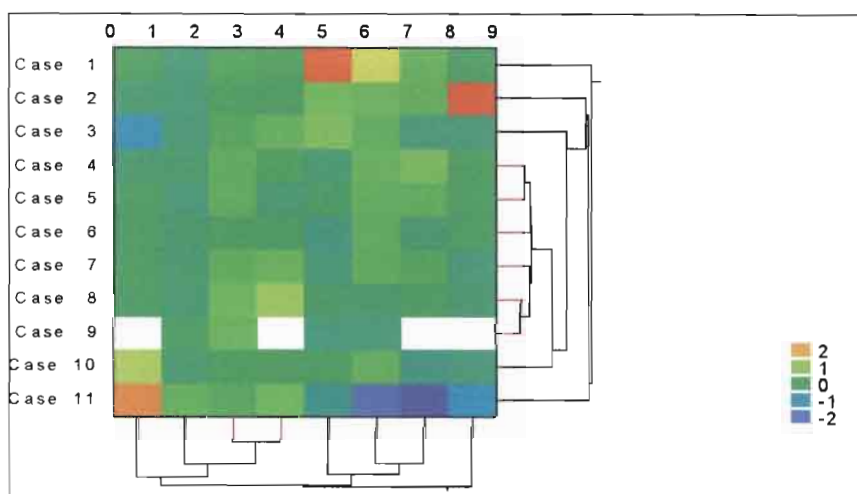
Pour chacun d'eux des moyennes et autres informations statistiques

Case 3	0.00	DEBIT	0.67	0.67	0.67	
		DERIRELI	-0.44	-0.44	-0.44	
		DER2RELCV	-0.01	-0.01	-0.01	
		CRUE2	0.60	0.60	0.60	
		LONG1	-0.36	-0.36	-0.36	
		SIN4	0.34	0.34	0.34	
		DENS2	-0.08	-0.08	-0.08	
		COURB1	2.74	2.74	2.74	

Cluster 5 of 5 contains 2 cases						
Members			Statistics			
Case	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum	St.Dev.
Case 2	0.46	DEBIT	-0.05	0.41	0.87	0.65
Case 4	0.46	DERIRELI	-0.42	-0.38	-0.33	0.07
		DER2RELCV	0.08	0.16	0.24	0.11
		CRUE2	0.45	0.46	0.48	0.02
		LONG1	-1.17	0.01	1.19	1.67
		SIN4	-0.68	-0.58	-0.48	0.14
		DENS2	0.12	0.32	0.51	0.28
		COURB1	-0.50	-0.48	-0.47	0.02

sont fournies pour justifier la classification.

Une deuxième et dernière classification (en trois sous-groupes) sur le groupe chargé permet d'apparier ces bassins intermédiaires déjà très similaires : Antécum pata/Saut sabbat ; Saut athanase/Petit saut ; Pierrette/Dégrad Roche. Ce résultat est rapidement appréhendé avec la matrice de permutation des données (Permuted data matrix) qui attribue un code de couleur à chaque couple indicateur/bassin versant selon sa distance à la moyenne. Sur ses flans, on devine les appariements des entités de chaque axe (indicateurs = axe des x ; bassins = axe des y).



Matrice de permutation des données qui attribue un code de couleur à chaque couple indicateur (vertical) / bassin (horizontal) selon sa distance à la moyenne. On voit également leur organisation hiérarchique.

En résumé, cette analyse poussée semble définir quatre groupes :

1. Les grands bassins [Maroni et Oyapock], dont on conseille Langata biki comme station de référence ;
2. Le plus petit bassin [Karouabo], qui pourrait être représenté par d'autres choisis le long de la côte guyanaise ;
3. Celui de [La Comté à Saut bief] assez atypique et à ne pas omettre dans une étude complète de la Guyane ;
4. Et les autres [le haut Maroni, la Mana, la Sinnamary et l'Approuague], dont on conserve par exemple la station de Pierrette comme référence.

4.4. Limites et perspectives

Nous tenions à revenir avant de conclure aux limites inhérentes à cette étude des bassins versants de la Guyane. Nous avons mentionné certaines d'entre elles comme l'absence d'étude de la relation pluie - débit sur le plateau des Guyanes, qui nous aurait beaucoup aidé à comprendre les

liens entre la distribution pluviométrique et les débits observés. Nous aurions également gagné à disposer d'une carte du relief du DOM. Elle aurait permis un calcul moins biaisé des indicateurs spatiaux et aurait autorisé une première interprétation de leurs cartes respectives. Il est à espérer que ces manques seront prochainement comblés par les scientifiques œuvrant en Guyane.

Nos données sont biaisées, nous ne l'ignorons pas. Les débits ont une incertitude importante et mal connue. Les absences de mesures des débits sont souvent complétées par corrélation avec les stations voisines, qui fait que l'on étudie parfois les secondes au lieu des premières. Utiliser des débits décennaires au lieu de ceux quotidiens, aurait également grandement faussé notre jugement. De plus, nous n'avons pas réalisé l'étude temporelle sur la même période (qui dans ce cas aurait été réduite à 2 ou 3 ans seulement à cause des absences de données !).

De même avons nous estimé en partie qualitativement les différences que causerait un réseau numérique mal numérisé, ou simplement numérisé à la mauvaise échelle. Les cartes et images d'origines (pour les textures) ne favorisaient également pas unanimement les bassins versants sur une si grande surface.

Malgré ces restrictions, nous pensons être allé au bout de l'analyse qu'il était possible de faire aujourd'hui avec ces données. Notre vision hydrologique de la Guyane est globale compte tenu de l'échelle d'examen et le principal gain que l'on pourrait attendre d'une étude additionnelle serait de « zoomer » en certains endroits du département. Il manque peut-être en effet une analyse fine des bassins versants, utilisant par exemple des indicateurs latéraux ou verticaux pour approfondir notre connaissance du terrain (et sa caractérisation).

Une dernière approche est possible et même souhaitable dans ce domaine : l'étude diachronique des bassins versants guyanais. La Guyane reste une contrée relativement vierge de l'emprise humaine, mais à la démographie croissante, à l'économie changeante. L'environnement pourrait pâtir de ces évolutions. La partie aval des bassins de notre étude pourrait par exemple rapidement s'anthropiser. Cette étude a été réalisée de sorte à être reprise avec facilité dans plusieurs années. C'est sans doute aussi le rôle d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux !

5. Conclusion

Le projet « qualité des cours d'eau eaux de Guyane française » aura notamment permis une analyse complète, s'il en est, des bassins versants de sa région. Il était important pour cette complétude que nous nous attachions autant aux régimes des fleuves qu'à la morphologie de leurs bassins versants. C'est ce que nous avons fait en recherchant systématiquement des indicateurs pertinents pour une telle description.

Après en avoir essayé de nombreux, nous avons pu retenir 4 indicateurs purement hydrologiques mettant l'accent sur la variabilité des débits. Il s'agit d'une notion clé pour caractériser l'environnement dans lequel évolue la faune aquatique parallèlement étudiée par les hydrobiologistes du projet. En sus des débits moyens, des variables statistiques issues de leurs dérivées premières et secondes et un dernier qui rend compte de la forme de la crue annuelle constituent notre échantillon.

Un travail analogue a été réalisé avec des indicateurs calculés à partir des réseaux hydrographiques des bassins en amont de chaque station hydrologique. Leurs surfaces et les formes des voies de drainage que ces dernières imposent sont révélatrices des comportements hydrologiques observés. Nous avons utilisé les longueurs, courbures et sinuosités d'une part, la densité du réseau hydrographiques d'autre part, pour les caractériser.

Standardisés puis moyennés, ces indicateurs ont autorisés la conception d'un indice qui a été en partie utilisé pour classer les 11 bassins versants de notre étude. Bien que l'on retrouve les grands groupes auxquels on pouvait s'attendre (bassins versants grands, petits et intermédiaires), cette étude a mis en évidence un ordre entre les cours d'eau d'un même groupe et a signalé leurs caractéristiques respectives. Ceci est particulièrement vrai pour les fleuves intermédiaires, plus nombreux et relativement similaires. Notons en outre qu'un fleuve s'est révélé physiquement très différent des autres : La Comté.

Annexe

Présentation

Cette annexe présente les figures résultats des calculs effectués pour la « Caractérisation physique des bassins versants de la Guyane française ». Pour les commentaires, se référer au texte du rapport du même titre.

Liste des cartes

1. Carte pluviométrique de la Guyane
2. Carte du réseau hydrographique de Guyane française
3. Carte des longueurs de bras de cours d'eau de Guyane française
4. Carte de densité du réseau hydrographique de Guyane française
5. Carte des sinuosités des cours d'eau de Guyane française
6. Carte des courbures des cours d'eau de Guyane française
7. MNH de 10 bassins versants de Guyane française
8. Cartes des coefficients de la transformée en ondelettes de 12 stations hydrologiques de Guyane française
9. Evolution de l'histogramme des longueurs (bassin versant de Dégrad Roche) en fonction de la résolution spatiale
10. Répartition des variables statistiques de chaque indicateur selon les premières composantes de leur ACP

Bibliographie

-
- ¹ H. Cné, 6 juin 2000. 40 chantiers pour un nouveau siècle : la traque aux pollutions de l'eau. Quotidien Libération.
- ² JP. Carmouze, 1998. Projet DIREN « Qualité des cours d'eau guyanais », dossier technique. Note interne.
- ³ P. Calow & G.E. Petts, 1994. The rivers handbook, hydrological and ecological principles. Vol. 1, 470p.
- ⁴ M. Roche, 1963. Hydrologie de surface. Gauthier-villars paris, ORSTOM, 430p.
- ⁵ C. Pieri & al., 08/1995. Land quality indicators : a discussion paper. World Bank discussion paper N° 315, 74 p.
- ⁶ M. Hoepffner & J. Rodier, 1976. Chapitre sur l'hydrologie. ATLAS des D.O.M. – La Guyane – Dirigé par le CNRS.
- ⁷ (Communication personnelle avec JP. Mobèche, directeur du laboratoire d'hydrologie de l'IRD).
- ⁸ M.R. Spiegel, 1981. Probabilités et statistique, cours et problèmes. Série Schaum. Chap. 3 : espérance mathématique, p. 91.
- ⁸ SYSTAT guide book, 1999, Vol. 1 & 2 : statistics.
- ¹⁰ W.H. Press & al., 1992. Numerical Recipies in Fortran, the Art of Scientific Computing, second edition. Chap. 14 : statistical description of data.
- ¹¹ G. Hiez & P. Dubreuil, 1955. Les régimes hydrologiques de Guyane française. Paris, ORSTOM, 119 p., (Mémoire ORSTOM 3).
- ¹² JP. Mobèche, 1998. Situation du réseau hydrométrique guyanais en début 1998. Note interne IRD, 18 p.
- ¹³ J. Rodier, 1982. La transposition des résultats des bassins représentatifs et ses problèmes. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XIX, n°2.
- ¹⁴ M. Roche, 1982. Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier amazonien à Ecérex, en Guyane. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XIX, n°2.
- ¹⁵ P. Dubreuil, 1974. Résumé des résultats de recherches sur le bassin représentatif de la Crique Virgile (Guyane). Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XI, n°2.
- ¹⁶ C. Toebes & V Ouryvaev. Les bassins représentatifs et expérimentaux, guide international des pratiques en matière de recherche, Ed. UNESCO.
- ¹⁷ F.L. Tejerina-Garro & B. de Merona, 2000. Spatial variability of biotic and abiotic factors of the aquatic habitat in French Guiana. Soumis à ..
- ¹⁸ N. Leroy Poff & al., 1997. The natural flow regime, a paradigm for river conservation and restauration. Bioscience, Vol. 47, N° 11, p. 769.
- ¹⁹ Ph. Bois, 1991. Introduction au traitement de données en hydrologie. Institut national polytechnique de Grenoble, Ecole supérieure d'hydraulique et de mécanique de Grenoble. 50 p.
- ²⁰ W.H. Press & al., 1992. Numerical Recipies in Fortran, the Art of Scientific Computing, second edition. Chap. 13 : Fourier and spectral applications.

- 21 W.H. Press & al., 1992. Numerical Recipies in Fortran, the Art of Scientific Computing, second edition. Chap. 13 : Wavelet Transforms.
- 22 D. Lanne, 1993. Application des ondelettes aux séries pluviométriques. Mémoire de DEA, laboratoire d'hydrologie et modélisation, cahier ORSTOM.
- 23 G. Frantz, 1998. Visual Basic 6.0, le platinum, éd. SYBEX.
- 24 C. Obled, 1986. Introduction au krigeage. Actes des deuxièmes journées hydrologiques de l'ORSTOM.
- 25 JP. Derooin, JP. Cautru & JP. Rudant, 1992. The SAREX-92 experiment in french Guyana : lithological and geomorphological aspects, comparison with ERS1 satellite data.
- 26 R. Caloz & C. Puech, 1996. Précis de télédétection, chap. 5 : hydrologie et imagerie satellitaire. Vol. 2, éd. Aupelf-Uref.
- 27 L. Polidori, 1995. Réflexions sur la qualité des modèles numériques de terrain. Paru dans...
- 28 M.J. Schuft & al., 1999. Development of landscape metrics for characterizing riparian-stream network. Photogrammetric engineering & remote sensing, oct. 1999, p. 1157.
- 29 S. Riazanoff, 1989. Extraction et analyse automatiques de réseaux à partir de modèles numériques de terrain (MNT). Contribution à l'analyse d'images de télédétection. Thèse de l'Université de Paris VII, oct. 1989.
- 30 Erdas Field Guide, 3rd edition, 1995. Chap. : Raster data.
- 31 D.R. Lueder, 1959. Aerial photographic interpretation, principles and applications. Mcgraw-hill book company, inc.
- 32 L. Leopold & W. Langbein, 1995. Les méandres des rivières, pour la science HS n°8h de juin 95.
- 33 C. Puech, 1993. Influence de la résolution dans l'estimation des surfaces d'érosion généralisée par imagerie satellitaire. 2^{ème} réunion sur les changements d'échelle de l'environnement et de la télédétection, Strasbourg, 17-19 mai 1993, p. 59.
- 34 H. Maître & M. Pincioli, 1996. Fractal characterisation of hydrological basin using SAR satellite images. Article 96 C002 de l'école nationale supérieure des télécommunications.
- 35 AA. Beauvais & DR. Montgomery, 1997. Are channel networks statistically self-similar ?. Geology, dec. 97, v. 25, n°12, p. 1063-1066.
- 36 JL. Guyot. Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonie bolivienne. Etudes & Thèses, éd. ORSTOM.
- 37 R.M. Haralick, K. Shanmugam & I. Dinstein, 1973. Textural features for image classification. IEEE transactions on systems, man and cybernetics, Vol. smc-3, n°6, nov. 1973.
- 38 S.D. McCracken & al., 1999. Remote sensing and GIS at farm property level : demography and deforestation in the Brazillian Amazon. Photogrammetric engineering & remote sensing, nov. 99, p. 1311-1320.
- 39 P. Durand, P. Gaussier & S. Hamidou, 1993. Classification neuronale d'une banque d'images de textures nuageuses à partir d'outils géostatistiques. 2^{ème} réunion sur les changements d'échelle de l'environnement et de la télédétection, Strasbourg, 17-19 mai 1993, p. 91.
- 40 J.R. Carr & K. Matanawi, 1999. Correspondance analysis for Principal Components transformation of multispectral and hyperspectral digital images. Photogrammetric engineering & remote sensing, août 99, p. 909-914.
- 41 L'état du Monde, 1998. Annuaire économique et géopolitique mondial, éd. La découverte.

ANNEXE 2

**Essai d'évaluation de la qualité des eaux des rivières de
Guyane à l'aide d'indicateurs chimiques.**

Sandrine RICHARD et Philippe CERDAN



BUREAU D'ETUDES

Laboratoire de Recherche en Environnement

Convention
« Qualité des Eaux des Rivières de Guyane »

**Essai d'évaluation de la qualité des eaux des
rivières de Guyane à l'aide d'indicateurs
chimiques**

Sandrine RICHARD
Philippe CERDAN

Décembre 2000

Laboratoire Environnement - BP823 - 97 388 KOUROU Cedex
Tél : 0 594 32 40 79 - Fax : 0 594 32 21 29 - hydreco-labops@wanadoo.fr
SIEGE SOCIAL - HYDRECO - 24 rue Calypso - 34 080 Montpellier
Tél & Fax : 04 67 52 06 04 - hydrecovaquer@wanadoo.fr

1 Introduction : objectif et problématique

La mise en place d'un réseau d'observation des eaux des cours d'eau guyanais passe par l'élaboration d'un système d'évaluation de la qualité globale des eaux.

Le laboratoire HYDRECO s'est vu confier les mesures physico-chimiques réalisées *in situ* et l'analyse du COD ainsi que les prélèvements destinés aux analyses physico-chimiques. La récolte du matériel biologique et le tri des invertébrés aquatiques ont également été réalisés par le laboratoire HYDRECO en collaboration avec le CEMAGREF et l'Université de Toulouse (CESAC).

Ce rapport final exprime les résultats obtenus lors des deux campagnes de mesures et de prélèvements (campagnes saison sèche et saison des pluies) afin de caractériser la qualité des eaux à l'aide d'indicateurs physiques et chimiques. Nous utilisons la totalité des résultats (analyses effectuées par l'IRD et par notre laboratoire).

Les altérations majeures observées en Guyane étant essentiellement liées aux activités domestiques, minières et agricoles, elles nous ont conduit à choisir le suivi de certains paramètres de qualité d'eau. Les processus biogéochimiques naturels et les processus d'altération pourraient ainsi être dissociés.

2 Matériel et méthodes

2.1 Choix des stations d'étude

17 stations d'échantillonnage, communes aux diverses études, ont été retenues. Leur choix repose sur divers critères : les connaissances acquises (certaines font ou ont déjà fait l'objet de diverses études physiques et biologiques), le suivi hydrologique actuel, l'absence d'anthropisation ou au contraire la manifestation d'une perturbation bien identifiée, la représentativité hydrographique du site et aussi les facilités d'accès aux stations.

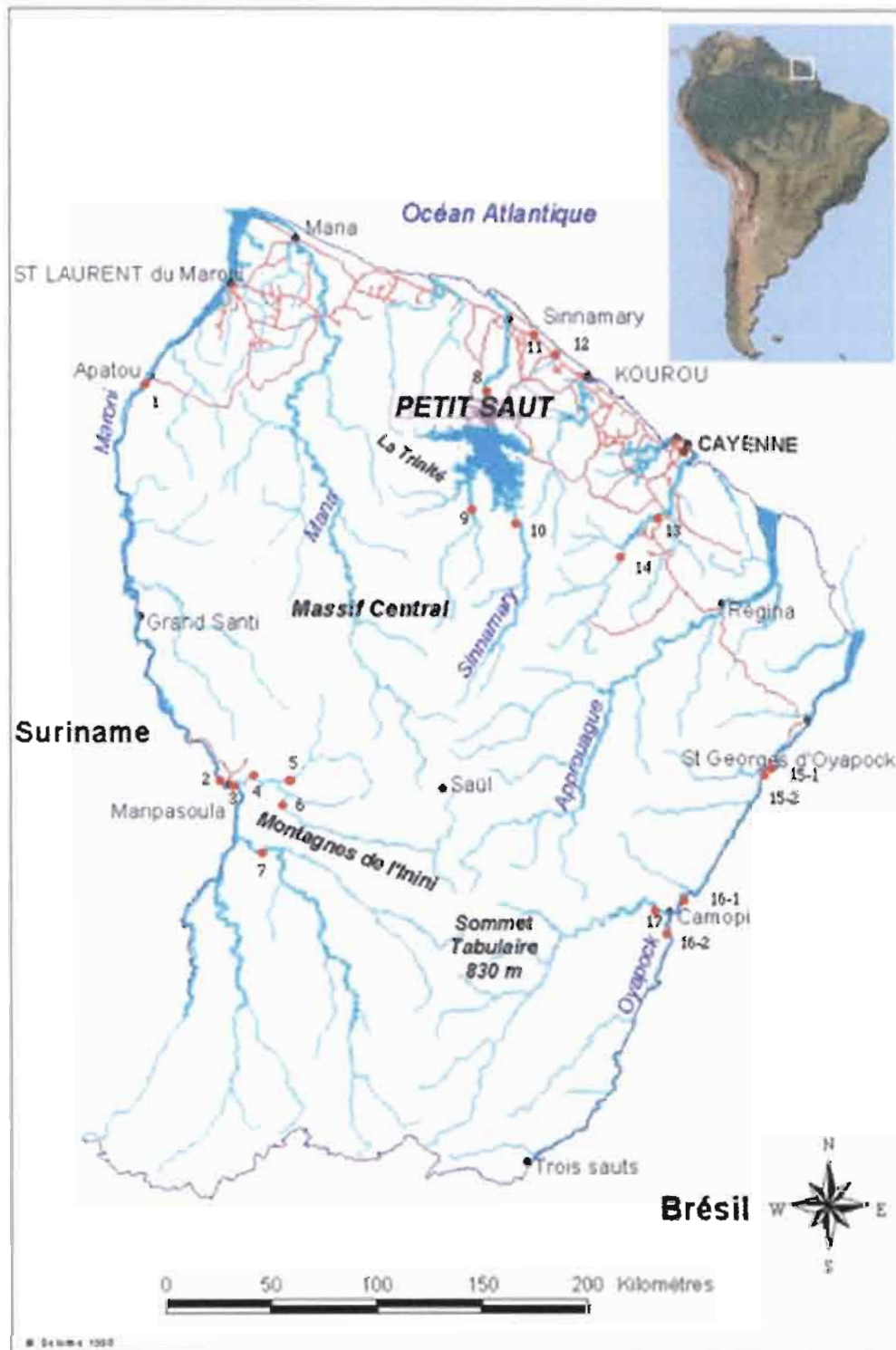
La répartition des stations (carte) et la justification sommaire de leur choix est la suivante :

1 – Le bassin du Maroni :

- ☐ une station sur le Tampok, affluent du Maroni en amont de Dégrad Roche, actuellement peu touchée par l'activité d'orpaillage*,
- ☐ une station sur le Petit Inini, siège d'une intense activité d'orpaillage,
- ☐ une station sur le grand Inini, peu affectée par l'orpaillage,
- ☐ une station en amont de Maripasoula, exempte de pollution urbaine*,
- ☐ une station en aval de Maripasoula, polluée par les rejets d'eaux usées,
- ☐ une station dans le cours aval du Maroni, à Langa Tabiki (en amont d'un important site d'orpaillage Surinamais), pour évaluer la capacité d'atténuation de l'impact de la charge organique d'origine domestique du cours d'eau*.

2 – Le bassin du Sinnamary

- ☐ une station à l'amont du lac de Petit Saut sur la branche Sinnamary : Takari Tanté, cours d'eau actuellement exempt d'orpaillage*,



1- LangaTabiki	8- Kerenroch	15-1- Saut Maripa
2- Maripasoula aval	9- Saut Lucifer	15-2- Saut Maripa amont
3- Maripasoula amont	10- Saut Takari Tanté	16-1- Oyapock amont (aval Camopi)
4- Saut Sonnelle	11- Malmanoury	16-2- Oyapock amont (amont Camopi)
5- Petit Inini	12- Karouabo	17- Rivière Camopi
6- Grand Inini	13- Loiseau	
7- Tampock	14- Lysis	

- ☐ une station à l'amont du lac de Petit Saut sur la branche Courcibo : Lucifer, cours d'eau soumis à un orpaillage intensif*,
- ☐ une station à une vingtaine de km située à l'aval du barrage de Petit Saut : Kerenroch, hydrologiquement régulée par l'usine hydro-électrique*.

3 – Bassin de la Comté

- ☐ une station à l'amont de Cacao non touchée par les rejets issus de l'activité agricole
- ☐ une station à l'aval de Cacao perturbée par les rejets issus de l'activité agricole

4 – La Malmanoury et le Karouabo

- ☐ une station dans la partie aval de la Malmanoury
- ☐ une station dans la partie aval de la Karouabo

Ces deux stations, situées dans la zone d'influence des nuisances des lancements d'Ariane V, permettront d'évaluer l'impact de ces dernières sur le milieu aquatique.

5 – Bassin de l'Oyapok

- ☐ une station en amont de Camopi, sur une portion non perturbée*,
- ☐ une station en aval de Camopi, ces deux dernières étant regroupées sur la carte,
- ☐ une station sur la rivière Camopi,
- ☐ une station en aval de Saut Maripa, affectée par l'orpaillage*
- ☐ une station en amont de Saut Maripa, affectée par l'orpaillage*, ces deux dernières étant regroupées sur la carte.

(* données hydrologiques disponibles aux niveau de la station ou à proximité)

En bref, les bassins de l'Oyapok et du Maroni ont été retenus en raison de leur importance hydrographique et aussi de leur éloignement géographique qui pourrait éventuellement faciliter la mise en évidence une zonation écologique à l'intérieur de la Guyane.

Le choix du bassin du Sinnamary est justifié par la somme d'informations que l'on tire de son évolution écologique à la suite de la construction du barrage de Petit Saut. Les observations sur la Malmanoury et le Karouabo rendront compte de l'influence spatiale de l'activité aérospatiale et celles sur la Comté de l'activité agricole.

Les contraintes budgétaires et de temps nous obligeront à effectuer une reconnaissance minimale de la variation saisonnière du milieu, de sorte que l'ensemble de ces stations sera visité deux fois au cours d'époques marquées par des situations hydroclimatiques opposées :

- 1 – en fin de période des pluies, juin-juillet,
- 2 – en fin de saison sèche, octobre-novembre.

Les différentes équipes se sont associées pour réaliser des campagnes communes de terrains de sorte à pouvoir ultérieurement croiser sans difficulté les différents résultats physiques, chimiques et biologiques et aussi réduire les coûts de terrain.

Le tableau 1 mentionne pour chacun des fleuves les éventuelles perturbations anthropiques qui touchent les stations étudiées.

Tableau 1 : Descriptions des altérations au niveau des stations d'études.

Fleuve	Stations	Perturbation (1 =non, 2 oui)	Type de perturbations)
Oyapock	Camopi	1	
Oyapock	Fleuve	1	
Oyapock	Saut Maripa	1	
Comté	Lysis	2	Orpaillage
Comté	Loiseau	2	Agriculture
Sinnamary	Takari Tanté	1	
Sinnamary	Saut Lucifer	2	Orpaillage
Sinnamary	Kérenroch	2	Barrage
Karouabo	Pont	2	Effluent industriel
Malmanoury	Pont	1	
Maroni	Grand Inini	1	
Maroni	Petit Inini	2	Orpaillage
Maroni	Saut Sonelle	2	Orpaillage
Maroni	Maripasoula	2	Effluent urbain
Maroni	Langa Tabiki	1	Mixte

2.2 Choix des paramètres

Les variables chimiques ont été sélectionnées de sorte à pouvoir identifier et évaluer autant que faire les altérations anthropiques dont souffrent certaines portions de rivière (tableaux 2 et 3)

Tableau 2 : Paramètres analysés en fonction des altérations possibles.

Matières organiques carbonées, azotées et phosphorées	- pollution domestique - lessivage des terrains enrichis en engrais - terrains déboisés
Activités métaboliques (ΔpH , ΔO_2 , chlorophylle a, phéophytine, transparence des eaux)	- pollution domestique - lessivage des terrains enrichis en engrais - terrains déboisés - activité d'orpaillage (matériaux solides)
Matières en suspension, turbidité	- activité d'orpaillage (matériaux solides)
Salure (conductivité, ions majeurs alcalinité/acidité)	- déboisement (activités minières et agricoles)
Micropolluants minéraux	- activité d'orpaillage - anomalies géochimiques

Tableau 3 : Détail des paramètres analysés.

Mesures de terrain et MES	Température, Conductivité, pH, Oxygène dissous, Turbidité, MES
Les ions	Alcalinité, Chlorures, Sulfates, Ca, Mg, Na, K
Les nutriments	Nitrates, phosphates, silicates
C, N, P organiques	COD, CODox, NOD, POD, COP, NOP
Chlorophylles	Chlorophylle a, Phéopigments, Chlorophylle totale

2.3 Méthodes d'analyses chimiques

Mesures de terrain

Les mesures directes de terrain ont été réalisées autant qu'il a été possible en début de matinée, et en fin d'après-midi de sorte à tenir compte des variations de certains paramètres comme notamment le pH et l'oxygène qui dépendent en partie de l'activité biologique.

L'oxygène dissous (norme NF T 90-031) a été mesuré à l'aide d'un oxymètre WTW OXY 196 ou d'une multisonde YSI-GRANT 3890. Le matériel était étalonné régulièrement à l'aide d'une eau dont la teneur en oxygène avait été préalablement déterminée par la méthode chimique de Winkler.

Le pH (norme NF T 90-008) a été mesuré à l'aide d'une sonde WTW pH 196 ou d'une multisonde YSI-GRANT 3890 après étalonnage fréquent des appareils avec des solutions étalon de pH 4 et 7.

La conductivité (norme NF T 90-031) a été mesurée à l'aide d'un conductivimètre WTW LF196 ou d'une multisonde YSI-GRANT 3890. Les résultats sont exprimés $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

La turbidité a été mesurée a été mesurée par néphélométrie à l'aide d'un turbidimètre bicéphale HACH ou de la multisonde YSI-GRANT 3890, les deux appareils étalonnés avec des suspensions de formazine. Les résultats sont fournis en unités NTU.

Des filtrations, destinées à des mesures et analyses de la matière en suspension des chlorophylles et du carbone, azote et phosphore particuliers, ont été effectuées sur place sur filtres de fibre de verre Watman GFF de porosités comprises 0,5 et 1 μm .

Analyses de laboratoire

L'alcalinité à été mesurée par acidimétrie à l'aide d'une méthode potentiométrique (méthode de Gran, 1952) ;

les sulfates ont été déterminés par turbidimétrie (Krug F.J. et al., 1983) ;

les ions majeurs ont été mesurés par absorption atomique ;

les nitrates ont été déterminés à l'aide de la méthode colorimétrique fondée sur la réaction de Gress après réduction des nitrates en nitrites lors du passage de l'échantillon dans une colonne de cadmium - cuivre (Golterman H., 1969).

Les phosphates ont été analysés par la méthode à l'acide phosphomolybdique réduit (Murphy J. and J.P. Riley, 1962) ;

les silicates dissous ont été analysés par la méthode à l'acide silicomolybdique réduit (Golterman H., 1969) ;

les pigments chlorophylliens ont été déterminés par fluorimétrie selon le protocole préconisé par Loftus M.E. and J.H. Carpenter (1971) ;

le carbone organique dissous (COD) provenant d'eaux filtrées avec des filtres Watman GFF de porosité égale à 0,5 μm , a été mesuré à la fois par un appareil OI-ANALYTICAL (Modèle 1010), (le principe de la mesure reposant sur l'oxydation du carbone organique en CO_2 par le persulfate de potassium puis détermination du CO_2 par spectrométrie infra-rouge) et par oxydation du COD par le bichromate de potassium (Carmouze, 1994.) ;

le carbone organique particulaire, COP, a été également déterminé par la méthode au bichromate (dans ce cas l'analyse porté sur la matière organique recueillie sur les filtres de fibre de verre Watman GFF (porosité 0,5 μm) ;

l'azote et le phosphore organique dissous NOD et POD et **l'azote organique particulaire, NOP** ont préalablement été oxydé respectivement en nitrates et en

orthophosphates par digestion au persulfate (Korolef, 1977), nitrates et orthophosphates produits ont ensuite été analysés selon les méthodes qui viennent d'être citées pour ces deux composés ;

la matière particulaire en suspension a été mesurée par de simples pesées de filtres Watman GFF de porosité égale à 0,5µm., avant et après filtration.

2.4 Calendrier

Le calendrier établi dans le dossier technique a été perturbé et certaines missions ont dû être déplacées.

Par exemple, la mission de juin 1998, prévue sur Sinnamary, pour mettre au point les diverses techniques d'échantillonnage, n'a pu être réalisée qu'en octobre lors de la mission sur la Comté.

Pour des raisons climatiques (pluies abondantes), certains sites n'ont pas pu être échantillonnés lors de la saison sèche de 1998 : l'aval du Maroni (Langa Tabiki), la Malmanoury et la Karouabo. Les 2 premières stations ont été respectivement échantillonnées en octobre et novembre 1999 et la Karouabo en juillet et décembre 1999 (tableau 4).

Tableau 4 : Calendrier des échantillonnages.

Sites	Dates	
	Saison sèche	Saison des pluies
Comté	Du 19/10/98 au 23/10/98	Du 30/06/99 au 02/07/99
Ovapock amont & aval : Camopi et	Du 02/11/98 au 06/11/98	Du 25/05/99 au 29/05/99
Sinnamary amont : Takari Tanté	Du 23/11/98 au 24/11/99	Du 28/07/99 au 29/07/99
Sinnamary amont : Courcibo Lucifer	Du 25/11/98 au 26/11/99	Du 12/07/99 au 13/07/99
Sinnamary aval : Kerenroch	Du 17/12/98 au 18/12/98	Du 07/07/99 au 08/07/99
Maroni amont : Maripassoula et Inini	Du 12/01/99 au 20/01/99	Du 08/06/99 au 17/06/99
Maroni aval : Langa Tabiki	Du 26/10/99 au 28/10/99	Du 02/06/99 au 04/06/99
Malmanoury	Le 23/11/99	Le 20/07/99
Karouabo	Le 15/12/99	Le 22/07/99

Le protocole initial a été, d'une manière générale, respecté. Les missions ont été réalisées en même temps que celles effectuées pour la mise en place de l'indice « Poissons » excepté pour trois sites : Sinnamary, Malmanoury et Karouabo.

4 Résultats

Des travaux antérieurs réalisés sur le Sinnamary, avant la mise en eau du barrage de Petit Saut peuvent nous permettre de réaliser un comparatif avec les données obtenues pour cette présente étude. Nous utiliserons les données de la station Saut Dalles éloignée de toutes pollutions anthropiques et échantillonnées de 1991 à 1994 (valeurs minimales et maximales observées). Il est bien entendu que ces résultats sont donnés à titre informatif car a priori peu adaptés à des fleuves comme le Maroni ou l'Oyapock. Ces derniers sont issus de bassins versants très différents que ce soit en surface ou en qualité (géologie).

Les résultats sont regroupés sous la forme de tableaux et de graphiques.

4.1 Mesures sur le Terrain

Température (tableau 5, figure 1)

Les valeurs de température enregistrées à Saut Dalles sont comprises entre 23,6 et 26,6°C. La figure 1 représente les valeurs obtenues pour les fleuves échantillonnés.

Maroni : Des valeurs plus élevées en saison sèche sont observées à Langa Tabiki, et sur le Tampock. Les mesures effectuées à Langa Tabiki ont été en effet effectuées au mois d'octobre alors que l'ensemble des autres températures ont été relevées au mois de janvier. En saison des pluies, ces deux mêmes station ont des températures maximales légèrement supérieures à celles qui sont enregistrées à Saut Dalles.

Tableau 5 : Mesures effectuées sur le terrain et Matières en suspension.

Stations	Température °C		Conductivité μS/cm		pH		Oxygène mg/l		Oxygène %		Turbidité NTU		MES mg/l	
	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh
Grand Inini	25,8 à 26,3	25,1 à 25,5	39 à 40,1	33-35	6,36 à 6,56	6,2-6,4	7,1 à 7,4	6,5-6,8	89 à 93	80 à 83	19 à 29	27 à 34	17	20
Petit Inini	24,9 à 25,5	24,9 à 25,5	37,2 à 38,6	33	6,34 à 6,36	5,8-6,1	6,4 à 6,5	5,2 à 6,2	80	64 à 77	68 à 88	45 à 64	35	32
Tampock	27,7 à 28,3	25,6 à 27,2	40 à 41	25,5	6,26 à 6,34	6 à 6,2	6,2 à 6,5	6 à 6,4	80 à 85	75 à 80	15 à 16	30	12	19
Saut Sonnelle	25,4 à 25,8	25 à 25,2	35,8 à 36,7	32	6,33 à 6,45	6,4	6,6	6,1 à 6,5	82	75 à 79	37 à 39	31 à 37	23	23
Maripasoula Amont	26,2 à 26,7	26,2 à 26,8	22 à 25	17,5	5,8 à 5,98	5,9 à 6,1	7 à 7,3	6,2 à 6,4	90 à 91	78,6 à 80,4	21 à 39	12 à 15	16	8,5
Maripasoula Aval	25,4 à 25,8	25,9 à 26,2	23 à 25	21,5	6,01 à 6,07	6,1 à 6,2	6,75 à 7	6 à 6,4	84,7 à 88	75,1 à 79,8	33 à 49	21 à 26	25	14
Langa Tabiki	30,8 à 31,2	26,3 à 26,8	24,4 à 25	21	6,1 à 6,7	6,1 à 6,3	6,9 à 7,3	7 à 7,3		88 à 91	10 à 19	30 à 34	21	16
Camopi	27,8 à 28,9	25,1 à 25,6	29,7 à 31,1	23,2	5,34 à 5,95	6,2 à 6,4	6,78 à 7,06	6,3 à 6,9	88 à 93	78,4 à 85	4,5 à 7	14 à 19,5	1,4	6
Oyapok Amont	29,1 à 29,6	25 à 25,8	30,2	21,5	6,05 à 6,25	6,15 - 6,35	6,75 à 7,22	7,1 à 7,6	88,7 à 97,4	88,3 à 94,9	22 à 30	8 à 10	9,5	5,5
Saut Maripa	29,5 à 30,6	25 à 25,6	24,5	18	5,45 à 6,27	6 à 6,3	7,11 à 7,56	7 à 7,6	94,8 à 101,4	87,1 à 93,8	14 à 46	9 à 13	6	5
Comté Lysis	28,9 à 29,6	24,9 à 25,2	30	19,5	6 à 6,4	5,9 à 6,1	6,2 à 6,5	6,9 à 7,1	82 à 85	82 à 83	7,5 à 13	15	5	6,5
Comté Loiseau	29,6 à 30,1	24,8 à 24,9	27,8	21	5,8 à 6,2	6 à 6,1	6 à 6,4	6,9 à 7	80 à 87	82 à 85	9 à 10	23 à 30	1,2	11
Takari Tanté	26,6 à 26,8	25,2 à 25,9	24,9 à 25	22 à 26	5,7 à 5,8	6,3	7,2 à 7,4	7,4 à 7,6	91 à 94	90 à 91	7	7,9 à 8,6	4,5	6
Saut Lucifer	26,9 à 27,6	24,4 à 24,8	26,4 à 26,8	22	5,6 à 5,8	5,9	7,3 à 7,5	7,8 à 8,5	94 à 95	92 à 100	25 à 33	13 à 18	8	22
Kerenroch	27,7 à 28,9	26,8 à 27,2	33,1 à 35,1	28	5,1 à 5,3	5,7	6 à 6,4	6,4 à 6,5	77 à 83	81 à 82	9 à 10	5	2,2	4,5
Malmanoury	27,2 à 28,6	24,3 à 24,4	26 à 34	28	5,4 à 5,5	5,3	2,3 à 4	5,5 à 5,8			3,8 à 4	4,4 à 4,7	2,2	3,5
Karouabo	29,1 à 30	25,5 à 26,3	36 à 38	28	5,45 à 5,55	5,1	2,7 à 4,8	2,2 à 2,9			3,8 à 5,4	2,5	1,1	1,5

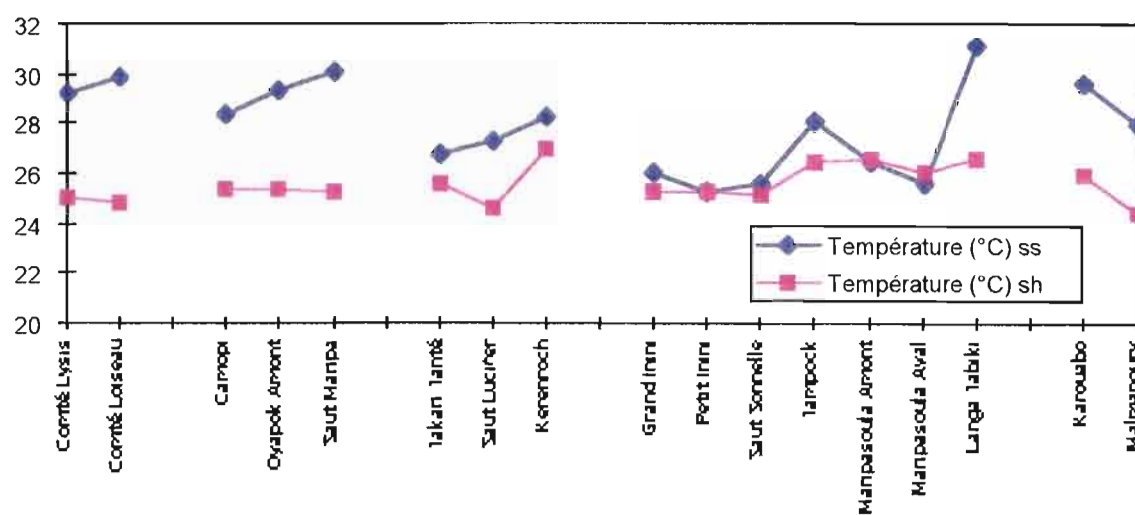


Figure 1 : Valeurs de température (°C) mesurées en saison sèche et saison humide.

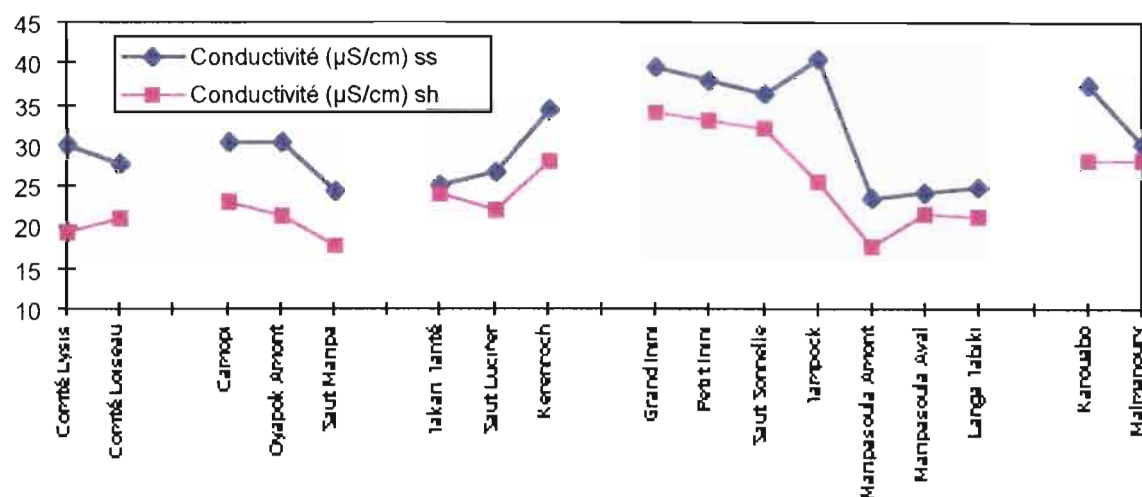


Figure 2 : Conductivité (µS/cm) mesurée en saison sèche et saison humide.

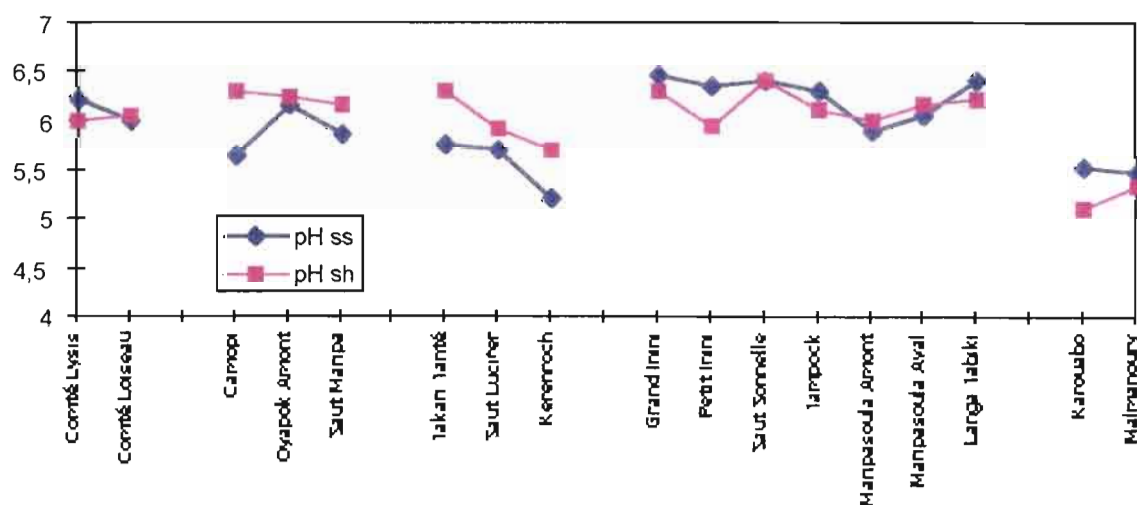


Figure 3 : pH mesuré en saison sèche et humide.

Oyapock : En saison sèche, toutes les valeurs sont supérieures à celles enregistrées à Saut Dalles, elles sont proches de 30°C.

Comté : La température de cette rivière est également élevée par rapport à la station de référence. En saison sèche, elle est proche de 30°C.

Sinnamary : En saison sèche, la température de Saut Lucifer et de Kérenroch est légèrement supérieure à celle enregistrée à Saut Dalles. Kérenroch est influencé par l'eau du barrage très chaude en surface.

Malmanoury-Karouabo : En saison des pluies, les températures restent comparables à celles qui sont enregistrées à Saut Dalles. Par contre en saison sèche, elles sont plus élevées, ce qui s'explique par la faible hydraulicité.

L'ensemble des valeurs obtenues lors de cette présente étude est caractéristique des fleuves de Guyane. Nous notons toutefois une différence de près de 5°C entre les prélèvements de fin de saison sèche et ceux de début de saison sèche. Ces données sont à rapprocher des autres paramètres utilisés pour l'établissement des autres indices, mais ne constituent pas un indice de pollution.

Conductivité (tableau 5, figure 2)

Les valeurs enregistrées à Saut Dalles sont comprises entre 15,3 et 26,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La figure 2 représente les valeurs obtenues pour les fleuves échantillonnés.

Maroni : Les valeurs des affluents du Maroni (Tampock ou Grand et Petit Inini) sont élevées contrairement à celles du fleuve. Les valeurs les plus élevées se trouvent sur le Grand Inini. On constate une légère augmentation de la charge entre Maripasoula Amont et Aval.

Oyapock : En saison sèche, des valeurs légèrement supérieures à celles enregistrées à Saut Dalles sont observées.

Comté : Comme pour l'Oyapock, en saison sèche, des valeurs légèrement supérieures à celles enregistrées à Saut Dalles sont observées.

Sinnamary : On retrouve une valeur de conductivité importante à Saut Lucifer et surtout à Kérenroch. Cette conductivité élevée sur le Sinnamary peut être attribuée pour Saut Lucifer à l'activité d'orpaillage et pour Kérenroch aux eaux issues du barrage de Petit Saut.

Malmanoury-Karouabo : La conductivité est relativement élevée. Ces 2 rivières ne sont toutefois pas influencées par le coin salé au niveau des stations de mesures. Les valeurs plus élevées s'expliquent aisément la stagnation relative des eaux. La décomposition de la matière organique présente dans les eaux est favorisée, libérant des sels minéraux.

Les valeurs supérieures à 30-35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ peuvent être considérées comme « élevées » pour un fleuve continental guyanais, mais ne présentent en aucun cas une incompatibilité avec la vie aquatique. En eau douce, la conductivité est souvent liée aux matières en suspension ou à la turbidité. Il n'y a pas de variations significatives pour un même fleuve d'amont en aval et les valeurs sont en moyenne plus faibles en saison des pluies car liées à la dilution.

pH (tableau 5, figure 3)

A Saut Dalles, les valeurs enregistrées sont comprises entre 5,3 et 7,6. La figure 3 représente les valeurs de pH mesurées en saison sèche et humide.

Maroni : Les valeurs obtenues au niveau des affluents sont équivalentes. On observe une légère acidification au niveau de l'amont de Maripasoula qui diminue progressivement jusqu'à Langa Tabiki.

Oyapock : Les valeurs sont stables et fluctuent peu entre la saison sèche et la saison de pluies.

Comté : Les valeurs sont ici aussi stables, peu de fluctuation sont observées entre la saison sèche et la saison de pluies.

Sinnamary : Nous observons des eaux plus acides en saison sèche à Lucifer.

Malmanoury-Karouabo : Les eaux de ces 2 rivières sont plus acides que le reste des autres fleuves de Guyane.

Le pH, légèrement acide à acide, est caractéristique des eaux guyanaises. Il varie peu et ne semble pas être un indicateur de pollution. Par contre, il peut être plus élevé quand les cours d'eau sont importants et lents car le phytoplancton s'y développe de manière conséquente.

Oxygène dissous (tableau 5, figure 4)

Les valeurs minimales et maximales enregistrées à Saut Dalles sont respectivement de 6,3 à 7,6 mg/l. Les valeurs obtenues pour les fleuves échantillonnés sont représentées dans la figure 4.

Sur le Maroni, dans tous les cas, l'oxygène dissous est supérieur aux maximas enregistrés sur Saut Dalles, sauf sur le Petit Inini en saison de pluies.

En saison sèche, à l'amont et à l'aval de Cacao, les concentrations en oxygène sont également faibles mais tout à fait compatible avec la vie aquatique.

Enfin, Kerenroch est directement lié aux sorties d'eau du barrage.

Il se retrouve à saturation (ou quasi saturation) dans l'ensemble des stations, sauf pour les 2 fleuves côtiers qui se rapprochent plus d'un fonctionnement « littoral ».

Turbidité (tableau 5, figure 5)

Les valeurs enregistrées à Saut Dalles sont comprises entre 5 et 16 NTU. La figure 5 représente les valeurs mesurées sur le terrain.

Maroni : La quasi totalité des stations ont des valeurs supérieures à celles enregistrées à Saut Dalles, sauf Maripasoula en saison des pluies, ce qui montre bien l'influence de l'activité d'orpaillage sur l'ensemble du fleuve.

Oyapock : Des valeurs élevées sont enregistrées sur l'Oyapock amont en saison sèche. Celles sur le Saut Maripa sont très certainement à rapprocher de l'influence de l'onde de marée (observation de terrain).

Comté : Des valeurs élevées enregistrées en aval de Cacao, en saison des pluies, peuvent être liées aux pratiques culturelles mais aussi à l'influence de l'onde de marée.

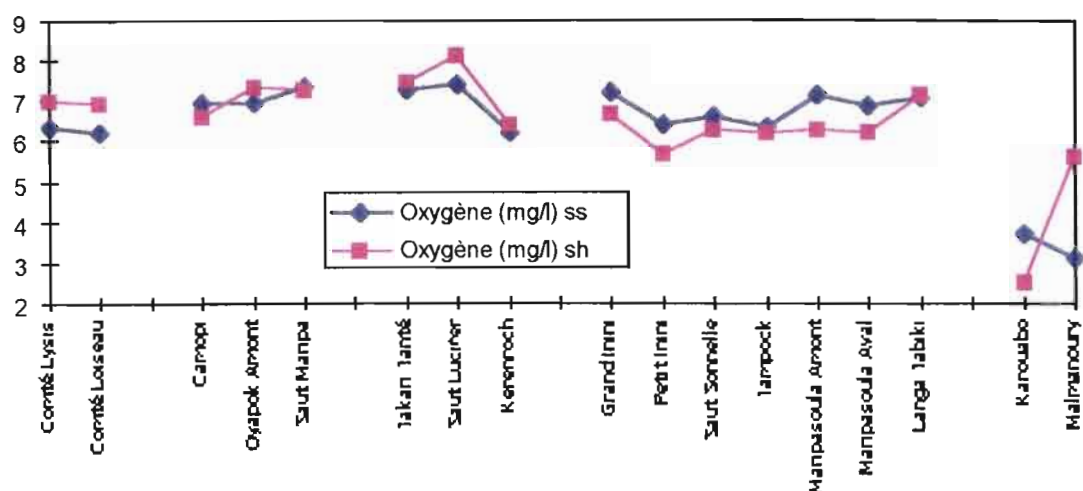


Figure 4 : Oxygène dissous (mg/l) mesuré en saison sèche et humide.

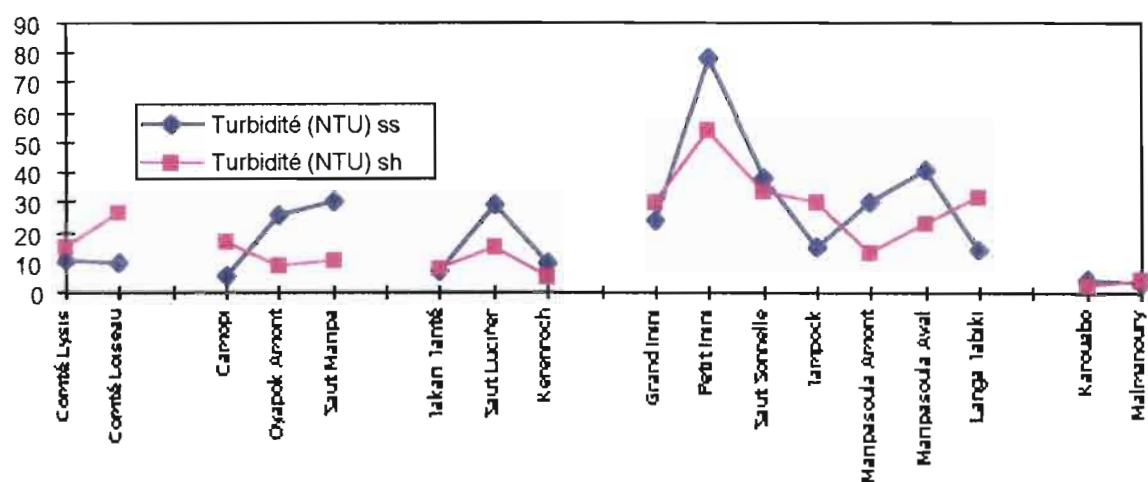


Figure 5 : Turbidité (NTU) mesurée en saison sèche et humide.

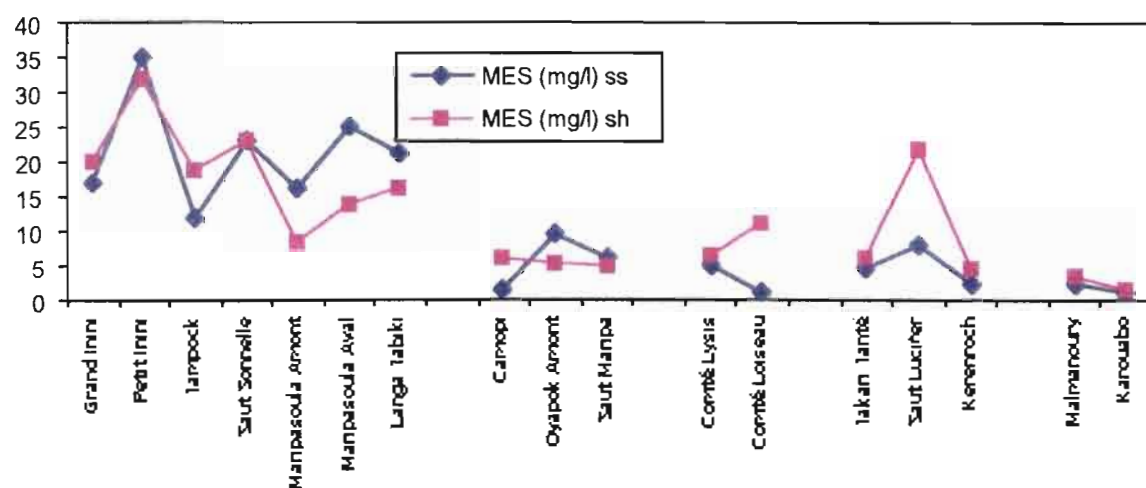


Figure 6: Matières en suspension (mg/l) en saison sèche et humide.

Sinnamary : En saison sèche, des valeurs élevées liées à l'activité d'orpaillage sont observées à Lucifer.

Malmanoury-Karouabo : Les faibles valeurs observées au niveau de ces deux stations sont liées à la faible courantologie.

Matières en suspension (tableau 5, figure 6)

Les valeurs enregistrées à Saut Dalles sont comprises entre 1,0 et 16,4 mg/l.

Maroni : Presque toutes les stations prospectées au-dessus de Maripasoula ont des taux de MES supérieurs aux valeurs citées ci-dessus. En saison sèche, le Grand Inini et le Tampock présentent toutefois des concentrations plus faibles, par contre à l'aval de Maripasoula les MES deviennent importantes.

Lors des 2 missions, le taux de MES à Langa Tabiki est proche ou supérieur à 20mg/l. Sur les autres stations, les valeurs de MES restent élevées sauf à l'amont de Maripasoula en saison des pluies. Elles montrent bien la charge présente sur le Petit Inini et qui influence Saut Sonnelle.

C'est le fleuve le plus chargé en MES traduisant une importante activité d'orpaillage.

Oyapock : La différence avec le Maroni est très importante, les valeurs sont faibles, comprises entre 1,4 et 9,5 mg/l.

Comté : Les valeurs sont très faibles, comprises entre 1,2 à 11 mg/l, avec toutefois une augmentation en saison des pluies. L'influence du bourg de Cacao n'est pas mise en évidence.

Sinnamary : Ces mesures sont caractéristiques d'un fleuve orpaillé sur la branche Courcibo et non orpaillé sur la branche Sinnamary (pour les stations situées en amont de Deux Branches) : il y a 2 fois plus de MES sur le Courcibo à Saut Lucifer que sur la branche Sinnamary à Saut Takari Tanté. En aval du barrage, à Kérenroch, ces valeurs sont de nouveau faibles car dépendantes de la présence de la retenue de Petit Saut. Les plus fortes valeurs n'atteignent toutefois pas celles qui sont mesurées sur le Maroni.

Malmanoury-Karouabo : Les valeurs sont faibles à très faibles, à relier aux mesures de turbidité.

Une étude réalisée sur Langa Tabiki en 1984 et 1985 (Jouanneau & Pujos 1988), période où l'orpaillage était moins actif qu'actuellement, montre que les concentrations supérieures à 20mg/l sont exceptionnelles et donc peuvent traduire une certaine pollution. Cependant Jouanneau & Pujos (1988) concluent à une grande variation saisonnière comprise entre 1 et 2,5 en moyenne mensuelle et entre 1 et 30 en valeurs journalières.

Il est à noter que la turbidité et les MES sont corrélées en saison sèche ($r=0,86$) et en saison des pluies ($r=0,90$).

3.2 Mesure en laboratoire

Ions majeurs (tableau 6, figure 7)

Les ions majeurs, anions et cations sont en relative faible concentration, ainsi les eaux sont généralement très douces ($<1,5^\circ\text{F}$). Les ions majeurs sont à rapprocher des mesures de conductivité, notamment pour les paramètres comme le calcium ($r=0,81$) et le magnésium ($r=0,79$) où pour l'ensemble des eaux, les valeurs obtenues sont corrélées.

Tableau 6 : Ions majeurs en saison sèche et humide.

Stations	Alcalinité µeq/l		Chlorures µmoles/l		Sulfates µmoles/l		Ca µmoles/l		Mg µmoles/l		Na µmoles/l		K µmoles/l	
	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh
Grand Inini	215	142	124	92	35	28	58	40	43	30	183	127	28	19
Petit Inini	253	237	120	75	15	<10	56	46	35	27	197	159	24	17
Tampock	143	150	120	79	55	52	59	51	28	25	155	137	50	44
Saut Sonnelle	209	215	132	83	10	<10	52	44	36	29	161	140	25	21
Maripasoula Amont	110	108	94	54	25	21	36	29	15	13	127	101	31	26
Maripasoula Aval	109	107	56	83	13	<10	20	15	12	9	92	72	38	29
Langa Tabiki	101	90	47	42	<10	<10	14	12	11	9	81	74	24	22
Camopi	162	105	126	90	<10	12	29	23	17	12	173	120	36	27
Oyapok Amont	215	120	102	75	<10	10	38	25	21	16	148	98	41	26
Saut Maripa	195	75	98	97	<10	20	39	30	23	16	144	104	26	19
Comté Lysis	221	145	222	87	<10	10	47	22	32	17	249	114	27	18
Comté Loiseau	195	135	100	107	<10	10	33	31	21	25	161	180	24	20
Takari Tanté	120	115	124	97	<10	<10	30	25	15	13	126	110	23	20
Saut Lucifer	113	75	140	141	<10	<10	27	21	13	11	154	133	27	27
Kerenroch	151	125	137	114	<10		35	30	18	16	141	123	31	31
Malmanoury	63	58	131	124	66	53	49	41	24	19	157	148	24	19
Karouabo	163	132	127	108	22	15	44	41	29	24	167	133	21	18

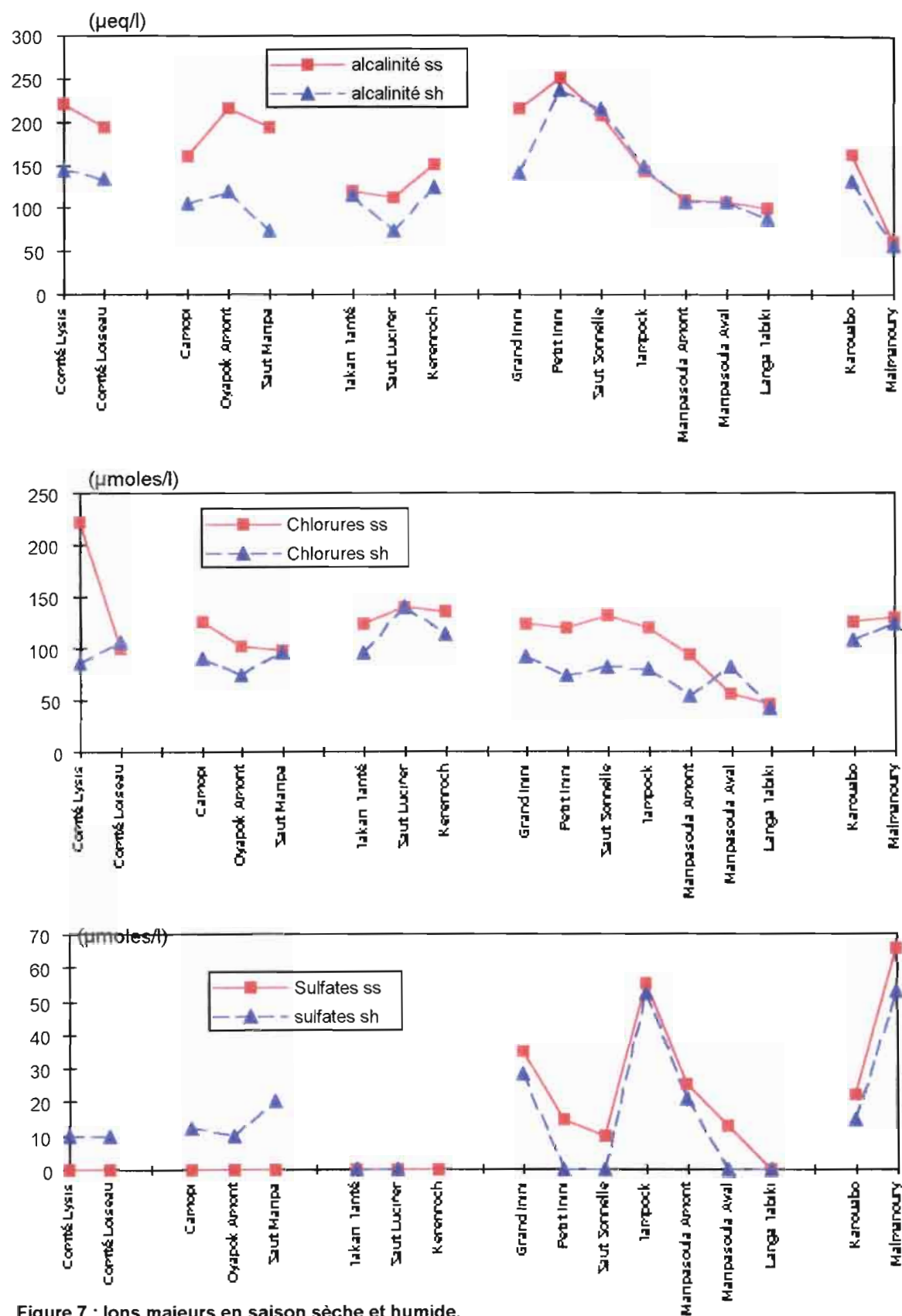


Figure 7 : ions majeurs en saison sèche et humide.

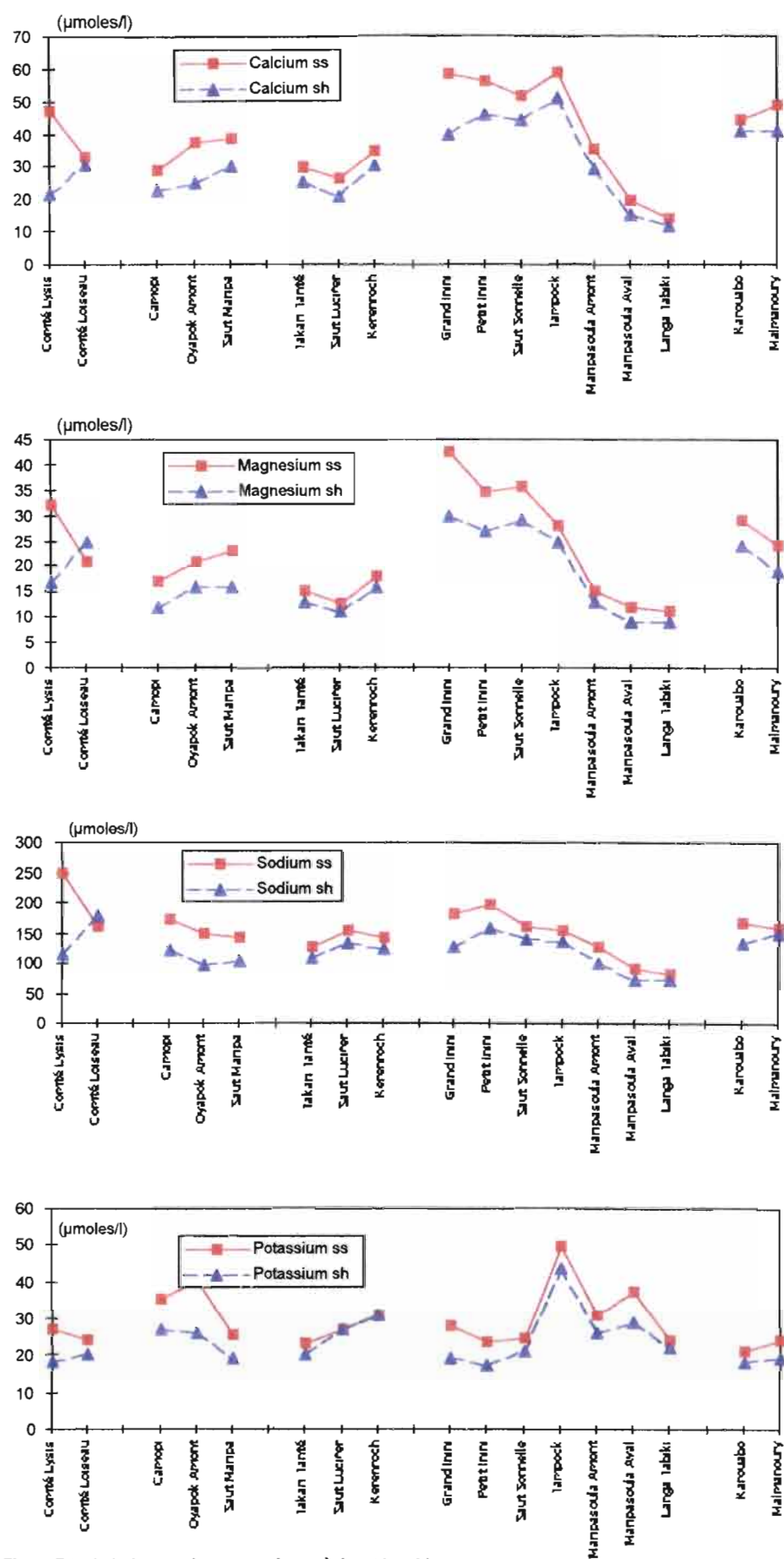


Figure 7 (suite) : ions majeurs en saison sèche et humide.

Pour le Maroni, l'ensemble est original car il reçoit les « Inini » qui sont parmi les cours d'eau les plus minéralisés, et, on observe des valeurs plus faibles à Maripasoula qui est situé en aval. Le débit du Maroni est suffisant pour que l'effet des « Inini » ne se fasse pas sentir à ce niveau.

On observe une particularité pour les sulfates au niveau du Tampock. Y aurait-il des particularités au niveau géologiques?

Nutriments (tableau 7, figure 8)

Les sels nutritifs, comme les nitrates ou les phosphates, présentent des concentrations très faibles voire nulles (pas de phosphates en saison sèche sauf à Langa Tabiki).

Stations	NO ₃		PO ₄		SiO ₄ H ₄	
	ss	μmoles/l sh	ss	μmoles/l sh	ss	μmoles/l sh
Comté Lysis	9,1	10,2	<0,05	0,05	88	95,1
Comté Loiseau	7,3	8,2	<0,05	0,05	99	115,7
Camopi	7	9,5	<0,05	0,05	108	113
Oyapok Amont	6,1	5,2	<0,05	0,05	70	73
Saut Maripa	9,6	11	<0,05	0,05	108	125
Takari Tanté	7	4,7	<0,05	0,05	106	129
Saut Lucifer	4,8	6,5	<0,05	0	67	72
Kerenroch	2,1	0,3	<0,05	0	89	107
Grand Inini	6	8,6	<0,05	0,1	117	129,4
Petit Inini	5	8,3	<0,05	0,1	123	137
Saut Sonnelle	4,9	8,2	<0,05	0,1	122	135,5
Tampock	6,9	6,9	<0,05	0,1	111	113,5
Maripasoula Amont	3,9	7,2	<0,05	0,1	81	84,8
Maripasoula Aval	7,5	7,8	<0,05	0,05	89	100,7
Langa Tabiki	8,5	8,6	0,05	0,05	93	113,5
Karouabo	3	1,7	<0,05	0	54	50,3
Malmanoury	4,3	4,1	<0,05	0	52	42,3

Tableau 7 : Nutriments en saison sèche et humide.

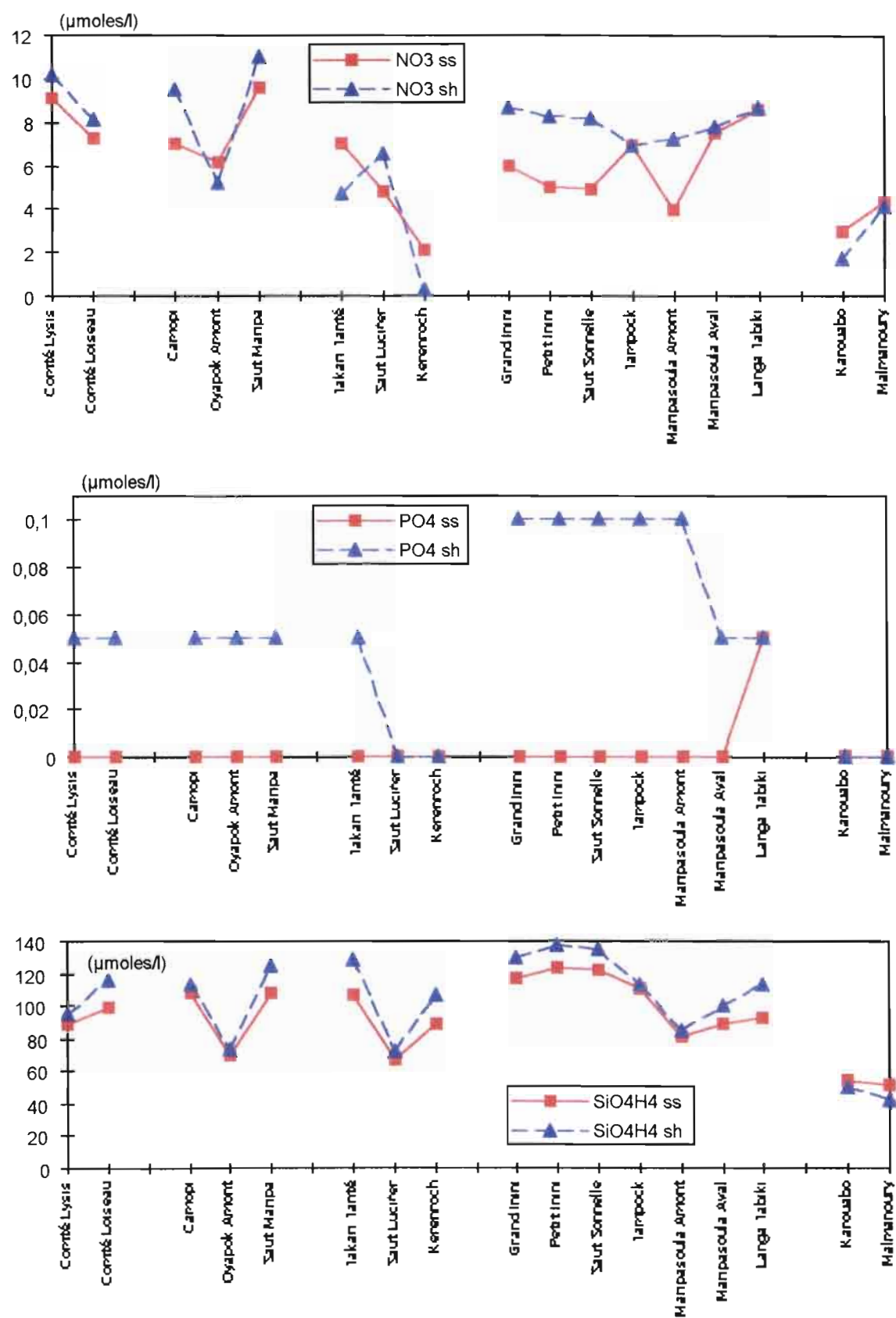


Figure 8 : Nutriments en saison sèche et humide.

Carbone, azote et phosphore organique (tableau 8, figure 9)

Le carbone organique dissous est relativement abondant, surtout au niveau du Maroni en saison sèche. Dans l'ensemble l'essentiel du carbone organique se trouve sous forme dissoute (cf. rapport COD/COP). Il en est de même pour l'azote organique (cf. rapport NOD/NOP). L'essentiel du matériel dissous provient du ruissellement lié aux pluies, l'orpaillage émettant essentiellement des rejets d'origine minérale (la couche organique de surface étant décapée depuis longtemps ou en relative faible quantité par rapport au substrat minéral). Il est intéressant d'observer une nette augmentation du carbone organique dissous entre la saison humide et la saison sèche sur le Maroni (excepté à Langa Tabiki) semble-t-il à relier avec la diminution relative des nitrates et la disparition des orthophosphates. Dans le même temps, la chlorophylle augmente. Le phytoplancton pourrait en être responsable.

L'azote organique dissous et le phosphore organique dissous sont en faible concentration.

Chlorophylles (tableau 9, figure 10)

Les phéopigments chlorophylliens sont des pigments normalement présents dans le phytoplancton. Ils diffèrent des pigments chlorophylliens par l'absence du noyau magnésium dans la molécule de chlorophylle. En règle générale, le résultat obtenu donne un pourcentage inférieur ou égal à 20 % de phéopigments, par rapport à la somme chlorophylle + phéopigment. Au-delà, on considère qu'il y a dégradation de la chlorophylle (perte du noyau Mg) ce qui correspond à des populations phytoplanctoniques stagnantes, dégénérantes voire moribondes (populations algales en mauvais état et d'autant plus dégradées que le % augmente).

Tableau 8 : Carbone, azote et phosphore.

Stations	COD μmoles/l		COD _{ox} μmoles/l		NOD μmoles/l		POD μmoles/l		COP μmoles/l		NOP μmoles/l	
	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss	sh	ss m	sh
Grand Inini	902	633	710	535	38	32	0,40	0,20	128	132	12,1	9,3
Petit Inini	676	507	618	500	31	42	0,25	0,35	268	217	22,1	14,3
Tampock	765	593	690	543	30	48	0,30	0,85	86	96	7,9	6,4
Saut Sonnelle	837	580	751	546	37	28	0,50	0,30	163	100	13,6	9,3
Maripasoula Amont	745	525	670	493	36	32	0,30	0,35	158	99	14,3	7,1
Maripasoula Aval	758	540	667	468	32	25	0,30	0,25	238	117	19,3	7,1
Langa Tabiki	337	575	319	406	17	28	0,20	0,85	178	293	12,1	17,1
Camopi	437	382	430	406	26	43	0,45	0,55	152	179	13,6	13,6
Oyapok Amont	396	403	408	437	25	19	0,35	0,45	79	129	7,9	12,9
Saut Maripa	274	334	300	300	15	16	0,10	0,20	88	129	9,3	10,7
Comté Lysis	342	316	353	325	17	8	0,10	0,05	63	137	5,0	12,1
Comté Loiseau	315	383	309	402	16	13	0,10	0,10	82	199	4,3	16,4
Takari Tanté	397	285	410	310	22	9	0,10	0,10	98	108	7,1	7,1
Saut Lucifer	422	425	420	420	21	3	0,05	0,10	192	98	13,6	7,1
Kerenroch	478	533	471	480	26	28	0,05	0,00	210		13,6	
Malmanoury	480	417	466	400	13	11	0,05	0,05	175	97	15,0	7,9
Karouabo		350	405	385	12	13	0,05	0,05	178	148	12,1	12,9

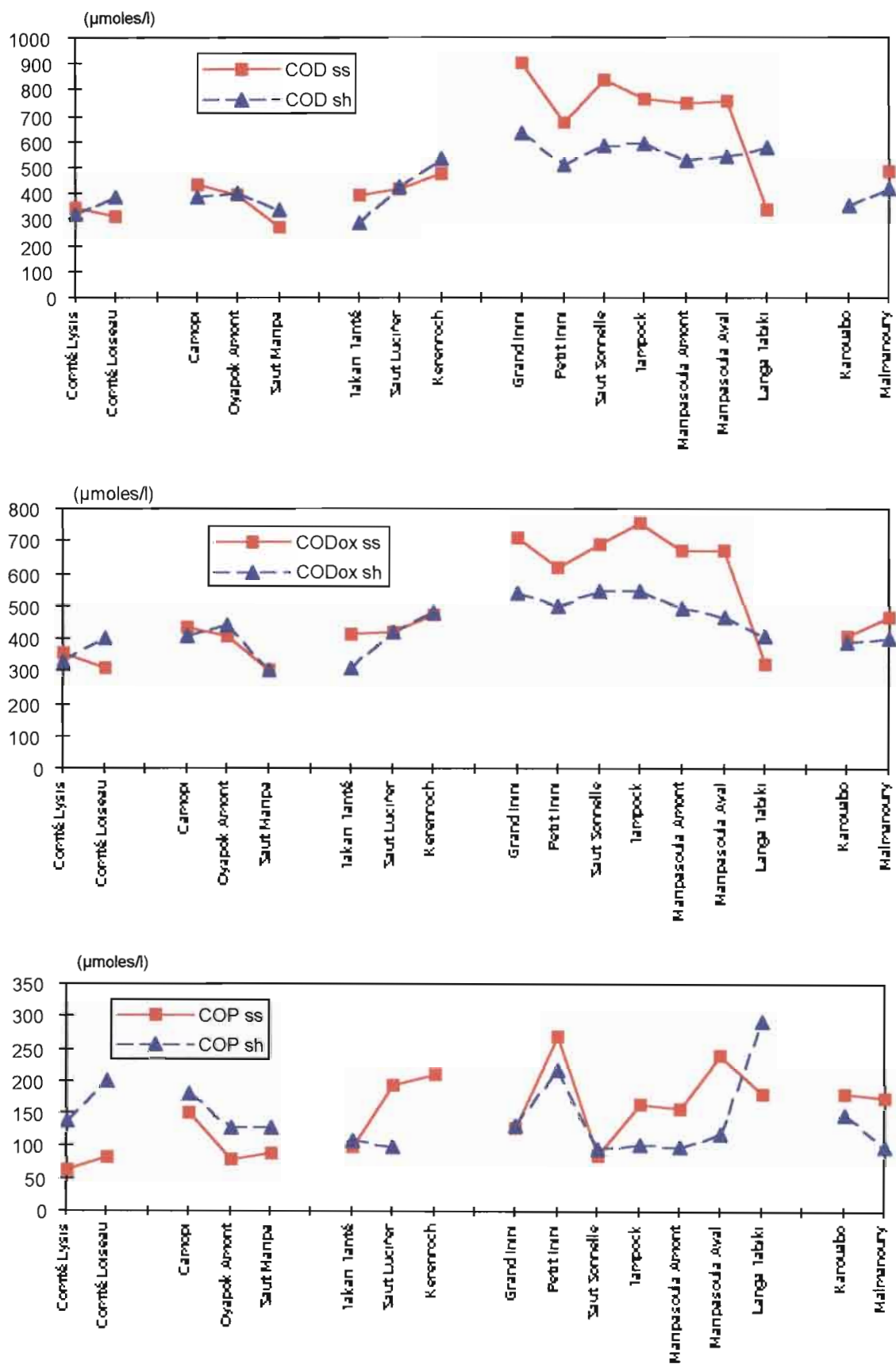


Figure 9 : Carbone, azote et phosphore en saison sèche et humide.

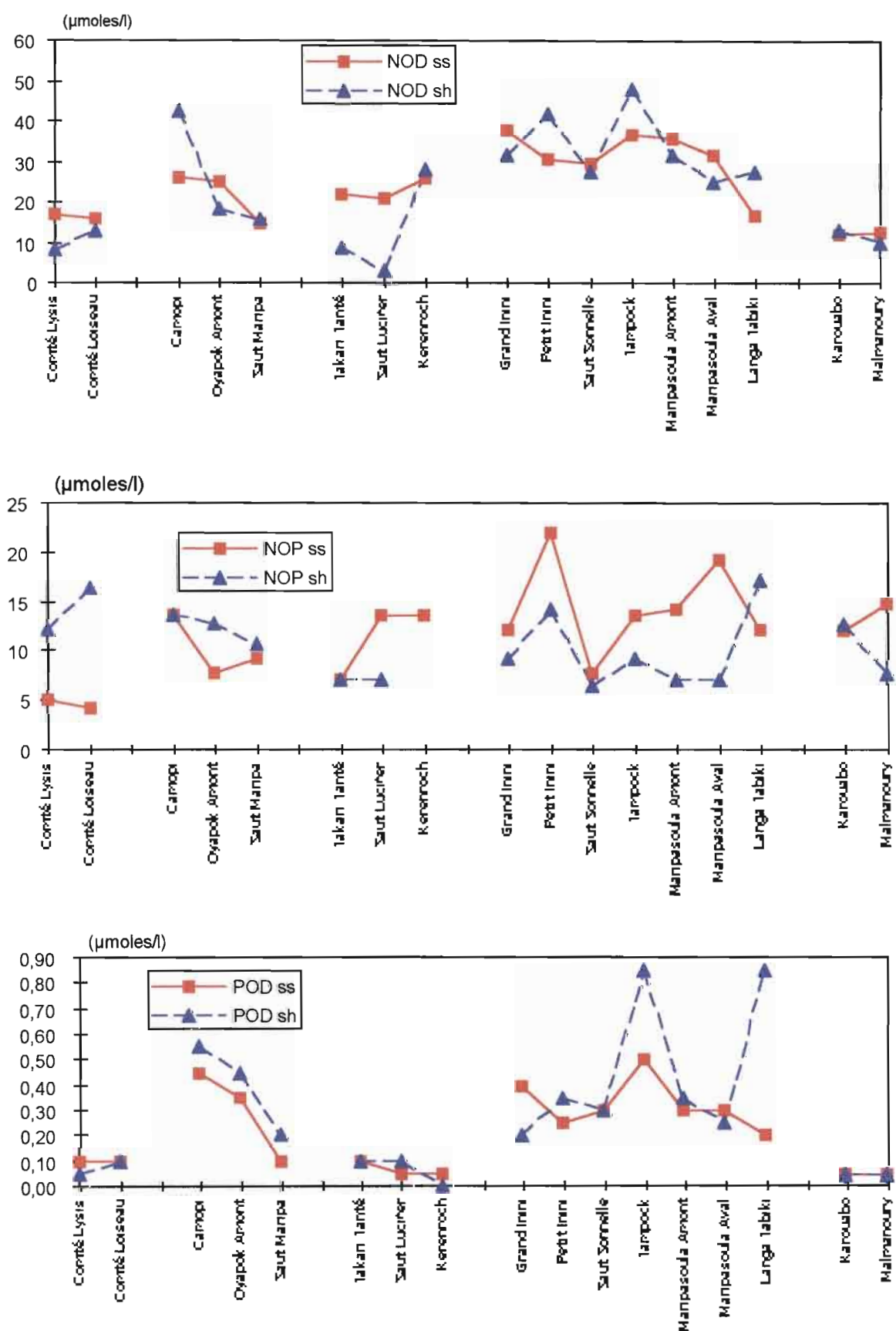


Figure 9 (suite) : Carbone, azote et phosphore en saison sèche et humide.

Stations	Chlorophylle a (µg/l)		Phéopigments (µg/l)		Chlorophylle totale (µg/l)	
	ss	sh	ss	sh	ss	sh
Grand Inini	0,31	0,28	1,00	1,20	1,31	1,48
Petit Inini	0,64	0,46	0,77	1,26	1,41	1,72
Tampock	1,24	0,19	1,26	0,77	2,50	0,96
Saut Sonnelle	0,89	1,00	0,98	1,84	1,47	2,84
Maripasoula Amont	1,82	0,38	1,79	1,76	3,61	2,14
Maripasoula Aval	2,75	0,22	3,00	1,10	5,75	1,32
Langa Tabiki		0,22		0,74		0,96
Camopi	0,32	7,26	1,95	5,52	2,27	12,78
Oyapok Amont	0,25	0,24	1,36	1,39	1,61	1,63
Saut Maripa	0,90	0,26	3,69	1,35	4,59	1,61
Comté Lysis	0,47	0,22	0,90	0,58	1,37	0,80
Comté Loiseau	2,19	0,24	0,50	1,02	2,63	1,26
Takari Tanté	0,23	0,13	0,65	0,50	0,88	0,63
Saut Lucifer	0,43	0,20	0,34	1,09	0,77	1,29
Kerenroch	0,95	22,00	10,55	9,00	11,50	31,00
Malmanoury	0,12	0,11	1,20	1,25	1,32	1,36
Karouabo	0,10	0,10	0,70	0,98	0,80	1,08

Tableau 9 : Chlorophylles en saison sèche et humide.

Dans l'ensemble, les concentrations en chlorophylle a sont faibles et aucune station ne possède des concentrations en phéopigments montrant une population phytoplanctonique saine sauf la station à l'aval de la Cacao qui est peut-être lié à un excès d'engrais rejeté dans le fleuve.

Au niveau de la chlorophylle totale nous notons à Kérenroch, une augmentation en saison des pluies, très certainement liée à une évacuation plus importante des eaux épilimniques du barrage, ainsi qu'à Camopi en saison des pluies. Enfin, à Maripasoula l'augmentation observée en saison sèche peut être liée à la consommation des nutriments.

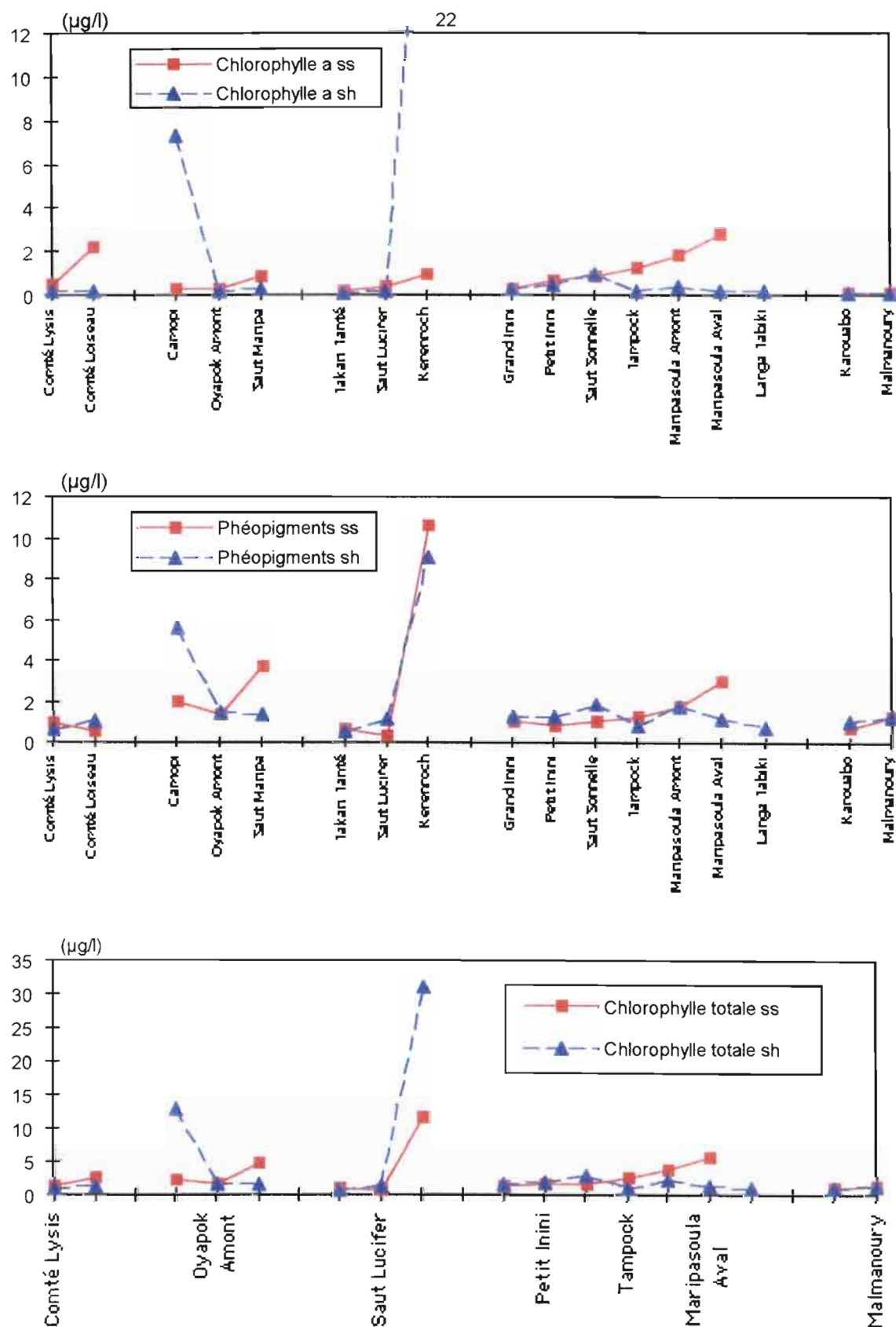


Figure 10 : Chlorophylles en saison sèche et humide.

3.3 Traitements statistiques

Dans un 1^{er} temps, nous avons réalisé une AFC (Analyse multifactorielle des correspondances) sur l'ensemble des paramètres en saison sèche et en saison des pluies afin de travailler par la suite sur les plus discriminatifs. Nous avons donc analysé la température, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous, la turbidité, les matières en suspension (MES), le Carbone Organique Dissous et Particulaire (COD et COP), l'Azote Organique Dissous et Particulaire (NOD et NOP), le Phosphore Organique Dissous (POD), l'Alcalinité, les Chlorures, les Sulfates, le Calcium, le Magnésium, le Sodium, le Potassium, la Chlorophylle a, totale et les Phéopigments, les Nitrates, les Orthophosphates, la Silice ainsi que les rapports COD/COP, NOD/NOP, COD/NOD, COP/NOP.

Cette analyse a été réalisée pour les données collectées en saison sèche (S) et en saison humide (H).

Peu de paramètres se révèlent discriminants, la plupart étant centrés. (figures 11 et 12).

Les suivants se dégagent et semblent exprimés quelques différences : la température, les matières en suspension (MES), les Sulfates, l'Azote Organique Dissous (NOD), COD/NOD, NOD/NOP, COD/COP, la Chlorophylle totale.

L'analyse sur les stations pose le même problème, aucune n'étant particulièrement discriminée (figures 13 et 14). L'ensemble des données (paramètres et stations) sont réunis dans les figures 15 et 16.

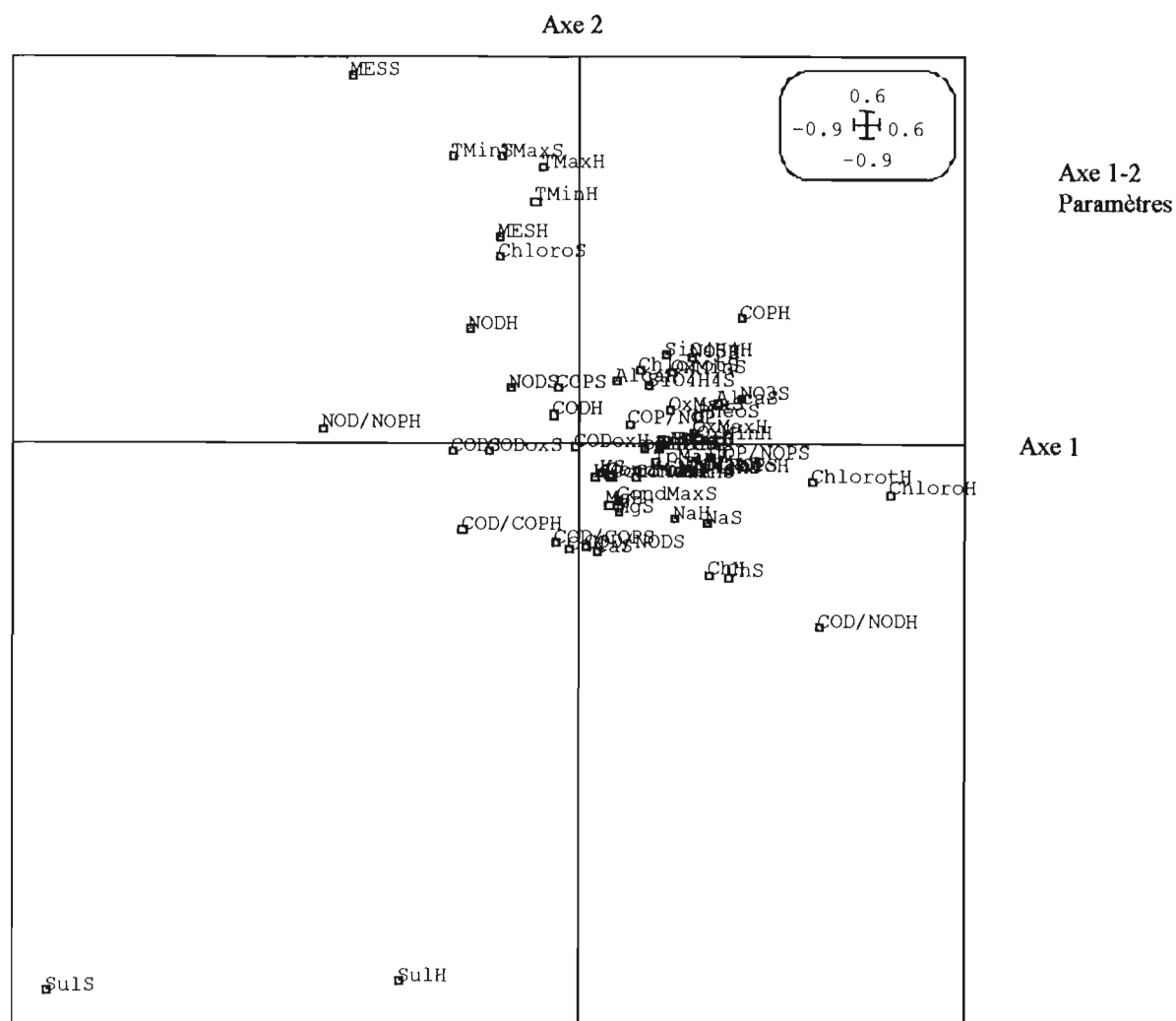
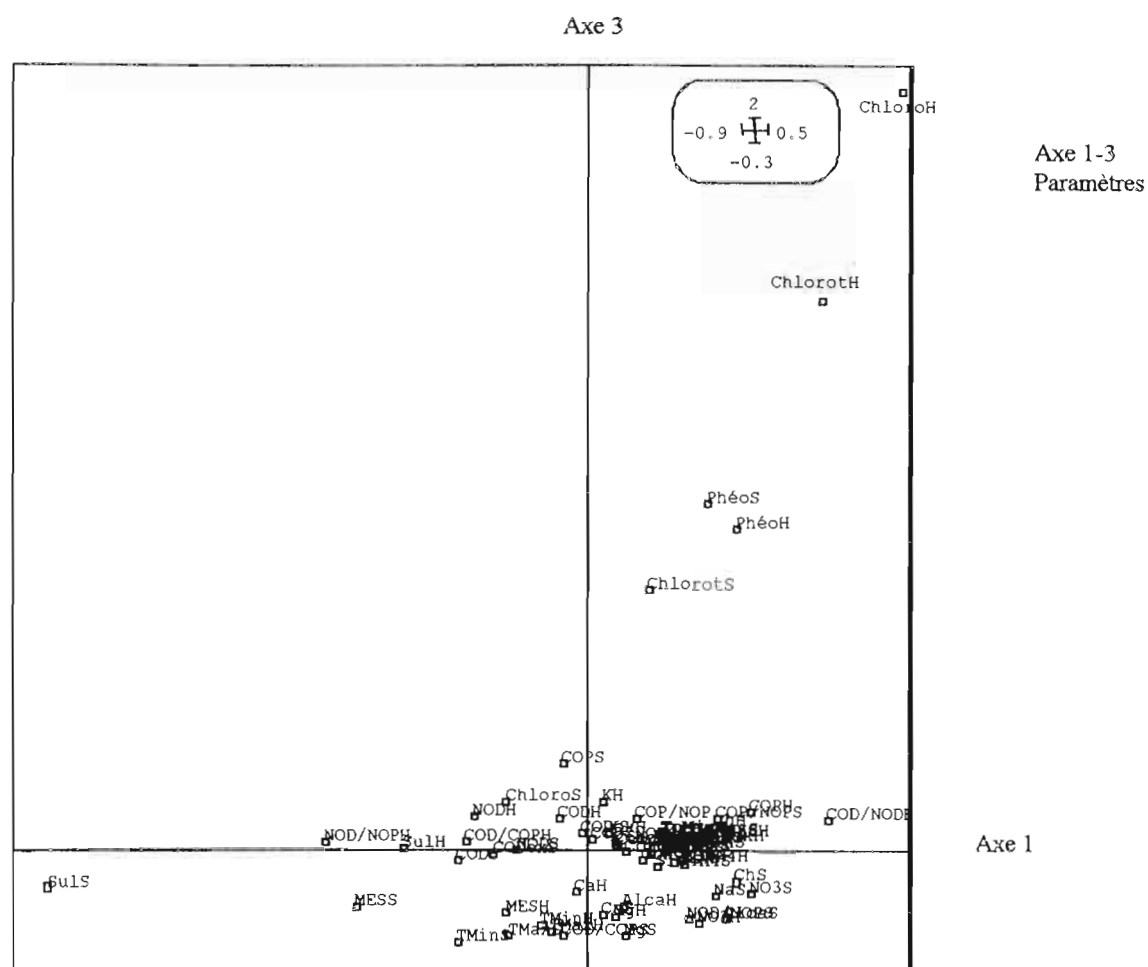


Figure 11 : AFC, axe 1-2 sur les paramètres.



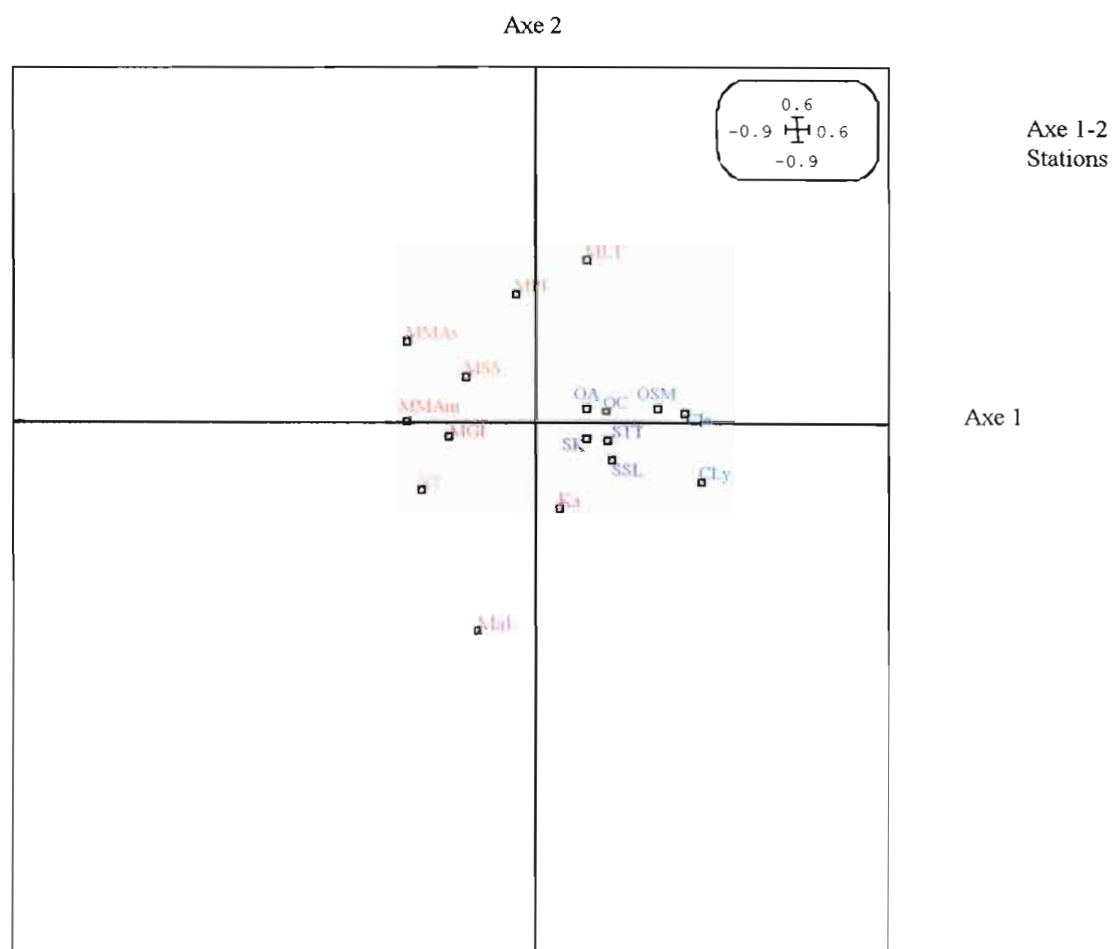


Figure 13 : AFC, axe 1-2 sur les stations.

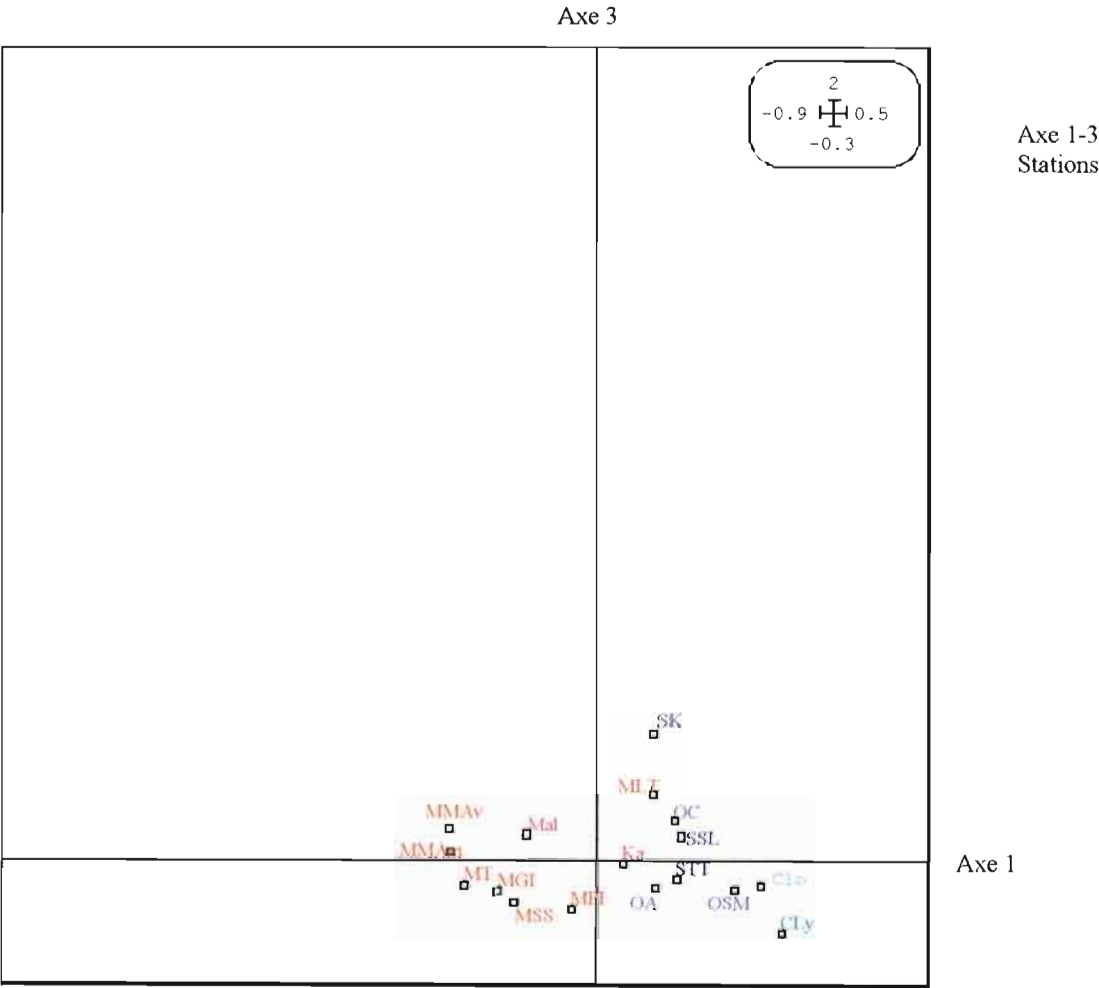


Figure 14 : AFC, axe 1-3 sur les stations.

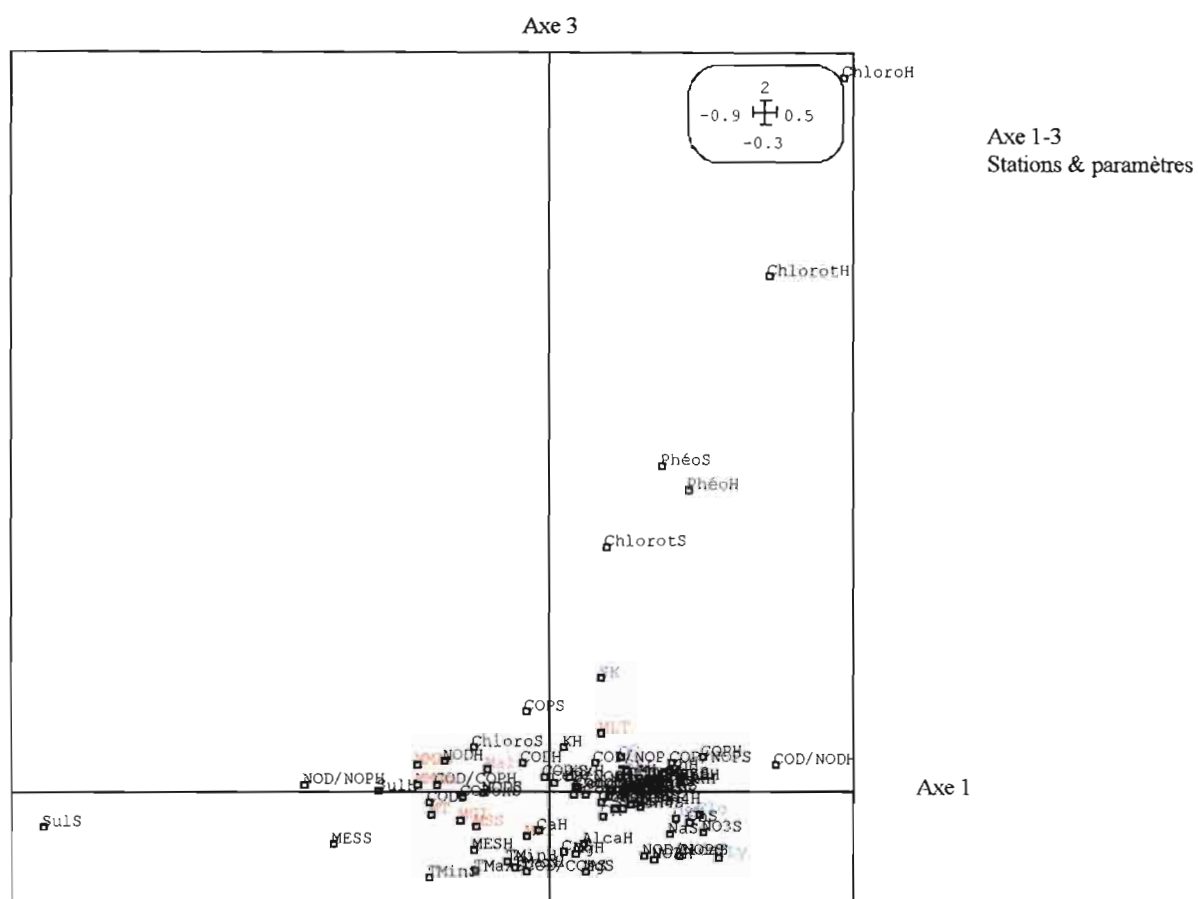


Figure 16 : AFC, axe 1-3 stations et paramètres.

4 Conclusions

Les données obtenues lors de ces deux campagnes de mesures montrent, comme des études antérieures (Humbel, 1989 ; Richard, 1996 ; Richard et al., 1997) que la composition chimique des eaux présente les caractéristiques suivantes :

- Elles sont très faiblement minéralisées ; les conductivités restent inférieures à $50 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, et sont peu variables d'une saison à l'autre d'un fleuve à un autre. Parmi les anions prédominant à part sensiblement égale les bicarbonates et les chlorures tandis que le sodium est la forme cationique la plus abondante. Les eaux sont généralement 10 à 20 % plus concentrées en saison humide qu'en saison sèche.

- Les eaux sont légèrement acides, le pH ne dépasse pas la valeur de 6,5, tandis qu'il descend à 5,1.

Les valeurs d'oxygène sont remarquablement constantes, à la fois dans l'espace et dans le temps, à l'exception des deux rivières côtières étudiées, Karouabo et Malmanoury, qui sont certainement influencées par les effets de l'onde de marée, les eaux étant régulièrement stagnantes. Ces valeurs sont légèrement sous-saturées (valeur de saturation moyenne : 83% pour $27,1^{\circ}\text{C}$ de température moyenne). En milieu forestier, cette situation est commune la décomposition de la matière organique provenant du lessivage des sols est plus importante que la production primaire phytoplanctonique.

L'activité biologique est faible dans les eaux, en effet les variations de pH et d'oxygène sont faibles entre le début de la matinée et la fin de l'après-midi avec respectivement pour le pH : 6,16 et 6,35 et pour l'oxygène 7,0 et 7,6 mg/l (fleuve Oyapock, mai 1999).

Les concentrations de phosphates sont très faibles, inférieures à $0,1 \mu\text{moles/l}$. Le recyclage dans le milieu forestier de cet élément est très efficace et son exportation très limitée. Les composés azotés sont représentés par les nitrates, les nitrites et l'ammonium présent à de très faibles concentrations à la limite de détection de nos méthodes chimiques. Les concentrations de nitrates restent faibles (de 4 à $10 \mu\text{moles/l}$), loin des teneurs qui peuvent présenter un danger pour la santé humaine.

Les valeurs de turbidité et de suspensions solides (MES) sont généralement faibles (de l'ordre respectivement de 10-30 UTU et de 5-15 mg/l) mais deviennent élevées dans les sous-bassin touchés par l'activité d'orpaillage. Les valeurs montent à 70-80 NTU pour la turbidité et à 35 mg/l de MES dans le Petit Inini fortement orpaillé. Pour l'ensemble des données obtenues, la corrélation entre les MES et la turbidité est de 0,86 en saison sèche et de 0,90 en saison humide.

La matière organique véhiculée par les fleuves en provenance essentiellement des sols lessivés est 3 à 5 fois plus abondante sous forme dissoute que sous forme particulaire (dans cet environnement forestier, ce sont les substances humiques qui sont certainement prédominantes). Elle a tendance à être

plus élevée sur le fleuve Maroni, en amont de Maripasoula. La plus forte activité anthropique dans cette région pourrait être la cause d'une plus forte exportation de la litière organique des sols.

Quelques différences apparaissent donc au niveau de la composition ionique, mais ne jouent probablement aucun rôle dans la distribution des communautés d'organismes. L'altération liée à l'orpaillage est nettement différenciée par l'analyse de la turbidité ou des matières en suspension et doit affecter la biocénose.

Remerciements : Toutes les personnes ayant participé à l'étude sont chaleureusement remerciées, notamment l'équipe du laboratoire Environnement HYDRECO (V. Horeau, C. Reynouard, R. Vigoureux, J. Valère), l'ADSPS (C. Pache), et l'équipe du laboratoire d'hydrobiologie de l'IRD de Cayenne pour la collecte des données sur le terrain ; et J.P. Carmouze pour les analyses en laboratoire.

Références bibliographiques

Carmouze, J.P., 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Edgar Blusher, São Paulo, 254 p.

Golterman H. (1969). Methods for chemical analysis of fresh water. IBP Handbook n° 8 Blackwell Scientific Publication. Oxford and Edinburg, 172 p.

Gran G. (1952). Determination of the equivalent point in potentiometric titrations. Part II Analyst 77, 661-671.

Humbel H.X. (1989). Qualité et dynamique des eaux fluviales de Guyane française. *Rapport O.R.S.T.O.M.* Cayenne, 40p.

Koroleff, F. (1977). Simultaneous persulphate oxidation of phosphorous and nitrogen compounds in water. In: K. Grasshoff, Report of the Baltic Intercalibration Workshop. Annex. Interim. Commission for the Protection of the Environment of the Baltic Sea, pp. 52-53.

Krug F.J., E.A.G. Zagatto, B.F. Reis, O. Bahia Fo and A.O. Jacintho (1983). Turbidimetric determination of sulfate in plant digests and natural waters by flow injection analysis with alternating streams. *Analytica Chimica Acta*, 145: 179-187.

Loftus M.E. and J.H. Carpenter (1971). A fluorometric method for determining Chlorophylls *a*, *b* and *c*. *J. Mar. Res.* 29 : 319-338

Lorenzen C.F. (1967). Determination of chlorophyll in pheopigments : spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 16 : 990-992.

Murphy J. and J.P. Riley (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27: 31-36.

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. - Thèse d'Université, Aix - Marseille I, 278p.

Richard S., Arnoux A. & P. Cerdan P. (1997). Evolution de la qualité physico-chimique des eaux de la retenue et du tronçon aval depuis le début de la mise en eau du barrage de Petit Saut, *Hydroécol. Appl.*, 1-2: 57-83.

Solorzano L. (1969). Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.* 14: 799-801.

ANNEXE 3

**Evaluation de la qualité des eaux des rivières de Guyane
française à l'aide des communautés de diatomées
benthiques.**

Michel COSTE

Évaluation de la qualité des eaux des rivières de Guyane française à l'aide des communautés de diatomées benthiques

Essai de mise au point d'un indice diatomique

Michel COSTE

Département Gestion des Milieux Aquatiques
Unité de Recherche Qualité des Eaux
50, avenue de Verdun
33612 CESTAS Cedex
Tél. 05 57 89 08 00 - Fax 05 57 89 08 01

Etude n° 63
Décembre 2000

SOMMAIRE

	Page
I – INTRODUCTION	1
	2
II – MATERIEL ET METHODES	
II – 1 Les sites de récoltes	2
II – 2 Echantillonnage, préparation comptage	4
II – 3 Calculs d'indices	4
II – 4 Utilisation des caractéristiques autécologiques ou biogéographiques	5
II – 5 Elaboration d'un indice diatomique spécifique	5
	7
III – PRINCIPAUX RESULTATS	
III – 1 Floristique et biogéographie	7
III – 2 Diversité et richessé spécifique	9
III – 3 Répartition biogéographique	10
III – 4 Traitement des données	12
III – 5 Application des méthodes indicielles	14
III – 5 . 1 Application de l'IDG	14
III – 5 . 2 Application de l'ISG	14
	17
IV – CONCLUSIONS	
<i>Références bibliographiques</i>	18
<i>Cartes des qualités d'eau établies à partir des indices diatomiques</i>	21
<i>Annexes</i>	26

II - MATERIEL ET METHODES

II - 1 Les sites de récoltes

Le choix des stations, décidé collégialement, a été limité, en raison des coûts logistiques, à une trentaine de sites répartis sur les secteurs amont et aval de 4 grands cours d'eau représentatifs des principaux bassins guyanais (Maroni, Sinnamary, Comté, Oyapock) et leurs affluents.

Liste des relevés examinés dans le cadre de l'étude.

N°	PREP.	DATE	CODE	SITE RIVIERE	St.
1	10507	03/06/99	LANH	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	1
2	10528	27/10/99	LANS	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	1
3	9736	20/01/99	MPVS	MARIPASOULA aval village(9678-81)	2
4	10527	20/06/99	MPVH	MARIPASOULA aval MARONI	2
5	10526	13/06/99	MPMH	MARIPASOULA V. Horeau	3
6	9735	18/01/99	MPMS	MARIPASOULA(9672-76) am. Inini	3
7	10524	08/06/99	SSOH	SAUT SONELLE V.Horeau	4
8	9731	13/01/99	SSOS	SAUT SONELLE(9651-52 9654-55)	4
9	10522	10/06/99	PINH	PETIT ININI V. Horeau	5
10	9733	15/01/99	PINS	PETIT ININI(9661+63)	5
11	10521	10/06/99	GINH	GRAND ININI V. Horeau	6
12	10523	18/06/98	GINH	GRAND ININI V. Horeau	6
13	9732	14/01/99	GINS	GRAND ININI(9656-58+60)	6
14	10525	12/06/99	TAMH	TAMPOCK V. Horeau	7
15	9734	16/01/99	TAMS	TAMPOCK(9665-70)	7
16	10508	13/07/99	GENH	GENIPA-BONNE NOUVELLE P. Saut	8
17	10512	28/06/99	PSAH	PETIT-SAUT S16	9
18	10531	28/06/99	PSAH	PETIT-SAUT A. Dauta	9
19	10530	08/07/99	KERH	KERENROCK SINNAMARY aval VH	10
20	9647	16/12/98	KERS	KERENROCK SINNAMARY aval	10
21	10511	26/06/99	COUH	COURCIBO-LEBLONC V. Horeau	11
22	10534	25/11/99	COUS	COURCIBO A. Dauta	12
23	9646	26/11/98	TKTS	TAKARITANTE SINNAMARY AM.	13
24	10529	28/07/99	TKTH	TAKARITANTE SINNAMARY V. Horeau	13
25	10510	12/07/99	SLUH	SAUT LUCIFER (V.H)	14
26	10533	25/11/99	SLUS	SAUT LUCIFER A. Dauta 10379-81	14
27	10506	20/07/99	MALH	MALMANOURY (VH)	16
28	10520	22/11/99	MALS	MALMANOURY V. Horeau	16
29	10517	15/12/99	KARS	KAROUABO (VH)	17
30	10509	22/07/99	KARH	KAROUABO (VH)	17
31	10515	02/07/99	COVH	COMTE Aval	20
32	9447	21/10/98	COVS	COMTE Av. S2 bouee rose carbet)	20
33	9449	21/10/98	COVS	COMTE av.Pointe Diamant m.m.	20
34	9456	22/10/98	COVS	COMTE st.3 bouee Degrad	20
35	10514	01/07/99	COMH	COMTE amont	21
36	9440	19/10/98	COMS	COMTE S1 am. Carbet site pêche	21
37	9445	20/10/98	BAGO	CRIQUE BAGOT	21
38	9439	20/10/98	COMS	COMTE S1 Am. carbet Lysis seuil	21
39	9188	24/10/97	ORVS	ORAPU av. Auberge Coruna bouee 2	22
40	9437	06/06/98	ORVH	ORAPU av.S13 Fourgassie Degrad	22
41	9435	06/06/98	ORMH	ORAPU amont S11	23
42	9172	29/10/97	ORMS	ORAPU AMONT S11 mb vl	23
43	9424	03/06/98	CNVH	COUNANA av. S1 bouee	24
44	9148	24/10/97	CNVH	COUNANA AVAL S1 bmc mm	24
45	9434	06/06/98	CNMH	COUNANA amont (S10)	25
46	9152	23/10/97	CNMS	COUNANA amont (s10) mm vc	25
47	9645	23/11/98	OYVS	OYAPOK av.Saut-Maripa 9614-20	26
48	9644	06/11/98	SMAS	SAUT-MARIPA OYAPOCK 9618	27
49	10516	28/05/99	SMAH	SAUT MARIPA OYAPOCK V. Horeau	27
50	10519	27/05/99	OYMH	OYAPOCK am. Camopi V. Horeau	28
51	9642	03/11/98	OYMS	OYAPOCK am. Camopi (9604-13)	28
52	10518	26/05/99	CAMH	RIVIERE CAMOPI V.Horeau	29
53	9190	25/10/97	CAYS	RIVIERE DE CAYENNE Montsinery bm mh	30
54	9737	11/03/99	MATS	MATOURY Secteur am. Mangrove	31

Évaluation de la qualité des eaux des rivières de Guyane française à l'aide des communautés de diatomées benthiques : essai de mise au point d'un indice diatomique

I – INTRODUCTION

Les investigations menées sur les rivières guyanaises avaient pour objet l'évaluation de la qualité des eaux à partir de descripteurs biologiques et la mise au point de méthodes de surveillance suffisamment simples pour être utilisées en routine. Cet objectif a été contrarié par des difficultés de tous ordres, logistique, scientifique ou technique.

Si les difficultés d'accès sont connues, les lacunes sur la connaissance des organismes inventoriés tant du point de vue systématique qu'écologique restent nombreuses en particulier pour les invertébrés et les diatomées. Alors que de nombreux travaux se rapportent aux Bacillariophycées d'Amérique du Sud, (Ehrenberg 1848, Zimmermann 1913-1918, Krasske, 1939-1951, Germain 1936, Frenguelli 1953, Hustedt 1965, Manguin 1964, Navarro 1982-83, Patrick 1940, Lobo & Torgan 1988, Torgan 1988, Fukushima & al. 1988, Ludwig & al. 1989, Da Costa 1995 De Oliveira 1992, Tavera & al 1994, Zalocar de Dimitrovic & al. 1997, Sala & al. 1999), les investigations plus spécifiques de l'Amazonie ou de la Guyane concernent surtout les autres groupes d'algues, Rhodophycées, Cyanophycées, Desmidiées (Couté & Therezien. 1985, Bourrelly & Couté 1982, Förster 1969-1974, Thomasson 1971, Uherkovich & al. 1989, Scott & al. 1965, Thézien 1985) ou plus rarement le phytoplancton (Lefèvre 1939, Vaquer & al. 1997). Cette absence de manuels d'identification pour les diatomées a fort heureusement été partiellement compensée par la parution de deux ouvrages récents sur les diatomées d'Amérique du Sud et des Andes (du Venezuela à la Patagonie) dus respectivement à Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) et à Rumrich & al. 2000. En dépit de ces publications, (dont l'une utilise en partie notre matériel de Guyane), de nombreux taxons collectés dans les eaux guyanaises n'ont pu être identifiés à ce jour.

Afin de limiter les coûts d'intervention, l'échantillonnage a été réalisé conjointement par les personnels d'Hydreco et de l'IRD Cayenne, il en est résulté pour l'observateur, une certaine frustration due à la méconnaissance des sites et des substrats prospectés, préjudiciable à l'interprétation des résultats lors du dépouillement. Le nombre limité de stations prospectées (une trentaine) peut paraître nettement insuffisant pour la mise au point de méthodes biologiques de surveillance. En outre, les analyses physico-chimiques ne comportaient pas les paramètres habituellement mesurés en métropole pour la mise en évidence des pollutions organiques (DBO₅, NH₄, Azote Kjeldahl...) essentiellement en raison des particularités des eaux guyanaises très peu minéralisées, ni de référence aux activités d'orpaillage (mercure, méthylmercure cyanures...). A titre de comparaison, l'indice biologique diatomées (IBD Lenoir & Coste 1996) normalisé en Juin 2000 (Afnor NFT90-354) en métropole, dont les performances restent modestes et qui présente encore de nombreuses lacunes, s'est appuyé sur plus de 1300 relevés collectés sur le territoire français assortis des analyses chimiques mensuelles de l'année précédant la récolte.

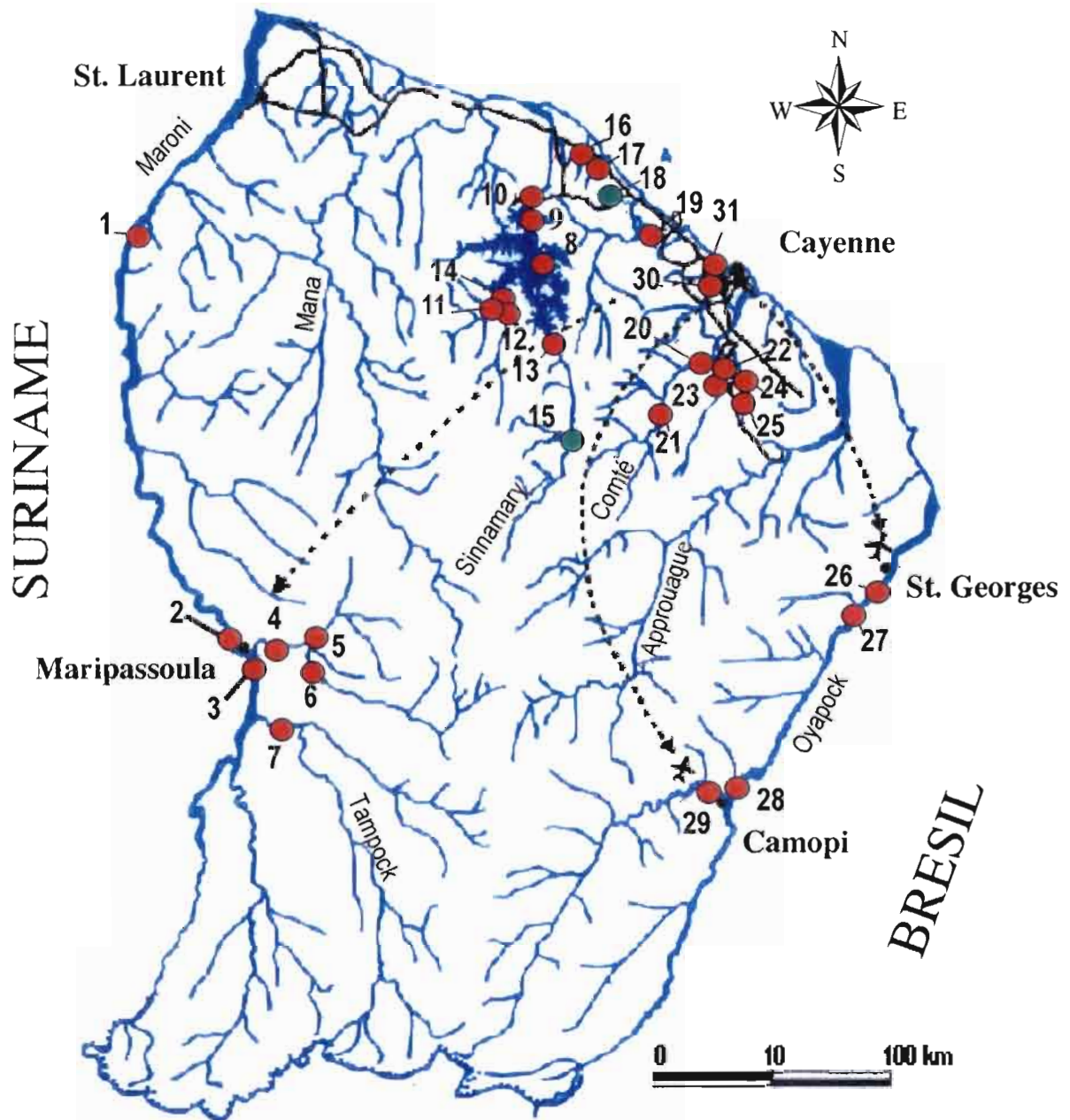
Dans de telles conditions, la mise au point d'un indice de qualité applicable aux eaux guyanaises restait très hypothétique et devait faire appel à de nouveaux relevés pour espérer être validée.

Nous avons donc testé plusieurs méthodes visant à simplifier les procédures de mise en application :

- Application d'un indice générique existant IDG (indice diatomique générique Coste & al 1991) qui ne nécessite pas d'identification au niveau spécifique
- Recherche de caractéristiques biogéographiques ou autécologiques significatives de perturbations nécessitant une identification à l'espèce (ex. : abondance des formes halophiles et/ou cosmopolites et éventuellement téatogènes).
- Essai de caractérisation des affinités spécifiques et en particulier de la sensibilité globale aux perturbations des taxons récemment décrits ou inconnus. Cet exercice qui fait appel à une confrontation avec les descripteurs environnementaux s'est révélé d'un intérêt limité en raison du faible nombre d'analyses et de situations disponibles. Il a néanmoins permis de préciser les affinités de plus de 150 taxons probablement endémiques.

Une telle prospection devrait se poursuivre par une sélection de situations plus critiques nécessaires à un élargissement de la gamme des qualités d'eau observées qui sont apparues relativement homogènes.

Carte de situation des stations



1 - Langatabiki	7 - Tampock	13 - Takari-Tanté	20 - Comté aval	26 - Saut Maripa Aval
2 - Maripassoula aval	8 - Genipa	14 - Saut Lucifer	21 - Comté Amont	27 - Saut Maripa amont
3 - Maripassoula amont	9 - Petit Saut	15 - Deux Fours	22 - Orapu aval	28 - Oyapock amont
4 - Saut Sonnelle	10 - Kerenrock	16 - Malmanoury	23 - Orapu amont	29 - Camopi
5 - Petit Imini	11 - Leblond	17 - Karouabo	24 - Kounana Aval	30 - Rivière de Cayenne
6 - Grand Imini	12 - Courcibo	18 - Passoura	25 - Kounana Amont	31 - Idem à Matoury

(Les stations en vert correspondent exclusivement à des sites de pêche)

D'autres relevés disponibles sur le cours inférieur du Maroni (St. Laurent), le bassin de la COUNANA (Grand Couacou) et l'Approuague, collectés par divers intervenants n'ont pas encore fait l'objet de traitement dans le cadre de cette étude.

II -2 Echantillonnage, préparation comptage :

La récolte des diatomées a été effectuée dans la zone photique sur tous les supports durs immergés préférentiellement naturels (blocs ou pierres) ou à défaut sur des racines ou bois morts ou des bouées.

Ces prélèvements de périphyton ont été complétés par des échantillons de plancton (filtration de 15 litres sur filet à nanoplancton de 25µm de maille). Mais la très grande pauvreté en diatomées de ces derniers relevés, confirmée par les analyses pigmentaires n'a pas permis de numération.

De nombreuses récoltes effectuées durant la saison sèche se sont révélées très pauvres (voire vides) en matériel diatomique; elles ont nécessité le regroupement en un seul relevé des échantillons prélevés durant la même période sur une même station. En revanche, et malgré des difficultés accrues de prospection liées aux niveaux d'eau, les relevés de la saison des pluies sont apparus plus riches.

Le matériel récolté fixé au formol neutralisé à 4%, sur le terrain a fait l'objet de préparations visant à débarrasser les algues de leur matière organique afin de ne conserver que leur squelette siliceux. Après nettoyage à l'eau oxygénée concentrée (130 vol) et rinçage à l'eau distillée, les frustules de silice sont montés dans une résine réfringente le Naphrax (indice de réfraction 1,74). Une observation sur photomicroscope Leica DMRD équipé d'une caméra video tri-CCD Dampisha et d'un appareil photo numérique Olympus DP11 a permis de constituer une vidéo-photothèque consistante de plus de 800 clichés (cf. fascicule de détermination). Des comptages réalisés au fort grossissement et à immersion ont porté chaque fois que cela était possible sur plus de 400 individus, les résultats de ces comptages sont exprimés en abondances relatives dans les traitements et calculs d'indices. Outre la Sußwasserflora de Krammer & Lange-Bertalot (1986-92) pour les espèces cosmopolites, nous avons utilisé divers ouvrages récents sur l'Amérique du Sud (cités plus haut) pour les identifications.

II - 3 Calculs d'indices

Destinés à appréhender la qualité de l'eau, ils font appel à l'abondance des taxons, leur sensibilité globale et à leur optimum de développement. La connaissance de l'amplitude écologique permet de définir la valeur "indicatrice" ou degré de sténoécie. Les méthodes indicielles s'appuient également sur la recherche implicite d'un état de référence de plus en plus utopique ou théorique. Sensibilité et valeur indicatrice peuvent être déterminées de manière empirique à partir des pourcentages d'occurrence dans des conditions précises relevées dans la littérature scientifique, Sladeczek 1973, Leclercq et Maquet 1988, ou calculées sur des jeux de données volumineux.

$$\hat{u}_k = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ik} x_i}{\sum_{i=1}^n y_{ik}} \quad \hat{t}_k = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^n y_{ik} (x_i - \hat{u}_k)^2}{\sum_{i=1}^n y_{ik}} \right]^{1/2}}{\text{Valeur indicatrice}}$$

Exemples d'application à la variable pH d'après Birks et al. 1990

où n = nombre d'échantillons

y_{ik} = abondance du taxon k dans l'échantillon i

x_i = valeur du pH dans l'échantillon i

$\hat{u}_k$ = estimation de l'optimum de développement

$\hat{t}_k$ = tolérance du taxon ou déviation standard

Il apparaissait relativement facile d'utiliser un indice existant ne nécessitant aucune identification spécifique en l'occurrence l'indice diatomique générique diatomique (Cemagref 1982, Rumeau & al 1988, Coste & al. 1991). Cet indice très approximatif a été conçu dans le même esprit que les indices saprobiques et reprend d'ailleurs la formule de Zelinka et Marvan (1961). Il est actuellement disponible dans le logiciel Omnidia v3 (Lecointe & al. 1998) et retenu en Pologne comme indice officiel...

Formule de l'indice IDG :

$$IDG = \frac{\sum_{j=1}^n A_j S_j V_j}{\sum_{j=1}^n A_j V_j}$$

Où A_j = abondance (en classe effectif ou fréquence) du genre j
 S_j = indice de polluosensibilité du genre j (note variant de 1 à 5)
 V_j = "valeur indicatrice" ou degré de sténoécie du genre j (varie de 1 à 3)

Les valeurs obtenues pour chaque échantillon varient entre 1 et 5 et peuvent être interprétées en métropole de la manière suivante:

Qualité bonne	ID > 4,5	pollution nulle
à acceptable	ID = 4,5 - 4,0	pollution ou eutrophisation faible
	ID = 4,0 - 3,5	eutrophisation modérée
Qualité	ID = 3,5 - 3,0	pollution moyenne ou eutrophisation importante
mauvaise à	ID = 3,0 - 2,0	pollution forte
très mauvaise	ID = 1,0 - 2,0	pollution très forte

Les valeurs d'indices sont généralement transformées en note sur 20 par une simple relation linéaire ($y=4,75x+3,75$).

63 genres de diatomées ont été recensés en Guyane française et tous étaient déjà affectés d'une note de sensibilité globale s (généralement représentative de l'ensemble des espèces du genre) et d'une valeur indicatrice v .

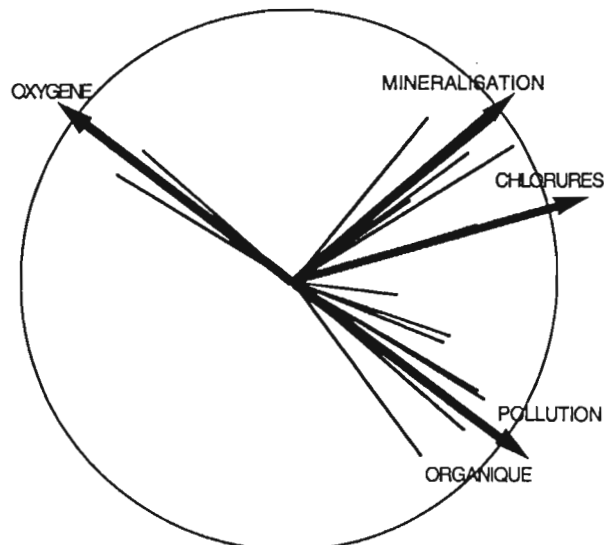
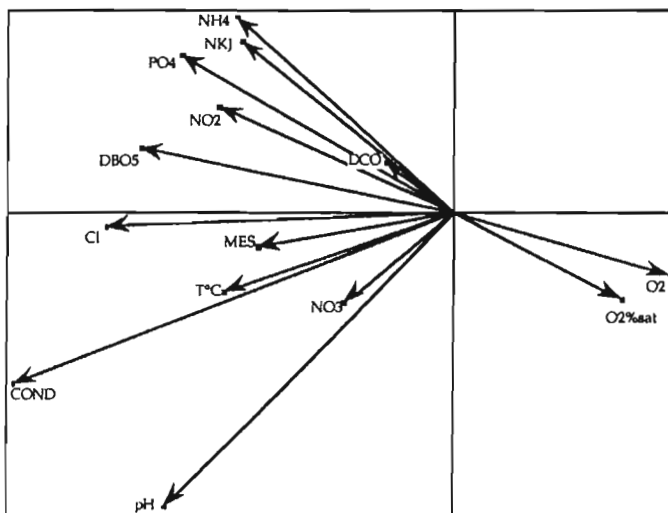
II - 4 Utilisation des caractéristiques autécologiques ou biogéographiques

Les caractéristiques écologiques n'étant connues que pour les espèces les plus ubiquistes et/ou cosmopolites nous avons représenté la répartition des taxons en fonction de leur abondance et de leurs particularités biogéographiques en distinguant les formes endémiques de Guyane (auxquelles s'ajoutent les taxons non identifiés), d'Amérique du Sud, tropicales sub tropicales ou pantropicales et cosmopolites. La prédominance simultanée ou non de formes cosmopolites et/ou halophiles traduit généralement des conditions de perturbations.

II - 5 Elaboration d'un indice diatomique spécifique.

Afin de pouvoir utiliser les taxons nouveaux plus ou moins endémiques de Guyane, d'Amazonie ou d'Amérique du Sud dont l'écologie est encore méconnue, il était nécessaire de confronter leur distribution aux caractéristiques stationnelles et en particulier à la composition physico-chimique des eaux à laquelle les diatomées sont réputées plus sensibles qu'à celle de l'habitat (ce dernier étant plus déterminant pour les groupes supérieurs, invertébrés, poissons). Nous avons provisoirement écarté les données hydrodynamiques, hydrologiques ou morphodynamiques (surfaces bassin versant., débits etc...) non disponibles sur l'ensemble des stations mais dont l'utilisation sera précieuse dans le cadre de l'élaboration d'une typologie ultérieure ou la définition d'écorégions.

La première étape a donc consisté à définir des classes de qualité d'eau, mêmes sommaires, à partir des données disponibles apparemment très homogènes. Le jeu de données étant relativement restreint, nous n'avons pas utilisé les méthodes d'analyses habituellement retenues pour ce type de traitement (classifications hiérarchiques, co-inertie. Une hiérarchisation des stations a néanmoins été établie à partir de la distribution des valeurs de chaque paramètre physico-chimique en 4 classes. Une 5ème classe, la plus critique, a été définie et attribuée aux deux relevés les plus pollués (Rivière de Cayenne et Matoury) pour lesquels nous ne disposons pas d'analyse. Sur l'ensemble des 28 paramètres, la moyenne de ces 5 classes, pondérée par les informations disponibles sur les perturbations existantes (rapport poisson IRD), aboutit à une classe physico-chimique moyenne comprise entre 1 et 5 pour chaque relevé. Dans une deuxième étape, un profil sur ces 5 classes établi en probabilités de présence (selon Daget et al. 1972), est calculé sur l'ensemble des relevés et des taxons dont les exigences écologiques sont inconnues. Pour chaque taxon, le barycentre du profil fournit une note sur 5 caractéristique de son optimum de développement pour la classe (note s). L'écart-type de la distribution des probabilités sur 5 classes, ramené à un intervalle 1-3 par relation linéaire, fournit la valeur indicatrice de l'espèce (note v). Après définition de ces valeurs de s et v , il suffit d'appliquer la formule de l'IBD cité plus haut aux espèces recensées dans tout nouvel inventaire. Pour chaque relevé, la note finale, (comprise entre 1 et 5, puis transformée en note sur 20), est une moyenne pondérée entre les abondances relatives des espèces et leurs notes s et v .

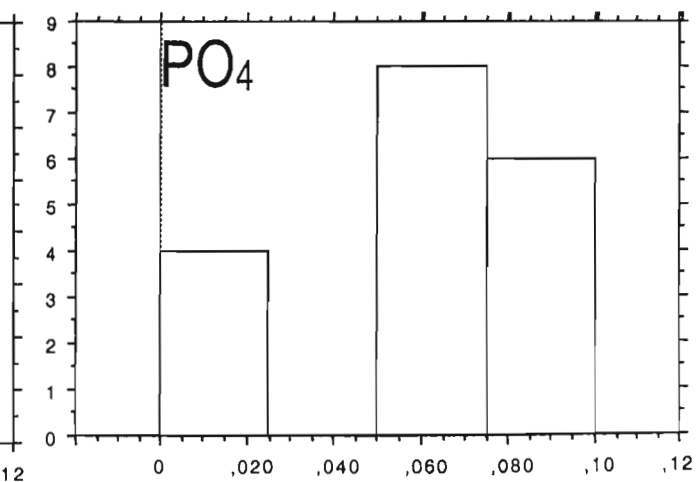
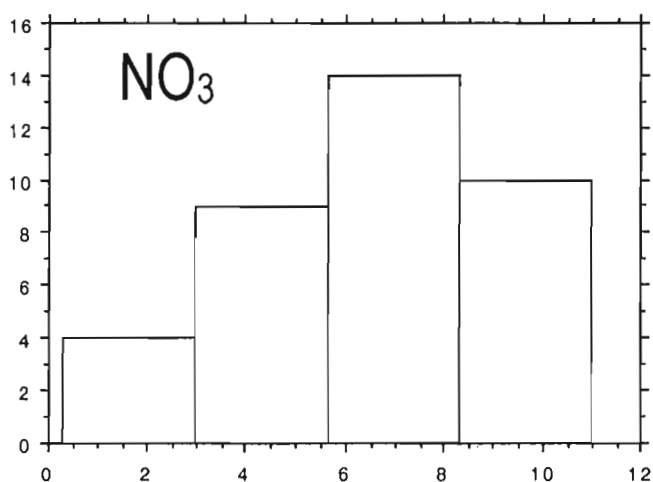
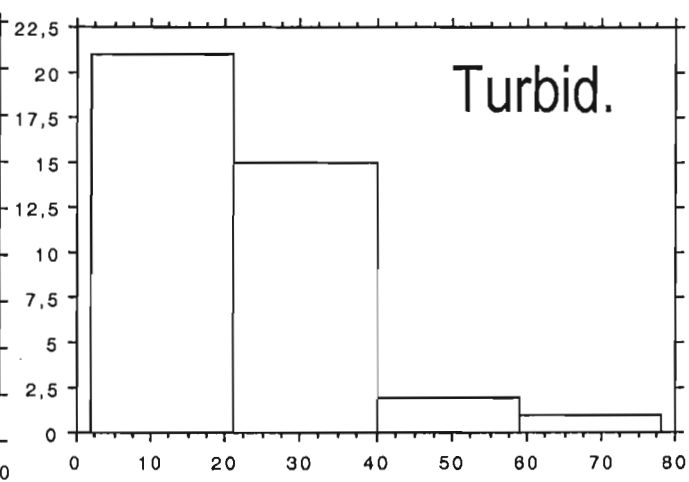
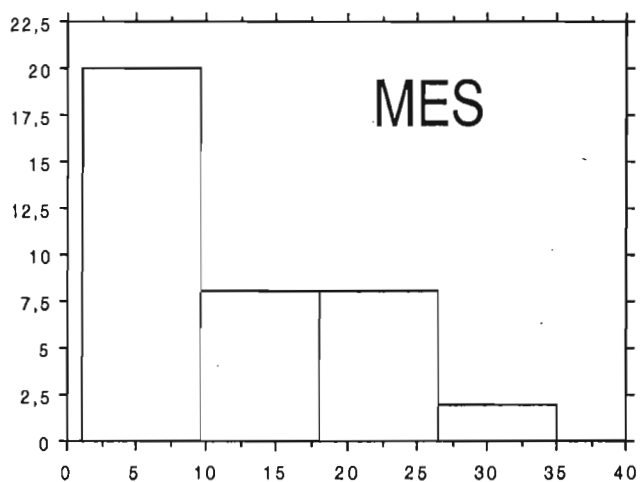
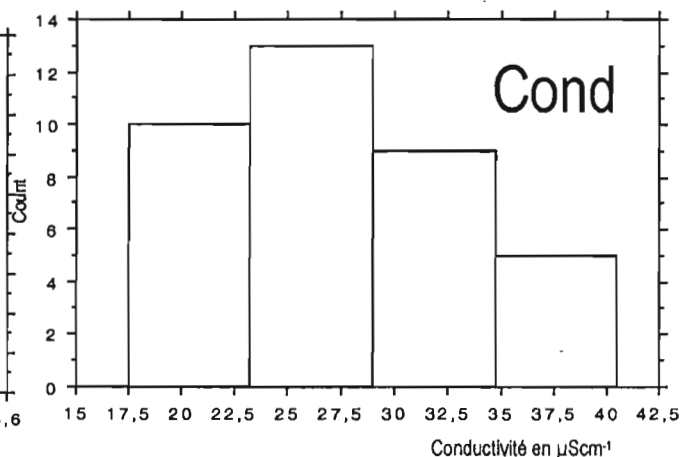
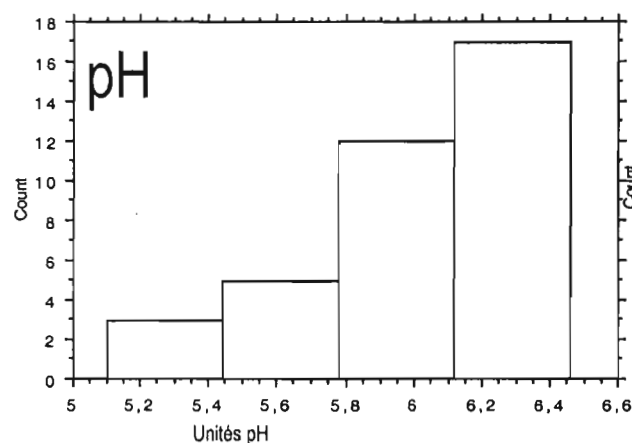
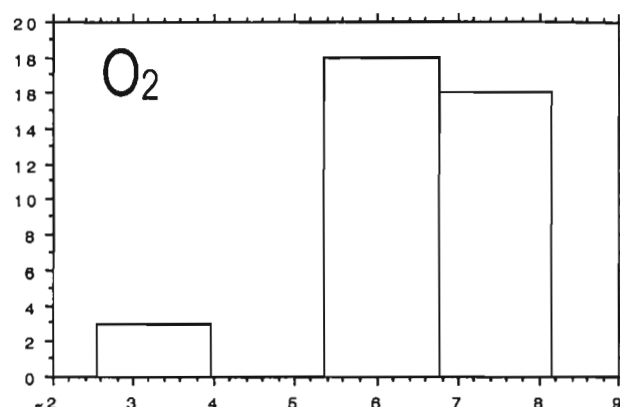
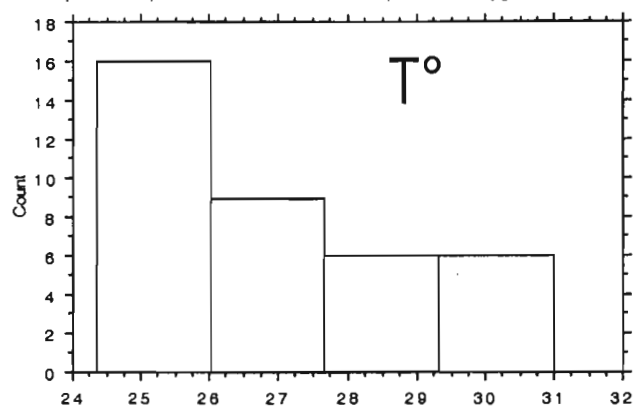


Exemples de projections obtenues en France lors de l'analyse des variables physico-chimiques

Diatomées inter-agences (1332 relevés) Lenoir & Coste 1996 : Plan F1xF2 de co-inertie, coordonnées des variables du tableau chimie. L'axe F1 est un axe de pollution globale croissante de l'eau, opposant les fortes concentrations en azote, carbone, orthophosphates et chlorures à gauche de l'axe, avec les fortes concentrations en oxygène dissous à droite.

Diatomées Rhin-Meuse 1992 - logiciel ADE - (440 relevés)
Signification du plan F1xF2 d'une analyse en composantes principales nommée (ACPN)

Exemples de répartition des valeurs de température, oxygène dissous, pH et conductivité en 4 classes - Nombre d'occurrences en ordonnée



Les valeurs des 28 paramètres croissent avec le niveau de perturbation à l'exception de l'oxygène dissous dont les classes sont inversées lors du calcul de la moyenne. La conductivité est comprise entre 17,5 et 40 dans les eaux étudiées et des classes supplémentaires prenant en compte le gradient de salinité seront sans doute nécessaires pour appréhender les zones côtières.

Exemple de calcul des valeurs de s et v à partir des probabilités de présence dans l'ensemble des relevés examinés.

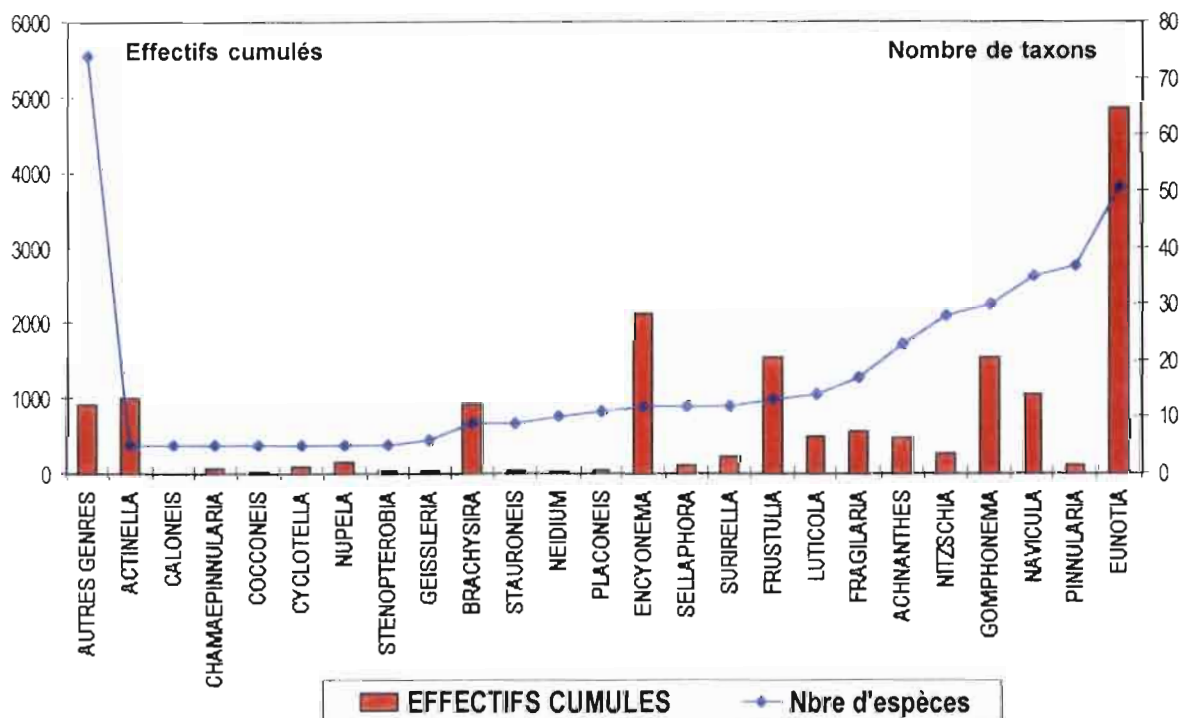
PROBABILITES DE PRESENCE DE QUELQUES TAXONS		CLASSES PHYSICO-CHIMIQUES					Sensibilité S (note sur 5) (=6- barycentre)	Valeur indicatrice V (=EC*4,472+1)
ABREV	DENOMINATION	1	2	3	4	5		
AHET	Achnanthes heteromorpha Grunow in Cleve et Grun.	0,2333	0,7500	0,0000	0,0083	0,0083	4,19	2
AMFC	Achnanthes magnifica Hustedt	0,7347	0,2245	0,0000	0,0408	0,0000	4,65	2
BSUR	Brachysira subrostrata Lange-Bertalot	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,00	3
ENVZ	Encyonema venezolanum Krammer	0,8545	0,1390	0,0050	0,0015	0,0000	4,85	3
EOZA	Eolimna zalokariae Metzeltin & Lange-Bertalot	0,9133	0,0735	0,0057	0,0075	0,0000	4,89	3
EPAS	Eunotia parasilii Metzeltin & Lange-Bertalot	0,7646	0,2211	0,0075	0,0068	0,0000	4,74	2
ERBH	Eunotia rabenhorstii Cleve & Grunow	0,3333	0,5926	0,0741	0,0000	0,0000	4,26	2
FACU	Fragilaria acutirostrata Metzeltin & Lange-Bertalot	0,9536	0,0265	0,0132	0,0066	0,0000	4,93	3
FCSP	Frustulia crassipunctata Metzeltin & Lange-Bertalot	0,8485	0,1515	0,0000	0,0000	0,0000	4,85	3
LOBG	Luticola obligata (Hustedt) nov. comb.	0,4459	0,1351	0,4189	0,0000	0,0000	4,03	2
PPRC	Pinnularia procera Metzeltin & Krammer	0,8108	0,1824	0,0068	0,0000	0,0000	4,80	3

L'écart-type de la distribution EC est multiplié par 4,472+1 pour obtenir une note comprise entre 1 et 3. (La valeur indicatrice est parfois ramenée à 1 pour les formes les plus petites dont la plus grande dimension est inférieure à 10 µm car elles sont numériquement mieux représentées dans les comptages).

III - PRINCIPAUX RESULTATS

III - 1 Floristique et biogéographie

Plus de 430 taxons et 63 genres ont été dénombrés à partir de 54 relevés effectués en saisons sèche et humide. Près de la moitié d'entre eux sont des formes cosmopolites avec prédominance de formes acidophiles et des genres *Eunotia*, *Frustulia* et *Encyonema* bien représentés en effectifs et les genres *Eunotia*, *Pinnularia*, *Navicula* et *Gomphonema* les plus diversifiés (en richesse spécifique).



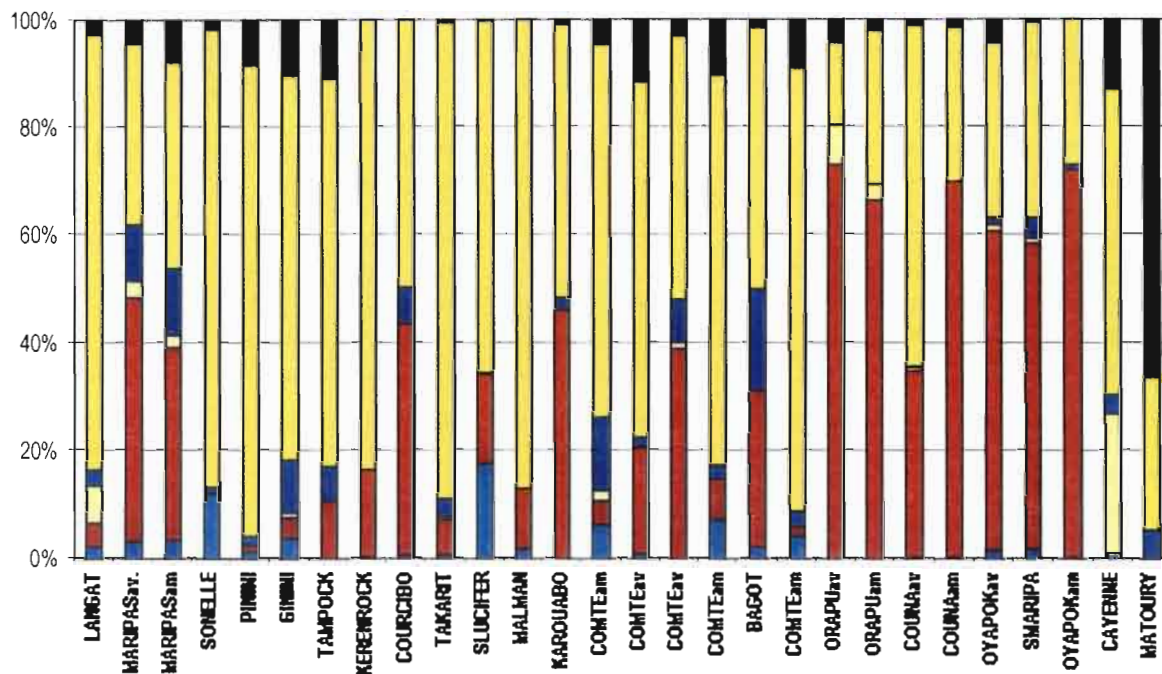
Distribution des principaux genres de diatomées en effectifs cumulés et en nombre d'espèces

Le genre *Pinnularia* comprend plus de 35 taxons de forme volumineuse mieux représentés en biomasse qu'en effectifs. Il en est de

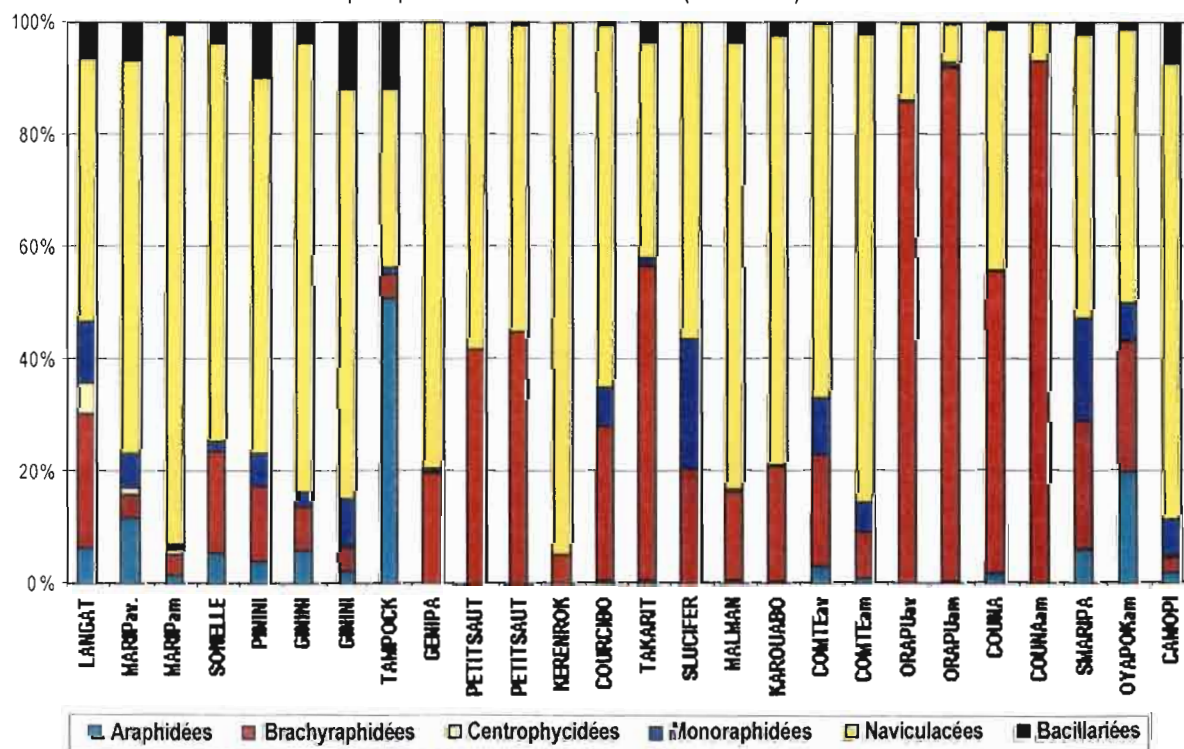
même du genre tropical *Actinella* dont certaines espèces dépassent 1/2 mm comme *Actinella mirabilis*.

La distribution des familles d'algues reflète la prédominance des formes acidophiles regroupées parmi les Brachyraphidées. En revanche les diatomées Centrophycidées, généralement planctoniques, sont peu représentées de même que les Bacillariées et notamment les Nitzschiacées souvent nitrophiles qui paraissent plus localisées sur la frange côtière et la région de Cayenne.

Des fluctuations saisonnières sensibles sont observées dans la distribution des principales familles de diatomées entre périodes sèches et humides. Elles affectent en particulier les Brachyraphidées et les Araphidées qui régressent sensiblement durant la période sèche au profit des Naviculacées ou des Bacillariées. Ces modifications dans la composition des peuplements ont également des répercussions sur la diversité spécifique.



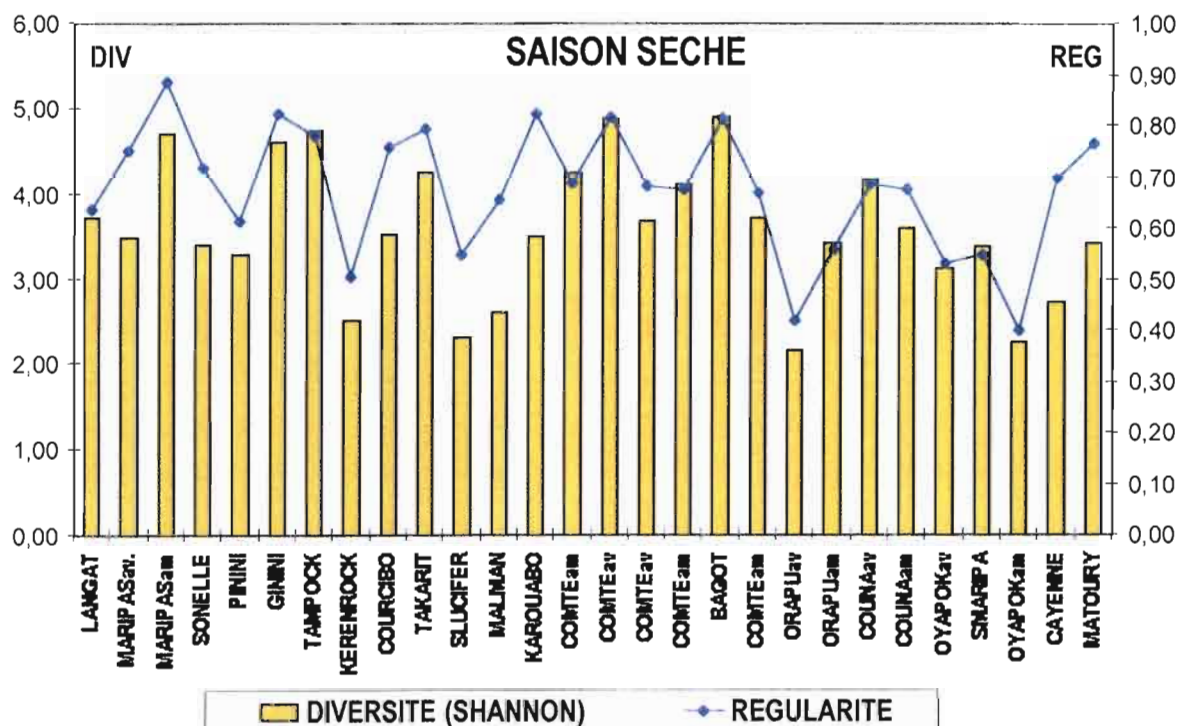
Distribution des principales "familles" de diatomées (*sensu lato*) durant la saison sèche



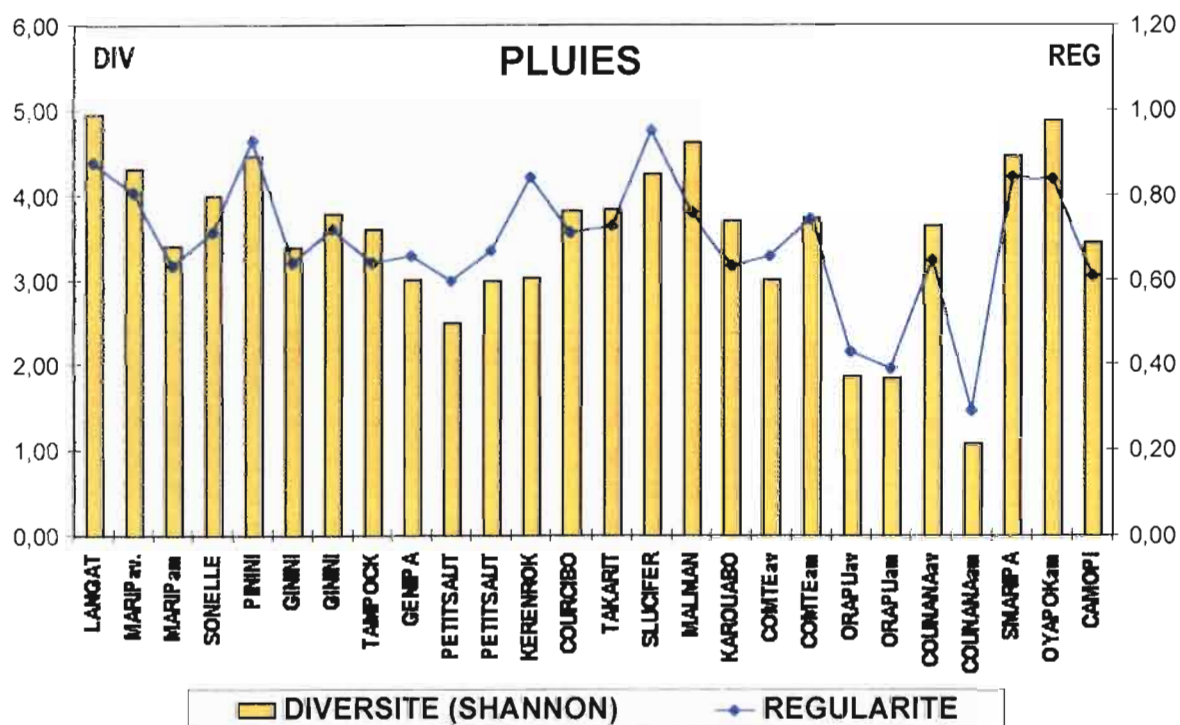
Distribution des principales "familles" *sensu lato* de diatomées durant la saison humide

III – 2 Diversité et richesse spécifique

La diversité biologique est généralement très sensible à la nature des prélèvements effectués (certains échantillons étaient dépourvus de diatomées) sans qu'il soit possible d'incriminer d'hypothétiques effets toxiques. Un autre biais introduit dans le calcul de l'indice de Shannon est l'effort de comptage lui-même très dépendant de la richesse des récoltes.



Evolution de l'indice de Shannon et de la Régularité (Pielou) durant la saison des pluies



Evolution de l'indice de Shannon et de la Régularité (Pielou) durant la saison sèche

Les diversités les plus élevées sont atteintes en période humide à Langatabiki, sur l'Oyapock amont et Malmanoury et en période sèche sur la Counana aval et la crique Bagot. Les valeurs les plus basses affectent la Counana amont l'Orapu en saison des pluies et l'Orapu et la Sinnamary (retenue de Petit Saut, Kerenrock et Saut Lucifer) en période sèche. Des observations plus fréquentes permettraient de suivre l'évolution de la diversité de manière plus significative.

Un fléchissement de la biodiversité est souvent interprété en terme d'effet toxique mais les secteurs orpaillés ne paraissent pas l'affecter de manière nette dans notre jeu de données.

SAISON SECHE					
CODE	RIVIERE-SITE	S	EFF	DIV	REG
LANS	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	57	211	3,71	0,64
MPVS	MARIPASOULA aval village(9678-81)	25	66	3,48	0,75
MPMS	MARIPASOULA(9672-76) am. Inini	40	89	4,71	0,89
SSOS	SAUT SONELLE(9651-52 9654-55)	27	216	3,41	0,72
PINS	PETIT ININI(9661+63)	41	235	3,28	0,61
GINS	GRAND ININI(9656-58+60)	48	184	4,60	0,82
TAMS	TAMPOCK(9665-70)	67	223	4,74	0,78
KERS	KERENROCK SINNAMARY aval	32	392	2,52	0,50
COUS	COURCIBO A. Dauta	25	137	3,52	0,76
TKTS	TAKARITANTE SINNAMARY AM.	41	154	4,25	0,79
SLUS	SAUT LUCIFER A. Dauta 10379-81	19	624	2,33	0,55
MALS	MALMANOURY V. Horeau	16	54	2,62	0,66
KARS	KAROUABO (VH)	19	95	3,49	0,82
COVS	COMTE Av. S2 bouee rose carbet)	72	470	4,25	0,69
COVS	COMTE av. Pointe Diamant m.m.	62	271	4,87	0,82
COVS	COMTE st.3 bouee Degrad	42	415	3,69	0,68
COMS	COMTE S1 am. Carbet site pêche	68	461	4,12	0,68
BAGO	CRIQUE BAGOT	65	470	4,89	0,81
COMS	COMTE S1 Am. carbet Lysis seuil	48	424	3,73	0,67
ORVS	ORAPU av. Auberge Coruna bouee 2	36	449	2,17	0,42
ORMS	ORAPU AMONT S11 mb vl	71	1194	3,42	0,56
CNVS	COUNANA AVAL S1 bmc mm	68	1058	4,17	0,69
CNMS	COUNANA AMONT s10 mm vc	40	583	3,60	0,68
OYVS	OYAPOK av. Saut-Maripa 9614-20	59	415	3,13	0,53
SMAS	SAUT-MARIPA OYAPOCK 9618	71	497	3,38	0,55
OYMS	OYAPOCK am. Camopi (9604-13)	50	408	2,26	0,40
CAYS	RIVIERE DE CAYENNE Montsiner bm mh	15	226	2,73	0,70
MATS	MATOURY Sect.am Mangrove(9704)	22	95	3,42	0,77

SAISON DES PLUIES					
CODE	RIVIERE SITE	S	EFF	DIV	REG
LANH	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	50	92	4,96	0,88
MPVH	MARIPASOULA aval MARONI	41	162	4,31	0,81
MPMH	MARIPASOULA V. Horeau	41	287	3,40	0,63
SSOH	SAUT SONELLE V. Horeau	49	273	4,00	0,71
PINH	PETIT ININI V. Horeau	28	51	4,47	0,93
GINH	GRAND ININI V. Horeau	39	189	3,38	0,64
GINH	GRAND ININI V. Horeau	38	243	3,78	0,72
TAMH	TAMPOCK V. Horeau	49	234	3,59	0,64
GENH	GENIPA-BONNE NOUVELLE P. Saut	24	419	3,01	0,66
PSAH	PETIT-SAUT St6	18	177	2,50	0,60
PSAH	PETIT-SAUT A. Dauta	22	417	2,99	0,67
KERH	KERENROCK SINNAMARY aval VH	12	58	3,03	0,84
COUH	COURCIBO-LEBLONC V. Horeau	41	209	3,82	0,71
TKTH	TAKARITANTE SINNAMARY V. Horeau	39	184	3,84	0,73
SLUH	SAUT LUCIFER (V.H)	22	39	4,25	0,95
MALH	MALMANOURY (VH)	68	190	4,62	0,76
KARH	KAROUABO (VH)	58	480	3,71	0,63
COVH	COMTE Aval	24	220	3,00	0,66
COMH	COMTE amont	33	97	3,74	0,74
ORVH	ORAPU av. S13 Fourgassie Degrad	20	473	1,87	0,43
ORMH	ORAPU amont S11	26	417	1,85	0,39
CNVH	COUNANA av. S1 bouee	50	830	3,65	0,65
CNMH	COUNANA amont (S10)	13	297	1,08	0,29
SMAH	SAUT MARIPA OYAPOCK V. Horeau	39	99	4,46	0,84
OYMH	OYAPOCK am. Camopi V. Horeau	57	261	4,88	0,84
CAMH	RIVIERE CAMOPI V. Horeau	50	174	3,44	0,61

S= Nombre de taxons, EFF = effectif compté,
DIV= indice de diversité (Shannon), REG = Régularité

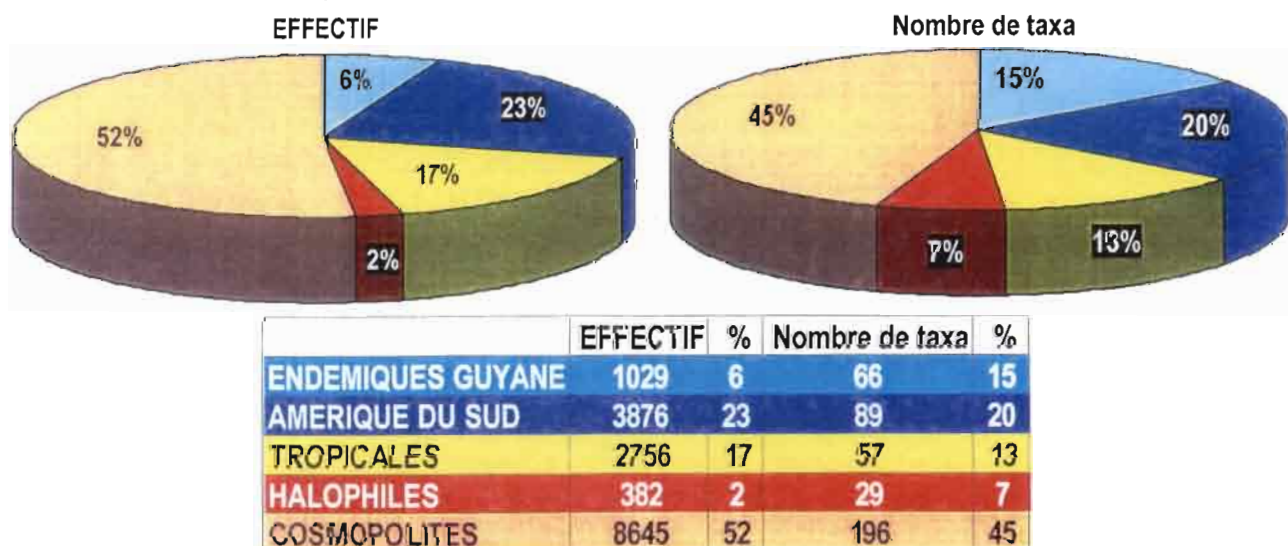
S= Nombre de taxons, EFF = effectif compté,
DIV= indice de diversité (Shannon), REG = Régularité

Tableau des résultats des calculs de diversité (DIV) et régularité (REG)

III - 3 Répartition biogéographique

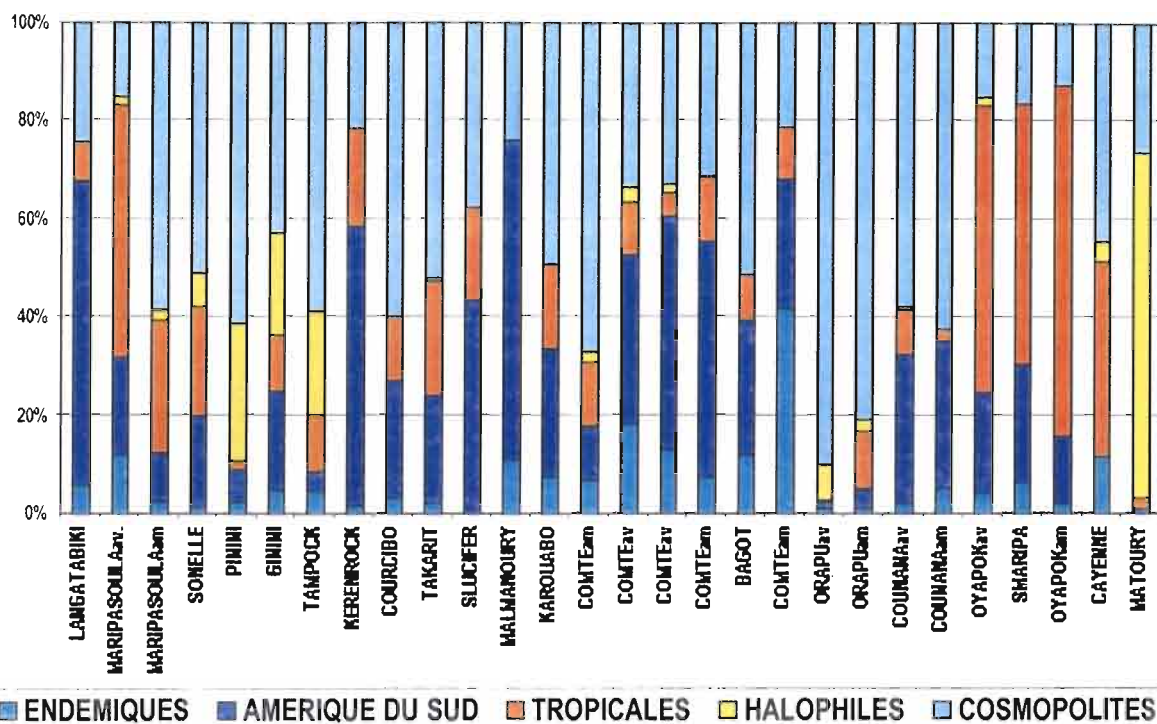
L'abondance de formes nouvelles pour la Guyane et pour la science a conduit dès 1998 à examiner les possibilités de liaison entre les perturbations observées et l'abondance des taxons cosmopolites ou ubiquistes. Un simple examen de la provenance des taxons répertoriés souligne l'importance des différentes composantes. Les cosmopolites et les halophiles (souvent ubiquistes) paraissent équitablement représentées par rapport aux endémiques de Guyane ou d'Amérique du sud et aux tropicales au sens large.

Distribution des catégories biogéographiques exprimées en effectifs cumulés et en nombre de taxons



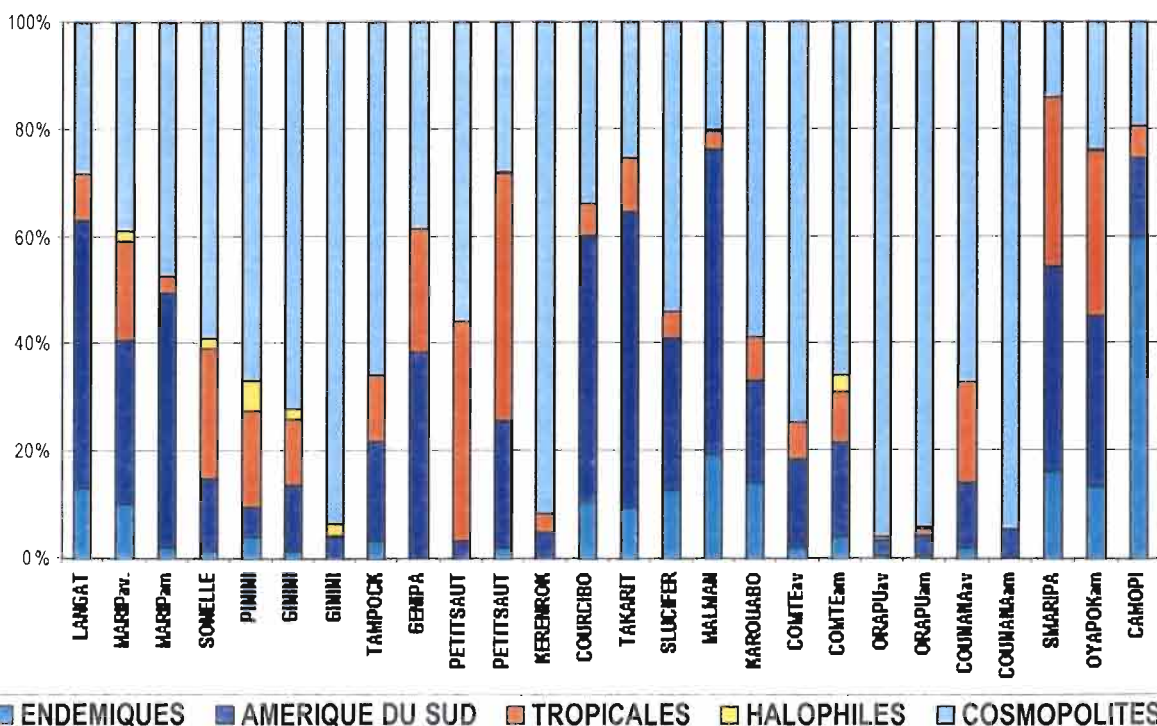
La répartition des formes halophiles et cosmopolites varie sensiblement au cours des 2 saisons

Distribution des catégories biogéographiques et des formes halophiles durant la saison sèche (en %)



La présence de taxons halophiles sur le Petit et le Grand Inini et le Tampock est imputable à *Navicula schroeteri* et *Amphora ventricosa* également cosmopolites. Ces espèces régressent nettement pendant la saison des pluies.

Distribution des catégories biogéographiques et des formes halophiles durant la saison des pluies (en %)



Les formes cosmopolites sont beaucoup plus représentées durant la saison des pluies en particulier sur le Grand Inini et l'Orapu. Les formes halophiles sont en régression (phénomène de dilution?) et les endémiques sont prédominantes à Camopi.

III – 4.1 Paramètres physico-chimiques

La conductivité paraît corrélée à l'alcalinité et aux Ininis. Les stations les mieux oxygénées, Tampock, Malmanoury, Saut Lucifer et Genipa, sont corrélées au COD, et aux rapports COD/NOD, COD/COP. La turbidité apparaît donc dans ce jeu de données comme la perturbation prépondérante compte tenu des faibles minéralisations (et l'absence d'informations concernant les contaminations métalliques).

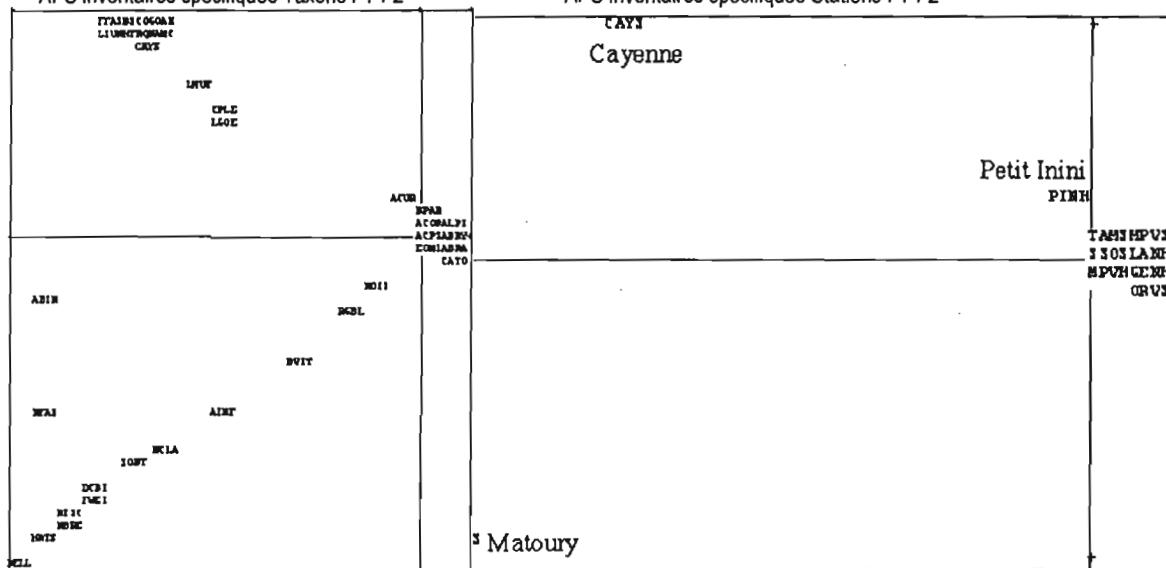
Les matrices des résultats d'inventaires des genres puis des espèces ont été traitées par AFC



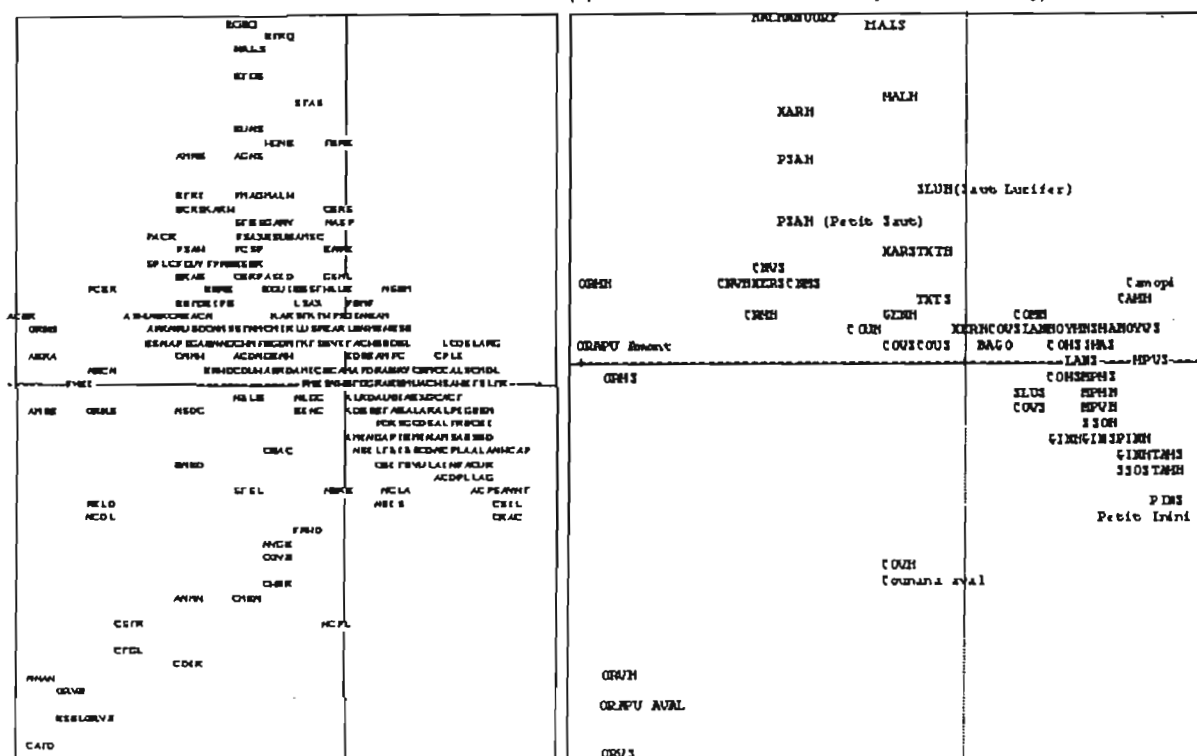
L'analyse des résultats d'inventaires sépare bien les stations les plus caractéristiques et en particulier les relevés CAYS (Cayenne saison sèche) MATS (Matoury saison sèche) et même le Petit Inini en saison sèche et humide (PINS et PINH) le long de l'axe F1. En revanche la station CAMH (Camopi saison humide) paraît proche de CAYS alors qu'elle présente une qualité d'eau satisfaisante d'après la physico-chimie. Ce relevé est en effet dominé par LCOS (*Luticola costei*) à 50% et le genre *Luticola* a des valeurs de s et v faibles (s=2,9 v=2,1) en raison d'une prédominance des espèces du genre dans les secteurs fortement minéralisés ou pollués (du moins en métropole). Cette espèce visiblement endémique de Guyane et décrite en 1998 par Metzeltin & Lange-Bertalot à partir de notre matériel, constitue donc déjà un obstacle à l'application de l'indice IDG.

Des résultats plus détaillés sont obtenus sur les inventaires spécifiques avec une séparation assez marquée des relevés provenant de la retenue de Petit Saut et les relevés "saumâtres" de Matoury. En revanche le nombre important de taxons ne permet pas une bonne visualisation des résultats.

AFC sur l'ensemble des données d'inventaire
les stations Matoury (MATS) et Cayenne (CAYS) expliquent l'essentiel de l'analyse et relèguent au centre du nuage les autres stations
AFC inventaires spécifiques Taxons F1-F2
AFC inventaires spécifiques Stations F1-F2



AFC sur les données d'inventaires réduites (après exclusion des relevés Cayenne et Matoury)



Projection des espèces dans le plan F1-F2

Projection des relevés dans le plan F1-F2

La représentation des résultats d'analyses des données "réduites" permet un meilleur étalement des variables dans le plan des deux premiers axes de l'AFC. Elle souligne l'existence d'un gradient de qualité générale matérialisé le long de l'axe 1 par l'opposition des stations de l'Orapu amont et de la Counana à celles du Maroni amont, des Inini et de l'Oyapok aval., l'axe F2 discriminant plutôt des microflores à caractère lacustre (Malmanoury, Saut Lucifer, Petit Saut) des formes planctoniques de l'Orapu et de la Counana aval.

III – 5 Application des méthodes indicielles.

Deux indices ont donc été appliqués aux résultats d'inventaires :

- l'IDG ou indice diatomique générique déjà existant en Europe faisant appel à des identifications au genre.
- l'ISG ou indice spécifique guyanais qui utilise le cortège des espèces inventoriées au cours de ces investigations.

III – 5.1 Application de l'IDG.

Liste codifiée des taxons et des valeurs de s et v utilisés dans le calcul de l'IDG en Guyane.

ACHN	ACHNANTHES J.B.M. Bory de St. Vincent	4,5	2,1	DENT	DENTICULA F.T. Kötzing	3,7	2,3	MELO	MELOSIRA C.A. Agardh	3,5	1,7
ACTI	ACTINELLA	5,0	2,0	DIAM	DIADISMA F.T. Kötzing	3,3	2,0	NADI	NAVICULADICTA Lange-Bertalot	3,4	1,9
ACTN	ACTINOPTYCHUS C.G. Ehrenberg	2,3	3,0	DIAT	DIATOMA J.B.M. Bory de St. Vincent	3,9	2,0	NAVI	NAVICULA J.B.M. Bory de St. Vincent	3,4	1,9
ADLF	ADLAFIA Moser Lange-Bertalot & Metzger	5,0	1,0	DIPL	DIPLOEIS C.G. Ehrenberg ex P.T. Cleve	4,0	2,4	NEID	NEIDUM E. Pflüger	4,4	2,5
AMPH	AMPHORA C.G. Ehrenberg ex F.T. Kötzing	2,8	2,2	ENCP	ENCYONOPSIS Krammer 1997	5,0	1,0	NITZ	NITZSCHIA A.H. Hassall	1,0	2,3
AMPI	AMPHILEURA F.T. Kötzing	4,5	3,0	ENCY	ENCYONEMA F.T. Kötzing 1833	4,9	2,4	NUPE	NUPELA W. VYVERMAN & P. COMPERE 1991	5,0	2,0
ASTE	ASTERIONELLA A.H. Hassall	3,4	1,0	EOLI	EOLIMA Lange-Bertalot & Schiller	2,8	2,0	ORTO	ORTHOSIRA G.H.K. Thwaites	5,0	2,0
AULA	AULACOSEIRA G.H.K. Thwaites	3,8	1,4	EUNO	EUNOTIA C.G. Ehrenberg	4,8	2,3	PERO	PERONIA A. DE Brébisson & G.A.W. Amoël ex F. Kilton	5,0	3,0
BACI	BACILLARIA J.F. Grunow	2,0	3,0	FALL	FALLACIA A.J. Slick & D.G. Mann	2,9	2,2	PINU	PINNULARIA C.G. Ehrenberg	4,7	2,3
BERK	BERKELEYA R.K. Grunow 1827	2,8	2,0	FRAG	FRAGILARIA H.C. Lynghoe	3,6	1,7	PLAC	PLACONEIS C. Mareschowsky 1903	4,3	1,7
BRAC	BRACHYSIRA F.T. Kötzing	5,0	2,1	FRUS	FRUSTULIA L. Rabenhorn	4,8	2,7	PLSG	PLEUROSIGMA W. Smith	2,8	3,0
CALO	CALONEIS	3,8	2,8	GEIS	GEISLERIA Lange-Bertalot & Metzger	5,0	2,0	PLTO	PLANOTHOIRUM Round & Bukhtiyarova	4,0	1,0
CAPA	CAPARTOGRAMMA	5,0	1,0	GOMP	GOMPHONEMA C.G. Ehrenberg	3,6	1,9	RHIZ	RHIZOSOLENIA T. Brightwell	2,5	3,0
CBPL	CYMBOPLEURA (Krammer) Krammer	5,0	2,0	GOPP	GOMPHOSPHEMIA Lange-Bertalot	2,2	2,0	RHOP	RHOPALODIA O. Müller	4,3	2,9
CHAE	CHAETOCEROS C.G. Ehrenberg	2,0	3,0	GYRO	GYROSIGMA A. Hassall	3,9	2,8	SELL	SELLAPHORA C. Mareschowsky	2,8	1,7
CHAM	CHAMAEPINNULARIA Lange-Bertalot & Krammer	5,0	1,0	HANT	HANTZSCHIA A. Grunow	1,1	2,8	SIMO	SIMONSENIA	2,9	2,0
COCO	COCCONEIS C.G. Ehrenberg 1837	3,5	1,8	HIPO	HIPPONOTA Lange-Bertalot, Metzger & Witkowski	4,0	2,0	STAU	STAURONEIS C.G. Ehrenberg	3,7	2,1
COSC	COSCONODISCUS C.G. Ehrenberg	2,3	2,8	HYDR	HYDROSEPA G.C. Wallich	2,0	3,0	STEN	STENOPTEROBIA A. de Brébisson ex H. Van Heurck	5,0	3,0
CRAT	CRATICULA A. Grunow	2,2	3,0	KOBA	KOBAYASIA Lange-Bertalot	5,0	2,0	SURI	SURIRELLA P. J.F. Turpin	3,8	2,2
CYCL	CYCLotella F.T. Kötzing ex A. de Brébisson	3,7	1,7	LUTI	LUTICOLA D.G. Mann	2,9	2,1	TERP	TERPSINOE C.G. Ehrenberg	2,0	3,0
CYMB	CYMBELLA C. Agardh 1830	4,7	2,6	MCCT	MICROCOSTATUS Johansen & Gray	5,0	1,0	THINM	THALASSIONEMA A. Grunow ex F. Hustedt	3,6	1,7
CYMP	CYMBELLOPSIS Krammer	5,0	1,0								

L'IDG donne des résultats très proches de ceux de l'ISG ($r=0,9$ pour 54 relevés) en raison de l'homogénéité des situations prospectées. Il nécessite néanmoins une certaine prudence comme le montre l'exemple de Camopi.

SAISON SECHE				SAISON DES PLUIES			
RIVIERE-SITE	IDG	RIVIERE-SITE	IDG	RIVIERE-SITE	IDG	RIVIERE-SITE	IDG
LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	17,8	COMTE av. Pointe Diamant m.m.	15,7	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	18,4	TAKARTANTE SINNAMARY	18,0
MARIPASOULA aval village(9678-81)	18,8	COMTE st.3 bouee Degrad	17,4	MARIPASOULA aval MARONI	14,8	SAUT LUCIFER (V.H)	17,1
MARIPASOULA(9672-76) am. Inini	15,7	COMTE S1 am. Carbet site pêche	18,9	MARIPASOULA V. Horeau	14,3	MALMANOURY (VH)	18,2
SAUT SONELLE(9651-52 9654-55)	13,5	CRIQUE BAGOT	17,4	SAUT SONELLE V. Horeau	14,5	KAROUABO (VH)	18,9
PETIT ININI(9661+63)	11,7	COMTE S1 Am. carbet Lysis seuil	14,5	PETIT ININI V. Horeau	12,4	COMTE Aval	18,8
GRAND ININI(9656-58+60)	13,8	ORAPU av. Auberge Corona bouee 2	17,8	GRAND ININI V. Horeau	13,7	COMTE amont	14,7
TAMPOCK(9665-70)	12,3	ORAPU AMONT S11 mb vl	18,8	GRAND ININI V. Horeau	12,8	ORAPU av. S13 Fourpassie Degrad	19,1
KERENROCK SINNAMARY aval	19,0	COUNANA AVAL S1 bmc mm	19,1	TAMPOCK V. Horeau	14,0	ORAPU amont S11	19,5
COURCIBO A. Dauts	17,3	COUNANA AMONT s10 mm vc	18,9	GENIPA-BONNE NOUVELLE P. Saut	18,8	COUNANA av. S1 bouee	19,0
TAKARTANTE SINNAMARY AM.	17,8	OYAPOK av. Saut-Maripa 9614-20	17,7	PETIT-SAUT S16	19,0	COUNANA amont (S10)	19,1
SAUT LUCIFER A. Dauts 10379-81	17,1	SAUT-MARIPA OYAPOCK 9618	18,1	PETIT-SAUT A. Dauts	18,8	SAUT MARIPA OYAPOCK	17,2
MALMANOURY V. Horeau	18,4	OYAPOCK am. Camopi (9604-13)	18,2	KERENROCK SINNAMARY aval VH	15,8	OYAPOCK am. Camopi	15,2
KAROUABO (VH)	19,2	RIVIERE DE CAYENNE Montsinor bm mh	9,4	COURCIBO-LEBLONC	18,4	RIVIERE CAMOPI	12,3
COMTE Av. S2 bouee rose carbet)	14,9	MATOURY Sect. am Mangrove	8,7				

Tableau des résultats d'application de l'IDG

Les notes les plus basses sont obtenues dans les secteurs fortement dégradés comme la rivière de Cayenne le secteur de Matoury et le Petit Inini, les plus élevées sont atteintes sur la Counana et l'Orapu amont et à Karouabo.

III – 5.2 Application de l'ISG

Cet indice a nécessité lors de son élaboration le calcul des notes s et v, habituellement dénommées sensibilité spécifique et valeur indicatrice, à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques séparées en 4 puis 5 classes. Ces classes de "perturbation" qui correspondent à un gradient croissant des valeurs de la plupart des paramètres mesurés à l'exception de l'oxygène dissous (et du pourcentage de saturation) ont été transformées en classe de qualité lors du calcul du barycentre des profils écologiques des espèces. 160

taxons récemment décrits dont les exigences écologiques sont encore méconnues ont ainsi été affectés d'une notation s et v. Cette notation ne peut être que provisoire et devrait évoluer et s'affiner avec les acquis scientifiques probables résultant du suivi de la qualité des eaux guyanaises.

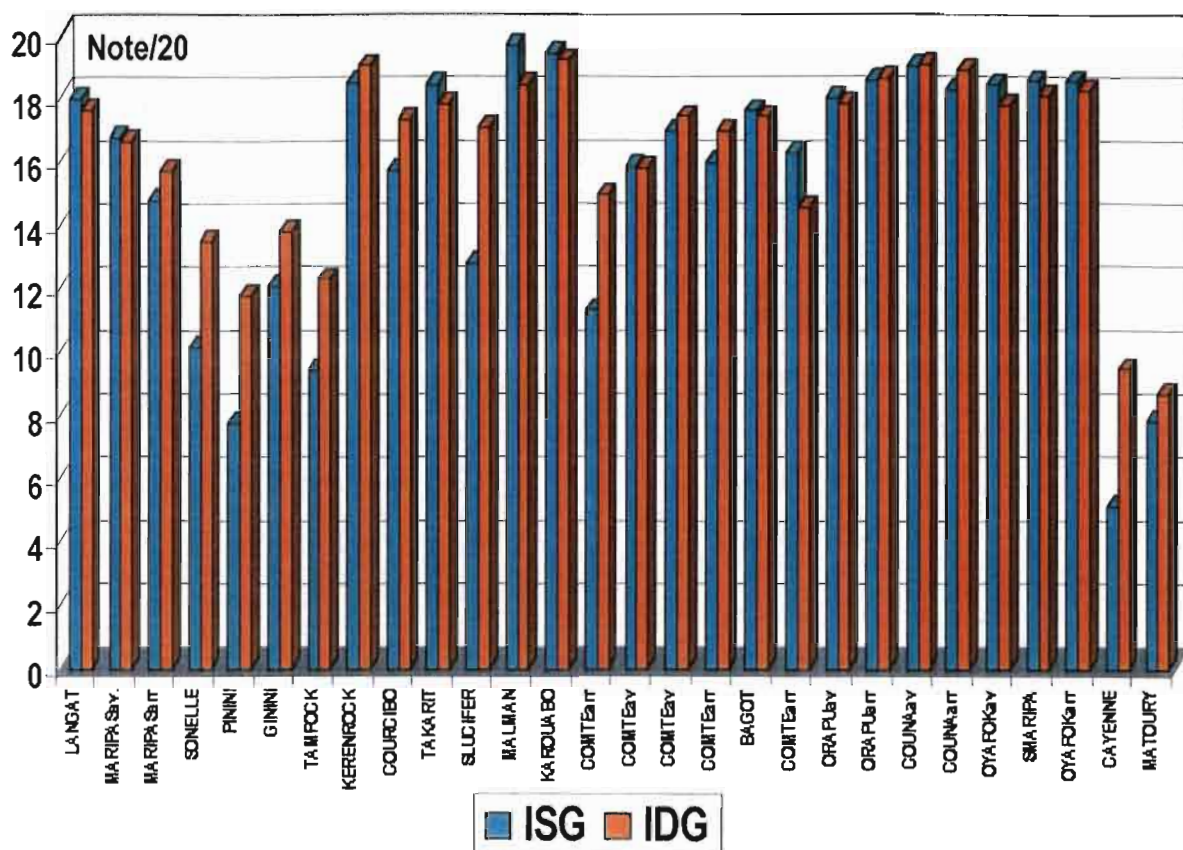
Liste des taxons nouveaux pour lesquels les valeurs de s et v ont été calculées

ABREV	S	V	ABREV	S	V	ABREV	S	V	ABREV	S	V	ABREV	S	V	ABREV	S	V	ABREV	S	V	ABREV	S	V			
ACHB	4,3	2	CALS	4,0	2	ECAR	5,0	3	ERBH	4,3	2	FPRB	5,0	3	HELO	4,0	3	NHBT	5,0	3	PGLC	5,0	3	SGIB	5,0	2
ACHS	4,8	2	CBCU	5,0	3	ECDI	4,0	3	ESBL	5,0	3	FPRS	5,0	3	HGNE	5,0	3	NISA	4,5	2	PITB	5,0	3	SGRG	4,1	2
ACPS	3,3	2	CBIT	5,0	2	ECRS	4,0	3	ESBR	4,6	2	FRAS	4,0	3	KOBS	4,7	2	NLOH	4,0	3	PLTE	4,8	2	SGUY	5,0	3
ADRO	4,9	2	CBMC	5,0	3	EDTG	5,0	3	ESKK	4,0	2	FROL	5,0	3	KOKR	5,0	3	NLTM	5,0	3	PLUC	5,0	3	SKAT	4,7	2
AGNS	5,0	3	CBRP	5,0	2	EFEM	5,0	3	ESNA	5,0	3	FUDO	4,5	2	LCOS	4,3	2	NMID	5,0	3	PNBF	5,0	3	SKRA	4,3	2
AHET	4,3	3	CBRS	5,0	2	EFRQ	5,0	2	ESPG	5,0	3	FZIZ	4,7	3	LDPF	4,1	3	NSIL	4,7	2	PNTP	4,1	3	SLAM	4,7	3
AMFC	4,7	2	CCRU	4,9	3	EGEO	5,0	3	ESUL	5,0	3	GAQR	5,0	2	LFRE	1,0	3	NUAS	4,9	2	POOM	4,5	2	SLTA	4,9	2
AMRB	5,0	3	CHMF	5,0	2	EGUI	4,0	3	ESYA	5,0	3	GDEM	4,0	3	LIUN	1,0	3	NULE	5,0	2	PPIA	4,8	3	SLTR	4,8	3
AMSG	3,3	2	CMIR	5,0	3	EICS	5,0	2	ETGB	4,5	2	GENT	5,0	3	LMON	3,5	2	NUNE	5,0	2	PPRC	4,8	3	SPLC	5,0	3
APRN	5,0	2	CPUM	5,0	2	EIPB	4,1	2	FACU	4,9	2	GGBR	4,7	3	LOBG	4,0	2	NUPS	5,0	2	PRTU	5,0	3	SSUN	4,8	3
APUL	4,6	2	DSBO	4,5	2	ELAE	5,0	3	FALS	5,0	2	GMRB	3,9	3	NASP	5,0	2	NUTN	4,9	2	PSBO	4,5	2	STAS	5,0	3
ASIO	5,0	3	EACN	5,0	3	EMER	4,9	3	FCRS	5,0	3	GNTF	5,0	3	NBCN	5,0	3	PACI	4,7	2	PSGA	5,0	3	STBS	5,0	3
AULS	4,7	1	EANM	5,0	3	ENVZ	4,8	2	FCSA	4,9	3	GOAH	1,0	3	NCOL	5,0	3	PCER	4,5	2	PSGC	4,8	2	STNM	4,9	3
BGOM	5,0	2	EAST	4,9	3	EODE	4,9	3	FCSP	4,8	3	GPLG	4,7	2	NDNA	4,7	2	PCTP	4,5	3	PSRM	4,8	3	STSL	5,0	3
BKUN	5,0	3	EBIC	5,0	3	EOEQ	5,0	3	FGUY	5,0	3	GSHM	4,0	3	NDSA	5,0	3	PDMF	4,5	2	PSUR	5,0	3	STVE	4,7	2
BRCR	5,0	3	EBST	5,0	3	EOZA	4,9	2	FJAV	5,0	3	GTRI	4,8	3	NEEX	5,0	3	PDRQ	3,0	3	PUTR	4,4	2	SUDM	4,2	2
BRRO	5,0	3	EBVC	5,0	3	EPAS	4,7	1	FMAG	5,0	3	HAVT	4,3	2	NESD	4,5	2	PDVA	5,0	3	SCOS	4,5	2			
CACT	4,7	2	ECAM	4,9	3	EPTK	5,0	3	FMGL	5,0	3	HBRU	4,0	3	NESP	4,0	3	PFLA	4,0	3	SDEC	1,0	3			

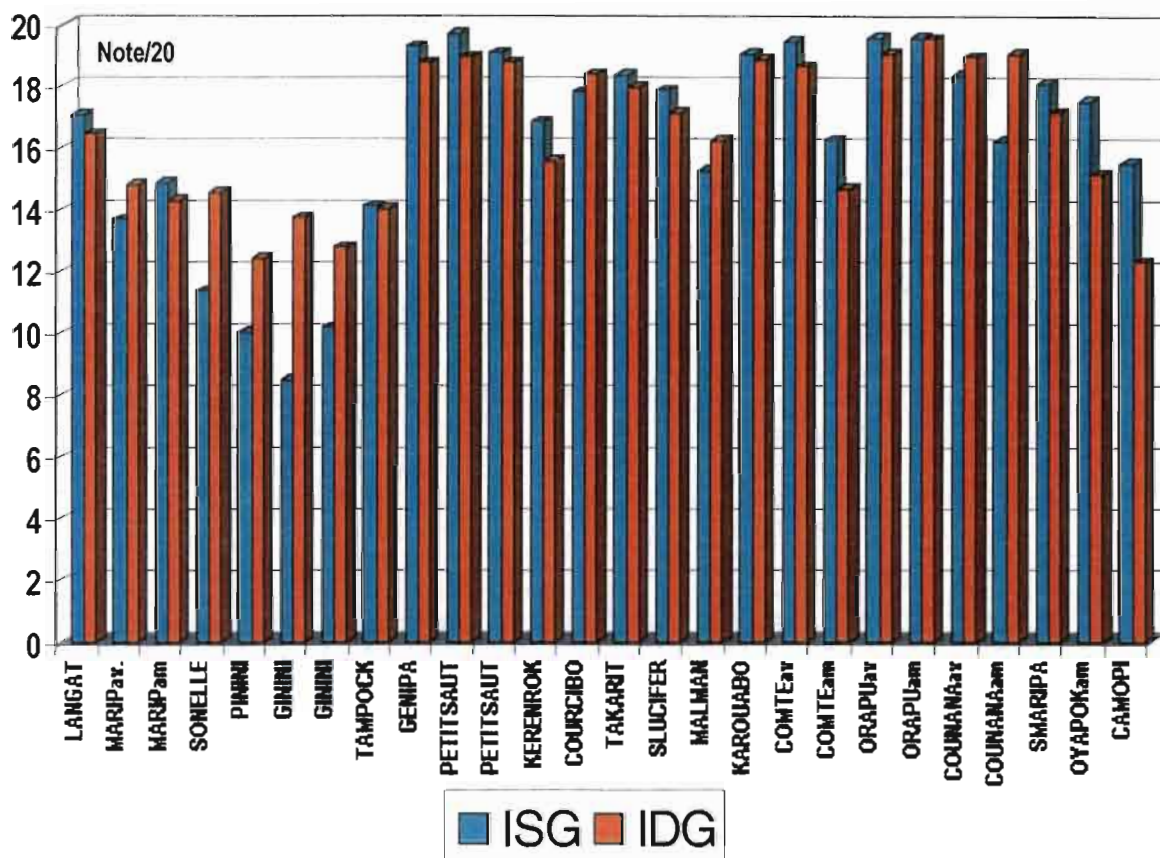
Les résultats d'application au réseau Guyanais sont très similaires à ceux obtenus avec l'IDG mais ils sont néanmoins plus fiables car ils s'appuient sur un cortège d'indicateurs plus consistant en nombre et en signification écologique.

Tableau des résultats d'application des indices ISG et IDG aux rivières de Guyane française

CODE	SITES - SAISON SECHE	ISG	IDG	CODE	SITES - SAISON DES PLUIES	ISG	IDG
LANH	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	18	17,6	LANH	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	17,0	16,4
MPVS	MARIPASOULA aval village	16,7	16,6	MPVH	MARIPASOULA aval MARONI	13,7	14,8
MPMS	MARIPASOULA amont Inini	14,8	15,7	MPMH	MARIPASOULA V. Horeau	14,9	14,3
SSOS	SAUT SONELLE	10,1	13,5	SSOH	SAUT SONELLE V.Horeau	11,4	14,5
PINS	PETIT ININI	7,7	11,7	PINH	PETIT ININI V. Horeau	10,0	12,4
GINS	GRAND ININI	12,1	13,8	GINH	GRAND ININI V. Horeau	8,5	13,7
TAMS	TAMPOCK	9,4	12,3	GINH	GRAND ININI V. Horeau	10,2	12,8
KERS	KERENROCK SINNAMARY aval	18,5	19,0	TAMH	TAMPOCK V. Horeau	14,1	14,0
COUS	COURCIBO A. Dauta	15,7	17,3	GENH	GENIPA-BONNE NOUVELLE P. Saut	19,3	18,8
TKTS	TAKARITANTE SINNAMARY AM.	18,4	17,8	PSAH	PETIT-SAUT St6	19,7	19,0
SLUS	SAUT LUCIFER A. Dauta	12,8	17,1	PSAH	PETIT-SAUT A. Dauta	19,1	18,8
MALS	MALMANOURY V. Horeau	19,6	18,4	KERH	KERENROCK SINNAMARY aval VH	16,8	15,6
KARS	KAROUABO (VH)	19,4	19,2	COUH	COURCIBO-LEBLONC V. Horeau	17,8	18,4
COVS	COMTE Av. S2 bouee rose carbet)	11,3	14,9	TKTH	TAKARITANTE SINNAMARY V. Horeau	18,3	18,0
COVS	COMTE av. Pointe Diamant m.m.	15,8	15,7	SLUH	SAUT LUCIFER (V.H)	17,9	17,1
COVS	COMTE st.3 bouee Degrad	16,9	17,4	MALH	MALMANOURY (VH)	15,3	16,2
COMS	COMTE S1 am. Carbet site pêche	16,0	16,9	KARH	KAROUABO (VH)	19,1	18,9
BAGO	CRIQUE BAGOT	17,6	17,4	COVH	COMTE Aval	19,4	18,6
COMS	COMTE S1 Am. carbet Lysis seuil	16,3	14,5	COMH	COMTE amont	16,3	14,7
ORVS	ORAPU av. Auberge Coruna bouee 2	18,0	17,8	ORVH	ORAPU av.S13 Fourgassie Degrad	19,6	19,1
ORMS	ORAPU AMONT S11 mb vl	18,6	18,6	ORMH	ORAPU amont S11	19,6	19,5
CNVS	COUNANA AVAL S1 bmc mm	19,0	19,1	CNVH	COUNANA av. S1 bouee	18,3	19,0
CNMS	COUNANA AMONT s10 mm vc	18,2	18,9	CNMH	COUNANA amont (S10)	16,2	19,1
OYVS	OYAPOCK av.Saut-Marip	18,4	17,7	SMAH	SAUT MARIPA OYAPOCK V. Horeau	18,1	17,2
SMAS	SAUT-MARIPA OYAPOCK	18,5	18,1	OYMH	OYAPOCK am. Camopi V. Horeau	17,5	15,2
OYMS	OYAPOCK am. Camopi	18,5	18,2	CAMH	RIVIERE CAMOPI V.Horeau	15,5	12,3
CAYS	RIVIERE DE CAYENNE Montsiner bm mh	5,1	9,4				
MATS	MATOURY Sect.am Mangrove	7,8	8,7				



Application des indices ISG et IDG aux communautés diatomiques de Guyane en saison sèche



Application des indices ISG et IDG aux communautés diatomiques de Guyane en saison des pluies

Des cartes de qualité, reprenant la codification de la norme AFNOR (NF T90-354) ont été élaborées à partir de ces premiers résultats qui demandent à être confrontés aux autres estimations biologiques (cf. annexes).

IV CONCLUSIONS

L'étude de la qualité des eaux des rivières de Guyane française avait pour objectif principal l'élaboration et la mise à disposition d'outils de diagnostic biologique pratiques et suffisamment fiables pour être utilisés en routine par des personnels techniques.

Le principal obstacle à la réalisation de ce travail résidait dans la méconnaissance des organismes aquatiques et par voie de conséquence celle de leur écologie. Si les difficultés logistiques nombreuses ont retardé le déroulement de cette étude, les résultats obtenus devraient au moins servir de base à de nouvelles prospections.

Pour les diatomées, algues microscopiques jusqu'alors très peu étudiées en Guyane, plus de 430 taxons ont pu être recensés et ce premier inventaire n'est ni exhaustif ni limitatif. Parmi eux, une cinquantaine ont fait l'objet de descriptions récentes en 1998 et en 2000 dans deux ouvrages sur l'Amérique du Sud et une dizaine au moins pourraient être considérés comme nouveaux pour la science après des investigations complémentaires en microscopie électronique (M.E.B., M.E.T.). Néanmoins, de nombreuses incertitudes subsistent quant à l'identification de certaines espèces et les collaborations nouées avec l'institut Botanique de Francfort ainsi que les observations en cours au centre de microscopie électronique de l'université de Bordeaux I, devraient permettre d'établir des bases de référence solides pour la poursuite de cette surveillance biologique.

Deux indices d'évaluation de la qualité biologique de l'eau ont été proposés :

L'IDG (indice diatomique générique) déjà utilisé en métropole, présente l'avantage d'un niveau d'identification restreint (le genre) et d'une mise en œuvre rapide. Un peu plus d'une soixantaine de genres sont recensés en Guyane à ce jour. En revanche, le risque d'imprécision reste important en raison de l'amplitude écologique très vaste de certains genres.

L'ISG ou indice spécifique Guyanais nécessite des identifications au niveau de l'espèce et apparaît plus spécialisé. Il s'appuie sur les *preferenda* des taxons, déterminés à partir de leur profil écologique, lui-même établi en probabilité de présence dans 5 classes de qualités physico-chimique de l'eau.

Cette dernière proposition, malgré l'obstacle systématique, paraît la plus prometteuse et la plus adaptée car elle prend en compte les particularités de la microflore guyanaise. En l'état actuel, elle ne constitue qu'une première étape et le référentiel tant biologique que physico-chimique mériterait d'être enrichi par la prospection de nouvelles situations. Les stations les moins anthropisées semblent bien représentées dans le jeu actuel et il serait souhaitable de poursuivre les investigations sur des stations plus polluées de manière spécifique (pollutions organiques marquées, pollutions salines, chimiques etc...)

La qualité biologique des eaux guyanaises estimée à l'aide des diatomées, est apparue bonne à très bonne dans la plupart des cas avec des fléchissements significatifs dans les zones orpaillées où la turbidité des eaux paraît souvent déterminante et dans les zones côtières. La présence de formes halophiles dans des secteurs éloignés de la mer (Petit Inini) pourrait traduire des rejets intermittents (chlorures ?) ou des rapports ioniques particuliers.

Cette première phase devrait donc être étendue et poursuivie afin de :

- valider les méthodes proposées sur de nouveaux relevés ,
- conforter les profils établis en probabilités de présence ou élargir éventuellement la gamme des distributions ou celle des classes de qualité et proposer alors une méthode du type IBD (indice biologique diatomée, normalisé en métropole) pour la Guyane.

Cette extension du jeu de données permettrait en outre d'accéder à des traitements statistiques plus performants (co-inertie).

L'intérêt systématique et biogéographique des diatomées de Guyane est évident et leur connaissance comme leur prise en compte dans le diagnostic de la qualité des milieux aquatiques va dans le sens de la Directive Européenne sur l'eau. Il faut donc espérer qu'une suite puisse être donnée à ces recherches. Le guide d'identification en fin d'élaboration, devrait mettre à la portée du plus grand nombre un outil de mise en œuvre de l'indice guyanais ISG.

Références bibliographiques

- AFNOR (2000) - Qualité de l'Eau. Détermination de l'indice biologique diatomées (IBD) - Norme NF T90-354 - : 63 pages.
- BLAKE, G. (1997) - Les radeaux de végétation de la retenue de Petit-Saut (Guyane). *Hydroécologie Appliquée* 9 (1-2): 195-212.
- BOURRELLY, P. & A. COUTE (1982) - Quelques algues d'eau douce de la Guyane Française. *Amazonia* 7 (3): 221-292.
- BRANCO, L. H. Z. & O. N. Junior (1997) - Seasonality of macroalgae in three tropical drainage basins in Sao Paulo State, southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 141 (1): 75-91.
- BURONE, F. S., C.BAYSSE. (1985) - Diatoms of the Maldonado Bay (Uruguay). 2. Biddulphiaceae and Chaetoceraeae. Diatomeas de la Bahía de Maldonado (Uruguay). *Contrib. Dep. Oceanogr. Univ. Republica* 2 1 :
- CANTORAL-URIZA, E. A., J. CARMONA_JIMENEZ & G. MONTEJANO (1997) - Diatoms of calcareous tropical springs in the central region of Mexico. *Cryptogamie Algologie* 18 (1): 19-46.
- CONFORTI, V. (1989) - Algunos Euglenoideos nuevos o interesantes de la Argentina. *Cryptogamie Algologie* 10 (1): 69-79.
- CONFORTI, V. (1992) - Taxonomic study of Euglenophyta of a highly polluted river of Argentina. *Nova Hedwigia* 53 (1-2): 73-98.
- COSTE, M. & H. AYPHASSORHO (1991) - Etude de la qualité des eaux du bassin Artois Picardie à l'aide des communautés de Diatomées benthiques. Application des Indices diatomiques au réseau. Rapport Convention d'étude n° 90 X 3300 du 19 Juin 1990. Cemagref Bordeaux - Agence de l'Eau Artois Picardie. : 227 p.
- COSTE, M., V. HOREAU & J. P. CARMOUZE (2000) - Première contribution à l'étude des communautés de diatomées benthiques des rivières de Guyane française. Approche systématique et biogéographique. In (Eds.) 19ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLAF) 12-15 Sept. 2000. Oral comm., Univ. Liège Mont Riggi Belgique., 3p.
- COUTE, A., & Y. THEREZIEN. (1985) - Première contribution à l'étude des Trachelomonas (Algae, Euglenophyta) de l'Amazonie bolivienne. *Revue Hydrobiol. Trop.* 18 (2): 111-131.
- DA COSTA, J. C. & L. C. TORGAN (1991) - Análise taxonômica de diatomáceas (Bacillariophyceae) do lago da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *IHERINGIA, sér. Bot. Porto Alegre* 41 : 47-81.
- DA COSTA, J. C. F. (1995) - Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *IHERINGIA, ser. Bot., Porto Alegre* 46 : 57-143.
- DAGET, p., M.GODRON & J.L.GUILLERM (1972) - Profils écologiques et information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques. In E.Vandermarel, R.Tuxen & Eds., *Basic problems and method in phytosociology.*, Dr. W.Junk, Den Haag, 121-149.
- DE DOMITROVIC, Y. Z. (1991) - New or Rare Species of Strombomonas (Euglenophyta) from Argentina. *Cryptog Algal* 12 (4):
- De OLIVEIRA, P. E. & M. STEINITZ-KANNAN (1992) - The diatom flora (Bacillariophyceae) of the Cuyabeno faunistic Reserve, Ecuadorian Amazonia. *Nova Hedwigia* 54 (3-4): 515-552.
- DUMESTRE, J. F., L. LABROUE, C. GALY-LACAU, C. REYNOUARD & S. RICHARD (1997) - Biomasses et activités bactériennes dans la retenue et à l'aval du barrage dfe Petit-Saut(guyane) : influence sur les émissions de méthane et la consommation d'oxygène. *Hydroécologie Appliquée* 9 (1-2): 139-168.
- FERRARIO, M. E. (1988) - Ultrastructure de deux taxa de la famille Thalassiosiraceae: Thalassiosira subtilis var.maxima var.nov. et Minidiscus chilensis présents sur les côtes de l'Atlantique sud (Argentine). . *Cryptogamie Algal.* 9 (4): 311-318.
- FÖRSTER, K. (1969) - Amazonische Desmidiaceen, 1. Teil.: Areal Santarem. *Amazoniana* 2 (1/2): 5-116.
- FÖRSTER, K. (1974) - Amazonische Desmidiaceen. 2. Areal Maues-Abacaxis. *Amazoniana* 5 (2): 135-242.
- FUKUSHIMA, H. & M. B. XAVIER (1988) - Attached diatoms from the Negro River, Amazonas, Brazil. *Diatom* 4 : 11-16.
- GADEL, F., L. SERVE & J.-L. BLAZI (1997) - Traceurs organiques dans les suspensions et dans la matière organique dissoute du fleuve Sinnamary-barrage de Petit-Saut(Guyane Française):. sources et conditions de milieu. *Hydroécologie Appliquée* 9 (1-2): 115-138.
- GARCIA-BAPTISTA, M. (1995) - The distribution of psammic algae on a marine beach at Praia Azul, Brazil. In D. MARINO & M. MONTRESOR (Eds.) *Proceedings of the 13th International Diatom Symposium, 1-7 September 1994, Acquafredda di Maratea, Italy.*, Koeltz Scientific Books Königstein 183-205
- GERMAIN, H. (1936) - Diatomées d'eau douce du Venezuela récoltées par la mission M.Grisol. *Bull. Soc. Française de Microscop.* 5 (4): 140-151.
- GOSSE, P. & A. GREGOIRE (1997) - Dispositif de reoxygénation artificielle du Sinnamary à l'aval du barrage de Petit-Saut(Guyane). *Hydroécologie Appliquée* 9 (1-2): 23-56.
- GUARRERA, S. A. & R. O. ECHENIQUE (1992) - Freshwater Algae from Limay River System (R-Argentina) .2. Chlorophyta .3. Chlorococcales. *Cryptog Algal* 13 (4): 257-272.
- HERBST, N., & N.I. MAIDANA. (1989) - Diatoms of Chaco(Republica Argentina):1. *Nova Hedwigia* 49 ((1/2)): 207-232.
- HOFF, M. (1995) - Les berges du fleuve Sinnamary (Guyane Française) : géomorphologie et groupements végétaux. *Hydroécologie Appliquée* 7 (1-2): 151-184.
- HOREAU, V., P. CERDAN & A. CHAMPEAU (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 (1-2): 213-240.
- HUSTEDT, F. (1965) - Neue und wenig bekannte Diatomeen. IX. Süßwasserdiatomeen aus Brasilien, insbesondere des Amazonasgebietes. *Int.Rev. ges. Hydrobiol.* 50 : 391-410.
- ILTIS, A. & A. COUTE (1984) - Péridinales (Algae, Pyrrophyta) de Bolivie. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* 17 (4): 279-286.
- ILTIS, A. (1984) - Algues du lac Titicaca et des lacs de la vallée d'Ichu Khota (Bolivie). *Cryptogamie Algal.* 5 (2-3): 85-108.
- ILTIS, A. (1991) - Algues du lac Titicaca bolivien. *Cryptogamie Algologie* 12 (3): 213-230.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. (1986 - 1991) - *Bacillariophyceae* 1.Teil:Naviculaceae. 876 p.; 2 Teil :Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 596 p.; 3 Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 576 p.; 4 Teil : Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. 437 p. In Süßwasserflora von Mitteleuropa . Band 21/4 - H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Ed.), G. Fischer verlag., Stuttgart.
- KRAMMER, k. (1997) - Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* and *Cymbelloopsis*. *Bibliotheca Diatomologica* 37 : 469 p. J. Cramer Berlin.
- KRAMMER, K. (1997) - Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil1. *Allgemeines und Encyonema Part.* In *Bibliotheca Diatomologica*. 36 - (Ed.), J. Cramer, 382 p.

- KRASSKE, G. (1939) - Zur Kieselalgenflora Südchiles. *Arch. Hydrobiol.* **35** : 349-468.
- LECLERCQ, L. & B. MAQUET. (1987) - Deux nouveaux indices diatomique et de qualité chimique des eaux courantes. Comparaison avec différents indices existants. *Cah. Biol. Mar.* **28** : 303-310.
- LEFEVRE, M. (1939) - Une pêche planctonique en Guyane Française. *Rev. Algol.* **8** (3-4): 342-345.
- LENOIR, A. & M. COSTE (1996) - Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French national water Board network. In B. A. WHITTON & E. ROTT (Eds.) *Use of Algae for monitoring rivers II*, Innsbruck Austria 17-19 Sept. 95, Studia Student. G.m.b.H. 29-43
- LOBO, E. A. & L. C. TORGAN (1988) - Análise da estrutura da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) em duas estações do sistema Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Bot. bras.* **1** (2): 103-119.
- LOBO, E. A., V. L. M. CALLEGARO, M. A. OLIVEIRA, S. E. SALOMONI, S. SCHULER & K. ASAI (1996) - Pollution tolerant diatom from lotic systems in the Jacuí Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *HERINGIA Sér. Bot.* **47** : 45-72.
- LOEZ, C. R. & M. L. TOPALIAN (1999) - Use of algae for monitoring rivers in Argentina with a special emphasis for the Reconquista river (region of Buenos Aires). In J. PRYGIEL, B. A. WHITTON & J. BUKOWSKA, *Use of algae for monitoring rivers III.*, Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai. 72-83.
- MAIDANA, N. I. & O. E. ROMERO (1995) - Diatoms from the hypersaline "La Amarga" lake (La Pampa, Argentina). *Cryptog Algol* **16** (3): 173-188.
- MANGUIN, E. (1964) - Contribution à la connaissance des diatomées des Andes du Pérou. *Mém. Mus. Nation. Hist. Nat. Nouv. Ser. B Botanique* **12** (2): 1-98.
- METCALFE, S. E. (1988) - Modern diatom assemblages in Central Mexico: the role of water chemistry and other environmental factors as indicated by TWINSPLAN and DECORANA. *Freshwater Biology* **19** : 217-233.
- METZELTIN, D. & H. LANGE-BERTALOT (1998) - Tropical diatoms of South America I. About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. In *Iconographia Diatomologica - Annotated Diatom Micrographs. Vol. 5* - H. LANGE-BERTALOT (Ed.), Diversity-Taxonomy-Geobotany. Koeltz Scientific Books, 695p.
- MEYER, B. & H. RAI (1997) - The thecal structure of *Peridiniopsis amazonica* spec. nov. (Dinophyceae), a new cyst producing freshwater dinoflagellate from Amazonian floodplain lakes. *Nova Hedwigia* **65** (1-4): 365-375.
- PATRICK, R. (1940) - Some new diatoms from Brazil. *Acad. Nat. Sci. Philad. Notulae Naturae* **59** : 1-7.
- PIERRE, J. F. (1990) - Diatomées holocènes du lac Jankho Kkota (Andes de Bolivie). In M. RICARD & M. COSTE, *Ouvrage dédié à la Mémoire du Professeur Henry GERMAIN (1903 - 1989)*, Koeltz Scientific Books Koenigstein, Paris. 191-201.
- REICHARDT, E. (1988) - *Achnanthes praecipua* n.sp., a new freshwater Diatom from Mexico. In F.E.ROUND (Eds.) *Proc. of The 9th Internat. Diatom Symp. Bristol 1986*, Biopress Ltd. Bristol & O.KOELTZ Publ. Koenigstein 391-395
- REICHARDT, E. (1995) - Die Diatomeen (Bacillariophyceae) in Ehrenbergs Material von Cayenne, Guyana Gallica (1843). In *Iconographia Diatomologica - Annotated Diatom Micrographs. 1* - H. Lange-Bertalot (Ed.), Koeltz Scientific Books, Champaign U.S.A.: 53 p.
- RIVERA, P., & P.KOCH. (1984) - Contributions to the Diatom Flora of Chile II. Koeltz Publ. In D.G.MANN (Eds.) *Proc. of the 7th Internat. Diat. Symp. Philad. Aug. 82, Philadelphia*, O.KOELTZ Publ. Koenigstein 279-298
- RUMEAU, A. & M. COSTE (1988) - Initiation à la systématique des Diatomées d'eau douce. *Bull. Fr. Piscic.* **309** : 69 p.
- RUMRICH, U., H. LANGE-BERTALOT & M. RUMRICH (2000) - Diatomeen der Anden Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland Und zwei weitere Beiträge. *Iconographia Diatomologica* **9** : 673p.
- SALA, S. E. (1996) - Flora diatomologica del embalse Paso de las Piedras (Argentina) I: Fam. Diatomaceae, Fam. Achnantheaceae y fam. Eunotiaceae (O. Pennales). *Darwiniana* **34** (1-4): 251-266.
- SALA, S. E., S. R. DUQUE, M. NUÑEZ-AVELLANEDA & A. a. LAMARO (1999) - Nuevos registros des Diatomeas (Bacillariophyceae) de la Amazonia Colombiana. *Diversidad Biologica. Caldasia* **21** (1): 26-37.
- SCOTT, A. M., R. GRÖNBALD & H. CROASDALE (1965) - Desmids from the Amazon Basin, Brazil. *Bot. Fenn.* **69** : 1-94.
- SERVANT-VILDARY, S. (1986) - Les Diatomées actuelles des Andes de Bolivie (Taxonomie, écologie). *Cahiers de Micropaléontologie Nelle série* **1** : 99-123.
- SLADECEK, V. (1973) - System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebnisse Limnol.* **7** : 218 p.
- SLADECEK, V. (1986) - Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta hydrochim. Hydrobiol.* **14** (5): 555-566.
- SOUZA, M. G. M. & P. COMPERE (1999) - New diatom species from the federal district of Brazil. *Diatom Research* **14** (2): 357-366.
- SYLVESTRE, F. (1997) - La dernière transition glaciaire-interglaciaire (18000-8000 14C ans B.P.) des Andes tropicales sud (Bolivie) d'après l'étude des diatomées. Doctorat ORSTOM,
- TAVERA, R., J. ELSTER & P. MARVAN (1994) - Diatoms from Paloapan basin communities, Mexico. *Arch. Hydrobiol. Algological Studies* **74** : 35-65.
- TELL, G. (1998) - Euglenophyta found exclusively in South America. *Hydrobiologia* **369/370** : 363-372.
- TELL, G., & V. CONFORTI. (1988) - Quelques Strombomonas Def. (Euglenophyta) de l'Argentine au microscope photonique et électronique à balayage. *Nova Hedwigia* **46** ((3-4)): 541-556.
- THEREZIEN, Y. (1985) - Contribution à l'étude des algues d'eau douce de la Guyane Française à l'exclusion des diatomées. *Bibliotheca Diatomologica* **72** : 1-275.
- THERIOT, E., H.J.CARNEY & P.J.RICHERSON. (1985) - Morphology, Ecology and systematics of *Cyclotella andina* sp.nov.(Bacillariophyceae) from Lake Titicaca, Peru,-Bolivia. *Phycologia* **24** (4): 381-387.
- THOMASSON, K. (1971) - Amazonian Algae. *Inst. Roy.Sc.Nat.Belg. Mém.ser. 2* **86** : 1-57.
- THOMASSON, K. (1977) - Two conspicuous Desmids from Amazonas. *Bot. Notiser* **130** : 41-51.
- TORGAN, L. & V. CARVALHO & BECKER (1997) - *Eunotia densistriata* sp. nov.: a subaerial diatom from Southern Brazil. *Diatom Research* **12** (1): 115-124.
- TORGAN, L. C. & M. GARCIA (1990) - Occorência de *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Behtge (Bacillariophyceae) no Sul do Brasil e suas implicações taxonômicas e ecológicas. *Acta Limnol. Brasil.* **III** : 439-457.
- TORGAN, L. C. & O. M. DELANI (1988) - Estudo taxonomico de diatomáceas (Bacillariophyceae) do "Complexo Banhado Grande", Rio Grande do Sul, Brasil: representantes do gênero *Eunotia* Ehrenberg. *IHERINGIA Sér. Bot. Porto Alegre* **38** : 81-107.
- TORGAN, L. C. (1983) - Una variedad nova de *Eunotia didyma* Hustedt ex Zimmermann (Bacillariophyceae) do Sul do Brasil. *HERINGIA Ser.Bot.* **31** : 31-36.

- TORGAN, L. C. (1985) - Estudo taxonômico de diatomáceas (Bacillariophyceae) da represa de Aguas Belas, Viamao, Rio Grande do Sul, Brasil. *IHERINGIA, Sér. Bot. Porto Alegre* **33** : 17-104.
- UHERKOVICH, G. & H. RAI (1979) - Algen aus dem Rio Negro und seinen Nebenflüssen. *Amazoniana* **6** : 611-638.
- UHERKOVICH, G. & M. FRANKEN (1989) - Aufwuchsalgen aus zentralamazonischen Regenwaldbächen. *Amazoniana* **7** : 49-79.
- VAQUER, A., V. PONS & J. LAUTIER (1997) - Distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans le réservoir de Petit-Saut (Guyane Française). *Hydroécologie Appliquée* **9** (1-2): 169-194.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. & N. I. MAIDANA (1997) - Taxonomic and ecological studies of the Parana-River diatom flora (Argentina). *Bibliotheca Diatomologica* **34** : 1-122.
- ZIMMERMANN, C. (1913-1918) - Contribuição para o estudo dos Diatomáceas dos Estados Unidos do Brasil. *Broteria Ser. Bot.* **13-17** : 37-56, 15-16.

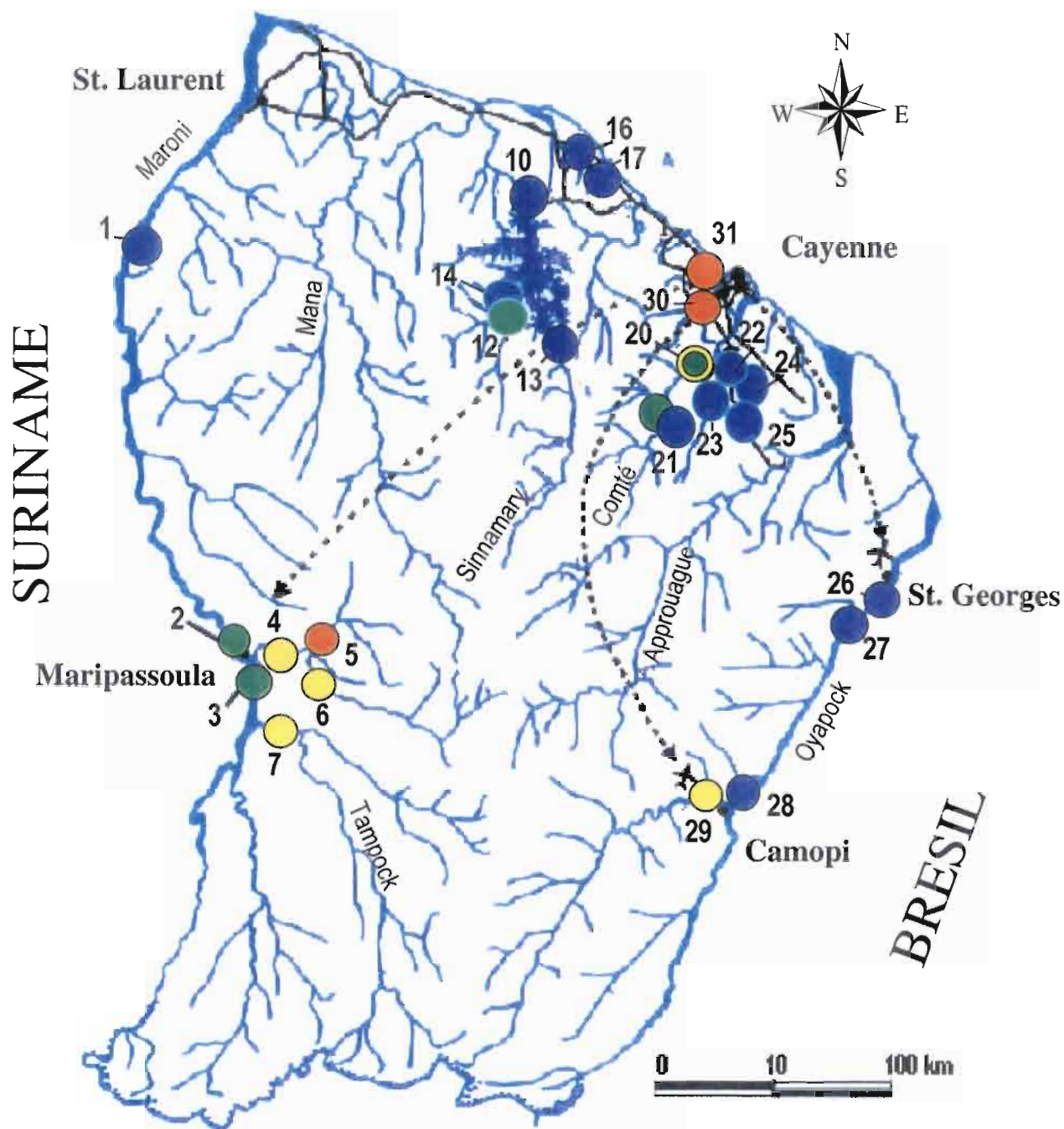
DIATOMEES GUYANE - RESULTATS DES ESTIMATIONS INDICIELLES OBTENUES ENTRE 1997 1999

NOTATION AFNOR (IBD NF T90-354)	COULEUR	QUALITE BIOLOGIQUE
ISG ≥ 17		TRES BONNE
17 < ISG ≥ 13		BONNE
13 < ISG ≥ 9		PASSABLE
9 < ISG ≥ 5		MAUVAISE
ISG < 5		TRES MAUVAISE

SAISON SECHE						
PREP.	DATE	CODE	SITE RIVIERE	St.	ISG	IDG
10528	27/10/99	LANH	LANGATABIKI AVAL MARONI	1	18	17,6
9736	20/01/99	MPVS	MARIPASOULA aval village	2	16,7	16,6
9735	18/01/99	MPMS	MARIPASOULA am. Inini	3	14,8	15,7
9731	13/01/99	SSOS	SAUT SONELE	4	10,1	13,5
9733	15/01/99	PINS	PETIT ININI	5	7,7	11,7
9732	14/01/99	GINH	GRAND ININI	6	12,1	13,8
9734	16/01/99	TAMH	TAMPOCK	7	9,4	12,3
9647	16/12/98	KERS	KERENROCK SINNAMARY aval	10	18,5	19,0
10534	25/11/99	COUS	COURCIBO	12	15,7	17,3
9646	26/11/98	TKTS	TAKARITANTE SINNAMARY AM.	13	18,4	17,8
10533	25/11/99	SLUS	SAUT LUCIFER	14	12,8	17,1
10520	22/11/99	MALS	MALMANOURY	16	19,6	18,4
10517	15/12/99	KARS	KAROUABO	17	19,4	19,2
9447	21/10/98	COVS	COMTE Av. S2 bouee rose carbet)	20	11,3	14,9
9449	21/10/98	COVS	COMTE av. Pointe Diamant m.m.	20	15,8	15,7
9456	22/10/98	COVS	COMTE st.3 bouee Degrad	20	16,9	17,4
9440	19/10/98	COMS	COMTE S1 am. Carbet site pêche	21	16,0	16,9
9445	20/10/98	BAGO	CRIQUE BAGOT	21	17,6	17,4
9439	20/10/98	COMS	COMTE S1 Am. carbet Lysis seuil	21	16,3	14,5
9188	24/10/97	ORVS	ORAPU av. Auberge Coruna bouee 2	22	18,0	17,8
9172	29/10/97	ORMS	ORAPU AMONT S11 mb vl	23	18,6	18,6
9148	24/10/97	CNVS	COUNANA AVAL S1 bmc mm	24	19,0	19,1
9152	23/10/97	CNMS	COUNANA AMONT s10 mm vc	25	18,2	18,9
9645	23/11/98	OYVS	OYAPOK av. Saut-Maripa	26	18,4	17,7
9644	06/11/98	SMAS	SAUT-MARIPA OYAPOCK	27	18,5	18,1
9642	03/11/98	OYMS	OYAPOCK am. Camopi	28	18,5	18,2
9190	25/10/97	CAYS	RIVIERE DE CAYENNE Montsinery bm mh	30	5,1	9,4
9737	11/03/99	MATS	MATOURY Secteur am. Mangrove	31	7,8	8,7

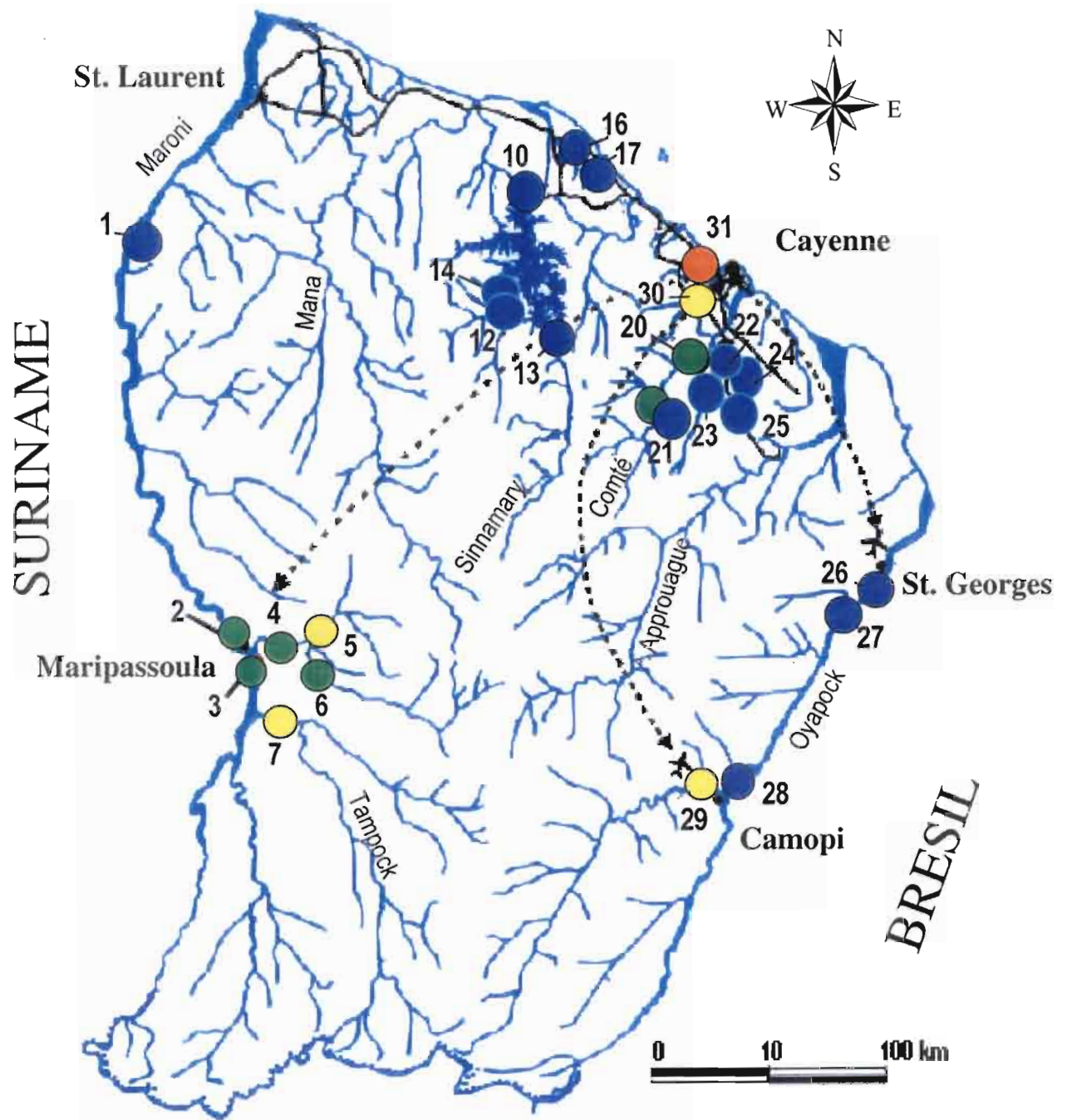
SAISON DES PLUIES						
PREP.	DATE	CODE	SITE RIVIERE	St.	ISG	IDG
10507	03/06/99	LANH	LANGATABIKI AVAL MARONI	1	17,0	16,4
10527	20/06/99	MPVH	MARIPASOULA aval MARONI	2	13,7	14,8
10526	13/06/99	MPMH	MARIPASOULA	3	14,9	14,3
10524	08/06/99	SSOH	SAUT SONELE	4	11,4	14,5
10522	10/06/99	PINH	PETIT ININI	5	10,0	12,4
10521	10/06/99	GINH	GRAND ININI	6	8,5	13,7
10523	18/06/98	GINH	GRAND ININI	6	10,2	12,8
10525	12/06/99	TAMH	TAMPOCK	7	14,1	14,0
10508	13/07/99	GENH	GENIPA-BONNE NOUVELLE P. Saut	10	19,3	18,8
10512	28/06/99	PSAH	PETIT-SAUT	10	19,7	19,0
10531	28/06/99	PSAH	PETIT-SAUT	10	19,1	18,8
10530	08/07/99	KERH	KERENROCK SINNAMARY aval	10	16,8	15,6
10511	26/06/99	COUH	COURCIBO-LEBLONC	12	17,8	18,4
10529	28/07/99	TKTH	TAKARITANTE SINNAMARY	13	18,3	18,0
10510	12/07/99	SLUH	SAUT LUCIFER	14	17,9	17,1
10506	20/07/99	MALH	MALMANOURY	16	15,3	16,2
10509	22/07/99	KARH	KAROUABO	17	19,1	18,9
10515	02/07/99	COVH	COMTE Aval	20	19,4	18,6
10514	01/07/99	COMH	COMTE amont	21	16,3	14,7
9437	06/06/98	ORVH	ORAPU av. S13 Fourgassie Degrad	22	19,6	19,1
9435	06/06/98	ORMH	ORAPU amont S11	23	19,6	19,5
9424	03/06/98	CNVH	COUNANA av. S1 bouee	24	18,3	19,0
9434	06/06/98	CNMH	COUNANA S10 am.	25	16,2	19,1
10516	28/05/99	SMAH	SAUT MARIPA OYAPOCK	27	18,1	17,2
10519	27/05/99	OYMH	OYAPOCK am. Camopi	28	17,5	15,2
10518	26/05/99	CAMH	RIVIERE CAMOPI	29	15,5	12,3

ISG - SAISON SECHE



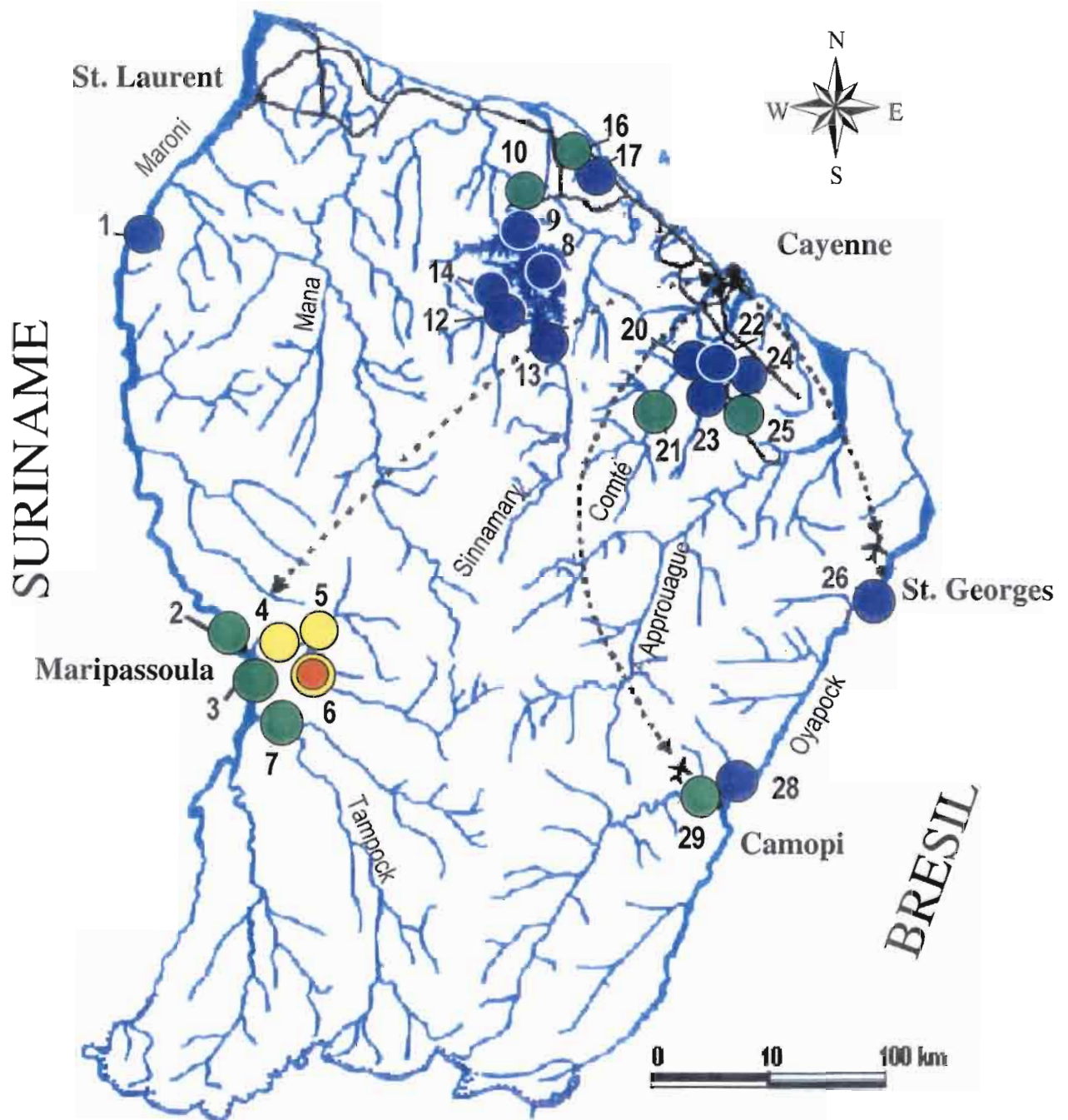
1 - Langatabiki	7 - Tampock	13 - Takari-Tanté	20 - Comté aval	26 - Saut Maripa Aval
2 - Maripassoula aval	8 - Genipa	14 - Saut Lucifer	21 - Comté Amont	27 - Saut Maripa amont
3 - Maripassoula amont	9 - Petit Saut	15 - Deux Fours	22 - Orapu aval	28 - Oyapock amont
4 - Saut Sonnelle	10 - Kerenrock	16 - Malmanoury	23 - Orapu amont	29 - Camopi
5 - Petit Imini	11 - Leblond	17 - Karouabo	24 - Kounana Aval	30 - Rivière de Cayenne
6 - Grand Imini	12 - Courcibo	18 - Passoula	25 - Kounana Amont	31 - Idem à Matoury

IDG - SAISON SECHE



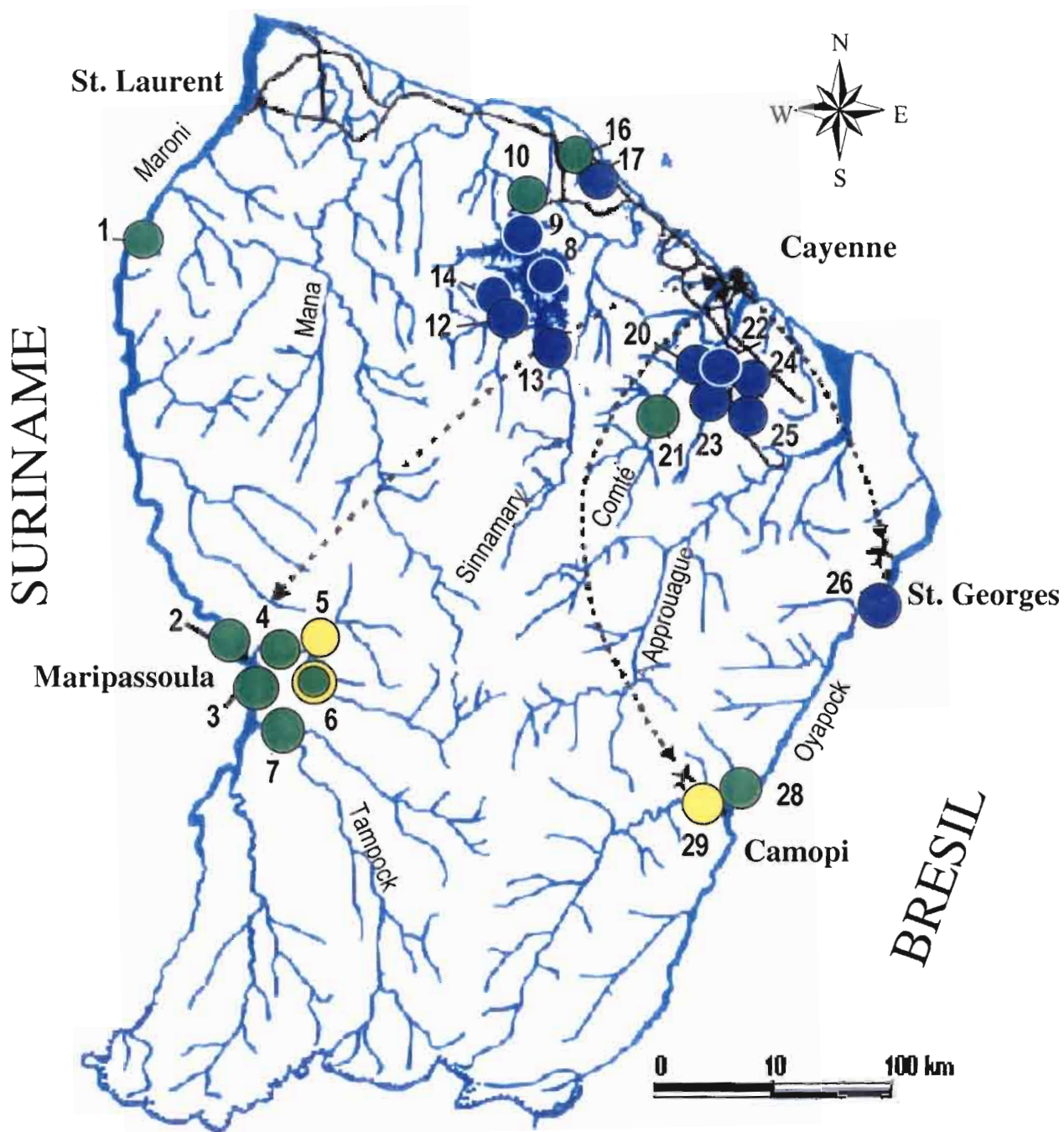
1 - Langatabiki	7 - Tampock	13 - Takari-Tanté	20 - Comté aval	26 - Saut Maripa Aval
2 - Maripassoula aval	8 - Genipa	14 - Saut Lucifer	21 - Comté Amont	27 - Saut Maripa amont
3 - Maripassoula amont	9 - Petit Saut	15 - Deux Fours	22 - Orapu aval	28 - Oyapock amont
4 - Saut Sonnelle	10 - Kerenrock	16 - Malmanoury	23 - Orapu amont	29 - Camopi
5 - Petit Imini	11 - Leblond	17 - Karouabo	24 - Kounana Aval	30 - Rivière de Cayenne
6 - Grand Imini	12 - Courcibo	18 - Passoura	25 - Kounana Amont	31 - Idem à Matoury

ISG - SAISON DES PLUIES



1 - Langatabiki	7 - Tampock	13 - Takari-Tanté	20 - Comté aval	26 - Saut Maripa Aval
2 - Maripassoula aval	8 - Genipa	14 - Saut Lucifer	21 - Comté Amont	27 - Saut Maripa amont
3 - Maripassoula amont	9 - Petit Saut	15 - Deux Fours	22 - Orapu aval	28 - Oyapock amont
4 - Saut Sonnelle	10 - Kerenrock	16 - Malmanoury	23 - Orapu amont	29 - Camopi
5 - Petit Imini	11 - Leblond	17 - Karouabo	24 - Kounana Aval	30 - Rivière de Cayenne
6 - Grand Imini	12 - Courcibo	18 - Passoura	25 - Kounana Amont	31 - Idem à Matoury

IDG - SAISON DES PLUIES



1 - Langatabiki	7 - Tampock	13 - Takari-Tanté	20 - Comté aval	26 - Saut Maripa Aval
2 - Maripassoula aval	8 - Genipa	14 - Saut Lucifer	21 - Comté Amont	27 - Saut Maripa amont
3 - Maripassoula amont	9 - Petit Saut	15 - Deux Fours	22 - Orapu aval	28 - Oyapock amont
4 - Saut Sonnelle	10 - Kerenrock	16 - Malmanoury	23 - Orapu amont	29 - Camopi
5 - Petit Imini	11 - Leblond	17 - Karouabo	24 - Kounana Aval	30 - Rivière de Cayenne
6 - Grand Imini	12 - Courcibo	18 - Passoura	25 - Kounana Amont	31 - Idem à Matoury

ANNEXE I

LISTE TAXINOMIQUE DES DIATOMEES RECENSEES DEPUIS 1997

(Codifications, références et principales synonymies)

ANNEXE 1 - DIATOMÉES DE GUYANE : LISTE DES TAXONS RECENSES DEPUIS 1997

N°	ABREV	DENOMINATION (Ordre alphabétique)	REFERENCES	SYNONYMIES	s	v	DG
1	ACHB	Achnanthes boudou Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p1869-9-14 70-1,4		4,3	2	g
2	ABIN	Achnanthes brevipes Agardh var. intermedia (Kütz.) Cleve	1895 p193 CE53p50f596-g Hus33p425f877	KL891p3f1/4-8 (=ASSE?)	3,0	2	h
3	ACON	Achnanthes conspicua A. Mayer	1919p1986-9-10 LBK89 p40f32-1-19 f32-28-31	(=ACBR=7APIN) KL891p28f16/22-23	4,0	1	c
4	ACBR	Achnanthes conspicua A. Mayer var. brevistriata Hustedt	1930 p.202 f292 SIM87 f192-10-17	=ACON LBK89 p41f32-1-19 f32-28-31f31-8	4,0	1	c
5	ACUR	Achnanthes curtissima Carter	1963 KL891p21f11/1-8	(=AMCP=COMI)	5,0	1	c
6	AEXG	Achnanthes exigua Grunow in Cl. & Grun. var. exigua	1880p21 LBK89p51f45-4-23KL891p38f23/1-27 6/4	(=AEHE=AECO)	4,0	1	c
7	AHET	Achnanthes heteromorpha Grunow in Cleve et Grun.	1880 p23 LBK89 p.64 f.87-12-13	=PHET(=ACHE)	4,3	3	g
8	AINF	Achnanthes inflata (Kützing) Grunow	1880p19LBK89p69f13-20-22 KL891p6f29-12-3 3/1-3		4,0	3	t
9	ALFR	Achnanthes lanceolata (Breb.) Grun. ssp. frequentissima Lange-Bertalot	LBK89p87LB93p4 f44/1-3 15-23 HL893BD27p4	=PLFR(=APFR=ALAE=ALDUssVH85)Str90p243KL891p7f6	3,4	1	c
10	ALRO	Achnanthes lanceolata ssp. robusta (Hustedt) Lange-Bertalot	1993 BD27p6 LB89p90f85-15-22 KL891p79f46/1-3	=PRBU(=APLN=APST=ALAB ss KSTO79)	4,6	1	t
11	ALAR	Achnanthes lanceolata ssp. rostrata (Oestrup) Lange-Bertalot	1993BD27p6 LBK89p90f85-3-9 587f4-6-7	=PRST(=ARST=AROS1902=APIA?)KL891p77f43/1-14	4,4	1	c
12	ALPI	Achnanthes lanceolata(Breb.)Grun. ssp. apiculata (Patrick) Lange-Bertalot	1945p167f1-4-5LBK89p85f87-5-9KL891p80f46/22-2	=PAPC(=ALAN v. apiculat Patrick 45)	4,0	2	t
13	ALAG	Achnanthes lanceolata(Breb.)Grunow var. guyanense nov.var.	Guyane 2000 Courcibo n°10511	=PTLA(=ALCL)KL891p76f41/1-8 25	4,6	1	g
14	ALAN	Achnanthes lanceolata(Breb.)Grunow var. lanceolata Grunow	1880p.23 LBK89p83f84-1-16 f91-1	=PTLA(=ALCL)KL891p76f41/1-8 25	4,6	1	c
15	AMFC	Achnanthes magnifica Hustedt	1952 Bot.Noiser 4 p.385f62-65 S87p384f583/11-2	=PMAG(=ACMF)	4,7	2	a
16	AMIC	Achnanthes microcephala (Kützing) Grun.	1895p188 Hust33p376f819	=AMIN(=ALIN=ABIA=AAFF)HLB 1981	5,0	2	g
17	AMSC	Achnanthes minutissima (Kützing) var. scolica (Carter) Lange-Bertalot	1989 BD18p106f55-4-12 67-35-36KL891p60f34/1-6	=ADCA(=ACLD=ASTI=AMCS)	5,0	1	c
18	AMIN	Achnanthes minutissima Kützing v. minutissima Kützing (Achnanthidium)	1833p57f854 LBK89f51-1-20 KL891p56f32/1-24	=ADMI(=AMIC=ALIN=AMCR)	5,0	1	c
19	AMSA	Achnanthes minutissima Kützing var. saprophila Kobayasi et Mayama	1984JUL45 1989DR4(1) LBK89p105f55-22-28	=ADSA KL891p59f34/1-3-19A	3,0	1	c
20	AOBG	Achnanthes oblongella Oestrup	1902p34f9 LBK89p11f33-1-26 34-1-7	(=ASAX cf. in Maillard 78 N.C. KL891p29f16/1-14	4,5	1	c
21	APUL	Achnanthes puicherrima (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot	2000 ID5p366f66/1-9		4,6	2	t
22	ACHS	Achnanthes sp.			4,8	2	g
23	ASHU	Achnanthes subhudsonis Hustedt	1921p144f9-12 LBK89p146f68-28-38 S87f68-1-9	(Maillard N.C. 1978)	5,0	2	c
24	ABRA	Actinella brasiliensis Grunow	KL890f160-2-3		5,0	2	c
25	AGNS	Actinella guianensis Grunow	MZLB98ID5p242f46-11 f5/1-7		5,0	3	a
26	AMRB	Actinella mirabilis Grunow	MZLB98ID5p242f4/1-5		5,0	3	a
27	APRN	Actinella peronioides Hustedt	MZLB98ID5p258f12/1-6		5,0	2	t
28	ASIO	Actinella silioli Hustedt	MZLB98ID5p246f6/1-5 f7/7-8		5,0	3	t
29	ANMN	Actinocyclus normanii (Greg. ex Grév.) Hustedt morphotype normanii	1957 KL891p88f81-1-2 Kiss&al.90	(=CRNO)	2,0	2	h
30	ABRY	Adafia bryophila (Petersen) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	1998BD38p89 1999ID6f22/1-8	(=NBRY)	5,0	2	c
31	ADRO	Adafia drouetiana (Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p2186-14-19 186-6	(=Navicula drouetiana Patrick 1944)	4,9	2	a
32	ACPS	Amphipleura chiapensis Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p21f109-1-5		3,3	3	a
33	ACOP	Amphora copulata (Kütz.) Schoeman & Archibald	Lee & Round 88 DR.3(2) p217.	(=ALII(=AOLI))	4,0	2	c
34	AMDE	Amphora delphinea L.W.Bailey	in Schoemann et Archibald 1984 BAC7		2,0	3	ht
35	AMSG	Amphora strigosa Hustedt	1949p44f1/30-33 S87p352f537/12-15 WIT00ID7/f164		3,3	2	h
36	AVNT	Amphora ventricosa Gregory	1857 p39f4-68 Hendey 64 p269f37-12,F79p27	John83p157f64-7-8 (=A. angusta v. ventricosa)	2,0	3	h
37	AFOR	Asterionella formosa Hassall	1850 KL891p103f103-1-9 104-9-10	(=AGRA=AFGR)	4,0	1	c
38	AUDI	Aulacoseira distans (Ehr.)Simonsen	1979 Bac2 Reich.84 Haworth88 KL891p32f29-1-23	(=MDIS) KL891f30-1-11	4,6	2	c
39	AUGR	Aulacoseira granulata (Ehr.) Simonsen	1979Bac2 KL891p22f16/1-2 17/1-10 18/1-14	(=MGRA)KL891f19/1-9	2,9	1	c
40	AULS	Aulacoseira species		(Guyane 9429)	4,7	1	q
41	AUVA	Aulacoseira valida(Grunow)Krammer	1990 KL891p32 f28-1-11 1991NH53p484	(=MIVA=AUIV=MCVA)	4,0	2	t
42	BPAR	Bacillaria paradoxa Grélin	1791 KL888 p.8 f.87(4-7)	=BPAX	2,0	3	h
43	BSCO	Berkeleya scopulorum (Brebisson) Cox	1979 BPJ14p16f14-5-9	(=NSPL)	2,8	2	h
44	BBRE	Brachysira brebissonii Ross in Hartley ssp. brebissonii	1986LBM94BD29p20f12/6 13/12-14 24/11 41/1-18	(=ANBR)	5,0	2	c
45	BRCR	Brachysira coralina Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p23f103-9-14		5,0	3	a
46	BGOM	Brachysira gomphonemoides (Maillard) Lange-Bertalot & Moser	1994BD29p29f29/1-5 MDLB95BD32p48f15-19	(=AGOM=GDUmp)	5,0	2	t
47	BKUN	Brachysira kuntzei (Reichel) Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p25f106-8-10 107-16-17	(=Navicula kuntzei Reichelt in Kuntze 1898)	5,0	3	a
48	BNEO	Brachysira neoexilis Lange-Bertalot	1994BD29p51f51-1-35 61-6 17/7-11 32/27-30 46/1	(=ANEX)MSLB95BD32p52	5,0	1	c
49	BRRO	Brachysira rostrata Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p28f101-1-7	(=BSRO=ASRT)	5,0	3	a
50	BSUR	Brachysira subrostrata Lange-Bertalot	1998 ID5p438 f102-23-25		5,0	2	t
51	BVIT	Brachysira vitrea (Grunow) Ross in Hartley	1986 LBM94BD29p71f3/1-31 4/1-6	(=NVRB=AVAR=AVIT)	5,0	2	c
52	CBAC	Caloneis bacillum (Grunow) Cleve	1894 KL886 p.390 f.173(9-20)		4,0	2	c
53	CMOL	Caloneis molans (Grunow) Krammer	1985 KL886 p.394f.174(16-21)	(=PMOL=CCLessH30)	4,0	3	c
54	CSIL	Caloneis silicula (Ehr.)Cleve	1894 KL886 p.388 f.172(1-13)7(6)9(3)	(=CAVE)	5,0	3	c
55	CALS	Caloneis species			4,0	2	g
56	CATE	Caloneis tenuis (Gregory) Krammer	1985 KL886 p.392 f.174(5-10)	(=PGRA)	5,0	2	c
57	CCRU	Capartogramma crucicula(Grun. ex Cl.)Ross	1963p59-61f8-11 Cocquyt98p53f10/8-9,43/2	=STBR(=SZCR=SZBR)	4,9	3	t
58	CPUM	Capartogramma pumila Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5f98-6-9		5,0	2	a
59	CHMU	Chaetoceros muelleri Lemmermann	1898 KL891p84f80-1-2	(=C. thienemannii Hust 1925)	2,0	3	c
60	CBRS	Chamaepinnularia brasiliensis Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p31f86-25-27		5,0	2	a
61	CBRP	Chamaepinnularia brasiliensis Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p32f86-21-24		5,0	2	a
62	CHBR	Chamaepinnularia bremensis (Hustedt) Lange-Bertalot	1996ID2p34	(=NBRM=NSSC)	5,0	1	c
63	CHMF	Chamaepinnularia mediterranea (Coste & Ricard) Lange-Bertalot	1998BD38p107f32/8-11		5,0	2	t
64	CHME	Chamaepinnularia mediterranea (Krausske) Lange-Bertalot	1996ID2p35	(=NMED)	4,0	2	c
65	COIS	Cocconeis disculus (Schumann) Cleve in Cleve & Jentzsch	1882 Hust33p345f799 Hendey64p178f28/19	KL891p89f56/1-13 (C.thomasi in Brum 1895)	5,0	2	c
66	CNTH	Cocconeis neothumensis Krammer	1991 p.15f11-2-21-39(Germain b.)	(=COTH)KL891p91f57/8-31	3,0	1	c
67	CPLA	Cocconeis placentula Ehrenberg var. placentula	1838p194 Hust33p347f802ab	KL891p86f49/2-4 50/5 51/1-5	4,0	1	c
68	CPLP	Cocconeis placentula Ehrenberg var. egyptia(Ehr.)Grunow	1884 p97 Hust.33 p.349 f802c	KL891p87f49/3 50/1 53/1-19	3,6	1	c
69	CPLI	Cocconeis placentula Ehrenberg var. lineata(Ehr.)Van Heurck	1880-85p133 30/31 Hust.33 p.348 f802d	KL891p87f49/1 50/1-13(=C. lineata Ehr. 1843)	5,0	1	c
70	COIR	Coccinodiscus oculus-indis Ehr.		in RKF P.454	2,0	3	h
71	COSS	Coccinodiscus sp.			2,0	2	h
72	CRAC	Craticula accomoda (Hustedt) Mann	1990 p.666(RCM p.594 a-k) LB93BD27p21f69/14-15	(=NACO)	1,0	3	c
73	CAMB	Craticula ambigua (Ehrenberg) Mann	1990 p.666(RCM p.594 a-k)	(=NAMB=NCAM)	3,0	3	c
74	CRUC	Craticula cuspidata (Kützing) Mann	1990 p.666(RCM p.594 a-k)	(=NAMB=NCAM)	2,6	3	c
75	CSBM	Craticula submoesta (Hust.) Lange-Bertalot	1996ID2p39f104-1 Reich97DR12(2)p315f72-77	(=NSMO)	2,0	2	c
76	CATO	Cyclotella atomus Hustedt	1937S87p207f320-9-12 KL891p53f51-19-21	cf. Hak97NH65p207	2,0	1	c
77	CCAS	Cyclotella caspia Grunow	KL891p47f46-1a-bNagumo85 Archib.84 Kiss&al88	(ss Kiss & al=CHAK=CLIT?)H93DR8p338f11-21	2,0	2	h
78	CMEN	Cyclotella meneghiniana Kützing	1844 Hak.90 NH100 p.21f1-17 KL891p44f44-1-10	(possibles:CGAM CKUT CREC?)	2,0	1	c
79	CBIT	Cyclotella species aff. bituminoisa Hustedt	1952p377f39-40 S87p382f579/13-15		5,0	2	g
80	CSTR	Cyclotella striata(Kützing)Grunow 1880 in Cleve & Grunow	KL891p46f45-1-8 Lange & al.89.NH48p15f34-37	HAK96DR11(2)p257(=C. sinensis=C. dallasi in a)	2,0	3	h
81	CACT	Cymbella acuta (A. Schmidt) Cleve	in Patrick et Reimer 75		4,7	3	a
82	CAFF	Cymbella affinis Kützing	1844 KL886 p.314 f.125(f-22) 10(f)		4,0	2	c
83	CYMI	Cymbella sp.1			4,7	2	g
84	CTGL	Cymbella turgidula Grunow in A. Schmidt & al.	KL886 p.314 f.126(4-7)		4,0	2	t
85	CMIR	Cymbellopsis mirabilis Krammer	1997 BD37p181 f 194-6-7		5,0	3	a
86	CBUC	Cymboplectra cuspidata (Kützing) Krammer	LB99 ID6f57/3-5	(=CCUS)	5,0	3	c
87	CBMC	Cymboplectra michelcostei Metzeltin & Krammer	1998ID5p35f137-1-6		5,0	3	g
88	DSUB	Denticula subtilis Grunow	1962LBK87p66 f42-12 KL888 p.140 f96(1-9)	(=DRAI)	2,0	2	h
89	DCOF	Diademes confervacea Kützing	1844 in MSLB95BD32p128f58/6-7	(=NCOF)	1,0	3	t
90	DCON	Diademes contenta (Grunow ex V. Heurck) Mann	1990 p666(p.530 a-i) M.LBM98BD38p40f28/5-7	(=NCON)	4,0	1	c
91	DCBI	Diademes contenta Grun. var. biceps (Grun. in V.H.) Hamilton	1992DR7(1)-30	=DCOT RMC 90 p866	4,0	1	c

ANNEXE 1 - DIATOMEES DE GUYANE : LISTE DES TAXONS RECENSES DEPUIS 1997

N°	ABREV	DENOMINATION (Ordre alphabétique)	REFERENCES	SYNONYMIES	s	v	DG
92	DVUL	Diatoma vulgaris Bory 1824	KL891p95f91:2-3 93:1-12 94:1-13 95:1-7 97:3-5	(=DVOV=DVOI=DVLI=DVPR)	4,0	1	c
93	DELL	Diplois elliptica (Kützling) Cleve	1891 KL886 p.285 f.108(1-6)		5,0	2	c
94	DOBL	Diplois oblongella (Naegeli) Cleve-Euler	1922 KL886p.287f.108(7-10)	(=DOOB Comper.75Tchad)	4,0	2	c
95	DPUE	Diplois puella (Schumann) Cleve	1894 KL886 p.289 f.109(15-16)		5,0	3	c
96	DSBO	Diplois subovalis Cleve	1894 KL886 p.288 f.109(8-9)		4,5	2	t
97	EBVC	Encyonema brevicapitatum Krammer	Kra99 BD36 p100 f27:1-9 f34:1-7		5,0	2	t
98	ENME	Encyonema mesianum (Cholnoky) D.G. Mann	RCM90 p.666(p.490 f.a-j)	(=CMES)	5,0	3	c
99	ENMI	Encyonema minutum (Hille in Rabh.) D.G. Mann	RCM90 p.667(p.490 f.a-j)Kram97BD36p53f6:19-27	(=CMIN=CVEN ss Ktz1844pp=C.chandolensis Gandhi)	4,8	2	c
100	ENNG	Encyonema neogracile Krammer	1997BD36p142f21:1-13 83/1-7 85/1-12	(=ENGR=CGR)	5,0	2	c
101	ENNT	Encyonema neogracile Krammer var. tenuipunctata Krammer	1997BD36p143 f3:4-7 85:1-6,11-12 90:3-4	(=ENGR=CGR)	5,0	2	t
102	ENPE	Encyonema perpusillum (A. Cleve) D.G. Mann	1990p687(p490f.a-j)Kra97BD37p29f110:1-16 111:1-8	(=CPEP)	5,0	2	c
103	EPRO	Encyonema prostratum (Berkeley) Kützling	1844p82 Kra97BD37p38f115:1-5 116:1-6 117:1-6 1	(=CPRO) Bd37p38f115:1-5 116-117- 118-119:1-6	4,0	3	c
104	ESPS	Encyonema sparsipunctatum Krammer	1997 BD36 p151 f95:1-5		5,0	2	a
105	ESKK	Encyonema subkenanum Krammer	1997BD37p21f106:10-15		4,0	2	a
106	ESUL	Encyonema sublaeolatum Krammer Metzlin & Lange-Bertalot	1997BD37p13f16: 202:13-15		5,0	3	g
107	ESPG	Encyonema supergracile Krammer & Lange-Bertalot	1997 BD36 p147 f.89:4-9		5,0	3	a
108	ENVZ	Encyonema venezolanum Krammer	1997 BD36p69 f19f-8		4,8	2	a
109	ECES	Encyonopsis cesatii (Rabenhorst) Krammer	97BD37p152f182:1-13,183:10-12 184:4-7 185:1-7	(=CCES ASA71:48-49) K97 f186:10-11 187:1-7	5,0	2	c
110	ECDD	Encyonopsis difficilis (Kraske) Krammer	1997 BD37 p121 f163:9-19	(=CDIF Kraske 39AH35p403f12:19-21)	4,0	3	a
111	EFRO	Encyonopsis frequentiformis Metzlin & Krammer	1998 ID5p39f137:11-12 14		5,0	2	a
112	ELAE	Encyonopsis lanceoelastica Krammer	97 BD37 p169 f 180:10-11	(=CSUB sensu Simonsen 87f417:5,6,8,9)	5,0	3	a
113	EOIM	Eolimna minima (Grunow) Lange-Bertalot	1998BD38p153f24(10-15)	(=NMIN)	2,2	1	c
114	EOZA	Eolimna zalokanae Metzlin & Lange-Bertalot	1998ID5 p39f167:1-2	Amerique du Sud	4,9	2	a
115	EACN	Eunotia acutinasuta Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5p50 f59:14-17		5,0	2	g
116	EANM	Eunotia anamaragaritae Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5p51 f37:9	(=EZEL H13)	5,0	3	a
117	EARL	Eunotia arcutus (Grunow) Lange-Bertalot & Nörpel	HLB93p26 KL891p213f157:4-12	(=EROS ss F81non Hust.=EUPA v. arcutus)	4,8	2	c
118	EAST	Eunotia astenonoides Hustedt	1952p138f18-19 S87p376f570/1-6 IC5p346f56/7-12		4,9	2	t
119	EBIC	Eunotia bicornigera Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5p51 f28:17-24 28		5,0	3	g
120	EBIG	Eunotia biggiba Kützling			5,0	2	c
121	EBMU	Eunotia bilunaris (Ehr.) Mills var. mucophila Lange-Bertalot Nörpel & Al	KL891f138:10-19 20-24 NH53p196	(=E.subarcuata Naeg.Pant.1902)	5,0	2	c
122	EBST	Eunotia bisenata Hustedt	1952p146f20 S87p379f567/9-11MLB98p348f57:5-6		5,0	3	c
123	ECAM	Eunotia camelus Ehrenberg	KL890f160:10-11		4,9	3	t
124	ECAR	Eunotia carolina Patrick	1966 PR KL890f163:20-21 165:107		5,0	3	a
125	ECRS	Eunotia crassula Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p55 f59:11-13		4,0	3	a
126	EDEN	Eunotia denticulata (Brébisson) Rabenhorst	1864KL891p206f157:19-28	(=EAND?)	5,0	2	c
127	EDTG	Eunotia distinguenda Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p58 f15:10-15 46:1	(=EUPA ssH30 pp f228)	5,0	3	g
128	EETE	Eunotia exigua (Bréb.) Rabenhorst var. tenella (Grunow) Nörpel et Alles	1991NH53p180 f2:24-54	(=ETEN ss Hust.1913 =E. arcus var. tenella)	5,0	1	c
129	EFAB	Eunotia faba Grunow	KL891p225f164:1-10	(=EKOC=EVHK in P.&R.66)	5,0	3	c
130	EFAL	Eunotia fallax A.Cleve var. fallax	1895KL890f150:16-24		4,0	2	c
131	EFEM	Eunotia femoriformis (Patrick) Hustedt	1998 ID5 262 f14:2-4 10-11		5,0	3	a
132	EFLE	Eunotia flexuosa (Brébisson)Kützling	1849p6 KL891p182f 140:8-18 LB96ID2f10:1-4	(=EMES=EPSF=EFEU?=EFBI?)	5,0	2	c
133	EFOR	Eunotia formica Ehrenberg	1843p414 KL891p209f152:8-12AHLB93p3127		5,0	3	c
134	EGEO	Eunotia georgii Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p61 f41:1-7 42:7-8		5,0	3	g
135	EGUI	Eunotia guianense (Ehrenberg) de Toni	1841(1843)		4,0	3	a
136	EINC	Eunotia incisa Gregory var. incisa	1854KL891p221f161:8-19 162:1-2 163:1-7	(=EVEN excl.typus =EPSV?=E. revoluta CE32?)	5,0	1	c
137	EICS	Eunotia incisatula Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p62 f59:25-30		5,0	2	a
138	EIPB	Eunotia inspectabilis Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p63 f55:8-11		4,1	2	g
139	EMER	Eunotia meridiana Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p67 f59:7-10		4,9	3	c
140	EMIN	Eunotia minor (Kützling) Grunow in Van Heurck	1881 KL891p196f142:7-15 AL&No.91NH53f7:1-18	(=EPMI) NH53p202 f7:1-18	4,6	1	c
141	EMON	Eunotia monodon Ehrenberg var. monodon	1843KL891p210f158:1-3HLB93BD27p35f22:4-7	(=EALP Ktz. 1844 =EMMA)	5,0	2	c
142	EODE	Eunotia odebrectiana Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p70 f56:1-8 13 14	(=EMON var. constricta Hust. ex S87 f31:2-3)	4,9	3	a
143	EOEQ	Eunotia odebrectiana var. assequiboensis Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p72 f57:1-2		5,0	3	g
144	EUPA	Eunotia paludosa Grunow in Van Heurck var. paludosa	1881 KL891p203f155:1-20 Alles91 NH53f1:1-35		5,0	1	c
145	EPAS	Eunotia parasitii Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p72 f60:17-30		4,7	1	a
146	EPTK	Eunotia patrickae Hustedt	1998 ID5 p58 f15:3-5		5,0	3	a
147	EPEC	Eunotia pectinalis (Dydim) Rabenhorst var. pectinalis	1864p73 KL891p193f141:1-7 143:1		5,0	2	c
148	EPRA	Eunotia praerupta Ehrenberg var. praerupta	KL891f148:1-3,14		5,0	1	c
149	ERAB	Eunotia rabenhorstiana (Grun.) Hustedt var. rabenhorstiana	1949p72 Metz. & LB 98ID5p75f10:1-13	(=Desmogonium rabenhorstianum Grun.)	5,0	3	t
150	ERBH	Eunotia rabenhorstii Cleve & Grunow	in Van Heurck 1881KL891p192f160:6	(=EPEX pp.=EPYR pro parte)	4,3	2	t
151	ERHO	Eunotia rhomboidea Hustedt	1950S87p36f1546:3-8KL891p223f162:3-4 164:11-2	(ETEN ss H30 pp.=EFAE=ETEN v.capensis Choi58?)	4,0	2	c
152	EUNS	Eunotia sp.	(Guyane ID5 f58/5-10)		5,0	1	g
153	ESBL	Eunotia species cf. bilunaris (Ehr.) Mills sensu lato	1998 MLB ID5p364f65/1-15 Guyane		5,0	3	c
154	ESNA	Eunotia species cf. naegeli Miquela	MLB98 ID5p262f14/9		5,0	3	c
155	ESUB	Eunotia subarcuatoidea Alles Nörpel & Lange-Bertalot	1991 KL891p214f138:1-9 NH53p188f4:1-36	(=ELUN var.subarcuata s.a.n.)	5,0	2	c
156	ESBR	Eunotia subrobusta Hustedt	1913 ASA286/2-8 S87p32f26/1-4		4,6	3	c
157	ESYA	Eunotia synedraeformis var. angustata Hustedt	1952p137 S87p375f567/1-8 MZLB98 ID5 f14/1:5-7		5,0	3	t
158	ETFG	Eunotia transfuga Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p84 f9:1-3 8:5		5,0	3	a
159	ETRI	Eunotia tridentula Ehrenberg	ID5 1998 p300 f33/1-97		5,0	3	c
160	ETGB	Eunotia trigibba Hustedt	Metz. & LB98 ID5p298f32:7-9		4,5	2	c
161	EVEN	Eunotia veneris (Kützling) De Toni	1892p794 KL891p222f163:14-19	(=EPIR)	5,0	2	c
162	EVBR	Eunotia ventriosa Pat. var. brevis(Patrick) Metzlin & Lange-Bertalot	1998ID5p86f28:1-13 27:3 32:6	(=EBRE)	5,0	3	t
163	EVNT	Eunotia ventriosa Patrick var. ventriosa	1940 Metz.LB98ID5p85f32:1-5		5,0	3	t
164	EYAN	Eunotia yanomani Metzlin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p86 f34-37 45:6 63:2	(=EZYG to genuina H13 ASA287:4)	5,0	3	g
165	FALS	Fallacia species	Guyane		5,0	2	g
166	FACU	Fragilaria acutirostrata Metzlin & Lange-Bertalot	1998ID5p89f1:18-19 f2:4		4,9	2	a
167	FARC	Fragilaria arcus (Ehrenberg) Cleve var. arcus	1898 KL891p134f117:8-13 118:18	(=HARC=CARC=CAAM=HAAM)	5,0	2	c
168	FBID	Fragilaria bidens Heiberg	1863 KL891p127 f11:18-22	(=FCAP? in HLB81)	5,0	1	c
169	FBRE	Fragilaria brevistriata Grunow (Pseudostaurosira)	in Van Heurck 1881KL891p162f130:9-16 131:7	=PSBR W.&R.87 DR2(2)	3,0	1	c
170	FCAH	Fragilaria capucina Desmazieres var. amphicephala (Grunow) Lange-Bertalot	HLB93p44 KL891p125f109:19-20 113/1-2	(=SAMP)	4,0	1	c
171	FCAP	Fragilaria capucina Desmazieres var. capucina	1825 KL891p121f108:1-8 109:29 110:22	(=SRUM=SRSC=SRFA=FCLA=FINT=FPPO) HLB 81	4,5	1	c
172	FCVA	Fragilaria capucina Desmazieres var. vaucheriae(Kützling)Lange-Bertalot	1980 NH33 KL891p124f108:10-15	(=FVAU=SRME=FCVA=SVAU=SVTR=FINT)	3,4	1	c
173	FCVT	Fragilaria capucina var. vaucheriae(Kutz.)Lange-Bertalot fo. teratogene	1980 NH33 KL891p124f108:10-15	(=FVAU=SRME=FCVA=SVAU=SVTR=FINT)	1,0	3	c
174	FCSA	Fragilaria crassa Metzlin & Lange-Bertalot	1998ID5p89f1:20-23 f2:1		4,9	3	a
175	FFAS	Fragilaria fasciculata (C.A. Agardh) Lange-Bertalot sensu lato	1980 KLB 91p150f.135:1-18 1981 NH33p.750	(=FFAS=STAB=SFSC=SAFFssPR66=FFON=FFCH)	2,0	3	h
176	FGOU	Fragilaria gouldii (Brébisson) Lange-Bertalot	1981NH33 p.745 KL890f123:4	(=SGOU)	3,0	2	t
177	FJAV	Fragilaria javanica Hustedt	1937 KL890f128:15-16 S87p208f322:1-6	ID5p236f1/1-6	5,0	3	t
178	FPSC	Fragilaria parasitica (W.Sm.) Grun. var. subconstricta Grunow	KL891p133f130:6-8	(=SPSC=SYBI)	4,0	1	c
179	FPIN	Fragilaria pinnata Ehrenberg var. pinnata (Staurosira)	1843 KL891p156f131:3-4 133:1-11 32:32A	=SPIN(Williams & Round 87 DR2(2))	4,0	1	c
180	FROL	Fragilaria rolandschmidtii Metzlin & Lange-Bertalot	1998ID5p90f1:14-16		5,0	3	a
181	FRAS	Fragilaria species			4,0	3	g
182	FULN	Fragilaria ulna (Nitzsch.) Lange-Bertalot var. ulna	1980 NH33 p.745 KL891p143f122:1-8 124:1-2	(=SULN)	3,0	1	c

ANNEXE 1 - DIATOMEES DE GUYANE : LISTE DES TAXONS RECENSES DEPUIS 1997

N°	ABREV	DENOMINATION (Ordre alphabétique)	REFERENCES	SYNONYMIES	s	v	DG
183	FCRS	<i>Frustulia crassinervia</i> (Breb.) Lange-Bertalot et Krammer	1996ID2p5738:7-9	(=FCRC)	5,0	2	t
184	FCSP	<i>Frustulia crassipunctata</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5p9411:12-1-6		4,8	3	g
185	FGUY	<i>Frustulia guayanensis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5p9511:15-10-11		5,0	3	g
186	FMGL	<i>Frustulia magalesmontana</i> Cholnoky	1957p349142 Moser & al. 95p224136/4, 5, 7/39/7		5,0	3	t
187	FMAG	<i>Frustulia magna</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p98 f110:1-4 113:6		5,0	3	g
188	FRPB	<i>Frustulia pararhomboides</i> var. <i>pararhomboides</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p102 f114:1-9 116:1-3		5,0	3	a
189	FPRS	<i>Frustulia pararhomboides</i> var. <i>subundosa</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p103 f114:10-12		5,0	3	a
190	FRHO	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) De Toni	KL886 p.258f.95(1-3)		5,0	2	c
191	FSAX	<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	LB96ID2p60138:1-6	(FRSA)	5,0	3	c
192	FUDO	<i>Frustulia undosa</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p105 f116:14-18 117:1-7		4,5	2	a
193	FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	KL886 p.260f.97(1-6)		4,0	3	c
194	FWEI	<i>Frustulia weinholdii</i> Hustedt	1937KL886p.2612.97(12-14)Cost.Ric.83	S87p203f12-4-8	4,0	3	c
195	FZIZ	<i>Frustulia zizkae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p106 f116:7-13		4,7	3	a
196	GMRB	<i>Geissleria mirabilis</i> (Krasske) Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p108f80:2-3 99:7-10	(=SMIR Krasske 1951 AH44p649f2)	3,9	3	a
197	GNTF	<i>Geissleria neotropica</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p108 f75:25-34		5,0	3	a
198	GPLG	<i>Geissleria perelegans</i> (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p108 f79:1-10	(=N.perelegans H52 Bot. Not.4p403f127)	4,7	2	a
199	GSHM	<i>Geissleria schmidiae</i> Lange-Bertalot & Rümrich	2000ID9p138f66/1-15		4,0	3	c
200	GSML	<i>Geissleria similis</i> (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin	1996ID2p68 ID6f20/15	(=NSIM)	4,0	1	t
201	GESP	<i>Geissleria</i> sp.	Guyane prep 9174 et 10521		3,0	2	g
202	GAOR	<i>Gomphonema aequirostrum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p110 f151:7-11		5,0	2	a
203	GAFF	<i>Gomphonema affine</i> Kützing	1844 KL886p.365 f.161(1-3) KL891p408f80/5	(=GLAN ssH30=GMAG)PR75ID8p137f1-9 8-9/1-14	4,0	3	c
204	GAPI	<i>Gomphonema apicatum</i> Ehr.	1854 222 143 Hust.30p372f696 CE55p176f1266	=GAUG KL886 p.363 f.157(1-8)158(1-6)	3,0	3	c
205	GARV	<i>Gomphonema archaevirio</i> Lange-Bertalot & Reichardt	1995 Iconographia diatomologica 1p15f5/1-8 24	(=GMA ASA236/36)	2,0	2	a
206	GAUG	<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	KL886 p.363 f.157(1-8)158(1-6)	(=GAPI)	3,0	3	c
207	GAUS	<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg var. <i>sphaerophorum</i> (Ehr.) Grunow	KL886 p.363 f.157(9)	=GCAR(=GSPH)KL891p422f87/112	3,0	3	c
208	GBRA	<i>Gomphonema brasiliense</i> Grunow	(tropical-subtrop.)		3,0	1	t
209	GCAM	<i>Gomphonema camburii</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p113f159:16-17	(=GPUI var. <i>aequatoriale</i> ss Camburii & al 78)	2,0	2	a
210	GCOS	<i>Gomphonema costei</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p115 f154:7-12		2,0	2	g
211	GDEM	<i>Gomphonema demerarae</i> (Grunow) Frenguelli	in ML898ID5f152/1-5 153/1-5		4,0	3	a
212	GENT	<i>Gomphonema entolejum</i> Ostrup	1902 L8K87p117f40:18-19 KL891p420f86/11-12		5,0	3	t
213	GEOD	<i>Gomphonema equadorianum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p116 f159:8	(=GPUI v. <i>aequatorialis</i> Cl. 1894)	2,0	2	a
214	GEXL	<i>Gomphonema exilisimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & Reichardt	1996ID2p70 f62:23-27	(=GPXS)	5,0	1	c
215	GGBR	<i>Gomphonema gibberum</i> Hustedt	1965p400f35-39 S87p494f753/8-13	ML898ID5f154/18-21	4,7	2	t
216	GGRG	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	1838KL886p361f156(1-11)154(26-27)KL891p406f79/3	(=GLAN=GGRU)	4,2	1	c
217	GGLD	<i>Gomphonema graciloides</i> Hustedt	1965p401f43-44 MEL898ID5p117 f156:8-10		2,0	2	a
218	GKOB	<i>Gomphonema kobayashiae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p117 f154:13-16		2,0	2	a
219	GLEP	<i>Gomphonema lepidum</i> Fricke	1904 Metz. & LB98 ID5p119f152:6-12	(=GAGN)ASA 248:15	4,0	3	g
220	GMIC	<i>Gomphonema micropus</i> Kützing var. <i>micropus</i>	1844 KL891p396f74/1-14 ID8p34f36/1-14 37/1-29	(=GANG=GPM)Reich99ID8f38/1-15/39/15-17 27-29	3,0	1	c
221	GMIN	<i>Gomphonema minutum</i> (Ag.) Agardh f. <i>minutum</i>	1831KL886p370f159(5-10)167(1) KL891p410f81/1-5	(=GTNL=GCUR LB80)	4,0	1	c
222	GNEN	<i>Gomphonema neosutum</i> Lange-Bertalot & Reichardt	1998ID5p121 f156:1-4	(=GATU pp. BD9p44f37:1-3 Susswfl2:1f158:1-3)	4,0	3	a
223	GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	1849KL886 p.358 f.154(1-25) KL891p400f76/1-7		2,0	1	c
224	GPLA	<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>lagenula</i> (Kütz.) Frenguelli	in KL891p402f77/3		2,0	3	c
225	GPRO	<i>Gomphonema productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & Reichardt	1993BD27p17f173:14-17 74:1-3 ID8p31f32/1-18	(=GAPR) KL891p394f73/9-10p396f74/15-22	3,8	2	c
226	GPAS	<i>Gomphonema pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	1979 KL886 p.364 f.159(1-4)		3,0	1	c
227	GPUM	<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	KL891p418f55/13-19 RL891p528f6	(=GIPU)	5,0	1	c
228	GOMS	<i>Gomphonema species</i>			3,8	2	g
229	GOPS	<i>Gomphonema species</i> 2 aff. <i>Gomposphenia</i>	Guyane 9447		2,2	2	g
230	GSUB	<i>Gomphonema subtile</i> Ehr.	KL886 p.369 f.162(10-13) Metz. LB98p128f155:5-7	(=GSAG)	4,0	3	c
231	GTRI	<i>Gomphonema tristigmatum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p128 f161:1-7		4,8	3	a
232	GPLI	<i>Gomposphenia linguatiformis</i> (Lange-Bertalot & Reichardt) Lange-Bertalot	1995 NH60 p242-243	(=GLIG=GGLI=GAINJ) KL891p422f87/11	2,0	3	c
233	GDAH	<i>Gomposphenia oahuensis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	1998BD38p30f5/6-8 53/1-9	(=COAH=CHUG)	1,0	2	t
234	GNOD	<i>Gyrosigma nodiferum</i> (Grunow) Reimer	PR66 KL886 p.297 fig.115(1)	(=GSNO)	4,0	3	c
235	GSCA	<i>Gyrosigma scalpoides</i> (Rabenhorst) Cleve	KL886 p.299 fig.116(3)		2,0	3	h
236	HAMP	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grunow in Cleve et Grunow 1880	LB93BD27p77KL886 p.128 f.88(1-7)		1,5	3	c
237	HBRU	<i>Hantzschia brunneri</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p132 f206:1		4,0	3	a
238	HELO	<i>Hantzschia elongata</i> (Hantzsch.) Grunow	HL893p79f107-11 KL888 p128 f.89(1-2A)	(=HALO)	4,0	3	h
239	HGNE	<i>Hantzschia graciosa</i> Lange-Bertalot ssp. <i>neotropica</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5p133f206:2-5		5,0	3	a
240	HAVT	<i>Hippodonta avittata</i> (Cholnoky) Lange-Bertalot & Witkowski	1996 ID4 p253f1:30-34	(=NGCS v. <i>avittata</i> Chol.59OBZ106p51f265-269)	4,3	2	c
241	HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehr.) Lange-Bertalot & Witkowski	1996 ID4 p254 f4:23 f2:5 f3:1	(=NCAP=NHUJ)	4,0	1	c
242	HLUE	<i>Hippodonta lueneburgensis</i> (Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski	1996 ID4 p262 f1:1-5 2:1-2 4:19-20	(=NHUJ)	4,0	2	c
243	HTRQ	<i>Hydrosera triquetra</i> Wallich			2,0	3	ht
244	KOKR	<i>Kobayasiella krasskei</i> (Metzeltin & Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	1998 ID6p273 1998 ID5 p135 f94:13-15		5,0	2	c
245	KOBS	<i>Kobayasiella</i> sp.	(Guyane 9431)		4,7	2	g
246	LARG	<i>Luticola argutula</i> (Hustedt) D.G. Mann	RCM 90 p.670	(=NARG)	2,0	2	a
247	LCOH	<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) D.G. Mann	RCM 90 p.670(p.532:a-i)	(=NCOH)	2,0	2	c
248	LCOS	<i>Luticola costei</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p136 fig.12:13		4,3	2	g
249	LDIF	<i>Luticola dapiiformis</i> (Hust.) Coste n.comb.	KL886p.151f62(8)	(=NDAP)	4,1	3	t
250	LDIS	<i>Luticola dismutica</i> (Hustedt) D.G. Mann	RCM 90 p.670(p.532:a-i)	(=NDSM=NSDM)	3,0	2	t
251	LFRE	<i>Luticola frenguelli</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p137 f88:1-6	(=NDAP Frenguelli ss H66p606f1609)	1,0	3	a
252	LGOE	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann	RCM 90 p.670(p.532:a-i)	(=NGOE)	2,0	2	c
253	LIUN	<i>Luticola insularia</i> (Hustedt) D.G. Mann var. <i>undulata</i> (Hustedt) nov. comb.		(=NIUN)	1,0	3	t
254	LLAG	<i>Luticola lagerheimii</i> (Cleve) Mann	1990 RCM	(=NLAG)	4,0	1	t
255	LMON	<i>Luticola monita</i> (Hustedt) D.G. Mann	1990 RCM & KL886p.151f62(10-11)	(=NMNT=NGMO)	3,5	2	t
256	LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann	RCM 90 p.670(p.532:a-i)	(=NMUT)	2,0	2	c
257	LOBG	<i>Luticola obliquata</i> (Hustedt) nov. comb.	(Guyane)	(NMGA=NOBG)	4,0	2	t
258	LSAX	<i>Luticola saxophila</i> (Bock ex Hustedt) D.G. Mann	RCM 90 p.671(p.532:a-i)	(=NSAX)	4,0	1	t
259	LUSP	<i>Luticola species</i>			2,9	2	g
260	MDIC	<i>Melosira dickieii</i> (Thwaites) Kützing	1849 KL891p12 f9/1-13		2,0	3	t
261	MELS	<i>Melosira species</i>			3,5	2	g
262	MPMU	<i>Microcostatus pseudomuralis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	1998 ID6p291 1981 Lange-Bertalot	(=FPMU=NPMU)	5,0	1	c
263	NARV	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt	1936-37 f401:14-16(Java) SIM.87p186f299:1-5	KL886 p.211 f.180(10-12 21-22)Reich.8	3,0	1	c
264	NAEX	<i>Navicula atomus</i> (Kütz.) Grunow var. <i>excelsa</i> (Krasske) Lange-Bertalot	KL886 p.217 f.74(11-13)	=MAEX(=NEXC)	3,0	1	c
265	NBCN	<i>Navicula bicuneolus</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p139f7612-13 77:5-6		5,0	3	g
266	NBRK	<i>Navicula brekkaensis</i> Petersen var. <i>brekkaensis</i>	1928 KL886 p.220 f.75(23-24)	=DBRE RCM90 p666(=N. <i>irata</i> Krasske) 1932)	5,0	2	c
267	NCHA	<i>Navicula charlatii</i> Peragallo	1921KL886 p.157 f.63(20-21)	(=NMUJ)	2,0	2	t
268	NCIN	<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs in Pritchard	1861 KL886 p.98 f.28(9-15)	(=NHEF=NCCA)	3,0	1	c
269	NCOL	<i>Navicula coralina</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p1140 f76:8-11		5,0	3	a
270	NCFS	<i>Navicula cryptocephala</i> Lange-Bertalot	1993BD27p101f61:13-14 f60:1-2 KL891f64:1-8	(=NCRY ssPR66=NCRY auct. excl. lecto LB)	4,0	1	c
271	NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	KL886 p.102 f.31(8-14) KL891p376f64/1-8	(=NGRE sann LB93BD27p101f61:12)	3,5	2	c
272	NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	1985LB93BD27p104f50:13-14 51:2-3KL891p368f60/1	(=NTNL=NRTE)SVH107 KL886 p106 f33(9-11)	4,0	1	c
273	NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	1861 KL886 p.116 f.38(10-15)		3,4	1	c

ANNEXE 1 - DIATOMEES DE GUYANE : LISTE DES TAXONS RECENSES DEPUIS 1997

N°	ABREV	DENOMINATION (Ordre alphabétique)	REFERENCES	SYNONYMIES	s	v	DG
274	NHMS	Navicula heimansii Van Dam et Kooyman	1982 in KLB86 p.100 f.29(8-11)	(=NLST? selon KLB 86)	5,0	2	c
275	NHMD	Navicula heimansoides Lange-Bertalot	1993BD27p11362:7-10 KLB91p38870/1-8	(=NHMS??) KLB86p100f29:9-11	5,0	2	c
276	NHBT	Navicula herbastiae Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p141 f76:4-7 77-8		5,0	3	g
277	NISA	Navicula insueta Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p142 f75:4-6		4,5	2	g
278	NKOT	Navicula kotschy Grunow	KLB86 p.169 f.60(10-15)	(=NGRI=NTEX=NBCP)	3,0	3	c
279	NKRA	Navicula krasskei Hustedt	1930 KLB86 p.177 f.72(21-24)	=MKRA	5,0	2	c
280	NLST	Navicula leptostriata Jorgensen	1948 KLB 86 p.100 f29 KLB91p38870/9-14	(=NHMS? selon KLB86)	5,0	2	c
281	NLOH	Navicula lohmannii Lange-Bertalot & Rumrich	2000ID9p16336/1-8:37:1-4		4,0	3	a
282	NLGC	Navicula longicephala Hustedt var. longicephala	1944 S87p316f47:6-10 KLB91p384f68/31-33		4,5	2	h
283	NLOV	Navicula longicephala Hustedt var. vilaplani Sabater & Lange-Bertalot	1990 NH51p180f32/4-28 KLB91p384f68/34-36		4,0	1	h
284	NMID	Navicula maidanae Metzeltin & Lange-Bertalot	1998ID5p142 f76:14-15		5,0	3	g
285	NPNJ	Navicula perminuta Grunow in Van Heurck	1880 KLB86 p.112 f.35(14-20)	(N.dulcis Patr.)	2,0	2	h
286	NSHR	Navicula schroeteri Meister var. schroeteri	1932 KLB86p115f38(1-4) KLB91p394f73/1-2	(NSYM=NSES)	2,0	3	c
287	NSIL	Navicula siolii Hustedt	1952p397f105 S87p388f58/9-10		4,7	2	t
288	NASP	Navicula sp.			5,0	2	g
289	NVSV	Navicula species 1	Guyane Malmanoury 10506 (abondant)		3,4	2	g
290	NVSD	Navicula species 2	Guyane Malmanoury 10506 (rare) Kobayasiella?		3,4	1	g
291	NSBM	Navicula subminuscula Manguin	1941p139 f239 KLB86p.223f.76(21-26)	=ESBM(=NFRU=NVAU=NDEM=NLUZ=NPPV	2,0	1	c
292	NTEN	Navicula teneloides Hustedt	1937 KLB86 p.117 f.38(16-20)		3,0	2	c
293	NTRI	Navicula tridentata Krasske	1923p198f1 KLB86 p.210 f.80(1-3)	Hust61p82f1223 CE.53p189f896a	5,0	3	c
294	NTRV	Navicula trivialis Lange-Bertalot var. trivialis	1980 KLB86p.110f.35(1-4) KLB91p368f60/14-15	(=NGOT s.Germ.=NLAN s.Ktz.)	2,0	3	c
295	NVEN	Navicula veneta Kutzin	1844 KLB86 p.104 f.32(1-4)	(=NCVE)	1,0	2	c
296	NVGE	Navicula viridula var. germanii (Wallace) Lange-Bertalot	1993BD27p139f53:12-13 KLB91p392f72/3-5	(=NROS ss G36=NRGE=NGER)	3,0	2	c
297	NVRO	Navicula viridula (Kutz.) Ehr. var. rostellata (Kutz.) Cleve	KLB86 p.115 f.37(5-9) KLB91p392f72/6-8	(=NROS in HLB 80)	3,0	3	c
298	NDNA	Naviculadicta nana(Hust.) Lange-Bertalot	1996ID2p85f82:16-16' 117:3	(=NGEF)	4,7	2	c
299	NDSA	Naviculadicta sassiana Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5p144f75:9-12		5,0	3	a
300	NEAR	Neidium amphirhynchus (Ehrenberg) Pfitzer	1871p39 f4/1	(=NEAA=NEAF=NEAL=NEAU)	4,0	3	c
301	NEAM	Neidium ampliatum (Ehrenberg) Krammer	KLB86p279f105-107	(=NEIA=NEIP=NEIV=NEIO)	5,0	3	c
302	NBIS	Neidium bisulcatum (Lagerstedt) Cleve	1894 KLB86 p.277 f.103(1-8) 99ID6f39/5-7		5,0	2	c
303	NECR	Neidium coralliae Metzeltin & Krammer	1998 ID5p145f121:11-12		4,4	3	a
304	NDSS	Neidium densistriatum (Ostrup) Krammer	1985 KLB86p.269f.100(10-13)	(=CLDS=NELO)	5,0	3	c
305	NEDU	Neidium dubium (Ehrenberg) Cleve	1894 KLB86 p.267 f.99(1-7)		4,0	2	c
306	NEEX	Neidium excisum Krammer & Metzeltin	1998 ID5p149 f123:5-6, 126:5-6		5,0	3	g
307	NLTM	Neidium latum Krammer & Metzeltin	1998 ID5p153 f119:1-3 126:1-4		5,0	3	a
308	NESP	Neidium species in Metzeltin & Lange Bertalot	2000 ID5p476f121/3-7		4,0	3	g
309	NESD	Neidium subdubium Metzeltin & Krammer	1998 ID5p156 f119:6-9		4,5	2	a
310	NAMP	Nitzschia amphibia Grunow f. amphibia	1862 KLB88 p108f.78(13-21)		2,0	2	c
311	NAMC	Nitzschia amplexans Hustedt	KLB88 p31 fig.21(5-7)	(=N.anassae Choin.)	2,0	3	g
312	NBRE	Nitzschia brevissima Grunow	KLB88 p30 fig.22(1-6)	(=NPVU)	2,0	3	h
313	NCPL	Nitzschia capitellata Hustedt in A.Schmidt & al.	1922 ASA348:57-59 KLB88p88f62(1-12)63(1-3)	(=NGAN=NIAL=NIFO=NEXA)S87p78f103:6-13	1,0	3	c
314	NCLA	Nitzschia clausii Hantzsch	KLB88 p31 fig.19(1-6)		2,8	3	h
315	NDEB	Nitzschia debilis(Arnott)Grunow	KLB88 p99f.70(10-13)S87p354f53/19-23	(=NTRD) in V.Land.KLB88 p39 fig.27(9-11	2,0	2	c
316	NDES	Nitzschia desertorum Hustedt	1949p50f1/53-55		1,0	2	c
317	NDIS	Nitzschia dissipata(Kutzin)Grunow var.dissipata	1862 KLB88 p.196f.11(1-7)		4,5	3	c
318	NDIP	Nitzschia dissipatoides Archibald	1980 Bac5 82p36f31-43	CosL& Ric.Seych.LBK87p15f27:10-1	2,0	3	t
319	NFAS	Nitzschia fasciculata Grunow	KLB88 p33 fig.22(12-13)		2,2	2	h
320	NFIL	Nitzschia filiformis (W.M.Smith) Van Heurck	KLB88 p.27figs.19(17-13)20(1-7.13.14)		3,0	3	h
321	NFON	Nitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller	1879 KLB88 p103f.75(1-22)	(=NROM=NZMA=NZMC)(=N.romana?)	3,5	1	c
322	NIFR	Nitzschia frustulum(Kutzin)Grunow var. frustulum	1880 KLB88 p.94f.68(1-8)	(=NLBT=NZPV=NFSS)LBK87 p.19	2,0	1	h
323	NIGR	Nitzschia gracilis Hantzsch	1860 KLB88 p.93f.66(1-11)	(=NZGRss HustL53)	3,0	2	c
324	NHEU	Nitzschia heufferiana Grunow	1862 KLB88 p.22fig.13(1-5) Kob&Kob90p186	(=NGIS) LBK87 p24 f2(1-4)	4,0	1	c
325	NZLB	Nitzschia lange-bertalotti Cosle & Ricard	1982CA3(4)p29f3:36 LBK87p31f5(9-12)	LB93BD27p147f117:1-9	5,0	1	t
326	NLEV	Nitzschia levidensis (W.Smith) Grunow in Van Heurck	KLB88p37f28(1-11)29(1-5)	=TLEV (=NTRL)LBK87p32f.57:15	2,0	2	c
327	NLOR	Nitzschia lorentiana Grunow in Cleve et Möller	1879 KLB88 p.125 f.86(6-10)	(=NLZS)	2,0	3	h
328	NNAN	Nitzschia nana Grunow in Van Heurck	KLB88 p.26fig.17(4-8) LB99ID6f73/1-2	(=NOBN=NIGN)	4,0	2	h
329	NPAL	Nitzschia palea (Kutzin) W.Smith	1856 KLB88 p85 f59(1-10)	(=NAMD)	1,0	3	c
330	NISC	Nitzschia scalpelliformis (Grunow) Grunow in Cleve & Grunow	1880 KLB88 p.26figs.18(2-5)7.11-12)	(=NOBS=NPVL)	3,0	3	h
331	NSOC	Nitzschia sociabilis Hustedt	1957 KLB88 p.119 f.83(1-9) S87p44f66/2/12-18	(=NSTB)	3,0	3	c
332	NISO	Nitzschia solita Hustedt	1953p15f23-4 KLB88 p99f.71(1-12)	(=NLGL) S87p395f59/20-21	2,0	2	c
333	NZSS	Nitzschia species			1,0	2	h
334	NISU	Nitzschia subtilis Grunow in Cleve et Grunow	KLB88 p71 f.55(7-10)	(?=NLSU)	3,0	2	c
335	NTER	Nitzschia terrestris (Petersen) Hustedt	1934 p396KLB88 p30 fig.22(7-11)LBK87f10:10-13	(=NCOU)	3,0	1	c
336	NITRO	Nitzschia tropica Hustedt	1949 KLB88 p103f.75(24-28)76(1-7)		3,0	1	t
337	NVER	Nitzschia vermicularis(Kutzin)Hantzsch	KLB88p.14figs.4(4-5)7(1-7)&1(2)LBK87f4:5-9		4,0	1	c
338	NUAS	Nupela astariella Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5p157 f72:46-55		4,9	2	a
339	NULE	Nupela lesothensis (Shoeman) Lange-Bertalot	1998 BD38p213	(=RLES)	5,0	2	c
340	NUNE	Nupela neotropica Lange-Bertalot	1994BD29p7f49/7-9 51/1-3		5,0	2	t
341	NUPS	Nupela species			5,0	2	g
342	NUTN	Nupela tenuistriata (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5p161 f71:1-10	(=ATNT nov. comb)	4,9	2	t
343	OROE	Orthoseira roeseana (Rabenhorst) O'Meara	1876 KLB91 p13f3/5-6 10/1-11 11/1-4 13/9	(=MROE) Houk93DR8:2p395f74-81	5,0	2	c
344	PFIB	Peronia fibula (Breb. ex Kutz.) Ross	1956KLB91p230f145:1-3 165:15-22	(=PHER=PERI)	5,0	3	c
345	PACI	Pinnularia acidophila Hofmann & Krammer	in MLB98ID5p578f172/10		4,7	2	g
346	PACR	Pinnularia acrosphenia Rabenhorst	1853 KLB86 p.409 f.181(1-3) K92p80f19:1-6	(=PACR ss Smith 1853)	5,0	3	c
347	PBOY	Pinnularia boyeriformis Krammer & Metzeltin	1998 ID5p165 f184:4-6		4,7	2	a
348	PERN	Pinnularia brauniana(Grunow) Mills	K92p117f42:8-15	(=PBRA)	5,0	3	c
349	PBRE	Pinnularia brebissonii (Kutz.) Rabenhorst	1864p222 K92p95 f31:1-17 32:2-8	(=PMBR KLB86p.426f.191(7-9)	4,0	3	c
350	PCER	Pinnularia certa Krammer & Metzeltin	1998 ID5p166 f178:12-17		4,5	2	a
351	PDMF	Pinnularia divergens var. mesoleptiformis Krammer & Metzeltin	1998 ID5 p170 f173:1-4		4,5	2	g
352	PDRD	Pinnularia divergens var. rostrata Krammer & Metzeltin	1998 ID5p172 f171:5		3,0	3	a
353	PDIV	Pinnularia divergens W.M.Smith var. divergens	1853 p.57 f.18/177 KLB86 p.407 f.179(3-8)	K92p89f25:1-2 26:1-2	5,0	2	c
354	PDOA	Pinnularia diversarea Krammer & Metzeltin	1998 ID5 p173 f174:2-5		5,0	3	a
355	PEPI	Pinnularia episcopalis Cleve	1891p27f1:4KLB86p408f180(1-2) K92p15f66:1-2		5,0	2	c
356	PFLA	Pinnularia flamma Hustedt	ASA 42:26 MZLB98ID5p612f189/1-3		4,0	3	g
357	PGIB	Pinnularia gibba (Ehrenberg)	1841KLB86p423f189/1-9 186:1-3	(=PABA=PSTA) K92p124f5:1-4 45/11	5,0	2	c
358	PGLO	Pinnularia globiceps Gregory	1856KLB 86 p45 fig.187:10-16 K92p76f17:11-15		5,0	2	c
359	PGRO	Pinnularia graciloides Hustedt	1934ASA392:3 S87p160f259:1-4	(=PGIRA)	4,0	2	t
360	PGLC	Pinnularia graciloides var. latecapitata Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p176 f180:5-8		5,0	3	a
361	PITB	Pinnularia instabiliformis Krammer & Metzeltin	1998 ID5 p177 f174:8-12		5,0	3	a
362	PLUC	Pinnularia luculenta A.Schmidt	1876in Schmidt & al. 1874 MLB98ID5f185/1-4		5,0	3	t
363	PMS5	Pinnularia mesolepta(Ehrenberg)W.M.Smith var. mesolepta	KLB86p.424f.190(1-11) K92p118f43:1-8 44:1-12	(=PINT W.Sm. (=PBIC=PBCP)	5,0	2	c
364	PMIC	Pinnularia microstauron (Ehr.) Cleve	1891p28KLB86p.425f.191(1-9)192(1-16)	K92p98f32:9-17 33:1-19 34:1-8 35:9-13	2,5	3	c

ANNEXE 1 - DIATOMEES DE GUYANE : LISTE DES TAXONS RECENSES DEPUIS 1997

N°	ABREV	DENOMINATION (Ordre alphabétique)	REFERENCES	SYNONYMIES	s	v	DG
365	PNBF	<i>Pinnularia nobilefasciata</i> Krammer & Metzeltin	1998 ID5 p182 f176:8-9 11-16		5,0	3	a
366	PNOB	<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1843p384f2/1:25 KLB86 p.430 fig.198(2-3)	K92p166f1:1-2 3:1-2 73:2-4 76:6-7	5,0	2	c
367	POBS	<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	KL886 p.420 f.185(20-23) K92p65f12:19-26	(=PBDI=PMBD)	3,0	1	c
368	POOM	<i>Pinnularia oominensis</i> Kobayashi	in MZLB98ID5p586f176/17-19		4,5	2	t
369	PPIA	<i>Pinnularia pisciculus</i> var. <i>angusta</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p184 f175:6-12 194:5-6		4,8	3	g
370	PPRC	<i>Pinnularia procera</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p184 f178:7-11		4,8	3	a
371	PRHB	<i>Pinnularia rhombarea</i> Krammer	1998 ID5 p185 f175:1-5	(=PMIC morphotype3 pp in Kram 92 f34:1-4)	4,7	2	g
372	PRTU	<i>Pinnularia rostratissima</i> Hustedt var. (sub)undulata Hustedt	1965p397f27 S87p492f54/2 MZLB98ID5f203/5		5,0	3	t
373	PINS	<i>Pinnularia species</i>	Guyane Malmanoury 10506		4,7	2	g
374	PSBO	<i>Pinnularia subboyeri</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p188 f183:11-12 199:4		4,5	2	a
375	PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>subcapitata</i>	1856 p.91/30 KLB86p.426f.193(1-18) K92p107f37	(=PHIL=PSHI) K92p107f37:17-28	5,0	2	c
376	PSGI	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer var. <i>subgibba</i>	K92p126f3:3 46:1-7 47:1-6	(=PGLI=PABA=PSTA)	5,0	2	c
377	PSGA	<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>angustata</i> Krammer & Metzeltin	1998 ID5 p191 f184:1-3		5,0	3	a
378	PSGC	<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>capitata</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p191 f168:7 176:1-2 73		4,8	2	a
379	PTNS	<i>Pinnularia tenuistriata</i> Hustedt	1934 ASA74f390/10 MZLB98ID5p628 f197:5	S87p157f253/1-3	4,7	2	t
380	PTUM	<i>Pinnularia tumescens</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p193 f.186:1-5		4,7	2	g
381	PUTR	<i>Pinnularia umbrosa</i> Sovereign var. <i>tropica</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p194 f.182:7-9		4,4	2	a
382	PCTP	<i>Placoneis centropunctata</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p195 f.91:1-6	(=NCTP=NDMR Grun ex Cl. non Ehr.)	4,5	3	a
383	PCOV	<i>Placoneis conueniens</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p195 f.90:9	(=NCOV)	4,3	2	a
384	PDMD	<i>Placoneis demerarioides</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p196 f.77:1 90:10-12	(=NDMD)	4,3	2	a
385	PLMO	<i>Placoneis molesta</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p197 f89:6-9		4,3	2	a
386	PNTF	<i>Placoneis neotropica</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p198 f89:1-5		4,1	3	a
387	PSRM	<i>Placoneis santaremensis</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p199 f75:18-24		4,8	3	a
388	PLAS	<i>Placoneis</i> sp.			4,3	2	g
389	PLAD	<i>Placoneis</i> sp2	Tampock 10525		4,3	2	g
390	PSUR	<i>Placoneis surinamensis</i> (Cleve) Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p200 f89:14-16	(=NSBV=NSUR)	5,0	3	a
391	PLTE	<i>Placoneis tersa</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p200 f89:17-21	(=NTRS H56 p116f38-39)	4,8	2	a
392	PZIM	<i>Placoneis zimmermanni</i> Metzeltin & Krammer	1998 ID5 p201 f89:10-13		4,3	2	a
393	PELO	<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith	1852 KLB86 p.295 fig.113(4) 114(3)		2,0	3	c
394	RHIS	<i>Rhizosolenia species</i>	Guyane 10519		2,0	3	g
395	RGBL	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Muller	1895LKB87f49:7-8	KL888p160f110(2)112(1-6)113(4-6)	5,0	3	c
396	SEBA	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann	1989 BPJ24f1p2 KLB86 p.187 f.67(2-4)	(=NBAC)	5,0	2	c
397	SCOS	<i>Sellaphora costei</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p203 f85:1-3		4,5	2	g
398	SGIB	<i>Sellaphora gibbula</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p204 f85:6-7		5,0	2	g
399	SGRG	<i>Sellaphora gregoryana</i> (Cleve & Grunow) Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p204 f81:10	(=NBAC ss Gregory1856 non Ehr.)	4,1	2	c
400	SGUY	<i>Sellaphora guyanensis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p205 f100:9-14 164:1		5,0	3	g
401	SLAM	<i>Sellaphora lambda</i> (Cleve) Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p206 f83:1-6 84:1-3	(=NLAM)	4,7	3	g
402	SLTR	<i>Sellaphora laterostrata</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p208 f81:21-23		4,8	3	a
403	SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützinger) Mereschkowsky	1902 RCM 90 p. 552a-k MANN89 BPJ24f1p2	(=NPUP)1844p93f30/40 KLB86 p.189 f.68(1-21)	2,6	2	c
404	SREC	<i>Sellaphora rectangularis</i> (Greg.) Lange-Bertalot & Metzeltin	1996ID2p102f25:10-12 125:7	(=SPRE=NPRE)	4,0	2	c
405	SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G. Mann	1989 BPJ24f1p2 KLB86 p230 f.76(30-36)	(=NSEM)	1,5	2	c
406	SLTA	<i>Sellaphora tau</i> (Cleve) Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p211 f81:1-4 95:2	(=NTAU)	4,9	2	g
407	STNM	<i>Sellaphora tenerima</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p211 f81:13-15		4,9	3	a
408	SIDE	<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot	1979 BAC 2 KLB88p135f84(13-19)	(=NDLO=NCHS=NIAT)	3,0	2	c
409	STAG	<i>Stauroneis agrestis</i> Petersen	1915 KLB86 p.247f.90(21-22) ID6f27f5-6		4,0	1	c
410	STAN	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	1843KLB86 p240f.87(3-9)88(1-4)LB98ID6p88		5,0	3	c
411	SDEC	<i>Stauroneis decipiens</i> Hustedt	1959 KF. p827f1170 S87 p463f691:19-26	=CRDE(St.constricta ss. Peragallo 1897)=SNDE	1,0	3	c
412	SGRJ	<i>Stauroneis gracilior</i> Reichardt	1995 Iconographia Diatomologica 1p17f18/1-15	(=SAGR)	5,0	3	c
413	SOBT	<i>Stauroneis obtusa</i> Lagerstedt	KL886 p.245f.90(1-6)		5,0	3	h
414	STPR	<i>Stauroneis prominula</i> (Grun.) Hustedt	KL886p.247f.90(16-20)Schim.73.Fog.71-73	(=STBI) LB98p96f32:5-10 ID6f32f5-10	2,0	2	h
415	STPO	<i>Stauroneis pseudosuboptusoides</i> Germain	1981 KLB86 p.249f.91(1-7)		2,2	3	c
416	STAS	<i>Stauroneis species</i>	Guyane 10520 Malmanoury		5,0	3	g
417	STVE	<i>Stauroneis ventriosus</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p219 F.98:1-2		4,7	2	g
418	STDE	<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brebisson ex Van Heurck	LBK87f58:6-9 KLB88p210f170-74(1-12)	(=SDEL)	5,0	3	c
419	SKRA	<i>Stenopterobia krameri</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p220 f217:1-6	(proche de SDEL)	4,3	2	a
420	SPLC	<i>Stenopterobia planctonica</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p221 f219:3 210:4	(proche de S.pelagica)	5,0	3	g
421	STBS	<i>Stenopterobia species</i>			5,0	3	g
422	STGY	<i>Stenopterobia species</i> (Metzeltin & Lange-Bertalot)	1998ID5p67f2f219/4	Guyane Takari Tante 10529	5,0	3	g
423	SATO	<i>Surirella atomus</i> Hustedt	1955p48f.16/23 S87p.425p1628/15-16	(=SSUE Seychelles 837)	3,0	1	t
424	SDAV	<i>Surirella davidsonii</i> A. Schmidt	1875 ASA2f7-10 Metz.&LB98ID5p66f2f214:1-2		3,6	2	t
425	SUDM	<i>Surirella demerarae</i> A. Schmidt	in MZLB1998 ID5 p660 f.213/4,5		4,2	3	g
426	SKAT	<i>Surirella kattrayi</i> A. Schmidt	in MZLB1998 ID5 p658 f.212/1,5		4,7	2	a
427	SLIN	<i>Surirella linearis</i> W.M.Smith	KL888p198f149-150-151(1-9 1 1-4)	(=SASY)	5,0	2	c
428	SLCO	<i>Surirella linearis</i> W.M.Smith var. <i>constricta</i> Grunow		=SLIN pp.	5,0	2	c
429	SUMI	<i>Surirella minuta</i> Brebisson	KL887DR2(1)f69KL888p186f127/14,134:2,11-12	(=SOP1=SOSA) KLB88 f125:1-14	3,0	1	c
430	SRMR	<i>Surirella rumichorum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p224 f.219:7 216:2-3	(=S.thienemanni ss Da Costa 1995)	3,6	2	a
431	SSPD	<i>Surirella splendidioides</i> Hustedt	1965 IRGH50p403f55 S87p495f75/4-5	1998 Metz.LB ID5p65f2f209:1-3	3,6	2	a
432	SSUE	<i>Surirella suecica</i> Grunow	KL888p206f151(5-7)Coste & Ricard 82	(=SOSA ?)	2,0	2	c
433	SSUN	<i>Surirella susanae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p226 f.220:1-3		4,8	3	a
434	STSL	<i>Surirella tenerisilix</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1998 ID5 p225 f.209:4-6		5,0	3	g
435	TMUS	<i>Terpsinoe musica</i> Ehr.			5,0	3	ht
436	THNI	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Van Heurck			1,0	2	h

DG = Distribution géographique : g= Guyane (endémique), a= Amazonie ou Amérique du Sud, t= tropical (sub ou pantropical), h= halophile, ht = halophile et tropical, c = cosmopolite
s et v sensibilité et valeur indicatrice retenues pour le calcul de l'ISG

ANNEXE II

RESULTATS DES INVENTAIRES DIATOMIQUES
(exprimés en effectifs comptés)

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	ORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	MPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
ACHB	Achnanthes boudoui Metzeltin & Lange-Bertalot	4	5	1		1								1	1	4				2	1						2	1	
ABIN	Achnanthes brevipes Agardh var.intermedia (Kutz.) Cleve																			2									
ACON	Achnanthes conspicua A. Mayer													1															
ACBR	Achnanthes conspicua A. Mayer var.brevistriata Hustedt																				1								
ACUR	Achnanthes curtissima Carter					1																							
AEXG	Achnanthes exigua Grunow in Cl. & Grun.var. exigua	1	1				1																				1		
AHET	Achnanthes heteromorpha Grunow in Cleve et Grun.	1	2	1					1														1		2	3	2	1	5
AINF	Achnanthes inflata (Kutzing) Grunow		1		1		1																						
ALFR	Achnanthes lanceolata (Breb.) Grun. ssp. frequentissima Lange-Bertalot																												
ALRO	Achnanthes lanceolata ssp. robusta (Hustedt) Lange-Bertalot																									1			
ALAR	Achnanthes lanceolata ssp. rostrata (Oestrup) Lange-Bertalot																									1		2	
ALPI	Achnanthes lanceolata(Breb.)Grun. ssp.apiculata (Patrick) Lange-Bertalot																												
ALAG	Achnanthes lanceolata(Breb.)Grunow var. guyanense nov.var.													7															
ALAN	Achnanthes lanceolata(Breb.)Grunow var. lanceolata Grunow																									1			
AMFC	Achnanthes magnifica Hustedt	1												2		1				2				5	2	3		1	
AMIC	Achnanthes microcephala (Kutzing) Grun.																												
AMSC	Achnanthes minutissima (Kutzing) var.scotica (Carter) Lange-Bertalot															3													
AMIN	Achnanthes minutissima Kutzing v.minutissima Kutzing (Achnanthidium)				3		2	20		2				2	2	1			22										
AMSA	Achnanthes minutissima Kutzing var.saprophila Kobayasi et Mayama		1																										
AOBG	Achnanthes oblongella Oestrup				1																								
APUL	Achnanthes pulcherrima (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot	1							1																3	3		2	1
ACHS	Achnanthes sp.	1												1				1		1					7	4	2		
ASHU	Achnanthes subhudsonis Hustedt																						1						
ABRA	Actinella brasiliensis Grunow									1							1				6	272	135						
AGNS	Actinella guianensis Grunow																2	2											
AMRB	Actinella mirabilis Grunow																	4											
APRN	Actinella peronioides Hustedt																												
ASIO	Actinella siolii Hustedt																		1										
ANMN	Actinocyclus normanii(Greg. ex Grev.) Hustedt morphotype normanii																												
ABRY	Adlafia bryophila (Petersen) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	1																											
ADRO	Adlafia drouetiana (Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot													1															
ACPS	Amphipleura chiapensis Metzeltin & Lange-Bertalot				1			2																					
ACOP	Amphora copulata (Kutz) Schoeman & Archibald																												
AMDE	Amphora delphinea L.W.Bailey																												
AMSG	Amphora strigosa Hustedt		1			3																							
AVNT	Amphora ventricosa Gregory				1			2																					
AFOR	Asterionella formosa Hassall																												
AUDI	Aulacoseira distans (Ehr.)Simonsen									1																		4	
AUGR	Aulacoseira granulata (Ehr.) Simonsen																											10	
AULS	Aulacoseira species	1	2	1															1									1	1
AUVA	Aulacoseira valida(Grunow)Krammer	2		2																									1
BPAR	Bacillaria paradoxa Gmelin				1																								1
BSCO	Berkeleya scopulorum (Brebisoon) Cox																												
BBRE	Brachysira brebissonii Ross in Hartley ssp. brebissonii									23	16	38						13	3		1	1	87	1				2	
BRCR	Brachysira coralliana Metzeltin & Lange-Bertalot																												
BGOM	Brachysira gomphonemoides (Maillard)Lange-Bertalot & Moser									1													1						
BKUN	Brachysira kuntzei (Reichelt) Metzeltin & Lange-Bertalot																		1										
BNEO	Brachysira neoexilis Lange-Bertalot						5		6		2			33	1						43	3	22					2	
BRRO	Brachysira rostrata Metzeltin & Lange-Bertalot																		2										
BSUR	Brachysira subrostrata Lange-Bertalot																	26											

ANNEXE II - DIATOMÉES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	ORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	MPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
BVIT	<i>Brachysira vitrea</i> (Grunow) Ross in Hartley						1										2		1										
CBAC	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve																												
CMOL	<i>Caloneis molaris</i> (Grunow) Krammer																												
CSIL	<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cleve																												
CALS	<i>Caloneis species</i>																								1				
CATE	<i>Caloneis tenuis</i> (Gregory) Krammer				1																								
CCRU	<i>Capartogramma crucicula</i> (Grun. ex Cl.) Ross															1					1				1	2		2	
CPUM	<i>Capartogramma pumila</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1																											
CHMU	<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann																												
CBRS	<i>Chamaepinnularia brasiliensis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot																1	1								2	1		
CBRP	<i>Chamaepinnularia brasiliensis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot																	2	3				1		1				
CHBR	<i>Chamaepinnularia bremensis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot																		3										
CHMF	<i>Chamaepinnularia mediocriformis</i> (Coste & Ricard) Lange-Bertalot																						1						
CHME	<i>Chamaepinnularia mediocris</i> (Krasske) Lange-Bertalot									1							1	1				1							
CDIS	<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve in Cleve & Jentzsch																												
CNTH	<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer	1					1																			1			
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>					1			1														1			1			
CPLC	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grunow																												
CPLI	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>lineata</i> (Ehr.) Van Heurck																								1		1		
COIR	<i>Coccinodiscus oculus-iridis</i> Ehr.																												
COSS	<i>Coccinodiscus</i> sp.																												
CRAC	<i>Craticula accommoda</i> (Hustedt) Mann																												
CAMB	<i>Craticula ambigua</i> (Ehrenberg) Mann																												
CRCU	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Mann			1					1						1														
CSBM	<i>Craticula submolesta</i> (Hust.) Lange-Bertalot																											1	
CATO	<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt																												
CCAS	<i>Cyclotella caspia</i> Grunow																												
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing																					1							
CBIT	<i>Cyclotella species aff. bituminosa</i> Hustedt																												
CSTR	<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow 1880 in Cleve & Grunow																1				1	1							
CACT	<i>Cymbella acuta</i> (A. Schmidt) Cleve								1						1										1			4	1
CAFF	<i>Cymbella affinis</i> Kützing																											1	
CYM1	<i>Cymbella</i> sp.1																												
CTGL	<i>Cymbella turgidula</i> Grunow in A. Schmidt & al.																					2		1					
CMIR	<i>Cymbellopsis mirabilis</i> Krammer																						6	1					
CBCU	<i>Cymboplectra cuspidata</i> (Kützing) Krammer	1													5														
CBMC	<i>Cymboplectra michelcostei</i> Metzeltin & Krammer																												
DSUB	<i>Denticula subtilis</i> Grunow																												
DCOF	<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing								1					2															
DCON	<i>Diadesmis contenta</i> (Grunow ex V. Heurck) Mann				1	1			1															2					
DCBI	<i>Diadesmis contenta</i> Grun. var. <i>biceps</i> (Grun. in V.H.) Hamilton				3		1		1					1													2		
DVUL	<i>Diatoma vulgaris</i> Bory 1824							1																					
DELL	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve																												
DOBL	<i>Diploneis oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler			1												1													
DPUE	<i>Diploneis puella</i> (Schumann) Cleve																												
DSBO	<i>Diploneis subovalis</i> Cleve																												
EBVC	<i>Encyonema brevicapitatum</i> Krammer																					1							
ENME	<i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D.G. Mann							1	1		4	5					1								1			1	
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann				36		2			1																			1
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer										23		10		8		1		11	1		5	18				1		

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	ORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	MPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
ENNT	Encyonema neogracile Krammer var. tenuipunctata Krammer			1		1				88		38		5				5		1	1							3	
ENPE	Encyonema perpusillum (A. Cleve) D.G. Mann															2													
EPRO	Encyonema prostratum (Berkeley) Kützing							1																					
ESPS	Encyonema sparsipunctatum Krammer																			1									
ESKK	Encyonema subkukenanum Krammer																								1		2		
ESUL	Encyonema sublaeolatum Krammer Metzeltin & Lange-Bertalot																												
ESPG	Encyonema supergracile Krammer & Lange-Bertalot																												
ENVZ	Encyonema venezolanum Krammer	14	29	25	5		10		5	127	3	17	3	1	4		1	1	31	3			2		13	25	7	107	4
ECES	Encyonopsis cesatii (Rabenhorst) Krammer									4																			
ECDI	Encyonopsis difficilis (Krasske) Krammer																												
EFHQ	Encyonopsis frequentiformis Metzeltin & Krammer														11	2	17	1				1							
ELAE	Encyonopsis lanceoelliptica Krammer																												
EOMI	Eolimna minima (Grunow) Lange-Bertalot	2			6	1	2							2			1									3			
EOZA	Eolimna zalokariae Metzeltin & Lange-Bertalot	2			2				3					1	1	2									1	11	1	2	
EACN	Eunotia acutinasuta Metzeltin & Lange-Bertalot																					5							
EANM	Eunotia anamaragariae Metzeltin & Lange-Bertalot																	2											
EARL	Eunotia arcus (Grunow) Lange-Bertalot & Nörpel					2											4	1				12							
EAST	Eunotia asleonelloides Hustedt	1							2																20	14	1	2	28
EBIC	Eunotia bicornigera Metzeltin & Lange-Bertalot																	3											
EBIG	Eunotia biggiba Kützing			1																									
EBMU	Eunotia bilunaris (Ehr.) Mills var. mucophila Lange-Bertalot Nörpel & Al																											3	
EBST	Eunotia biseriata Hustedt														1														
ECAM	Eunotia camelus Ehrenberg								1	1	1			1															
ECAR	Eunotia carolina Patrick																												
ECRS	Eunotia crassula Metzeltin & Lange-Bertalot										1																		
EDEN	Eunotia denticulata (Brébisson) Rabenhorst										1																		
EDTG	Eunotia distinguenda Metzeltin & Lange-Bertalot									1								1											
EETE	Eunotia exigua (Breb.) Rabenhorst var. tenella (Grunow) Nörpel et Alles													2				1											
EFAB	Eunotia faba Grunow								1					2												3			
EFAL	Eunotia fallax A.Cleve var. fallax																												
EFEM	Eunotia femoriformis (Patrick) Hustedt																	1											
EFLE	Eunotia flexuosa (Brebisson) Kützing																	1											
EFOR	Eunotia formica Ehrenberg		1	2				2							8			1											
EGEO	Eunotia georgii Metzeltin & Lange-Bertalot																												
EGUI	Eunotia guianense (Ehrenberg) de Toni																												
EINC	Eunotia incisa Gregory var. incisa	1	3		22				2				3		3	3	1	1		2	22		14	1		3			
EICS	Eunotia incisatula Metzeltin & Lange-Bertalot																									1			
EIPB	Eunotia inspectabilis Metzeltin & Lange-Bertalot		1									8										1							
EMER	Eunotia meridiana Metzeltin & Lange-Bertalot								1					1						1									
EMIN	Eunotia minor (Kützing) Grunow in Van Heurck						1	1											1										
EMON	Eunotia monodon Ehrenberg var. monodon																	1											
EODE	Eunotia odebrectiana Metzeltin & Lange-Bertalot						1											2											
EOEQ	Eunotia odebrectiana var. essequiboensis Metzeltin & Lange-Bertalot																					1							
EUPA	Eunotia paludosa Grunow in Van Heurck var. paludosa																						2						
EPAS	Eunotia parasolii Metzeltin & Lange-Bertalot	14	1	5	24	1	11	7	1		1			33	70	1	20			1	4	2	20	2	2	14	1		
EPTK	Eunotia patrickae Hustedt																		8										
EPEC	Eunotia pectinalis (Dylwyn) Rabenhorst var. pectinalis																					1							
EPRA	Eunotia praerupta Ehrenberg var. praerupta					1									1		1												
ERAB	Eunotia rabenhorstiana (Grun.) Hustedt var. rabenhorstiana			1				1		5	70	154			14			1	1			4	5						
ERBH	Eunotia rabenhorstii Cleve & Grunow					2	1		1						1				1								1		

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés			LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	FORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	MPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique)	N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
ERHO	Eunotia rhomboidea Hustedt		4				1	1			8		21		3				8	1	2	38	22	216	248		4		2	2
EUNS	Eunotia sp.					1									3				7											
ESBL	Eunotia species cf. bilunaris (Ehr.) Mills sensu lato			1							1				2					38		321		9	3					
ESNA	Eunotia species cf. naegeli Migula				1						64						1		31	1	2	15	80	27	20					
ESUB	Eunotia subarcuatoidea Alles Nörpel & Lange-Bertalot														3		1		1					1			1			
ESBR	Eunotia subrobusta Hustedt																		3											
ESYA	Eunotia synedraeformis var. angustata Hustedt																		1											
ETFG	Eunotia transfuga Metzeltin & Lange-Bertalot																		1											
ETRI	Eunotia tridentula Ehrenberg												3						5											
ETGB	Eunotia trigibba Hustedt																													
EVEN	Eunotia veneris (Kütz.) De Toni					1					1				3				6								11			
EVBR	Eunotia ventriosa Pat. var. brevis (Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot																		1											
EVNT	Eunotia ventriosa Patrick var. ventriosa																		2											
EYAN	Eunotia yanomani Metzeltin & Lange-Bertalot				1										4	4		1	1	1				1	1					
FALS	Fallacia species																	1												
FACU	Fragilaria acutirostrata Metzeltin & Lange-Bertalot		2		1										1											1	2	1	1	
FARC	Fragilaria arcus (Ehrenberg) Cleve var. arcus																			1						3				
FBID	Fragilaria bidens Heiberg																										1			
FBRE	Fragilaria brevisirata Grunow (Pseudostaurosira)																									1		1		
FCAH	Fragilaria capucina Desmazieres var. amphicephala (Grunow) Lange-Bertalot					1					100																			
FCAP	Fragilaria capucina Desmazieres var. capucina		1		1	3		1	1																		4			
FCVA	Fragilaria capucina Desmazieres var. vaucheriae (Kütz.) Lange-Bertalot		1					1																					1	
FCVT	Fragilaria capucina var. vaucheriae (Kütz.) Lange-Bertalot fo. teratogene																		1											
FCSA	Fragilaria crassa Metzeltin & Lange-Bertalot					1															1						7		2	
FFAS	Fragilaria fasciculata (C.A. Agardh) Lange-Bertalot sensu lato																					1								
FGOU	Fragilaria goulardii (Brébisson) Lange-Bertalot			19	2	10	2	9		19						1				6								1	1	2
FJAV	Fragilaria javanica Hustedt		1															1					1	16		1	37			
FPSC	Fragilaria parasitica (W.Sm.) Grun. var. subconstricta Grunow																										1			
FPIN	Fragilaria pinnata Ehrenberg var. pinnata (Staurosirella)																													
FROL	Fragilaria rolandschmidii Metzeltin & Lange-Bertalot																		1											
FRAS	Fragilaria species																													
FULN	Fragilaria ulna (Nitzsch.) Lange-Bertalot var. ulna		1						3																					
FCRS	Frustulia crassinervia (Breb.) Lange-Bertalot et Krammer																													
FCSP	Frustulia crassipunctata Metzeltin & Lange-Bertalot									2						4		4	33	1										
FGUY	Frustulia guayanensis Metzeltin & Lange-Bertalot																	1						5						
FMGL	Frustulia magaliesmontana Cholnoky																							127						
FMAH	Frustulia magna Metzeltin & Lange-Bertalot					1									1		14	12				1		1						
FPRB	Frustulia parahomboides var. parahomboides Metzeltin & Lange-Bertalot		1												1		2	8			1			5	29	11				
FPRS	Frustulia parahomboides var. subundosa Metzeltin & Lange-Bertalot																		1											
FRHO	Frustulia rhomboides (Ehr.) De Toni				3	3				4	1		1	1	6	3			2	81							1		1	
FSAX	Frustulia saxonica Rabenhorst			2	1			2		4		48	16	3			4	1	196			5	4	2	5		5			
FUDO	Frustulia undosa Metzeltin & Lange-Bertalot										34		79		61				34	1		6	1	12	1					
FVUL	Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni																													
FWEL	Frustulia weinholdii Hustedt																													
FZIZ	Frustulia zizkae Metzeltin & Lange-Bertalot																													
GMRB	Geissleria mirabilis (Krasske) Metzeltin & Lange-Bertalot			1				1																		1				
GNTF	Geissleria neotropica Metzeltin & Lange-Bertalot																										4			
GPLG	Geissleria perelegans (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot					1				1											1							1	1	
GSHM	Geissleria schmidiae Lange-Bertalot & Rumrich																													
GSML	Geissleria similis (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin																1							1						

ANNEXE II - DIATOMÉES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	ORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	IMPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
GESP	Geissleria sp.						1																2			8		3	
GAQR	Gomphonema aequirostrum Metzeltin & Lange-Bertalot																												
GAFF	Gomphonema affine Kutzing																												
GAPI	Gomphonema apicatum Ehr.																												
GARV	Gomphonema archaevibrio Lange-Bertalot & Reichardt									1					5	2	49	27		5	1	4	24	1					
GAUG	Gomphonema augur Ehrenberg																												
GAUS	Gomphonema augur Ehrenberg var. sphaerophorum (Ehr.) Grunow		2	5																									
GBRA	Gomphonema brasiliense Grunow	1							1					1											1	2	1	3	
GCAM	Gomphonema camburii Metzeltin & Lange-Bertalot	2																							2				
GCOS	Gomphonema costei Metzeltin & Lange-Bertalot		1		1									1												1		1	
GDEM	Gomphonema demerarae (Grunow) Frenguelli								1																				1
GENT	Gomphonema entoleium Ostrup																											3	
GEQD	Gomphonema equadorianum Metzeltin & Lange-Bertalot																1												
GEXL	Gomphonema exilissimum (Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt		10	15			1	4							7	3	1			39									
GGBR	Gomphonema gibberum Hustedt													2											1	1			2
GGRA	Gomphonema gracile Ehrenberg			18	1	1		3		3	1	15	4							2		1							
GGLD	Gomphonema graciloides Hustedt																												
GKOB	Gomphonema kobayashiae Metzeltin & Lange-Bertalot																												
GLEP	Gomphonema lepidum Fricke																								1				
GMIC	Gomphonema micropus Kutzing var. micropus																												
GMIN	Gomphonema minutum (Ag.) Agardh f. minutum	1			1																					1		1	
GNEN	Gomphonema neonasutum Lange-Bertalot & Reichardt	1	9	100		1																					1	3	
GPAR	Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing var. parvulum f. parvulum	1	15	10	1	4	4	7					3		5		1			9			1		4	1	1		
GPLA	Gomphonema parvulum var. lagenula (Kütz.) Frenguelli		1		12		11	63	9					5		1							1				9		3
GPRO	Gomphonema productum (Grunow) Lange-Bertalot & Reichardt																												
GPSA	Gomphonema pseudoaugur Lange-Bertalot			60		3						1	11														2		
GPUM	Gomphonema pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot				2			2																					
GOMS	Gomphonema species																												
GOPS	Gomphonema species 2 aff. Gomphosphenia																												
GSUB	Gomphonema subtile Ehr.								1	11	2																		
GTRI	Gomphonema tristigmatum Metzeltin & Lange-Bertalot																												
GPLI	Gomphosphenia lingulatifomis (Lange-Bertalot & Reichardt) Lange-Bertalot								1																				
GOAH	Gomphosphenia oahuensis (Hustedt) Lange-Bertalot																												
GNOD	Gyrosigma nodiferum (Grunow) Reimer			1		2	1		1						1													1	1
GSCA	Gyrosigma scalproides (Rabenhorst) Cleve				2		3					1								2									
HAMP	Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grunow in Cleve et Grunow 1880																												
HBRU	Hantzschia brunneri Metzeltin & Lange-Bertalot																												
HELO	Hantzschia elongata (Hantzsch.) Grunow																												
HGNE	Hantzschia graciosa Lange-Bertalot ssp. neotropica Metzeltin & Lange-Bert																1												
HAVT	Hippodonta avittata (Cholnoky) Lange-Bert. Metzeltin & Witkowski																												
HCAP	Hippodonta capitata (Ehr.) Lange-Bert. Metzeltin & Witkowski																												
HLUE	Hippodonta lueneburgensis (Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski													1		1													
HTRQ	Hydrosera triquetra Wallich																												
KOKR	Kobayasiella krasskei (Meltzerin & Lange-Bertalot) Lange-Bertalot																	1											
KOBS	Kobayasiella sp.																												
LARG	Luticola argutula (Hustedt) D.G. Mann						1					1											1				3		
LCOH	Luticola cohnii (Hilse) D.G. Mann					1		1																					2
LCOS	Luticola costei Metzeltin & Lange-Bertalot		3			1														3					1	23	93	1	
LDPF	Luticola dapaiformis (Hust.) Coste n. comb.		8																		1								
LDIS	Luticola dismutica (Hustedt) D.G. Mann			1	50	5	6		3					1		2									1	11	1		

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	HORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	IMPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
LFRE	Luticola frenguelli Metzeltin & Lange-Bertalot																												
LGOE	Luticola goeppertiana (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann					3	3	2												1							1		
LIUN	Luticola inserata (Hustedt) D.G. Mann var. undulata (Hustedt) nov. comb.																												
LLAG	Luticola lagerheimii (Cleve) Mann						5		1																	2			
LMON	Luticola monita (Hustedt) D.G. Mann				1																								
LMUT	Luticola mutica (Kützing) D.G. Mann	1			1	1			1						1														1
LOBG	Luticola obligata (Hustedt) nov. comb.		1	1	1														2	1			1						
LSAX	Luticola saxophila (Bock ex Hustedt) D.G. Mann	1								1				1			1	1					1				1		
LUSP	Luticola species																												
MDIC	Melosira dickiei (Thwaites) Kützing																												
MELS	Melosira species	1																											
MPMU	Microcostatus pseudomuralis (Hustedt) Lange-Bertalot																												
NARV	Navicula arvensis Hustedt	1			1												1									2			
NAEX	Navicula atomus (Kütz.) Grunow var. excelsa (Krasske) Lange-Bertalot																												
NBCN	Navicula bicuneolus Metzeltin & Lange-Bertalot																												
NBRK	Navicula brekkaensis Petersen var. brekkaensis																1												
NCHA	Navicula charlatii Peragallo				2																								
NCIN	Navicula cincta (Ehr.) Ralfs in Pritchard						1																						
NCOL	Navicula coralina Metzeltin & Lange-Bertalot																				2	1							
NCFS	Navicula cryptocephala Lange-Bertalot																1												
NCRY	Navicula cryptocephala Kützing		2					4									2										1	1	
NCTE	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot							1																					
NGRE	Navicula gregaria Donkin																												
NHMS	Navicula heimansii Van Dam et Kooyman																												
NHMD	Navicula heimansioides Lange-Bertalot	1		1						1		16					2								1		1		
NHBT	Navicula herbastiae Metzeltin & Lange-Bertalot																												
NISA	Navicula insulsa Metzeltin & Lange-Bertalot													5	5	1					1				2		1	4	
NKOT	Navicula kotschyi Grunow																												
NKRA	Navicula krasskei Hustedt				1																								
NLST	Navicula leptostriata Jorgensen							44		33		11		2				4										2	
NLOH	Navicula lohmannii Lange-Bertalot & Rumrich								1																				
NLGC	Navicula longicephala Hustedt var. longicephala																												
NLOV	Navicula longicephala Hustedt var. vilaplanii Sabater & Lange-Bertalot																												
NMID	Navicula maidanae Metzeltin & Lange-Bertalot																1												
NPNU	Navicula perminuta Grunow in Van Heurck																												
NSHR	Navicula schroeteri Meister var. schroeteri		17	8	53	7	91	34	11				1				1										5		
NSIL	Navicula sioli Hustedt			1																5	4								
NASP	Navicula sp.																												
NVSU	Navicula species 1																2									1			
NVSD	Navicula species 2																8												
NSBM	Navicula subminuscula Manguin																1								1		2		
NTEN	Navicula tenelloides Hustedt																												
NTRI	Navicula tridentula Krasske						3																						
NTRV	Navicula trivialis Lange-Bertalot var. trivialis							1																					
NVEN	Navicula veneta Kützing																												
NVGE	Navicula viridula var. germainii (Wallace) Lange-Bertalot																												
NVRO	Navicula viridula (Kütz.) Ehr. var. rostellata (Kütz.) Cleve							4														1				1			
NDNA	Naviculadicta nana (Hust.) Lange-Bertalot																												
NDSA	Naviculadicta sassiana Metzeltin & Lange-Bertalot																									1			
NEAR	Neidium amphirhynchus (Ehrenberg) Pflizer																												

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés			LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	ORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	MPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique)	N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
NEAM	Neidium ampliatus (Ehrenberg) Krammer																	1			1								1	
NBIS	Neidium bisulcatum (Lagerstedt) Cleve																	1												
NECR	Neidium coralliae Metzlin & Krammer																				1									
NDSS	Neidium densestriatum (Ostrup) Krammer																												1	
NEDU	Neidium dubium (Ehrenberg) Cleve																												1	
NEEX	Neidium excisum Krammer & Metzlin																													
NLTM	Neidium latum Krammer & Metzlin																													
NESP	Neidium species in Metzlin & Lange Bertalot																												2	
NESD	Neidium subdubium Metzlin & Krammer																												1	
NAMP	Nitzschia amphibia Grunow f. amphibia		3																											
NAMC	Nitzschia amplexans Husted																													
NBRE	Nitzschia brevissima Grunow					1			2																					
NCPL	Nitzschia capitellata Husted in A. Schmidt & al.						1																							
NCLA	Nitzschia clausii Hantzsch			2				1	1																					
NDEB	Nitzschia debilis (Arnot) Grunow																													
NDES	Nitzschia desertorum Husted							1																						
NDIS	Nitzschia dissipata (Kutzing) Grunow var. dissipata								2									1											1	
NDIP	Nitzschia dissipatoides Archibald																													
NFAS	Nitzschia fasciculata Grunow																													
NFIL	Nitzschia filiformis (W.M. Smith) Van Heurck																													
NFON	Nitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller			1		1			4															1						
NIFR	Nitzschia frustulum (Kutzing) Grunow var. frustulum																													
NIGR	Nitzschia gracilis Hantzsch						1		6																					
NHEU	Nitzschia heufleriana Grunow								1																					
NZLB	Nitzschia lange-bertalotti Coste & Ricard																													
NLEV	Nitzschia levidensis (W. Smith) Grunow in Van Heurck																													
NLOR	Nitzschia lorenziana Grunow in Cleve et Möller																													
NNAN	Nitzschia nana Grunow in Van Heurck																													
NPAL	Nitzschia palea (Kutzing) W. Smith			1			1		6			1	2					1				1		1				1		2
NISC	Nitzschia scalpelliformis (Grunow) Grunow in Cleve & Grunow																					1								
NSOC	Nitzschia sociabilis Husted				1																									
NISO	Nitzschia solita Husted					1																								
NZSS	Nitzschia species																													
NISU	Nitzschia subtilis Grunow in Cleve et Grunow																													
NTER	Nitzschia terrestris (Petersen) Husted					1		1	1						1			1							2					
NTRO	Nitzschia tropica Husted																													
NVER	Nitzschia vermicularis (Kutzing) Hantzsch																													
NUAS	Nupela astartiella Metzlin & Lange-Bertalot		1												2		1	1				2				7	1	1	4	
NULE	Nupela lesiothensis (Shoeman) Lange-Bertalot																													
NUNE	Nupela neotropica Lange-Bertalot																													
NUPS	Nupela species		1																											
NUTN	Nupela tenuistriata (Husted) Metzlin & Lange-Bertalot		1	1	1																	1				1	7	2	1	
OROE	Orthoseira roseana (Rabenhorst) O'Meara		1						1																	2	7	2		
PFIB	Peronia fibula (Breb. ex Kutz.) Ross																													
PACI	Pinnularia acidophila Hofmann & Krammer		1					1								1		1												
PACR	Pinnularia acrospheria Rabenhorst											1																		
PBOY	Pinnularia boyeriformis Krammer & Metzlin																													
PBRN	Pinnularia brauniana (Grunow) Mills									1																		1		
PBRE	Pinnularia brebissonii (Kutz.) Rabenhorst																													
PCER	Pinnularia certa Krammer & Metzlin												1																	

ANNEXE II - DIATOMÉES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	ORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	MPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
PDMF	<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>mesoleptiformis</i> Krammer & Metzeltin								1								1												
PDRO	<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>rostrata</i> Krammer & Metzeltin				1																								
PDIV	<i>Pinnularia divergens</i> W.M.Smith var. <i>divergens</i>		1																										
PDVA	<i>Pinnularia diversarea</i> Krammer & Metzeltin																1												
PEPI	<i>Pinnularia episcopalis</i> Cleve			1																									
PFLA	<i>Pinnularia flamma</i> Hustedt		1						1																				
PGIB	<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg																												
PGLO	<i>Pinnularia globiceps</i> Gregory							1																					
PGRO	<i>Pinnularia graciloides</i> Hustedt																1												
PGLC	<i>Pinnularia graciloides</i> var. <i>latecapitata</i> Metzeltin & Krammer																1												
PITB	<i>Pinnularia instabiliformis</i> Krammer & Metzeltin																1	1											
PLUC	<i>Pinnularia luculenta</i> A.Schmidt																												
PMES	<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehrenberg) W.M.Smith var. <i>mesolepta</i>																												
PMIC	<i>Pinnularia microstaurum</i> (Ehr.) Cleve																1												
PNBF	<i>Pinnularia nobilifasciata</i> Krammer & Metzeltin																												
PNOB	<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg																												
POBS	<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	1																											
POOM	<i>Pinnularia oominensis</i> Kobayashi																	1							1				
PPIA	<i>Pinnularia pisciculus</i> var. <i>angusta</i> Metzeltin & Krammer		1														1												
PPRC	<i>Pinnularia procera</i> Metzeltin & Krammer	1			1																				1	1		2	3
PRHB	<i>Pinnularia rhombarea</i> Krammer																												
PRTU	<i>Pinnularia rostratissima</i> Hustedt var. (sub) <i>undulata</i> Hustedt																1												
PINS	<i>Pinnularia</i> species																1												
PSBO	<i>Pinnularia subboyeri</i> Metzeltin & Krammer																												
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>subcapitata</i>		1						1		1						1			1						1	1	1	
PSGI	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer var. <i>subgibba</i>		1									1					1												
PSGA	<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>angustarea</i> Krammer & Metzeltin																					1	1						
PSGC	<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>capitata</i> Metzeltin & Krammer	3							1			1					1												
PTNS	<i>Pinnularia tenuistriata</i> Hustedt																												
PTUM	<i>Pinnularia tumescens</i> Metzeltin & Krammer																												
PUTR	<i>Pinnularia umbrosa</i> Sovereign var. <i>tropica</i> Metzeltin & Krammer								1								1									1			
PCTP	<i>Placoneis centropunctata</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer		2	2					1																				1
PCOV	<i>Placoneis conveniens</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer								1																				
PDMD	<i>Placoneis demeraroides</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer																												
PLMO	<i>Placoneis molesta</i> Metzeltin & Krammer													1															
PNTP	<i>Placoneis neotropica</i> Metzeltin & Krammer																								1			1	1
PSRM	<i>Placoneis santaremensis</i> Metzeltin & Krammer																								1	2	1		
PLAS	<i>Placoneis</i> sp.																												
PLAD	<i>Placoneis</i> sp2								1																				
PSUR	<i>Placoneis surinamensis</i> (Cleve) Metzeltin & Krammer																												
PLTE	<i>Placoneis tersa</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer	2																								1			
PZIM	<i>Placoneis zimmemannii</i> Metzeltin & Krammer																												
PELO	<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith																												
RHIS	<i>Rhizosolenia</i> species																									1			
RGBL	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Muller						1										1												
SEBA	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann			1					2								1												
SCOS	<i>Sellaphora costei</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1																											
SGIB	<i>Sellaphora gibbula</i> Metzeltin & Lange-Bertalot																												
SGRG	<i>Sellaphora gregoryana</i> (Cleve & Grunow) Metzeltin & Lange-Bertalot						1																						
SGUY	<i>Sellaphora guyanensis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot														1														

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	ORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	MPVS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	10507	10527	10526	10524	10522	10521	10523	10525	10508	10512	10531	10530	10511	10529	10510	10506	10509	10515	10514	9437	9435	9424	9434	10516	10519	10518	10528	9736
SLAM	Sellaphora lambda (Cleve) Metzeltin & Lange-Bertalot			2	1				2											1					1	2	1	1	1
SLTR	Sellaphora laterostrata Metzeltin & Lange-Bertalot																												1
SPUP	Sellaphora pupula (Kutzing) Mereschkowsky		1											1						2						4		1	1
SREC	Sellaphora rectangularis (Greg.) Lange-Bertalot & Metzeltin		1	1					1								1								1		2		
SSEM	Sellaphora seminulum (Grunow) D.G. Mann																								1				
SLTA	Sellaphora tau (Cleve) Metzeltin & Lange-Bertalot		1																									1	
STNM	Sellaphora tenerrima Metzeltin & Lange-Bertalot																												
SIDE	Simonsenia delognei Lange-Bertalot																												
STAG	Stauroneis agrestis Petersen																												
STAN	Stauroneis anceps Ehrenberg																1												
SDEC	Stauroneis decipiens Hustedt																												
SGRL	Stauroneis gracilior Reichardt			1													1												
SOBT	Stauroneis obtusa Lagerstedt																									1			
STPR	Stauroneis prominula (Grun.) Hustedt																												
STPO	Stauroneis pseudosuboptusoides Germain																												
STAS	Stauroneis species	1																											
STVE	Stauroneis ventriosus Metzeltin & Lange-Bertalot																										1	1	
STDE	Stenopterobia delicatissima (Lewis) Brebisson ex Van Heurck														1		1	3	1				3					1	1
SKRA	Stenopterobia krammeri Metzeltin & Lange-Bertalot																												
SPLC	Stenopterobia planctonica Metzeltin & Lange-Bertalot																		2										
STBS	Stenopterobia species																		6										
STGY	Stenopterobia species (Meltzlin & Lange-Bertalot														1														
SATO	Surirella atomus Hustedt																										1		
SDAV	Surirella davidsonii A. Schmidt																	1											
SUDM	Surirella demerarae A. Schmidt																												
SKAT	Surirella kattrayi A. Schmidt	1	7	3	1	1			26						4							1				2		1	
SLIN	Surirella linearis W.M.Smith	1																											
SLCO	Surirella linearis W.M.Smith var.constricta Grunow	1		1					1												1						3	2	
SUMI	Surirella minuta Brebisson																												
SRMR	Surirella rumichorum Metzeltin & Lange-Bertalot																1												
SSPD	Surirella splendidioides Hustedt																												
SSUE	Surirella suecica Grunow			1	4	1	3	5	1						1											1	8	1	
SSUN	Surirella susanae Metzeltin & Lange-Bertalot							1																					
STSL	Surirella tenerislex Metzeltin & Lange-Bertalot																				1		4						
TMUS	Terpsinoe musica Ehr.																										1		
THNI	Thalassionema nitzschioides (Grunow) Van Heurck																												
Effectif compté :		92	162	287	273	51	189	243	234	419	177	417	58	209	184	39	190	480	220	97	473	417	830	297	99	261	174	211	66

RESULTATS PAR FAMILLES		LANH	MPVH	MPMH	SSOH	PINH	GINH	GINH	TAMH	GENH	PSAH	PSAH	KERH	COUH	TKTH	SLUH	MALH	KARH	COVH	COMH	ORVH	ORMH	CNVH	CNMH	SMAH	OYMH	CAMH	LANS	MPVS
Araphidées		6	19	4	15	2	11	5	119					1	1		1	2	7	1		1	16		6	52	3	5	2
Brachyraphidées		22	7	11	50	7	15	11	10	83	74	187	3	58	103	8	30	98	44	8	406	382	446	277	23	61	5	9	30
Centrophycidées		5	2	3				1		1							1	1			1	2				1	1	15	2
Epithémiaçées							1																						
Monoraphidées		10	10	2	5	3	5	20	3	2				14	3	9		1	22	5		2	3		18	17	11	6	7
Naviculacées		43	113	261	193	34	151	177	74	333	102	228	55	135	70	22	151	366	146	81	64	29	356	20	50	127	141	170	22
Nitzschiacées		3	4	1	5	3	3	23			1	2		1			4			1	1		2		2		1	1	3
Surirellacées		3	7	5	5	2	3	6	28						7		2	12	1	1	1	1	7			3	12	5	

ANNEXE II - DIATOMÉES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		MPMS	SSOS	PINS	GIN	TAM	SERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVS	COVS	COVS	COMS	BAGC	COMS	ORVS	ORMS	CNVS	CNMS	OYVS	SMAS	OYMS	CAYMS	MATS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9646	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737
ACHB	Achnanthes boudouii Metzeltin & Lange-Bertalot												3	1		4	8	4					2	1		2	
ABIN	Achnanthes brevipes Agardh var. intermedia (Kutz.) Cleve																									4	3
ACON	Achnanthes conspicua A. Mayer																										
ACBR	Achnanthes conspicua A. Mayer var. brevistriata Hustedt																										
ACUR	Achnanthes curvissima Carter																										
AEXG	Achnanthes exigua Grunow in Cl. & Grun. var. exigua														1								1			1	
AHET	Achnanthes heteromorpha Grunow in Cleve et Grun.					1		2								1	9					1	3		2		
AINF	Achnanthes inflata (Kutzing) Grunow																										2
ALFR	Achnanthes lanceolata (Breb.) Grun. ssp. frequentissima Lange-Bertalot	1				1																					
ALRO	Achnanthes lanceolata ssp. robusta (Hustedt) Lange-Bertalot					1		3					3		1	1	1	2									
ALAR	Achnanthes lanceolata ssp. rostrata (Oestrup) Lange-Bertalot				1																						
ALPI	Achnanthes lanceolata (Breb.) Grun. ssp. apiculata (Patrick) Lange-Bertalot	1																									
ALAG	Achnanthes lanceolata (Breb.) Grunow var. guyanense nov. var.																										
ALAN	Achnanthes lanceolata (Breb.) Grunow var. lanceolata Grunow				1	3																			1		
AMFC	Achnanthes magnifica Hustedt					1		3		1			1	2		1	5	1					2			3	
AMIC	Achnanthes microcephala (Kutzing) Grun.														19												
AMSC	Achnanthes minutissima (Kutzing) var. scotica (Carter) Lange-Bertalot																										
AMIN	Achnanthes minutissima Kutzing v. minutissima Kutzing (Achnanthidium)			2	2			1	2			2	47	1	8	2	50	1		1							
AMSA	Achnanthes minutissima Kutzing var. saprophila Kobayasi et Mayama																										
AOBG	Achnanthes oblongella Oestrup	6																									
APUL	Achnanthes pulcherrima (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot	2																					1	3	1		
ACHS	Achnanthes sp.		2		5	1			1				8		2	3	12	4					1	10	1	2	
ASHU	Achnanthes subhudsonii Hustedt																										
ABRA	Actinella brasiliensis Grunow						1				1									451	128	1					
AGNS	Actinella guianensis Grunow										2																
AMRB	Actinella mirabilis Grunow																										
APRN	Actinella peronioides Hustedt																				1						
ASIO	Actinella siolii Hustedt																										
ANMN	Actinocyclus normanii (Greg. ex Grev.) Hustedt morphotype normanii								1										2			1			1		
ABRY	Adlafia bryophila (Petersen) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin																										
ADRO	Adlafia drouetiana (Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot														1					3	2				2		
ACPS	Amphipleura chiapensis Metzeltin & Lange-Bertalot			2																							
ACOP	Amphora copulata (Kutz.) Schoeman & Archibald				1																						
AMDE	Amphora delphineae L.W. Bailey																				1						
AMSG	Amphora strigosa Hustedt																										
AVNT	Amphora ventricosa Gregory	1	14	59	34	36																					
AFOR	Asterionella formosa Hassall																1										
AUDI	Aulacoseira distans (Ehr.) Simonsen													1													
AUGR	Aulacoseira granulata (Ehr.) Simonsen	2												2													
AULS	Aulacoseira species																										
AUVA	Aulacoseira valida (Grunow) Krammer																										
BPAR	Bacillaria paradoxa Gmelin	1		2	4															2			4			1	
BSCO	Berkeleya scopulorum (Brebisson) Cox																										
BBRE	Brachysira brebissonii Ross in Hartley ssp. brebissonii						6		24		4	21	10	1	11	3	3		8	5	184	12				1	
BRCR	Brachysira coralliana Metzeltin & Lange-Bertalot																				2						
BGOM	Brachysira gomphonemoides (Maillard) Lange-Bertalot & Moser																										
BKUN	Brachysira kuntzei (Reichelt) Metzeltin & Lange-Bertalot																										
BNEO	Brachysira neoexilis Lange-Bertalot						50		1	2			4	1	35	3	2	1	19	103	56						
BRRO	Brachysira rostrata Metzeltin & Lange-Bertalot																										
BSUR	Brachysira subrostrata Lange-Bertalot																										

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II			29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés			MPMS	SSOS	PINS	GIN	TAMS	KERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVS	COVS	COVS	COMB	BAGC	COMS	SORS	SORMS	CNV	SCNMS	OYV	SSMAS	OYMS	CAYMS	MATS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique)	N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9546	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737
BVIT	Brachysira vitrea (Grunow) Ross in Hartley												2															1
CBAC	Caloneis bacillum (Grunow) Cleve									1					1					1								
CMOL	Caloneis molaris (Grunow) Krammer																									1		
CSIL	Caloneis silicula (Ehr.)Cleve				3						1																	
CALS	Caloneis species																											
CATE	Caloneis tenuis (Gregory) Krammer																											
CCRU	Capartogramma crucicula(Grun.ex Cl.)Ross					1	1							3	2		13		4		2	1		2	2			
CPUM	Capartogramma pumila Metzeltin & Lange-Bertalot																1											
CHMU	Chaetoceros muelleri Lemmermann																				2							
CBRS	Chamaepinnularia brasiliensis Metzeltin & Lange-Bertalot									1		2			4											1	1	
CBRP	Chamaepinnularia brasiliensis Metzeltin & Lange-Bertalot											1									4	12	10					
CHBR	Chamaepinnularia bremensis (Hustedt) Lange-Bertalot																								1			
CHMF	Chamaepinnularia mediocriformis (Coste & Ricard) Lange-Bertalot																	1					1					
CHME	Chamaepinnularia mediocris (Krasske) Lange-Bertalot							1				1			1							2	7					
CDIS	Cocconeis disculus (Schumann) Cleve in Cleve & Jentzsch						1																					
CNTH	Cocconeis neothumensis Krammer				1		1			2	1			2		2		3										
CPLA	Cocconeis placentula Ehrenberg var. placentula		1		1		2															1						
CPLE	Cocconeis placentula Ehrenberg var. euglypta(Ehr.)Grunow						2																				4	
CPLI	Cocconeis placentula Ehrenberg var. lineata(Ehr.)Van Heurck																										1	
COIR	Coscinodiscus oculus-iridis Ehr.													1		1				2								
COSS	Coscinodiscus sp.																							1				
CRAC	Craticula accomoda (Hustedt) Mann				1																							
CAMB	Craticula ambigua (Ehrenberg) Mann						1										1											
CRCU	Craticula cuspidata (Kutzing) Mann																							1		1		
CSBM	Craticula submolesta (Hust.) Lange-Bertalot						1																		1	1		
CATO	Cyclotella atomus Hustedt																				3							
CCAS	Cyclotella caspia Grunow																				2							
CMEN	Cyclotella meneghiniana Kutzing				2											3					5	1	1			1		
CBIT	Cyclotella species aff. bituminosa Hustedt																				1				2	3		
CSTR	Cyclotella striata(Kutzing)Grunow 1880 in Cleve & Grunow											1		5	1	2				18	28	7		1				
CACT	Cymbella acuta (A.Schmidt) Cleve				1	1											4	1	6					5	2	2		
CAFF	Cymbella affinis Kutzing																											
CYM1	Cymbella sp.1																					1						
CTGL	Cymbella turgidula Grunow in A. Schmidt & al.															1												
CMIR	Cymbellopsis mirabilis Krammer							1		1					2		2	6	2		2		19		1			
CBCU	Cymbopora cuspidata (Kutzing) Krammer																											
CBMC	Cymbopora michelcostei Metzeltin & Krammer																	1						1	1			
DSUB	Denticula subtilis Grunow																											27
DCOF	Diademsia confervacea Kützing																											
DCON	Diademsia contenta (Grunow ex V. Heurck) Mann				1									2														
DCBI	Diademsia contenta Grun.var. biceps (Grun. in V.H.) Hamilton																										2	10
DVUL	Diatoma vulgare Bory 1824																											
DELL	Diploneis elliptica (Kutzing) Cleve																											1
DOBL	Diploneis oblongella (Naegeli) Cleve-Euler																							1				
DPUE	Diploneis puella (Schumann) Cleve						1																					
DSBO	Diploneis subovalis Cleve						2																					
EBVC	Encyonema brevicapitatum Krammer																							2				
ENME	Encyonema mesianum (Cholnoky) D.G. Mann				1			1	1	1		1					1	1	1					13	6	5		
ENMI	Encyonema minutum (Hille in Rabh.) D.G. Mann						5								10	7		24								1		
ENNG	Encyonema neogracile Krammer											1	4									124	37	1		1		1

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II			29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés			MPM	SSOS	PINS	GINS	TAMS	KERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVS	COVS	COVS	COMS	BAGC	COMS	ORVS	SORMS	CNVS	CNMS	OYVS	SMAS	SOYMS	CAYMS	MATS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique)	N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9646	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737
ENNT	Encyonema neogracile Krammer var. tenuipunctata Krammer							29	1	29						13	9	12	1	15	22	1			1	1		
ENPE	Encyonema perpusillum (A. Cleve) D.G. Mann																	1				1				1	1	
EPRO	Encyonema prostratum (Berkeley) Kützing																											
ESPS	Encyonema sparsipunctatum Krammer																											
ESKK	Encyonema subkukenanum Krammer																											2
ESUL	Encyonema sublaeolatum Krammer Metzeltin & Lange-Bertalot																					1						
ESPG	Encyonema supergracile Krammer & Lange-Bertalot																					25						
ENVZ	Encyonema venezolanum Krammer		6	36	4	30		5	19	21	242	1			10	24	35	171	52	76		120		38	78	27	7	
ECES	Encyonopsis cesatii (Rabenhorst) Krammer							3		5																		
ECDI	Encyonopsis difficilis (Krasske) Krammer							1																				
EFRO	Encyonopsis frequentiformis Metzeltin & Krammer								1		1	47			2	4			2				1					
ELAE	Encyonopsis lanceoelliptica Krammer																					1						
EOMI	Eolimna minima (Grunow) Lange-Bertalot		1	2	2	1	3	2		3		2			1		1	4	1					2	3	16		1
EOZA	Eolimna zalokariae Metzeltin & Lange-Bertalot			1			2	1	3	1	1				2	2		3	6	5	1		1	8	9	4	1	
EACN	Eunotia acutinasuta Metzeltin & Lange-Bertalot																					21						
EANM	Eunotia anamaragaritae Metzeltin & Lange-Bertalot																											
EARL	Eunotia arcus (Grunow) Lange-Bertalot & Nörpel											4	1								1	2	1					
EAST	Eunotia asterionelloides Hustedt		17				15	2					15											234	245	286	1	
EBIC	Eunotia bicornigera Metzeltin & Lange-Bertalot																											
EBIG	Eunotia biggiba Kützing																											
EBMU	Eunotia bilunaris (Ehr.) Mills var. mucophila Lange-Bertalot Nörpel & Al														1				12									
EBST	Eunotia biseriata Hustedt																											
ECAM	Eunotia camelus Ehrenberg		1								8												1	1	1			
ECAR	Eunotia carolina Patrick																	4										
ECRS	Eunotia crassula Metzeltin & Lange-Bertalot																											
EDEN	Eunotia denticulata (Brébisson) Rabenhorst																											
EDTG	Eunotia distinguenda Metzeltin & Lange-Bertalot																					6	1					
EETE	Eunotia exigua (Breb.) Rabenhorst var. tenella (Grunow) Nörpel et Alles		4			1											2		3		1				2			
EFAB	Eunotia faba Grunow					1	2											1										
EFAL	Eunotia fallax A.Cleve var. fallax																					1						
EFEM	Eunotia femoriformis (Patrick) Hustedt																											
EFLE	Eunotia flexuosa (Brebisson) Kützing																											
EFOR	Eunotia formica Ehrenberg								3							1					2	1						
EGEO	Eunotia georgii Metzeltin & Lange-Bertalot											1																
EGUI	Eunotia guianense (Ehrenberg) de Toni												1															
EINC	Eunotia incisa Gregory var. incisa		2						4		6	2	3	4	2	1		27		8	2	12	15	1	2	1		
EICS	Eunotia incisatula Metzeltin & Lange-Bertalot		1																		3		8					
EIPB	Eunotia inspectabilis Metzeltin & Lange-Bertalot																											
EMER	Eunotia meridiana Metzeltin & Lange-Bertalot					1				1					5	2	3		30		1	1						
EMIN	Eunotia minor (Kützing) Grunow in Van Heurck				1	1	2			2															4			
EMON	Eunotia monodon Ehrenberg var. monodon												2								1							
EODE	Eunotia odebrectiana Metzeltin & Lange-Bertalot														1													
EOEQ	Eunotia odebrectiana var. essequiboensis Metzeltin & Lange-Bertalot																											
EUPA	Eunotia paludosa Grunow in Van Heurck var. paludosa																				1	3						
EPAS	Eunotia parasiolii Metzeltin & Lange-Bertalot				2	3	2		4		26	20	15	3	43	154	17	35	2		6	57	71		4		1	
EPTK	Eunotia patrickae Hustedt																											
EPEC	Eunotia pectinalis (Dylwyn) Rabenhorst var. pectinalis																											
EPRA	Eunotia praeupta Ehrenberg var. praeupta		1									1																
ERAB	Eunotia rabenhorstiana (Grun.) Hustedt var. rabenhorstiana							48						1	1			11			125		6					
ERBH	Eunotia rabenhorstii Cleve & Grunow																				1	1						1

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II			29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés			MPMS	SSQS	PINS	GINs	TAMs	KERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVS	COVS	COVS	COMS	BAGC	COMS	SORVS	SORMS	SNVSC	SNMVS	OYVSS	SMASO	YOYMS	CAYMS	MATS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique)	N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9646	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737
ERHO	Eunotia rhomboidea Hustedt		6				1	1	2	44	2	61					13	4	2		49	69	192	1	15	1		
EUNS	Eunotia sp.						1	1				2						1										
ESBL	Eunotia species cf. bilunaris (Ehr.) Mills sensu lato							4					3			1				317	93	15	14					
ESNA	Eunotia species cf. naegeli Migula																	1			58	64	69					
ESUB	Eunotia subarcuatoidea Alles Nörpel & Lange-Bertalot							4		3		1					1				1					1	1	
ESBR	Eunotia subrobusta Hustedt												2															
ESYA	Eunotia synedraeformis var. angustata Hustedt																											
ETFG	Eunotia transfuga Metzeltin & Lange-Bertalot																											
ETRI	Eunotia tridentula Ehrenberg																											
ETGB	Eunotia trigibba Hustedt											1	1															
EVEN	Eunotia veneris (Kütz.) De Toni								1	1				1			1						1					
EVBR	Eunotia ventriosa Pat. var. brevis (Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot																											
EVNT	Eunotia ventriosa Patrick var. ventriosa																											
EYAN	Eunotia yanomani Metzeltin & Lange-Bertalot											1									1	2	2					
FALS	Fallacia species											1													1			
FACU	Fragilaria acutirostrata Metzeltin & Lange-Bertalot			2											1			1						5	2	1	1	
FARC	Fragilaria arcus (Ehrenberg) Cleve var. arcus																											
FBID	Fragilaria bidens Heiberg																											
FBRE	Fragilaria brevistriata Grunow (Pseudostaurosira)										1	1															1	
FCAH	Fragilaria capucina Desmazieres var. amphicephala (Grunow) Lange-Bertalot																											
FCAP	Fragilaria capucina Desmazieres var. capucina		1	6		1																				1		
FCVA	Fragilaria capucina Desmazieres var. vaucheriae (Kütz.) Lange-Bertalot		2																1									
FCVT	Fragilaria capucina var. vaucheriae (Kütz.) Lange-Bertalot fo. teratogene																											
FCSA	Fragilaria crassa Metzeltin & Lange-Bertalot				1			1										7						1	2			
FFAS	Fragilaria fasciculata (C.A. Agardh) Lange-Bertalot sensu lato																											1
FGOU	Fragilaria gouldii (Brébisson) Lange-Bertalot		17			4			1	1	109			29	3		34		15					1	4		1	
FJAV	Fragilaria javanica Hustedt										1	1						2				3	2					
FPSC	Fragilaria parasitica (W.Sm.) Grun. var. subconstricta Grunow																				1							
FPIN	Fragilaria pinnata Ehrenberg var. pinnata (Staurosirella)																											
FROL	Fragilaria rolandschmidii Metzeltin & Lange-Bertalot																											
FRAS	Fragilaria species																		1									
FULN	Fragilaria ulna (Nitzsch.) Lange-Bertalot var. ulna		3			2																						
FCRS	Frustulia crassinervia (Breb.) Lange-Bertalot et Krammer													2			1											
FCSP	Frustulia crassipunctata Metzeltin & Lange-Bertalot											4	7													1		
FGUY	Frustulia guayanensis Metzeltin & Lange-Bertalot											1										5						
FMGL	Frustulia magaliesmontana Chohnoky																				2	86	3					
FMAg	Frustulia magna Metzeltin & Lange-Bertalot						1					14									2		2		1			
FPRB	Frustulia pararhomboides var. pararhomboides Metzeltin & Lange-Bertalot											10	8								16	63	46					
FPRS	Frustulia pararhomboides var. subundosa Metzeltin & Lange-Bertalot																											
FRHO	Frustulia rhomboides (Ehr.) De Toni		1	3		6	3		2	3	1					2	5	1	1		2						3	
FSAX	Frustulia saxonica Rabenhorst				1		1	1	3	4		5	6	3	6	6		11	1	2	5	14	36					
FUDO	Frustulia undosa Metzeltin & Lange-Bertalot							211		3				1		6	1	5		6		5	2					
FVUL	Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni					2																						
FWEI	Frustulia weinholdii Hustedt																				2							1
FZIZ	Frustulia zizkae Metzeltin & Lange-Bertalot				1												1					2						
GMRB	Geissleria mirabilis (Krasske) Metzeltin & Lange-Bertalot				1																							
GNTF	Geissleria neotropica Metzeltin & Lange-Bertalot													1			1											
GPLG	Geissleria perelegans (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot									1									2						4	1	4	1
GSHM	Geissleria schmidiae Lange-Bertalot & Rumrich					2																						
GSML	Geissleria similis (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin						1																					

ANNEXE II - DIATOMÉES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II			29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés			MP	MS	SS	OS	PINS	GIN	TAMS	KERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVS	COVS	COVS	COMS	BAG	COMS	ORVS	ORMS	ONVS	ONMS	OYVS	SMAS	SOYMS	SCAYS	MATS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique)	N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9646	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737		
GESP	Geissleria sp.					2															1									
GAQR	Gomphonema aequirostrum Metzeltin & Lange-Bertalot									3						23	8								1					
GAFF	Gomphonema affine Kutzing																	1		1										
GAPI	Gomphonema apicatum Ehr.													1																
GARV	Gomphonema archaebrio Lange-Bertalot & Reichardt											49	1				2				1	19	7				1			
GAUG	Gomphonema augur Ehrenberg				1																									
GAUS	Gomphonema augur Ehrenberg var.sphaerophorum (Ehr.) Grunow																													
GBRA	Gomphonema brasiliense Grunow				6	1			12							3	7	5									4	3	1	
GCAM	Gomphonema camburii Metzeltin & Lange-Bertalot																			1						3				
GCOS	Gomphonema costei Metzeltin & Lange-Bertalot				3					1									2						1	1	1			
GDEM	Gomphonema demerarae(Grunow) Frenguelli																													
GENT	Gomphonema entolejum Ostrup									3																				
GEQD	Gomphonema equadorianum Metzeltin & Lange-Bertalot													1							1									
GEXL	Gomphonema exilissimum(Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt	3						1		1				1		9			4						13	18	1			
GGBR	Gomphonema gibberum Hustedt	1																	1						1		1			
GGRA	Gomphonema gracile Ehrenberg						1								14	3	13		33		2	1								
GGLD	Gomphonema graciloides Hustedt																									1				
GKOB	Gomphonema kobayashiae Metzeltin & Lange-Bertalot																									1				
GLEP	Gomphonema lepidum Fricke				1											4	1	1	2					1						
GMIC	Gomphonema micropus Kützing var. micropus						1																							
GMIN	Gomphonema minutum(Ag.)Agardh f. minutum																									1				
GNEN	Gomphonema neonasutum Lange-Bertalot & Reichardt				2																								1	
GPAR	Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing var. parvulum f. parvulum	1	2		3	4	1				1	1				3	1	6		1	2	9	2	1				1		
GPLA	Gomphonema parvulum var.lagenula (Kütz.)Frenguelli	3	11	3	10	3			12		159					168	3	4	25	31	11	12				7	6			
GPRO	Gomphonema productum (Grunow) Lange-Bertalot & Reichardt																	22												
GPSA	Gomphonema pseudoaugur Lange-Bertalot		9													2	1		10		2							2		
GPUM	Gomphonema pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot																													
GOMS	Gomphonema species														1	1														
GOPS	Gomphonema species 2 aff. Gomphosphenia														1	1														
GSUB	Gomphonema subtile Ehr.							2		11															1					
GTRI	Gomphonema tristigmatum Metzeltin & Lange-Bertalot														3	1				2										
GPLI	Gomphosphenia lingulatifomis (Lange-Bertalot & Reichardt) Lange-Bertalo																													
GOAH	Gomphosphenia oahuensis (Hustedt) Lange-Bertalot																											2		
GNOD	Gyrosigma nodiferum (Grunow) Reimer		2	9	4	5				1						8	1					4	8							
GSCA	Gyrosigma scalproides (Rabenhorst)Cleve		1	4		10										6		1							2					
HAMP	Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grunow in Cleve et Grunow 1880					1																	1							
HBRU	Hantzschia brunneri Metzeltin & Lange-Bertalot						1																							
HELO	Hantzschia elongata (Hantzsch.) Grunow						1																							
HGNE	Hantzschia graciosa Lange-Bertalot ssp neotropica Metzeltin & Lange-Bert													1																
HAVT	Hippodonta avittata (Cholnoky) Lange-Bert.Metzeltin & Witkowski				3																				1					
HCAP	Hippodonta capitata (Ehr.) Lange-Bert.Metzeltin & Witkowski						1																				1			
HLUE	Hippodonta lueneburgensis(Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski						1																							
HTRQ	Hydrosera triquetra Wallich																												4	
KOKR	Kobayasiella krasskei (Metzeltin & Lange-Bertalot) Lange-Bertalot																													
KOBS	Kobayasiella sp.						2	4								1					1				2	3	2			
LARG	Luticola argutula(Hustedt) D.G. Mann																												3	
LCOH	Luticola cohnii (Hilse) D.G. Mann								1																					
LCOS	Luticola costei Metzeltin & Lange-Bertalot									1		1	2			1			4	2	30					1	1	93		
LDPF	Luticola dapaiformis (Hust.)Coste n.comb.																													
LDIS	Luticola dismutica (Hustedt) D.G. Mann		1	1										2															1	

ANNEXE II - DIATOMEES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		MPMS	SSOS	PINS	GINs	TAMs	KERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVS	COVS	COVS	COMs	BAGC	COMs	SORS	SORMs	SNVS	SNMS	SOYVS	SMAS	SOYMS	CAYS	SMATS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9646	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737
LFRE	Luticola frenguelli Metzeltin & Lange-Bertalot																										1
LGOE	Luticola goeppertiana (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann	1	1	1	2	5							1	2	1											63	
LIUN	Luticola inserata (Hustedt) D.G. Mann var. undulata (Hustedt) nov. comb.																									28	
LLAG	Luticola lagerheimii (Cleve) Mann			3		1										1		1									
LMON	Luticola monita (Hustedt) D.G. Mann					1																					
LMUT	Luticola mutica (Kützinger) D.G. Mann																			1						35	
LOBG	Luticola obligata (Hustedt) nov. comb.		30		1								1	6				1		1							
LSAX	Luticola saxophila (Bock ex Hustedt) D.G. Mann								1		1									1				1		1	
LUSP	Luticola species								1																		
MDIC	Melosira dickiei (Thwaites) Kützinger																									55	
MELS	Melosira species																										
MPMU	Microcostatus pseudomuralis (Hustedt) Lange-Bertalot																						1				
NARV	Navicula arvensis Hustedt	1	1		5	2					1			1		1				1				2			
NAEX	Navicula atomus (Kütz.) Grunow var. excelsa (Krasske) Lange-Bertalot															1											
NBCN	Navicula bicuneolus Metzeltin & Lange-Bertalot																			1	1						
NBRK	Navicula brekkaensis Petersen var. brekkaensis										1																
NCHA	Navicula charitii Peragallo																										
NCIN	Navicula cincta (Ehr.) Ralfs in Pritchard			1																							
NCOL	Navicula coralina Metzeltin & Lange-Bertalot															1				7	2						
NCFS	Navicula cryptocetata Lange-Bertalot										1																
NCRY	Navicula cryptocephala Kützinger		3	1		1			1		2		1	5		3	2	28	1	3	1	7	6	2	3	1	
NCTE	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot																										
NGRE	Navicula gregaria Donkin	3																									
NHMS	Navicula heimansii Van Dam et Kooyman																					4					
NHMD	Navicula heimansioides Lange-Bertalot										2															1	
NHBT	Navicula herbstiae Metzeltin & Lange-Bertalot													1			3		1								
NISA	Navicula insulsa Metzeltin & Lange-Bertalot							1					3	38	31	6	5	135						2	1	1	
NKOT	Navicula kotschy Grunow				1																						
NKRA	Navicula krasskei Hustedt																										
NLST	Navicula leptostriata Jorgensen	1	1	1	5		3	11	8				3	1			5			1	1			5			
NLOH	Navicula lohmannii Lange-Bertalot & Rumrich																										
NLGC	Navicula longicephala Hustedt var. longicephala												1								1						
NLOV	Navicula longicephala Hustedt var. vilaplanii Sabater & Lange-Bertalot																									1	
NMID	Navicula maidanae Metzeltin & Lange-Bertalot										1																
NPNU	Navicula perminuta Grunow in Van Heurck																									1	
NSHR	Navicula schroeteri Meister var. schroeteri		63	94		48					1			4	2										1	5	1
NSIL	Navicula siolii Hustedt																										
NASP	Navicula sp.																										
NVSU	Navicula species 1										2												1				
NVSD	Navicula species 2										6																
NSBM	Navicula subminuscule Manguin										1															2	
NTEN	Navicula tenelloides Hustedt					1																					
NTRI	Navicula tridentula Krasske																										
NTRV	Navicula trivialis Lange-Bertalot var. trivialis																							1			
NVEN	Navicula veneta Kützinger	3		1																							
NVGE	Navicula viridula var. germanii (Wallace) Lange-Bertalot																								1		
NVRO	Navicula viridula (Kütz.) Ehr. var. rostellata (Kütz.) Cleve			5																							
NDNA	Naviculadicta nana (Hust.) Lange-Bertalot																2	1									
NDSA	Naviculadicta sassiana Metzeltin & Lange-Bertalot										1												4	1	1		
NEAR	Neididium amphirhynchus (Ehrenberg) Pfister					1																					

ANNEXE II - DIATOMÉES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II			29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés			MPMS	SSOS	PINS	GINs	TAMS	KERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVSC	COVCS	COVSC	COMS	BAGCC	COMS	ORVCS	ORMS	CNVCS	CNMCS	OYVSS	SMAS	OYMS	CAYMS	MATS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique)	N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9646	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737
NEAM	Neidium ampliatus (Ehrenberg) Krammer											1																
NBIS	Neidium bisulcatum (Lagerstedt) Cleve											1												1				
NECR	Neidium coralieae Metzeltin & Krammer																											
NDSS	Neidium densestriatum (Ostrup) Krammer																							1				
NEDU	Neidium dubium (Ehrenberg) Cleve																											
NEEX	Neidium excisum Krammer & Metzeltin																1											
NLTM	Neidium latum Krammer & Metzeltin																							1				
NESP	Neidium species in Metzeltin & Lange Bertalot																										2	
NESD	Neidium subdubium Metzeltin & Krammer									1																	1	
NAMP	Nitzschia amphibia Grunow f. amphibia		1			7	4																					
NAMC	Nitzschia amplexens Hustedt																										26	
NBRE	Nitzschia brevissima Grunow													1	1	3				2	1							17
NCPL	Nitzschia capitellata Hustedt in A. Schmidt & al.													1					4		1	1					5	
NCLA	Nitzschia clausii Hantzsch																						1					
NDEB	Nitzschia debilis (Amott) Grunow																											
NDES	Nitzschia desertorum Hustedt																											
NDIS	Nitzschia dissipata (Kutzing) Grunow var. dissipata				2	2	3					1		3	1	1	1			4	1						1	
NDIP	Nitzschia dissipatoides Archibald																										1	
NFAS	Nitzschia fasciculata Grunow																			1							1	2
NFIL	Nitzschia filiformis (W.M. Smith) Van Heurck																1											
NFON	Nitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller		1																									
NIFR	Nitzschia frustulum (Kutzing) Grunow var. frustulum																											1
NIGR	Nitzschia gracilis Hantzsch																											
NHEU	Nitzschia heufferiana Grunow																											
NZLB	Nitzschia lange-bertalotti Coste & Ricard													1							1	1						
NLEV	Nitzschia levidensis (W. Smith) Grunow in Van Heurck				1																							
NLOR	Nitzschia lorenziana Grunow in Cleve et Möller																											1
NNAN	Nitzschia nana Grunow in Van Heurck																			1	1							
NPAL	Nitzschia palea (Kutzing) W. Smith		2	2	6		10					1		5	10	4	11		11	2	1	1		1			1	
NISC	Nitzschia scalpelliformis (Grunow) Grunow in Cleve & Grunow													1		2												8
NSOC	Nitzschia sociabilis Hustedt																				6	1						
NISO	Nitzschia solita Hustedt																											
NZSS	Nitzschia species																					1						
NISU	Nitzschia subtilis Grunow in Cleve et Grunow										1																	
NTER	Nitzschia terrestris (Petersen) Hustedt											1						1										
NTRO	Nitzschia tropica Hustedt						1																					
NVER	Nitzschia vermicularis (Kutzing) Hantzsch																			1								
NUAS	Nupela astariella Metzeltin & Lange-Bertalot							1	1	2		1		1			4	2	5		1	2	5	5	4	7	1	
NULE	Nupela lesothensis (Shoeman) Lange-Bertalot																				1							
NUNE	Nupela neotropica Lange-Bertalot																											
NUPS	Nupela species													6	2		3	9	1		1	1				1		
NUTN	Nupela tenuistriata (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot		2				1		1	2				5	1		10	12		1	1				2	1	2	
OROE	Orthoseira rooseana (Rabenhorst) O'Meara																							1				
PFIB	Peronia fibula (Breb. ex Kutz.) Ross															1												
PACI	Pinnularia acidophila Hofmann & Krammer							1				1																
PACR	Pinnularia acrospheia Rabenhorst																				1							
PBOY	Pinnularia boyeriformis Krammer & Metzeltin																									1		
PBRN	Pinnularia brauniana (Grunow) Mills											1												1			1	
PBRE	Pinnularia brebissonii (Kutz.) Rabenhorst																					1						
PCER	Pinnularia certa Krammer & Metzeltin																											

ANNEXE II - DIATOMÉES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		MPMS	SSOS	PINS	GIN	TAM	SKERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVSC	COVSC	COVSC	COMB	AGCC	COMS	ORVS	SORM	SNV	SCNM	SOYV	SSMA	SOYM	CAYS	MATS
ABREV. LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique)	N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9646	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737
PDMF	<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>mesoleptiformis</i> Krammer & Metzeltin										1																
PDRO	<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>rostrata</i> Krammer & Metzeltin																										
PDIV	<i>Pinnularia divergens</i> W.M.Smith var. <i>divergens</i>																										
PDVA	<i>Pinnularia diversarea</i> Krammer & Metzeltin										1																
PEPI	<i>Pinnularia episcopalis</i> Cleve																										
PFLA	<i>Pinnularia flamma</i> Hustedt																										
PGIB	<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg																			1							
PGLO	<i>Pinnularia globiceps</i> Gregory																										
PGRO	<i>Pinnularia graciloides</i> Hustedt										1																
PGLC	<i>Pinnularia graciloides</i> var. <i>latecapitata</i> Metzeltin & Krammer										1																
PITB	<i>Pinnularia instabiliformis</i> Krammer & Metzeltin										1																
PLUC	<i>Pinnularia luculenta</i> A.Schmidt										1									1							
PMES	<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehrenberg) W.M.Smith var. <i>mesolepta</i>													1						1							
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cleve					1	1																				
PNBF	<i>Pinnularia nobilifasciata</i> Krammer & Metzeltin										1																
PNOB	<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg																			1							
POBS	<i>Pinnularia obscura</i> Krasske					1																			1		
POOM	<i>Pinnularia oominensis</i> Kobayashi																										
PPIA	<i>Pinnularia pisciculus</i> var. <i>angusta</i> Metzeltin & Krammer										1									1							
PPRC	<i>Pinnularia procera</i> Metzeltin & Krammer	1												1		4		5					2	3			
PRHB	<i>Pinnularia rhombarea</i> Krammer															1											
PRTU	<i>Pinnularia rostratissima</i> Hustedt var. (sub) <i>undulata</i> Hustedt										1																
PINS	<i>Pinnularia</i> species										1																
PSBO	<i>Pinnularia subboyeri</i> Metzeltin & Krammer															1		1									
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>subcapitata</i>					1					1														1		
PSGI	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer var. <i>subgibba</i>										1	1											2	1			
PSGA	<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>angustarea</i> Krammer & Metzeltin															1					4	1					
PSGC	<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>capitata</i> Metzeltin & Krammer										1		2	1	1												
PTNS	<i>Pinnularia tenuistriata</i> Hustedt																							1			
PTUM	<i>Pinnularia tumescens</i> Metzeltin & Krammer												1														
PUTR	<i>Pinnularia umbrosa</i> Sovereign var. <i>tropica</i> Metzeltin & Krammer		1			1					1					1				1						1	
PCTP	<i>Placoneis centropunctata</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer																						1	1			
PCOV	<i>Placoneis conveniens</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer																										
PDMD	<i>Placoneis demerarioides</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer					1																					
PLMO	<i>Placoneis molesta</i> Metzeltin & Krammer																										
PNTP	<i>Placoneis neotropica</i> Metzeltin & Krammer																						1	1	1		
PSRM	<i>Placoneis santaremensis</i> Metzeltin & Krammer															1	1	1					2	1	1	1	
PLAS	<i>Placoneis</i> sp.			1																							
PLAD	<i>Placoneis</i> sp2																										
PSUR	<i>Placoneis surinamensis</i> (Cleve) Metzeltin & Krammer																1							1			
PLTE	<i>Placoneis tersa</i> (Hustedt) Metzeltin & Krammer							2					1			4									1	1	
PZIM	<i>Placoneis zimmermannii</i> Metzeltin & Krammer		1																								
PELO	<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith													1					3	30	1		1				
RHIS	<i>Rhizosolenia</i> species																										
RGBL	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Muller			4		1					1			1	2	1											1
SEBA	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann										1																
SCOS	<i>Sellaphora costei</i> Metzeltin & Lange-Bertalot																	1									
SGIB	<i>Sellaphora gibbula</i> Metzeltin & Lange-Bertalot												2														
SGRG	<i>Sellaphora gregoryana</i> (Cleve & Grunow) Metzeltin & Lange-Bertalot				1	1																	1				
SGUY	<i>Sellaphora guyanensis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot															1	1			1				1			

ANNEXE II - DIATOMÉES GUYANE (1997-2000) - INVENTAIRES TAXINOMIQUES

ANNEXE II		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54			
INVENTAIRES GUYANE (1997-2000) Résultats en effectifs comptés		MPM	SSO	S	PINS	GIN	TAM	S	KERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COVS	COVS	COVS	SCOM	BAG	CCOM	ORV	SORM	SCNV	SCNM	SOY	VSS	SMAS	SOYM	SCAYS	SMATS
ABREV.	LISTE TAXINOMIQUE (Ordre alphabétique) N° prep.	9735	9731	9733	9732	9734	9647	10534	9646	10533	10520	10517	9447	9449	9456	9440	9445	9439	9188	9172	9148	9152	9645	9644	9642	9190	9737			
SLAM	Sellaphora lambda (Cleve) Metzeltin & Lange-Bertalot	1				3										2							3	1		1				
SLTR	Sellaphora laterostrata Metzeltin & Lange-Bertalot																						1			1				
SPUP	Sellaphora pupula (Kutzing) Mereschkowsky	1	1		2	2			1				4	3		5	2		4	1				2	1					
SREC	Sellaphora rectangularis(Greg.) Lange-Bertalot & Metzeltin	2			1	2					1		1			2	3						2	2	2					
SSEM	Sellaphora seminulum (Grunow) D.G. Mann	1							1																					
SLTA	Sellaphora tau (Cleve) Metzeltin & Lange-Bertalot				1								1			1							1	1						
STNM	Sellaphora tenerima Metzeltin & Lange-Bertalot							1												1	2		1							
SIDE	Simonsenia delognei Lange-Bertalot														1															
STAG	Stauroneis agrestis Petersen																	1												
STAN	Stauroneis anceps Ehrenberg										1					1		1												
SDEC	Stauroneis decipiens Hustedt																										8			
SGRL	Stauroneis gracilior Reichardt			1	1						1																			
SOBT	Stauroneis obtusa Lagerstedt					1																					1			
STPR	Stauroneis prominula (Grun.) Hustedt			1																										
STPO	Stauroneis pseudosuboptusoides Germain																									7				
STAS	Stauroneis species										1																			
STVE	Stauroneis ventriosus Metzeltin & Lange-Bertalot														1	2		1					1		1	1				
STDE	Stenopterobia delicatissima (Lewis) Brebisson ex Van Heurck										1	1			11		1			1	3	4	2							
SKRA	Stenopterobia krammeri Metzeltin & Lange-Bertalot															1		2												
SPLC	Stenopterobia planctonica Metzeltin & Lange-Bertalot																			1	1	2								
STBS	Stenopterobia species												2																	
STGY	Stenopterobia species (Metzeltin & Lange-Bertalot																													
SATO	Surirella atomus Hustedt																									1				
SDAV	Surirella davidsonii A. Schmidt																													
SUDM	Surirella demerarae A. Schmidt	1	1	2		2										1								1						
SKAT	Surirella kattrayi A. Schmidt	1	1	2	1										2		1	1		7	3	3	5							
SLIN	Surirella linearis W.M.Smith																1	2												
SLCO	Surirella linearis W.M.Smith var.constricta Grunow														2	3	4	4	5	1	2					3				
SUMI	Surirella minuta Brebisson														3	3	23		17											
SRMR	Surirella rumichorum Metzeltin & Lange-Bertalot										1																			
SSPD	Surirella splendidioides Hustedt																				1									
SSUE	Surirella suecica Grunow			1	5	1			1																		8			
SSUN	Surirella susanae Metzeltin & Lange-Bertalot																						4							
STSL	Surirella tenerislex Metzeltin & Lange-Bertalot												3			4			2	2	3	1								
TMUS	Terpsinoe musica Ehr.																									1				
THNI	Thalassionema nitzschioides (Grunow) Van Heurck																									1				
Effectif completé :		89	216	235	184	223	392	137	154	624	244	95	470	271	415	461	470	424	449	1194	1058	583	415	497	408	400	95			

RESULTATS PAR FAMILLES	MPM	SSOS	PINS	GIN	TAM	S	KERS	COUS	TKTS	SLUS	MALS	KARS	COV	SCOV	SCOV	SCOV	SCOV	BAG	CCOM	ORV	SORM	SCNV	SCNM	SOY	VSS	SMAS	SOYM	SCAYS	SMATS
Araphidées	3	26	3	7			1	1	1	111	2		30	3		34	11	17				4	2	7	9	1	5		
Brachyraphidées	32	1	3	7	24	63	59	10	102	36	44	20	53	161	34	136	9	328	795	364	405	245	282	294	5				
Centrophycidées	2			2					1		1		9	1	6			33	31	8		5	4		60				
Epithémiacées			4		1					1				1	2	1												1	
Monoraphidées	11	2	4	18	14		9	5	2		2	64	4	33	12	88	12		1	1		6	19	3	19	5			
Naviculacées	34	183	205	131	160	328	68	136	408	198	48	325	178	202	333	228	347	68	342	667	167	134	180	110	269	27			
Nitzschiacées	5	2	11	13	21				1		4		12	12	11	13	1	12	17	12	6		5			30	62		
Surirellacées	2	2	5	6	3			1		2	1	10	19		34	6	27	3	13	8	9	13	3			12			

ANNEXE III

CLASSES DE PERTURBATION PHYSICO-CHIMIQUE (MOYENNES)

Établies à partir des classes de valeurs des paramètres (avec inversion des classes pour l'oxygène dissous) et pondérées par les informations disponibles (INFO)

ANNEXE III - CLASSES DE "PERTURBATION" PHYSICO-CHIMIQUES (CLP) PAR SAISON ET ORDRE CROISSANT																														COD	NOD	COD	COP	Perturb.			
PREP	N°	CODE	RIVIERE SITE	T*	COND	pH	O2	Turbid	MES	ALC	Cl	SO4	Ca	Mg	Na	K	COD	NOD	POD	COP	NOP	Chla	Pheo	ChIT	NO3	PO4	Si	COP	NOP	NOD	COP	Moyenne	INFO	CLP	Saison		
9172	43	CNVH	COUNANA av. S1 bouee		1																												1,0	1	1,00	H	
9188	45	CNMH	COUNANA amont (S10)	1	1																												1,0	1	1,00	H	
9190	41	ORMH	ORAPU amont S11		1			1																	1								1,0	1	1,00	H	
9424	40	ORVH	ORAPU av.S13 Fourgassie Degrad																															1	1,00	H	
9435	21	COUH	COURCIBO V. Horeau																																1	1,00	H
9440	24	TKTH	TAKARITANTE SINNAMARY V. Horeau	1	2	4	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	4	1	1	1	3	1,5	1	1,23	H	
9447	35	COMH	COMTE amont	1	1	3	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	4	3	3	1	1	2	1		1,5	1	1,25	H	
9445	27	MALH	MALMANOURY (VH)	1	2	1	2	1	1	1	2	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2		1,5	1	1,25	H	
9449	50	OYMH	OYAPOCK am. Camopi V. Horeau	1	1	4	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	3	2	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1		1,5	1	1,27	H		
9642	25	SLUH	SAUT LUCIFER (V.H)	1	1	3	0	1	3	1	3	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	2	2	1	4	2		1,6	1	1,29	H		
9644	49	SMAH	SAUT MARIPA OYAPOCK V. Horeau	1	1	4	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	4	4	4	1	1	1	2		1,6	1	1,32	H		
9647	5	MPMH	MARIPASOULA V. Horeau	2	1	3	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2	2	3	1	2		1,8	1	1,38	H		
9733	31	COVH	COMTE Aval		1	3	1	2	2	2	2	1	2	2	3	1	1	1	1	3	3	1	1	1	3	3	4	1	1	1	2		1,8	1	1,41	H	
10507	1	LANH	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	2	1	4	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	3	1	1	1	4	3	3	1	1	1	4		2,0	1	1,48	H	
10511	52	CAMH	RIVIERE CAMOPI V.Horeau	1	2	4	2	1	1	1	2	1	2	1	3	3	1	4	3	3	3	2	3	2	4	3	3	1	2	1	2		2,2	1	1,59	H	
10512	11	GINH	GRAND ININI V. Horeau	1	3	4	2	2	3	2	2	2	3	3	2	1	2	3	1	2	2	1	1	1	4	4	4	2	2	1	2		2,2	1	1,61	H	
10514	12	GINH	GRAND ININI V. Horeau	1	3	4	2	2	3	2	2	2	3	3	2	1	2	3	1	2	2	1	1	1	4	4	4	2	2	1	2		2,2	1	1,61	H	
10518	14	TAMH	TAMPOCK V. Horeau	2	2	3	2	2	3	2	1	4	4	2	2	4	3	4	4	1	1	1	1	1	3	4	3	3	4	1	3		2,5	1	1,75	H	
10519	4	MPVH	MARIPASOULA aval MARONI	2	1	4	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	3	3	2	2	1	3		1,8	2	1,89	H	
10522	17	PSAH	PETIT-SAUT S16																															2	2,00	H	
10523	18	PSAH	PETIT-SAUT A. Dauta																															2	2,00	H	
10524	19	KERH	KERENROCK SINNAMARY aval VH	2	2	2	2	1	1	2	2		2	1	2	2	3	1					4	4	4	1	1	3				1	2,0	2	2,02	H	
10525	30	KARH	KAROUABO (VH)	1	2	1	4	1	1	2	2	1	3	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1,4	3	2,21	H		
10527	7	SSOH	SAUT SONELLE V.Horeau	1	3	4	2	2	3	4	1	1	3	3	2	1	2	3	2	1	2	1	1	1	3	4	4	3	2	1	1		2,2	4	3,09	H	
10528	9	PINH	PETIT ININI V. Horeau	1	3	3	2	3	4	4	1	1	3	3	2	1	2	4	2	3	3	1	1	1	4	4	4	1	2	1	3		2,4	4	3,20	H	
10534	16	GENH	GENIPA-BONNE NOUVELLE P. Saut																																	H	
9148	42	ORMS	ORAPU AMONT S11 mb vl		1																												1,0	1	1,00	S	
9152	39	ORVS	ORAPU av. Auberge Coruna bouee 2																																1	1,00	S
9434	47	OYVS	OYAPOK av.Saut-Manpa 9614-20																																1	1,00	S
9437	22	COUS	COURCIBO A. Dauta																																1	1,00	S
9439	37	BAGO	CRIQUE BAGOT	2	1	3	1	1	1	2	1	1	1																					1,4	1	1,20	S
9456	23	TKTS	TAKARITANTE SINNAMARY AM.	2	2	3	1	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	3	2	2	1	2		1,6	1	1,29	S	
9645	46	CNMS	COUNANA AMONT s10 mm vc		1		2	2																										1,7	1	1,33	S
9646	26	SLUS	SAUT LUCIFER A. Dauta 10379-81	2	2	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	2	2	2	1	3	3	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2		1,7	1	1,34	S	
9731	2	LANS	LANGATABIKI AVAL MARONI(VH)	4	2	4	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2				4	1	3	1	1	1	3		1,8	1	1,38	S	
9732	28	MALS	MALMANOURY V. Horeau	3	3	2	4	1	1	1	2	4	4	2	2	1	2	1	1	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1		1,8	1	1,39	S	
9734	48	SMAS	SAUT-MARIPA OYAPOCK 9618	4	2	3	1	2	1	3	2	1	3	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1	4	1	3	1	1	1	1		1,8	1	1,41	S		
9735	32	COVS	COMTE Av. S2 bouée carbet	4	2	3	2	1	1	3	2	1	2	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	3	2	2	1	4		1,9	1	1,43	S		
9736	33	COVS	COMTE av.Pointe Diamant m.m.	4	2	3	2	1	1	3	2	1	2	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	3	2	2	1	4		1,9	1	1,43	S		
9737	51	OYMS	OYAPOCK am. Camopi (9604-13)	3	3	4	1	2	1	4	2	1	3	2	2	3	1	2	2	1	1	1	1	1	3	1	2	2	2	1	1		1,9	1	1,45	S	
10506	6	MPMS	MARIPASOULA(9672-76) am. Inini	2	2	3	1	2	2	2	2	3	1	2	2	4	3	2	2	3	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1		1,9	1	1,46	S		
10508	38	COMS	COMTE S1 Am. carbet Lysis seuil	3	3	4	2	1	1	4	4	1	3	4	2	1	2	1	1	1	1	1	1	4	1	2	3	2	1	2		2,1	1	1,54	S		
10509	36	COMS	COMTE S1 am. Carbet site pêche	3	3	4	2	1	1	4	4	1	3	3	4	2	1	2	1	1	1	1	1	4	1	2	3	2	1	2		2,1	1	1,55	S		
10510	34	COVS	COMTE st.3 bouee Degrad	4				2	2	2	2	1																						2,2	1	1,58	S
10515	15	TAMS	TAMPOCK(9665-70)	3	4	4	2	1	2	2	2	4	4	3	2	4	4	3	2	1	1	1	1	3	1	3	4	2	1	1		2,4	1	1,68	S		
10516	13	GINs	GRAND ININI(9656-58+60)	2	4	4	1	2	2	4	2	2	4	4	3	2	4	4	2	2	2		1	1	3	1	4	3	2	1	1		2,5	1	1,74	S	
10517	44	CNVS	COUNANA AVAL S1 bmc mm		1		4																											2,5	1	1,75	S
10520	20	KERS	KERENROCK SINNAMARY aval	3	3	1	2	1	1	2	3	1	2	2	2	2	2	3	1	3	3	1	4	2	1	1	2	1	1	1	3		1,9	2	1,96	S	
10521	3	MPVS	MARIPASOULA aval village(9678-81)	1	2	3	1	3	3	2	1	1	1	1	1	3	4	3	2	4	4	1	2	1	3	1	2	1	1	1	2		2,0	2	1,98	S	
10526	29	KARS	KAROUABO (VH)	4	3	2	4	1	1	3	2	1	3	3	3	1		1	1	3	2	1	1	1	2	1	1					3	2,0	3	2,48	S	
10529	10	PINS	PETIT ININI(9661+63)	1	4	4	2	4	4	4	2	1	4	4	3	1	3	2	2	4	4	1	1	1	2	1	4	1	1	1	2		2,4	4	3,21	S	
10530	8	SSOS	SAUT SONELLE(9651-52 9654-55)	1	4	4	2	2	3	4	3	1	4	4	3	1	4	4	3	2	3	1	1	1	2	1	4	2	2	1	2		2,5	4	3,23	S	
10531																																					

ANNEXE 4

Diatomées de Guyane française : guide d'identification des principales espèces.

Michel COSTE

Diatomées de Guyane française : Guide d'identification des principales espèces

Michel COSTE

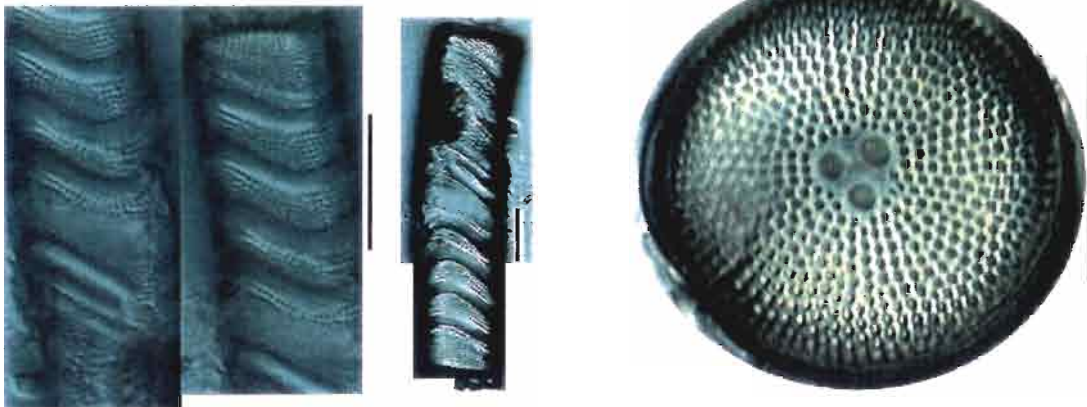
Département Gestion des Milieux Aquatiques
Unité de Recherche Qualité des Eaux
50, avenue de Verdun
33612 CESTAS Cedex
Tel. 05 57 89 08 00 - Fax 05 57 89 08 01

Décembre 2000

Diatomées Centriques de Guyane

(Valves à symétrie radiaire, discoides ou cylindriques)

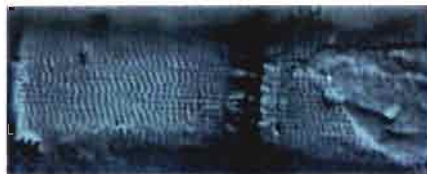
Trait d'échelle = 10 µm



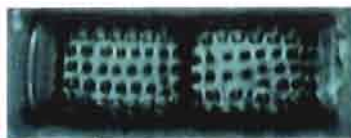
Orthoseira roeseana OROE (vues connectives et valvaire)



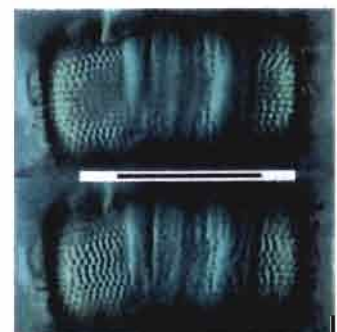
Aulacoseira sp. ou
Rhizosolenia sp.?



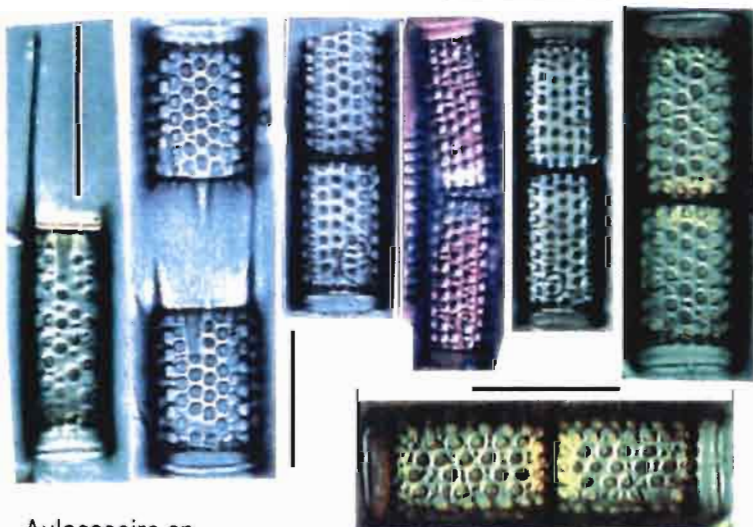
Aulacoseira sp 1. (AULS)



AUGR

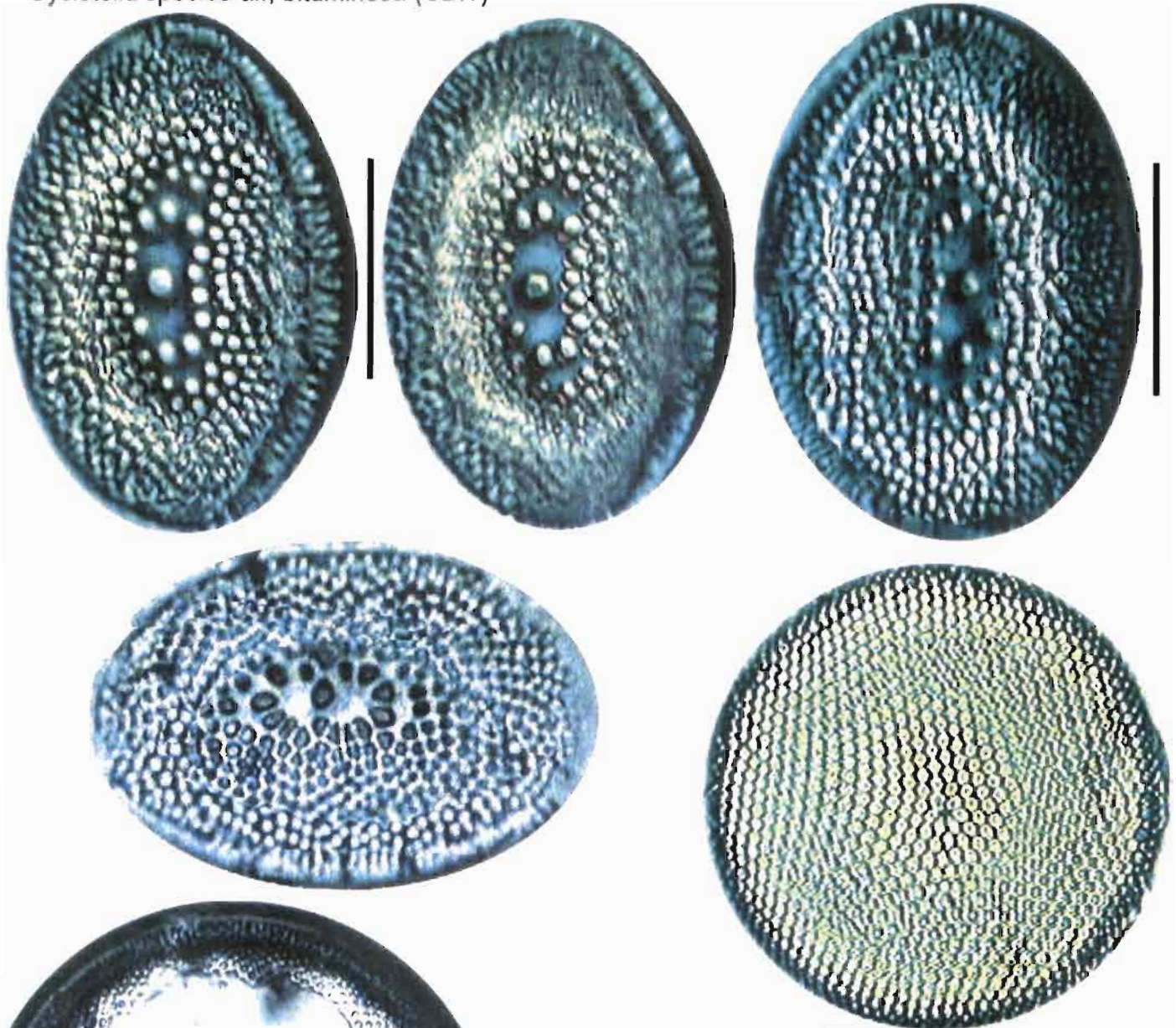


Aulacoseira sp 2.aff. valida (AUVA)



Aulacoseira sp.
affine granulata (AUGR)

Cyclotella species aff; bituminosa (CBIT)



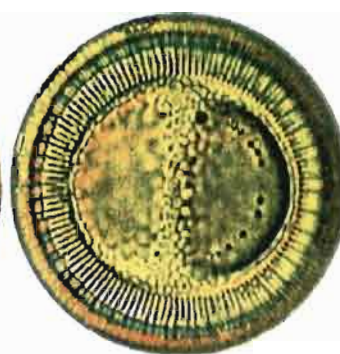
Actinocyclus normanii (ANMN)



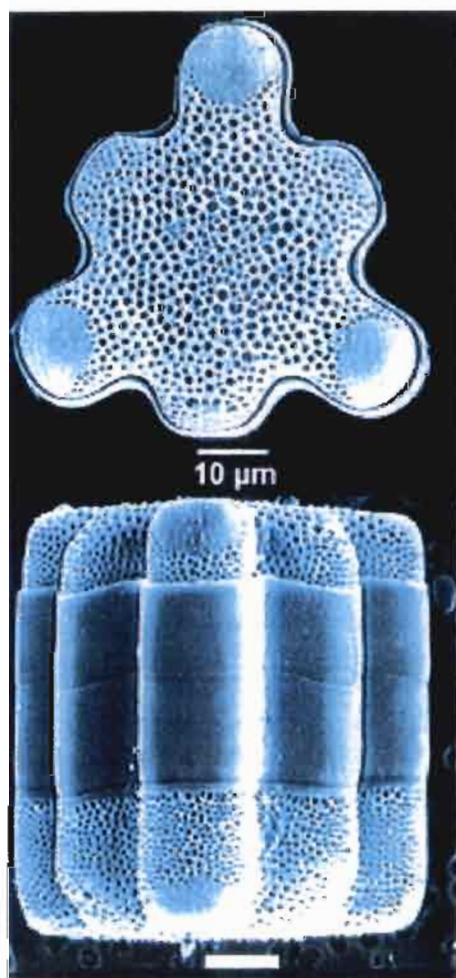
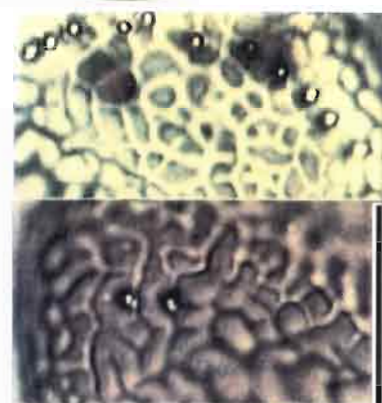
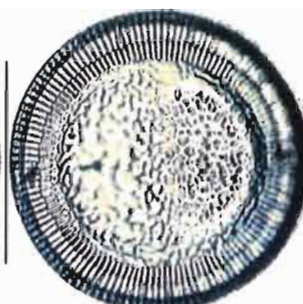
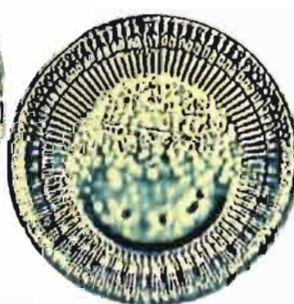
Coscinodiscus oculo-iridis (COIR)



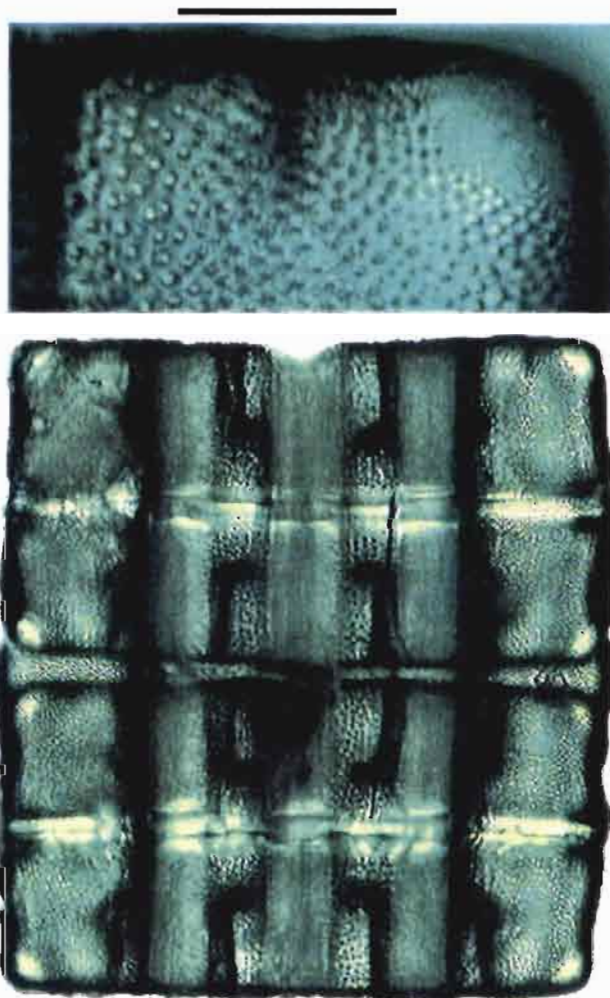
Cyclotella ocellata
COCE



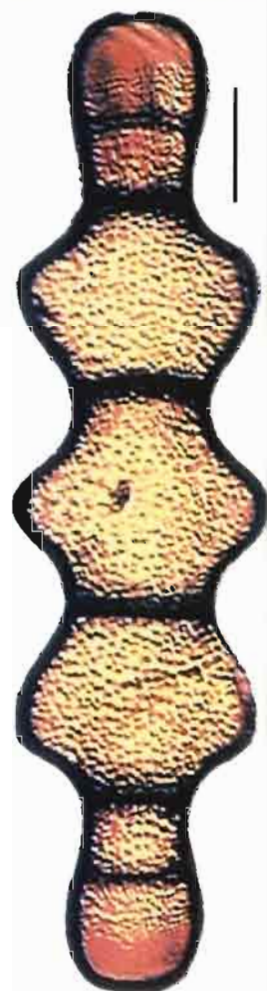
Cyclotella striata
CSTR

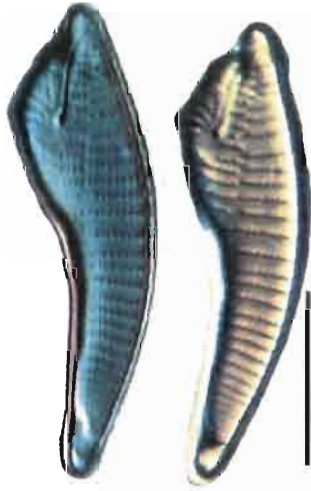
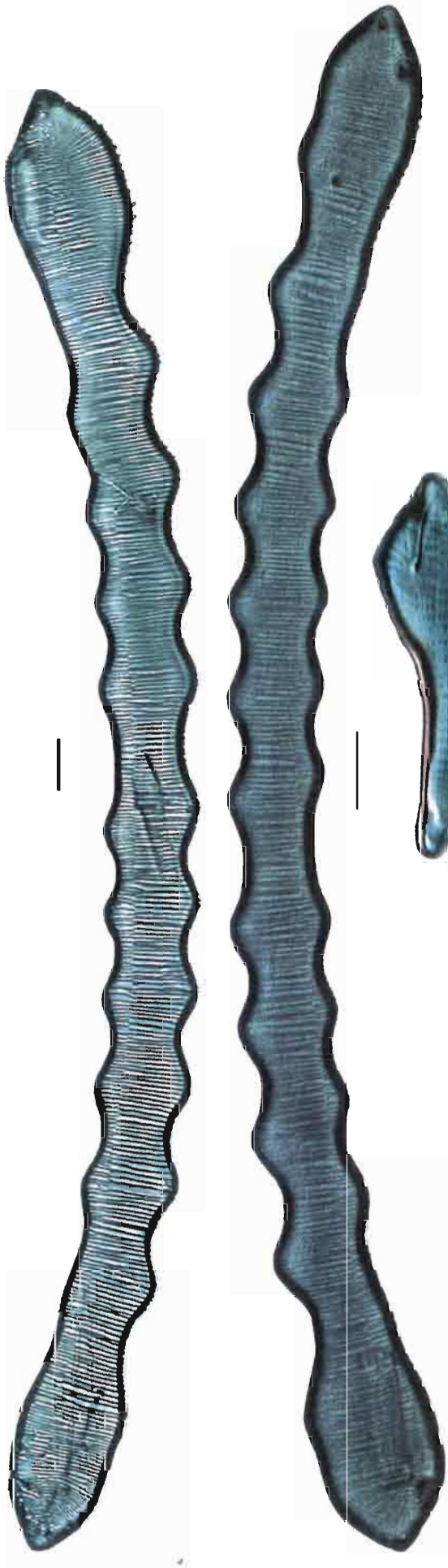


Hydrosera triquetra HTRQ

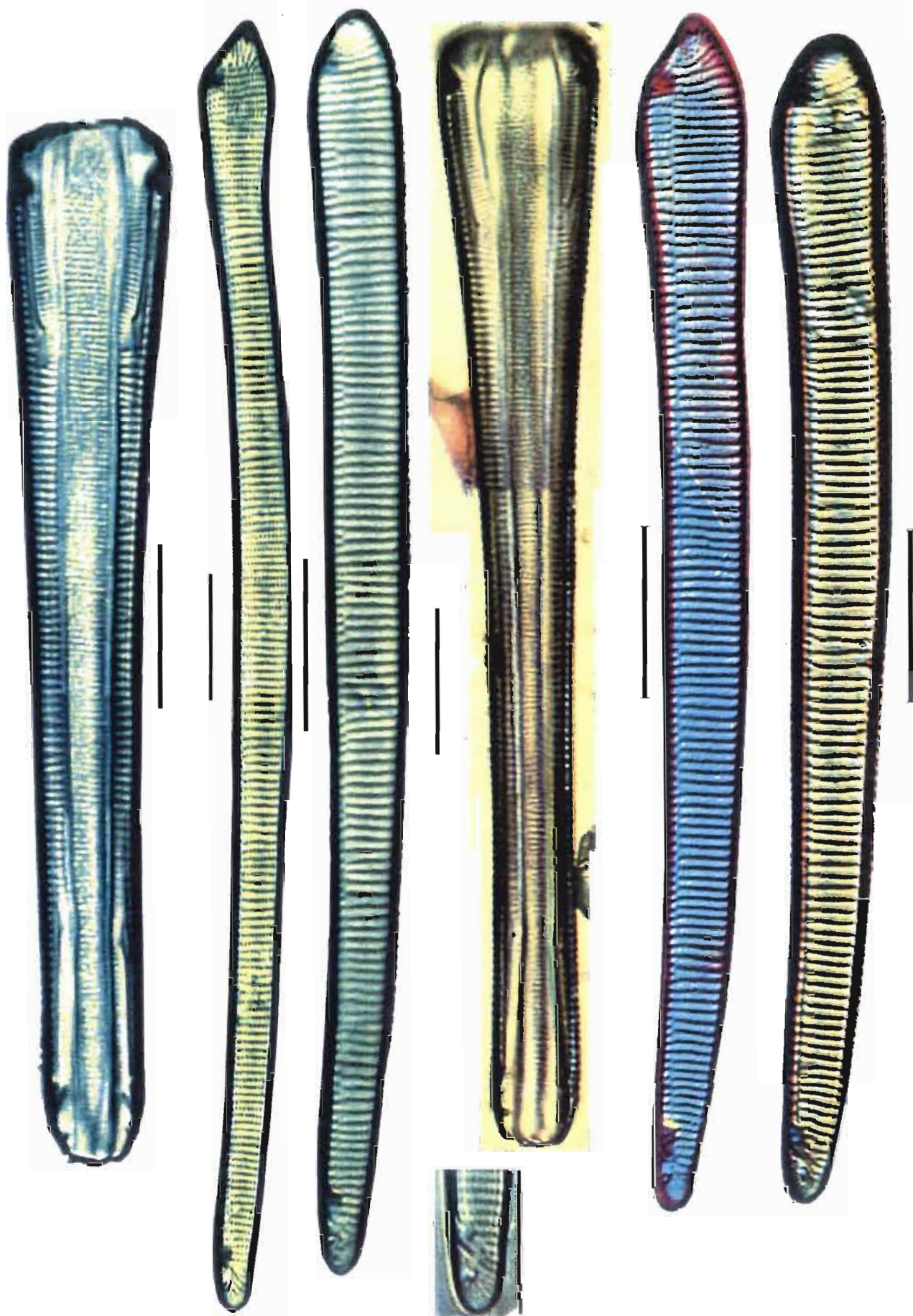


Terpsinoe musica TMUS vues connectives et valvaire





Brachyraphidées (raphé réduit) genre *Actinella*

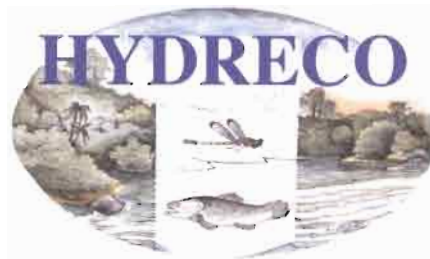




ANNEXE 5

Essai d'élaboration d'un indice biotique de la qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les invertébrés.

Véronique HOREAU et Philippe CERDAN



BUREAU D'ETUDES

Laboratoire de Recherche en Environnement

Convention
“Qualité des Eaux des Rivières de Guyane”
“

**Essai d'élaboration d'un indice biotique de la
qualité des milieux aquatiques continentaux
de Guyane basé sur les invertébrés.**

Véronique HOREAU
Philippe CERDAN

Décembre 2000

Laboratoire Environnement - BP823 - 97 388 KOUROU Cedex
Tél : 0 594 32 40 79 - Fax : 0 594 32 21 29 - hydreco-labops@wanadoo.fr
SIEGE SOCIAL - HYDRECO - 24 rue Calypso - 34 080 Montpellier
Tél & Fax : 04 67 52 06 04 - hydrecovaquer@wanadoo.fr

1. INTRODUCTION

1.1. BUT DE L'ETUDE

La présente étude financée par la DIREN s'inscrit dans le cadre d'une collaboration CEMAGREF/CESAC/Hydreco/Institut Pasteur/IRD qui rassemble des données physiques, physico-chimiques et biologiques (Diatomées, Invertébrés aquatiques et Poissons) sur 4 grands bassins hydrographiques guyanais (Maroni, Sinnamary, Comté et Oyapock) et 2 petits (Malmanoury et Karouabo).

Le but recherché est de désigner les meilleurs descripteurs de la qualité de l'eau pour suivre «l'état de santé» des cours d'eau par comparaison à un référentiel non ou peu perturbé.

Dans un premier temps, 18 stations ont été prospectées lors de deux campagnes de prélèvements sur les années 1998 et 1999. Les activités anthropiques visées sont essentiellement : minières (déforestation, déchets, mercure), agricoles (déforestation et rejets d'agrototoxiques) et domestiques.

Malgré le nombre restreint de stations et de relevés, une première approche pour caractériser les milieux est envisageable. Ce volet «Invertébrés» résulte d'une collaboration étroite entre le Laboratoire Hydreco et le Centre d'Ecologie des Systèmes Aquatiques Continentaux (Toulouse).

1.2. PROBLEMATIQUE

L'utilisation des macroinvertébrés comme bioindicateurs de la qualité des eaux courantes présente des avantages majeurs. En effet, l'immense biodiversité systématique des macroinvertébrés entraîne la colonisation d'une grande variété d'habitats et de microhabitats, parfois très spécialisés, depuis les sources jusqu'aux embouchures des cours d'eau. Une telle biodiversité écologique fait de ce compartiment du vivant un matériel particulièrement performant pour appréhender des réponses biologiques aux changements de l'environnement. En particulier, les différents modes de respiration rencontrés (tégumentaire, branchial, trachéobranchial, trachéen, par plastron respiratoire, par siphon) se traduisent par des réponses très différentes à l'impact des tensioactifs, de l'augmentation des matières en suspension ou encore de l'abaissement de la concentration en oxygène dissous (pollutions organiques).

D'autre part, les macroinvertébrés occupent plusieurs niveaux trophiques (biodiversité fonctionnelle), ce qui rend cet ensemble très favorable pour l'étude du devenir des micropolluants dans les tissus animaux. Certains invertébrés peuvent même rendre compte d'un type d'impact particulier (par exemple les organismes filtreurs dont la dynamique de populations est tributaire de la charge en matière organique particulière).

La mobilité réduite des invertébrés, par rapport aux Poissons, les expose davantage aux influences humaines. En outre, certains ordres ou familles constituent un matériel de choix pour l'étude de l'accumulation de micropolluants à partir de l'eau ambiante aussi, et non pas exclusivement à partir de la nourriture.

Enfin, les macroinvertébrés possèdent un cycle de vie de l'ordre d'un ou de quelques mois en milieu tropical, donc beaucoup plus court que celui des Poissons et au contraire nettement plus long que celui des Diatomées : ils intègrent donc le facteur temps de façon très complémentaire de ces deux catégories d'organismes dans les études globales.

Toutes ces raisons font que les macroinvertébrés sont très largement utilisés pour l'évaluation de la qualité des eaux en Europe, aux Etats-Unis etc. et de plus en plus dans de nombreux pays en voie de développement.

1.3. PROBLEMES INHERENTS A LA GUYANE

Les problèmes de fond inhérents à l'élaboration d'un indice biotique sont nombreux puisque jusqu'ici, trente années n'ont pas été suffisantes pour qu'un indice biotique existant s'impose réellement en Europe. La famille des IBG, par exemple, n'est utilisée qu'en métropole, à l'exclusion même de ses pays limitrophes.

Ces problèmes sont accentués en Guyane par l'état actuel des connaissances sur les communautés d'invertébrés des cours d'eau guyanais qui accuse un fort retard sur les Poissons et même sur les Diatomées. Concernant ces deux derniers groupes biologiques majeurs, il existe déjà des inventaires, exhaustifs ou au moins partiels. Ce travail présente un tout premier inventaire des macroinvertébrés, hormis celui, très incomplet, effectué sur le fleuve Sinnamary (Horeau, 1995).

Dans un premier temps, nous proposons un premier inventaire qui est nécessairement incomplet, au vu du temps imparti, mais il faut garder présent à l'esprit que les taxons les plus fréquents et les plus abondants -donc les plus utilisables a priori en biomonitoring- y figurent ipso facto les premiers.

Pour être utilisable par des techniciens de la qualité de l'eau, cet inventaire est assorti de clés illustrées. Celles-ci pourront à l'avenir être présentées sous forme d'un fascicule-fichier, qui pourra être complété progressivement, au fur et à mesure du progrès des connaissances systématiques.

De façon idéale, les organismes indicateurs présentent des tolérances environnementales étroites et spécifiques. Ainsi le taxon espèce est-il supérieur en ce sens au taxon genre, lui-même bien préférable au taxon famille, très hétérogène. Nous proposons une clé au genre chaque fois que cela est possible (Ephéméroptères, Hétéroptères et Trichoptères), de préférence à la famille, la sous-famille ou la tribu. Le genre constitue en effet une unité systématique et écologique beaucoup plus restreinte que la famille, et beaucoup plus fine aussi, c'est à dire plus utilisable au double plan de l'écologie et de la réponse à une perturbation anthropique donnée. D'autre part, le nombre d'unités systématiques est plus élevé qu'en se limitant au taxon famille, améliorant ainsi les performances et la crédibilité de l'indice.

Ensuite, l'élaboration d'un indice de qualité des eaux doit faire intervenir, pour tout ou partie des taxons, la notion de polluosensibilité. C'est sans doute sur cet aspect que le manque de recul, par suite de la connaissance très incomplète de l'écologie des taxons, se fait sentir. Avec un délai de deux ans seulement, il a été nécessaire d'extrapoler par des comparaisons

avec l'expérience acquise et les résultats obtenus par d'autres pays du continent néarctique où la faune d'invertébrés est bien mieux connue.

Nous testons en parallèle plusieurs méthodes bien différentes, parmi les principales utilisées actuellement en Europe et aux Etats-Unis. Nous calculons notamment l'indice de diversité de Shannon (1948) ainsi que celui de McIntosh (1966). Nous développons également un indice inspiré d'une méthode récemment proposée en Italie basé sur les Ephéméroptères (Buffagni, 1997). Néanmoins, sur une période aussi brève, ces indices ne sont qu'une étape provisoire, perfectible ultérieurement avec les progrès de la systématique d'une part et de la connaissance des valences écologiques et de la polluosensibilité du matériel récolté d'autre part.

Au-delà du but recherché, appliqué, il faut souligner l'intérêt de cette étude au plan fondamental. Toutefois, une telle approche en peu de temps doit être abordée avec une grande modestie.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. CHOIX ET PRESENTATION DES STATIONS

17 stations d'échantillonnage, communes aux diverses études, ont été retenues. Leur choix repose sur divers critères : les connaissances acquises (certaines font ou ont déjà fait l'objet de diverses études physiques et biologiques), le suivi hydrologique actuel, l'absence d'anthropisation ou au contraire la manifestation d'une perturbation bien identifiée, la représentativité hydrographique du site et aussi les facilités d'accès aux stations.

La répartition des stations (carte) et la justification sommaire de leur choix est la suivante :

1 – Le bassin du Maroni :

- ☐ une station sur le Tampok, affluent du Maroni en amont de Dégrad Roche, actuellement peu touchée par l'activité d'orpaillage*,
- ☐ une station sur le Petit Inini, siège d'une intense activité d'orpaillage,
- ☐ une station sur le grand Inini, peu affectée par l'orpaillage,
- ☐ une station en amont de Maripasoula, exempte de pollution urbaine*,
- ☐ une station en aval de Maripasoula, polluée par les rejets d'eaux usées,
- ☐ une station dans le cours aval du Maroni, à Langa Tabiki (en amont d'un important site d'orpaillage Surinamais), pour évaluer la capacité d'atténuation de l'impact de la charge organique d'origine domestique du cours d'eau*.

2 – Le bassin du Sinnamary

- ☐ une station à l'amont du lac de Petit Saut sur la branche Sinnamary : Takari-Tanté, cours d'eau actuellement exempt d'orpaillage*,
- ☐ une station à l'amont du lac de Petit Saut sur la branche Courcibo : Lucifer, cours d'eau soumis à un orpaillage intensif*,
- ☐ une station à une vingtaine de km située à l'aval du barrage de Petit Saut : Kerenroch, hydrologiquement régulée par l'usine hydro-électrique*.

3 – Bassin de la Comté

- ☐ une station à l'amont de Cacao non touchée par les rejets issus de l'activité agricole
- ☐ une station à l'aval de Cacao perturbée par les rejets issus de l'activité agricole

4– La Malmanoury et le Karouabo

- ☐ une station dans la partie aval de la Malmanoury
- ☐ une station dans la partie aval de la Karouabo

Ces deux stations, situées dans la zone d'influence des nuisances des lancements d'Ariane V, permettront d'évaluer l'impact de ces dernières sur le milieu aquatique.

5 – Bassin de l'Oyapok

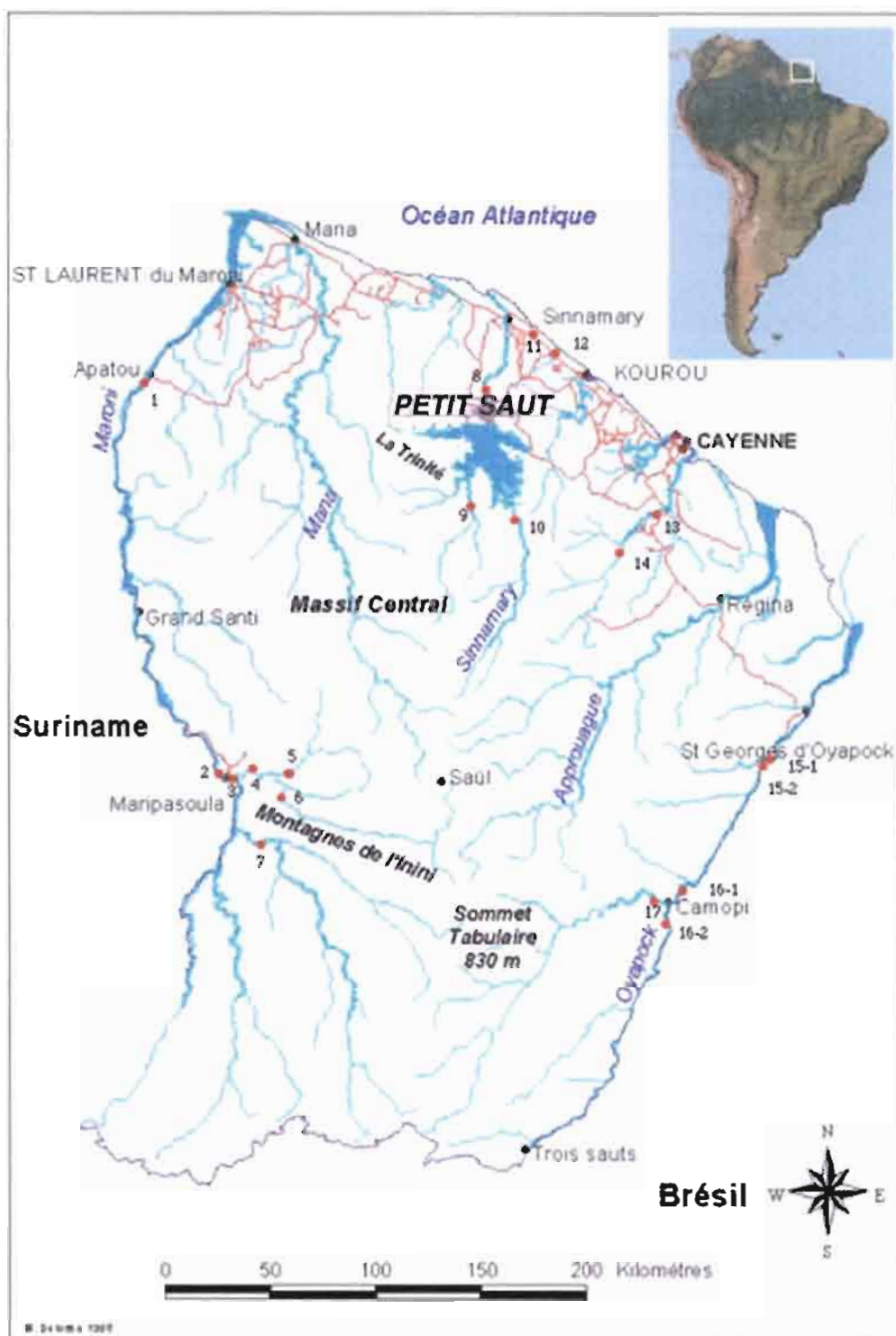
- ☐ une station en amont de Camopi, sur une portion non perturbée*,
- ☐ une station en aval de Camopi, ces deux dernières étant regroupées sur la carte,
- ☐ une station sur la rivière Camopi,
- ☐ une station en aval de Saut Maripa, affectée par l'orpaillage*

□ une station en amont de Saut Maripa, affectée par l'orpaillage*, ces deux dernières étant regroupées sur la carte.

(données hydrologiques disponibles aux niveau de la station ou à proximité)*

En bref, les bassins de l'Oyapok et du Maroni ont été retenus en raison de leur importance hydrographique et aussi de leur éloignement géographique qui pourrait éventuellement faciliter la mise en évidence une zonation écologique à l'intérieur de la Guyane.

Le choix du bassin du Sinnamary, est justifié par la somme d'informations que l'on tire de son évolution écologique à la suite de la construction du barrage de Petit Saut. Les observations sur la Malmanoury et la Karouabo rendront compte de l'influence spatiale de l'activité aérospatiale et celles sur la Comté de l'activité agricole.



1- LangaTabiki
 2- Maripasoula aval
 3- Maripasoula amont
 4- Saut Sonnelle
 5- Petit Inini
 6- Grand Inini
 7- Tampock

8- Kerenroch
 9- Saut Lucifer
 10- Saut Takari Tanté
 11- Malmanoury
 12- Karouabo
 13- Loiseau
 14- Lysis

15-1- Saut Maripa
 15-2- Saut Maripa amont
 16-1- Oyapock amont (aval Camopi)
 16-2- Oyapock amont (amont Camopi)
 17- Rivière Camopi

2.2.CALENDRIER

Les contraintes budgétaires et de temps nous ont obligé à effectuer une reconnaissance minimale de la variation saisonnière du milieu, de sorte que l'ensemble des stations a été visité deux fois au cours d'époques marquées par des situations hydroclimatiques opposées (tableau 1) :

- 1 – en fin de période des pluies, juin-juillet,
- 2 – en fin de saison sèche, octobre-novembre.

Les différentes équipes se sont associées pour réaliser des campagnes communes de terrains de sorte à pouvoir ultérieurement croiser sans difficulté les différents résultats physiques, chimiques et biologiques et aussi réduire les coûts de terrain.

Les missions ont été réalisées en même temps que celles effectuées pour la mise en place de l'indice " Poissons " excepté pour trois sites : Sinnamary, Malmanoury et Karouabo.

Tableau 1 : Calendrier des missions de prospection des différentes stations

Sites	Dates	
	Saison sèche	Saison des pluies
Comté	Du 19/10/98 au 23/10/98	Du 30/06/99 au 02/07/99
Oyapock amont & aval : Camopi et Maripa	Du 02/11/98 au 06/11/98	Du 25/05/99 au 29/05/99
Sinnamary amont : Takari Tanté	Du 23/11/98 au 24/11/99	Du 28/07/99 au 29/07/99
Sinnamary amont : Courcibo Lucifer	Du 25/11/98 au 26/11/99	Du 12/07/99 au 13/07/99
Sinnamary aval : Kerenroch	Du 17/12/98 au 18/12/98	Du 07/07/99 au 08/07/99
Maroni amont : Maripasoula et Inini	Du 12/01/99 au 20/01/99	Du 08/06/99 au 17/06/99
Maroni aval : Langa Tabiki	Du 26/10/99 au 28/10/99	Du 02/06/99 au 04/06/99
Malmanoury	Le 23/11/99	Le 20/07/99
Karouabo	Le 15/12/99	Le 22/07/99

Le calendrier établi dans le dossier technique a été perturbé et certaines missions ont dû être déplacées.

Par exemple, la mission de juin 1998, initialement prévue sur le fleuve Sinnamary, pour mettre au point les diverses techniques d'échantillonnage, n'a pu être réalisée qu'en octobre 1998 sur la Comté.

Pour des raisons climatiques (pluies abondantes), certains sites n'ont pas pu être échantillonnés lors de la saison sèche de 1998 : l'aval du Maroni (Langa Tabiki), la Malmanoury et la Karouabo. Les deux premières stations ont été respectivement échantillonnées en octobre et novembre 1999.

Après une mission commune sur la Comté en Octobre 1998 qui a permis d'assurer une bonne coordination des deux équipes, le reste de l'échantillonnage a été confié au personnel d'Hydréco.

2.3.RECOLTE DU MATERIEL BIOLOGIQUE

Différentes techniques de prélèvement ont été utilisées. Malheureusement, la mise en place de substrats artificiels sur le fond n'a pu être utilisée dans la mesure où ces substrats nécessitent un retour sur la station d'échantillonnage trois semaines à un mois après leur installation. Doubler les déplacements était impossible au vu de l'enveloppe accordée.

La récolte des invertébrés aquatiques en Guyane pose de nombreux problèmes, en terme d'efficacité, pour autoriser des comparaisons «milieu impacté-milieu de référence» dans des conditions satisfaisantes. Le principal instrument, d'usage généralisé, le filet Surber posé sur le fond face au courant, est inutilisable au-delà d'une profondeur d'environ 70-80 cm, et par courant très faible. D'autre part, en raison de la présence de débris végétaux sur le fond, le fonctionnement (fermeture complète pour l'étanchéité) d'une benne de type Eckman est le plus souvent compromis.

Plusieurs méthodes en parallèle ont donc été utilisées :

Le prélèvement direct à vue peut être effectué notamment lorsqu'il y a présence de blocs suffisamment petits pour être soulevés. La faune qui a trouvé refuge sous ces blocs est alors visible et peut être collectée à l'aide d'un pinceau ou d'une paire de pinces souples et directement placée dans des piluliers contenant de l'alcool à 70%. Pour comparer les effectifs de ce type d'échantillon, il est nécessaire de noter le temps de prélèvement.

Le filet de Surber (Annexe 1) permet de collecter la faune présente sur une surface définie. L'intérieur du cadre délimitant la surface à considérer est soigneusement nettoyé à l'aide d'un couteau ou d'une petite brosse. Les effectifs peuvent ainsi être ramenés au mètre carré. Les invertébrés entraînés dans un filet placé dans le sens du courant sont ensuite recueillis et conservés dans des piluliers contenant de l'alcool à 70%. Comme nous l'avons déjà signalé, ce type de prélèvements n'est pas toujours réalisable dans les cours d'eau guyanais.

Le filet à manche (Annexe 1) permet de collecter directement des organismes visibles dans ou à la surface de l'eau. Néanmoins, le plus souvent les invertébrés se cachent et des mouvements en forme de huit sont exercés avec ce type de filet dans la végétation aquatique, dans la végétation ripicole ennoyée, dans des amas de feuilles déposés au fond des cours d'eau ou bloqués entre des blocs ou des branchages, ainsi que dans des amas radiculaires immergés (milieux refuges). Ce type de prélèvement est réalisé durant un temps donné, soigneusement noté, dans le but de comparer les effectifs d'un prélèvement à un autre. La faune peut être extraite des nombreux débris végétaux sur place, si le temps le permet, et conservée dans des piluliers contenant de l'alcool à 70%. Dans le cas contraire, l'ensemble du matériel ainsi collecté est conservé dans du formol entre 5 et 10% puis trié au laboratoire sous loupe binoculaire.

La faune vivant sur (et dans) le substrat est collectée à l'aide d'une drague (Annexe 1) ou (et) d'une benne d'Eckman (Annexe 1). Le sable ou le sédiment ainsi collecté est rincé cinq fois et filtré sur une maille suffisamment fine pour retenir les macroinvertébrés. Ce matériel est conservé dans du formol titré entre 5 et 10% puis trié sous loupe binoculaire au laboratoire.

Les filets de dérive (Annexe 1) permettent de récolter passivement en surface, pendant un laps de temps donné (une heure par exemple), les exuvies nymphales de Chironomidae - qui constituent la phase du cycle de ces animaux la plus utilisable en biomonitoring. Cette approche complémentaire est facile à mettre en œuvre sur place, en particulier par courant faible. Toutefois, l'étude de ce matériel requiert, au moins pour dresser le premier inventaire-fichier illustré, l'intervention d'un spécialiste. F-X. Garcia, doctorant au CESAC et travaillant sur le même thème en France. Malheureusement, faute de moyen jusqu'à présent, ces prélèvements n'ont pu être exploiter.

Des nasses appâtées avec de la nourriture diverse (riz, poisson, ...) ont également été placées afin de collecter les macroinvertébrés décapodes (crabes et crevettes).

Les prélèvements de la faune aquatique sont complétés par la capture d'imagos (essentiellement éphéméroptères, mais aussi trichoptères et plécoptères) par le biais de piégeage lumineux. Une ampoule à vapeur de mercure de 125W est allumée devant un drap blanc suspendu, verticalement, parallèle au cours d'eau, de la tombée de la nuit (entre 18h30 et 19h00) jusqu'à 21h00. Un second drap est placé horizontalement, sur le sol, afin de recueillir le matériel qui tend à se laisser tomber. La source lumineuse est parfois remplacée par une lampe UV, moins attractive pour la faune mais qui présente l'avantage d'être alimentée par de simples piles. Ce dispositif a notamment été utilisé lorsque le groupe électrogène nécessaire au fonctionnement de l'ampoule 125W présentait des défaillances. Lors de la première campagne, ce dispositif n'a été utilisé qu'une fois sur l'Oyapock amont (Tableau 4). Le matériel recueilli à l'aide de pinces et de pinceaux est placé dans des tubes de 7 ml contenant de l'alcool à 70%. Les tubes, bouchés à l'aide de coton hydrophile afin de supprimer toutes les bulles d'air, sont placés dans des flacons contenant eux même de l'alcool à 70% pour assurer les meilleures conditions de transport nécessaires à la bonne conservation de ces organismes très fragiles.

Des imagos peuvent également être collectés dans la journée à l'aide d'un filet à papillons. C'est notamment le cas des odonates.

Le tableau 2 présente des différents types de prélèvements réalisés sur les différentes stations lors des deux campagnes d'échantillonnage.

Le tri des prélèvements a été réalisé par le personnel d'Hydréco. La détermination du matériel a été effectuée en collaboration par les deux laboratoires. Les organismes de certains ordres identifiables au genre ont été confiés aux personnes du CESAC pour détermination et élaboration des différentes clés.

2.4. TRAITEMENT DES DONNEES

Pour accroître le plus possible la base de données devant permettre de dresser l'inventaire et d'évaluer la polluosensibilité des taxons, des résultats d'analyses correspondant à des stations prospectées en dehors de ce programme ont été intégrés à ces données.

L'interprétation des matrices et l'élaboration des indices ont été effectuées en collaboration entre Hydréco et le CESAC.

Tableau 2 : Prélèvements effectués dans les différentes stations pour l'étude des invertébrés aquatiques

Prélèvement				A vue										
Stations	Saison	Code Date	Surber	En surface ou sur support	Dans flaque	Sur blocs	Dans végétaux du bord	Dans herbiers	Dans feuilles ou débris végétaux	Sable	Dérive 200µ	Dérive 300µ	Nasses	Piégeage lumineux
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Comté														
Amont	Sèche	20/10/1998	+	+					+	+	+	+	+	+
	Pluie	30/06/1999	+	+					+	+	+	+	+	+
	Aval	Sèche	21/10/1998		+		+	+		+	+	+	+	+
		Pluie	01/07/1999					+		+	+	+	+	+
Oyapock														
Amont riv. Camopi	Sèche	03/11/1998	+			+				+	+	+	+	+
	Pluie	26/05/1999	+	+	+	+				+	+	+	+	+
Amont	Sèche	03/11/1998	+	+	+	+				+	+	+	+	+
	Pluie	27/05/1999						+		+	+	+	+	+
Aval	Sèche	05/11/1998	+		+	+				+	+	+	+	+
Aval-Saut Maripa	Pluie	28/05/1999	+	+		+		+		+	+	+	+	+
Sinnamary/Courcibo														
Sinnamary Amont Takari Tanté	Sèche	23/11/1998	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+
	Pluie	29/07/1999	+					+	+	+	+	+	+	+
Courcibo Amont Saut Lucifer	Sèche	25/11/1998		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
	Pluie	12/07/1999	+			+			+	+	+	+	+	+
Aval Kerenroch	Sèche	16/12/1998	+	+		+				+	+	+	+	+
	Pluie	07/07/1999	+						+	+	+	+	+	+
Maroni														
Amont Saut Sonnelle	Sèche	12/01/1999	+			+		+	+	+	+	+	+	+
	Pluie	08/06/1999	+				+	+		+	+	+	+	+
Amont Grand Innini	Sèche	14/01/1999	+	+		+			+	+	+	+	+	+
	Pluie	10/06/1999	+				+	+	+	+	+	+	+	+
Amont Petit Innini	Sèche	15/01/1999				+			+	+	+	+	+	+
	Pluie	11/06/1999	+			+	+		+	+	+	+	+	+
Amont Tampock	Sèche	16/01/1999	+		+	+			+	+	+	+	+	+
	Pluie	12/06/1999					+	+	+	+	+	+	+	+
Amont Maripasoula Amont	Sèche	18/01/1999	+		+	+	+			+	+	+	+	+
	Pluie	13/06/1999	+			+	+		+	+	+	+	+	+
Amont Maripasoula aval	Sèche	20/01/1999	+			+				+	+	+	+	+
	Pluie	15/06/1999	+				+	+	+	+	+	+	+	+
Aval Langatabiki	Pluie	03/06/1999		+		+			+	+	+	+	+	+
	Sèche	26/10/1999	+		+	+			+	+	+	+	+	+
Malmanoury	Pluie	20/07/1999		+			+		+	+	+	+	+	+
	Sèche	23/11/1999		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Karouabo	Pluie	22/07/1999		+			+		+	+	+	+	+	+
	Sèche	15/12/1999		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+

3. RESULTATS

Les résultats sont disponibles dans une matrice informatisée dans laquelle sont détaillés les différents taxons collectés par échantillon dans les différentes stations. Une matrice «simplifiée» dont l'unité taxonomique est au plus la famille présente le matériel collecté dans les différentes stations lors des deux saisons (Annexe 2). Des clés de détermination de quelques groupes comme celui des éphéméroptères, des trichoptères, des hétéroptères et des coléoptères sont également présentées (deuxième partie : rapport CESAC).

3.1. INVERTEBRES COLLECTES SELON LES DIFFERENTS TYPES DE PRELEVEMENTS EFFECTUES

3.1.1. Invertébrés aquatiques

Comme nous le précisons dans la méthodologie, plusieurs types de prélèvements ont été réalisés pour :

- d'une part collecter un matériel le plus diversifié possible afin d'établir au mieux les inventaires,
- et d'autre part pour se donner la possibilité de choisir par la suite certains types d'échantillonnage plus «standardisés».

Le tableau 3 résume la part des invertébrés et des insectes collectés selon les différents types de prélèvements effectués.

Tableau 3 : Faune aquatique collectée selon les différents types de prélèvements (en nombre d'individus).

Type de prélèvement	% invertébrés collectés	% insectes collectés
A Surber	11	11
B En surface ou sur support	7	7
D Sur blocs	10	10
E Dans végétaux du bord	6	6
F Dans herbiers	9	9
G Dans feuilles ou débris végétaux	18	18
H Sable	25	24
I Dérive 200µ	3	4
J Dérive 300µ	3	4
K Nasses	0	0
L Piégeage lumineux	1	1
Total	86	85

Le type de prélèvement C «A vue dans flaques » a été retiré dans ce tableau ainsi que dans la suite des traitements car la faune ainsi collectée n'est pas liée aux eaux courantes. Il s'agit d'une faune spécifique de milieux stagnants plus ou moins temporaires comme des petites vasques dans des barres rocheuses qui se trouvent en eaux soit à la suite d'une montée des eaux soit à la suite de précipitations. Les organismes ainsi collectés sont la plupart du temps des larves de moustiques, des petits hétéroptères ou encore des larves d'odonates.

Dans le tableau 3, la somme des pourcentages n'est pas égale à 100% car ont été retirés les organismes collectés lors de l'échantillonnage regroupant plusieurs types de prélèvements comme « A vue sur blocs et dans herbiers ».

Ce tableau montre une dispersion des effectifs sur la plupart des types de prélèvements utilisés. Effectivement, excepté la faune recueillie par le biais des dérives (mis en œuvre pour l'étude des exuvies de Chironomidae), des nasses qui ne comptent que du gros matériel tel que crabes et crevettes et les piégeages lumineux qui peuvent attirer quelques imagos de faune aquatique tels que des coléoptères et des hétéroptères, les différents types de prélèvements semblent nécessaires à la capture des invertébrés aquatiques.

3.1.2. Invertébrés aériens

Le piégeage lumineux est destiné à récolter des imagos d'organismes dont le stade larvaire est aquatique et le stade adulte est aérien. On collecte ainsi des Trichoptères, des Plécoptères, des Mégaloptères mais essentiellement des Ephéméroptères pour lesquels le tableau 4 a été dressé.

Cette technique de prélèvement, très simple à mettre en œuvre et très rapide (environ 2h30 de collecte), permet de collecter un matériel important sur lequel un indice très rudimentaire (indice de diversité de Shannon dont l'unité taxonomique est la famille) est proposé par la suite.

Tableau 4 : Répartition des familles d'éphéméroptères adultes

Station	Date	Prélèvements	Baetidae		Euthyplociidae		Leptohyphidae		Leptophlebiidae		Polymitarcyidae		Total
			N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Comté													
Comté Amont	20/10/98	P.L	1	3					13	42	17	55	311
Comté Aval	22/10/98	P.L											01
Oyapock													
Riv.Camopi	02/11/98	P.L.	105	11			127	13	117	12	596	63	945
Amont	03/11/98	P.L.U.V	12	3			37	10	7	2	324	85	380
Aval Ilot Sophia	4 et 6/11/98	P.L	3	13			3	13	3	13	14	61	23
Sinnamary													
Takari-Tanté	23/11/98	P.L.	310	12			332	12	1962	73	84	3	2688
Lucifer	25/11/98	P.L	4	1					219	71	87	28	310
Kerenrock	17/12/98	P.L	9	90	1	10							10
Maroni													
Saut Sonnelle	12/01/99	P.L	17	8			20	9	20	9	157	73	214
Grand Inini	13/01/99	P.L	227	24			88	9	76	8	546	58	937
Petit Inini	14/01/99	P.L	32	32			24	24	29	29	16	16	101
Tampock	16/01/99	P.L	2	0			179	20	25	3	688	77	894
Maripasoula Amont	18/01/99	P.L	1	0			1	0	10	2	406	97	418
Maripasoula Aval	19/01/99	P.L	7	1			26	4	49	7	594	88	676
Total			730	10	1	0	837	11	2530	33	3529	46	7596

! : données incomplètes

Il faut noter l'importance de la famille des Polymitarcyidae qui représentent 46% de la totalité des effectifs collectés. La famille des Leptophlebiidae est également très bien représentée avec 33% des effectifs. Les Baetidae (10%) et les Leptohyphidae (11%) ont des

effectifs similaires alors que la famille des Euthyplociidae n'est représentée que par un seul individu à Kerenrock.

3.2. REPARTITION DES INVERTEBRES BENTHIQUES POUR L'ENSEMBLE DES STATIONS PROSPECTEES LORS DES DEUX SAISONS

Les effectifs d'invertébrés collectés dans l'ensemble des stations sont détaillés par classes dans le tableau 5.

Tableau 5 : Effectifs des différentes classes d'invertébrés aquatiques collectés lors des deux campagnes.

	Saison des Pluies	Saison Sèche	Total
Nombre de prélèvement	188	192	380
Oligochètes	298	1451	1749
Sangsues	1	2	3
Décapodes	130	127	257
Mollusques	36	344	380
Hydracariens	30	93	123
Insectes	6431	7496	13927
Total	6926	9513	16439
% des effectifs totaux	42	58	

Pour un nombre comparable de prélèvements, les effectifs sont un peu plus importants en saison sèche qu'en saison des pluies (Figure 1). Lors de l'été, les biotopes sont plus facilement accessibles et permettent une meilleure prospection de la faune invertébrée aquatique.

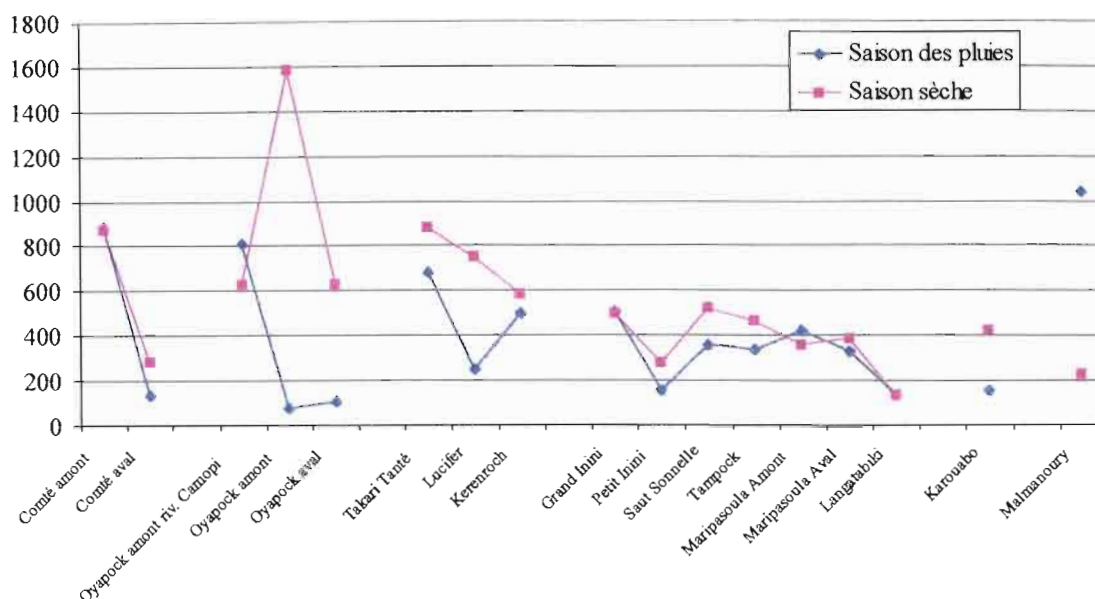


Figure 1 : Effectifs des individus collectés lors des deux campagnes.

De même, le nombre de taxon (unité taxonomique = famille) est généralement plus important en saison sèche qu'en saison des pluies excepté pour deux stations ; Maripasoula Amont et Langa Tabiki (Figure 2).

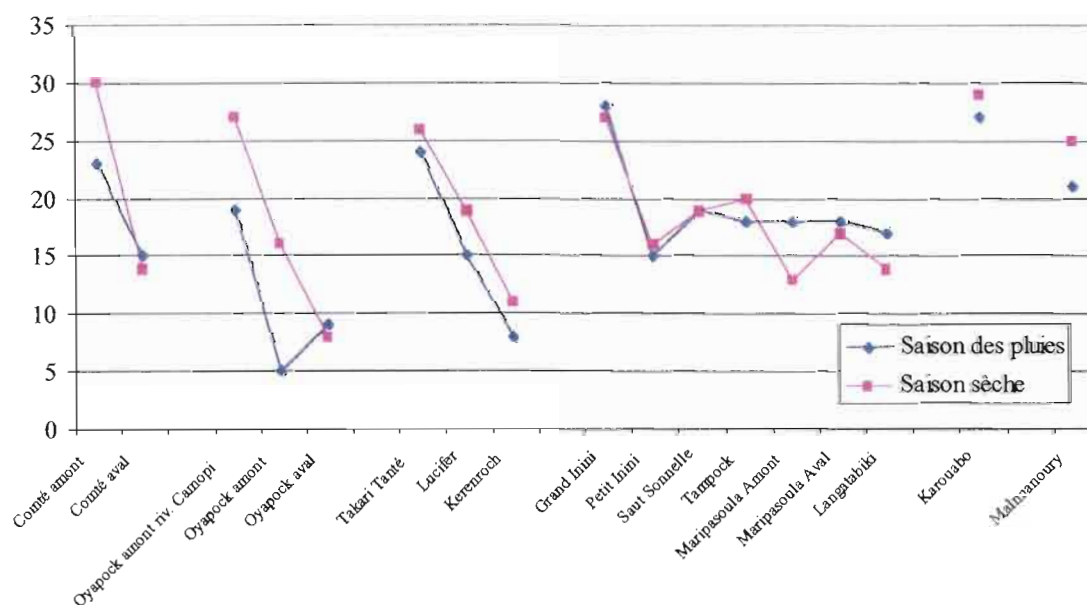


Figure 2 : Nombre de taxon collectés lors des deux campagnes

Il faut noter la part très importante de la classe des insectes dans ces prélèvements qui représentent 93% des effectifs en saison des pluies et 79% en saison sèche (Figure 3).

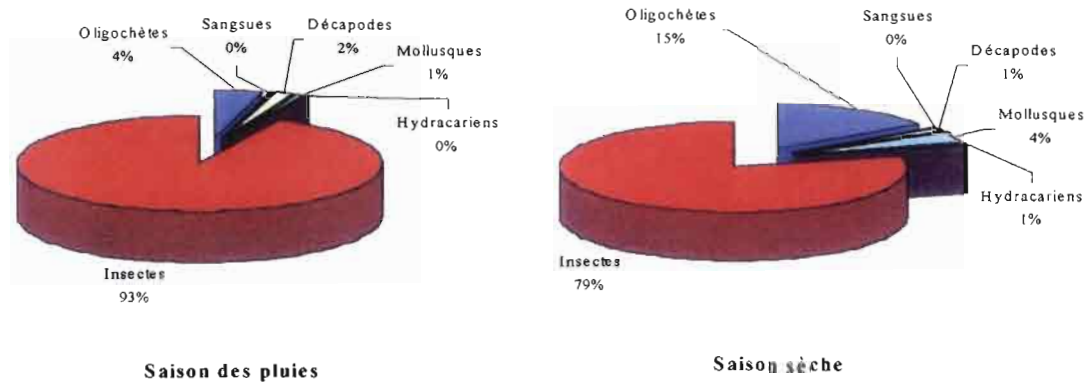


Figure 3 : Répartition des classes d'invertébrés benthiques selon les saisons

Les oligochètes sont mieux représentés en saison sèche (15% des effectifs) qu'en saison des pluies (4%). Les autres groupes restent négligeables.

La classe des insectes se divisent en plusieurs ordres dont le détail des effectifs est rassemblé dans le tableau 6.

Tableau 6 : Effectifs des différents ordres d'insectes aquatiques collectés lors des deux campagnes.

Ordres	Saison des Pluies	Saison Sèche	Total
Collembole	1	19	20
Ephémère	2777	2366	5143
Plécoptère	5	10	15
Mégaloptère	0	3	3
Odonate	89	118	207
Diptère	2721	3628	6349
Trichoptère	150	250	400
Lépidoptère	87	45	132
Hétéroptère	467	849	1316
Coléoptère	134	208	342
Total	6426	7486	13912
% des effectifs totaux	46	54	

L'ordre des diptères est le mieux représenté avec 43% des effectifs en saison des pluies et 48% en saison sèche (Figure 4). Néanmoins, cet ordre présente des difficultés taxonomiques telles qu'il est difficilement envisageable de déterminer les spécimens de cet ordre au-delà de la famille qui reste une unité taxonomique trop peu précise dans le cadre de l'élaboration d'un indice.

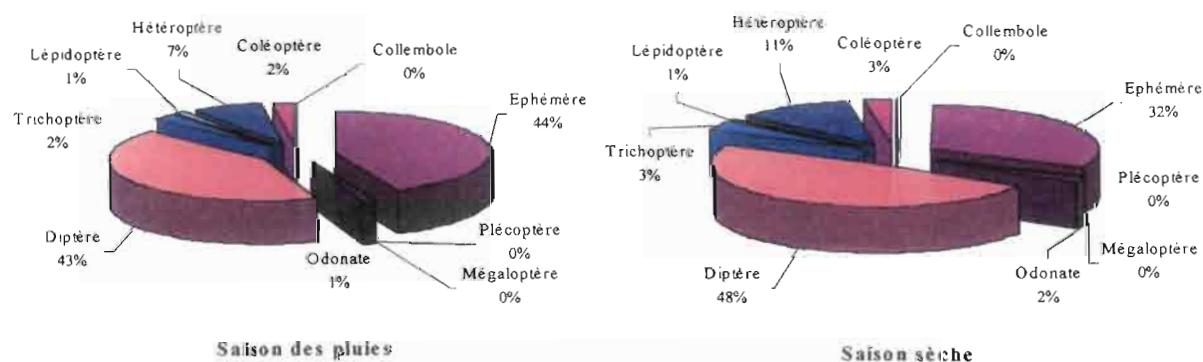


Figure 4 : Répartition des ordres d'insectes benthiques selon les saisons

L'ordre des Ephéméroptères est également très bien représenté avec 44% des effectifs d'insectes en saison des pluies et 32% en saison sèche. Cet ordre présente de nombreux avantages :

- Comme le montrent ces chiffres, il est très bien représenté dans les biotopes aquatiques guyanais où les larves colonisent un grand nombre d'habitats : roches en place, pierres, graviers, sables, sédiments fins, accumulations de feuilles, réseaux racinaires, bois flottés, ... Quantitativement, c'est l'ordre du benthos lotique le plus abondant sur fonds pierreux ; dans les sauts (Horeau, 1996).
- L'état d'avancement des recherches de Alain Thomas sur cet ordre est tel, qu'il n'est pas nécessaire de faire transiter le matériel récolté par un spécialiste susceptible de déterminer les spécimens. De plus, il semble relativement facile de les déterminer au niveau générique.
- Qualitativement, le nombre de genres connus en Guyane est actuellement de 34, soit autant que les Hétéroptères et les Coléoptères réunis (Depuy, 2000).
- Les Ephéméroptères sont considérés comme de bons indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes (Gaufin & Tarzewell 1952, Lenat 1988, 1993)

Tous ces avantages font qu'un premier indice biologique basé sur cet ordre et inspiré d'une méthode récemment proposée en Italie par Buffagni (1997) est développé dans cette présente étude (deuxième partie : rapport CESAC).

Au vu de ces deux ordres (Diptères et Ephéméroptères), les effectifs des autres ordres sont faibles voir très faibles, néanmoins, nous utilisons la globalité des peuplements pour calculer certains indices de diversité classiques.

3.3. ESTIMATION DE LA DIVERSITE DES INVERTEBRES BENTHIQUES PAR LE BIAIS D'INDICES DE DIVERSITE CLASSIQUES

La diversité spécifique peut se définir comme une mesure de la composition spécifique d'un écosystème, en terme de nombre d'espèces et de leur abondance relative (Agences de l'eau, 1993). Les indices de diversité permettent de comparer des peuplements de stations ou de groupes de stations entre elles. Les auteurs des différents indices existants se fondent sur le principe selon lequel, dans un milieu non perturbé, les communautés sont relativement diversifiées (richesse spécifique élevée et uniformité de distribution). Les stress qui surviennent (pollutions diverses, aménagement d'un cours d'eau, ...) ont en général pour conséquence la réduction de la diversité spécifique, les conditions de vie devenant difficiles pour certaines espèces (Agences de l'eau, 1993).

Parmi les nombreux indices de diversité existants, nous avons choisi les indices de Shannon (1948 et 1949), l'équitabilité et l'indice de McIntoch (1967).

3.3.1. Indice de Shannon (1948) et équitabilité

L'indice de diversité de Shannon (1948) est couramment utilisé en écologie aquatique en tant que paramètre synthétique de la structure des communautés pour évaluer les effets de la pollution sur les communautés biologiques (Agences de l'eau, 1993). Cet indice (H') est basé sur le nombre d'espèces et la régularité de leur distribution de fréquence.

Sa détermination $H' = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$ (où p_i représente l'abondance relative de l'espèce

i dans l'échantillon ($p_i = n_i/N$)) pour chaque station lors des deux campagnes, permet d'obtenir la quantité d'information apportée sur la structure du peuplement et sur la façon dont les individus y sont répartis entre les divers taxons reconnus (Figure 5).

À partir de cet indice, on détermine l'équitabilité (ou régularité) $E = \frac{H'}{H'_{\max}}$ qui est indépendante du nombre de taxons identifiés. L'équitabilité maximale est de 1 et celle minimale est calculée en affectant $(n-k+1)$ éléments à une catégorie et un seul élément aux autres catégories (où n = effectif total et k = nombre de taxon identifié (avec une unité taxonomique maximale au genre dans notre cas)) (Figure 6).

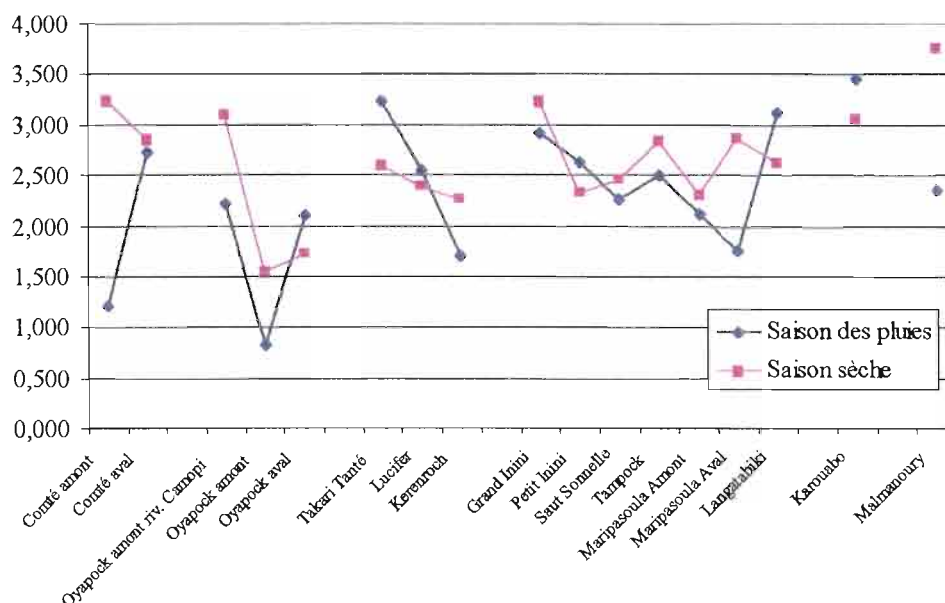


Figure 5 : Indice de Shannon (1949) calculé pour les différentes stations lors des deux campagnes.

Les meilleurs scores sont obtenus pour la Malmanoury en saison sèche et la Karouabo en saison des pluies. Ces deux sites se distinguent par leur caractère écotone, à savoir que le

milieu aquatique prélevé draine effectivement des criques d'eaux courantes mais leur proximité de la côte les soumet à des variations du niveau des eaux liées aux marées ainsi qu'à des inversions de courant (sans apport d'eau salée). En plus des organismes d'eaux courantes, ces biotopes peuvent accueillir des organismes plus ou moins spécifiques de milieux stagnants, c'est pourquoi leur indice est important. On note ce même phénomène pour des stations comme la Comté aval, l'Oyapock aval (en saison sèche lors de laquelle les prélèvements ont été réalisés en aval de Saut Maripa où l'influence de la marée est très importante), ou encore Langa Tabiki.

Sur le Maroni amont, cet indice place le Grand Inini devant toutes les autres stations, suivi du Tampock. Ces places semblent correctes dans la mesure où ces stations ont été choisies pour leur caractère moins anthropisé. A l'inverse, la note obtenue pour le Petit Inini, station la plus dégradée par les activités aurifères, ne semble pas suffisamment basse comparativement à celles des autres stations.

Cet indice basé sur des effectifs égaux des taxons entre eux est difficilement applicable dans ce contexte puisque sans impact humain, un milieu est habité par des espèces communes que l'on peut effectivement trouver dans des proportions comparables mais aussi par des espèces rares qui vont faire chuter la valeur de cet indice qui n'est donc pas approprié pour mettre en évidence les différentes nuisances causées à l'environnement.

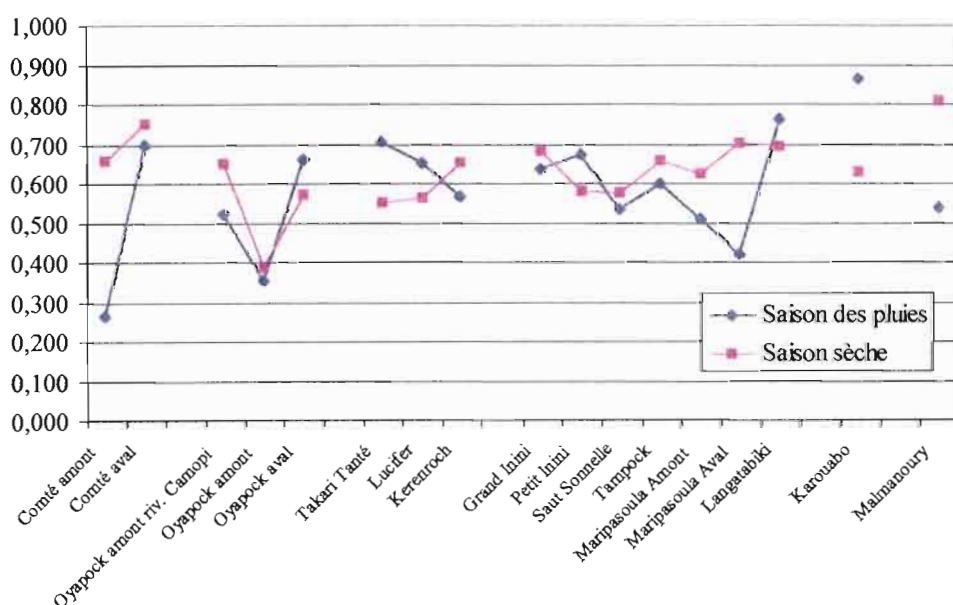


Figure 6 : Equitabilité calculée pour les différentes stations lors des deux campagnes.

L'équitabilité montre des variations similaires à celles de l'indice de Shannon (1949) et pour les mêmes raisons que celles évoquées ultérieurement pour cet indice de Shannon, l'équitabilité ne peut être utilisée pour évaluer une dégradation du milieu.

3.3.2. Indice de Shannon (1948) et indice de McIntoch (1967)

Au vu des non satisfactions obtenues avec ces deux indices de diversité, nous tentons d'évaluer la diversité des différentes stations par des indices dont le score est illimité. Il s'agit de l'indice de Shannon tel qu'il a été proposé à son origine en 1948 ; $I = N \log N - \sum_{i=1}^n n_i \log n_i$ (Clifford & Stephenson, 1975) et de l'indice de McIntoch (1967) assez similaire, mais basé sur les carrés des effectifs ; $Mc = \sqrt{\sum_{i=1}^S n_i^2}$ (où S est le nombre de taxon et n le nombre d'individus par taxon).

Les indices ainsi obtenus sont représentés dans les figures 7 et 8.

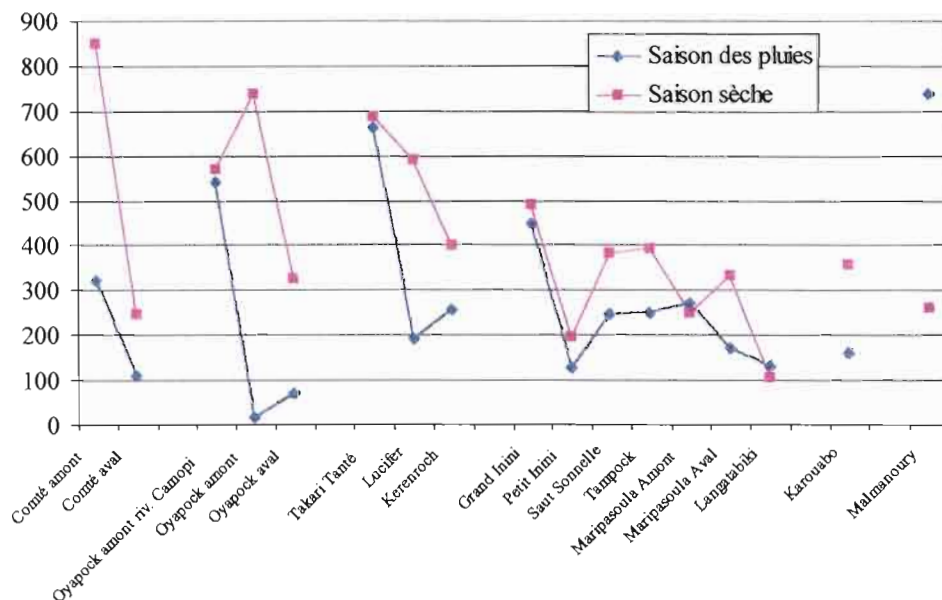


Figure 7 : Indice de Shannon (1948) dans les différentes stations lors des deux campagnes

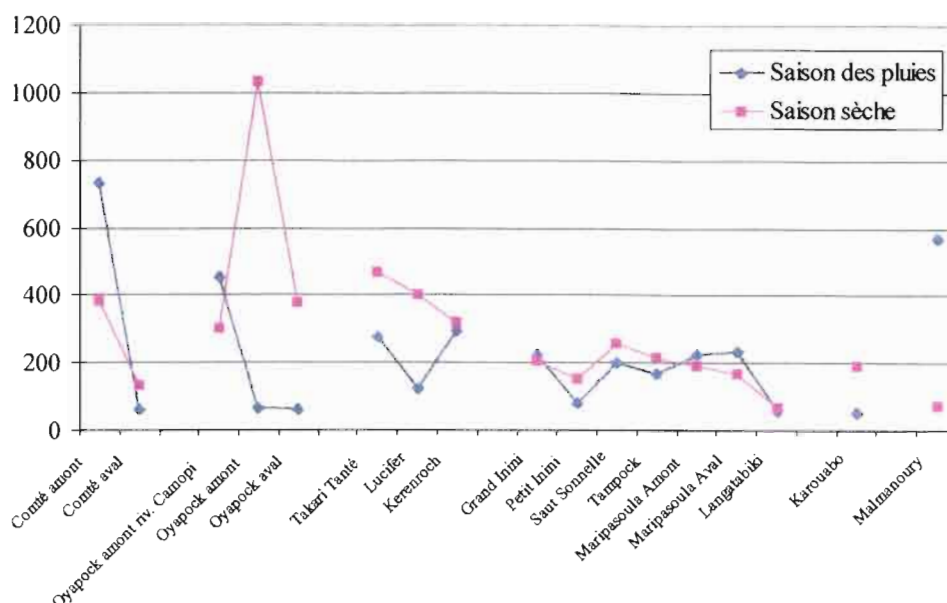


Figure 8 : Indice de McIntosh (1967) dans les différentes stations lors des deux campagnes

Ces deux indices montrent des variations similaires excepté pour les deux stations encadrant la ville de Maripasoula : « Maripasoula amont » et « Maripasoula aval ». Les scores ne montrent pas de grandes variations entre ces deux stations lors de deux campagnes avec l'indice de McIntosh alors qu'on note une augmentation de l'amont vers l'aval en saison sèche et une baisse en saison des pluies avec l'indice de Shannon (1948).

Ces deux indices semblent mettre en évidence des dégradations liées au milieu comme

- une diminution du score entre Comté amont et Comté aval,
- une diminution également de l'amont du Sinnamary, Saut Takari Tanté, vers l'aval, Kerrenroch, avec une situation intermédiaire à Saut Lucifer où la rivière Courcibo est dégradée par l'orpaillage,
- une baisse des scores également du Grand Inini au Petit Inini avec un score intermédiaire à Saut Sonnelle.

Les tendances observées pour ces deux indices sont similaires à celles observées lorsqu'on applique l'indice de Shannon 1948 aux effectifs des familles d'éphéméroptères adultes collectées lors des piégeages lumineux (figure 9).

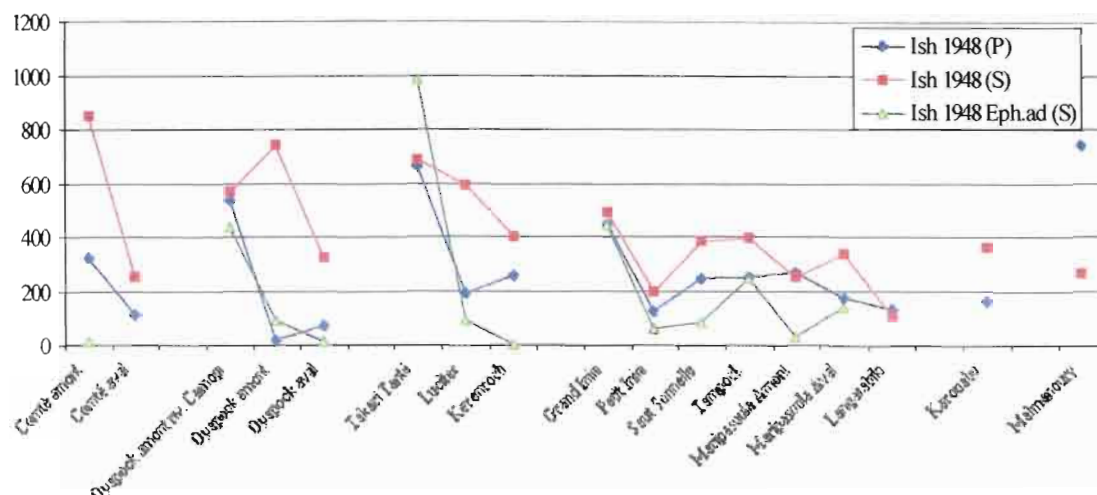


Figure 9 : Indice de Shannon 1948 appliqué aux invertébrés aquatiques dans les différentes stations lors des deux campagnes ainsi qu'aux adultes d'éphéméroptères récoltés en saison sèche.

Les scores de ces différents indices n'étant pas satisfaisants pour définir des classes de qualité des eaux guyanaises, un « indice éphéméroptères » est proposé et développé dans la partie suivante (cf Rapport CESAC).

BIBLIOGRAPHIE

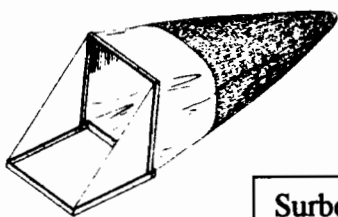
- AGENCE DE L'EAU, (1993). Etude bibliographique des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux de surfaces continentales n°35, Agence de l'eau & Ministère de l'environnement (ed).
- BUFFAGNI, A. 1997. Mayfly community composition and the biological quality of streams. *Ephemeroptera & Plecoptera : Biology-Ecology-Systematics*, P. Landolt & M. Sartori (Eds), MTL, Fribourg : 235-246.
- CLIFFORD, H.T. & STEPHENSON, W. (1975). An introduction to numerical classification. *Academic Press*, New York, 229p.
- DEPUY, F. (2000). Les hétéroptères et coléoptères lotiques des Antilles et de la Guyane française : étude faunistique appliquée à l'évaluation de la qualité de l'eau. Toulouse, CESAC.
- HOREAU, V. (1996). La mise en eau de la retenue hydroélectrique de Petit Saut (Guyane). Hydrobiologie 1-du fleuve Sinnamary avant la mise en eau, 2-de la retenue pendant la mise en eau, 3-du fleuve en aval. Marseille: 250 p.
- LENAT, D.R. 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(3): 222-233.

- LENAT, D.R. 1993. A biotic index for the southeastern United States : derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. *Journal of the North American Benthological Society* , 12: 279-290.
- McINTOSH, R.P. (1967). An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology*, 48 (3) : 392-404
- SHANNON, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *Belle System Tech. J.*, 27 : 379-423 & 623-656.

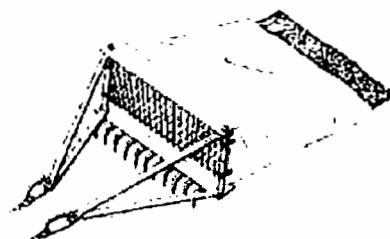
Annexe 1



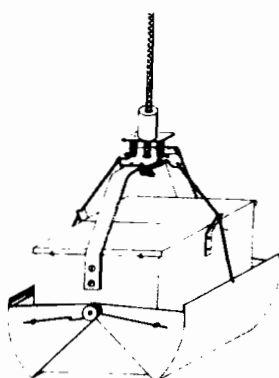
Filet à dérive



Surber



Drague



Benne d'Ekman



Filet à manche

Annexe 2

Site	Station	Saison	Date	Oligochètes	Sanguées	Cumacés	Concostracés	Calanoïdes	Cyclopoïdes	Harpacticoïdes	Ostracodes	Bosminidae
Comté Amont	Comté Amont	S	20/10/98	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Comté Aval	Comté Aval	S	22/10/98	52	0	3	0	2436	0	9	0	12
Oyapock amont riv. Camopi	Oyapock amont riv. Camopi	S	03/11/98	136	0	0	0	0	0	70	0	0
Oyapock amont	Oyapock amont	S	03/11/98	606	0	0	0	0	0	0	0	0
Oyapock aval	Oyapock Aval	S	06/11/98	255	0	0	0	28	0	0	0	0
Takari Tanté	Takari Tanté	S	23/11/98	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Saut Lucifer	Saut Lucifer	S	26/11/98	205	0	0	0	0	0	1045	27	0
Kerenroch	Kerenroch	S	17/12/98	117	0	0	0	540	0	0	580	0
Saut sonnelle	Saut sonnelle	S	12/01/99	8	0	0	0	12	0	0	0	0
Grand Innini	Grand Innini	S	14/01/99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petit Innini	Petit Innini	S	15/01/99	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Tampock	Tampock	S	16/01/99	22	0	0	0	0	0	0	0	0
Maripasoula Amont	Maripasoula Amont	S	18/01/99	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Maripasoula aval	Maripasoula aval	S	20/01/99	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Oyapock amont riv. Camopi	Oyapock amont riv. Camopi	P	26/05/99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oyapock aval Camopi	Oyapock aval Camopi	P	27/05/99	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Oyapock- Saut Maripa	Oyapock- Saut Maripa	P	28/05/99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Langatabiki	Langatabiki	P	03/06/99	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Saut Sonnelle	Saut Sonnelle	P	08/06/99	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Grand Innini	Grand Innini	P	10/06/99	23	0	0	0	0	0	0	0	0
Petit Innini	Petit Innini	P	10/06/99	5	0	0	0	0	0	150	0	0
Tampock	Tampock	P	12/06/99	0	0	0	0	0	0	27450	0	0
Maripasoula amont	Maripasoula amont	P	13/06/99	0	0	0	0	0	0	8	0	0
Maripa Soula aval	Maripa Soula aval	P	15/06/99	0	0	0	0	0	50	350	0	0
Comté amont	Comté amont	P	30/06/99	4	1	0	0	0	0	0	0	0
Comté aval	Comté aval	P	01/07/99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kerenroch	Kerenroch	P	07/07/99	228	0	0	0	0	0	97	0	0
Saut Lucifer	Saut Lucifer	P	13/07/99	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Malmanoury	Malmanoury	P	20/07/99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karouabo	Karouabo	P	22/07/99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Takari Tanté	Takari Tanté	P	29/07/99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Langatabiki	Langatabiki	S	26/10/99	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Malmanoury	Malmanoury	S	23/11/99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karouabo	Karouabo	S	15/12/99	0	2	0	18	1000	0	0	0	0
Total				1749	3	3	18	4016	50	29179	607	12

Daphnidae	Sididae	Macrothricidae	Chydoridae	Décapodes	Mollusques	Dorysa	Hydracarien	Collemboles	Ephémères (L)	Beatidae	Leptophlebiidae	Ephemera e	Leptohyphidae	Caenidae
0	0	0	0	7	1	0	8	0	37	47	275	0	28	0
0	0	0	0	5	12	0	0	0	33	112	14	0	0	0
0	0	6	0	1	15	0	30	18	24	30	7	0	6	0
0	0	0	0	0	8	0	0	0	68	2	20	0	8	0
0	0	0	0	68	270	0	0	0	10	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	0	0	0	228	25	43	0	8	0
0	0	5	0	0	0	0	13	0	0	99	32	0	5	0
840	2440	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	2	0	5	0	2	97	6	0	0	0
0	0	0	0	1	22	0	3	0	0	147	38	0	27	0
0	0	0	0	9	2	0	0	0	0	119	0	0	0	0
0	0	0	0	2	2	0	19	0	1	41	27	0	2	2
0	0	0	0	0	0	0	11	1	162	16	0	0	0	0
0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	105	63	0	94	3
0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	403	39	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	2	0	0	0
0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	24	1	0	0	0
0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	25	17	43	0	0
0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	81	4	2	59	0
0	0	0	1	0	3	0	0	1	0	119	14	0	4	0
0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	31	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	135	12	7	10	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	9	2	2	0
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	45	13	5	1	0
0	0	0	0	24	3	0	2	0	0	730	15	0	0	0
0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	41	3	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	54	14	0	0	0
1	1	1	0	35	3	0	27	0	366	0	0	0	0	0
0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	23	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	152	74	0	10	0
0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	50	8	9	1	0
0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	13	5	1	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	13
841	2441	12	41	257	368	12	123	20	932	2949	755	69	268	18

Oligoneuridae	Polymitaecidae	Plécoptères	Mégaloptères	Corydalidae	Anisoptères	Gomphidae	Aeshnidae	Cordulidae	Libellulidae	Zygoptères	Calopterygidae	Dictyrididae	Leptidae
0	10	0	0	1	0	14	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	7	0	0	7	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	2	0	3	0	0	0	7	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
0	11	9	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
0	78	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0	30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	5	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	10	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	2	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	6	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	13	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	4	0	2	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	3	0
3	149	15	2	1	8	34	3	9	63	8	30	3	1

Coenagrionidae	Chlorolestidae	Megapodagrionidae	Chironomidae	Culicidae	Ceratopogonidae	Chaoboridae	Simuliidae	Tipulidae	Pupes	Trichoptères	Hydropsychidae	Smicridea	Synoestropsis
0	0	0	245	1	12	0	0	0	4	0	0	44	7
0	4	0	17	0	2	0	0	0	0	18	0	0	0
0	0	0	251	5	0	0	0	6	0	4	0	6	1
1	0	0	835	1	0	0	0	0	0	21	0	4	2
2	0	0	20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	401	6	0	0	39	0	0	21	0	3	0
2	0	0	325	0	4	0	0	0	0	10	0	0	0
0	0	0	282	0	0	12	0	5	0	0	0	0	0
0	0	0	156	0	0	0	174	0	0	2	0	4	2
1	3	0	12	0	0	0	123	0	0	0	0	5	0
0	0	0	96	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0
5	0	0	189	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0
0	0	0	49	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0
4	0	0	46	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0
0	0	0	61	186	0	0	64	0	0	0	13	0	0
0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	7	0	2	0	22	0	0	0	0	0	0
2	0	0	12	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	174	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
0	0	0	74	0	1	0	163	0	0	0	4	0	0
0	0	0	73	17	1	0	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	56	2	0	1	83	0	0	0	0	0	0
0	0	0	140	0	0	0	140	0	0	0	2	0	0
0	0	0	229	0	1	0	6	0	0	0	4	0	0
0	0	0	59	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	160	0	0	103	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	42	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0
0	1	0	424	12	4	0	0	0	0	15	0	0	0
0	0	0	31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	208	0	1	29	25	0	0	0	7	0	0
3	0	0	42	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
16	0	1	40	11	6	32	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	158	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0
38	9	1	4962	258	50	177	863	8	4	93	32	75	12

Polycentropodidae	Polycentropus	Leptoceridae	Nectopsyche	Calamoceratidae	Xyphocentron	Philopotamidae	Chimarra	Helicospsychidae	Hydroptilidae	Fourreaux	Lépidoptères	Tortricidae
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	28	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	36	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	18	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	9	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	4	1	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	36	1	0	0	0	0	0	0	30	22
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
30	12	26	39	1	1	2	55	7	1	14	95	22

Pyrallidae	Hétéroptères	Belostomidae	Belostoma	Velidae	Rhagovella	Microvella	Trochopus	Naucoridae	Ambrysus	Limnocoris	Criphocricos	Pleidae	Neoplea	Notonectidae	Buenoa	Martarega
0	0	6	0	0	42	0	0	0	5	0	0	0	0	4	0	0
0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	26
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	38	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	15	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	50	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	8	100	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	21	0	0	4	0	0	7
0	0	6	0	0	0	13	0	9	0	0	0	0	0	12	0	21
13	0	0	0	28	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	9	0	0
0	0	6	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	52
15	2	18	3	192	105	49	110	24	5	23	1	2	5	53	2	116

Notonecta	Gerridae	Rheumatobates	Halobates	Corixidae	Tenagobia	Nepidae	Rhanatra	Hebridae	Macrovelidae	Coléoptères (L)	Elmidae	Cyloepus?	Noteridae	Gyrinidae	Gyretes
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	15	11	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	8	0	0	0
0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	10	7	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	2	4	0	1	0	0
0	0	0	0	18	11	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
0	56	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	7	0	0	0	1
0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	19	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	70	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	29	0	0	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0	0	0
86	23	0	0	0	1	1	1	2	2	17	0	0	0	0	0
96	135	70	1	161	134	1	2	4	2	177	41	8	1	1	2

Hydrophilidae Enochrus	Hydrobius	Coléoptères (A)	Dytiscidae	Elmidae	Neelmis	Promoresla	Noteridae	Gyrinidae	Gyretes
1	0	0	0	9	6	5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
0	0	1	0	0	0	0	0	3	0
0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	4	0	0	8	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	14	0	0	0	0	0	0	0
0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	5	8	2	0	0	1	0	0
0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
1	2	50	9	19	6	5	10	7	3

ANNEXE 6

**Etude des Ephéméroptères de la Guyane française :
Systématique, répartition géographique et élaboration
d'un indice de qualité des eaux (SMEG)**

Alain THOMAS

Programme : Qualité de l'Eau en Guyane.

Compartiment Invertébrés

Seconde partie :

ETUDE DES EPHEMEROPTERES DE LA GUYANE FRANCAISE :

- SYSTEMATIQUE**
- REPARTITION GEOGRAPHIQUE**
- ELABORATION D'UN INDICE
DE QUALITE DES EAUX (SMEG)**

Rapport basé sur les Diplômes d'Etudes Supérieures Universitaires

de Karine ORTH (septembre 2000) et de Yannick DOMINIQUE (septembre 2001)

effectués au

**Laboratoire d'Hydrobiologie
UMR CNRS C 5576 CESAC
Université Paul Sabatier
Toulouse, France**

sous la responsabilité scientifique

d' Alain THOMAS

avec la collaboration des laboratoires :

HYDRECO, Petit-Saut, Kourou, Guyane

GAIA Hydrobio, Gratsens, Haute Garonne

Résumé

Le présent travail constitue une première synthèse sur la connaissance de la systématique et de la polluosensibilité des Ephémères (Insecta, Ephemeroptera) de Guyane dans un but présent et à venir d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières.

Sont d'abord présentées des informations sur la capture, la préservation et les modalités de l'étude de ces insectes, avec en particulier des généralités sur la morphologie et l'anatomie des phases larvaire et adulte.

L'inventaire et la répartition géographique des 40 genres actuellement connus de ce pays (contre 4 seulement au début de cette étude, en 1998 !...) sont présentés.

Une clé illustrée globale de l'ensemble des familles présentes en Guyane précède et introduit, pour chacune de ces familles, une clé illustrée des genres.

Un indice biologique basé sur les Ephémères, le SMEG, est proposé. Il fait intervenir à chaque station la diversité systématique (générique) et surtout le Score Moyen des genres présents, chacun d'entre eux étant affecté individuellement d'une valeur comprise entre 1 et 5 selon sa polluosensibilité.

Six classes d'intégrité des cours d'eau guyanais sont proposées, depuis les petites criques et petites rivières sans influence anthropique directement décelable (classe I) jusqu'aux (rares) cours d'eau à communauté d'Ephémères détruite (classe V) ou même absente (classe VI).

Il faut souligner que le SMEG note de façon très favorable et d'ailleurs comparable :

- les petites rivières, suffisamment importantes pour une forte diversification des microhabitats;
- les petites criques (d'ordre 1) abritant des communautés particulièrement fragiles et encore peu diversifiées.

Ce dernier point est un avantage sur la famille des IBC et sur maints autres indices utilisés en Europe.

Remerciements

Nous remercions le service comptable de l'Université Paul Sabatier qui nous a seul permis de prolonger cette étude en 2001 par le versement d'une avance financière au début de l'année.

Sommaire

pages

Introduction : Problème posé; but de la présente étude.....	4

Chapitre I

Matériel et méthodes.....	5

Chapitre II

Définition d'un Ephéméroptère. Caractéristiques biologiques. Utilisation en biomonitoring

1) Comment reconnaître un Ephéméroptère?.....	7
2) Cycle biologique.....	7
3) Ecologie.....	8
4) Distribution.....	9
5) Systématique et Taxinomie.....	9
6) Morpho-Anatomie.....	10
7) Utilisation des Ephémères appliquée au biomonitoring.....	12

Chapitre III

Matériel étudié (Inventaire et répartition géographique).....	14

Chapitre IV

Clés de détermination.....	39
1) Clé des familles	
a) adultes.....	42
b) larves.....	43
2) Clé des genres (à partir de chaque famille)	
Polymitarcyidae.....	44
Caenidae.....	45
Leptohyphidae.....	45
Leptophlebiidae.....	45
Baetidae.....	47

Chapitre V

Potentiel bioindicateur des Ephéméroptères de Guyane.

Proposition d'un indice de qualité des eaux basé sur leurs communautés.....	50

Bibliographie.....	54

Introduction

Problème posé ; but de la présente étude

La Guyane Française compte environ 120.000 habitants (dont plus de la moitié dans la seule ville de Cayenne) pour une superficie de 91.000 km². Malgré un réseau routier peu dense et difficile, ce pays connaît un développement économique et démographique qui se traduit par des influences anthropiques croissantes sur l'environnement :

- devant la forte hausse des besoins en énergie, EDF (Electricité de France) a édifié assez récemment, sur la rivière Sinnamary, le barrage de Petit-Saut (375 km²) qui cause un impact écologique important, en particulier par le fort déficit de cette énorme masse d'eau en oxygène;
- l'accroissement de taille des agglomérations a aussi engendré de nombreux foyers de pollutions organiques, non traités ou traités dans des conditions d'épuration difficiles (température élevée toute l'année, de l'ordre de 30°C);
- les pratiques agricoles sont en outre la cause du rejet dans les eaux de surface de nombreux produits phytosanitaires et insecticides;
- mais, l'impact le plus médiatisé est celui entraîné par l'exploitation des filons aurifères, et ce depuis largement plus d'un siècle. Pendant très longtemps en effet, l'extraction de l'or a été concomitante du rejet de mercure -élément hautement toxique pour les végétaux et les animaux- à raison de 1,3 g de mercure répandu pour 1 g d'or extrait.

Devant cette situation, en aggravation rapide, la DIREN (Direction de l'Environnement) de Guyane a décidé de lancer un important programme de recherche sur l'évaluation de la qualité de l'eau, crédible dans un proche avenir et pouvant être appliqué à tout le territoire guyanais. Ce programme doit aboutir à l'établissement d'une série d'indices biologiques, basés sur les Diatomées, les Macroinvertébrés, et enfin les Poissons, tout comme en métropole, pour recouper l'information apportée par les mesures chimiques de l'eau. Mais l'état des connaissances fondamentales étant encore très fragmentaire en Guyane, l'élaboration d'indices biologiques, qu'ils soient dérivés de la famille des IBG français ou de type " score ", nécessitait au préalable un minimum de savoir fondamental sur la composition des biocénoses concernées. Ce problème est apparu particulièrement aigu en ce qui concerne les macroinvertébrés benthiques. Devant l'urgence de la demande, nous nous sommes plus particulièrement penchés sur l'étude de l'ordre des Ephéméroptères, groupe majeur dans les communautés de macroinvertébrés benthiques, à la fois au plan de la diversité et au plan quantitatif .

Chapitre I

Matériel et méthodes

Sur le terrain

La première étape du présent travail est donc axée sur l'identification des spécimens d'Ephéméroptères prélevés sur tout le territoire de la Guyane, et en particulier en eau courante. Ceci dit, les habitats potentiels des Ephémères en général peuvent aussi se situer en eau stagnante, mais plus rarement.

La récolte des larves se fait au filet, de préférence de Surber, c'est à dire à cadre horizontal matérialisant une surface déterminée pour l'échantillonnage sur le substratum. La taille du vide de maille utilisé est très importante car :

- trop grand, ce dernier laisse échapper les animaux de petite taille [particulièrement fréquents en Guyane à cause de cycles biologiques courts] ou de morphologie longiligne;
- au contraire trop fin, il est très rapidement colmaté dans les eaux guyanaises lorsqu'elles sont chargées de matières en suspension; il s'ensuit alors des remous à l'intérieur du filet, provoquant la perte des spécimens d'espèces nageuses.

Dans les milieux inaccessibles (forte profondeur interdisant l'emploi d'un filet de Surber ou même d'un filet à manche), cas fréquent en Guyane, l'emploi de substrats artificiels de diverses natures représente le moyen le plus crédible et fiable pour prélever la faune de macroinvertébrés. Le temps d'immersion le plus favorable pour l'abondance et la diversité des organismes colonisateurs est de l'ordre de trois semaines avant relevage. Malheureusement, l'exploitation de ce moyen de prélèvement exige donc un nouveau passage à chaque station prospectée dans les délais prévus et n'a pu être mis en oeuvre lors de la présente étape.

Les prélèvements sont fixés sur place dans une solution de formol à 4% et stockés dans des flacons *étanches complètement remplis*. Ce dernier point est primordial, car toute bulle d'air dans le récipient provoque une agitation du matériel se traduisant par la destruction rapide et plus ou moins complète des structures, toujours très fragiles chez cet ordre d'insectes : en particulier branchies, cerques et pattes. Dans ce but aussi, les structures lourdes (petites pierres) doivent impérativement être retirées des prélèvements. Au laboratoire, dans l'attente de leur exploitation, les prélèvements doivent être conservés à l'abri de la lumière pour éviter la décoloration des individus.

La récolte concomittante d'adultes peut se révéler très efficace, surtout si les larves prélevées par ailleurs sont de petite taille et difficilement identifiables au genre. La capture des adultes peut se faire par chasse à vue directe au filet entomologique ou "filet à

papillons” mais, en ce qui concerne les Ephéméroptères, une telle pratique est toujours très aléatoire –en particulier en milieu tropical- en raison de la durée de vie des adultes très brève et la méthode la plus efficace est la chasse à la lumière. Elle consiste à attirer les imagos et les subimagos par l’action de lampes à rayonnement ultra-violet. Elle se pratique de nuit et on procède par périodes d’environ 1 heure 30 à 2 heures, au coucher du soleil et à son lever. Les nuits sans lune sont de très loin les plus favorables. Les insectes adultes sont directement transférés en alcool à 70°, et stockés à l’obscurité. Autant que possible, les subimagos *vivants* sont transférés dans de petits récipients individuels aérés, dotés de quelques feuilles et placés dans un endroit calme [mais non pas à l’obscurité] pour obtenir [en général entre 12 et 24 heures] l’insecte “ parfait ” souvent plus utilisable en systématique.

Qu’il s’agisse de larves ou d’adultes, il est primordial de toujours garder présent à l’esprit la grande fragilité des Ephéméroptères, qui exigent en conséquence d’être toujours manipulés avec le plus grand soin. Les pinces utilisées ne doivent pas être trop rigides sous peine de détérioration de ce matériel peu sclérifié par écrasement. Il est impératif aussi de remplir *complètement* les récipients (bocaux, flacons, tubes) pour éviter toute bulle d’air destructrice pendant le transport.

Au laboratoire

Un tri est ensuite effectué à la loupe binoculaire et les larves isolées sont alors transférées en alcool à 70°. Les individus sont déterminés et classés dans un premier temps à la famille.

La seconde étape est une détermination générique qui nécessite fréquemment des montages de pièces anatomiques diverses entre lame et lamelle dans un milieu conservateur stable dans le temps comme le Baume du Canada, naturel ou de synthèse. Après plusieurs jours de séchage et de durcissement à l’étuve vers 50°C, les montages peuvent être étudiés au microscope photonique et faire l’objet de figures à la chambre claire.

Chapitre II

Définition d'un Ephéméroptère

Caractéristiques biologiques

Utilisation en biomonitoring

1) Comment reconnaître un Ephéméroptère?

En tant qu'Arthropodes, les Ephéméroptères, ou Ephémères, possèdent un exosquelette de chitine, rigide et articulé. Ils font partie de la classe des Insectes, et présentent trois paires de pattes, des ailes (en général deux paires, sauf les Caenidae, certains Baetidae et Leptohyphidae), et une seule paire d'antennes. Il s'agit d'insectes primitifs (ou Paléoptères), reconnaissables à leur nervation alaire très abondante (sauf Ologoneuriidae), réticulée, et au fait qu'ils ne sont pas capables de replier leurs ailes sur l'abdomen; au contraire, au repos, ces dernières sont relevées perpendiculairement. Chez l'adulte, il n'existe pas d'appendices abdominaux, sauf en position terminale : les gonopodes et les cerques.

Les larves d'Ephémères portent le plus souvent trois cerques sensoriels bien développés, multiarticulés et terminaux. Certaines espèces n'en possèdent que deux et pourraient ainsi ressembler superficiellement aux Plécoptères; toutefois, la disparition *totale* du cerque médian (ou paracerque) chez les Ephémères est très rare. D'autre part, la distinction entre les larves aquatiques de ces deux ordres se fait facilement sur les griffes tarsales, au nombre d'une seule par patte chez les Ephémères et de deux chez les Plécoptères. En outre, les Ephémères sont pourvus de branchies abdominales sur les segments 1 à 7 (ou la plupart d'entre eux), alors que les Plécoptères portent tout au plus des branchies abdominales terminales (branchies anales).

Certaines espèces d'Odonates Zygoptères possèdent trois branchies terminales étroites, mais ces structures ne sont pas multiarticulées. D'autre part, les pièces buccales des Odonates (labium préhensile en "masque") les distinguent aisément des Ephémères.

2) Cycle biologique

Les Ephéméroptères présentent un cycle de vie typique: la phase larvaire aquatique, qui peut durer jusqu'à trois années en climat tempéré, constitue la partie dominante du cycle. Lui fait suite la phase subimago, un adulte provisoire en quelque sorte, cas unique chez les Insectes. Cette dernière étape ne s'étend que sur quelques heures et elle est suivie

par la phase finale: l'adulte ou imago. Celle-ci dure de quelques heures jusqu'à 3 jours au maximum [d'où le nom "d'Ephémères"], et assure la reproduction et la dissémination. La subimago représente le dernier stade du cycle avant la métamorphose en adulte, le déterminisme de cet état étant encore mal expliqué : ailée, elle quitte le milieu aquatique pour chercher refuge dans une zone humide et ombragée, donc le plus souvent dans la végétation, et y accomplir la dernière mue. Subimago et adulte, dépourvus de tube digestif fonctionnel et de facto ne se nourrissant pas, sont donc particulièrement exposés à la déshydratation.

3) Ecologie

La majorité des espèces vit, à l'état larvaire, dans des eaux courantes, bien oxygénées. Certaines espèces, en particulier celles colonisant les sédiments, paraissent pouvoir se montrer relativement pollutolérantes, en particulier vis à vis des métaux lourds. En général, on peut considérer qu'une communauté d'Ephéméroptères bien diversifiée est indicatrice d'une bonne qualité de l'eau. Elle constitue alors une partie importante du régime alimentaire des poissons.

Habitats

Les Ephémères colonisent largement la plupart des habitats dulçaquicoles, d'eau courante en particulier.

Ainsi, beaucoup d'espèces sont pétricoles, vivant directement plaquées sur les pierres par le courant, grâce à des dispositifs hydrodynamiques (quelques genres de Leptophlebiidae occupent les niches écologiques des Heptageniidae absents en Amérique du Sud), ou bien se trouvent dans la zone de turbulence à basse pression située en arrière des obstacles (Baetidae).

Les sédiments (graviers, sables, limons) abritent des formes fouisseuses (Caenidae, certains Leptohyphidae et Polymitarcyidae).

Les herbiers, avec ou sans courant, sont colonisés par de nombreux Baetidae, Leptohyphidae et Leptophlebiidae; les accumulations de feuilles mortes servent surtout d'abris et de source de nourriture aux Leptophlebiidae.

Régime alimentaire

La plupart des Ephéméroptères appartiennent au type râcleur de substrat-collecteur. Quelques genres présentent un mode de nutrition filtreur grâce à la différenciation, en particulier sur la première paire de pattes (P1), de longues brosses qui collectent les particules nutritives au voisinage de la bouche (Oligoneuriidae, Polymitarcyidae). Certaines espèces sont broyeuses herbivores, en particulier chez les Ephemerellidiens. Enfin, de rares formes sont carnivores, ou présumées telles, comme le genre *Harpagobaetis*.

4) Distribution

L'ordre des Ephéméroptères est pratiquement cosmopolite, et représente une partie très importante de la faune aquatique d'eau douce. Les Ephémères ne sont absents que sur de petits îlots isolés, et font aussi défaut dans les peuplements-limites des chaînes montagneuses à très haute altitude (écoulements de glaciers et de névés : Thomas 1975). En conséquence, des espèces d'Ephéméroptères sont disponibles, à peu près partout dans le monde, à des fins de biosurveillance.

5) Systématique et Taxinomie

a) Distinction des deux sexes

Deux importants caractères de dimorphisme sexuel sont constitués par les organes sensoriels (yeux et cerques), qui sont hyperdéveloppés chez les mâles. De plus, les pattes antérieures du mâle, qui servent à l'accrochage de la femelle pendant l'accouplement, sont nettement plus longues que chez cette dernière, par suite d'un hyper-développement des tibias et surtout des tarses. Enfin, les pièces génitales des mâles, situées à l'extrémité de l'abdomen, comportent une pince (ou forceps) constituée de deux gonopodes et d'un pénis plus ou moins différencié selon les genres.

b) Distinction des différentes phases

Les larves (Fig. 1) sont pourvues de pièces buccales fonctionnelles de type broyeur, devenant vestigiales chez les adultes. Les ailes en formation se développent progressivement à chaque mue, enfermées dans des fourreaux alaires, orientés vers l'arrière, d'apparence brunâtre, et qui noircissent à l'approche de l'émergence par différenciation de la nervation et de l'éventuelle pigmentation de la membrane alaire. Il n'existe pas de stade de repos nymphal vrai comme chez les insectes Holométaboles (Coléoptères, Trichoptères, Lépidoptères, Diptères, Hyménoptères). Pour cette raison, l'emploi par certains auteurs anglo-saxons du terme de " nymphe " pour désigner la larve d'Ephémère, même au dernier stade, est impropre.

Les subimagos se reconnaissent à leurs pattes et cerques plus courts et plus épais, ainsi qu'à leurs ailes, de même surface, mais plus épaisses et de couleur terne, souvent grisâtre. Leur vol est lent, peu soutenu et malade.

Les adultes ou imagos (Fig. 3) possèdent des ailes minces, hyalines et pleinement fonctionnelles. Les pièces génitales (Fig. 4-5) ont pris leur aspect définitif, plus différencié d'une espèce à l'autre, que chez les subimagos.

c) Identification des familles et des genres

Le présent travail propose (Chapitre IV) une clé des familles des Ephémères de Guyane, puis, pour chaque famille, une clé des genres correspondants.

6) Morpho-anatomie

a) la phase larvaire [ou "nymphe"] aquatique (Fig. 1)

Tête

En plus des yeux, volumineux, elle possède en général trois ocelles: un médian et deux autres en position latérale. Il y a une paire d'antennes, de longueur très variable. Pièces buccales : elles sont insérées sous la capsule céphalique et peuvent être disposées perpendiculairement à l'axe du corps (type orthognathe) ou plus ou moins en avant (type prognathe, beaucoup plus rare chez les Ephémères). La pièce la plus antérieure est le labre, dans le prolongement du clypeus, suivi des mandibules, différenciées en parties molaire et incisive, cette dernière étant apicale. En arrière des mandibules se trouve une paire de mâchoires moins sclérifiées : les maxilles. Leur partie antérieure distale constitue la galea-lacinia, leur partie postérieure est formée par le stipes et le cardo. Le côté externe de chaque galea-lacinia donne naissance au palpe maxillaire. Suivent l'hypopharynx et enfin, en position superficielle et ventrale, le labium. Celui-ci est divisé en deux parties: un petit submentum (ou postmentum) et un mentum (ou prémentum) plus grand. Le labium différencie latéralement deux palpes labiaux, de part et d'autre de deux glosses et de deux paraglosses.

Thorax

Il compte trois segments (pro-, méso- et métathorax) qui portent chacun une paire de pattes. D'autre part, sur le méso- et le métathorax se développent les ailes dans des fourreaux alaires.

Chaque patte est formée d'une coxa (pièce basale) qui fixe l'appendice au thorax, d'un trochanter toujours de petite taille, d'un fémur plus ou moins aplati selon les adaptations, d'un tibia, d'un tarse non-segmenté [en raison des contraintes hydrauliques] et d'une seule griffe [caractère rare chez les Insectes] portant généralement des denticules. Les pattes des larves sont plus courtes et plus fortes que celles des adultes, les pattes postérieures étant plus longues que les antérieures. L'ornementation tégumentaire des pattes est très variable, et implique par exemple, selon le mode de vie et le régime alimentaire, des tubercules ou de longues soies soit hydrodynamiques (certains Baetidae) soit à rôle filtreur (Oligoneuriidae : Fig. 32).

Abdomen

Les Ephéméroptères possèdent un abdomen formé de dix segments. Le bord postérieur des tergites (partie dorsale des segments) et les coins postéro-latéraux de ces derniers peuvent présenter des caractères discriminants importants pour séparer les espèces.

Les branchies sont les structures les plus variables chez les larves. Le plus souvent, elles sont situées exclusivement sur l'abdomen, mais chez quelques espèces il peut s'en trouver aussi sur la base des coxas (*Baetodes*, *Camelobaetidius*) ou sur les bases des

maxilles (Oligoneuriidae). La position des branchies sur l'abdomen varie également: elle est le plus souvent dorsale, mais chez les Oligoneuriidae par exemple, les branchies du premier segment abdominal sont en position ventrale. La structure des branchies est fortement variable. Ces dernières peuvent être lamelleuses, filamenteuses, simples ou doubles (cf. clé des familles).

La plupart des Ephémères portent trois filaments caudaux ou cerques: deux latéraux et un filum terminale, médian. Toutefois, le filum terminale, ou paracerque, peut être absent ou rudimentaire, en particulier chez de nombreux Baetidae rhéophiles. La longueur des filaments caudaux varie fortement, de même que leur ciliature, plus développée chez les espèces nageuses vivant en eau calme.

b) la phase adulte [ou imaginale] aérienne (Fig. 3)

Tête

Les yeux montrent souvent un dimorphisme sexuel, ceux du mâle étant presque toujours plus volumineux et plus rapprochés que chez la femelle. Ce dimorphisme est particulièrement remarquable chez les familles des Baetidae (yeux dits "en turban" : Fig. 10) et des Leptophlebiidae (yeux du mâle hyperdéveloppés et colorés en rouge et noir). Les ommatidies peuvent aussi être de deux tailles différentes chez les mâles. Les yeux des femelles sont généralement uniformes en ce qui concerne leur couleur et la taille des ommatidies. En plus des yeux composés, les Ephémères possèdent trois ocelles indépendants, en position antérieure: un médian et deux latéraux. Les pièces buccales étant vestigiales chez l'adulte ne peuvent donc pas être utilisées comme caractères discriminants entre espèces.

Thorax

Chacun des trois segments du thorax (Fig. 3) porte une ou deux paires d'appendices: le prothorax les pattes P1; le mésothorax les P2 et les ailes antérieures; le métathorax les P3 et les ailes postérieures. Chez quelques espèces, ces dernières peuvent être totalement absentes ou très réduites (Caenidae, Tricorythidae, Baetidae et quelques Leptophlebiidae).

Les pattes antérieures présentent souvent un dimorphisme sexuel, les P1 sensorielles du mâle étant beaucoup plus longues que les P2 et les P3, avec des tibias et des tarses hyperdéveloppés. Chez la femelle, toutes les pattes sont de longueur voisine, quelquefois réduites à des moignons (Fig. 11 : *Campsurus*, Polymitarcyidae). Le nombre de segments des tarses postérieurs et les proportions relatives des segments des tarses antérieurs et postérieurs peuvent être des caractères discriminants en systématique.

Ailes: la nervation alaire est utilisée en systématique.

Abdomen

Les dix segments de l'abdomen présentent un aspect assez uniforme. La coloration des tergites et des sternites fournit souvent de bons caractères systématiques. Les autres structures discriminantes chez les mâles sont essentiellement la pince génitale (Fig. 4),

constituée d'une base (ou stylogère) et de deux gonopodes proprement dits, ainsi que du pénis, médian.

Chez la femelle, la plaque sous-génitale (Fig. 5) peut parfois servir à l'identification spécifique (Leptophlebiidae en particulier).

L'étude de l'exochorion des oeufs au MEB (Microscope Electronique à Balayage) apporte des potentialités discriminantes très différentes selon les familles (excellentes au niveau spécifique chez les Leptophlebiidae par exemple, et au contraire pratiquement sans utilité chez les Baetidae où le chorion présente une structure à peu près lisse et uniforme).

7. Utilisation des Ephémères appliquée au biomonitoring

a) Avantages présentés par ce matériel

L'ordre des Ephéméroptères est l'un des groupes systématiques majeurs du benthos des eaux douces par :

- l'abondance;
- la fréquence: il colonise à peu près tous les milieux dulçaquicoles;
- la taille des individus, suffisante quelle que soit l'espèce pour les faire considérer comme des macroinvertébrés;
- le cycle biologique qui, sauf exception, les rend "disponibles" et utilisables en biosurveillance pratiquement toute l'année;
- la grande rapidité de réponse, en général, aux facteurs de perturbation anthropiques (la dérive des larves vers l'aval est le plus souvent considérable), avec aussi une recolonisation très rapide après l'arrêt des perturbations;
- le fait que ces animaux soient, à divers degrés, polluo-sensibles;
- la diversité, qui est très favorable en Guyane: suffisante pour traduire des changements fins, subis à l'impact de perturbations, mais non pas élevée au point de requérir absolument la collaboration constante d'un spécialiste (comme pour les Oligochètes ou les Diptères Chironomidae, ce qui limite grandement leur intérêt pratique pour les contrôles de routine). Au contraire, nous pensons très réalisable la formation d'un technicien sur le territoire guyanais, qui au prix d'une procédure soigneuse, pourrait analyser à l'avenir les communautés d'Ephémères en routine, quitte à faire confirmer les déterminations douteuses.

Plus qu'en ce qui concerne n'importe quel autre groupe systématique du benthos d'eau douce, la connaissance des Ephémères de Guyane Française a grandement progressé au cours des deux dernières années (4 genres signalés de ce pays en 1998, 37 nommés en 2001, grâce à la présente étude). Il reste toutefois des progrès à accomplir au cours des années à venir, en particulier à la fois en ce qui concerne les formes larvaires et les formes adultes.

b) Inconvénient particulier présenté par ce groupe systématique:

comme significative, et l'on travaille donc essentiellement sur la phase larvaire, malheureusement plus difficile à déterminer en général (sauf Baetidae), mais moins difficile toutefois que chez la plupart des autres ordres d'insectes aquatiques.

Chapitre III

Matériel étudié

1) Première partie

N.b.: Au terme du DESU de Karine ORTH, ce chapitre a fait l'objet d'une première publication, parue dans EPHEMERA, revue scientifique spécialisée, à comité de lecture international, sous le titre :

Les Ephémères de la Guyane Française. 1. Premier inventaire générique, à but de biosurveillance [Ephemeroptera]

Mots-clés: Ephéméroptères, phase larvaire, citations nouvelles, biosurveillance, Guyane Française.

La faune des macroinvertébrés lotiques a été prospectée à 53 stations situées sur les principaux réseaux hydrographiques de Guyane Française. Plus de 4500 larves d'Ephéméroptères ont été déterminées. Cette phase préliminaire, limitée au taxon genre, a permis de séparer 36 genres, appartenant à huit familles. 33 genres ont été nommés, dont 28 sont nouveaux pour la faune de la Guyane Française. Huit d'entre eux (*Coryphorus*, *Lentvaaria*, *Adebrotus*, *Cryptonympha*, *Harpagobaetis*, *Rivudiva*, *Spiritiops* et *Waltzoyphius*) sont aussi, à notre connaissance, retrouvés pour la première fois depuis leur description originale; enfin, *Bessierus* Thomas & Orth est nouveau pour la science. Dans les limites des techniques de prélèvement utilisées ici (filet de Surber, benne Ekman, prospections qualitatives à vue, mais aucun substrat artificiel) les genres les plus abondants sont, de loin, *Americabaetis*, *Camelobaetidium* et *Leptohyphes*, tandis que *Simothraulopsis* est nettement le plus fréquent. Ces résultats constituent une première base pour l'évaluation de la qualité de l'eau.

Mayflies of French Guiana. 1. First generic inventory, aimed at biomonitoring [Ephemeroptera]

Keywords: Mayflies, larvae, new records, biomonitoring, French Guiana.

The fauna of lotic macroinvertebrates was sampled in 53 stations covering the main river basins of French Guyana. More than 4500 mayfly larvae were determined. This preliminary step, limited to the genus level, allowed to separate 36 genera belonging to eight families. 33 genera were named, and 28 are new

The fauna of lotic macroinvertebrates was sampled in 53 stations covering the main river basins of French Guyana. More than 4500 mayfly larvae were determined. This preliminary step, limited to the genus level, allowed to separate 36 genera belonging to eight families. 33 genera were named, and 28 are new records for the fauna of French Guyana. Eight of them (*Coryphorus*, *Lentvaaria*, *Adebrotus*, *Cryptonympha*, *Harpagobaetis*, *Rivudiva*, *Spiritiops* and *Waltzoyphius*) are also, to our knowledge, found again for the first time since their original description; *Bessierus* Thomas & Orth is new for science. Within the limits of the sampling methods used here (Surber net, Ekman drag, and qualitative collection, but no artificial substrates) the genera *Americabaetis*, *Camelobaetidius* and *Leptohyphes* are by far the most abundant, whereas *Simothraulopsis* clearly shows the highest frequency of occurrence. These results constitute a first basis for water quality assessment.

Introduction

L'extraction de l'or, à grande échelle et depuis fort longtemps, ainsi que l'importante croissance démographique de la Guyane Française se traduisent par de nombreux impacts sur les cours d'eau de cette contrée. Les principales actions anthropiques sont certes les activités d'orpaillage (rejet de mercure et très forte hausse de la charge en matières en suspension), mais aussi les pollutions agricoles et les rejets domestiques.

Devant cette situation, la DIREN (Direction de l'Environnement) de Cayenne a décidé de mettre en oeuvre une série d'indices biologiques permettant d'évaluer la qualité de l'eau par l'étude respective des communautés lotiques de Diatomées, de macroinvertébrés et de poissons, ce sur plusieurs bassins versants parmi les plus menacés. Nous avons été chargés du compartiment macroinvertébrés de ce projet et notre contribution s'intègre donc dans un programme plus vaste, coordonné par M. J.-P. Carmouze (IRD).

Mais au préalable une connaissance de base de la biodiversité de cette contrée, vierge d'étude antérieure (à l'exception des travaux effectués par V. Horeau et coll. dans le cadre de l'édification du barrage hydroélectrique de Petit-Saut), était absolument indispensable. Nous présentons donc ci-après les premiers résultats de l'identification générique du matériel d'Ephéméroptères récolté. Parmi les insectes aquatiques, cet ordre nous paraît en effet présenter le potentiel bioindicateur pratique le plus élevé, parce qu'à la fois diversifié (et de détermination générique relativement aisée), abondant, fréquent et polluosensible.

En fait, ont aussi été prises en considération les données faunistiques issues d'autres études concomitantes : le programme CNRS " Mercure en Guyane " et deux études d'impact réalisées par GAIA Hydrobio (Matoury et Azarco).

Les prospections ont ainsi été étendues de l'Oyapok à l'Est, matérialisant une partie de la frontière avec le Brésil, au Maroni à l'Ouest, constituant la frontière avec le Surinam. En tout, 53 stations ont été prises en considération dans le présent inventaire.

Dans une première étape, seule la phase larvaire, de loin la plus importante en biomonitoring, a été concernée. Les nombres indiqués ci-dessous -(N) ou bien à la suite des dates de prélèvements- correspondent donc à des effectifs de larves. Le total général est de 4538 individus. Pour chaque genre est aussi indiqué le coefficient de fréquence (F en %) = nombre de stations où l'espèce est présente / nombre total de stations prospectées (= 53) X 100. Les genres précédés d'un astérisque (*) sont nouveaux pour la Guyane française.

1. Famille des Ephemeridae

(< 0,1% du total récolté).

*genre *Hexagenia* Walsh, 1863

N = 1. F = 1,9.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin du Sinnamary:

Crique Venus, 06/04/92: 1.

2. Famille des Euthyplociidae

(5,6 % du total récolté).

genre *Campylocia* Needham & Murphy, 1924

N = 255. F = 30,2.

Déjà cité de Guyane Française (DOMINGUEZ et al. 1999).

Répartition :

Montagne de Kaw:

Crique St Martin, route de Kaw, 02/09/96: 2 et 21/11/96: 13. Crique affluent de l'Approuague dans le marais, 04/09/96: 152.

Bassin du Mahury:

3ème crique (affluent de l'Orapu) vers l'amont, route de Bélizon, 24/10/98: 6. Crique Tawen (affluent de l'Orapu), route de Bélizon, 01/11/98: 5.

Région de Cayenne:

Crique Mancellière, 30/08/96: 33. Déversoir du lac des Américains, 06/09/96: 6. Première crique sur le Mont Matoury, 07/96: 2, 26-29/08/96: 3. Crique Angélique, amont, 25/10/98: 2. Crique Petit Couacou, affl. de la Kounana, st 3, 22/10/97: 4 et st 4, 24/10/97: 1.

Bassin du Sinnamary:

Crique du Muséum, 28/06/99: 4. Crique affluent de Kourcibo, 25/06/99: 4. Aval barrage de Petit Saut: Crique Louée, 04/12/99: 4; Crique Roténone, 04/12/99: 6; Crique Sangsue, 05/12/99: 1; Crique Venus, 06/12/99: 7.

3. Famille des Polymitarcyidae

(2,1 % du total récolté).

*genre *Asthenopus* Eaton, 1871

N = 1. F = 1,9.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin du Sinnamary:

Leblond, Saut 2, 27/11/99: 1.

genre *Campsurus* Eaton, 1868

N = 92. F = 35,8.

Déjà cité de Guyane Française (DOMINGUEZ et al. 1999).

Répartition:

Bassin de l'Oyapock:

Oyapock, amont de Camopi, 3/11/98: 1.

Bassin de la Comté:

Comté, saut Lysis, 20-21/10/98: 3.

Région de Kourou:

Crique Malmanoury, 23/11/99 : 1.

Bassin du Sinnamary:

Kourcibo, saut Koumarou aval, 29/11/99: 1. Leblond: saut 2, 28/11/99:1; saut 1, 27/11/99: 5; aval, 26/11/99: 2. Saut Lucifer, 25/11/98: 1. Aval barrage de Petit Saut : Crique Sangsue, 05/12/99: 1.

Bassin de la Mana:

Crique Portal, 05/09/96: 3.

Bassin du Maroni:

Tampock, amont de Degrad Roche, 16/01/99: 25. Grand Inini: Saut Batardeau, 18/06/98: 3; Saut Equerre, 20/06/98: 2; aval, 14/01/99: 5. Petit Inini, île aval Dorlin, 20/06/98: 1. Inini à Saut Sonnelle, 12/01/99: 1. Maroni : amont de Maripasoula, 18/01/99: 18; aval de Maripasoula, 18-19/01/99: 14; Langa Tabiki, 3/06/99: 4.

4. Famille des Caenidae

(0,4 % du total récolté).

*genre *Caenis* Stephens, 1835

N = 16. F = 11,3.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin du Mahury:

Le Mahury au pont de Stoupan, 27/08/96: 1. Pripri à Mogès, 09/96: 1.

Bassin du Sinnamary:

Lac de Petit Saut à St Eugène, tronc flottant, 06/99: 1.

Région de Kourou:

Crique Karouabo : 15/12/99: 11.

Bassin du Maroni:

Tampok, amont de Degrad Roche, 16/01/99: 1. Maroni en aval de Maripasoula, 20/01/99: 1.

***genre *Brachycercus* Curtis, 1834**

N = 1. F = 1,9.

Nouveau pour la Guyane Française.

Le présent matériel confirme aussi la présence de ce genre en Amérique du Sud [considérée à juste titre comme douteuse par DOMINGUEZ et al. 1999].

Répartition:

Bassin du Maroni:

Maroni, aval de Maripasoula, 19/01/99: 1.

5. Famille des Leptohyphidae

(15,9 % du total récolté).

***genre *Coryphorus* Peters, 1981**

N = 2. F = 1,9.

A notre connaissance, ce genre est retrouvé ici pour la première fois depuis sa description.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin de la Comté:

Riv. affluent Bagot, 08-96: 2.

***genre *Leptohyphes* Eaton, 1882**

N = 612. F = 37,7.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin de l'Oyapock:

Oyapock, amont de Camopi, 03/11/98: 7.

Montagne de Kaw:

Crique St Martin, 02/09/96: 38.

Bassin de la Comté:

Comté, Saut Lysis, 20/10/98: 9.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 16. Kourcibo, saut Koumarou, 25-29/11/99: 7; racines aériennes, 27-29/06/99: 79. Leblond: racines aériennes, 26/06/99: 4; saut 2, 27/11/99: 3; saut 1, 27/11/99: 7; aval, 26/11/99: 26. Saut Lucifer, 25/11/98: 1, 25-26/11/99: 2, rive gauche, 25/06/99: 1. Aval barrage de Petit Saut: Crique Louée, 04/12/99: 1.

Bassin de la Mana:

Crique Portal, 05/09/96: 1.

Bassin du Maroni:

Tampock, amont de Degrad Roche, 16/01/99: 1. Grand Inini: Saut Batardeau, 18-19/06/98: 89; Saut Equerre, 20/06/98: 250; aval: 14/01/99: 13. Petit Inini: île aval Dorlin, 20/06/98: 13; aval, 20/06/98: 7. Maroni : amont de Maripasoula, 18/01/99: 1; aval de Maripasoula, 18-19/01/99: 30; Langa Tabiki, 26/10/99: 6.

*genre *Tricorythodes* Ulmer, 1920

N = 106. F = 26,4.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin de la Comté:

Comté, Saut Lysis, 20/10/98: 1.

Montagne de Kaw:

Crique St Martin, 02/09/96: 18.

Région de Cayenne:

Crique Mancellière, 30/08/96: 1.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 1. Kourcibo: Saut Koumarou, 29/11/99: 2; racines aériennes, 26-29/06/99: 24. Crique affluent de Kourcibo, 25/06/99: 1. Leblond: racines aériennes, 26/06/99: 2; saut 1, 27/11/99: 1. Saut Lucifer, 25/11/98: 2, rive gauche, 25/06/99: 1. Aval barrage de Petit Saut: Crique Venus, 03/09/96: 1.

Bassin du Maroni:

Grand Inini, Saut Equerre, 20/06/98: 1. Petit Inini: île aval Dorlin, 20/06/98: 1; aval, 20/06/98: 47. Maroni : amont de Maripasoula, 18/01/99: 1; aval de Maripasoula, 18/01/99: 1.

6. Famille des Leptophlebiidae

(23,1 % du total récolté).

Parmi les Ephéméroptères d'Amérique du Sud, cette famille est la plus diversifiée. Un important travail reste à effectuer, en particulier sur la phase larvaire, de nombreux taxa Sud Américains.

*genre *Fittkaulus* Savage & Peters, 1978

N = 1. F = 1,9.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin du Maroni:

Maroni à Langa Tabiki, 26/10/99: 1.

*genre *Hagenulopsis* Ulmer, 1919

N = 136. F = 24,5.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Montagne de Kaw:

Crique St Martin, route de Kaw, 02/09/96: 25. Crique affluent de l'Approuague dans le marais, 04/09/96: 30.

Bassin du Mahury:

Crique Fourgassié (affluent de l'Orapu), 28/06/96: 16.

Région de Cayenne:

Crique Mancellière, 30/08/96: 37. Crique Innominée, 30/08/96: 6. Première crique sur le Mont Matoury, 07/96: 2; seconde crique sur le Mont Matoury, 29/06/96: 1. Déversoir du lac des Américains, 06/09/96: 5.

Bassin du Sinnamary:

Crique affluent de Kourcibo, 25/06/99: 9. Aval barrage de Petit Saut: Crique Louée, 04/12/99: 1; Crique Roténone, 04/12/99: 1; Crique Venus, 03/09/96: 2.

Bassin du Maroni:

Inini, aval confluence, 20/06/98: 1.

*genre *Hermanella* Needham & Murphy, 1924

N = 306. F = 22,6.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin du Mahury:

3e crique (affluent de l'Orapu) vers l'amont, route de Bélizon, 24/10/98: 1.

Bassin de la Comté:

Comté, Saut Lysis, 20/10/98: 1.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 81. Kourcibo: Saut Koumarou, 25-29/11/99: 3; racines aériennes, 27-29/06/99: 79; île (aval), 27/11/99: 1. Leblond : racines aériennes, 26/06/99: 5; aval, 26/11/99: 7. Saut Lucifer: 24-25/11/99: 8; rive droite, 23/06/99: 1; rive gauche, 25/06/99: 6. Aval barrage de Petit Saut: Crique Louée, 4/12/99: 3.

Bassin du Maroni:

Grand Inini: Saut Batardeau, 18/06/98: 10; île, zone lentique, 19/06/98: 1. Saut Equerre, 20/06/98: 90 (+ zone lentique, 20/06/98: 3) et 14/01/99: 3. Petit Inini: île, aval de Dorlin, 20/06/98: 3.

*genre *Hydrosmilodon* Flowers & Dominguez, 1992

N = 132. F = 22,6.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin de la Comté:

Comté, Saut Lysis, 20/10/98: 22.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 2. Kourcibo, racines aériennes, 27-29/06/99: 17. Leblond: racines aériennes, 26/06/99: 5; Saut 2, 28/11/99: 1; Saut 1, 27/11/99: 3; aval, 26/11/99: 12.

Bassin du Maroni:

Grand Inini : Saut Batardeau, 18/06/98: 4; Saut Equerre, 20/06/98: 46, 14/01/99: 3, zone lentique, 20/06/98: 1. Petit Inini: île, aval de Dorlin, 20/06/98: 2. Maroni: amont de Maripasoula, 18/01/99: 1; aval de Maripasoula, 19/01/99: 9; Langa Tabiki, 26/10/99: 4.

***genre *Lentvaaria* Demoulin, 1966**

N = 107. F = 17,0.

A notre connaissance, ce genre est retrouvé ici pour la première fois depuis sa description.

Nouveau pour la Guyane française.

Répartition:

Bassin de l'Oyapok:

Oyapock, amont de Camopi, 03/11/98: 1.

Bassin de la Comté:

Comté: Saut Lysis, 20/10/98: 85; Roche Diamant, 21/10/98: 5.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté 23/11/98: 1. Kourcibo : Saut Koumarou, 25/11/99: 2. Leblond: Saut 2, 28/11/99:1; Saut 1, 27/11/99: 7; aval, 26/11/99: 4.

Bassin du Maroni:

Maroni: aval de Maripasoula, 19/01/99: 1.

***genre *Microphlebia* Savage & Peters, 1982**

N = 2. F = 3,8.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin du Sinnamary:

Aval barrage de Petit Saut: Crique Roténone, 04/12/99: 1.

Région de Kourou:

Crique Malmanoury, 20/07/99: 1.

***genre *Miroculis* sensu stricto Edmunds, 1963**

N = 86. F = 26,4.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Montagne de Kaw:

Crique St Martin, 2/09/96: 1. Crique affluent de l'Approuague dans le marais, 04/09/96: 6.

Bassin du Mahury:

3e crique (affluent de l'Orapu) vers l'amont, route de Bélizon, 24/10/98: 1. Crique Tawen (affluent de l'Orapu), route de Belizon, 01/11/98: 1.

Région de Cayenne:

Crique Angélique, amont, 25/10/98: 2. Première crique sur le Mont Matoury, 26/06/96: 1 et 08/07/96: 1.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 2. Crique du Muséum, 28/06/99: 5. Kourcibo, Saut Koumarou, 29/11/99: 3. Crique Marlon, affluent de Leblond, 26/06/99: 4. Aval barrage de Petit Saut: Crique Roténone, 4/12/99: 1; Crique Sangsue, 5/12/99: 7.

Bassin du Maroni:

Maroni à Langa Tabiki, 3/06/99: 40, et 26/10/99: 3. Crique Voltaire, amont des chutes, 28/10/98: 8.

genre *S* [in ORTH, 2000]

Il s'agit en fait d'un genre nouveau, que nous venons de décrire sous le nom de *Bessierus* Thomas & Orth (voir THOMAS et al. 2000).

N = 8. F = 3,8.

Répartition:

Bassin de l'Oyapok:

Rivière Camopi, amont de Camopi, 03/11/98: 7.

Bassin du Maroni:

Grand Inini, aval, 14/01/99: 1.

genre *Simothraulopsis* Demoulin, 1966

N = 193. F = 50,9.

Déjà cité de la Guyane Française (DOMINGUEZ et al. 1999).

Répartition:

Bassin de l'Oyapok:

Oyapok, amont de Camopi, 3/11/98: 2.

Montagne de Kaw:

Crique St Martin, Route de Kaw, 02/09/96: 18. Crique affluent de l'Approuague dans le marais, 04/09/96: 6.

Bassin du Mahury:

3e crique vers l'amont (affluent de l'Orapu), route de Bélizon, 24/10/98: 1.

Bassin de la Comté:

Comté: Saut Lysis, 20/10/98: 8; Roche Diamant, 21/10/98: 1.

Région de Cayenne:

Crique Mancellière, 30/08/96: 11. Déversoir du lac des Américains, 06/09/96: 5. Première crique sur le Mont Matoury, 26/06/96: 23 et 07/96: 11. Seconde crique sur le Mont Matoury, 29/06/96: 4.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 1. Kourcibo: Saut Koumarou, 25-29/11/99: 7; racines aériennes, 27/06/99: 1; Crique affluent de Kourcibo, 25/06/99: 1. Leblond : racines aériennes, 26/06/99: 8; aval, 26/11/99: 2. Crique Marlon, affluent de Leblond, 26/06/99: 1. Saut Lucifer, 25/06/99: 1, 25/11/98: 11. Aval

barrage de Petit Saut: Crique Louée, 04/12/99: 7; Crique Sangsue, 05/12/99: 4; Crique Venus, 03/09/96: 1 et 06/12/99: 2.

Bassin de la Mana:

Crique Portal, 05/09/96: 9.

Bassin du Maroni:

Tampok, amont de Dégrad Roche, 16/01/99: 2. Grand Inini: Saut Equerre, 20/06/98: 7 et 14/01/99: 3. Petit Inini aval, 20/06/98: 8. Inini: Saut Sonnelle, 12/01/99: 2. Maroni: amont de Maripasoula, 18/01/99: 1; aval de Maripasoula, 19/01/99: 9; Langa Tabiki, 3/06/99: 14 et 26/10/99: 1.

*genre *Terpides* Demoulin, 1966

N = 11. F = 11,3.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin de l'Oyapok:

Rivière Camopi, amont de Camopi, 03/11/98: 1.

Bassin du Sinnamary:

Crique du Muséum, 28/06/99: 1. Kourcibo: Saut Koumarou, 25-29/11/99: 3; racines aériennes, 29/06/99: 2; île, 27/11/99: 1.

Bassin du Maroni:

Petit Inini, aval, 20/06/98: 2. Langa Tabiki, 3/06/99: 1.

*genre *Thraulodes* Ulmer, 1919

N = 36. F = 7,5.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin du Sinnamary:

Kourcibo, Saut Koumarou, 25-29/11/99: 2.

Bassin de la Mana:

Crique Portal, 5/09/96: 4.

Bassin du Maroni:

Grand Inini: Saut Batardeau, 18/06/98: 2; Saut Equerre, 20/06/98: 23 et 14/01/99: 5.

genre *U* [in ORTH, 2000]

N = 2. F = 3,8.

Répartition:

Bassin du Sinnamary:

Aval barrage de Petit Saut: Crique Sangsue, 05/12/99: 1; Crique Venus 06/12/99: 1.

*genre *Ulmeritoides* Traver, 1959

N = 26. F = 11,3.

Nouveau pour la Guyane française.

Bassin du Mahury:

Crique Tawen (affluent de l'Orapu), route de Bélizon, 01/11/98: 3; 3e crique (affluent de l'Orapu) vers l'amont, route de Bélizon, 24/10/98: 6.

Bassin du Sinnamary:

Aval barrage de Petit Saut: Crique Sangsue, 05/12/99: 1.

Bassin du Maroni:

Tampok, amont de Dégrad Roche, 16/01/99: 8. Maroni à Langa Tabiki, 26/10/99: 6. Crique Voltaire, amont des chutes, 28/10/98: 2.

7. Famille des Baetidae

(51,5 % du total récolté).

*genre *Adebrotus* McCafferty & Lugo-Ortiz, 1995

N = 1. F = 1,9.

A notre connaissance, ce genre est retrouvé ici pour la première fois depuis sa description.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin de l'Oyapok:

Oyapok, amont de Camopi, 03/11/98: 1.

*genre *Americabaetis* Kluge, 1992

N = 962. F = 22,6.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin de la Comté:

Comté, Saut Lysis, 20/10/98: 13.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 1. Kourcibo, racines aériennes, 27-29/06/99: 10; Saut Américain, 26/06/99: 3. Saut Lucifer, 25/11/98: 2, rive gauche, 25/06/99: 2. Aval barrage de Petit Saut: Crique Louée, 04/12/99: 4.

Bassin du Maroni:

Grand Inini: Saut Batardeau, 18/06/98: 196; Saut Equerre, 20/06/98: 605, 14/01/99: 9. Petit Inini: île aval Dorlin, 17-20/06/98: 28. Inini: aval confluence, 20/06/98: 79; Saut Sonnelle, 12/01/99: 7. Maroni : Maripasoula amont, 18/01/99: 1; Langa Tabiki, 3/06/99: 1, et 26/10/99: 1.

*genre *Callibaetis* Eaton, 1881

N = 22. F = 1,9.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Région de Kourou:

Crique Karouabo : 22/07/99: 22.

*genre *Camelobaetidius* Demoulin, 1966

N = 958. F = 28,3.

= *Dactylobaetis* Traver & Edmunds, 1968

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin de la Comté:

Comté, Saut Lysis, 20/10/98: 6.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 15. Kourcibo: Saut Koumarou, 29/11/99: 2; racines aériennes, 27/06/99: 3. Leblond: racines aériennes, 26/06/99: 1; saut 2, 27/11/99: 1; saut 1, 27/11/99: 1; aval, 26/11/99: 4. Saut Lucifer, 25/11/98: 1, 26/11/99: 1, rive gauche, 25/06/99: 1.

Bassin du Maroni:

Tampok, amont de Dégrad Roche, 16/01/99: 3. Grand Inini: Saut Batardeau, 18-19/06/98: 354; Saut Equerre, 20/06/98: 444, 14/01/99: 47. Petit Inini: île aval Dorlin, 20/06/98: 9. Inini, Saut Sonnelle, 12/01/99: 19. Maroni: amont de Maripasoula, 18/01/99: 11; aval de Maripasoula, 18-19/01/99: 18; Langa Tabiki, 3/06/99: 14, et 26/10/99: 3.

*genre *Cloeodes* Traver, 1938

N = 308. F = 24,5.

Nouveau pour la Guyane française.

Répartition :

Bassin de l'Oyapok:

Rivière Camopi, amont de Camopi, 03/11/98: 8.

Bassin de la Comté:

Comté, Carbet Loiseau, 22/10/98: 49.

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 4. Kourcibo: Saut Koumarou, 29/11/99: 9; racines aériennes, 27/06/99: 1; Saut Américain, 26/06/99: 27. Saut Lucifer, 25/11/98: 20.

Bassin du Maroni:

Tampok, amont de Dégrad Roche, 16/01/99: 11. Grand Inini: Saut Equerre, 20/06/98: 1 et 14/01/99: 16. Petit Inini: île aval Dorlin, 20/06/98: 31. Inini, Saut Sonnelle, 12/01/99: 15. Maroni: amont de Maripasoula, 18/01/99: 13; aval de Maripasoula, 18-20/01/99: 72; Langa Tabiki, 26/10/99: 31.

*genre *Cryptonympha* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

N = 1. F = 1,9.

A notre connaissance, ce genre est retrouvé ici pour la première fois depuis sa description.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin du Maroni:

Grand Inini: Saut Equerre, 20/06/98: 1.

*genre *Guajirolus* Flowers, 1985

N = 2. F = 1,9.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin de la Comté:

Comté, Saut Lysis, 20/10/1998: 2.

***genre *Harpagobaetis* Mol, 1986**

N = 28. F = 15,1.

A notre connaissance, ce genre est retrouvé ici pour la première fois depuis sa description.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 1. Kourcibo: Saut Koumarou, 29/11/99: 3; Saut Américain, 26/06/99: 1. Leblond, saut 1, 27/11/99: 1. Saut Lucifer, rive gauche, 25/06/99: 1.

Bassin du Maroni:

Grand Inini: Saut Batardeau, 18/06/98: 16; Saut Equerre, 20/06/98: 3 et 14/01/99: 1. Maroni en amont de Maripasoula, 18/01/99: 1.

***genre *Paracloeodes* Day, 1955**

N = 10. F = 9,4.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin de l'Oyapok:

Rivière Camopi, amont de Camopi, 3/11/98: 5.

Bassin du Sinnamary:

Kourcibo, Saut Américain, 26/06/99: 1. Leblond, saut 1, 27/11/99: 1. Saut Lucifer, 25/11/98: 1

Bassin du Maroni:

Petit Inini, aval, 15/01/99: 2.

***genre *Rivudiva* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998**

N = 1. F = 1,9.

A notre connaissance, ce genre est retrouvé ici pour la première fois depuis sa description.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin du Sinnamary:

Kourcibo, Saut Koumarou, 29/11/99: 1.

genre *Spiritiops* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

N = 30. F = 13,2.

A notre connaissance, ce genre est retrouvé ici pour la première fois depuis sa description.

Déjà signalé de Guyane Française (LUGO-ORTIZ & MCCAFFERTY 1998).

Répartition :

Bassin du Sinnamary:

Saut Takari Tanté, 23/11/98: 3. Kourcibo, Saut Koumarou, 29/11/99: 7; racines aériennes, 27-29/06/99: 9; île, 27/11/99: 1. Leblond, 26/11/99: 1. Saut Lucifer, 25-26/11/99: 3.

Bassin du Maroni:

Grand Inini: Saut Batardeau, 18/06/98: 1; Saut Equerre, 20/06/98: 5.

*genre *Waltzoyphius* McCafferty & Lugo-Ortiz, 1995

N = 20. F = 5,7.

A notre connaissance, ce genre est retrouvé ici pour la première fois depuis sa description.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition :

Bassin du Sinnamary:

Aval barrage de Petit Saut: Crique Louée, 04/12/99: 1.

Région de Kourou:

Crique Malmanoury, 20/07/99: 2.

Bassin du Maroni:

Petit Inini, aval de Dorlin, 20/06/98: 17.

8. Famille des Oligoneuriidae

(1,4 % du total récolté).

genus sp 1

N = 13. F = 7,5.

Bassin du Sinnamary:

Kourcibo, racines aériennes, 27-29/06/99: 6. Leblond, racines aériennes, 26/06/99: 2.

Bassin du Maroni:

Grand Inini: Saut Batardeau: île lentique, 19/06/98 : 2; Saut Equerre, 20/06/98: 3.

genus sp 2

N = 50. F = 7,5.

Bassin du Maroni:

Grand Inini: Saut Batardeau ,18/06/98: 21; Saut Equerre, 20/06/98: 27. Petit Inini: île aval Dorlin , 20/06/98: 1. Inini, aval confluence, 20/06/98: 1.

Dans les limites inhérentes aux méthodes de prélèvements de cette étude (pas d'utilisation de substrats artificiels), trois genres apparaissent beaucoup plus abondants que les autres. Il s'agit respectivement de : *Americabaetis*, *Camelobaetidius* et *Leptohyphes*. A l'inverse, une dizaine de genres ne sont encore représentés dans nos collections que par un ou deux individus seulement, bien que leur identification ne soit

pas douteuse (*Hexagenia*, *Asthenopus*, *Brachycercus*, *Coryphorus*, *Fittkaulus*, *Microphlebia*, *Adebrotus*, *Guajirolus* et *Rivudiva*).

En ce qui concerne la fréquence, *Simothraulopsis* est de loin le plus souvent récolté (F de l'ordre de 50%).

Remerciements

Nous sommes heureux de remercier pour leur aide, à divers titres: Jean-Pierre Carmouze (IRD), Françoise Kervella (DIREN Guyane), Philippe Cerdan, Laurent Guillemet et Sandrine Richard (Laboratoire Hydreco), Jeannot Troubat (IRD) et Nicole Thomas. Alain Dauta, Philippe Jusiak, Motemau Mahes, Cécile Reynouard, Jemmy Valère, Régis Vigouroux et Marlon nous ont enfin apporté une assistance sur le terrain très appréciée.

2) Seconde partie

N.b.: Au terme du DESU de Yannick DOMINIQUE, ce chapitre fait l'objet d'une publication, actuellement sous presse dans EPHEMERA, à paraître au mois d'octobre, sous le titre :

Les Ephémères de la Guyane Française. 4. Premier complément à l'inventaire générique, à but de biosurveillance : les Baetidae [Ephemeroptera]

Mots-clés: Ephéméroptères, genres, phase larvaire, citations nouvelles, biosurveillance, Guyane Française.

Dans le cadre de l'établissement d'une première base de données systématiques, limitées aux taxons génériques pour l'évaluation de la qualité de l'eau, la faune des macroinvertébrés des rivières a été prélevée à 66 stations situées sur les principaux bassins hydrographiques de la Guyane Française. La présente étude concerne l'identification générique de plus de 4300 larves de Baetidae. *Apobaetis* Day, *Tomedontus* Lugo-Ortiz & McCafferty ainsi que *Zelus* Lugo-Ortiz & McCafferty sont nouveaux pour cette contrée. *Americabaetis* y est confirmé comme le genre le plus abondant devant *Camelobaetis*, tandis qu'*Americabaetis*, *Aturbina* et *Cloeodes* sont les plus fréquents (coefficient de fréquence > 40 %). Ces quatre derniers genres représentent à eux seuls plus de 85 % du matériel total de Baetidae récolté. En tenant compte des relevés précédents (Orth et al 2000), 16 genres de cette famille sont maintenant recensés en Guyane

Française, contre deux seulement en 1998. A la suite des nombreux travaux de l'école de Patrick McCafferty, Université Purdue, Indiana USA, sur les Baetidae néarctiques et néotropicaux, la détermination générique des larves ne présente guère de difficultés; toutefois le statut de *Rivudiva* Lugo-Ortiz & McCafferty, très voisin de *Paracloeodes*, sera probablement à réexaminer à l'avenir. Lors des deux périodes de prélèvements opposant la saison sèche et la saison des pluies, 75 % des larves ont été récoltées par hautes eaux, avec des conditions écologiques plus favorables (température et oxygénation de l'eau en particulier); toutefois, les genres très rares ont tous été récoltés exclusivement par basses eaux en raison d'un meilleur accès au substratum.

Mayflies of French Guiana. 4. First complement to the generic inventory, aimed at biomonitoring : Baetidae [Ephemeroptera]

Keywords: Mayflies, genera, larvae, new records, biomonitoring, French Guiana.

The fauna of stream macroinvertebrates was sampled for biomonitoring purpose in 66 stations covering the main catchments of French Guiana. The present paper deals with the generic identification of more than 4300 larvae of Baetidae. *Apobaetis* Day, *Tomedontus* Lugo-Ortiz & McCafferty and *Zelus* Lugo-Ortiz & McCafferty are new records for the fauna of this country. *Americabaetis* is confirmed to be the most abundant genus (preceding?) *Camelobaetidius*, whereas *Americabaetis*, *Aturbina* and *Cloeodes* show the highest frequency of occurrence ($F > 40\%$). These last four genera account for more than 85 % of the total Baetidae material, in terms of numbers. Taking also into consideration the previous data (Orth et al 2000), 16 genera of this family are now recorded in French Guyana, in comparison with two only in 1998. After the comprehensive works of W. Patrick McCafferty's school, Purdue University, Indiana USA, on the nearctic and neotropical Baetidae, generic determinations of larvae raise few difficulties in French Guiana; however the status of *Rivudiva* Lugo-Ortiz & McCafferty, nearly allied to *Paracloeodes*, will have probably to be re-examined in the future. Comparison of the samples carried out in dry season and wet season shows that 75 % of the total number of larvae were collected by high water, owing to more favourable ecological parameters (temperature and dissolved oxygen in particular); however, all the rare or very rare genera were exclusively sampled by low water due to a better access to the substrate.

1. Introduction

Commandité par la DIREN (Direction de l'Environnement) de Cayenne, un programme d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières par l'étude, entre autres, des communautés de macroinvertébrés a été lancé en 1998. Il a été organisé et géré par l'IRD (ex-ORSTOM) du centre de Cayenne. Sur la demande de la DIREN, a aussi été prise en compte avec le même budget, la totalité des relevés faunistiques guyanais disponibles par ailleurs au CESAC : en particulier ceux effectués par le CESAC et GAIA Hydrobio dans le cadre du programme CNRS " Mercure en Guyane ", ainsi que pour la société ASARCO

Guyane sur la Montagne de Kaw. En conséquence, le nombre de stations de récolte concernées est passé de 17 à 66.

Les prospections ont ainsi été menées depuis l'Oyapok qui matérialise la frontière Est du pays, jusqu'au Maroni à l'Ouest, constituant la frontière avec le Surinam.

Mais, contrairement aux autres indicateurs biologiques retenus par le programme, les Diatomées et les Poissons -qui avaient fait l'objet de synthèses systématiques récentes par des sommités de notoriété internationale, soit en Guyane même (cas des Poissons), soit pour d'autres pays d'Amérique du Sud (cas des Diatomées)- aucune base de travail préalable comparable n'existait pour la quasi-totalité des macroinvertébrés des rivières. Il a donc été évidemment indispensable de faire précéder par une étude pionnière de la systématique des organismes rencontrés, la mise au point proprement dite d'un indice biologique de la qualité des eaux, basé sur ces organismes. Devant l'ampleur de la tâche à réaliser en un temps aussi court, priorité a donc été donnée à l'étude de l'ordre des Ephéméroptères, rapidement apparu comme le plus favorable pour répondre au problème posé. En effet, que ce soit par leur abondance, leur fréquence, leur diversité ou leur relative facilité de récolte, les Ephémères occupent une place exceptionnelle parmi les insectes des eaux courantes guyanaises : dans ce pays, leur utilisation en tant que bioindicateurs est absolument incontournable.

Une première phase de l'étude (ORTH et al. 2000) a déjà permis de séparer 36 genres d'Ephémères (dont 33 avaient pu être nommés), appartenant à huit familles. La présente mise à jour, qui est la première depuis, concerne exclusivement la famille des Baetidae.

Pour l'instant, seule la phase larvaire, de loin la plus importante en biomonitoring, a été exploitée. Les nombres indiqués ci-dessous correspondent donc à des effectifs de larves. Le nombre total d'individus examinés ici est de 4353. Pour chaque genre, sont indiqués successivement : l'effectif examiné lors de la présente étude; puis, entre parenthèses, l'effectif total incluant le matériel de la première publication de l'inventaire (ORTH et al 2000); enfin le coefficient de fréquence (F exprimé en %) = le nombre de stations où le genre est présent/le nombre total de stations prospectées (c'est à dire 66) X 100. Il s'agit donc là d'un coefficient de fréquence actualisé, prenant aussi en compte les relevés faunistiques de la première publication.

Les genres précédés d'un astérisque (*) sont nouveaux pour la Guyane Française.

2. Les genres de Baetidae en Guyane Française

genre *Americabaetis* Kluge, 1992

N = 788 (1750). F = 43,9.

Déjà cité de Guyane Française par ORTH et al. (2000).

Répartition du présent matériel :

Bassin de l'Oyapock :

Riv. Camopi, amont de Camopi, 26/05/99 : 17. Oyapock amont, 03/11/98 : 1.

Bassin de la Comté :

Comté, Saut Lysis, 01/07/99 : 21.

Montagne de Kaw :

Crique (Cr.) Petit Couacou, amont, 04/06/98 : 27 et 10/06/98 : 6. Cr. Grand Couacou, aval du camp de base, 09/06/98 : 3. Cr. Grand Couacou, amont du camp de base, 03/06/98 : 33. Cr. Fourca, amont de la branche Nord, 21/10/97 : 2 et 05/06/98 : 71. Cr. Fourca, amont de la branche Nord-Est, 28/10/97 : 4. Cr. Fourca, aval de la branche Nord (aval des 4 buses), 28/10/97 : 2 et 03/06/98 : 32. Cr. Grand Couacou, aval immédiat du camp de base, 22/10/97 : 13 et 03/06/98 : 19.

Région de Cayenne :

Déversoir du lac des Américains, 09/96 : 106.

Bassin du Sinnamary :

Saut Takari Tanté, 23/11/98 : 4; 29/07/99 : 7. Kourcibo (île), 29/06/99 : 1. Leblond : Saut 1, 27/06/99 : 1. Saut Lucifer, 12/07/99 : 4. Cr. du Muséum, 05/98 : 40.

Région de Kourou :

Cr. Malmanoury, 23/11/99 : 1.

Bassin du Maroni :

Tampock, amont de Degrad Roche : 16/01/99 : 2 et 12/06/99 : 10. Grand Inini : Saut Batardeau, 18/06/98 : 5; Saut Equerre, 20/06/98 : 40; aval, 14/01/99 : 11 et 10/06/99 : 54. Petit Inini : île aval Dorlin, 17-20/06/98 : 154, 15/01/99 : 12 et 10/06/99 : 12. Inini, Saut Sonnelle, 12/01/99 : 10 et 08/06/99 : 16. Maroni: amont de Maripasoula, 18/01/99 : 24; aval de Maripasoula, 15/06/99 : 24.

*genre *Apobaetis* Day, 1955

N = 4. F = 3,0.

Nouveau pour la Guyane Française.

Genre décrit d'Amérique du Nord, et considéré comme endémique néarctique jusqu'à sa récente découverte au Brésil et au Paraguay (LUGO-ORTIZ & MCCAFFERTY 1997).

Répartition:

Région de Kourou:

Cr. Malmanoury, 16/01/99 : 2 et 20/07/99 : 1.

Bassin du Maroni:

Tampock, amont de Degrad Roche, 16/01/99 : 1.

genre *Aturbina* Lugo-Ortiz & MacCafferty, 1996

N = 886. F = 42,4.

Déjà cité de Guyane Française par LUGO-ORTIZ & MCCAFFERTY (1996).

Répartition du présent matériel :

Bassin de l'Oyapock :

Riv. Camopi, amont de Camopi, 26/05/99 : 46.

Bassin de la Comté:

Comté : Saut Lysis, 20/10/98 : 1; Roche Diamant, 22/10/98 : 2 et 01/07/99 : 4.

Montagne de Kaw :

Kounana, aval du Petit Couacou, 09/06/98 : 86. Cr. Petit Couacou, aval, 09/06/98 : 26. Cr. Petit Couacou, amont, 04/06/98 : 49. Cr. Grand Couacou, aval du camp de base, 24/10/97 : 11 et 09/06/98 : 40. Cr. Grand Couacou, amont du camp de base, 03/06/98 : 11. Cr. Fourca, amont de la branche Nord, 21/10/97 : 3 et 05/06/98 : 5. Cr. Fourca, amont de la branche Nord-Est, 28/10/97 : 15. Cr. Mirat, aval de la branche Nord-Est, 23/10/97 : 4. Cr. Fourca, aval de la branche Nord (aval des 4 buses), 28/10/97 : 2 et 03/06/98 : 9. Kounana, amont de la Cr. Mirat, 08 et 10/06/98 : 10. Orapu, aval de la Kounana, 09/06/98 : 152. Cr. Grand Couacou, aval immédiat du camp de base, 22/10/97 : 2.

Région de Cayenne :

Déversoir du Lac des Américains, 09/96 : 5.

Bassin du Sinnamary :

Saut Takari Tanté, 29/07/99 : 51. Kourcibo, Saut Américain, 26/06/98 : 3. Saut Lucifer, 12-13/07/99 : 21 et 25/11/99 : 28. Kerenroch, 07-09/07/99 : 5.

Région de Kourou:

Cr. Malmanoury, 20/07/99 : 99 et 23/11/99 : 1.

Bassin du Maroni :

Tampock, amont de Degrad Roche, 16/01/99 : 3 et 12/06/99 : 51. Grand Inini, Saut Equerre, 10/06/99 : 9. Petit Inini, île aval Dorlin, 17/06/98 : 56, 15/01/99 : 2 et 10/06/99 : 15. Inini, Saut Sonnelle, 12/01/99 : 6, 08/06/99 : 24. Maroni : amont de Maripasoula, 18/01/99 : 3 et 13/06/99 : 19; aval de Maripasoula, 19/01/99 : 2 et 15/06/99 : 3; Langa Tabiki, 03/06/99 : 2.

genre *Callibaetis* Eaton, 1881

N = 6 (28). F = 4,5.

Déjà cité de Guyane Française par ORTH et al (2000).

Répartition du présent matériel :

Bassin de l'Oyapock :

Oyapock amont, 03/11/98 : 2.

Montagne de Kaw:

Orapu, aval de la Kounana, 09/06/98 : 4.

genre *Camelobaetidius* Demoulin, 1966

N = 1178. F = 31,8.

Déjà cité de Guyane Française par ORTH et al. (2000).

Il existe en Guyane au moins deux espèces de *Camelobaetidius* à paracercus court, dont *C. billi*. L'identification de la seconde est très problématique en raison de

l'imprécision relative des descriptions de *C. lentvaari* Demoulin, 1966 et de *C. mantis* Traver & Edmunds, 1968.

En revanche, trois espèces à paracercue long ont été déterminées.

- *Camelobaetidius billi* Thomas & Dominique, 2000

n = 172. f = 15,2

Premières données : voir DOMINIQUE et al (2000).

Répartition du matériel total :

Bassin de l'Oyapock :

Riv. Camopi, amont de Camopi, 26/05/99 : 9. Oyapock, Saut Maripa, 28/05/99 : 8.

Bassin du Sinnamary :

Saut Takari Tanté, 23/11/98 : 22 et 29/07/99 : 37. Kourcibo, Saut Koumarou, 29/11/99 : 1. Saut Lucifer, 26/11/99 : 1.

Bassin du Maroni :

Tampock, amont de Degrad Roche, 12/06/99 : 1. Grand Inini : Saut Batardeau, 18/06/98 : 33; Saut Equerre, 20/06/98 : 12; en amont de la confluence avec le petit Inini, 14/01/99 : 27. Inini, Saut Sonnelle, 12/01/98 : 17 et 08/06/99 : 1. Maroni : amont de Maripasoula, 13/06/99 : 3.

- *Camelobaetidius janae* Dominique & Thomas, 2000

n = 928. f = 24,2

Premières données : voir DOMINIQUE et al (2000).

Répartition du matériel total :

Bassin de l'Oyapock :

Riv. Camopi, amont de Camopi, 26/05/99 : 108. Oyapock : aval de Camopi, 27/05/99 : 11; Saut Maripa, 28/05/99 : 6.

Bassin de la Comté :

Comté, Saut Lysis, 20/10/98 : 5.

Bassin du Sinnamary :

Saut Takari Tanté, 23/11/98 : 2 et 29/07/99 : 3. Kourcibo, 27/06/99 : 3. Leblond, 26/06/99 : 1 et 27/11/99 : 7.

Bassin du Maroni :

Tampock, amont de Degrad Roche, 16/01/99 : 6 et 12/06/99 : 4. Grand Inini : Saut Batardeau, 18/06/99 : 273; Saut Equerre, 20/06/99 : 328, 14/01/99 : 33 et 10/06/99 : 2; en amont de la confluence avec le petit Inini, 14/01/99 : 27. Petit Inini, île aval Dorlin, 20/06/98 : 3. Inini, Saut Sonnelle, 12/01/99 : 29 et 08/06/99 : 3. Maroni : amont de Maripasoula, 18/01/99 : 8 et 13/06/99 : 21; aval de Maripasoula, 18/01/99 : 23 et 15/06/99 : 7; Langa Tabiki, 03/06/99 : 15.

- *Camelobaetidius* sp 3

n = 65. f = 12,1.

Répartition :

Bassin de la Comté :

Comté, saut Lysis, 20/10/98 : 9.

Bassin du Maroni:

Tampock, amont de Degrad Roche, 16/01/99 : 1 et 12/06/99 : 1. Grand Inini, 14/01/99 : 16 et 19/01/99 : 5. Petit Inini, aval, 15/01/99 : 1 et 10/06/99 : 1. Inini, saut Sonnelle, 12/01/99 : 9. Maroni: amont de Maripasoula, 18/01/99 : 3; aval de Maripasoula, 19 et 20/01/99 : 16; Langa Tabiki, 26/10/99 : 3.

- *Camelobaetidius* sp 4

n = 13. f = 1,5.

Répartition :

Bassin de l'Oyapock :

Riv. Camopi, amont de Camopi, 26/05/99 : 13.

genre *Cloeodes* Traver, 1938

N = 762 (1070). F = 42,4.

Déjà cité de Guyane Française par ORTH et al. (2000).

Répartition du présent matériel :

Bassin de l'Oyapock :

Riv. Camopi, amont de Camopi, 03/11/98 : 11 et 26/05/99 : 76. Oyapock amont, 03/11/98 : 11.

Oyapock aval Camopi, 27/05/99 : 2.

Bassin de la Comté :

Comté : Saut Lysis, 20/10/98 : 10; Roche Diamant, 21-22/10/98 : 138.

Montagne de Kaw :

Kounana, aval du Petit Couacou, 09/06/98 : 7. Cr. Petit Couacou, aval, 09/06/98 : 5. Cr. Fourca, amont de la branche Nord, 21/10/97 : 1; 09/06/98 : 13. Cr. Fourca, amont de la branche Nord-Est, 28/10/97 : 2. Cr. Mirat, aval de la branche Nord-Est, 23/10/97 : 3. Cr. Fourca, aval de la branche Nord (aval des 4 buses), 05/06/98 : 1. Kounana, amont de la Cr. Mirat, 10/06/98 : 1. Orapu, aval de la Kounana, 09/06/98 : 3. Cr. Grand Couacou, aval immédiat du camp de base, 22/10/97 : 1.

Bassin du Sinnamary :

Saut Takari Tanté, 23/11/98 : 1 et 29/07/99 : 48. Kourcibo : Saut Koumarou, 20/11/99 : 6; Saut Américain, 26/06/99 : 1; île, 27/01/99 : 1. Saut Lucifer, 13/07/99 : 14 et 25-26/11/99 : 37.

Région de Kourou :

Cr. Malmanoury, 20/07/99 : 10 et 23/11/99 : 2.

Bassin du Maroni :

Tampock, amont de Degrad Roche, 16/01/99 : 29 et 12/06/99 : 22. Grand Inini, Saut Equerre, 14/01/99 : 30 et 10/06/99 : 15. Petit Inini, aval, 15/01/99 : 28. Inini, Saut Sonnelle, 12/01/99 : 20 et 08/06/99 : 16. Maroni : amont de Maripasoula, 18/01/99 : 64 et 13/06/99 : 20; aval de Maripasoula, 18-20/01/99 : 101 et 15/06/99 : 8; Langa Tabiki, 03/06/99 : 4.

genre *Cryptonympha* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

N = 12 (13). F = 3,0.

Déjà cité de Guyane Française par ORTH et al. (2000).

Répartition:

Montagne de Kaw :

Cr. Grand Couacou, aval immédiat du camp de base, 03/06/98 : 12.

genre *Harpagobaetis* Mol, 1986

N = 7 (35). F = 13,6.

Déjà cité de Guyane Française par ORTH et al. (2000).

Répartition du présent matériel :

Bassin de l'Oyapock :

Oyapock à Saut Maripa, 28/05/99 : 1.

Bassin du Sinnamary :

Saut Takari Tanté, 29/07/99 : 2.

Région de Kourou :

Cr. Karouabo, 15/12/99 : 3.

Bassin du Maroni :

Grand Inini, Saut Equerre, 10/06/99 : 1.

genre *Paracleodes* Day, 1955

N = 161 (171). F = 25,8.

Déjà cité de Guyane Française par ORTH et al. (2000).

Répartition du présent matériel :

Bassin de l'Oyapock :

Riv. Camopi, amont de Camopi, 03/11/98 : 5 et 26/05/99 : 44.

Montagne de Kaw :

Kounana, aval du Petit Couacou, 29/10/97 : 14 et 09/06/98 : 6. Cr. Petit Couacou, aval, 09/06/98 : 1.

Cr. Grand Couacou, aval du camp de base, 24/10/97 : 7 et 09/06/98 : 1. Cr. Fourca, aval de la branche Nord (aval des 4 buses), 03/06/98 : 1. Kounana, amont de la Cr. Mirat, 10/06/98 : 4. Orapu, aval de la Kounana, 09/06/98 : 42. Cr. Grand Couacou, aval immédiat du camp de base, 22/10/97 : 24.

Bassin du Sinnamary :

Saut Takari Tanté, 23/11/98 : 1.

Région de Kourou :

Cr. Malmanoury, 20/07/99 : 2.

Bassin du Maroni :

Grand Inini, Saut Equerre, 14/01/99 : 1. Petit Inini, aval, 15/01/99 : 3. Inini, Saut Sonnelle, 08/06/99 : 1. Maroni, amont de Maripasoula, 13/06/99 : 4.

genre *Spiritiops* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

N = 139 (169). F = 12,1.

Déjà cité de Guyane Française par LUGO-ORTIZ & MCCAFFERTY (1998).

Répartition du présent matériel :

Bassin de l'Oyapock :

Riv. Camopi, amont de Camopi, 26/05/99 : 126. Oyapock à Saut Maripa, 28/05/99 : 2.

Bassin du Sinnamary :

Saut Takari Tanté, 29/07/99 : 8. Saut Lucifer, 12/07/99 : 2.

Bassin du Maroni :

Grand Inini, Saut Equerre, 14/01/99 : 1.

*genre *Tomodontus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1995

N = 336. F = 12,1.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Montagne de Kaw :

Cr. Petit Couacou, amont, 04/06/98 : 238. Cr. Grand Couacou, aval du camp de base, 10/06/98 : 26. Cr. Grand Couacou, amont du camp de base, 03/06/98 : 6. Cr. Fourca, amont de la branche Nord, 05/06/98 : 37. Cr. Fourca, amont de la branche Nord-Est, 28/10/97 : 21. Cr. Fourca, aval de la branche Nord (aval des 4 buses), 03/06/98 : 5. Riv. Kounana, amont de la Cr. Mirat, 10/06/98 : 2. Cr. Grand Couacou, aval immédiat du camp de base, 03/06/98 : 1.

genre *Waltzohyphius* McCafferty & Lugo-Ortiz, 1995

N = 20 (40). F = 10,6.

Déjà cité de Guyane Française par ORTH et al (2000).

Répartition du présent matériel :

Montagne de Kaw :

Cr. Fourca, amont de la branche Nord, 21/10/97 : 6 et 08/06/98 : 1. Cr. Fourca, amont de la branche Nord-Est, 28/10/97 : 9. Cr. Fourca, aval de la branche Nord (aval des 4 buses), 03/06/98 : 1.

Bassin du Sinnamary :

Saut Lucifer, 12/07/99 : 2.

Région de Kourou :

Cr. Malmanoury, 20/07/99 : 1.

*genre *Zelus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

N = 55. F = 15,2.

Nouveau pour la Guyane Française.

Répartition:

Bassin de la Comté :

Comté : Saut Lysis, 30/06/99 : 1.

Montagne de Kaw :

Cr. Petit Couacou, amont, 10/06/98 : 2. Cr. Grand Couacou, aval du camp de base, 09/06/98 : 8. Cr. Grand Couacou, amont du camp de base, 03/06/98 : 10. Cr. Fourca, amont de la branche Nord, 05/06/98 : 26. Cr. Fourca, amont de la branche Nord-Est, 04/06/98 : 2. Cr. Fourca, aval de la branche Nord (aval des 4 buses), 03/06/98 : 2. Riv. Kounana, amont de la Cr. Mirat, 10/06/98 : 1. Orapu, aval de la Kounana, 09/06/98 : 1. Cr. Grand Couacou, aval immédiat du camp de base, 03/06/98 : 2.

3. Discussion

Adebrotus, *Guajirolus* et *Rivudiva*, très rares ou tout au moins très localisés (ORTH et al. 2000), n'ont pas été retrouvés dans la présente série de relevés. Les citations nouvelles d'*Apobaetis*, *Aturbina* et *Tomedontus* portent le nombre de genres de Baetidae présents en Guyane Française à 16, à comparer aux deux genres seulement signalés en 1998, ce qui montre bien le niveau des connaissances fondamentales qui prévalait lors du lancement du projet. Avec la réserve importante, pour des raisons pratiques, de la non-utilisation de substrats artificiels –fortement préconisés en eaux profondes par l'un de nous (A. Thomas) lors de la présentation du projet– il s'agit de la famille d'Ephémères la plus répandue sur ce territoire où elle se montre en outre aussi diversifiée génériquement que les Leptophlebiidae.

En tenant compte aussi du matériel de Baetidae déjà étudié (ORTH et al 2000) –soit un total général de 5738 larves– il faut souligner que la somme des effectifs (par ordre décroissant) des quatre genres *Americabaetis*, *Camelobaetidius*, *Cloeodes* et *Aturbina* représente plus de 85 % du total des larves de cette famille.

Americabaetis, puis *Aturbina* et *Cloeodes* sont nettement les plus fréquents avec un coefficient $F > 40 \%$.

L'extraordinaire genre *Tomedontus* est assez abondant mais nous ne l'avons trouvé qu'à la Montagne de Kaw. *Spiritiops* se montre parfois abondant localement; en dépit de sa fréquence assez faible, il est présent sur une grande partie du territoire guyanais (bassins-versants de l'Oyapock, du Sinnamary et du Maroni).

Peu abondants et peu fréquents sont les genres *Harpagobaetis* (Sinnamary, Karouabo, Maroni) et *Waltzohyphius* (Montagne de Kaw, Sinnamary, Malmanoury, Maroni). Enfin, sont à la fois franchement rares et localisés ($F < 5 \%$) les genres *Apobaetis*, *Callibaetis* –ce dernier tout comme en Guadeloupe et en Martinique– et *Cryptonympha*.

Dans l'ensemble, les Baetidae de Guyane Française posent peu de problèmes d'identification générique, à la suite des travaux soutenus et très coordonnés menés par l'école de Patrick McCafferty sur tout le continent américain, et en particulier sur le bassin

de l'Amazonie, relativement proche. ...Il faut même s'attendre, pour cette famille en Guyane Française, à une faible originalité des résultats à venir en matière d'identification générique. Enfin, il est probable que le statut du genre *Rivudiva* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998 –très voisin de *Paracloeodes* Day, 1955– soit à réexaminer ultérieurement.

Le tableau 1 oppose les relevés effectués pendant la saison sèche et pendant la saison des pluies. En l'absence d'utilisation de substrats artificiels, on pouvait s'attendre a priori à des récoltes nettement plus abondantes par basses eaux, en raison d'un accès beaucoup plus aisé au substratum à la plupart des stations. Or il n'en est rien : on constate au contraire que 75 % des larves ont été capturées par hautes eaux, avec aussi une fréquence moyenne des taxons supérieure à celle observée par basses eaux. Certes les Baetidae, organismes nageurs, sont connus pour leur dérive élevée, en particulier par fort débit; mais ce résultat s'explique aussi par les paramètres écologiques plus favorables aux cycles de développement par hautes eaux que par basses eaux, en particulier la température maximale sensiblement plus basse et la concentration en oxygène dissous supérieure. Ceci est particulièrement net pour les genres/espèces à forts effectifs (*Americabaetis*, *Aturbina*, *Camelobaetidius janae*), à l'exception de *Cloeodes*, dont les larves robustes (sclérification relativement forte, tolérance élevée vis à vis de l'oxygénation de l'eau) sont capables de coloniser depuis les petites ravines à forte pente (HOFMANN et al 1999) jusqu'aux fleuves lents et profonds. Toutefois, on remarque aussi que tous les genres rares ou très rares (d'effectif total inférieur à 5 individus : *Adebrotus*, *Apobaetis*, *Guajirolus* et *Rivudiva*) n'ont été récoltés que par basses eaux, les conditions de prélèvement à vue et l'accès au substratum par filet Surber étant moins aléatoires que par hautes eaux. Le tableau 1 montre en outre que les Baetidae constituent un matériel à diversité élevée quelle que soit la saison, ce qui est une caractéristique favorable à toute utilisation en biosurveillance.

Remerciements

C'est un plaisir pour nous de remercier Mesdames Geneviève Guiraud et Dominique Pantalacchi, CESAC, pour leur aide bibliographique particulièrement efficace.

GENRES ou espèces	SAISON SECHE		SAISON HUMIDE	
	Effectifs totaux	Fréquence (%)	Effectifs totaux	Fréquence (%)
<i>Adebrotus</i>	1	1.5	0	0
<i>Americabaetis</i>	229	25.8	1521	36.4
<i>Apobaetis</i>	3	3	1	1.5
<i>Aturbina</i>	90	22.7	796	36.4
<i>Callibaetis</i>	2	1.5	26	3
<i>Camelobaetidi</i> :				
<i>C. billi</i>	68	7.6	104	12.1
<i>C. janae</i>	140	13.6	788	22.7
<i>C. sp. 3</i>	63	14.1	2	3
<i>C. sp. 4</i>	0	0	13	1.5
<i>Cloeodes</i>	745	31.8	325	28.8
<i>Cryptonympha</i>	0	0	13	3
<i>Guajirolus</i>	2	1.5	0	0
<i>Harpagobaetis</i>	10	10	25	10
<i>Paracloeodes</i>	55	10.6	116	15.2
<i>Rivudiva</i>	1	1.5	0	0
<i>Spiritiops</i>	16	10	153	10.6
<i>Tomedontus</i>	21	1.5	315	10.6
<i>Waltzohyphius</i>	15	3	25	7.6
<i>Zelus</i>	0	0	55	15.2
	$\Sigma = 1461$	F moy. = 8,4	$\Sigma = 4277$	F moy. = 13,6
n taxons (/20)	16		16	

Tableau I. Effectifs et coefficients de fréquences comparés du matériel collecté en saison sèche et en saison humide.

Table 1. Comparative numbers and frequencies of occurrence of the material collected in dry season and wet season.

Chapitre IV

Clés de détermination

N. b.: ce chapitre illustré sera intégralement publié en 2002.

1. Introduction

Les clés ci-dessous sont basées sur l'inventaire et la répartition géographique traités au chapitre III. Toutefois, la présence en Guyane Française de certains genres, signalés de contrées proches, nous paraît très possible. En attendant les progrès ultérieurs, nous avons jugé préférable de considérer ces genres, au nombre de deux, comme potentiels. Nous les avons pris en compte dès cette première version des clés de détermination, car une clé incomplète constitue toujours un sérieux handicap à l'usage, en particulier pour les utilisateurs non spécialisés directement en entomologie et travaillant sur la qualité de l'eau. En tout, 40 genres sont donc considérés dans cette première version. Ce sont :

a) genres potentiels :

Famille des Polymitarcyidae

1. *Tortopus* Needham & Murphy, 1924

Référence : *Tortopus harrisi*, Brésil (DOMINGUEZ et al. 1999).

Illustrations : 39.

Famille des Leptophlebiidae

2. *Farrodes* Peters, 1971

Référence : *Farrodes tepui*, 60 km d'Altamira, Nord du Brésil (DOMINGUEZ et al. 1999).

Illustrations : 131-136.

b) genres récoltés jusqu'ici:

Famille des Ephemeridae

3. *Hexagenia* Walsh, 1863

Figures : 24.

Famille des Euthyplociidae

4. *Campylocia* Needham & Murphy, 1924

Figures : 13-14, 18-22.

Famille des Polymitarcyidae

5. *Asthenopus* Eaton, 1871

Figures : 38.

6. *Campsurus* Eaton, 1868

Figures : 7, 40-43.

Famille des Caenidae

7. *Caenis* Stephens, 1835

Figures : 15-16, 44-46.

8. *Brachycercus* Curtis, 1834

Figures : 49.

Famille des Leptohyphidae

9. *Coryphorus* Peters, 1981

Figures : 50-55.

10. *Leptohyphes* sensu lato Eaton, 1882

Figures : 17, 63-69.

11. *Tricorythodes* Ulmer, 1920

Figures : 25, 56-62.

Famille des Leptophlebiidae

12. *Bessierus* Thomas & Orth, 2000

Figures : 70-74.

13. *Fittkaulus* Savage & Peters, 1978

Figures : 105-113.

14. *Hagenulopsis* Ulmer, 1919

Figures : 75-78.

15. *Hermanella* Needham & Murphy, 1924

Figures : 93-99.

16. *Hydrosmilodon* Flowers & Dominguez, 1992

Figures : 89-92.

17. *Lentvaaria* Demoulin, 1966

Figures : 82-88.

18. *Microphlebia* Savage & Peters, 1982

Figures : 143-145.

19. *Miroculis* sensu stricto Edmunds, 1963

Figures : 137-142.

20. *Simothraulopsis* Demoulin, 1966

Figures : 124-130.

21. *Terpides* Demoulin, 1966

Figures : 100-104.

22. *Thraulodes* Ulmer, 1919

Figures : 12, 114-119.

23. Genre *U*

Figures : 120-123.

24. *Ulmeritoides* Traver, 1959

Figures : 79-81.

Famille des Baetidae

25. *Adebrotus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1995

Figures : 212-218.

26. *Americabaetis* Kluge, 1992

Figures : 200-204.

27. *Apobaetis* Day, 1955

Figures : 224-227.

28. *Aturbina* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1996

Figures : 219-223.

29. *Callibaetis* Eaton, 1881

Figures : 9, 149-156.

30. *Camelobaetidius* Demoulin, 1966

Figures : 146-148.

31. *Cloeodes* Traver, 1938

Figures : 169-172.

32. *Cryptonympha* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

Figures : 193-199.

33. *Guajirolus* Flowers, 1985

Figures : 190-192.

34. *Harpagobaetis* Mol, 1986

Figures : 157-162.

35. *Paracloeodes* Day, 1955

Figures : 173-175.

36. *Rivudiva* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

Figures : 176-179.

37. *Spiritiops* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

Figures : 183-189.

38. *Tomedontus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1995

Illustrations: 163-168.

Illustrations: 163-168.

39. *Waltzoyphius* McCafferty & Lugo-Ortiz, 1995

Figures : 180-182.

40. *Zelus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

Illustrations : 205-211.

Famille des Oligoneuriidae

41. *Genus sp 1.*

Figures : 33-34.

42. *Genus sp 2.*

Figures : 32, 35-37.

N. b.: En fait, la Guyane Française n'a pas encore livré tous ses secrets en matière de biodiversité des Ephéméroptères. Nous avons eu affaire très récemment à deux genres rares ou très rares, apparemment très polluosensibles, qu'il ne nous a pas encore été possible de déterminer avec certitude. Nous ne les avons pas encore intégrés dans les clés de détermination, mais ils figurent déjà dans les matrices indiciaires, désignés respectivement sous les noms de "genre X" et "genre Y", affectés d'un coefficient de polluosensibilité provisoire.

2) Clés de détermination des familles d'Ephéméroptères présentes ou potentielles en Guyane Française

2.1. Adultes

1 - nervation des ailes antérieures très réduite : seulement 3 ou 4 nervures longitudinales apparentes après R1 (Fig. 6). Corps de couleur sombre

.....Oligoneuriidae

1' - nervation des ailes antérieures complète ou faiblement réduite : nombreuses nervures longitudinales présentes après R1 (Fig. 7-8) 2

2 - pattes 2 et 3 du mâle, ainsi que toutes les pattes de la femelle atrophiées et non fonctionnelles. (Fig. 11); corps de couleur pale; ailes souvent translucides, ou incolores, ou de teinte grise Polymitarcyidae

2' - toutes les pattes des deux sexes bien développées et fonctionnelles (Fig. 3); coloration du corps très variable 3

3 - près de la base de l'aile antérieure, nervure MP2 [sensu EDMUNDS & WALTZ 1996] fortement incurvée de l'arrière vers l'apex (Fig. 8)	Ephemeridae (g. <i>Hexagenia</i>)
3' - près de la base de l'aile antérieure : nervure MP2 non incurvée de telle façon (Fig. 9)	4
4 - ailes antérieures présentant des nervures marginales intercalaires, très courtes, indépendantes de la base des ailes (Fig. 9); ailes postérieures petites ou absentes; mâle avec des yeux en turban (Fig. 10)	Baetidae
4' - toutes les nervures des ailes antérieures, y compris les marginales, reliées les unes aux autres depuis la base des ailes.....	5
5 - mâle avec des yeux hyperdéveloppés, en deux parties colorées en rouge et en noir; nervure costale des ailes postérieures présentant un saillant ou un décrochement le plus souvent bien marqué (Fig. 12)	Leptophlebiidae
5' - yeux des mâles petits, unicolores; nervure costale des ailes postérieures ne présentant pas une telle formation : ou bien le saillant est virtuel ou bien il s'agit d'un long prolongement incurvé, très grêle	6
6 - nervure MA2 jusqu'à 3 fois plus longue que la base de MA (Fig. 13); pince génitale du mâle très simple, grêle (Fig. 14); animaux de très grande taille (jusqu'à plus de 30 mm)	Euthyplociidae (g. <i>Campylocia</i>)
6' - nervure MA2 plus courte, égale ou à peine plus longue que la base de MA (Fig. 15); pince génitale du mâle diversement conformée; animaux de très petite taille (2 à 5 mm environ)	7
7 - ailes postérieures absentes (Fig. 15); thorax de couleur brun-jaunâtre; gonopodes mâles formés d'un seul segment (Fig. 16).....	Caenidae
7' - ailes postérieures réduites ou absentes; thorax de couleur noire ou grise; gonopodes mâles formés de deux ou trois segments (Fig. 17).....	Leptohyphidae

2.2. Larves

1 - présence de longs prolongements antérieurs sur les mandibules (Fig. 18).....	2
1' - absence de tels prolongements (Fig. 81).....	4

2 - prolongements antérieurs des mandibules, en forme de pince courbe régulièrement convexe, nettement plus longs que la tête et portant de nombreuses longues soies, en particulier du côté interne (Fig. 18 et 19)	Euthyplociidae (g. <i>Campylocia</i>)
2' - prolongements antérieurs des mandibules de type fouisseur, plus courts et plus rapprochés (Fig. 38 à 40).	3
3 - prolongements antérieurs des mandibules relevés vers le haut, en vue de profil (Fig. 24); apex du tibia 1 fortement saillant et dépassant l'articulation du tarse (Fig. 23)	Ephemeridae (g. <i>Hexagenia</i>)
3' - prolongements antérieurs des mandibules recourbés plus ou moins nettement vers le bas en vue de profil; pas de saillie apicale du tibia 1 s'étendant au delà de l'articulation du tarse (Fig. 42 et 43)	Polymitarcyidae
4 - deuxième paire de branchies en forme d'opercules protecteurs des paires suivantes (Fig. 25)	5
4' - deuxième paire de branchies non en forme d'opercule.....	6
5 - bords internes des branchies 2 droite et gauche parallèles et se recouvrant; branchies 1 présentes, filiformes	Caenidae
5' - bords internes des branchies 2 droite et gauche espacés et divergents (Fig. 25); branchies 1 absentes	Leptohyphidae
6 - branchies des segments 2 à 7 soit fourchues (Fig. 88), soit en touffes avec tous les bords frangés (Fig. 27), soit avec des lamelles doubles terminées par des filaments (Fig. 97) ou des pointes (Fig. 28); bord apical externe des maxilles portant une touffe de soies très dense (Fig. 99, 101); mandibules prognathes débordant latéralement la capsule céphalique et constituant une partie importante de la surface dorsale de la tête (Fig. 81)	Leptophlebiidae
6' - branchies des segments 2 à 7 soit plus ou moins ovales (Fig. 31), soit en forme de cœur (Fig. 29), simples, doubles ou en trois feuillets (Fig. 30), mais jamais terminées par des filaments ou des pointes; bord apical externe des maxilles dépourvu de touffe de soies très dense (Fig. 150); mandibules hypognathes ne formant pas une partie importante de la surface dorsale de la tête	7
7 - des branchies filamenteuses ventrales, sur la base des maxilles (Fig. 26)	Oligoneuriidae

7'- pas de branchies ventrales sur la base des maxilles.....Baetidae

3) Clés de détermination des larves des genres présents ou potentiels en Guyane Française, pour chaque famille

3.1. Famille des Polymitarcyidae

1 - prolongement antérieur des mandibules très fort, relativement court, doté d'au moins une forte saillie basale interne à rôle broyeur (Fig. 38)..... *Asthenopus*

1' - prolongement antérieur des mandibules plus rectiligne et plus mince, courbé à l'apex.....2

2 - mandibules avec un seul tubercule subapical sur le bord interne, bien qu'un autre tubercule puisse être présent à la base (Fig. 39) *Tortopus*

2' - mandibules avec un tubercule basal ou sub-basal sur le bord interne et plusieurs autres plus petits et apicaux, conférant un aspect crénelé (Fig. 40)..... *Campsurus*

3.2. Famille des Caenidae

1 - ocelle médian porté par un tubercule nettement proéminent (Fig. 49); palpes maxillaires et labiaux à deux articles; pattes portant des soies aussi longues que les tibias

..... *Brachycercus*

1' - pas de tubercules ocellaires: ocelles directement portés par le clypéus; palpes maxillaires et labiaux à trois articles (Fig. 45 et 46) *Caenis*

3.3. Famille des Leptohyphidae

1 - Deux protubérances étroites et longues sur le vertex (Fig. 51); palpes labiaux vestigiaux (Fig. 55); palpes maxillaires totalement absents..... *Coryphorus*

1' - Pas de protubérance étroite et longue sur le vertex; palpes labiaux non vestigiaux; palpes maxillaires présents, d'au moins un article.....2

2 - Fémur avec de longues soies (Fig. 60 a et b); branchie 2 operculée de forme triangulaire ou semi-triangulaire (Fig. 62), et de largeur supérieure aux deux-tiers de sa longueur

..... *Tricorythodes*

2' - Fémur avec des écailles pointues (Fig. 69 a et b); branchie 2 operculée de forme ovale (Fig. 67), et de largeur inférieure aux deux-tiers de sa longueur. . *Leptohyphes* sensu lato

3.4. Famille des Leptophlebiidae

N. b.:

a) la larve du genre *Hermanellopsis*, potentiellement présente, est encore inconnue.

b) celle de *Paramaka*, présente en Guyane française (des adultes ont déjà été signalés), appartient au groupe *Hermanella* sensu lato (J. Peters et al. travail en cours).

1 - Ptérothèques postérieures absentes.....	2
1' - Ptérothèques postérieures présentes (Fig. 98)	3
2 - Labre profondément concave, sur la moitié environ de sa longueur (Fig. 72), matérialisant deux lobes très arrondis; griffes tarsales porteuses de denticules disposés sur deux rangées près de l'apex (Fig. 73).....	<i>Bessierus</i>
2' - Labre concave seulement sur environ le quart de sa longueur (Fig. 77); griffes tarsales portant un denticule subapical très développé.....	<i>Hagenulopsis</i>
3 - Branchies à lamelles de surface assez réduite avec de nombreux filaments trachéens libres, irradiés à la périphérie (Fig. 80); segments abdominaux terminés de chaque côté par une pointe postéro-ventrale très saillante, dirigée vers l'arrière et aussi longue que la moitié du segment correspondant (Fig. 79).....	<i>Ulmeritoides</i>
3' - Branchies non conformées ainsi (Fig. 88, 97); pas de pointes aussi longues sur les sternites abdominaux (Fig. 122).....	4
4 - Palpes <i>labiaux</i> très longs, plus longs que la tête (Fig. 85), même en position repliée; labre fortement développé (Fig. 83).....	<i>Lentvaaria</i>
4' - Palpes <i>labiaux</i> pas nettement surdimensionnés (Fig. 90).....	5
5 - Palpes <i>maxillaires</i> : article 2 beaucoup plus long que l'article 1; article 3 masqué par sa pilosité, très développée et implantée sur plusieurs rangs (Fig. 84, 91, 99)	6
5' - Palpes <i>maxillaires</i> : articles 1 et 2 relativement courts; article 3 non masqué par sa pilosité (Fig. 101)	7
6 - Apex de la maxille portant du côté interne une pointe très développée (de longueur voisine de la largeur de la galea-lacinia (Fig. 91).....	<i>Hydrosmilodon</i> sensu lato

- 6' - Apex de la maxille portant une pointe interne beaucoup plus courte que la largeur de la galea-lacinia (Fig. 99) complexe *Hermanella* sensu lato
- 7 - Sous chaque griffe tarsale, le denticule le plus long est en position médiane, entouré de part et d'autre, vers l'apex et vers la base, par des denticules plus petits; tête hypognathe branchies lancéolées à réseau trachéen très pigmenté (Fig. 104) *Terpides*
- 7' - Sous chaque griffe tarsale, denticules non conformés ainsi; tête prognathe.....8
- 8 - Sous chaque griffe tarsale, un denticule nettement plus long que les autres en position subapicale (Fig. 95) 10
- 8' - Sous chaque griffe tarsale, pas de denticule considérablement plus développé que les autres, tout au plus une variation de taille continue (Fig. 111, 116) 9
- 9 - Denticules des griffes tarsales petits, répartis en deux groupes distincts (Fig. 111); labre pas plus large que le clypeus et à contour latéral très arrondi (Fig. 105 a), aussi à bord antérieur concave; bord externe des mandibules non frangé de nombreuses soies sur la moitié distale (Fig. 106 a) ; bord externe des fémurs ne portant pas de très nombreuses soies; branchies à rames dorsale et ventrale différentes : rame dorsale des 2e à 6e grande, rétrécie à la base et tronquée apicalement avec une faible projection médio-apicale, rame ventrale elliptique avec un faible filament terminal (Fig. 113)
..... *Fittkaulus*
- 9' - Denticules des griffes tarsales progressivement plus grands vers l'apex (Fig. 116); labre nettement plus large que le clypeus et fortement saillant latéralement (Fig. 114), subrectiligne ou peu concave dans la région médiane; bord externe des mandibules frangé de nombreuses soies sur la moitié distale (Fig. 115) ; bord externe des fémurs portant de très nombreuses soies (Fig. 117) ; branchies lancéolées ou laciniées (Fig. 119)..... *Thraulodes*
- 10 - Rames branchiales dorsales et ventrales laciniées (Fig. 119) ou lancéolées (Fig. 123)
.....11
- 10' - Rames branchiales dorsales et ventrales d'une autre forme.....13
- 11 - De fortes épines postéro-latérales individualisées sur les segments abdominaux VI-VII-VIII et IX, et incurvées vers l'extérieur (Fig. 122)..... *Genre U*
- 11' - Des épines seulement bien individualisées sur les segments abdominaux VIII et IX (Fig. 130) 12
- 12 - Touffe dense de fortes soies de la galea-lacinia ne s'étendant pas jusqu'au coin antéro-externe de cette dernière (Fig. 125).....*Simothraulopsis* sensu lato

12' - Touffe dense de fortes soies de la galea-lacinia s'étendant jusqu'au coin antéro-externe de cette dernière (Fig. 131) *Farrodes*

13 - Rames dorsale et ventrale des branchies subégales, terminées par deux lobules latéraux et un étroit prolongement médian (Fig. 138); labre à large concavité, peu profonde, délimitée en avant par deux lobes assez anguleux (Fig. 142)..... *Miroculis*

13' - Rames branchiales arrondies, la dorsale d'environ 3/4 de la longueur et 1/2 de la largeur de la rame ventrale (Fig. 145); labre à concavité plus profonde, délimitée par deux lobes plus arrondis (Fig. 143) *Microphlebia*

3.5. Famille des Baetidae

1 - Griffe tarsale aplatie, développée transversalement (Fig. 148)..... *Camelobaetidius*

1' - Griffe tarsale développée longitudinalement (Fig. 160)..... 2

2 - Branchies différenciées en 2 ou 3 feuillet superposés (Fig. 156)..... *Callibaetis*

2' - Branchies différenciées en 1 seul feuillet..... 3

3 - Certaines pièces buccales de type perforant, carnivore (mandibules : Fig. 157; maxilles : Fig. 158)..... *Harpagobaetis*

3' - Pièces buccales classiques, non carnivores..... 4

4 - Palpe labial à article 2 très grêle et saillant vers l'intérieur (Fig. 163); paraglosse très développée (Fig. 163)..... *Tomedontus*

4' - Palpes labiaux normalement développés, non grêles..... 5

5 - Une courte rangée de soies serrées implantées transversalement sur le tibia (Fig. 171 a, 172) et une autre oblique, plus longue et aux soies plus espacées, sur le tarse (Fig. 171 a, 172) *Cloeodes*

5' - Pas de telles rangées de soies sur le tibia et le tarse..... 6

6 - Denticules tarsaux totalement absents, sur une griffe très longue et étroite, subrectiligne (Fig. 227); palpe labial de forme caractéristique avec une arête antérieure subrectiligne ou légèrement concave et un coin interne saillant (Fig. 224)..... *Apobaetis*

6' - Des denticules tarsaux, de taille très variable..... 7

7 - Denticules tarsaux petits ou vestigiaux, peu visibles..... 8

7' - Au moins une partie des denticules tarsaux bien développés et visibles..... 9

8 - Denticules tarsaux peu nombreux et dont l'implantation, souvent irrégulière, n'atteint pas ou ne dépasse guère la moitié proximale de la griffe (Fig. 175)	
.....	<i>Paracloeodes</i>
8' - Denticules tarsaux dont la disposition, régulière, forme une sorte d'ellipse, dépassant nettement la moitié de la longueur de la griffe (Fig. 178).....	<i>Rivudiva</i>
9 - Griffe tarsale armée de deux rangées parallèles de denticules, nettement établies et de taille croissante vers l'apex (Fig. 185).....	10
9' - Griffe tarsale portant tout au plus une seule rangée de denticules (Fig. 181).....	11
10 - Article 2 du palpe maxillaire très développé du côté interne, relativement anguleux et conférant au palpe un aspect bilobé (Fig. 180); pas de soie sensorielle près de l'apex de la griffe tarsale (Fig. 181); fémurs très grêles (Fig. 182); une protubérance médiane sur le mésosternum.....	<i>Waltzoyphius</i>
10' - Palpe maxillaire long, étroit, surtout développé par son article 2, et non bilobé (Fig. 183); une soie sensorielle près de l'apex de la griffe tarsale (Fig. 185); fémurs normalement développés (Fig. 189); pas de protubérance médiane sur le mésosternum.....	<i>Spiritiops</i>
11 - Denticule tarsal le plus distal, sous la griffe, aussi long et épaissi que cette dernière (Fig. 192).....	<i>Guajirolus</i>
11' - Denticule tarsal le plus distal beaucoup plus court et fin que la griffe elle-même	12
12 - Article 2 du palpe labial avec une projection interne, conférant au palpe un aspect bilobé (Fig. 193)	13
12' - Article 2 du palpe labial dépourvu de projection interne (Fig. 205)	14
13 - Paraglosses étroites, subégales aux glosses (Fig. 193).....	<i>Cryptonympha</i>
13' - Paraglosses nettement plus larges et plus longues que les glosses, avec leurs bords interne et externe parallèles sur la plus grande partie de leur longueur (Fig. 200)	
.....	<i>Americabaetis</i>
14 - Palpe labial long, présentant un article 2 particulièrement allongé et étroit, ainsi qu'un article 3 très réduit (Fig. 212); glosses très développées, plus longues que les paraglosses.....	<i>Adebrotus</i>
14' - Article 2 du palpe labial plus court que l'article 1, article 3 volumineux, tronconique à l'apex ou largement arrondi.....	15

- 15 - Article 2 du palpe labial étroit, concave du côté interne, article 3 tronconique à l'apex (Fig. 219); palpe maxillaire à trois articles (Fig. 220).....*Aturbina*
- 15' - Article 2 du palpe labial large, convexe du côté interne, article 3 largement arrondi à l'apex (Fig. 205); palpe maxillaire à deux articles (Fig. 206).....*Zelus*

Chapitre V

Proposition d'un premier indice de qualité des eaux guyanaises basé sur les communautés d'Ephémères : le SMEG (Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane)

Les Ephéméroptères sont considérés comme de bons indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes (LENAT 1988, 1993, ROSENBERG & RESH, 1993 etc.).

Relativement faciles à déterminer au niveau taxonomique du genre, les larves colonisent, tout particulièrement en Guyane, un grand nombre d'habitats : roche en place, pierres, graviers, sables grossiers, sédiments fins, accumulations de feuilles, réseaux racinaires, bois flotté etc. Quantitativement, c'est l'ordre du benthos lotique le plus abondant sur fond pierreux (sauts) (thèse de HOREAU & RICHARD 1996, p 76). Qualitativement, le nombre de genres connus en Guyane est actuellement de 42 (dont 37 nommés), soit plus que les Hétéroptères et les Coléoptères réunis (DESU de F. DEPUY, 2000).

En ce qui concerne la bioindication, l'unité systématique " genre " est très supérieure à l'unité " famille ", beaucoup plus hétérogène, entre autres au plan de la polluosensibilité. Nous proposons ci-après un premier indice biologique basé sur les données de l'inventaire dressé au chapitre III.

Cet indice constitue une première base de travail qui sera affinée au fur et à mesure des progrès des connaissances sur cet ordre d'insectes à la fois dans les domaines de la systématique générique (très avancée maintenant), de la répartition géographique des genres et des réponses de ce matériel biologique aux perturbations anthropiques.

Au départ, le développement de notre indice a été inspiré d'une méthode proposée récemment en Italie par BUFFAGNI (1997); mais depuis la première version de notre contribution —remise en décembre 2000— nous avons sensiblement modifié ce concept pour mieux l'adapter aux conditions locales, très différentes de l'Europe.

L'indice guyanais est donc basé sur un score, c'est à dire pour chaque station sur l'addition d'unités opérationnelles (ou U.O., ici les genres), chacune d'elle étant affectée d'un coefficient traduisant sa polluosensibilité. Cinq catégories sont retenues, contre trois en décembre 2000, en raison de notre meilleure connaissance du matériel biologique. A terme, il est à peu près certain que chaque taxon pourra être affecté d'un coefficient individuel plus précis, à un chiffre et une décimale, donc plus efficace, à l'instar par

exemple du système développé par LENAT (1993) en Caroline du Nord... sur des taxons beaucoup mieux connus au plan écologique.

Après notre contribution en systématique, une étude écologique, au moins des genres et espèces les plus répandus, sera au préalable indispensable.

Catégories des coefficients retenues actuellement (*Tableau 2*) :

- 1 = Très peu polluosensible;
- 2 = Peu polluosensible;
- 3 = Moyennement polluosensible;
- 4 = Polluosensible;
- 5 = Très polluosensible.

Dans les limites des relevés étudiés (la méthode des substrats artificiels n'a pas pu être utilisée, malgré nos préconisations) et aussi dans les limites des analyses chimiques disponibles, peu nombreuses, on peut dire que :

- la classe 1 regroupe des genres présents en aval de perturbations anthropiques notables et durables (exploitation de filons aurifères, rejets domestiques et pollutions agricoles);

- la classe 3 regroupe à la fois :

- a) des genres présents dans les conditions précédentes mais avec des baisses d'effectifs très élevées (> 90%) par rapport aux stations de référence [souvent il s'agit de matériel à très forte dérive];

- b) des genres communs, à large valence écologique et souvent présents en aval d'influences anthropiques modérées.

- la classe 5 regroupe les genres présents seulement sur les sites non impactés. Il s'agit le plus souvent de taxa peu abondants, rencontrés en particulier dans les petites criques.

- les classes 2 et 4 sont intermédiaires et en grande partie issues de la classe 3 de la version précédente de l'indice.

Le progrès des connaissances pourra entraîner à l'avenir quelques changements de classes, en particulier pour des genres considérés actuellement comme rares.

D'ailleurs, il faut bien se garder de négliger les taxons rares dans une telle étude. Si isolément ils présentent peu d'intérêt au plan de la bioindication, plusieurs taxons rares présents à une même station constituent un groupement beaucoup plus sensible que les formes communes, car ils sont bien plus proches de leurs limites écologiques. Pour l'instant toutefois, en raison du manque de connaissances fondamentales à leur sujet (ailleurs qu'en Guyane Française aussi !...), leur utilisation comme bioindicateurs doit se faire avec prudence.

L'avantage majeur présenté par l'indice italien de BUFFAGNI (1997) sur le système des IBG [et de bien d'autres indices européens] réside dans le fait qu'il tient mieux compte de la diversité assez réduite, voire même très faible, observée dans beaucoup de cours d'eau d'ordre 1, de très faible largeur et vierges d'influences anthropiques directes. De tels cours d'eau ne présentent pas encore, trop près des sources, une importante diversité de microhabitats et par conséquent ils abritent des communautés de macroinvertébrés à la fois fragiles et souvent encore peu diversifiées : c'est typiquement le cas pour les petits ruisseaux de haute montagne en Europe.

Par rapport à notre version préliminaire de l'indice (décembre 2000), à la suite du constat de la très grande diversité observée sur plusieurs rivières guyanaises [17 genres par relevé sur le Grand Inini, 14 à Kourcibo], caractéristique qui représente toujours en soi un élément biologique très favorable, nous avons introduit dans le calcul du SMEG un additif à faible coefficient, pour prendre en compte cette diversité. En effet, deux stations à score moyen égal (en particulier si elles sont situées sur le même cours d'eau) nous paraissent devoir être discriminées en faveur de celle qui possède la plus forte diversité.

La méthode de calcul de l'indice Ephémères de Guyane, nouvelle version, consiste donc en trois étapes:

- l'établissement d'un Score Total, résultant de la somme des scores individuels des unités opérationnelles (U.O.) répertoriées à la station considérée;
- le calcul d'un Score Moyen, obtenu à partir du Score Total, divisé par le nombre d'U.O.
- enfin, l'addition de l' "apport diversité ", chaque taxon comptant pour 0,1 point seulement.

On remarque que le SMEG classe maintenant au premier rang à la fois les petites criques courantes sans influences anthropiques directes mais à faible diversité et les petites rivières peu ou pas impactées, présentant une bien plus grande diversification des microhabitats.

Nous proposons les six classes de qualité (voir aussi le *Tableau 3*) 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 (appartenant à la catégorie 1);

- VI : cours d'eau très dégradés en continu, dépourvus de communautés de macroinvertébrés polluosensibles (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères etc.).

En fait, la situation sur les stations guyanaises proposées est généralement assez satisfaisante et n'apparaît vraiment catastrophique qu'à Karouabo et surtout à Kerenroch.

Le *Tableau 4* regroupe et résume les résultats obtenus aux différentes stations d'étude. Enfin le détail des relevés station par station est présenté, soit comparativement à la même date sur une même feuille, soit noté individuellement, comme les petites criques.

Perspectives d'avenir

Un éventuel développement ultérieur -à l'instar d'un indice utilisé en Caroline du Sud (LENAT 1993)- permettrait dans un futur proche (2002-2003) :

- d'accroître le nombre des unités opérationnelles;
- et aussi d'affecter à chacune d'entre elles un coefficient de polluosensibilité individuel, précis jusqu'à une décimale, donc beaucoup plus fin.

Un tel projet n'est ni utopique, ni même risqué.

Ainsi, prenons l'exemple du genre *Camelobaetidius* (Baetidae) qui est, à cause de son abondance (plus de 1/5 du total des Ephémères guyanais!), celui que nous étudions actuellement en priorité : DOMINIQUE *et al.*, à paraître. Il compte 2 groupes de 2 espèces, très FACILES à séparer sur la longueur du paracerque, court ou long. Tout comme en Europe, les Baetidae à paracerque court colonisent toujours des zones de courant vif et sont plus polluosensibles que les formes à paracerque long. En Guyane aussi, de toute évidence, la polluosensibilité des deux formes est différente avec un remplacement amont-aval des " paracerques courts " par les " paracerques longs ". En outre, scinder le genre *Camelobaetidius* en ces deux unités opérationnelles de valeur indicatrice différente ne va présenter aucun surcroît de difficulté à un bon technicien spécialisé. Dans d'autres cas, inverses, c'est à dire soit d'une faible diversité spécifique des genres, soit d'une sensible difficulté technique à séparer les espèces, soit encore d'une polluosensibilité de ces

dernières apparaissant voisine de l'une à l'autre, l'U.O. pourra rester le genre, tout comme dans les cas difficiles des relevés Nord Américains.

Pour terminer, nous nous devons absolument de citer ROSENBERG & RESH (1993):
" Enfin, quoiqu'apparaisse de façon évidente la nécessité du développement d'une écologie appliquée, il est impossible d'appliquer un savoir qu'on ne possède pas. Une solide connaissance de l'écologie des macroinvertébrés est une condition préalable à la mise en oeuvre de toute approche biologique à la gestion d'un écosystème ".

Cette citation s'applique tout particulièrement au macrobenthos des eaux douces guyanaises. Le progrès de l'élaboration de tout indice de la qualité de l'eau, concernant les macroinvertébrés lotiques de ce pays, passe prioritairement par le développement d'études fondamentales.

Travaux cités

- Buffagni, A. 1997. Mayfly community composition and the biological quality of streams. *Ephemeroptera & Plcoptera : Biology-Ecology-Systematics*, P. Landolt & M. Sartori (Eds), MTL, Fribourg : 235-246.
- Curtis, J. 1834. Descriptions of some nondescript British species of May-flies of anglers. *London and Edinburg Philosophical Magazine and Journal of Science*, 4: 120-122.
- Day, W.C. 1955. New genera of mayflies from California (Ephemeroptera). *The Pan-Pacific Entomologist*, 31: 121-137.
- Demoulin, G. 1966. Contribution à l'étude des Ephéméroptères du Surinam. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*, 42 (37): 1-22.
- Depuy, F. 2000. Les Hétéroptères et les Coléoptères de la Guyane française : Etude faunistique appliquée à une évaluation de la qualité de l'eau. Diplôme d'Etudes Supérieures Universitaires, Univ. Toulouse : 193 p.
- Dominguez, E., M.D. Hubbard & M.L. Pescador. 1999. *Checklist of the Ephemeroptera of South America*. Liste Internet; Ephemeroptera Galactica; <http://www.Famu.org/mayFly/sacat.html>; mise à jour : 11 décembre 1999.
- Dominique, Y., A. Thomas, K. Orth & C. Dauta. 2000. Les Ephémères de la Guyane Française. 2. *Camelobaetidioides billi* et *C. janae* n. spp. (Ephemeroptera, Baetidae). *Ephemer*, 2 (1) : 39-48.
- Eaton, A.E. 1868. An outline of a re-arrangement of the genera of Ephemeridae. *Entomologist's monthly Magazine*, 1868: 82-91.
- Eaton, A.E. 1871. A monograph on the Ephemeridae. *Transactions of the entomological Society of London*, 19: 1-164 + VI pl.

- Eaton, A.E. 1881. An announcement of new genera of the Ephemeridae. *Entomologist's monthly Magazine*, 17:191-197.
- Eaton, A.E. 1882. An announcement of new genera of the Ephemeridae. *Entomologist's monthly Magazine*, 18: 207-208.
- Edmunds, G.F. 1963. A new genus and species of mayfly from Peru (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *The Pan-Pacific Entomologist*, 39: 34-36.
- Flowers, R.W. 1985. *Guajirolus*, a new genus of neotropical Baetidae (Ephemeroptera). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 20 (1): 27-31.
- Flowers, R.W. & E. Dominguez. 1992. New genus of Leptophlebiidae (Ephemeroptera) from Central and South America. *Annals of the entomological Society of America*, 85 (6): 655-661.
- Horeau, V. 1996. La mise en eau de la retenue hydroélectrique de Petit-Saut (Guyane). Hydrobiologie 1 - du fleuve Sinnamary avant la mise en eau, 2 - de la retenue pendant la mise en eau, 3 - du fleuve en aval. Thèse Univ. Aix-Marseille 1. 250 p.
- Kluge, N.Y. 1992. Cuban mayflies of the family Baetidae (Ephemeroptera) , 2. Subgenera *Cariibaetis* subgen. n. and *Americabaetis* subgen. n. of the genus *Baetis* s.l. *Zoologicheskii Zhurnal*, 71 (4):13-20. [En Russe].
- Lenat, D.R. 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society* , 7(3): 222-233.
- Lenat, D.R. 1993. A biotic index for the southeastern United States : derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. *Journal of the North American Benthological Society* , 12: 279-290.
- Lugo-Ortiz, C.R. & W.P. McCafferty. 1995. Three distinctive new genera of Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) from South America. *Annales de Limnologie*, 31 (4): 233-243.
- Lugo-Ortiz, C.R. & W.P. McCafferty. 1998. Five new genera of Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) from South America. *Annales de Limnologie*, 34 (1): 57-73.
- Mol, H. 1986. *Harpagobaetis gulosus* gen. nov., sp. nov., a new mayfly from Suriname (Ephemeroptera: Baetidae). *Zoölogische Mededelingen*, 60 (4): 63-70.
- Needham, J.G. & H.E. Murphy. 1924. Neotropical mayflies. *Bulletin of the Lloyd Library*, 24, Ent. ser., 4 : 1-79.
- Orth, K. 2000. Etude préliminaire des Ephéméroptères de la Guyane Française : systématique, répartition géographique et potentiel bioindicateur. Diplôme d'Etudes Universitaires, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 99 p.
- Orth, K., A. Thomas, C. Dauta, V. Horeau, S. Brosse & C. Ademmer. 2000. Les Ephémères de la Guyane Française. 1. Premier inventaire générique à but de biosurveillance. *Ephemera*, 2 (1) : 25-38.

- Peters, W.L. 1981. *Coryphorus aquilus*, a new genus and species of Tricorythidae from the Amazon Basin (Ephemeroptera). *Aquatic Insects*, 3 (4): 209-217.
- Rosenberg, D.M. and V.H. Resh, V.H. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York.
- Savage, H. M. & W.L. Peters. 1978. *Fittkaulus maculatus* a new genus and species from northern Brazil (Leptophlebiidae: Ephemeroptera). *Acta amazonica*, 8 (2): 293-298.
- Savage, H. M. & W.L. Peters. 1982. Systematics of *Miroculis* and related genera from northern South America (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *Transactions of the American entomological Society*, 108: 491-600.
- Stephens, J.F. 1835. Illustrations of British Entomology, Mandibulata, 6: 53-70.
- Thomas, A.G.B. 1975. Ephéméroptères du Sud-Ouest de la France. I.- Migrations d'imagos à haute altitude. *Annales de Limnologie*, 11 (1) : 47-66.
- Thomas, A., K. Orth, V. Horeau & Y. Dominique. 2000. Les Ephémères de la Guyane Française. 3. *Bessierus doloris* n. gen., n. sp. (Ephemeroptera, Leptophlebiidae). *Ephemera*, 2 (1) : 49-57.
- Traver, J.R. 1938. Mayflies of Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Porto Rico*, 22: 5-42.
- Traver, J.R. 1959. Uruguayan mayflies. Family Leptophlebiidae: I. *Revista de la Sociedad uruguaya de Entomologia*, 3: 1-13.
- Ulmer, G. 1919. Neue Ephemeropteren. *Archiv für Naturgeschichte*, A, 11: 1-80.
- Ulmer, G. 1920. Uebersicht ueber die gattungen der Ephemeropteren, nebst Bemerkungen ueber einzelne Arten. *Stettiner entomologische Zeitung*, 81: 97-144.
- Walsh, B.J. 1863. (Ephemeridae in) Observations on certain N. A. Neuroptera, by H. Hagen, M.D., of Koenigsberg, Prussia; translated from the original French MS., and published by permission of the author with notes and descriptions of about twenty new N. A. species of Pseudoneuroptera. *Proceedings of the entomological Society of Philadelphia*, 2 : 169-179; 188-210.

SCORE
individuel
(provisoire)

43 UNITES OPERATIONNELLES
(dont 42 Genres)

1	Très peu polluosensibles (4 U. O.)	
	<i>Caenis</i>	<i>Callibaetis</i>
	<i>Aturbina</i>	<i>Cloeodes</i>
2	Peu polluosensibles (8 U. O.)	
	<i>Asthenopus</i>	<i>Lentvaaria</i>
	<i>Campsurus</i>	<i>Apobaetis</i>
	<i>Bessierus</i>	<i>Harpagobaetis</i>
	<i>Hydrosmilodon</i>	<i>Paracloeodes</i>
3	Assez polluosensibles (10 U. O.)	
	<i>Hexagenia</i>	<i>Americabaetis</i>
	<i>Tricorythodes</i>	<i>Camelobaetidius</i> à paracercue long
	<i>Hermanella sensu lato</i>	<i>Spiritiops</i>
	<i>Simothraulopsis</i>	<i>Waltzoyphius</i>
	<i>Terpides</i>	<i>Oligoneuriidae gen. sp. 2</i>
4	Polluosensibles (9 U. O.)	
	<i>Brachycercus</i>	<i>Microphlebia</i>
	<i>Leptohyphes</i>	<i>Camelobaetidius</i> à paracercue court
	<i>Fittkaulus</i>	<i>Tomedontus</i>
	<i>Hagenulopsis</i>	<i>Zelus</i>
		<i>Oligoneuriidae gen. sp. 1</i>
5	Très polluosensibles (12 U. O.)	
	<i>Campylocia</i>	<i>Genre X</i>
	<i>Coryphorus</i>	<i>Genre Y</i>
	<i>Miroculis</i>	<i>Adebrotus</i>
	<i>Thraulodes</i>	<i>Cryptonympha</i>
	<i>Ulmeritoides</i>	<i>Guajirolus</i>
	<i>Genre U</i>	<i>Rivudiva</i>

Tableau II. EPHEMEROPTERES DE GUYANE ET INDICE SMEG. Unités opérationnelles (U.O.) et leurs scores individuels

PROPOSITION DE CLASSES D'INTEGRITE DES COURS D'EAU GUYANAIS

BASEES SUR LES COMMUNAUTES D'EPEHEMEROPTERES

Nombre d' U. O.	Score Moyen S M E G	Communauté des Ephémères	Classe d'intégrité	Etat des cours d'eau
au moins 4	$i > 4,5$	naturelle ou presque naturelle	I	criques de faible largeur ou petites rivières sans impact anthropique notable
au moins 4	$4 < i < 4,5$	peu altérée	II	rivières faiblement impactées, ou bien stations suffisamment éloignées des impacts pour une récupération importante
au moins 4	$3 < i < 4$	assez altérée	III	influences anthropiques durables mais d'intensité moyenne
au moins 3	$2 < i < 3$	fortement altérée	IV	rivières exposées à des impacts anthropiques aigus et soutenus ou à conditions naturelles défavorables (oxygénation, matière organique)
au moins 1	$1 < i < 2$	détruite; survie des U.O. de catégorie 1	V	pollutions importantes; fort déficit en O ₂ et/ou substratum très modifié
aucune U. O.	0	pas d'Ephémères	VI	cours d'eau dépourvus de macroin-vertébrés polluosensibles (EPT etc.)

Tableau III. LES SIX CLASSES D'INTEGRITE DES COURS D'EAU GUYANAIS BASEES SUR LES COMMUNAUTES D'EPEHEMEROPTERES ET SUR L'INDICE SMEG.

Classe	Valeur S M E G (septembre 2001)	nombre d'U. O.	cours d'eau / stations	Mois	Matériel
I	4.8	6	Cr. "Sangsue"	décembre	CESAC
I	4.8	17	Grand Inini	janvier	HYDRECO
I	4.7	5	Cr. "Roténone"	décembre	CESAC
I	4.7	16	Grand Inini	juin	HYDRECO
I	4.7	17	Grand Inini à Saut Equerre	juin	CESAC
I	4.6	6	Cr. Saint-Martin	septembre	CESAC
I	4.6	14	Kourcibo	novembre	CESAC
II	4.5	5	Cr. Venus	septembre	CESAC
II	4.3	12	Maroni amont Maripasoula	juin	HYDRECO
II	4.3	7	Cr. "Louée"	décembre	CESAC
II	4.3	7	Cr. Venus	juin	HYDRECO
II	4.2	4	Cr. Venus	décembre	HYDRECO
II	4.2	4	Cr. Mancellière	août	CESAC
II	4.2	12	Kourcibo	juin	CESAC
II	4.2	9	Maroni à Langa Tabiki	octobre	HYDRECO
II	4.1	12	Takari-Tanté	novembre	HYDRECO
II	4.1	12	Takari-Tanté	juillet	HYDRECO
II	4.1	13	Comté à saut Lysis	octobre	HYDRECO/CESAC
II	4.1	13	Maroni aval Maripasoula	janvier	HYDRECO
II	4.1	13	Riv. Camopi	mai	HYDRECO
III	4	12	Saut Sonnelle	juin	HYDRECO
III	3.9	5	Comté à Saut Lysis	juin-juillet	HYDRECO
III	3.9	9	Saut Lucifer	novembre	HYDRECO
III	3.9	11	Saut Lucifer	juillet	HYDRECO
III	3.8	6	Maroni à Langa Tabiki	juin	HYDRECO
III	3.8	12	Leblond	novembre	CESAC
III	3.7	7	Leblond	juin	CESAC
III	3.7	9	Saut Sonnelle	janvier	HYDRECO
III	3.7	9	Tampock	juin	HYDRECO
III	3.6	11	Tampock	janvier	HYDRECO
III	3.6	11	Malmanoury	juillet	HYDRECO
III	3.6	9	Petit Inini	juin	HYDRECO
III	3.6	8	Petit Inini aval Dorlin	juin	CESAC
III	3.6	11	Maroni aval Maripasoula	juin	HYDRECO
III	3.5	10	Oyapock amont Camopi	novembre	HYDRECO
III	3.3	9	Maroni amont Maripasoula	janvier	HYDRECO
III	3.3	8	Maroni à Langa Tabiki	octobre	HYDRECO
III	3.3	5	Oyapock à Saut Maripa	mai	HYDRECO
III	3.1	6	Comté à Loiseau	octobre	HYDRECO/CESAC
IV	2.9	5	Comté à Loiseau	juin-juillet	HYDRECO/CESAC
IV	2.9	6	Kounana aval	octobre	CESAC/GAIA

IV	2.9	5	Kounana amont	octobre	CESAC/GAIA
IV	2.7	5	Riv. Camopi	novembre	HYDRECO
IV	2.4	4	Orapu aval	octobre	CESAC/GAIA
V	1.7	1	Karouabo	décembre	HYDRECO
V	1.1	1	Karouabo	juillet	HYDRECO
V	1.1	1	Sinnamary à Kerenroch	juillet	HYDRECO
VI	0	0	Sinnamary à Kerenroch	juin	CESAC
VI	0	0	Sinnamary à Kerenroch	décembre	CESAC

Tableau IV. VALEURS DE L'INDICE SMEG AUX COURS D'EAU OU STATIONS ETUDIES

COURS D'EAU OU STATION :

Crique Saint-Martin
(Montagne de Kaw)
(mois de septembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campylocia</i>	5				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	3				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hagenulopsis</i>	4				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
		6	24	0.6	4.6

COURS D'EAU OU STATION :

Crique "Sangsue", affluent du Sinnamary
(le 3e aval de Petit Saut)
(mois de décembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Campylocia</i>	5				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Ulmeritoides</i>	5				
<i>Genre U</i>	5				
		6	25	0.6	4.8

COURS D'EAU OU STATION :

Crique Mancellière
(Région de Cayenne)
(mois d'août)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campylocia</i>	5				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hagenulopsis</i>	4				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
		4	15	0.4	4.2

COURS D'EAU OU STATION :

Crique Venus, affluent du Sinnamary
(mois de juin) Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campylocia</i>	5				
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Ulmeritoides</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
		7	25	0.7	4.3

COURS D'EAU OU STATION :

Crique Venus
(mois de septembre) CESAC

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campylocia</i>	5				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hagenulopsis</i>	4				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Genre U</i>	5				
		5	20	0.5	4.5

COURS D'EAU OU STATION :

Crique "Venus"
(aval de Petit Saut)
(mois de décembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campylocia</i>	5				
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Genre U</i>	5				
		4	15	0.4	4.2

COURS D'EAU OU STATION :

Crique "Louée", affluent du Sinnamary
(le 1er en aval de Petit Saut)
(mois de décembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campylocia</i>	5				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Hagenulopsis</i>	4				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Waltzoyphius</i>	3				
		7	25	0.7	4.3

COURS D'EAU OU STATION :

Crique "Roténone", affluent du Sinnamary
(le 2e en aval de Petit Saut)
(mois de décembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campylocia</i>	5				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hagenulopsis</i>	4				
<i>Microphlebia</i>	4				
<i>Miroculis</i>	5				
		5	21	0.5	4.7

Remarque :

Le Score Moyen des Ephémères de Guyane reste efficace -c'est à dire élevé- pour les petites criques non anthropisées, en dépit d'une diversité relativement faible (cours d'eau d'ordre 1 ou 2), contrairement à la famille des IBG.

COURS D'EAU OU STATION :

Karouabo
(mois de juillet)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Callibaetis</i>	1				
		1	1	0.1	1.1

COURS D'EAU OU STATION :

Karouabo

(mois de décembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Caenis</i>	1				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
		2	3	0.2	1.7

Remarque:

Le score à Karouabo est très défavorable aux deux périodes et particulièrement en juillet.

En outre, les effectifs de larves sont tous très faibles.

COURS D'EAU OU STATION :

Malmanoury

(mois de juillet)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Microphlebia</i>	4				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Apobaetis</i>	2				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
<i>Waltzophius</i>	3				
		11	28	1.1	3.6

COURS D'EAU OU STATION :

Malmanoury

(mois de novembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Microphlebia</i>	4				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Apobaetis</i>	2				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
		8	20	0.8	3.3

COURS D'EAU OU STATION :

Kounana aval du Petit Couacou
(mois d'octobre) CESAC/Gaïa

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Caenis</i>	1				
<i>Leptophlebiidae</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
		6	11	0.6	2.9

COURS D'EAU OU STATION :

Kounana amont Cr. Mirat
(mois d'octobre) CESAC/Gaïa

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
<i>Tomedontus</i>	4				
<i>Zelus</i>	4				
		5	12	0.5	2.9

COURS D'EAU OU STATION :

Orapu en aval de la Kounana
(mois d'octobre) CESAC/Gaïa

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
<i>Zelus</i>	4				
		4	8	0.4	2.4

COURS D'EAU OU STATION :

Comté Saut Lysis
amont de Cacao
(mois d'octobre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Lentvaaria</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Ulmeritoides</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Guajirolus</i>	5				
		13	37	1.3	4.1

COURS D'EAU OU STATION :

Comté Loiseau
aval de Cacao
(mois d'octobre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Lentvaaria</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Genre X</i>	5				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
		6	15	0.6	3.1

Remarque :

En raison des difficultés d'échantillonnage (profondeur, marnage),
l'utilisation de substrats artificiels est à préconiser particulièrement à cette station.

COURS D'EAU OU STATION :

Comté Saut Lysis
amont de Cacao
(mois de juin/juillet)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Zelus</i>	4				
		5	17	0.5	3.9

COURS D'EAU OU STATION :

Comté Loiseau
aval de Cacao
(mois de juin/juillet)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Oligoneuriidae gen. sp. 1</i>	4				
		5	12	0.5	2.9

Remarque :

La baisse sensible de l'indice SMEG, comparable aux deux périodes (1 point),
pourrait impliquer la présence de pesticides dans l'eau en aval de Cacao.

COURS D'EAU OU STATION :

Oyapock
amont de Camopi
(mois de novembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Bessierus</i>	2				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Lentvaaria</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Adebrotus</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Callibaetis</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
		10	25	1	3.5

Remarque :

Il ne nous est parvenu que le matériel d'une seule campagne de prélèvements.

Indice à confirmer à l'avenir sur une autre série de prélèvements.

COURS D'EAU OU STATION :

Rivière Camopi
amont de Camopi
(mois de novembre)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Bessierus</i>	2				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
		5	11	0.5	2.7

COURS D'EAU OU STATION :

Rivière Camopi
amont de Camopi
(mois de mai)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Lentvaaria</i>	2				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Ulmeritoides</i>	5				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
		13	37	1.3	4.1

COURS D'EAU OU STATION :

Oyapock
Saut Maripa
(mois de mai)

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
		5	14	0.5	3.3

Remarque :

Il ne nous est parvenu que le matériel d'une seule campagne de prélèvements.

Indice à confirmer à l'avenir sur une autre série de prélèvements.

COURS D'EAU OU STATION :

Rivière Kourcibo (Sinnamary)

(mois de juin)

CESAC

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport diversité	SMEG
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc court*</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long**</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Spiritiops</i>	3				
<i>Oligoneuriidae gen. sp 1</i>	4				
		12	36	1.2	4.2

*pc court = paracerque court

**pc long = paracerque long

COURS D'EAU OU STATION :

Rivière Leblond (Sinnamary)

(mois de juin)

CESAC

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
		7	21	0.7	3.7

Remarque :

L'indice SMEG sépare les deux stations, même par hautes eaux.

Il faut préciser que la comparaison oppose directement une rivière impactée par l'orpaillage (Leblond) à une autre rivière affluent, non ou très peu impactée par ce type de perturbation (Kourcibo).

COURS D'EAU OU STATION :

Rivière Kourcibo (Sinnamary)
(mois de novembre) CESAC

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Lentvaaria</i>	2				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Thraulodes</i>	5				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
<i>Rivudiva</i>	5				
<i>Spiritiops</i>	3				
		14	45	1.4	4.6

COURS D'EAU OU STATION :

Rivière Leblond (Sinnamary)
(mois de novembre) CESAC

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Asthenopus</i>	2				
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Lentvaaria</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
<i>Paracloeodes</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
		12	31	1.2	3.8

Remarque :

Par rapport au mois de juin, les basses eaux permettent d'observer une diversité plus élevée qu'en hautes eaux, et ce aux deux stations (accès aux substrats plus aisé). Par contre, la comparaison des communautés des deux cours d'eau montre un impact plus marqué qu'en hautes eaux, ce qui était prévisible (dilution moindre).

COURS D'EAU OU STATION :

Takari Tanté (Sinnamary)

(mois de novembre)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Lentvaaria</i>	2				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidiu</i> pc court	4				
<i>Camelobaetidiu</i> pc long	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
		12	35	1.2	4.1

COURS D'EAU OU STATION :

Saut Lucifer (Sinnamary)

(mois de novembre)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Ulmeritoides</i>	5				
<i>Camelobaetidiu</i> pc court	4				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
		9	27	0.9	3.9

Remarque :

Par rapport à Takari Tanté, présence à Saut Lucifer
du genre *Campsurus*, fouisseur dans les dépôts de sédiments.

COURS D'EAU OU STATION :

Takari Tanté (Sinnamary)

(mois de juillet)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
		12	35	1.2	4.1

COURS D'EAU OU STATION :

Saut Lucifer (Sinnamary)

(mois de juillet)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
<i>Waltzohyphius</i>	3				
		11	31	1.1	3.9

Remarque :

On relève la stabilité de la situation et aussi de l'indice SMEG, absolument identique aux deux campagnes de prélèvements pour les deux stations. Les différences entre ces dernières sont toutefois moins marquées qu'entre Kourcibo et Leblond, aux deux périodes puisque l'impact amené par Leblond est dilué par Kourcibo.

COURS D'EAU OU STATION :		Sinnamary à Kerenrock (mois de juin) CESAC			
Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
néant		0	0	0	0

COURS D'EAU OU STATION :		Sinnamary à Kerenrock (mois de juillet) Hydréco			
Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Aturbina*</i>		1	1	0.1	1,1*

* : score à vérifier (une seule larve capturée)

COURS D'EAU OU STATION :		Sinnamary à Kerenrock (mois de décembre) CESAC			
Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U.O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
néant		0	0	0	0

Remarque :

Cette station révèle une situation biologique absolument catastrophique en ce qui concerne les macro-invertébrés lotiques, guère décelable au seul examen des résultats des analyses physico-chimiques de l'eau.

COURS D'EAU OU STATION :

Maroni

amont de Maripasoula

(mois de janvier)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
		9	22	0.9	3.3

COURS D'EAU OU STATION :

Maroni

aval de Maripasoula

(mois de janvier)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Brachycercus</i>	4				
<i>Caenis</i>	1				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Lentvaaria</i>	2				
<i>Microphlebia</i>	4				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
		13	36	1.3	4.1

Remarque :

Présence en aval, de deux genres (non trouvés en amont),
caractéristiques de dépôts fins : *Brachycercus* (probablement fragile) et *Caenis*.

COURS D'EAU OU STATION :

Grand Inini (Maroni)

(mois de juin)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Thraulodes</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Cryptonympha</i>	5				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
<i>Oligon. gen. sp 1</i>	4				
<i>Oligon. gen. sp 2</i>	3				
		16	50	1.6	4.7

COURS D'EAU OU STATION :

Petit Inini (Maroni)

(mois de juin)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Oligon. gen. sp 2</i>	3				
		9	24	0.9	3.6

COURS D'EAU OU STATION :

Maroni à Langa Tabiki

(mois de juin)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius</i> pc long	3				
		6	19	0.6	3.8

COURS D'EAU OU STATION :

Maroni à Langa Tabiki

(mois d'octobre)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Leptohyphes</i> sensu lato	4				
<i>Fittkaulus</i>	4				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Ulmeritoides</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius</i> pc long	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
		9	30	0.9	4.2

Remarque:

Le nombre total de genres d'Ephémères qui colonisent la station est de 11, ce qui est favorable pour un cours d'eau de cette importance.

COURS D'EAU OU STATION :

Tampok

(mois de janvier)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Caenis</i>	1				
<i>Leptohyphes</i> sensu lato	4				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Ulmeritoides</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Apobaetis</i>	2				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius</i> pc long	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
		11	27	1.1	3.6

COURS D'EAU OU STATION :

Tampok
(mois de juin)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
		9	25	0.9	3.7

COURS D'EAU OU STATION :

Maroni
amont de Maripasoula
(mois de juin)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Genre Y</i>	5				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
		13	39	1.3	4.3

COURS D'EAU OU STATION :

Maroni

aval de Maripasoula

(mois de juin)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Bessierus</i>	2				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Microphlebia</i>	4				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Terpides</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
		11	28	1.1	3.6

COURS D'EAU OU STATION :

Saut Sonnelle

(mois de juin)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Miroculis</i>	4				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Paracloeodes</i>	2				
		12	33	1.2	4

COURS D'EAU OU STATION :

Saut Sonnelle

(mois de janvier)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
		9	25	0.9	3.7

COURS D'EAU OU STATION :

Grand Inini (Maroni)

(mois de janvier)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Bessierus</i>	2				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Microphlebia</i>	4				
<i>Miroculis</i>	5				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Thraulodes</i>	5				
<i>Genre Y</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
<i>Paracloeodes</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
		17	53	1.7	4.8

COURS D'EAU OU STATION :

Petit Inini (Maroni)

(mois de janvier)

Hydréco

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Miroculis</i>	5				
		2	8	0.2	4.2 (non valide)

Remarque :

- Nous n'avons pas reçu la plus grande partie du matériel collecté en janvier à cette station.
- Un tel score ne peut être validé qu'avec au moins 4 U. O.

COURS D'EAU OU STATION :

Grand Inini Saut Equerre (Maroni)

(mois de juin)

CESAC

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Simothraulopsis</i>	3				
<i>Thraulodes</i>	5				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidius pc court</i>	4				
<i>Camelobaetidius pc long</i>	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Cryptonympha</i>	5				
<i>Harpagobaetis</i>	2				
<i>Spiritiops</i>	3				
<i>Oligon. gen. sp 1</i>	4				
<i>Oligon. gen. sp 2</i>	3				
		17	51	1.7	4.7

COURS D'EAU OU STATION :

Petit Inini Ile aval Dorlin (Maroni)
(mois de juin) CESAC

Genres	Polluosensibilité	Nombre d'U. O.	Score Total	Apport Diversité	SMEG
<i>Campsurus</i>	2				
<i>Leptohyphes sensu lato</i>	4				
<i>Tricorythodes</i>	3				
<i>Hermanella sensu lato</i>	3				
<i>Hydrosmilodon</i>	2				
<i>Americabaetis</i>	3				
<i>Aturbina</i>	1				
<i>Camelobaetidiu</i> pc long	3				
<i>Cloeodes</i>	1				
<i>Waltzophius</i>	3				
Oligon. gen. sp 2	3				
Oligoneuriidae gen sp 2	3				
		11	28	1.1	3.6

Remarque :

Les résultats sont particulièrement concordants entre Hydréco et le CESAC, pour le Grand et pour le Petit Inini. La qualité de l'eau est remarquable sur le Grand Inini.

**GUIDE D'IDENTIFICATION ILLUSTRE
PRELIMINAIRE DES MACROINVERTEBRES
DES RIVIERES DE GUYANE FRANCAISE**

par
Frédérique DEPUY
Yannick DOMINIQUE
Karine ORTH
et Alain THOMAS

**Laboratoire d'Hydrobiologie
UMR CNRS 5576 CESAC
Université Paul Sabatier
Toulouse**

Version actualisée sur l'état d'avancement de nos connaissances fondamentales en :
septembre 2001

Sommaire

Clés du Règne Animal (Embranchements, Sous-Embranchements, Classes, Ordres).....	1
Clés des Familles et des Genres d'Ephéméroptères.....	22
Clés des Familles et des Genres d'Hétéroptères.....	88
Clés des Familles et des Genres de Coléoptères.....	111

**CLES D'IDENTIFICATION ILLUSTREES
GENERALES DES MACROINVERTEBRES
DES RIVIERES DE GUYANE FRANCAISE
(Embranchements, Classes, Ordres)**

par

Frédérique DEPUY & Alain THOMAS

Version actualisée sur l'état d'avancement de nos connaissances fondamentales en :
septembre 2001

CLE DU REGNE ANIMAL

(Illustrations pages 9 à 21)

Le règne animal se répartit en deux phylums :

- Animaux unicellulaires, la cellule constituant le corps se divisant, lors de la reproduction, en deux cellules filles qui, sauf exception, se séparent pour vivre indépendamment.....PROTOZOAIRE

- Animaux formés d'un nombre immense de cellules, dérivant toutes d'une cellule initiale (l'œuf), dont les descendantes, au cours des divisions successives, restent unies, et se différencient en plusieurs catégories, jouant dans l'organisme des rôles différents

.....METAZOAIRE

CLE DES EMBRANCHEMENTS ET SOUS-EMBRANCHEMENTS DE METAZOAIRE MACROINVERTEBRES D'EAU DOUCE

(1) - Le corps présente une symétrie radiaire (organisée autour d'un axe longitudinal). A l'intérieur du corps, une cavité centrale sert en grande partie à la digestion (Fig.1).....(2)

- Le corps présente une symétrie bilatérale : il est formé de deux moitiés symétriques par rapport à un plan médian dit plan sagittal (Fig.3 et 4) ; les organes situés hors de ce plan sont pairs et symétriques, les organes situés dans ce plan sont impairs et formés de deux moitiés symétriques (cette symétrie bilatérale peut être fortement altérée chez les Mollusques).....(3)

(2) - La cavité centrale communique avec l'extérieur par un seul orifice : la bouche. L'animal peut se présenter sous deux phases d'aspects très différents (parfois une seule) :

→ le **polype** (Fig.1) en forme de tube ou de cylindre, portant à une extrémité la bouche, entourée de tentacules, l'autre extrémité étant fixée sur un substrat ou enfoncée dans le sable ; ces polypes peuvent bourgeonner et donner naissance à une colonie arborescente ou gazonnante.

→ la **méduse** (Fig.2) , libre et nageuse, en forme de cloche ou de champignon (ombrelle) portant au milieu de sa face inférieure le *manubrium*, tube mobile, ouvert par la bouche à son extrémité. Les méduses se déplacent par des contractions de l'ombrelle.

Le plus souvent , le cycle de développement présente deux phases distinctes : les méduses, sexuées, naissant par bourgeonnement sur les polypes.

S'il existe un squelette, il est réduit à un tube externe chitineux ou périthèque (Fig.5) , sinon il y a seulement un ectoderme et un endoderme séparés par une masse gélatineuse.....Embr. des CNIDAIRES [en eau douce, une seule classe : les HYDROZOAIRE]

- La cavité centrale (Fig.6) communique avec l'extérieur par de nombreux orifices, les plus gros servant à la sortie de l'eau (oscles) et les autres, submicroscopiques, à l'entrée de l'eau (pores inhalants). La cavité centrale, rarement unique, est le plus souvent ramifiée en de nombreuses entités communiquant entre elles (structure spongieuse). Cette cavité est constamment parcourue par un courant d'eau, qui apporte les substances alimentaires et l'oxygène. Le squelette est constitué de spicules, calcaires ou siliceux, et/ou d'un système de fibres d'une substance organique, la spongine, formant le plus souvent un réseau continu. Le corps est généralement de forme irrégulière, non définie, se moulant sur les objets où il est fixé (pierres, algues, coquillages) (Fig.7).....Embr. des SPONGIAIRES (ou PORIFERES) [en eau douce, une seule classe : les DEMOSPONGES]

(3) - Animaux de petite taille, submicroscopiques (pris individuellement), présentant à l'extrémité antérieure du corps un appareil bordé de cils vibratiles. Logées dans une coque rigide, les zoécies sont capables de bourgeonner et de produire des colonies (Fig.8 et 9) arborescentes, gazonnantes ou encroûtantes. Ces individus portent également le nom de polypes mais différent de ceux des Cnidaires par la présence d'un anus terminant un tube digestif disposé en U (Fig.10 et 11).....Groupe des BRYOZOAIRES (ou TENTACULIFERES)

- Animaux non microscopiques, ne présentant pas les caractères précédents.....(4)

(4) - Corps segmenté, divisé en anneaux placés les uns derrière les autres en série linéaire. Dans les anneaux, les organes sont plus ou moins identiques, et se répètent plus ou moins régulièrement d'un bout à l'autre du corps (animaux dits "métamérisés").....(5)

- Corps n'apparaissant pas extérieurement divisé en anneaux, les organes internes pouvant cependant conserver la disposition métamérique.....(8)

(5) - Corps revêtu d'une enveloppe extérieure anhiste, plus ou moins rigide et épaisse, formée de chitine. Cette enveloppe s'amincit et reste souple entre les anneaux, ou du moins certains d'entre eux, de façon à permettre les mouvements alors que d'autres restent coalescents. Pas de cils vibratiles ; les mouvements de préhension et de locomotion s'effectuent par des appendices spécialisés constitués d'éléments rigides articulés (Fig.12).....(9)

- Absence de couche chitineuse rigide formant un revêtement externe continu. Pas d'appendices constitués d'articles rigides articulés.....(6)

(6) - Animaux libres ou parasites externes. Corps allongé, métamérisé, peu ou pas aplati. La locomotion s'effectue : ou bien par des soies chitineuses régulièrement métamérisées, implantées sur le tégument et en petit nombre sur chaque segment (Fig.18) ; ou bien par des soies portées au sommet d'appendices courts, en moignons musculieux non articulés, où elles se groupent en faisceau (Fig.19) ; ou bien sans soies locomotrices, mais par deux ventouses (une à chaque extrémité du corps, Fig.20).....Embr. des ANNELIDES

- Animaux libres, non segmentés, fortement aplatis dorso-ventralement. Pas d'appendices en dehors du pharynx (trompe).....(7)

(7) - Longueur inférieure à 2 cm. Un pharynx volumineux tubulaire dévaginable vers le milieu du corps et portant la bouche (Fig.22) ou bien deux ventouses, pas d'anus.....Embr. des PLATHELMINTHES

- Longueur en général supérieure à 2 cm. Un pharynx (trompe) antérieur (Fig.23). Un orifice anal différencié Embr. des NEMERTIENS

(8) - Corps non protégé par une coquille. Corps revêtu entièrement d'une couche anhiste (cuticule) comparable à celle des Arthropodes, mais plus mince et déformable (permettant l'enroulement dans un plan) ; pas de cils vibratiles, ni d'appendices. Aspect de ver ; corps allongé, cylindrique aminci aux extrémités ou filiforme (Fig.25), paraissant lisse à faible grossissement.....Embr. des NEMATHELMINTHES

- Corps mou, comprenant un pied musculueux et un manteau charnu, sécrétant une coquille calcaire protectrice d'une seule pièce (Fig.27) ou formée de deux valves latérales articulées (Fig.30). La symétrie bilatérale peut subir une torsion portant à droite les organes de gauche et réciproquement ainsi qu'un enroulement hélicoïdal.....Embr. des MOLLUSQUES

(9) - Adultes minuscules (longueur $\leq 1\text{mm}$) ; pièces buccales en stylets ; quatre paires de pattes ne présentant pas d'articles nettement délimités et portant de fortes griffes à l'extrémité (Fig.13).....Embr. des PARARTHROPODES [en eau douce, une seule classe : les TARDIGRADES]

- Adultes (et le plus souvent larves aussi) portant des paires de pattes constituées de segments à chitine épaisse, amincie au niveau d'articulations (Fig.16)(10) Embr. des ARTHROPODES

(10) - Tête non individualisée, corps divisé en deux régions (Fig.15) ou n'en formant même qu'une seule (Fig.14). Pas d'antennes, pas de mandibules mais deux paires antérieures d'appendices perforants (chélicères) et sensoriels (pédipalpes) précédant quatre paires de pattes locomotrices.....s. Embr. des CHELICERATES

- Tête nettement individualisée. Une (ou deux) paire(s) d'antennes, une paire de mandibules.....s. Embr. des ANTENNATES ou MANDIBULATES

CLE DES CLASSES DE PLATHELMINTHES D'EAU DOUCES

(1) - Animaux libres pendant tout leur cycle de développement, aplatis, non segmentés (Fig.22), identiques dans une population (hermaphrodites). Gros pharynx musculéux tubulaire blanc, implanté vers le milieu du corps et dévaginable (prédation). Pas de ventouses.....Cl. des TURBELLARIES

- Animaux de taille macroscopique seulement pendant leur phase adulte qui est parasite dans le sang de l'homme (bilharziose). Fort dimorphisme sexuel (mâle large présentant une gouttière longitudinale où la femelle, plus longue et plus étroite, peut se loger : Fig.24-B). Pas de pharynx dévaginable. Deux ventouses. Phase *aquatique* infestante microscopique : la cercaire nageuse est dotée d'une queue bifide (Fig.24-A).....Cl. des TREMATODES

CLE DES CLASSES DE NEMATHELMINTHES D'EAU DOUCE

(1) - Vers ronds : corps cylindrique s'effilant progressivement vers les deux extrémités (Fig.25); tube digestif présent avec bouche et anus terminaux ; vaste cavité interne (pseudocoelome) remplie de liquide et visible en coupe transversale ; longueur en générale inférieure à 1 cm (sauf famille des Mermithidae, parasites d'autres invertébrés pendant une partie de leur cycle, le plus souvent des insectes).....Cl. des NEMATODES

- Vers filiformes : corps cylindrique arrondi à une extrémité, fourchu à l'autre (mâle) ; tube digestif dégénéré ; pseudocoelome comblé par des cellules de mésenchyme (visible en coupe transversale, Fig.26) ; longueur de plusieurs cm à un m, diamètre 0.25 à 3mm ; adultes libres, larves parasites d'Arthropodes aquatiques ou terrestres.....Cl. des NEMATOMORPHES ou GORDIENS

CLE DES CLASSES D'ANNELIDES D'EAU DOUCE

(1) - Les métamères portent des soies transversales rigides, plus ou moins nombreuses, plus ou moins longues.....(2)

- Aucune soie sur la surface du corps. Une ventouse antérieure et une ventouse postérieure terminales (Fig.20).....Cl. des HIRUDINEES ou ACHETES

- (2) - Chaque métamère se prolonge latéralement par une paire d'appendices en moignons musculieux porteurs de soies locomotrices (parapodes). La région céphalique, très développée, différencie une paire de fortes mâchoires. Eaux saumâtres.....Cl. des POLYCHETES
 - Pas de parapodes ; région céphalique peu apparente.....(3)

- (3) - Pas de ventouse et quatre faisceaux de soies par métamère (Fig.18)....Cl. des OLIGOCHETES (+ genre *Aphanoneura*)
 - Une ventouse postérieure (sur le métamère 11) ; tête composée d'un prostomium et de trois segments (Fig.21). Commensaux de Crustacés décapodes.....
Cl. des BRANCHIOBELLIDES

CLE DES CLASSES DE BRYOZOAIRES D'EAU DOUCE

- (1) - Contrairement à la bouche, l'anus s'ouvre à l'extérieur d'une couronne de tentacules (ou lophophore) incurvée en fer à cheval (Fig.10) ; ce sont les Bryozoaires proprement dits.....Cl. des ECTOPROCTES [en eau douce, une seule sous-classe : les PHYLACTOLEMES]
 - Tout comme la bouche, l'anus s'ouvre à l'intérieur du lophophore (Fig.11).
 Rares.....Cl. des ENDOPROCTES (ou KAMPTOZOAIRES)

CLE DES CLASSES DE MOLLUSQUES D'EAU DOUCE

- (1) - Corps protégé par une coquille calcaire en une seule pièce (souvent fermée par un opercule en corne ou calcifié), enroulée en spirale hélicoïdale (Fig.29) ou à plat (Fig.27), parfois conique non enroulée (Fig.28); corps divisé en tête, pied et masse viscérale distincts ; une râpe (ou radula) présente à l'entrée du tube digestif ; pied très développé (sole), assurant la reptation Cl. des GASTEROPODES
 - Corps protégé par une coquille formée de deux valves droite et gauche articulées par une charnière (Fig.30) ; branchies lamellaires très développées ; tête non distincte et radula absente.....Cl. des LAMELLIBRANCHES

CLE DES ORDRES DE CHELICERATES D'EAU DOUCE

- (1) - Ensemble du corps organisé en deux régions nettement séparées par un pédicule très étroit (Fig.15).....O. des ARANEIDES
(en eau douce, une seule famille : les Aegelenidae ou Argyronètes)
- Ensemble du corps globuleux, organisé en une seule région. Taille en générale inférieure au mm. Trois paires de pattes ambulatoires chez la larve, quatre chez l'adulte (Fig.14).....O. des ACARIENS

CLE DES CLASSES ET SOUS-CLASSES DE MANDIBULATES D'EAU DOUCE

- (1) - Les deux premières paires d'appendices céphaliques correspondent à deux paires d'antennes. Au moins une partie des appendices sont de type biramé (base unique devenant bifide, Fig.17). Tégument rigide souvent cassant car épaissi par imprégnation de sels calcaires.....Cl. des CRUSTACES (Fig.16)
- Seule la première paire d'appendices céphaliques est différenciée en antennes. Tous les appendices sont du type mono (ou uni-) ramé (Fig.12). Tégument exclusivement organique ; Toujours trois paires de pattes locomotrices (implantées ventralement sur le thorax) chez l'adulte.....Cl. des INSECTES

CLE DES ORDRES D'INSECTES LOTIQUES

- (1) - Individus présentant des ailes libres, déployées (adultes, Fig.31).....(2)
- Individus dépourvus d'ailes libres (nymphe Fig.32, larves Fig.40, 45).....(4)
- (2) - Ailes antérieures entièrement membraneuses, présentant des nervures plus ou moins nombreuses.....ADULTES NON AQUATIQUES d'espèces à larves aquatiques ou d'espèces terrestres exogènes.
- Ailes antérieures non entièrement membraneuses, à nervation réduite ou absente..(3)

- (3) - Ailes antérieures dures, fortement sclérifiées sur toute leur surface, étroitement juxtaposées longitudinalement sur l'abdomen (= élytres : nervation non visible *Fig.33*, pièces buccales de type broyeur *Fig.34*).....ADULTES DE COLEOPTERES
 - Ailes antérieures épaissies, sclérifiées seulement sur la région basale, proximale (= hémélytre : nervation visible seulement sur la région distale, apicale *Fig.35*, pièces buccales de type perforant suceur *Fig.36*).....ADULTES D'HETEROPTERES
- (4) - Individus en forme de "momie", peu mobiles ou totalement immobiles ; ailes, ainsi que pattes et antennes, enfermées dans des fourreaux individuels dirigés ventralement.....
NYMPHES d'insectes holométaboles (PAS DE CLE DISPONIBLE)
 - Individus mobiles, actifs, jamais en forme de "momie", ne présentant pas de fourreaux dirigés ventralement enfermant les ailes, les pattes et les antennes.....(5).....LARVES d'insectes hétérométaboles et holométaboles
- (5) - Individus présentant des fourreaux alaires dorsaux méso et métathoraciques, plus ou moins volumineux selon le stade de développement (*Fig.37*).....(6).....LARVES d'insectes hétérométaboles.
 - Individus ne présentant jamais de fourreaux alaires en position dorsale sur méso et métathorax, quel que soit le stade de développement.....(9).....LARVES d'insectes holométaboles.
- (6) - Appareil buccal perforant suceur tubulaire logé sous le thorax, entre les pattes (*Fig.36*)
LARVES D'HETEROPTERES
 - Appareil buccal broyeur (*Fig.34*).....(7)
- (7) - Individus différenciant sur la face ventrale de la tête un appareil préhensile de fortes dimensions, articulé et s'étendant plus ou moins sous le thorax (labium, *Fig.38*) ; pas de branchies libres sur les segments intermédiaires de l'abdomen (ce dernier terminé par trois lamelles longitudinales ou par des pointes).....LARVES D'ODONATES
 - Individus ne différenciant pas de labium hypertrophié et développé en masque préhensile ; deux ou trois longs cerques sensoriels postérieurs (*Fig.39*) ; des branchies thoraciques ou abdominales.....(8)
- (8) - Trois cerques, le cerque médian pouvant être très réduit ; abdomen portant des branchies latérales (*Fig.39*) ; tarsi à une seule griffe.....LARVES D'EPHEMEROPTERES
 - Deux cerques ; souvent des branchies thoraciques à la base des pattes, jamais de branchies sur l'abdomen, sauf tout au plus à l'extrémité postérieure ; tarsi à deux griffes (*Fig.45*).....LARVES DE PLECOPTERES
- (9) - Thorax portant trois paires de pattes vraies, sclérifiées et articulées.....(9)
 - Thorax dépourvu de pattes vraies, sclérifiées et articulées ; présence ou absence de pseudopodes abdominaux (*Fig.40A et B*).....LARVES DE DIPTERES

(10) - Des pseudopodes à paroi mince terminés par une couronne de crochets sur les segments abdominaux 3-4-5-6 et 10 ; nombreux prolongements latéro-abdominaux longs (Fig. 41).....LARVES DE LEPIDOPTERES, famille des PYRALIDAE
 - Pas de pseudopodes à paroi mince terminés par une couronne de crochets sur les segments abdominaux 3-4-5-6.....(10)

(11) - Antennes très réduites, composées d'un seul segment peu visible ; corps terminé par deux crochets anaux (pygopodes, Fig. 42) ; les larves édifient souvent un fourreau dans lequel elles vivent.....LARVES DE TRICHOPTERES
 - Antennes allongées, d'au moins trois segments ; pas de fourreau protecteur édifié par la larve.....(11)

(12) - Une paire de longs prolongements obliques sur chaque métamère abdominal 1 à 8 (Fig. 43).....(12)
 - Pas de tels prolongements abdominaux sur les métamères 1 à 8 ; animaux souvent très sclérifiés.....LARVES DE COLEOPTERES

(13) - Abdomen se terminant par deux pseudopodes contigus, chacun avec deux crochets (Fig. 43).....LARVES DE MEGALOPTERES, famille des CORYDALIDAE
 - Abdomen se terminant par un seul pseudopode à quatre crochets (Fig. 44).....
LARVES DE COLEOPTERES, famille des GYRINIDAE

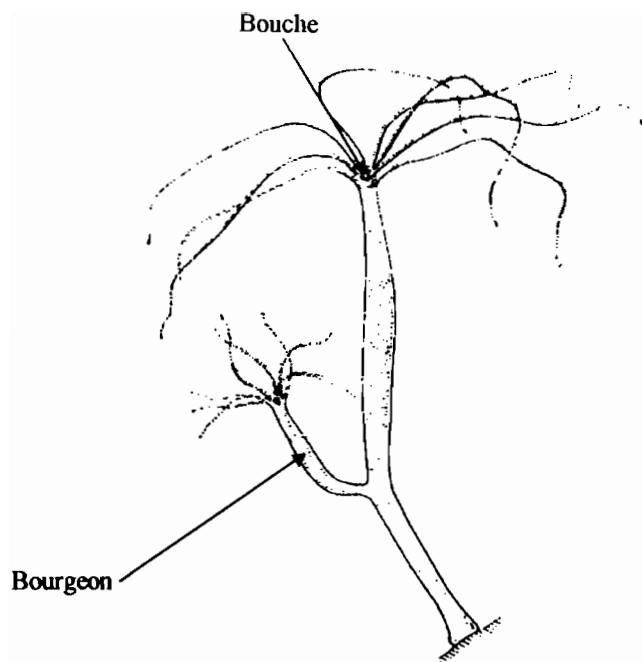


Fig.1 : Polype de l'Hydre verte

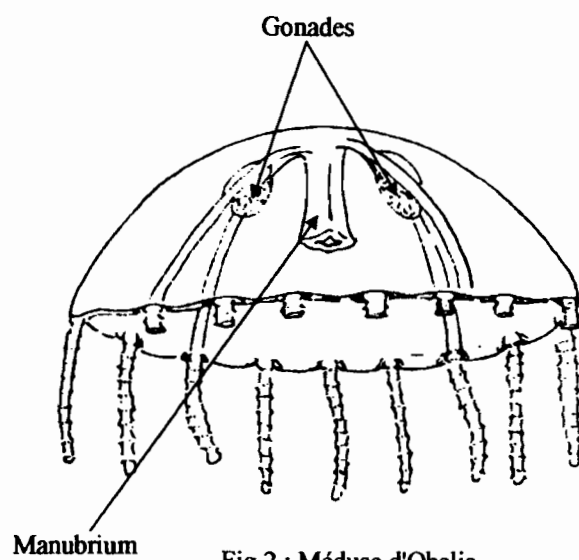


Fig.2 : Méduse d'Obelia

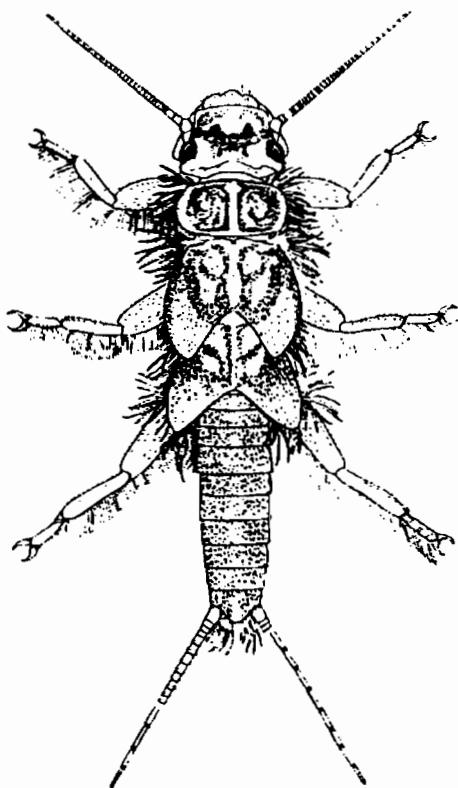


Fig.3 : Larve d'insecte
(Pécoptère)



Fig.4 : Oligochète Tubificidé

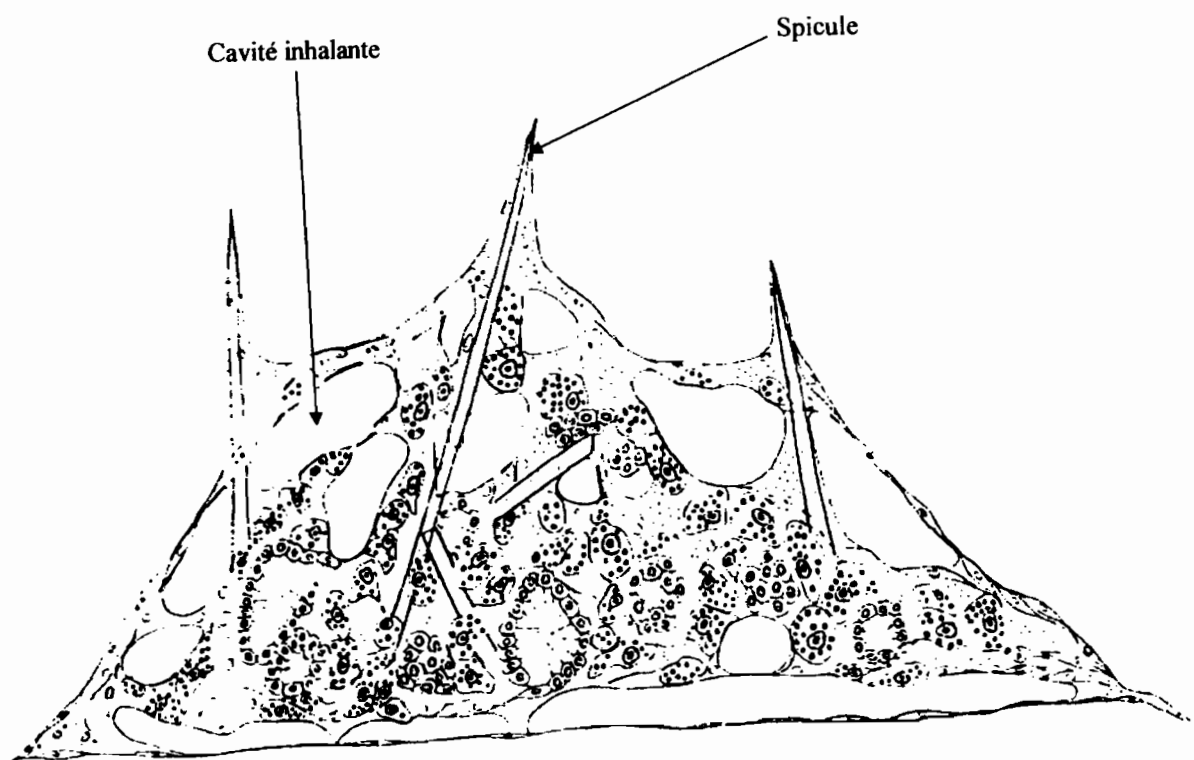
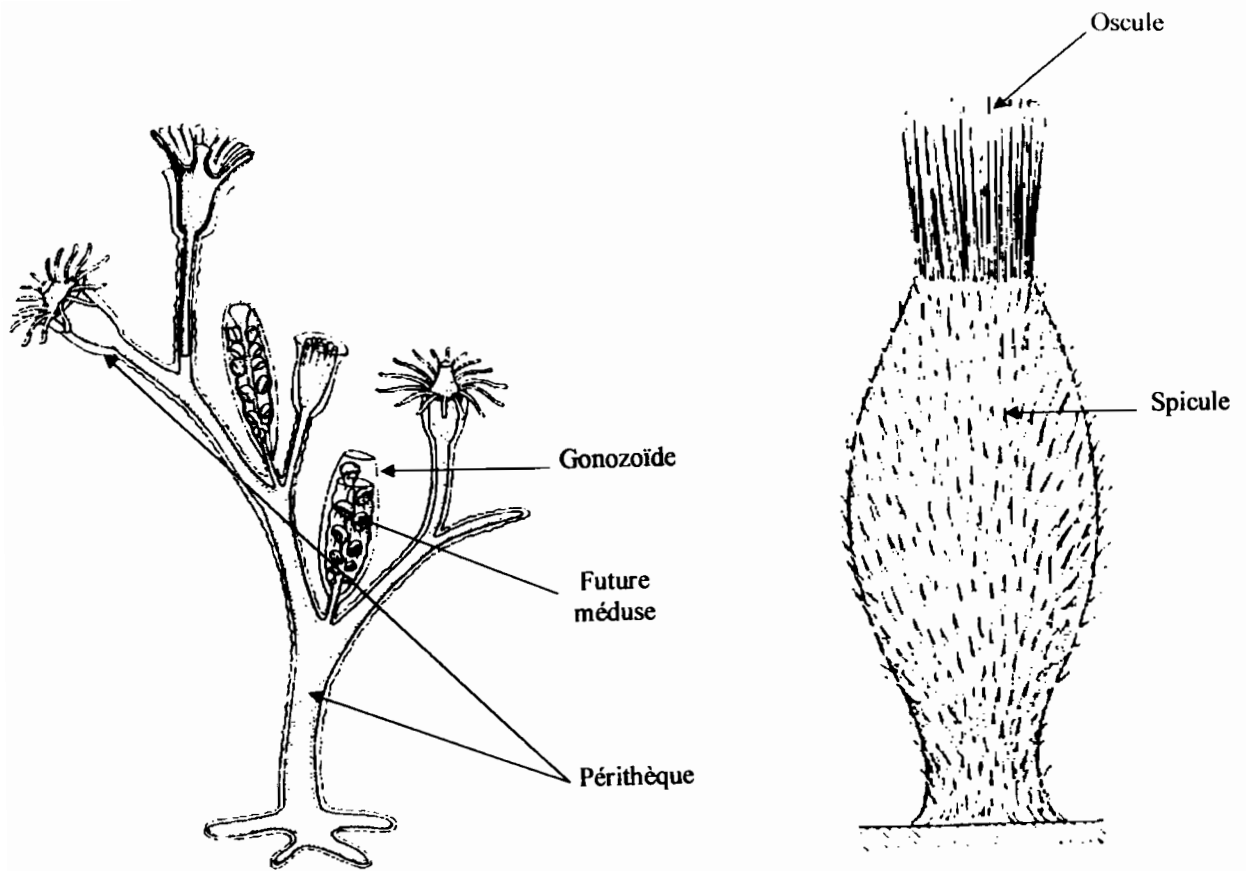


Fig. 7 : Spongiaire

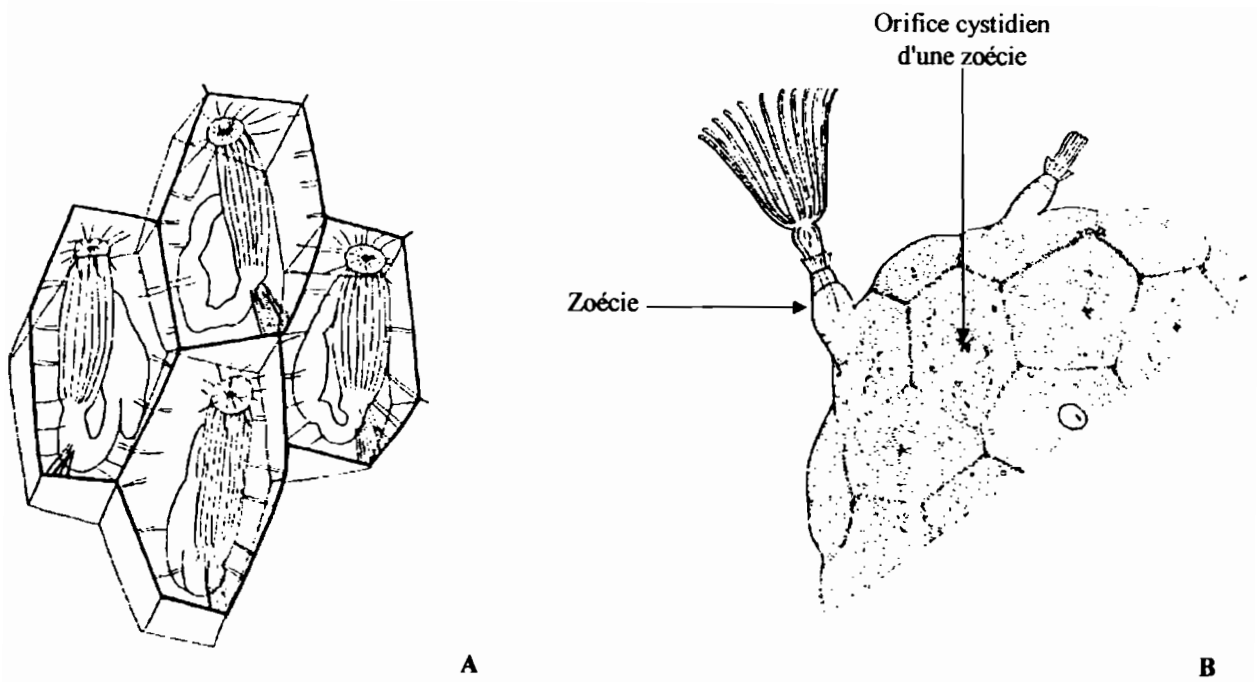
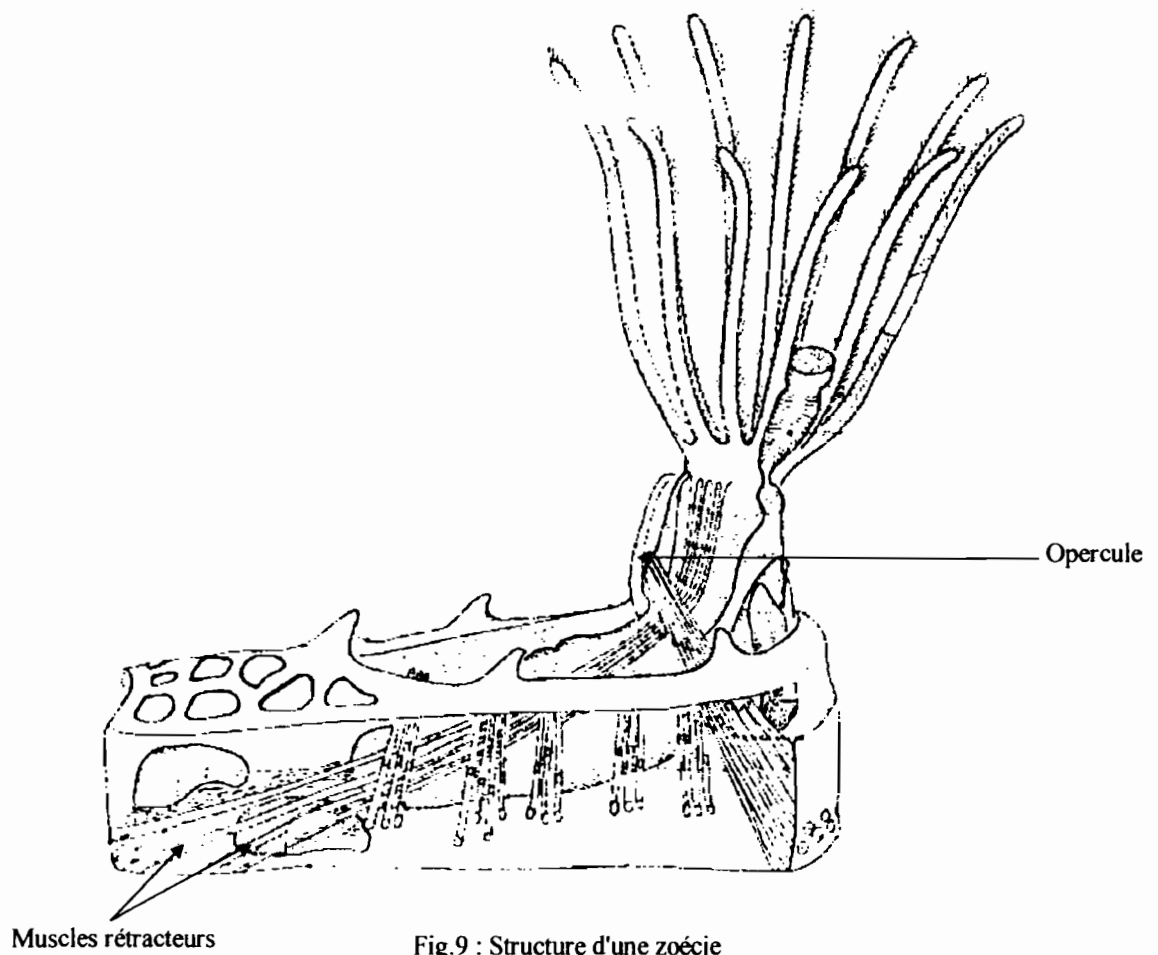


Fig.8 : A- Zoécies en vue frontale ; B- Portion de colonie



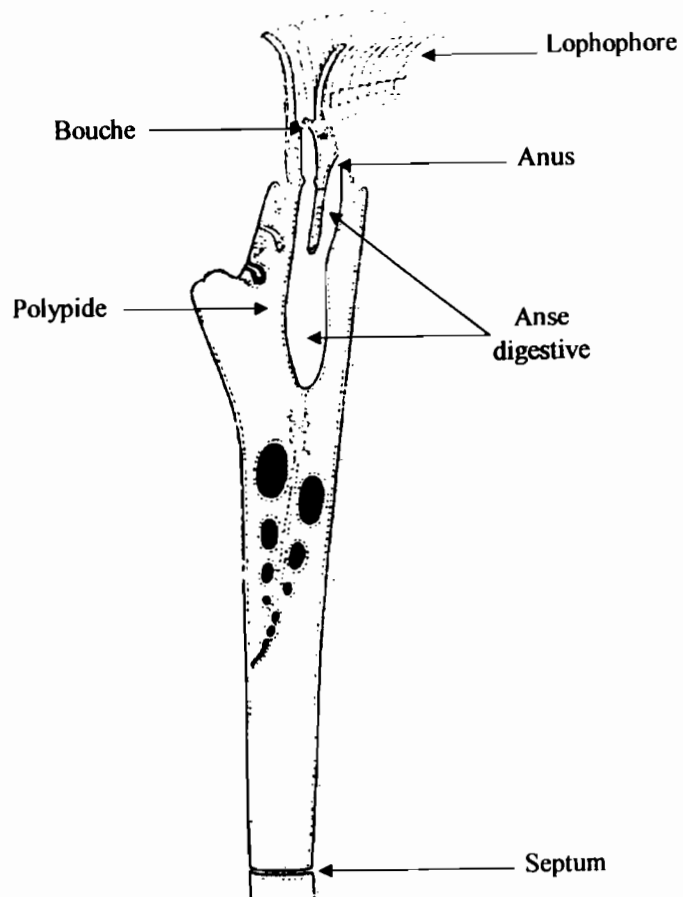


Fig.10 : Bryozoaire Ectoprocte

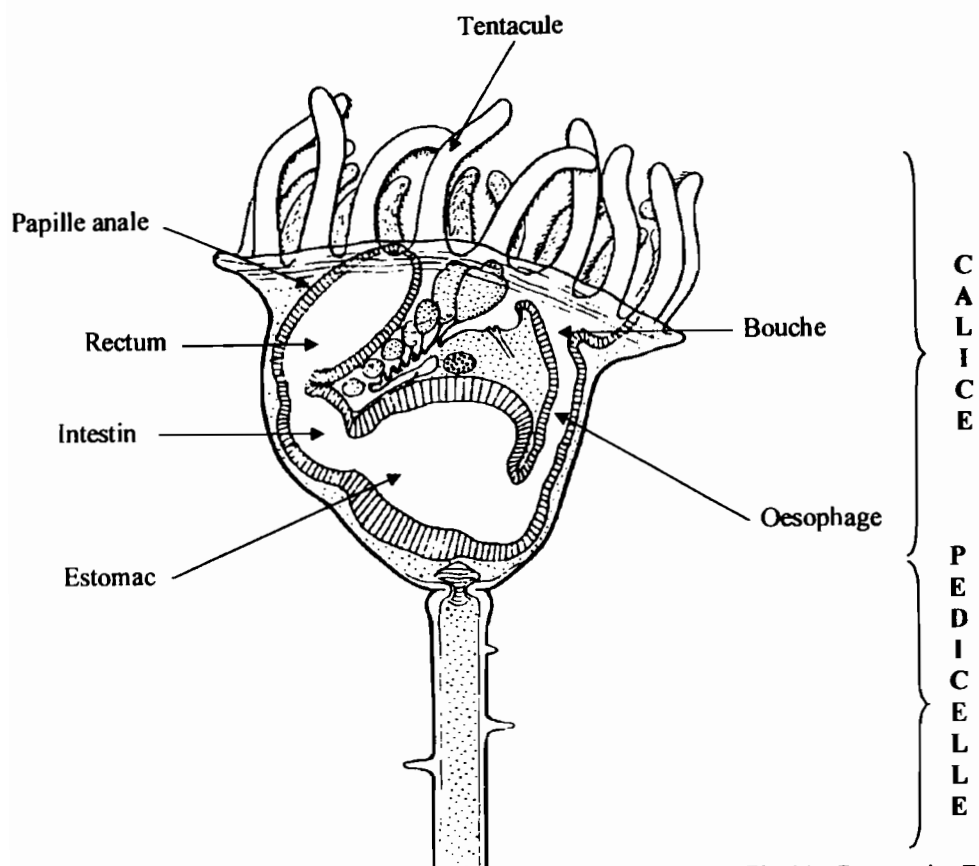


Fig.11 : Bryozoaire Endoprocte

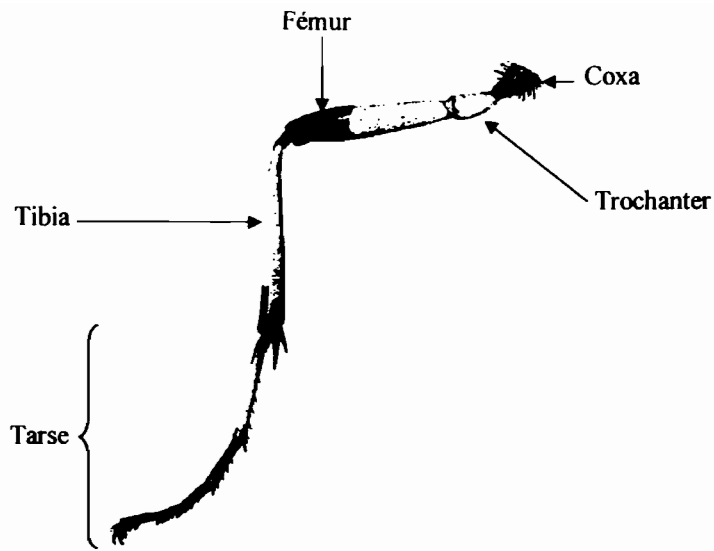


Fig.12 : Patte d'un Arthropode
(Insecte)

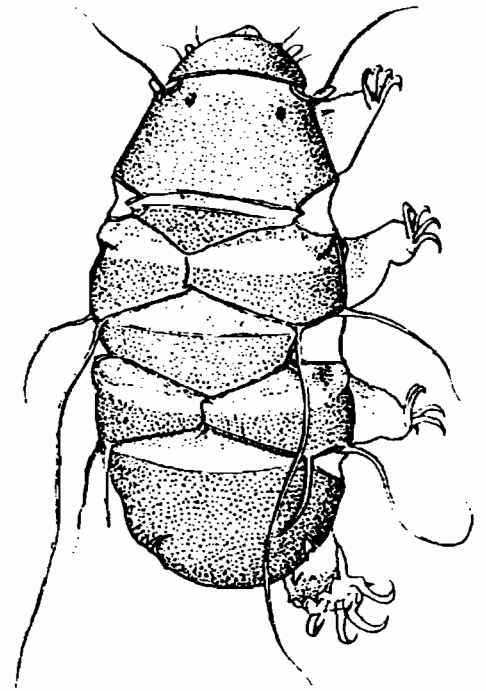


Fig.13 : Pararthropode Tardigrade

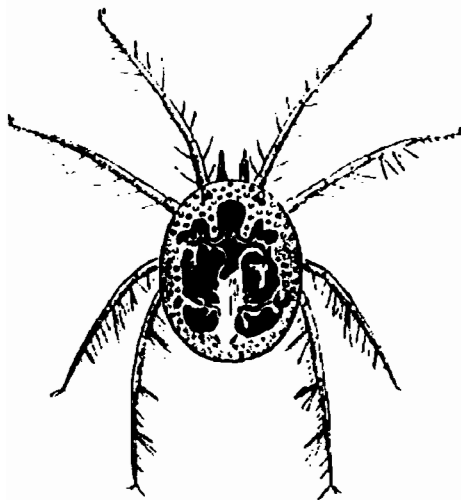


Fig.14 : Hydracarien

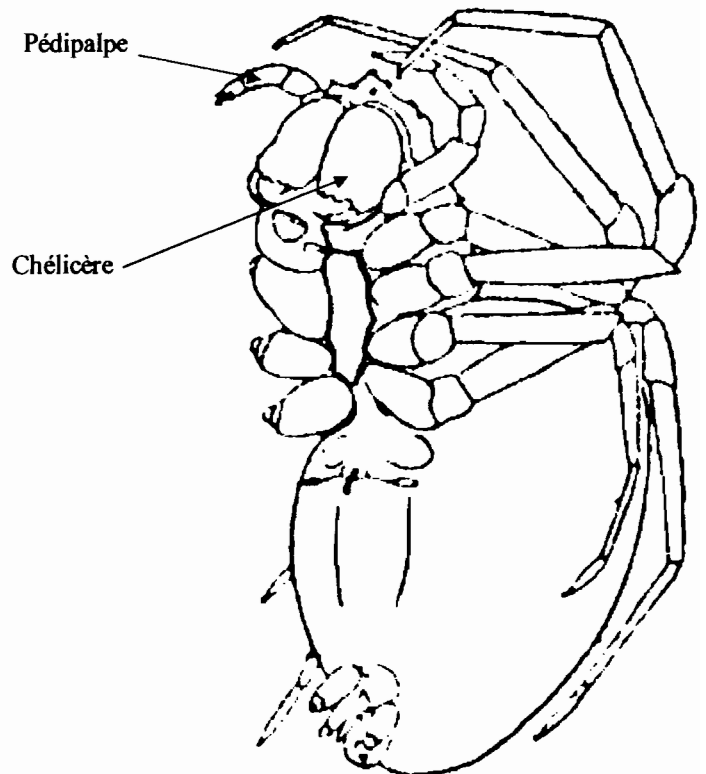


Fig.15 : Araignée

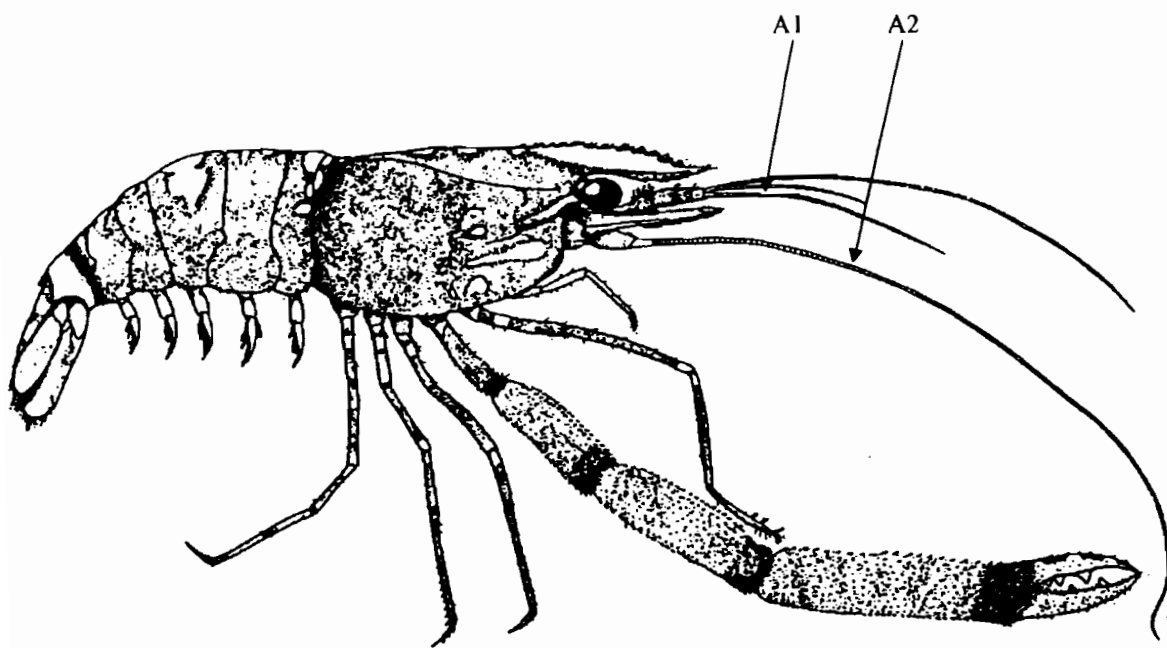


Fig.16 : Arthropode Crustacé

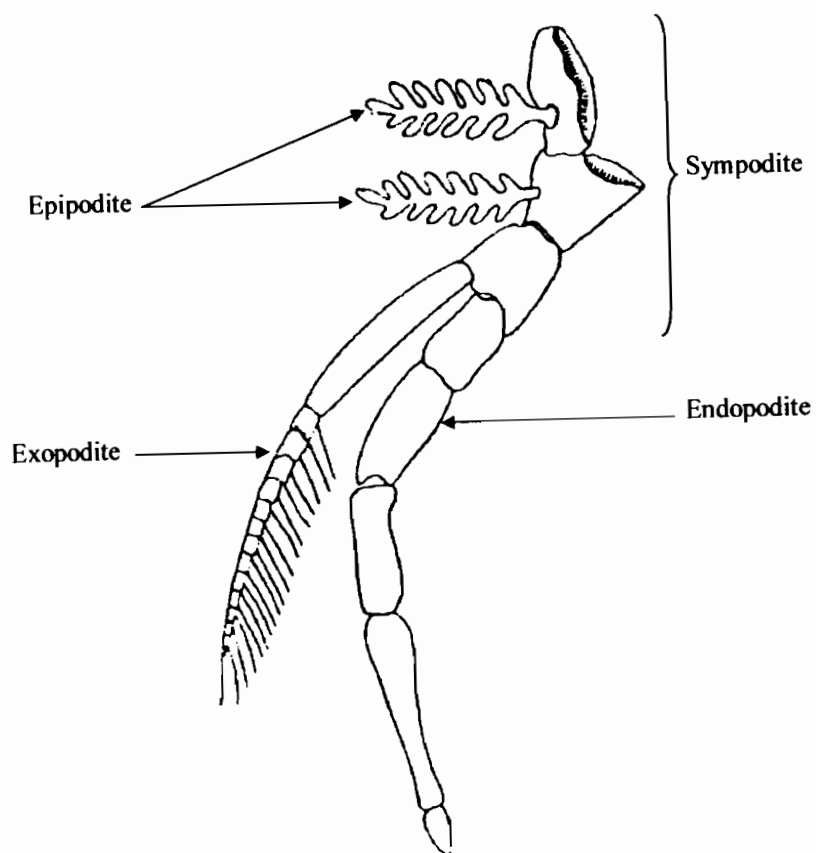


Fig.17 : Appendice biramé d'un
Arthropode Crustacé



Fig.18 : Annélide Oligochète
(Naididé)

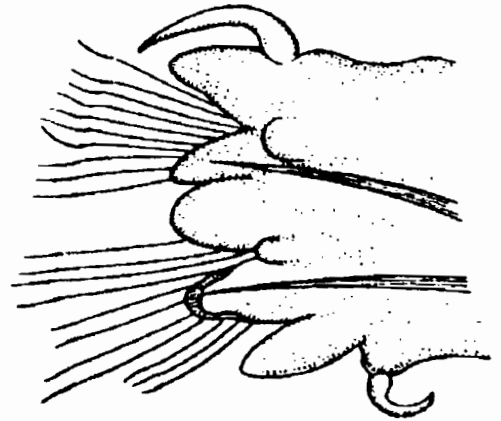


Fig.19 : Parapode d'un Annélide Polychète



Fig.20 : Annélide Achète
(vue ventrale)



Fig.21 : Annélide
Branchiobdellide

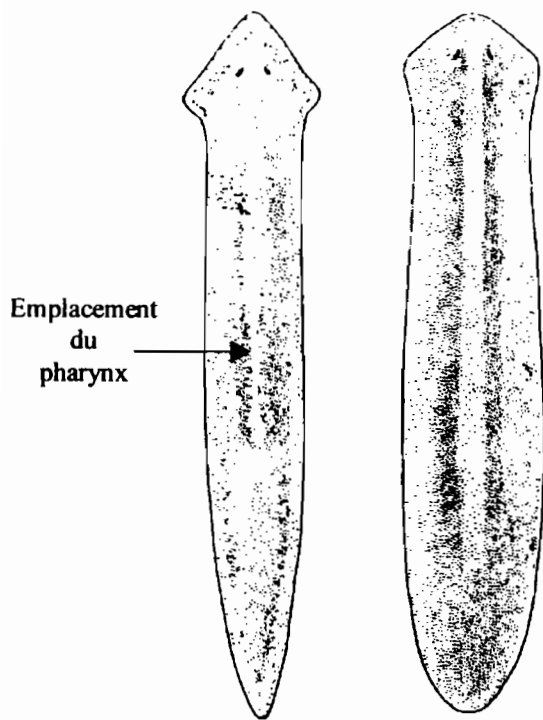
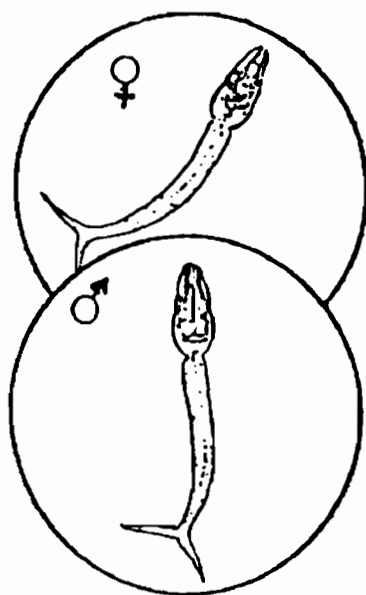


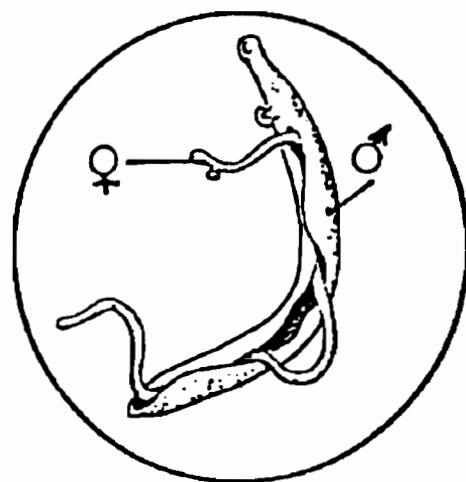
Fig. 22 : plathelminthes
Turbellariés



Fig.23 : Némertien



A



B

Fig.24 : Plathelminthes Trématodes (*Schistosoma*)
A- Cercaires (microscopiques) ; B- Femelle logée dans la gouttière du mâle.

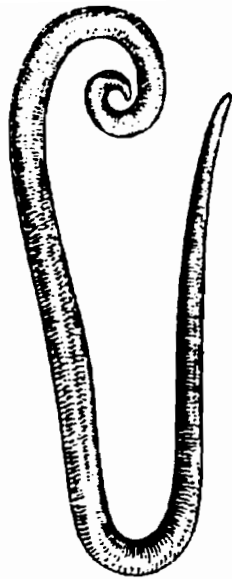


Fig.25 : Némathelminthe

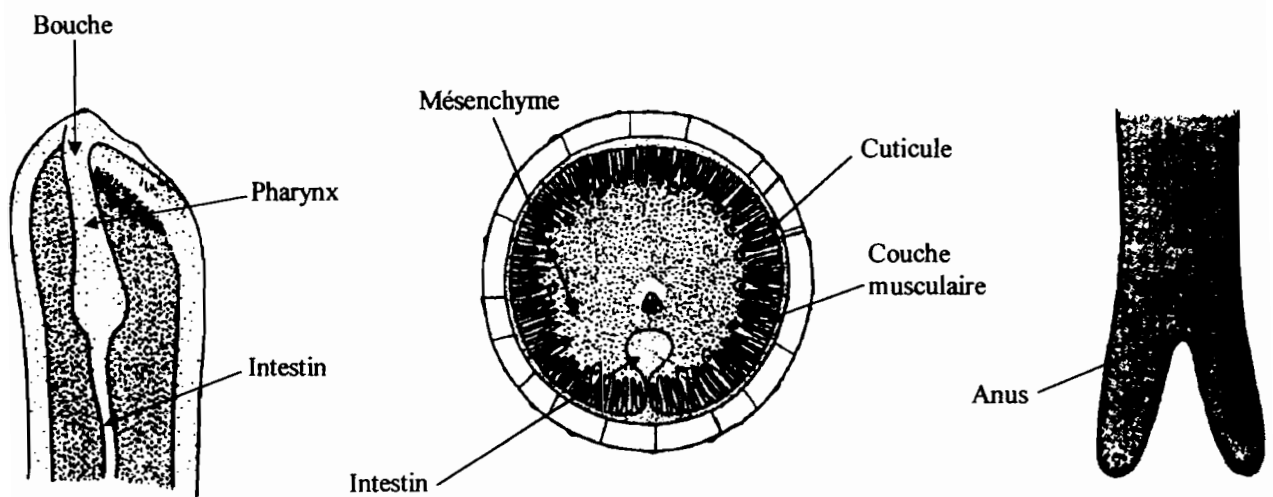
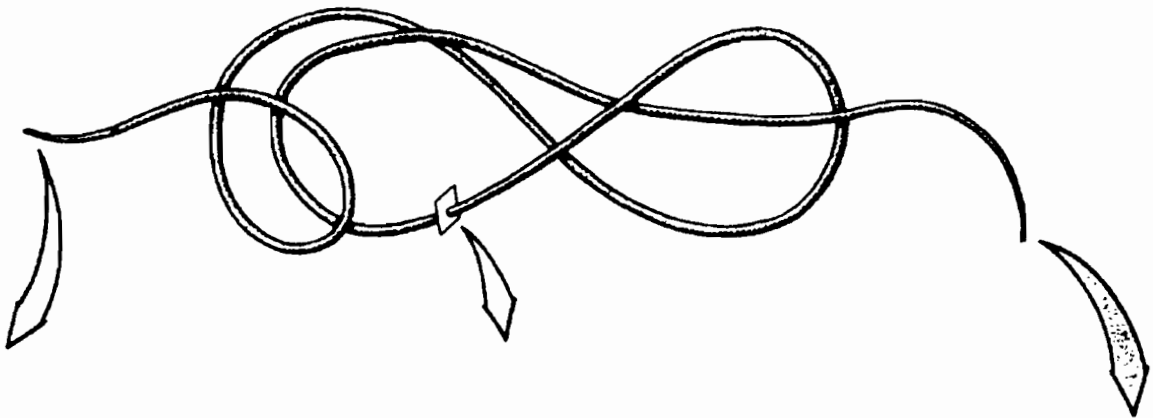


Fig.26 : Némathelminthes Nématomorphe

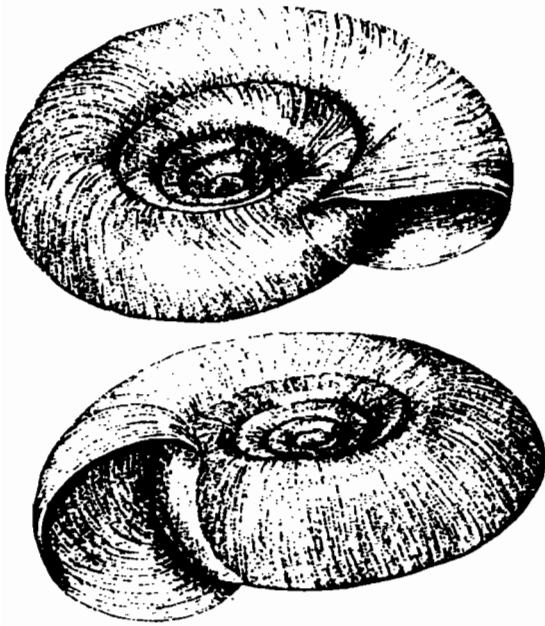


Fig.27 : Mollusque
(Planorbidae)

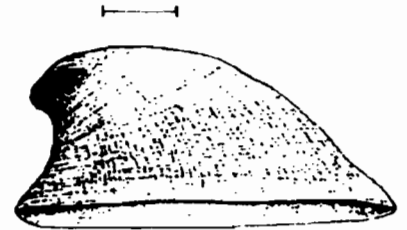


Fig.28 : Mollusque
(Ancyliidae)



Fig.29 : Mollusque
(à gauche : Limnæidae ; à droite : Ampullaridae)

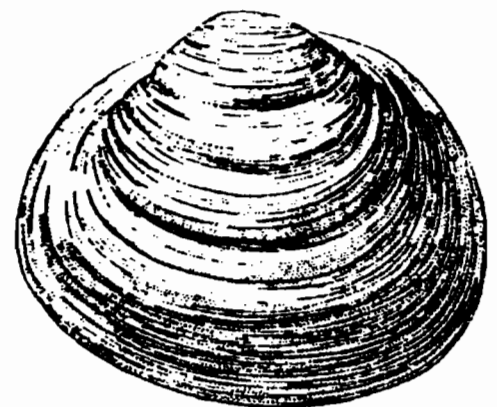
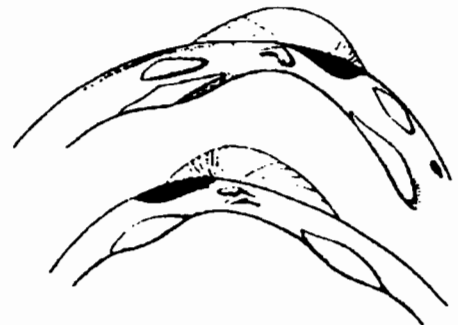


Fig.30 : Mollusque Bivalve

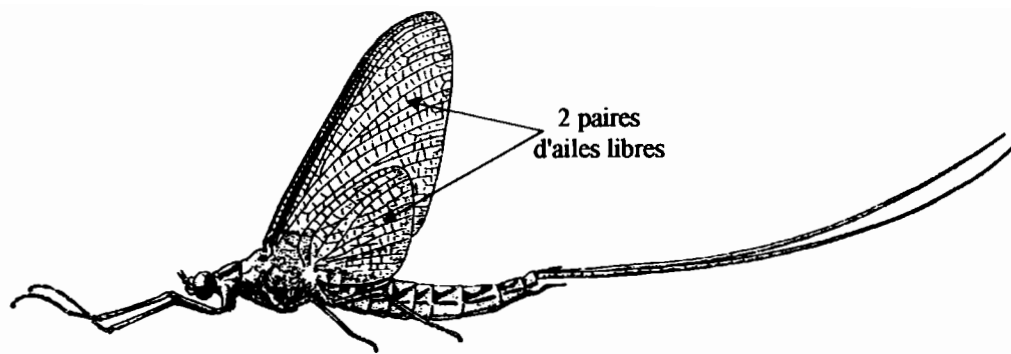


Fig.31 : Insecte adulte (Ephéméroptère)

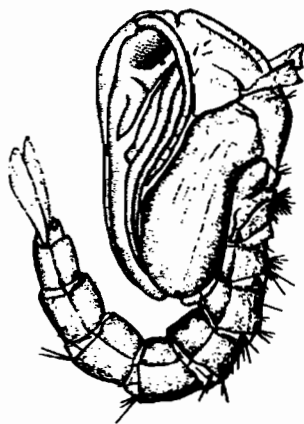


Fig.32 : Nymphe (Diptère, Culicidae)

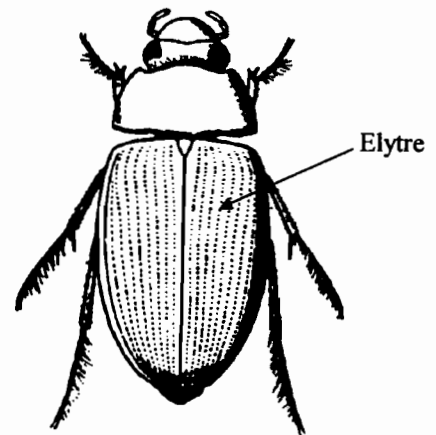


Fig.33 : Coleoptère adulte (Hydrophilidae)

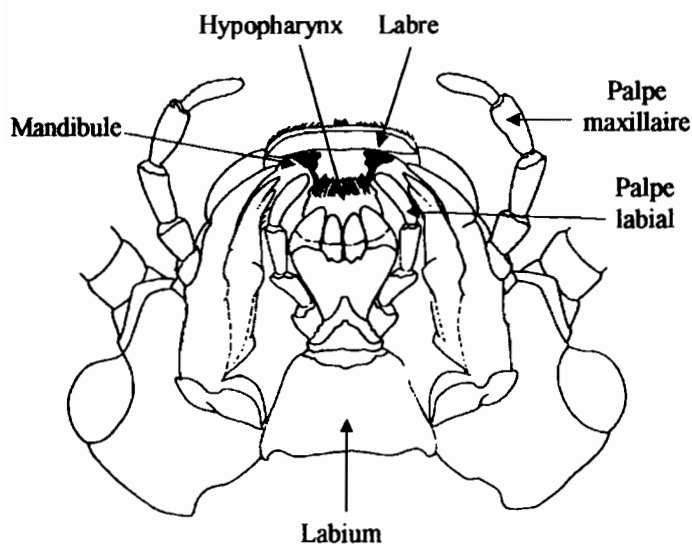


Fig. 34 : Appareil buccal de type broyeur

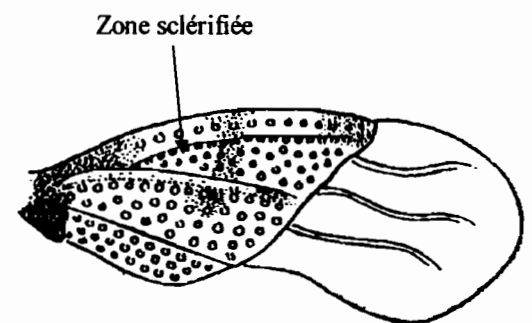


Fig.35 : Hémélytre d'Hétéroptère

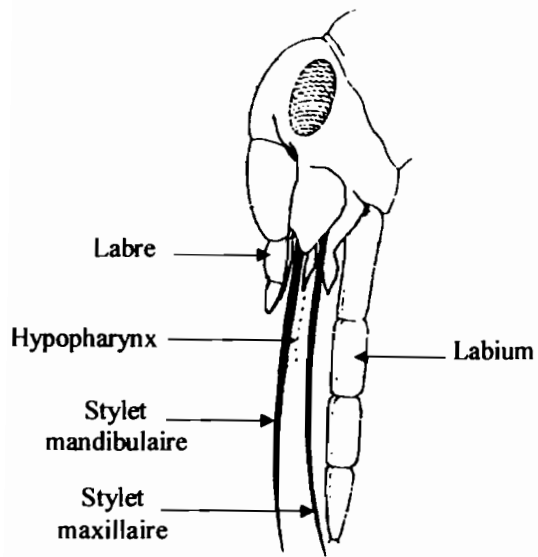


Fig.36 : Appareil buccal de type perforant piqueur (Hétéroptère)

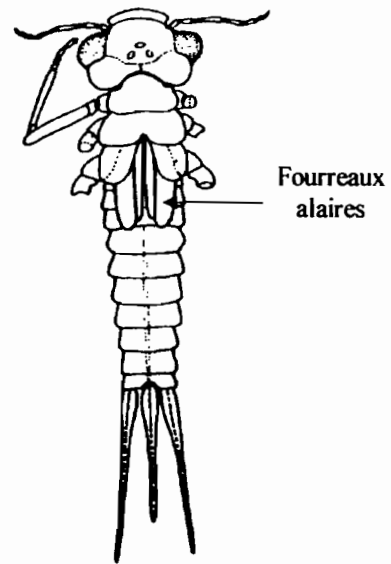


Fig.37 : Larves d'odonate

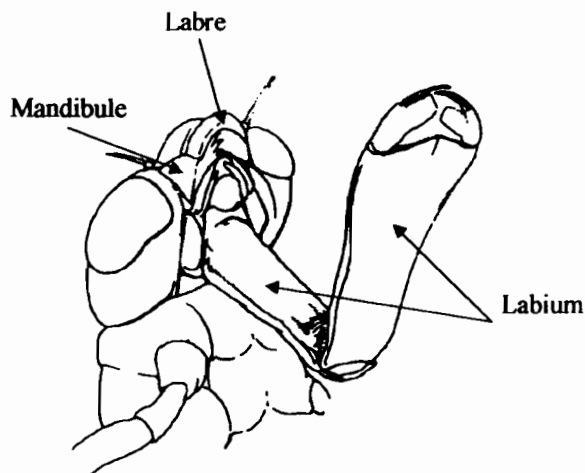


Fig.38 : Appareil buccal d'une larve d'Odonate (Masque)

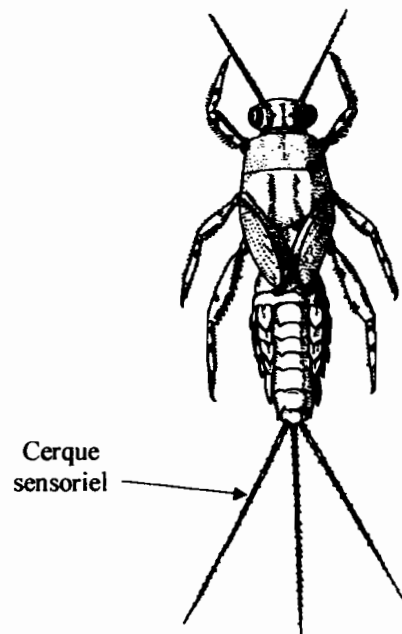


Fig.39 : Larve d'Ephéméroptère

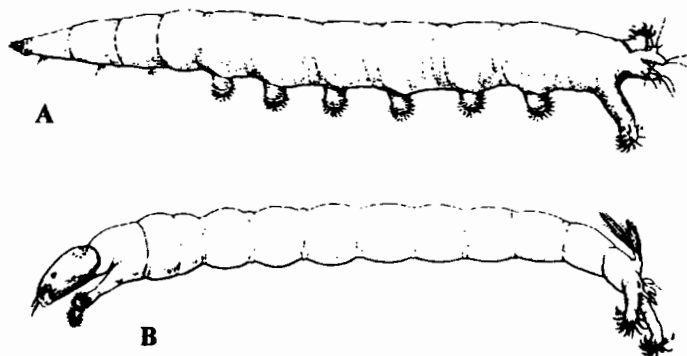


Fig.40 : Larves de Diptères. A- présence de pseudopodes médio-abdominaux ; B- absence de pseudopodes médio-abdominaux.

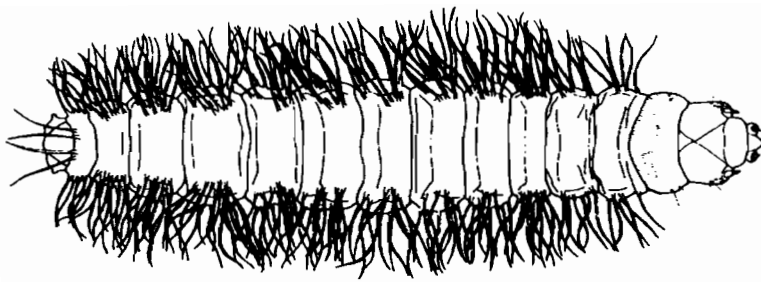


Fig.41 : Larve de Lépidoptère (Pyralidae)

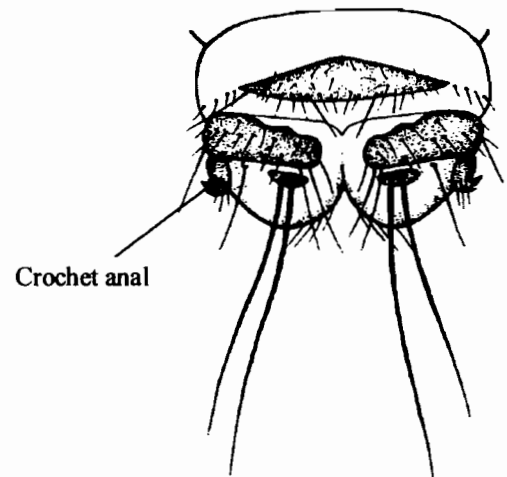


Fig.42 : Dernier segment abdominal d'une larve de Trichoptère

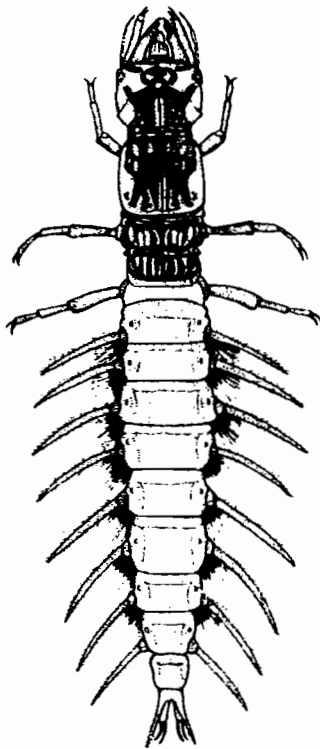


Fig.43 : Larve de Mégaloptère (Corydalidae)

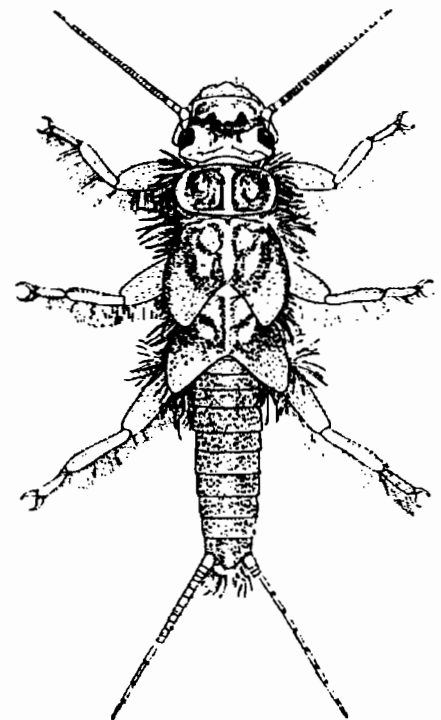


Fig.45 : Larve de Plécoptère

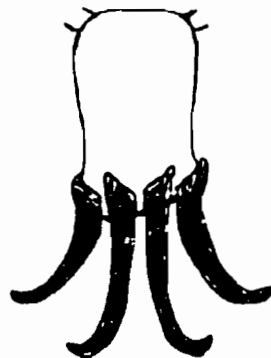


Fig.44 : Dernier segment abdominal d'une larve de Gyrinidae (Coléoptère)

**CLES D'IDENTIFICATION ILLUSTREES
DES EPHEMEROPTERES
DES RIVIERES DE GUYANE FRANCAISE**

Clé de détermination à la famille

Clé de détermination générique

par

Karine ORTH, Alain THOMAS & Yannick DOMINIQUE

Version actualisée sur l'état d'avancement de nos connaissances fondamentales en :
septembre 2001

PREMIERE PARTIE

Définition d'un Ephéméroptère **Caractéristiques biologiques**

1) Comment reconnaître un Ephéméroptère?

En tant qu'Arthropodes, les Ephéméroptères, ou Ephémères, possèdent un exosquelette de chitine, rigide et articulé. Ils font partie de la classe des Insectes, et présentent trois paires de pattes, des ailes (en général deux paires, sauf les Caenidae, certains Baetidae et Leptohyphidae), et une seule paire d'antennes. Il s'agit d'insectes primitifs (ou Paléoptères), reconnaissables à leur nervation alaire très abondante (sauf Oligoneuriidae), réticulée, et au fait qu'ils ne sont pas capables de replier leurs ailes sur l'abdomen; au contraire, au repos, ces dernières sont relevées perpendiculairement. Chez l'adulte, il n'existe pas d'appendices abdominaux, sauf en position terminale : les gonopodes et les cerques.

Les larves d'Ephémères portent le plus souvent trois cerques sensoriels bien développés, multiarticulés et terminaux. Certaines espèces n'en possèdent que deux et pourraient ainsi ressembler superficiellement aux Plécoptères; toutefois, la disparition *totale* du cerque médian (ou paracerque) chez les Ephémères est très rare. D'autre part, la distinction entre les larves aquatiques de ces deux ordres se fait facilement sur les griffes tarsales, au nombre d'une seule par patte chez les Ephémères et de deux chez les Plécoptères. En outre, les Ephémères sont pourvus de branchies abdominales sur les segments 1 à 7 (ou la plupart d'entre eux), alors que les Plécoptères portent tout au plus des branchies abdominales terminales (branchies anales).

Certaines espèces d'Odonates Zygoptères possèdent trois branchies terminales étroites, mais ces structures ne sont pas multiarticulées. D'autre part, les pièces buccales des Odonates (labium préhensile en "masque") les distinguent aisément des Ephémères.

2) Cycle biologique

Les Ephéméroptères présentent un cycle de vie typique: la phase larvaire aquatique, qui peut durer jusqu'à trois années en climat tempéré, constitue la partie dominante du cycle. Lui fait suite la phase subimago, un adulte provisoire en quelque sorte, cas unique chez les Insectes. Cette dernière étape ne s'étend que sur quelques heures et elle est suivie par la phase finale: l'adulte ou imago. Celle-ci dure de quelques heures jusqu'à 3 jours au maximum [d'où le nom "d'Ephémères"], et assure la reproduction et la dissémination. La subimago représente le dernier stade du cycle avant la métamorphose en adulte, le déterminisme de cet état étant encore mal expliqué : ailée, elle quitte le milieu aquatique pour chercher refuge dans une zone humide et ombragée, donc le plus souvent dans la végétation, et y accomplir la dernière mue. Subimago et adulte, dépourvus de tube digestif

fonctionnel et de facto ne se nourrissant pas, sont donc particulièrement exposés à la déshydratation.

3) Ecologie

La majorité des espèces vit, à l'état larvaire, dans des eaux courantes, bien oxygénées. Certaines espèces, en particulier celles colonisant les sédiments, paraissent pouvoir se montrer relativement pollutolérantes, en particulier vis à vis des métaux lourds. En général, on peut considérer qu'une communauté d'Ephéméroptères bien diversifiée est indicatrice d'une bonne qualité de l'eau. Elle constitue alors une partie importante du régime alimentaire des poissons.

Habitats

Les Ephémères colonisent largement la plupart des habitats dulçaquicoles, d'eau courante en particulier.

Ainsi, beaucoup d'espèces sont pétricoles, vivant directement plaquées sur les pierres par le courant, grâce à des dispositifs hydrodynamiques (quelques genres de Leptophlebiidae occupent les niches écologiques des Heptageniidae absents en Amérique du Sud), ou bien se trouvent dans la zone de turbulence à basse pression située en arrière des obstacles (Baetidae).

Les sédiments (graviers, sables, limons) abritent des formes fouisseuses (Caenidae, certains Leptohyphidae et Polymitarcyidae).

Les herbiers, avec ou sans courant, sont colonisés par de nombreux Baetidae, Leptohyphidae et Leptophlebiidae; les accumulations de feuilles mortes servent surtout d'abris et de source de nourriture aux Leptophlebiidae.

Régime alimentaire

La plupart des Ephéméroptères appartiennent au type râcleur de substrat-collecteur. Quelques genres présentent un mode de nutrition filtreur grâce à la différenciation, en particulier sur la première paire de pattes (P1), de longues brosses qui collectent les particules nutritives au voisinage de la bouche (Oligoneuriidae, Polymitarcyidae). Certaines espèces sont broyeuses herbivores, en particulier chez les Ephemerellidiens. Enfin, de rares formes sont carnivores, ou présumées telles, comme le genre *Harpagobaetis*.

4) Distribution

L'ordre des Ephéméroptères est pratiquement cosmopolite, et représente une partie très importante de la faune aquatique d'eau douce. Les Ephémères ne sont absents que sur de petits îlots isolés, et font aussi défaut dans les peuplements-limites des chaînes montagneuses à très haute altitude (écoulements de glaciers et de névés : Thomas 1975). En conséquence, des espèces d'Ephéméroptères sont disponibles, à peu près partout dans le monde, à des fins de biosurveillance.

5) Systématique et Taxinomie

a) Distinction des deux sexes

Deux importants caractères de dimorphisme sexuel sont constitués par les organes sensoriels (yeux et cerques), qui sont hyperdéveloppés chez les mâles. De plus, les pattes antérieures du mâle, qui servent à l'accrochage de la femelle pendant l'accouplement, sont nettement plus longues que chez cette dernière, par suite d'un hyper-développement des tibias et surtout des tarses. Enfin, les pièces génitales des mâles, situées à l'extrémité de l'abdomen, comportent une pince (ou forceps) constituée de deux gonopodes et d'un pénis plus ou moins différencié selon les genres.

b) Distinction des différentes phases

Les larves (Fig. 1) sont pourvues de pièces buccales fonctionnelles de type broyeur, devenant vestigiales chez les adultes. Les ailes en formation se développent progressivement à chaque mue, enfermées dans des fourreaux alaires, orientés vers l'arrière, d'apparence brunâtre, et qui noircissent à l'approche de l'émergence par différenciation de la nervation et de l'éventuelle pigmentation de la membrane alaire. Il n'existe pas de stade de repos nymphal vrai comme chez les insectes Holométaboles (Coléoptères, Trichoptères, Lépidoptères, Diptères, Hyménoptères). Pour cette raison, l'emploi par certains auteurs anglo-saxons du terme de " nymphe " pour désigner la larve d'Ephémère, même au dernier stade, est impropre.

Les subimagos se reconnaissent à leurs pattes et cerques plus courts et plus épais, ainsi qu'à leurs ailes, de même surface, mais plus épaisses et de couleur terne, souvent grisâtre. Leur vol est lent, peu soutenu et maladroit.

Les adultes ou imagos (Fig. 3) possèdent des ailes minces, hyalines et pleinement fonctionnelles. Les pièces génitales (Fig. 4-5) ont pris leur aspect définitif, plus différencié d'une espèce à l'autre, que chez les subimagos.

c) Identification des familles et des genres

Le présent travail propose une clé des familles des Ephémères de Guyane, puis, pour chaque famille, une clé des genres correspondants.

6) Morpho-anatomie

a) la phase larvaire [ou "nymphe"] aquatique (Fig. 1)

Tête

En plus des yeux, volumineux, elle possède en général trois ocelles: un médian et deux autres en position latérale. Il y a une paire d'antennes, de longueur très variable. Pièces buccales : elles sont insérées sous la capsule céphalique et peuvent être disposées perpendiculairement à l'axe du corps (type orthognathe) ou plus ou moins en avant (type prognathe, beaucoup plus rare chez les Ephémères). La pièce la plus antérieure est le labre, dans le prolongement du clypeus, suivi des mandibules, différenciées en parties molaire et incisive, cette dernière étant apicale. En arrière des mandibules se trouve une paire de mâchoires moins sclérifiées : les maxilles. Leur partie antérieure distale constitue la galea-lacinia, leur partie postérieure est formée par le stipes et le cardo. Le côté externe de chaque galea-lacinia donne naissance au palpe maxillaire. Suivent l'hypopharynx et enfin,

en position superficielle et ventrale, le labium. Celui-ci est divisé en deux parties: un petit submentum (ou postmentum) et un mentum (ou prémentum) plus grand. Le labium différencie latéralement deux palpes labiaux, de part et d'autre de deux glosses et de deux paraglosses.

Thorax

Il compte trois segments (pro-, méso- et métathorax) qui portent chacun une paire de pattes. D'autre part, sur le méso- et le métathorax se développent les ailes dans des fourreaux alaires.

Chaque patte est formée d'une coxa (pièce basale) qui fixe l'appendice au thorax, d'un trochanter toujours de petite taille, d'un fémur plus ou moins aplati selon les adaptations, d'un tibia, d'un tarse non-segmenté [en raison des contraintes hydrauliques] et d'une seule griffe [caractère rare chez les Insectes] portant généralement des denticules. Les pattes des larves sont plus courtes et plus fortes que celles des adultes, les pattes postérieures étant plus longues que les antérieures. L'ornementation tégumentaire des pattes est très variable, et implique par exemple, selon le mode de vie et le régime alimentaire, des tubercules ou de longues soies soit hydrodynamiques (certains Baetidae) soit à rôle filtreur (Oligoneuriidae : Fig. 32).

Abdomen

Les Ephéméroptères possèdent un abdomen formé de dix segments. Le bord postérieur des tergites (partie dorsale des segments) et les coins postéro-latéraux de ces derniers peuvent présenter des caractères discriminants importants pour séparer les espèces.

Les branchies sont les structures les plus variables chez les larves. Le plus souvent, elles sont situées exclusivement sur l'abdomen, mais chez quelques espèces il peut s'en trouver aussi sur la base des coxas (*Baetodes*, *Camelobaetidius*) ou sur les bases des maxilles (Oligoneuriidae). La position des branchies sur l'abdomen varie également: elle est le plus souvent dorsale, mais chez les Oligoneuriidae par exemple, les branchies du premier segment abdominal sont en position ventrale. La structure des branchies est fortement variable. Ces dernières peuvent être lamelleuses, filamenteuses, simples ou doubles (cf. clé des familles).

La plupart des Ephémères portent trois filaments caudaux ou cerques: deux latéraux et un filum terminale, médian. Toutefois, le filum terminale, ou paracerque, peut être absent ou rudimentaire, en particulier chez de nombreux Baetidae rhéophiles. La longueur des filaments caudaux varie fortement, de même que leur ciliature, plus développée chez les espèces nageuses vivant en eau calme.

b) la phase adulte [ou imaginale] aérienne (Fig. 3)

Tête

Les yeux montrent souvent un dimorphisme sexuel, ceux du mâle étant presque toujours plus volumineux et plus rapprochés que chez la femelle. Ce dimorphisme est particulièrement remarquable chez les familles des Baetidae (yeux dits "en turban" : Fig. 10) et des Leptophlebiidae (yeux du mâle hyperdéveloppés et colorés en rouge et noir). Les ommatidies peuvent aussi être de deux tailles différentes chez les mâles. Les yeux des femelles sont généralement uniformes en ce qui concerne leur couleur et la taille des ommatidies. En plus des yeux composés, les Ephémères

possèdent trois ocelles indépendants, en position antérieure: un médian et deux latéraux. Les pièces buccales étant vestigiales chez l'adulte ne peuvent donc pas être utilisées comme caractères discriminants entre espèces.

Thorax

Chacun des trois segments du thorax (Fig. 3) porte une ou deux paires d'appendices: le prothorax les pattes P1; le mésothorax les P2 et les ailes antérieures; le métathorax les P3 et les ailes postérieures. Chez quelques espèces, ces dernières peuvent être totalement absentes ou très réduites (Caenidae, Tricorythidae, Baetidae et quelques Leptophlebiidae).

Les pattes antérieures présentent souvent un dimorphisme sexuel, les P1 sensorielles du mâle étant beaucoup plus longues que les P2 et les P3, avec des tibias et des tarses hyperdéveloppés. Chez la femelle, toutes les pattes sont de longueur voisine, quelquefois réduites à des moignons (Fig. 11 : *Campsurus*, Polymitarcyidae). Le nombre de segments des tarses postérieurs et les proportions relatives des segments des tarses antérieurs et postérieurs peuvent être des caractères discriminants en systématique.

Ailes: la nervation alaire est utilisée en systématique.

Abdomen

Les dix segments de l'abdomen présentent un aspect assez uniforme. La coloration des tergites et des sternites fournit souvent de bons caractères systématiques. Les autres structures discriminantes chez les mâles sont essentiellement la pince génitale (Fig. 4), constituée d'une base (ou styligère) et de deux gonopodes proprement dits, ainsi que du pénis, médian.

Chez la femelle, la plaque sous-génitale (Fig. 5) peut parfois servir à l'identification spécifique (Leptophlebiidae en particulier).

L'étude de l'exochorion des oeufs au MEB (Microscope Electronique à Balayage) apporte des potentialités discriminantes très différentes selon les familles (excellentes au niveau spécifique chez les Leptophlebiidae par exemple, et au contraire pratiquement sans utilité chez les Baetidae où le chorion présente une structure à peu près lisse et uniforme).

SECONDE PARTIE

Clés de détermination

1. Introduction

Les clés ci-dessous sont basées sur l'inventaire et la répartition géographique traités au chapitre III. Toutefois, la présence en Guyane Française de certains genres, signalés de contrées proches, nous paraît très possible. En attendant les progrès ultérieurs, nous avons jugé préférable de considérer ces genres, au nombre de deux, comme potentiels. Nous les avons pris en compte dès cette première version des clés de détermination, car une clé incomplète constitue toujours un sérieux handicap à l'usage, en particulier pour les utilisateurs non spécialisés directement en entomologie et travaillant sur la qualité de l'eau. En tout, 40 genres sont donc considérés dans cette première version. Ce sont :

a) genres potentiels :

Famille des Polymitarcyidae

1. *Tortopus* Needham & Murphy, 1924

Référence : *Tortopus harrisi*, Brésil (DOMINGUEZ et al. 1999).

Illustrations : 39.

Famille des Leptophlebiidae

2. *Farrodes* Peters, 1971

Référence : *Farrodes tepui*, 60 km d'Altamira, Nord du Brésil (DOMINGUEZ et al. 1999).

Illustrations : 131-136.

b) genres récoltés jusqu'ici:

Famille des Ephemeridae

3. *Hexagenia* Walsh, 1863

Figures : 24.

Famille des Euthyplociidae

4. *Campylocia* Needham & Murphy, 1924

Figures : 13-14, 18-22.

Famille des Polymitarcyidae

5. *Asthenopus* Eaton, 1871

Figures : 38.

6. *Campsurus* Eaton, 1868

Figures : 7, 40-43.

Famille des Caenidae

7. *Caenis* Stephens, 1835

Figures : 15-16, 44-46.

8. *Brachycercus* Curtis, 1834

Figures : 49.

Famille des Leptohyphidae

9. *Coryphorus* Peters, 1981

Figures : 50-55.

10. *Leptohyphes* sensu lato Eaton, 1882

Figures : 17, 63-69.

11. *Tricorythodes* Ulmer, 1920

Figures : 25, 56-62.

Famille des Leptophlebiidae

12. *Bessierus* Thomas & Orth, 2000

Figures : 70-74.

13. *Fittkaulus* Savage & Peters, 1978

Figures : 105-113.

14. *Hagenulopsis* Ulmer, 1919

Figures : 75-78.

15. *Hermanella* Needham & Murphy, 1924

Figures : 93-99.

16. *Hydrosmilodon* Flowers & Dominguez, 1992

Figures : 89-92.

17. *Lentvaaria* Demoulin, 1966

Figures : 82-88.

18. *Microphlebia* Savage & Peters, 1982

Figures : 143-145.

19. *Miroculis* sensu stricto Edmunds, 1963

Figures : 137-142.

20. *Simothraulopsis* Demoulin, 1966

Figures : 124-130.

21. *Terpides* Demoulin, 1966

Figures : 100-104.

22. *Thraulodes* Ulmer, 1919

Figures : 12, 114-119.

23. Genre *U*

Figures : 120-123.

24. *Ulmeritoides* Traver, 1959

Figures : 79-81.

Famille des Baetidae

25. *Adebrotus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1995

Figures : 212-218.

26. *Americabaetis* Kluge, 1992

Figures : 200-204.

27. *Apobaetis* Day, 1955

Figures : 224-227.

28. *Aturbina* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1996

Figures : 219-223.

29. *Callibaetis* Eaton, 1881

Figures : 9, 149-156.

30. *Camelobaetidius* Demoulin, 1966

Figures : 146-148.

31. *Cloeodes* Traver, 1938

Figures : 169-172.

32. *Cryptonympha* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

Figures : 193-199.

33. *Guajirohulus* Flowers, 1985

Figures : 190-192.

34. *Harpagobaetis* Mol, 1986

Figures : 157-162.

35. *Paracloeodes* Day, 1955

Figures : 173-175.

36. *Rivudiva* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

Figures : 176-179.

37. *Spiritiops* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

Figures : 183-189.

38. *Tomedontus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1995

Illustrations: 163-168.

39. *Waltzoyphius* McCafferty & Lugo-Ortiz, 1995

Figures : 180-182.

40. *Zelus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

Illustrations : 205-211.

Famille des Oligoneuriidae

41. *Genus sp 1.*

Figures : 33-34.

42. *Genus sp 2.*

Figures : 32, 35-37.

N. b.: En fait, la Guyane Française n'a pas encore livré tous ses secrets en matière de biodiversité des Ephemeroptères. Nous avons eu affaire très récemment à deux genres rares ou très rares, apparemment très polluosensibles, qu'il ne nous a pas encore été possible de déterminer avec certitude. Nous ne les avons pas encore intégrés dans les clés de détermination, mais ils figurent déjà dans les matrices indiciaires, désignés respectivement sous les noms de « *genre X* » et « *genre Y* », affectés d'un coefficient de polluosensibilité provisoire.

2) Clés de détermination des familles d'Ephemeroptères présentes en Guyane Française

2.1. Adultes

- 1 - nervation des ailes antérieures très réduite : seulement 3 ou 4 nervures longitudinales apparentes après R1 (Fig. 6). Corps de couleur sombre.....**Oligoneuriidae**
- 1' - nervation des ailes antérieures complète ou faiblement réduite : nombreuses nervures longitudinales présentes après R1 (Fig. 7-8).....2
- 2 - pattes 2 et 3 du mâle, ainsi que toutes les pattes de la femelle atrophiées et non fonctionnelles. (Fig. 11); corps de couleur pale; ailes souvent translucides, ou incolores, ou de teinte grise.....**Polymitarcyidae**
- 2' - toutes les pattes des deux sexes bien développées et fonctionnelles (Fig. 3); coloration du corps très variable.....3
- 3 - près de la base de l'aile antérieure, nervure MP2 [sensu EDMUNDS & WALTZ 1996] fortement incurvée de l'arrière vers l'apex (Fig. 8)**Ephemeridae (g. *Hexagenia*)**
- 3' - près de la base de l'aile antérieure : nervure MP2 non incurvée de telle façon (Fig. 9) 4
- 4 - ailes antérieures présentant des nervures marginales intercalaires, très courtes, indépendantes de la base des ailes (Fig. 9); ailes postérieures petites ou absentes; mâle avec des yeux en turban (Fig. 10)**Baetidae**
- 4' - toutes les nervures des ailes antérieures, y compris les marginales, reliées les unes aux autres depuis la base des ailes.....5
- 5 - mâle avec des yeux hyperdéveloppés, en deux parties colorées en rouge et en noir; nervure costale des ailes postérieures présentant un saillant ou un décrochement le plus souvent bien marqué (Fig. 12)..... **Leptophlebiidae**

5'- yeux des mâles petits, unicolores; nervure costale des ailes postérieures ne présentant pas une telle formation : ou bien le saillant est virtuel ou bien il s'agit d'un long prolongement incurvé, très grêle	6
6 - nervure MA2 jusqu'à 3 fois plus longue que la base de MA (Fig. 13); pince génitale du mâle très simple, grêle (Fig. 14); animaux de très grande taille (jusqu'à plus de 30 mm).....	
..... Euthyplociidae (g. <i>Campylocia</i>)	
6'- nervure MA2 plus courte, égale ou à peine plus longue que la base de MA(Fig. 15); pince génitale du mâle diversement conformée; animaux de très petite taille (2 à 5 mm environ).....	7
7 - ailes postérieures absentes (Fig. 15); thorax de couleur brun-jaunâtre; gonopodes mâles formés d'un seul segment (Fig. 16).....	Caenidae
7'- ailes postérieures réduites ou absentes; thorax de couleur noire ou grise; gonopodes mâles formés de deux ou trois segments (Fig. 17).....	Leptohyphidae

2.2. Larves

1 - présence de longs prolongements antérieurs sur les mandibules (Fig. 18).....	2
1'- absence de tels prolongements (Fig. 81).....	4
2 - prolongements antérieurs des mandibules, en forme de pince courbe régulièrement convexe, nettement plus longs que la tête et portant de nombreuses longues soies, en particulier du côté interne (Fig. 18 et 19).....	Euthyplociidae (g. <i>Campylocia</i>)
2' - prolongements antérieurs des mandibules de type fouisseur, plus courts et plus rapprochés (Fig. 38 à 40).....	3
3 - prolongements antérieurs des mandibules relevés vers le haut, en vue de profil (Fig. 24); apex du tibia 1 fortement saillant et dépassant l'articulation du tarse (Fig. 23).....	Ephemeridae (g. <i>Hexagenia</i>)
3' - prolongements antérieurs des mandibules recourbés plus ou moins nettement vers le bas en vue de profil; pas de saillie apicale du tibia 1 s'étendant au delà de l'articulation du tarse (Fig. 42 et 43)	Polymitarcyidae
4 - deuxième paire de branchies en forme de boucliers protecteurs des paires suivantes (Fig. 25)	5
4'- deuxième paire de branchies non en forme de boucliers.....	6
5 - bords internes des branchies 2 droite et gauche parallèles et se recouvrant; branchies 1 présentes, filiformes.....	Caenidae

- 5'- bords internes des branchies 2 droite et gauche espacés et divergents (Fig. 25); branchies 1 absentes.....**Leptohyphidae**
- 6 - branchies des segments 2 à 7 soit fourchues (Fig. 88), soit en touffes avec tous les bords frangés (Fig. 27), soit avec des lamelles doubles terminées par des filaments (Fig. 97) ou des pointes (Fig. 28); bord apical externe des maxilles portant une touffe de soies très dense (Fig. 99, 101); mandibules prognathes débordant latéralement la capsule céphalique et constituant une partie importante de la surface dorsale de la tête (Fig. 81)**Leptophlebiidae**
- 6'- branchies des segments 2 à 7 soit plus ou moins ovales (Fig. 31), soit en forme de coeur (Fig. 29), simples, doubles ou en trois feuillettes (Fig. 30), mais jamais terminées par des filaments ou des pointes; bord apical externe des maxilles dépourvu de touffe de soies très dense (Fig. 150); mandibules hypognathes ne formant pas une partie importante de la surface dorsale de la tête.....7
- 7 - des branchies filamenteuses ventrales, sur la base des maxilles (Fig. 26).....**Oligoneuriidae**
- 7'- pas de branchies ventrales sur la base des maxilles.....**Baetidae**

3) Clés de détermination des larves des genres présents ou potentiels en Guyane Française, pour chaque famille

3.1. Famille des Polymitarcyidae

- 1 - prolongement antérieur des mandibules très fort, relativement court, doté d'au moins une forte saillie basale interne à rôle broyeur (Fig. 38).....**Asthenopus**
- 1' - prolongement antérieur des mandibules plus rectiligne et plus mince, courbé à l'apex.....2
- 2 - mandibules avec un seul tubercule subapical sur le bord interne, bien qu'un autre tubercule puisse être présent à la base (Fig. 39).....**Tortopus**
- 2'- mandibules avec un tubercule basal ou sub-basal sur le bord interne et plusieurs autres plus petits et apicaux, conférant un aspect crénelé (Fig. 40).....**Campsurus**

3.2. Famille des Caenidae

- 1 - ocelle médian porté par un tubercule nettement proéminent (Fig. 49); palpes maxillaires et labiaux à deux articles; pattes portant des soies aussi longues que les tibias.....**Brachycercus**
- 1' - pas de tubercules ocellaires: ocelles directement portés par le clypéus; palpes maxillaires et labiaux à trois articles (Fig. 45 et 46)**Caenis**

3.3. Famille des Leptohyphidae

1 - Deux protubérances étroites et longues sur le vertex (Fig. 51); palpes labiaux vestigiaux (Fig. 55); palpes maxillaires totalement absents.....	<i>Coryphorus</i>
1' - Pas de protubérance étroite et longue sur le vertex; palpes labiaux non vestigiaux; palpes maxillaires présents, d'au moins un article.....	2
2 - Fémur avec de longues soies (Fig. 60 a et b); branchie 2 operculée de forme triangulaire ou semi-triangulaire (Fig. 62), et de largeur supérieure aux deux-tiers de sa longueur.....	<i>Tricorythodes</i>
2' - Fémur avec des écailles pointues (Fig. 69 a et b); branchie 2 operculée de forme ovale (Fig. 67), et de largeur inférieure aux deux-tiers de sa longueur.....	<i>Leptohyphes</i> sensu lato

3.4. Famille des Leptophlebiidae

N. b.:

a) la larve du genre *Hermanellopsis*, potentiellement présente, est encore inconnue.

b) celle de *Paramaka*, présente en Guyane française (des adultes ont déjà été signalés), appartient au groupe *Hermanella* sensu lato (J. Peters et al. travail en cours).

1 - Ptérothèques postérieures absentes.....	2
1' - Ptérothèques postérieures présentes (Fig. 98)	3
2 - Labre profondément concave, sur la moitié environ de sa longueur (Fig. 72), matérialisant deux lobes très arrondis; griffes tarsales porteuses de denticules disposés sur deux rangées près de l'apex (Fig. 73).....	<i>Bessierus</i>
2' - Labre concave seulement sur environ le quart de sa longueur (Fig. 77); griffes tarsales portant un denticule subapical très développé.....	<i>Hagenulopsis</i>
3 - Branchies à lamelles de surface assez réduite avec de nombreux filaments trachéens libres, irradiés à la périphérie (Fig. 80); segments abdominaux terminés de chaque côté par une pointe postéro-ventrale très saillante, dirigée vers l'arrière et aussi longue que la moitié du segment correspondant (Fig. 79).....	<i>Ulmeritoides</i>
3' - Branchies non conformées ainsi (Fig. 88, 97); pas de pointes aussi longues sur les sternites abdominaux (Fig. 122).....	4
4 - Palpes labiaux très longs, plus longs que la tête (Fig. 85), même en position repliée; labre fortement développé (Fig. 83).....	<i>Lentvaaria</i>
4' - Palpes labiaux pas nettement surdimensionnés (Fig. 90).....	5

5 - Palpes <i>maxillaires</i> : article 2 beaucoup plus long que l'article 1; article 3 masqué par sa pilosité, très développée et implantée sur plusieurs rangs (Fig. 84, 91, 99)	6
5' - Palpes <i>maxillaires</i> : articles 1 et 2 relativement courts; article 3 non masqué par sa pilosité (Fig. 101).....	7
6 - Apex de la maxille portant du côté interne une pointe très développée (de longueur voisine de la largeur de la galea-lacinia (Fig. 91).....	<i>Hydrosmilodon</i> sensu lato
6' - Apex de la maxille portant une pointe interne beaucoup plus courte que la largeur de la galea-lacinia (Fig. 99)	complexe <i>Hermanella</i> sensu lato
7 - Sous chaque griffe tarsale, le denticule le plus long est en position médiane, entouré de part et d'autre, vers l'apex et vers la base, par des denticules plus petits; tête hypognathe branchies lancéolées à réseau trachéen très pigmenté (Fig. 104)	<i>Terpides</i>
7' - Sous chaque griffe tarsale, denticules non conformés ainsi; tête prognathe.....	8
8 - Sous chaque griffe tarsale, un denticule nettement plus long que les autres en position subapicale (Fig. 95)	10
8' - Sous chaque griffe tarsale, pas de denticule considérablement plus développé que les autres, tout au plus une variation de taille continue (Fig. 111, 116)	9
9 - Denticules des griffes tarsales petits, répartis en deux groupes distincts (Fig. 111); labre pas plus large que le clypeus et à contour latéral très arrondi (Fig. 105 a), aussi à bord antérieur concave; bord externe des mandibules non frangé de nombreuses soies sur la moitié distale (Fig. 106 a) ; bord externe des fémurs ne portant pas de très nombreuses soies; branchies à rames dorsale et ventrale différentes : rame dorsale des 2e à 6e grande, rétrécie à la base et tronquée apicalement avec une faible projection médio-apicale, rame ventrale elliptique avec un faible filament terminal (Fig. 113).....	<i>Fittkaulus</i>
9' - Denticules des griffes tarsales progressivement plus grands vers l'apex (Fig. 116); labre nettement plus large que le clypeus et fortement saillant latéralement (Fig. 114), subrectiligne ou peu concave dans la région médiane; bord externe des mandibules frangé de nombreuses soies sur la moitié distale (Fig. 115) ; bord externe des fémurs portant de très nombreuses soies (Fig. 117) ; branchies lancéolées ou laciniées (Fig. 119).....	<i>Thraulodes</i>
10 - Rames branchiales dorsales et ventrales laciniées (Fig. 119) ou lancéolées (Fig. 123).....	11
10' - Rames branchiales dorsales et ventrales d'une autre forme.....	13
11 - De fortes épines postéro-latérales individualisées sur les segments abdominaux VI-VII-VIII et IX, et incurvées vers l'extérieur (Fig. 122).....	<i>Genre U</i>
11' - Des épines seulement bien individualisées sur les segments abdominaux VIII et IX (Fig. 130)...	12

12 - Touffe dense de fortes soies de la galea-lacinia ne s'étendant pas jusqu'au coin antéro-externe de cette dernière (Fig. 125).....*Simothraulopsis* sensu lato
 12' - Touffe dense de fortes soies de la galea-lacinia s'étendant jusqu'au coin antéro-externe de cette dernière (Fig. 131)*Farrodes*

13 - Rames dorsale et ventrale des branchies subégales, terminées par deux lobules latéraux et un étroit prolongement médian (Fig. 138); labre à large concavité, peu profonde, délimitée en avant par deux lobes assez anguleux (Fig. 142).....*Miroculis*
 13' - Rames branchiales arrondies, la dorsale d'environ 3/4 de la longueur et 1/2 de la largeur de la rame ventrale (Fig. 145); labre à concavité plus profonde, délimitée par deux lobes plus arrondis (Fig. 143).....*Microphlebia*

3.5. Famille des Baetidae

1 - Griffe tarsale aplatie, développée transversalement (Fig. 148).....*Camelobaetidius*
 1' - Griffe tarsale développée longitudinalement (Fig. 160).....2

2 - Branchies différenciées en 2 ou 3 feuillets superposés (Fig. 156).....*Callibaetis*
 2' - Branchies différenciées en 1 seul feuillet.....3

3 - Certaines pièces buccales de type perforant, carnivore (mandibules : Fig. 157; maxilles : Fig. 158)
*Harpagobaetis*
 3' - Pièces buccales classiques, non carnivores.....4

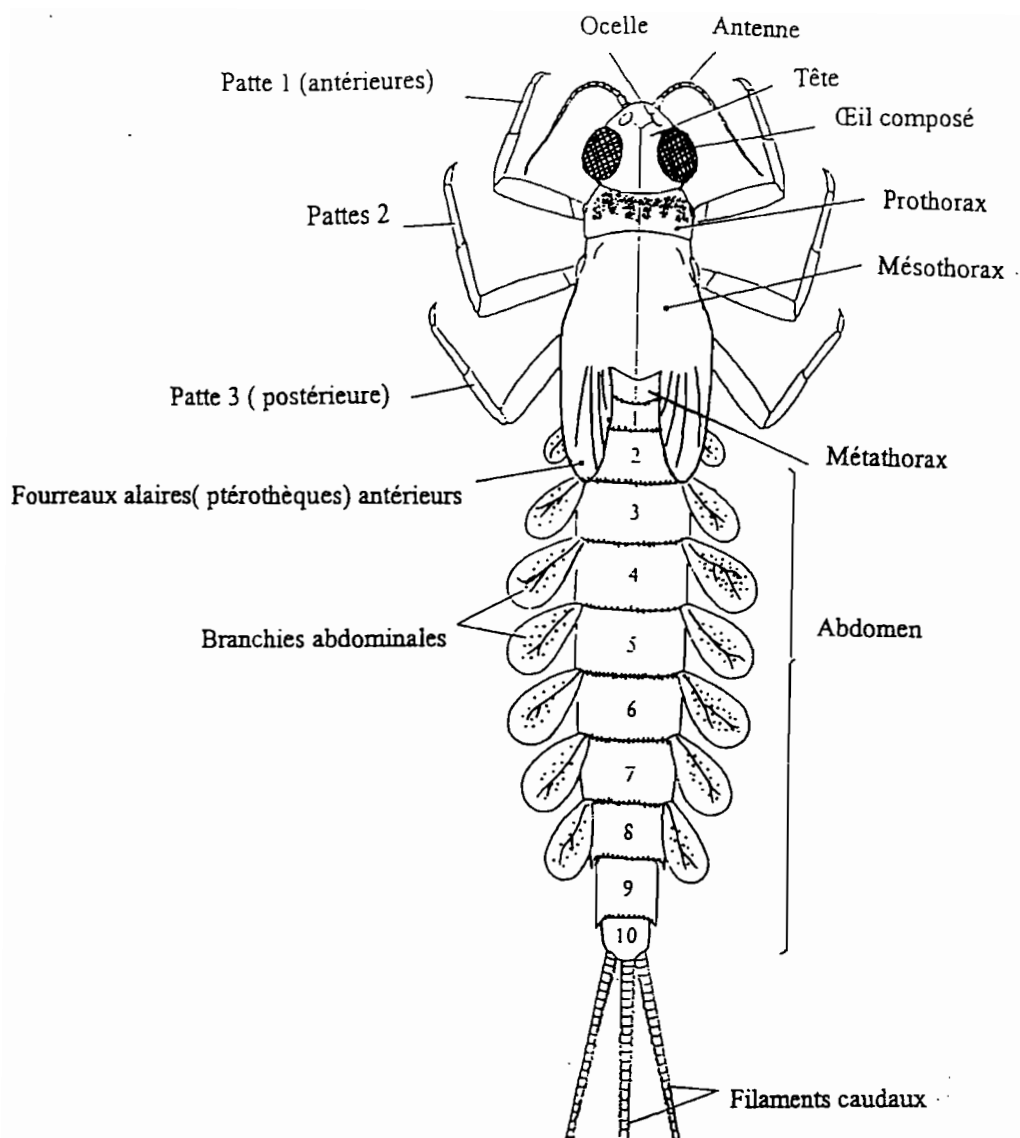
4 - Palpe labial à article 2 très grêle et saillant vers l'intérieur (Fig. 163); paraglosse très développée (Fig. 163).....*Tomodontus*
 4' - Palpes labiaux normalement développés, non grêles.....5

5 - Une courte rangée de soies serrées implantées transversalement sur le tibia (Fig. 171 a, 172) et une autre oblique, plus longue et aux soies plus espacées, sur le tarse (Fig. 171 a, 172).....*Cloeodes*
 5' - Pas de telles rangées de soies sur le tibia et le tarse.....6

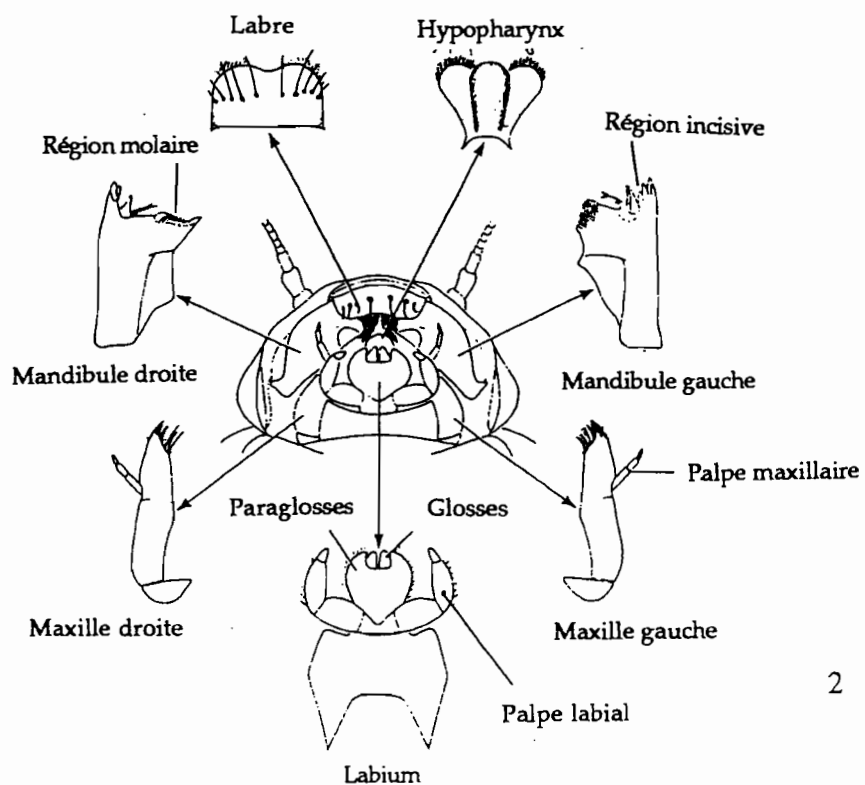
6 - Denticules tarsaux totalement absents, sur une griffe très longue et étroite, subrectiligne (Fig. 227); palpe labial de forme caractéristique avec une arête antérieure subrectigène ou légèrement concave et un coin interne saillant (Fig. 224).....*Apobaetis*
 6' - Des denticules tarsaux, de taille très variable.....7

7 - Denticules tarsaux petits ou vestigiaux, peu visibles.....8

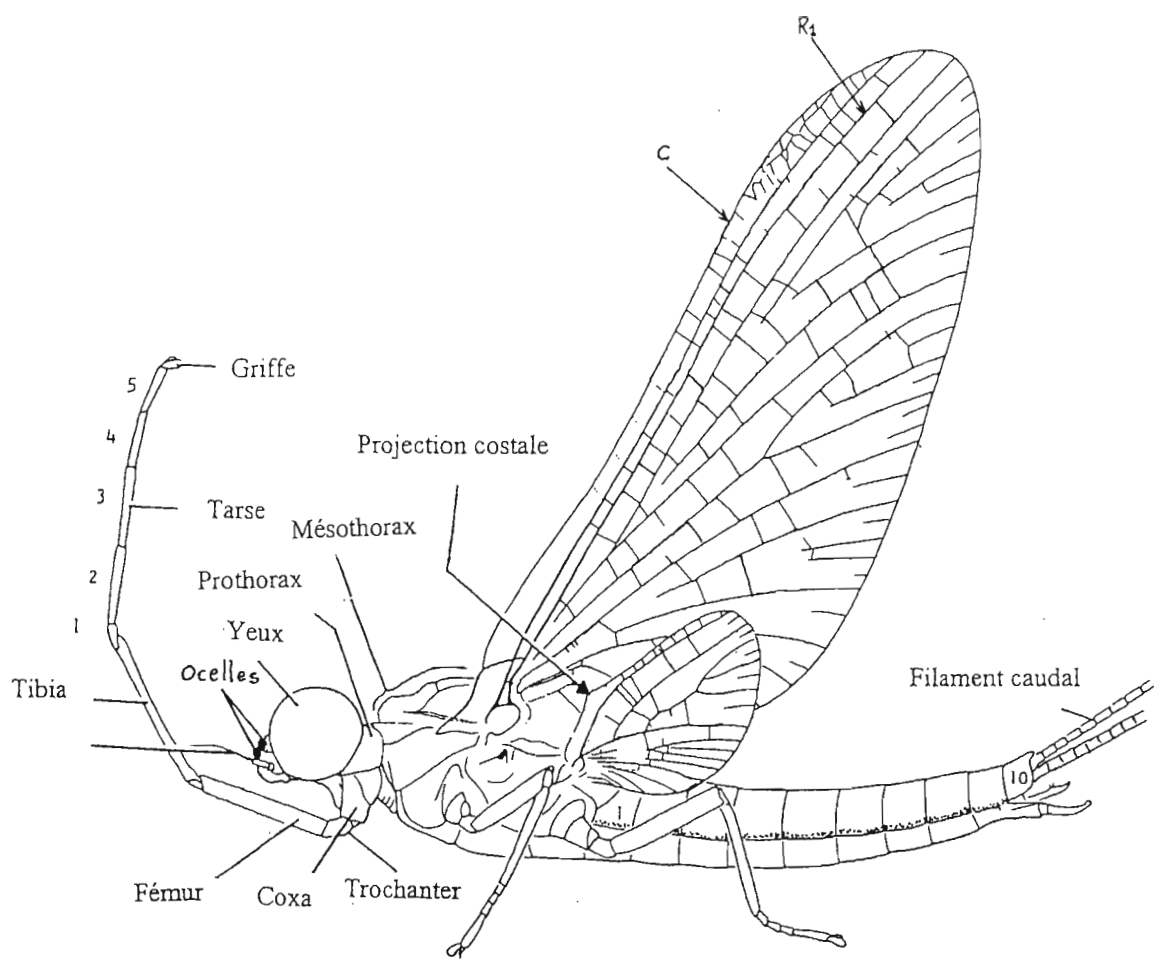
7' - Au moins une partie des denticules tarsaux bien développés et visibles.....	9
8 - Denticules tarsaux peu nombreux et dont l'implantation, souvent irrégulière, n'atteint pas ou ne dépasse guère la moitié proximale de la griffe (Fig. 175).....	<i>Paracloeodes</i>
8' - Denticules tarsaux dont la disposition, régulière, forme une sorte d'ellipse, dépassant nettement la moitié de la longueur de la griffe (Fig. 178).....	<i>Rivudiva</i>
9 - Griffe tarsale armée de deux rangées parallèles de denticules, nettement établies et de taille croissante vers l'apex (Fig. 185).....	10
9' - Griffe tarsale portant tout au plus une seule rangée de denticules (Fig. 181).....	11
10 - Article 2 du palpe maxillaire très développé du côté interne, relativement anguleux et conférant au palpe un aspect bilobé (Fig. 180); pas de soie sensorielle près de l'apex de la griffe tarsale (Fig. 181); fémurs très grêles (Fig. 182); une protubérance médiane sur le mésosternum.....	<i>Waltzoyphius</i>
10' - Palpe maxillaire long, étroit, surtout développé par son article 2, et non bilobé (Fig. 183); une soie sensorielle près de l'apex de la griffe tarsale (Fig. 185); fémurs normalement développés (Fig. 189); pas de protubérance médiane sur le mésosternum.....	<i>Spiritiops</i>
11 - Denticule tarsal le plus distal, sous la griffe, aussi long et épaissi que cette dernière (Fig. 192).....	<i>Guajirolus</i>
11' - Denticule tarsal le plus distal beaucoup plus court et fin que la griffe elle-même.....	12
12 - Article 2 du palpe labial avec une projection interne, conférant au palpe un aspect bilobé (Fig. 193)	13
12' - Article 2 du palpe labial dépourvu de projection interne (Fig. 205)	14
13 - Paraglosses étroites, subégales aux glosses (Fig. 193).....	<i>Cryptonympha</i>
13' - Paraglosses nettement plus larges et plus longues que les glosses, avec leurs bords interne et externe parallèles sur la plus grande partie de leur longueur (Fig. 200).....	<i>Americabaetis</i>
14 - Palpe labial long, présentant un article 2 particulièrement allongé et étroit, ainsi qu'un article 3 très réduit (Fig. 212); glosses très développées, plus longues que les paraglosses.....	<i>Adebrotus</i>
14' - Article 2 du palpe labial plus court que l'article 1, article 3 volumineux, tronconique à l'apex ou largement arrondi.....	15
15 - Article 2 du palpe labial étroit, concave du côté interne, article 3 tronconique à l'apex (Fig. 219); palpe maxillaire à trois articles (Fig. 220).....	<i>Aturbina</i>
15' - Article 2 du palpe labial large, convexe du côté interne, article 3 largement arrondi à l'apex (Fig. 205); palpe maxillaire à deux articles (Fig. 206).....	<i>Zelus</i>



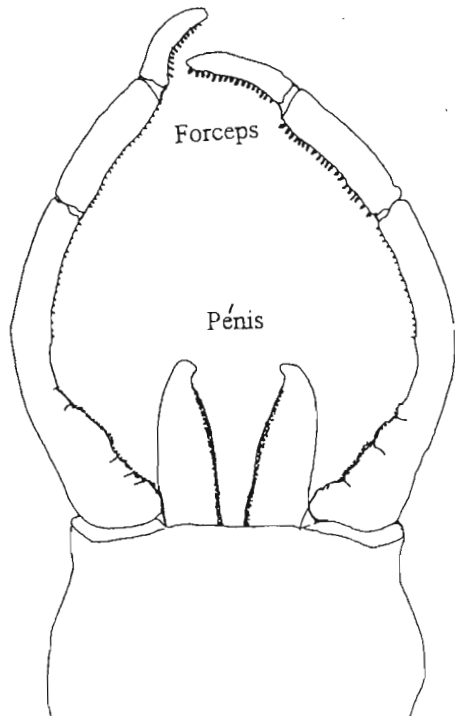
1



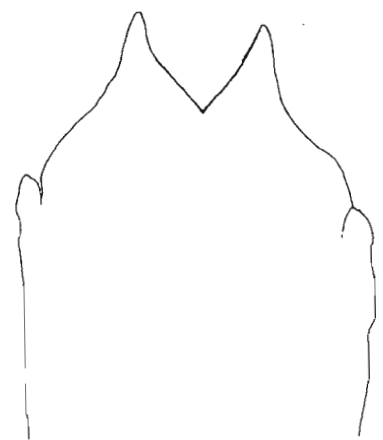
2



3



4

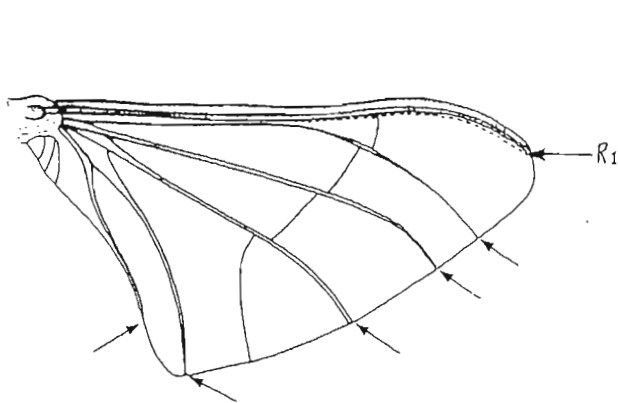


Plaque sous génitale femelle

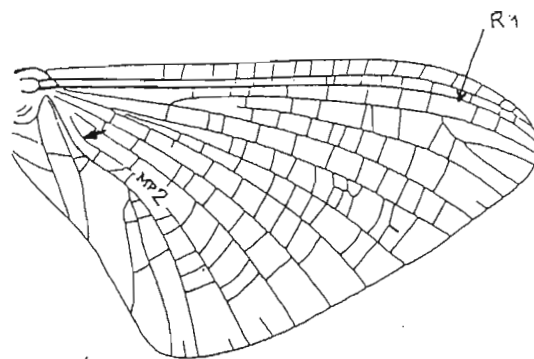
5

39

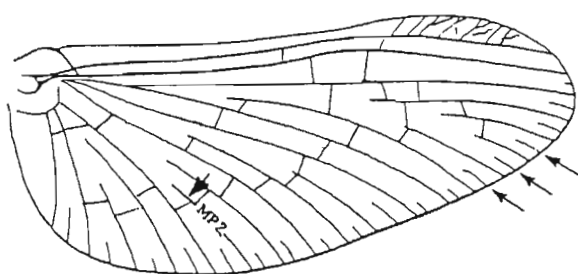
38



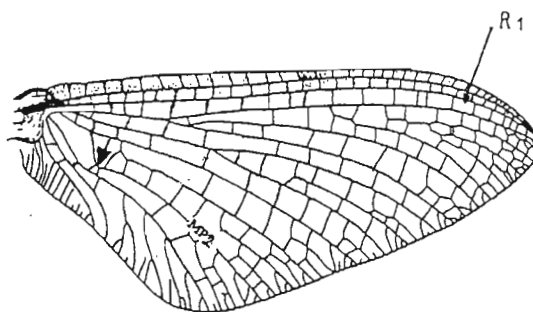
6



7



9

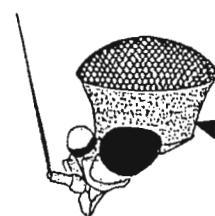


8

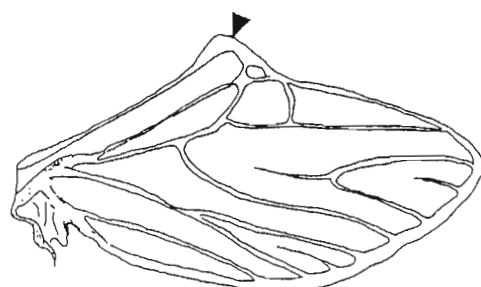


Patte
réduite

11



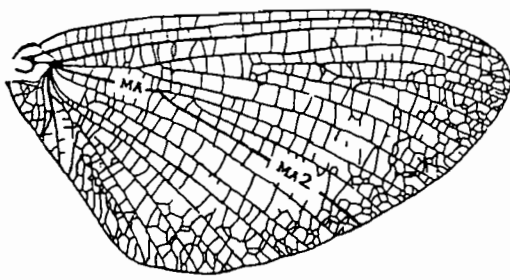
10



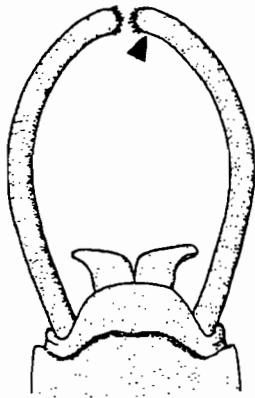
12

39

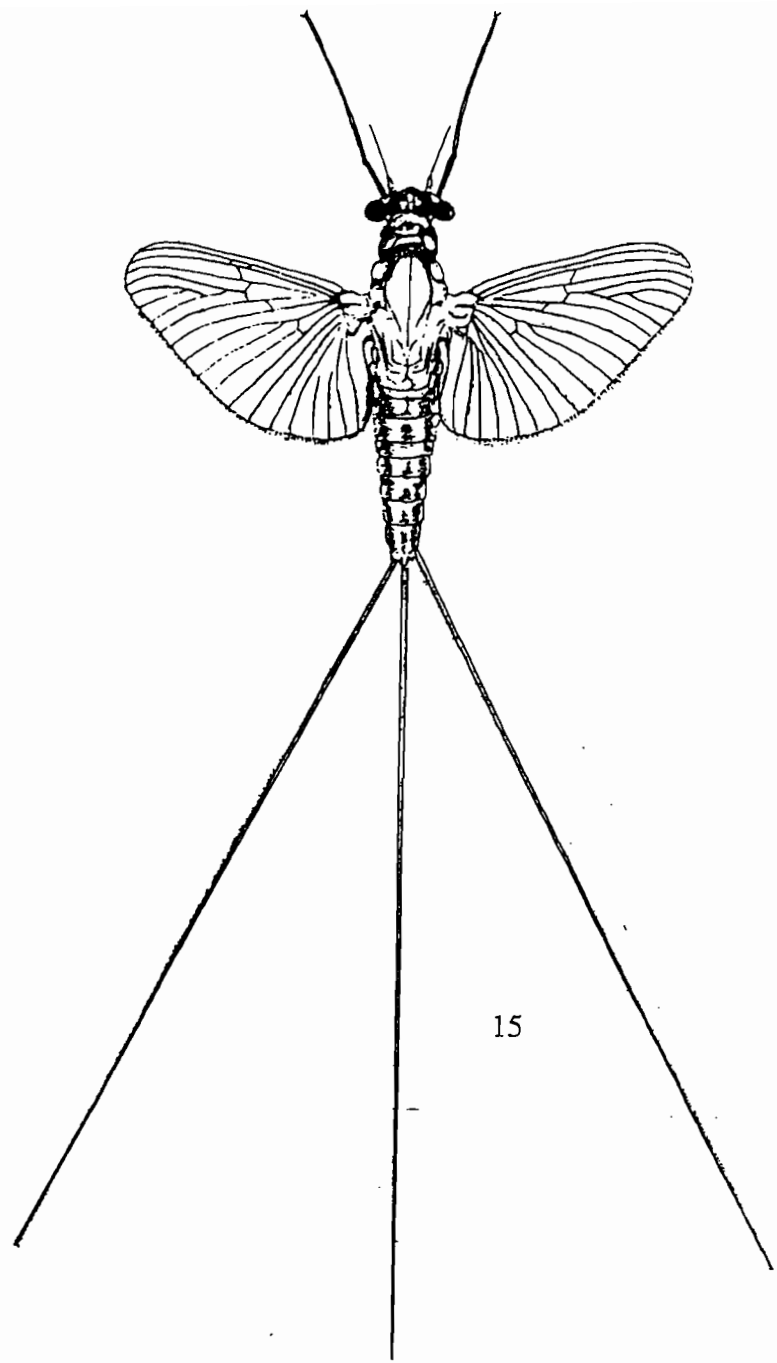
Fig. 6 : aile antérieure de *Lachlania* sp. (Oligoneuriidae). Fig. 7 : aile antérieure de *Campsurus* sp. (Polymitarcyidae). Fig. 8 : Aile antérieure d'*Hexagenia* sp. (Ephemeridae). Fig. 9 : aile antérieure de *Callibaetis* sp. (Baetidae). Fig. 10 : Yeux en turban de *Baetis* sp. (Baetidae). [d'après Edmunds et al., 1976, simplifié]. Fig. 11 : réduction des pattes de Polymitarcyidae; Fig. 12 : aile postérieure de *Thraulodes* sp. (Leptophlebiidae).



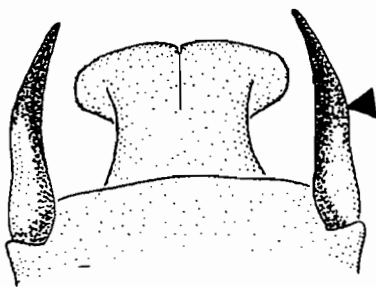
13



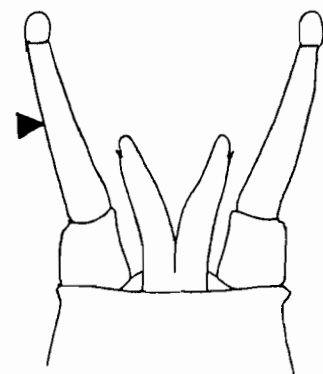
14



15

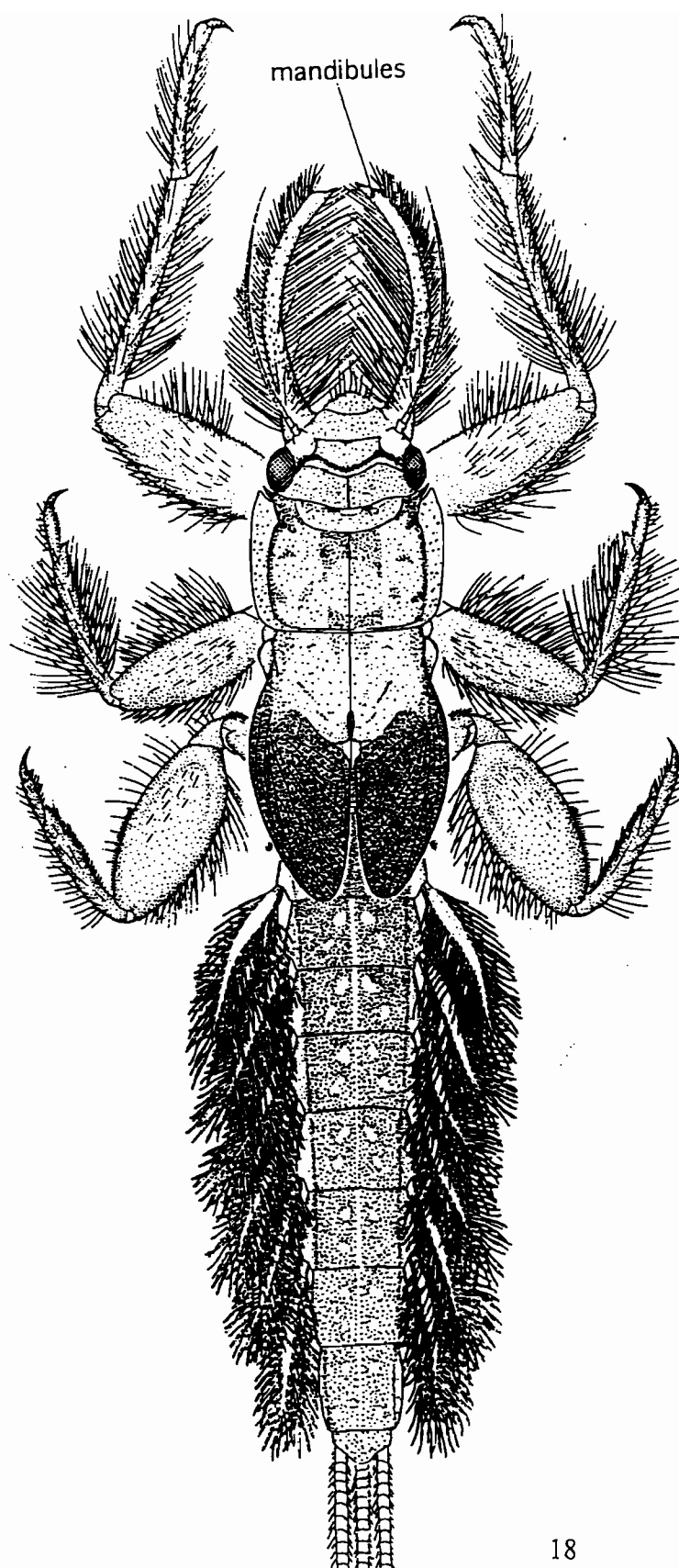


16

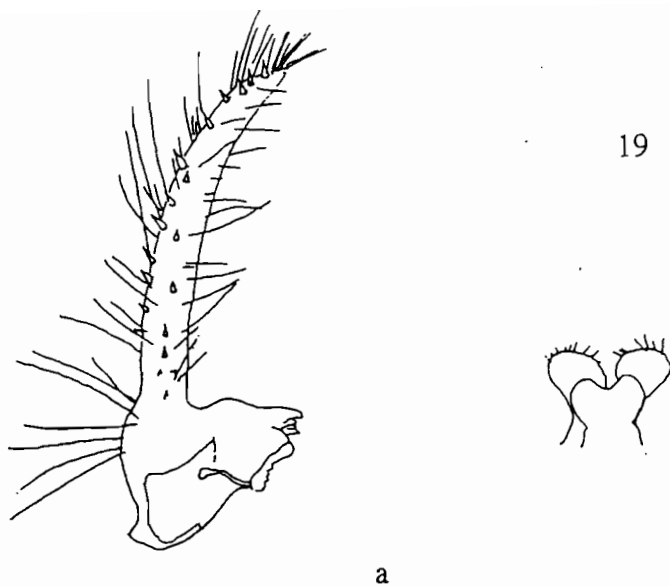


17

Fig. 13 : aile antérieure de *Campylocia* sp. (Euthyplociidae). Fig. 14 : genitalia mâles de *Campylocia* sp. Fig. 15 : adulte de *Caenis* sp. (Caenidae). Fig. 16 : genitalia mâle de *Caenis* sp. Fig. 17 : genitalia mâles de *Leptohyphes* sp. (Leptohyphidae).



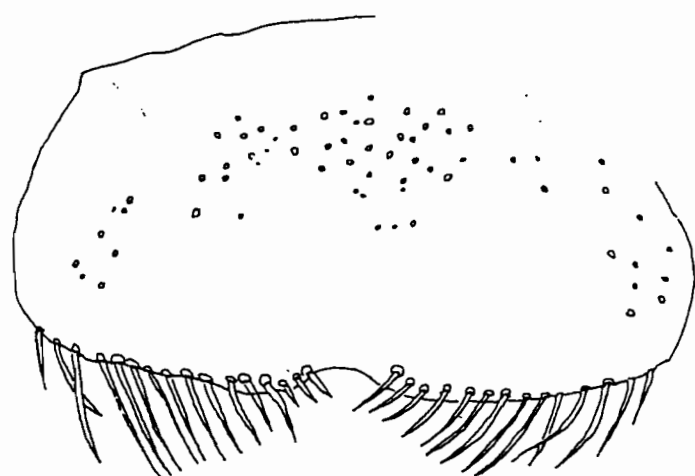
18



19

a

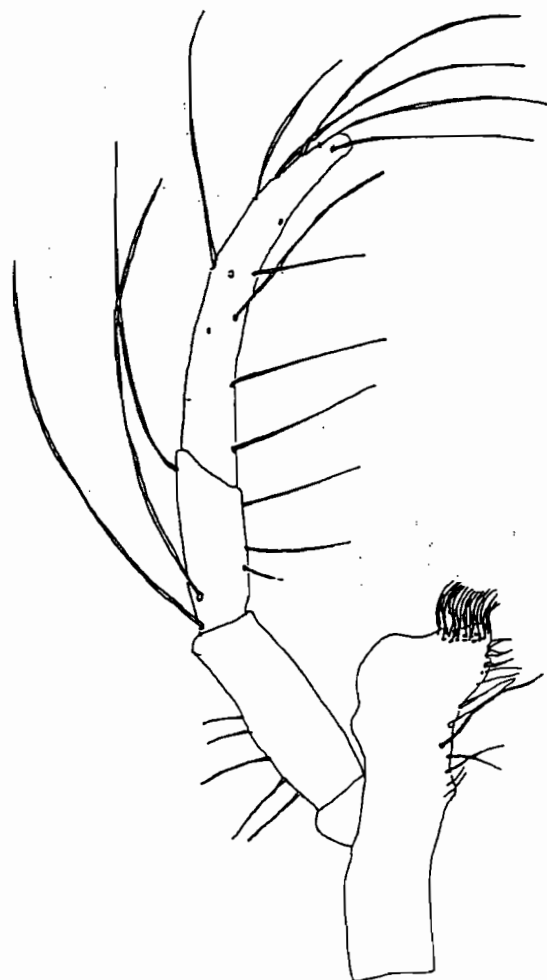
b



20



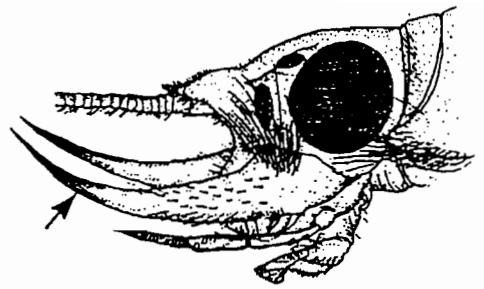
21



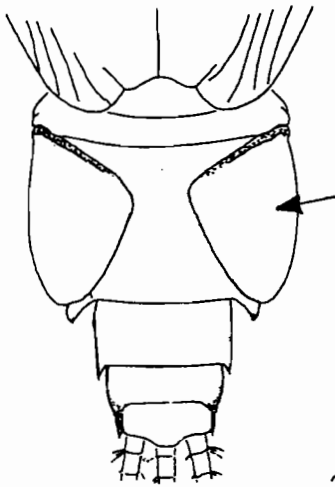
22



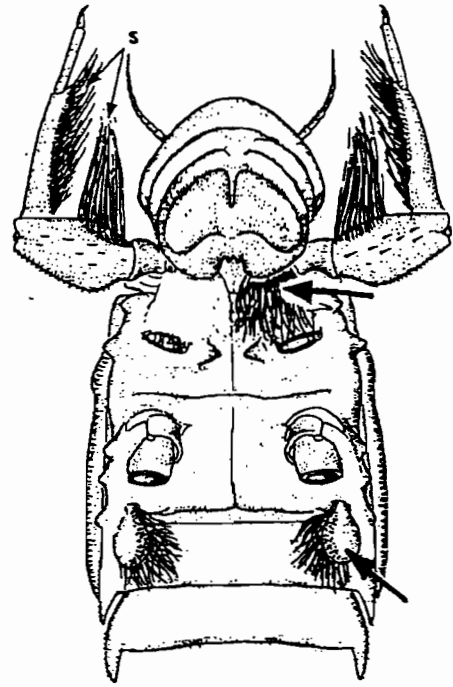
23



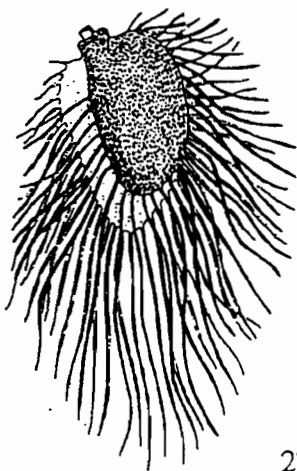
24



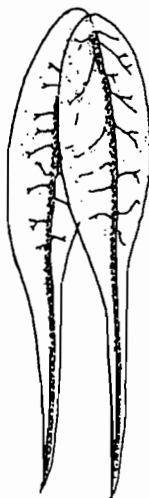
25



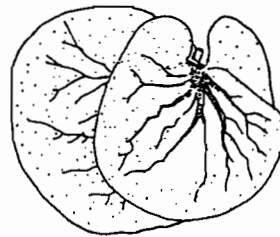
26



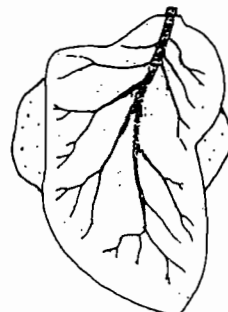
27



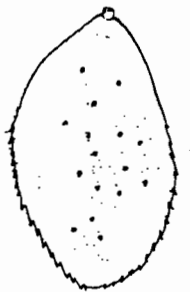
28



29

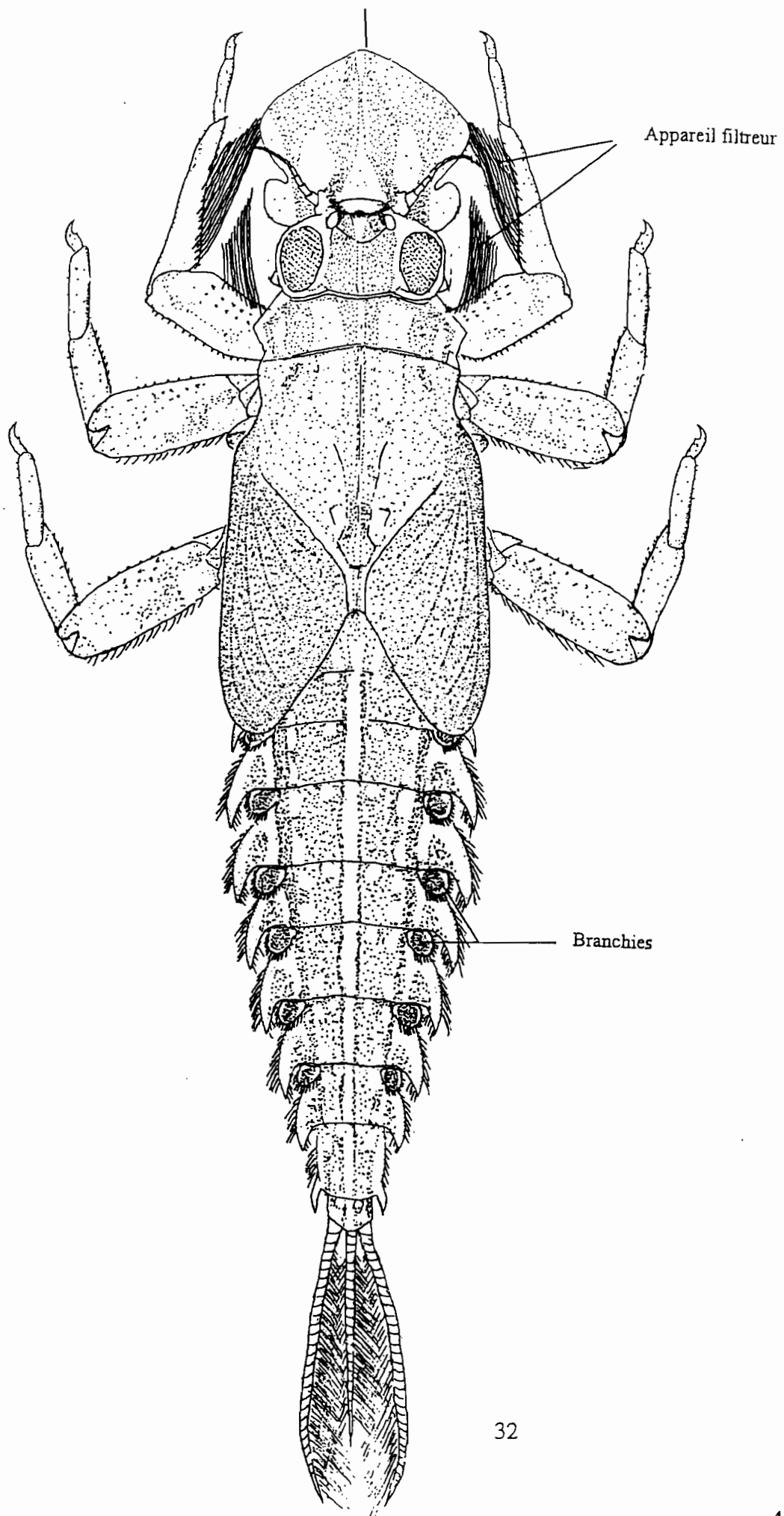


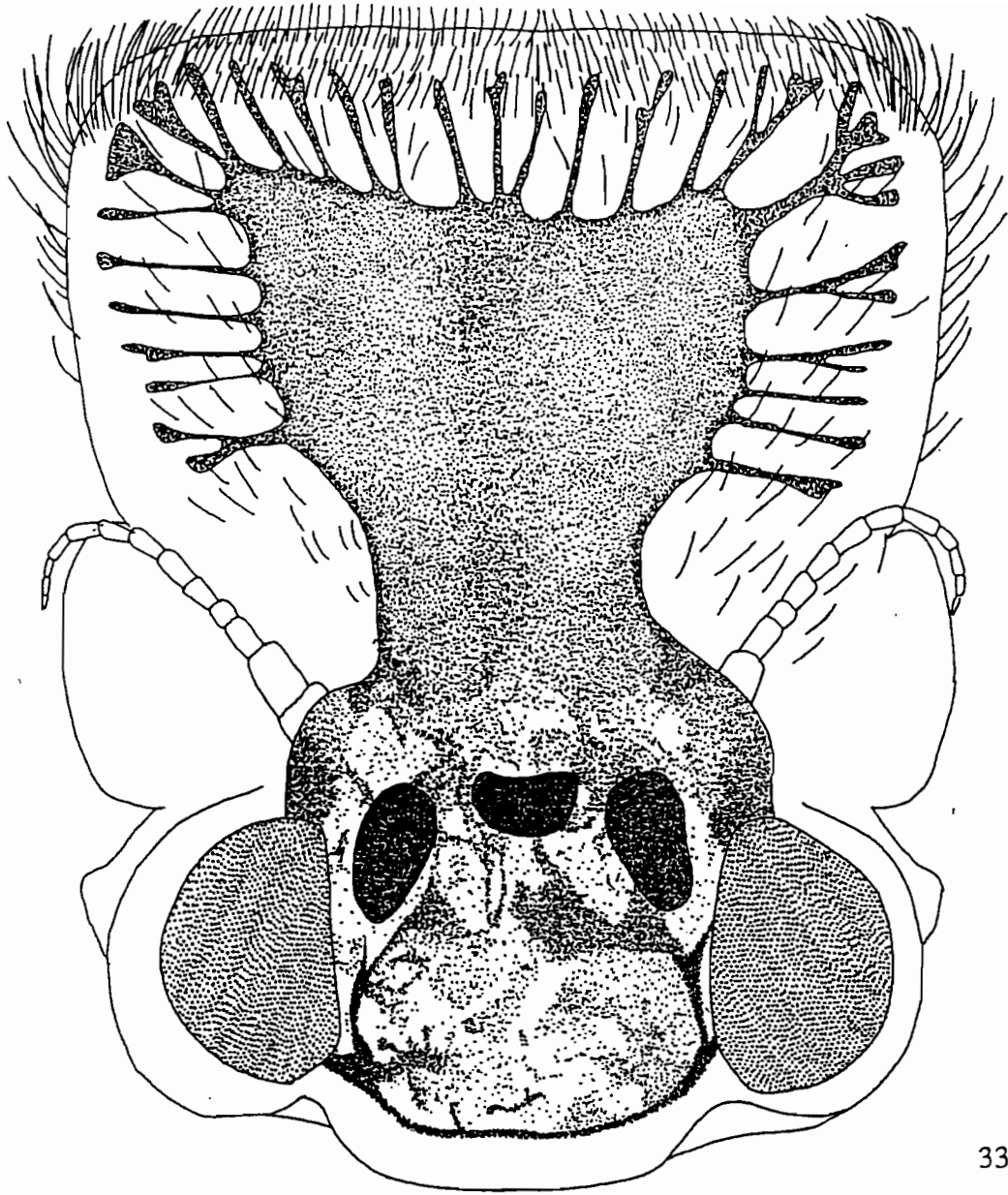
30



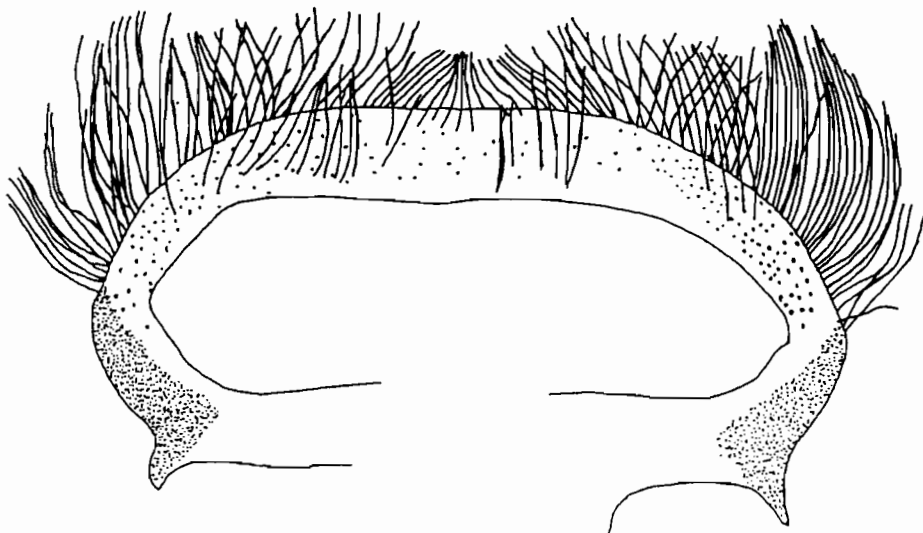
31

Structures larvaires. Fig. 23 : patte antérieure d'*Hexagenia* sp. (Ephemeraidae), forte pilosité non représentée. Tête d'*Ephemera* sp., vue latérale. Fig. 25 : abdomen de *Tricorythodes* sp (Leptohyphidae), vue dorsale. Fig. 26 : partie antérieure du corps de *Lachlania* sp. (Oligoneuriidae), vue ventrale. Fig. 28 : branchie 4 d'*Ulmeritoides* sp. (Leptophlebiidae). Fig. 28 : branchie 4 de Leptophlebiidae Gen. sp. Fig. 29-30-31 : types de branchies de Baetidae Gen. sp. [D'après Edmunds et al., 1976 simplifié]

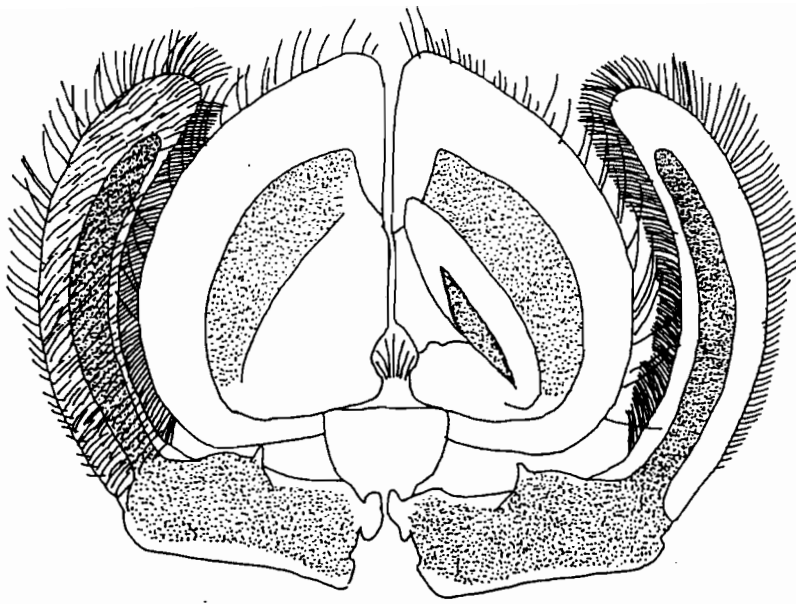




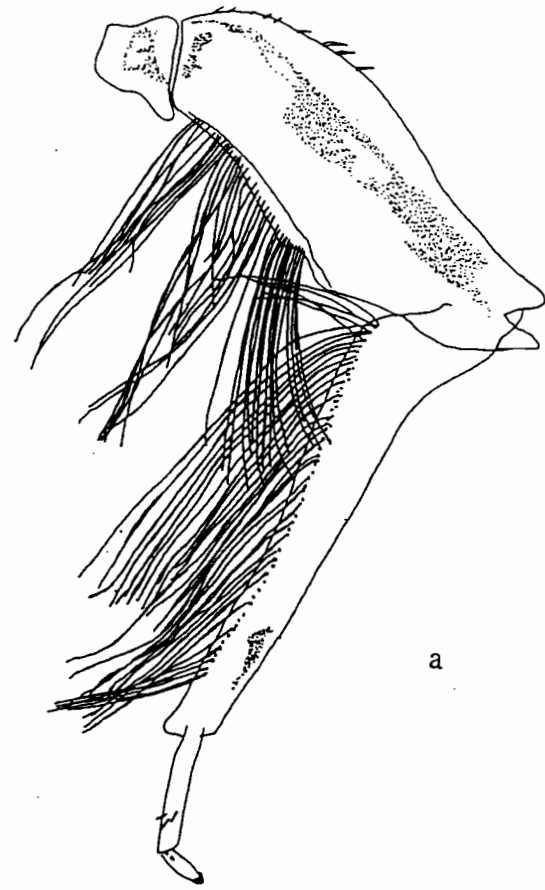
33



34

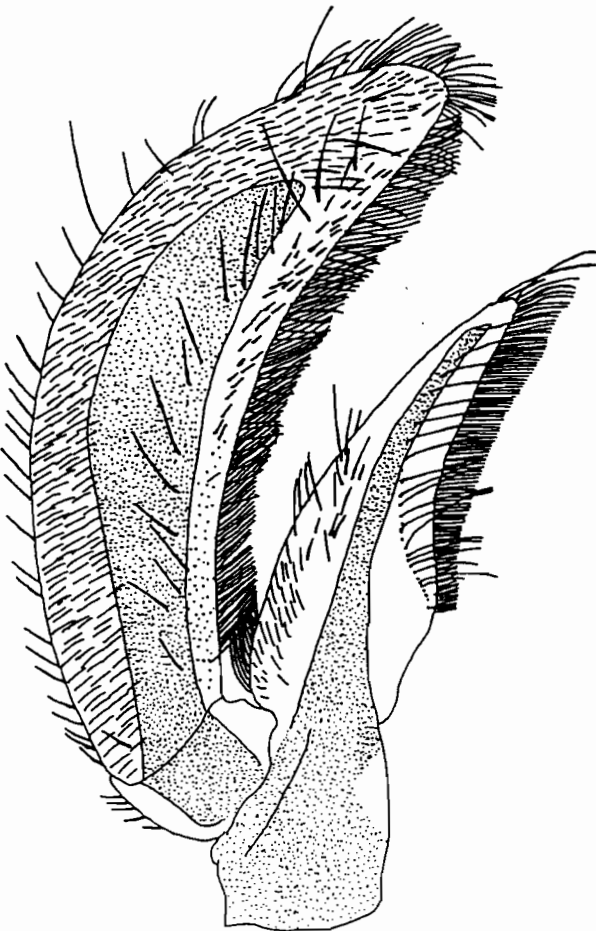


35

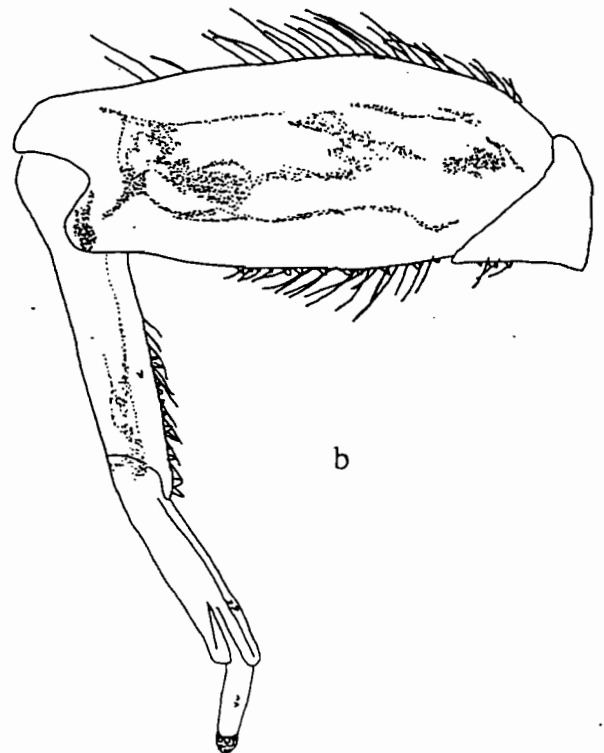


a

36

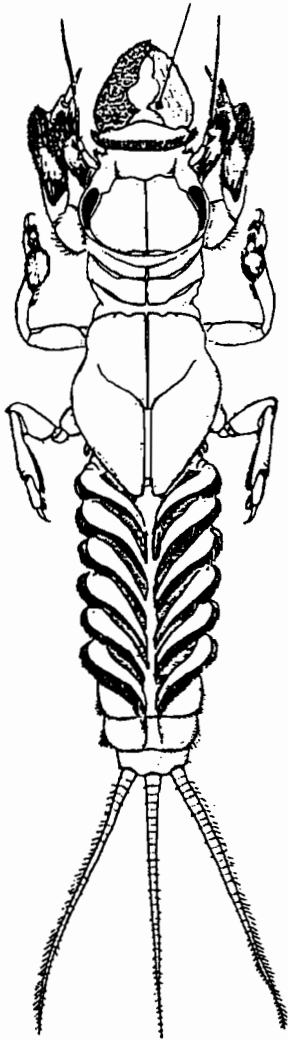


37



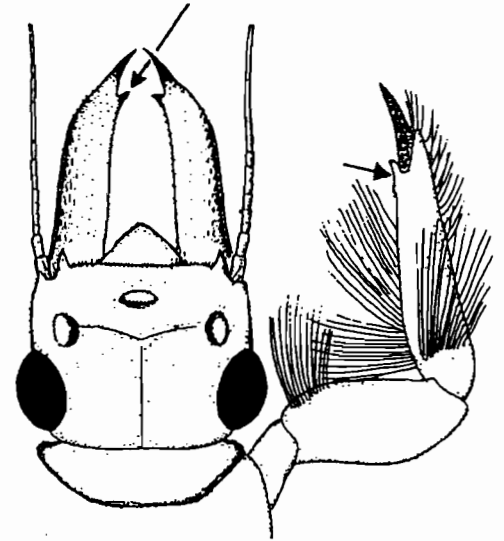
b

Saillie basale interne

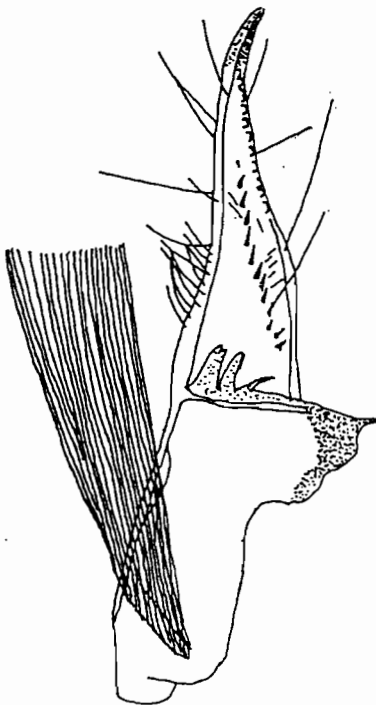


38

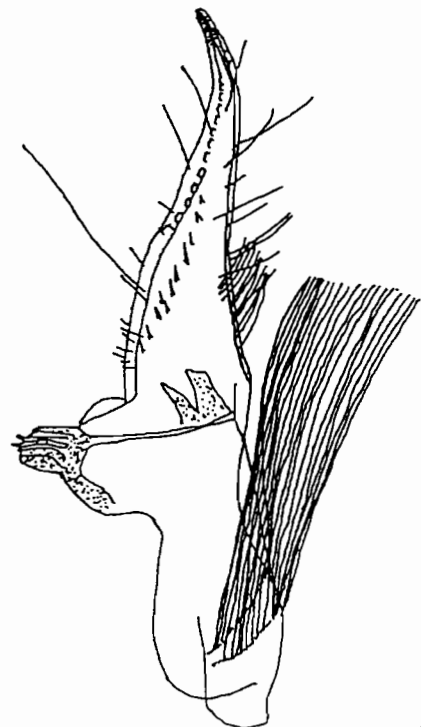
Tubercule subapical interne



39



a



b

47

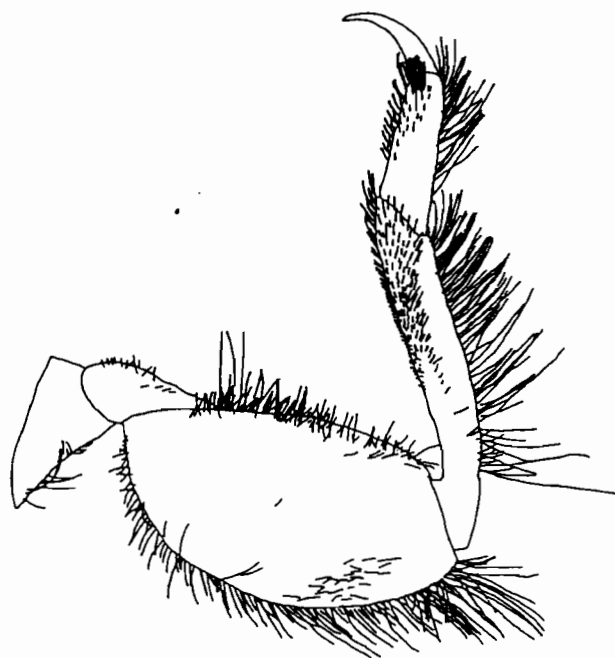
Fig. 38 : larve d'*Asthenopus* sp (Polymitarciidae) [d'après Sattler, 1967, simplifié]. Fig. 39 : tête et patte antérieure de *Tortopus* sp (Polymitarciidae) [d'après Edmunds et al., 1976, simplifié]. Fig. 40 : mandibules gauche (a) et droite (b) de *Campsurus* sp (Polymitarciidae).



41

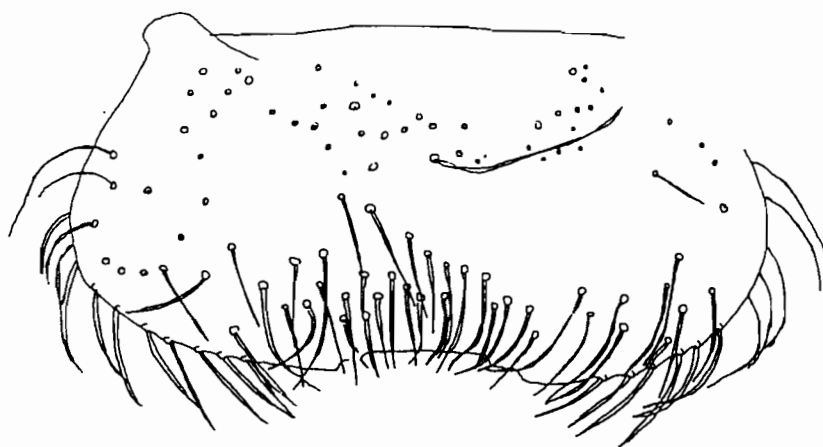


42



43

48



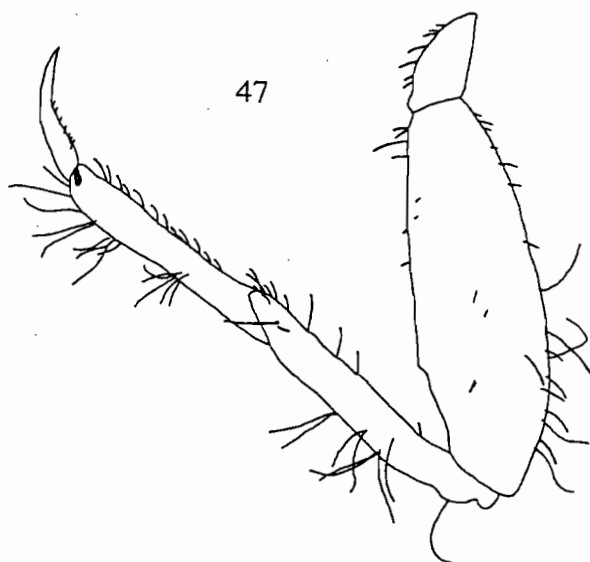
44



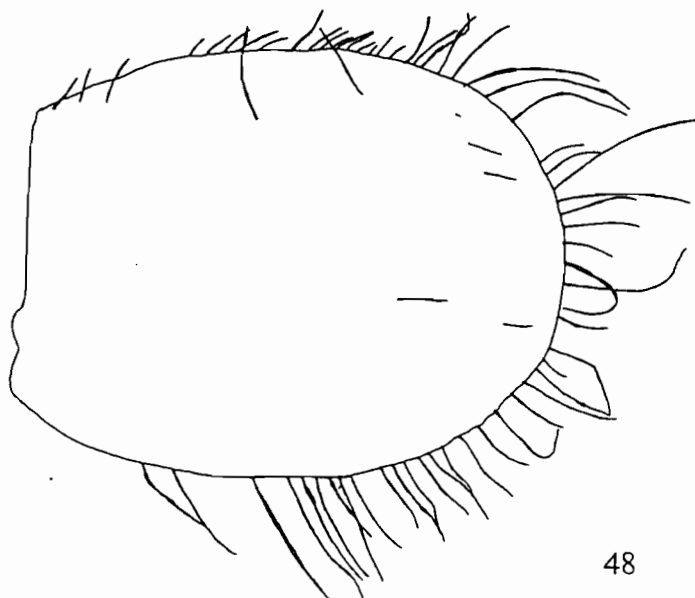
45



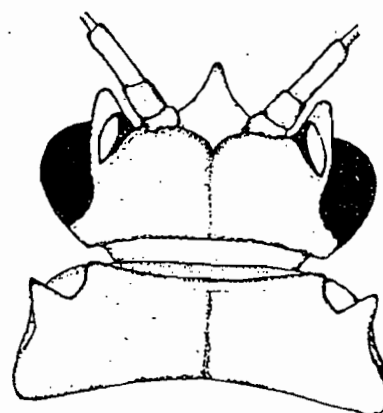
46



47



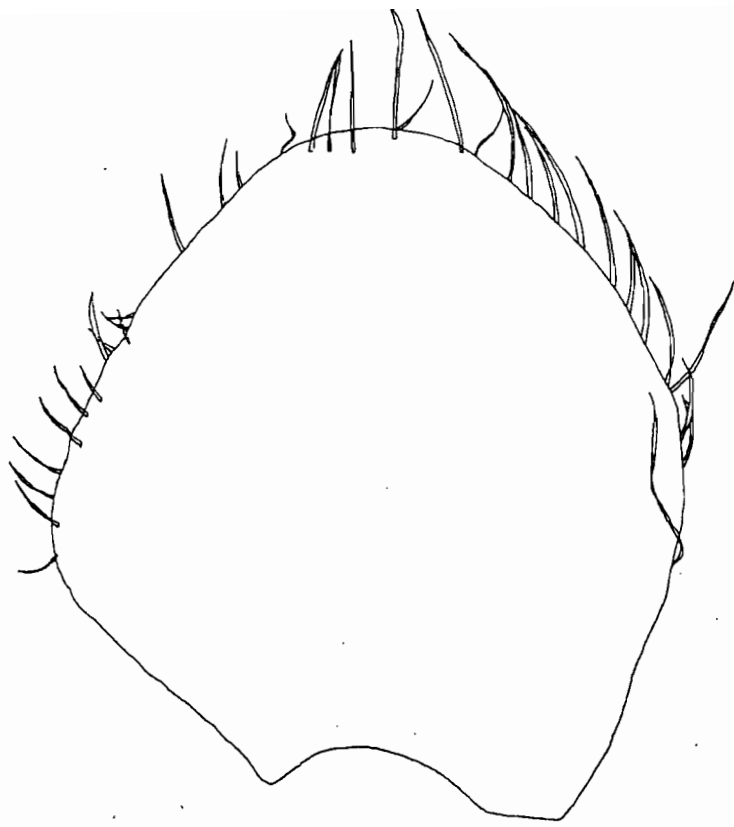
48



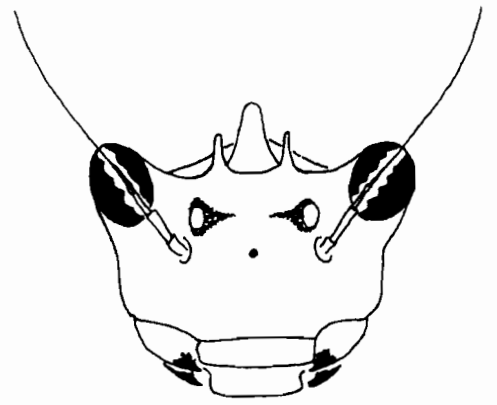
49

49

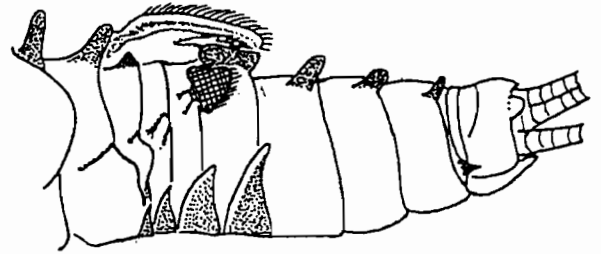
Structures larvaires de Caenidae. Fig. 44 : labre de *Caenis* sp. Fig. 45 : maxille de *Caenis* sp. Fig. 46 : labium de *Caenis* sp. 47: patte de *Caenis* sp. Fig. 48 : branchie 2 operculaire de *Caenis* sp. Fig. 49 : tête de *Brachycercus* sp, vue dorsale [d'après Saldan, 1986, simplifié]



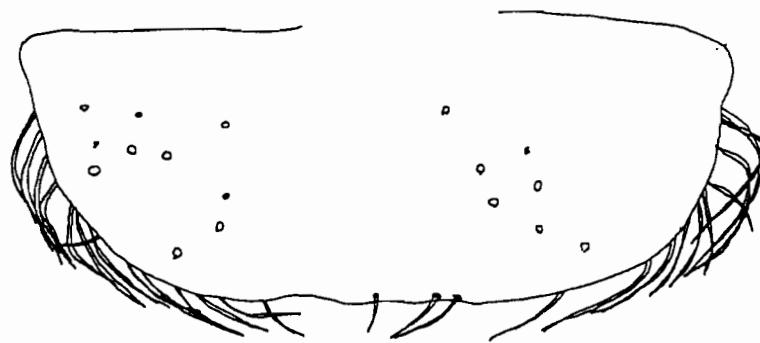
50



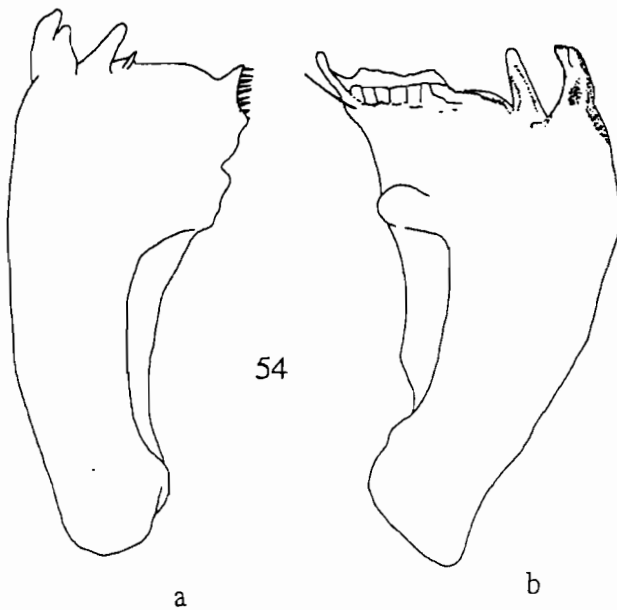
51



52



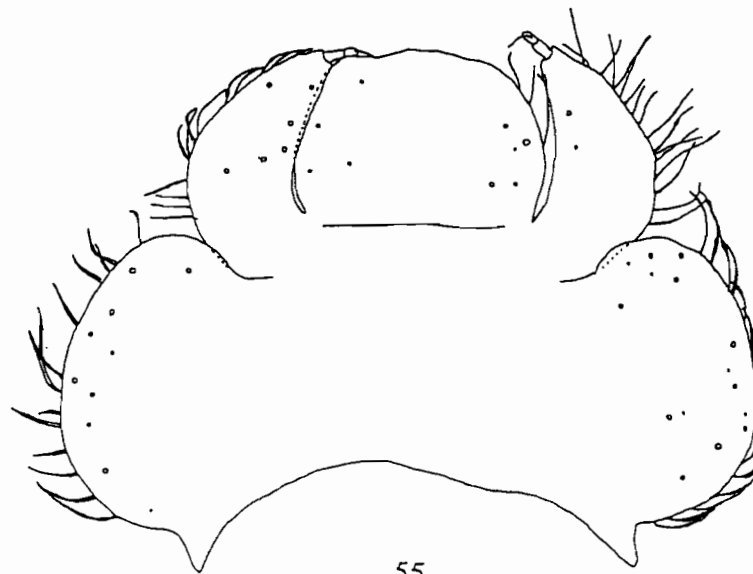
53



54

a

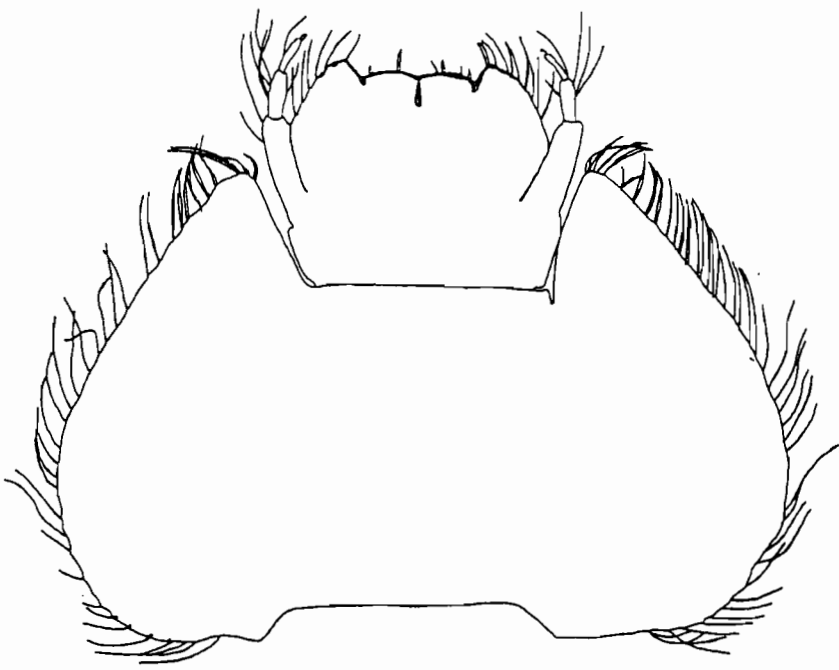
b



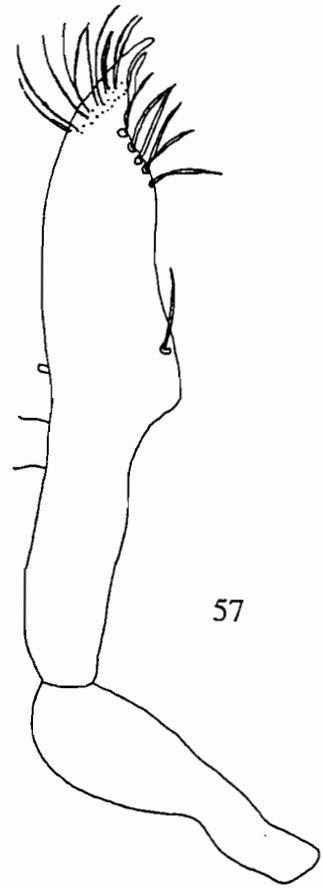
55

50

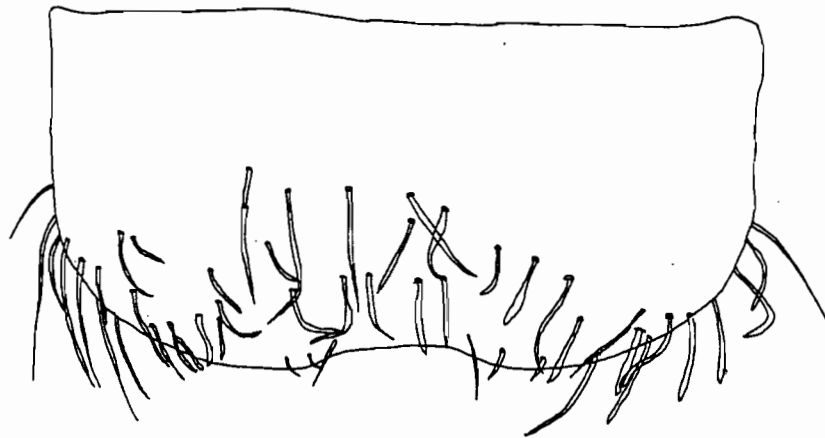
Structures larvaires de *Coryphorus* (Leptohyphidae). Fig. 50 : branchie 2. Fig. 51 : tête en vue dorsale [d'après Peters, 1981, simplifié]. Fig. 52 : abdomen, vue latérale [d'après Peters, 1981, modifié]. Fig. 53 : labre. Fig. 54 : mandibules droite (a) et gauche (b). Fig. 55 : labium).



56



57

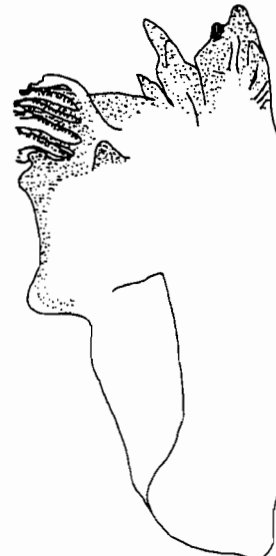


58



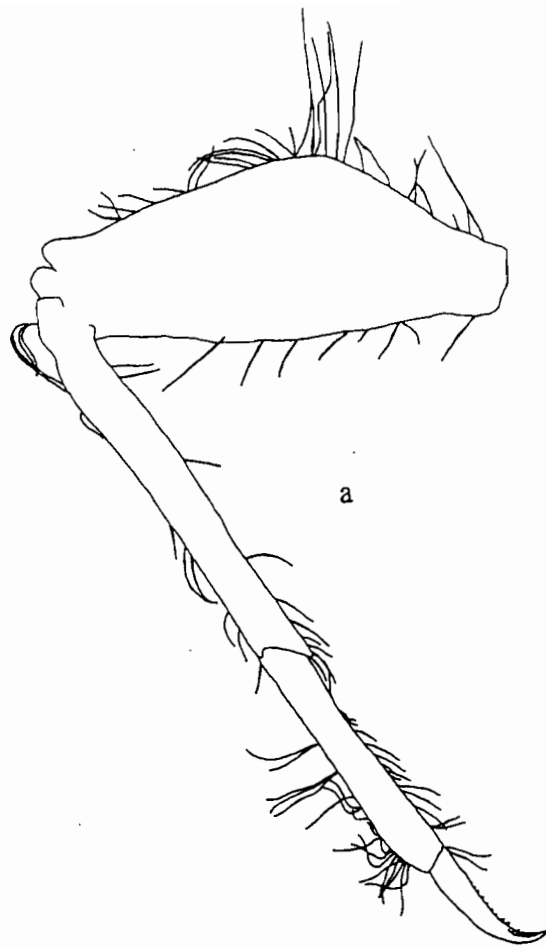
a

59

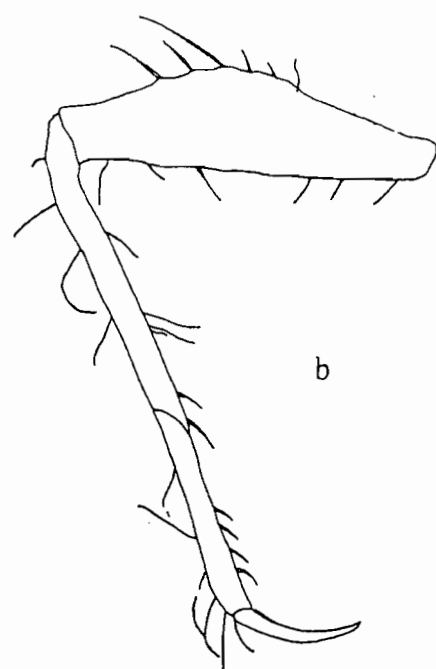


b

51



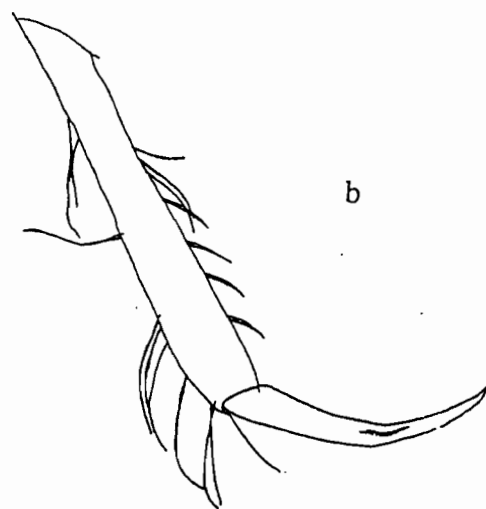
60



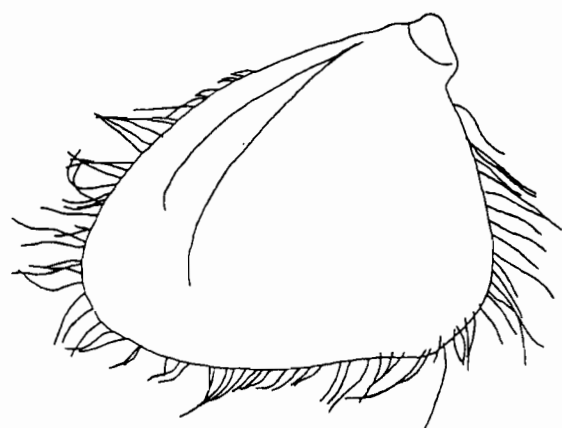
b



61



b

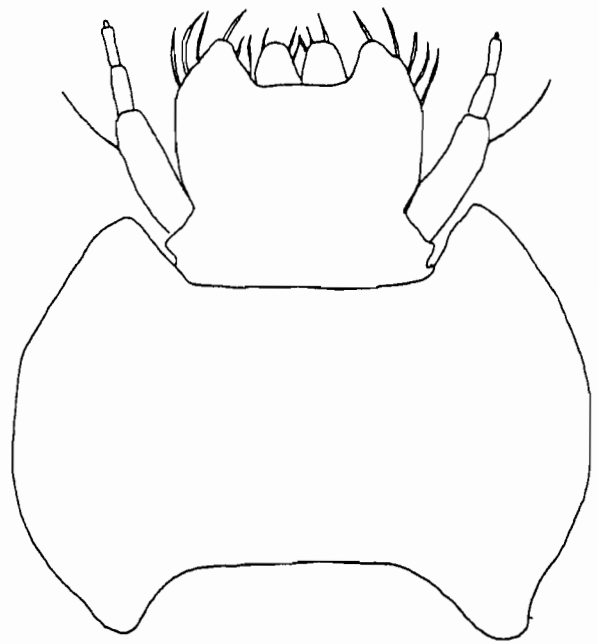


62

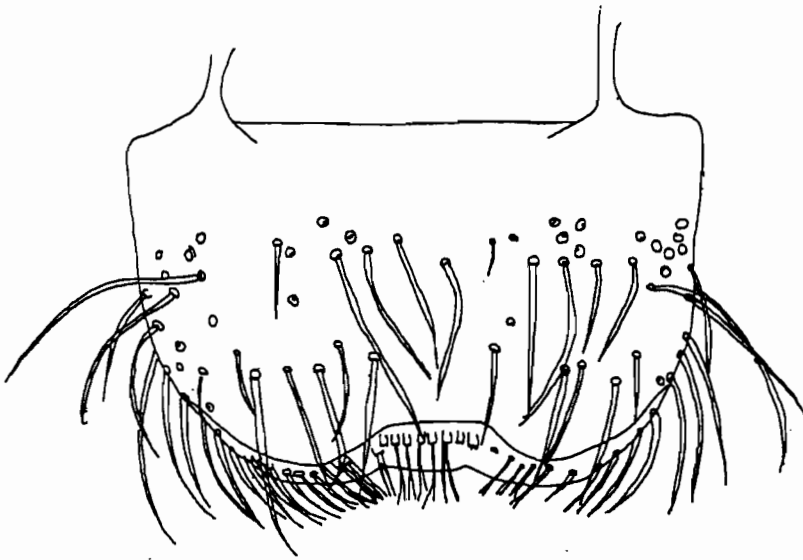
52



63

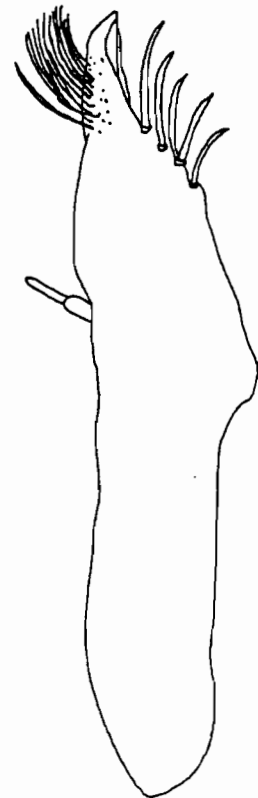
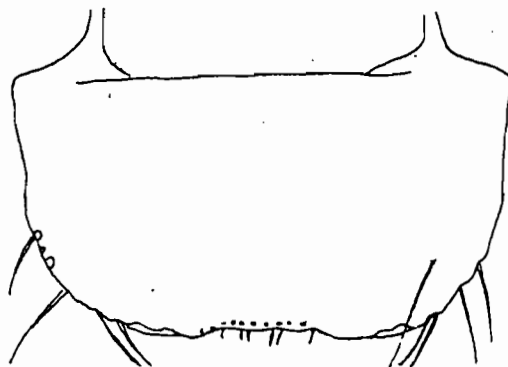


64

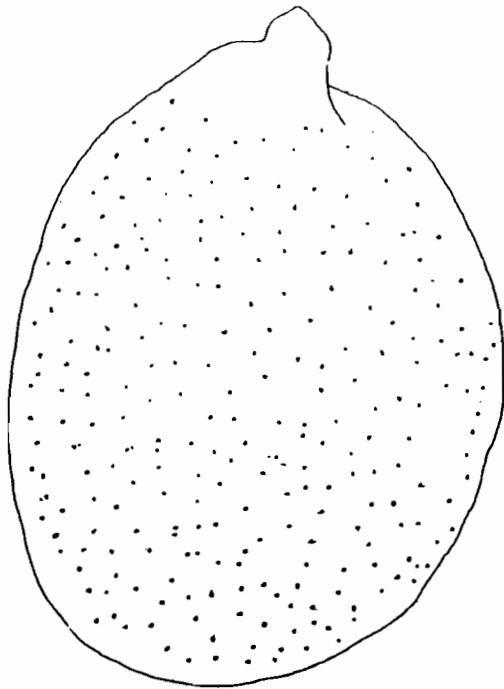


65

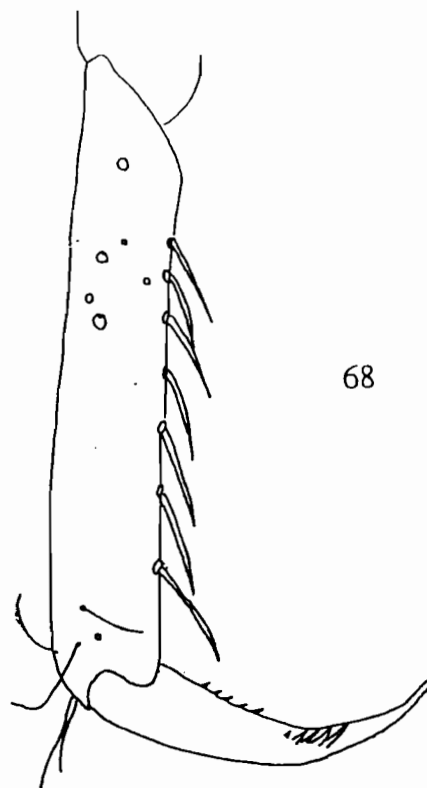
a



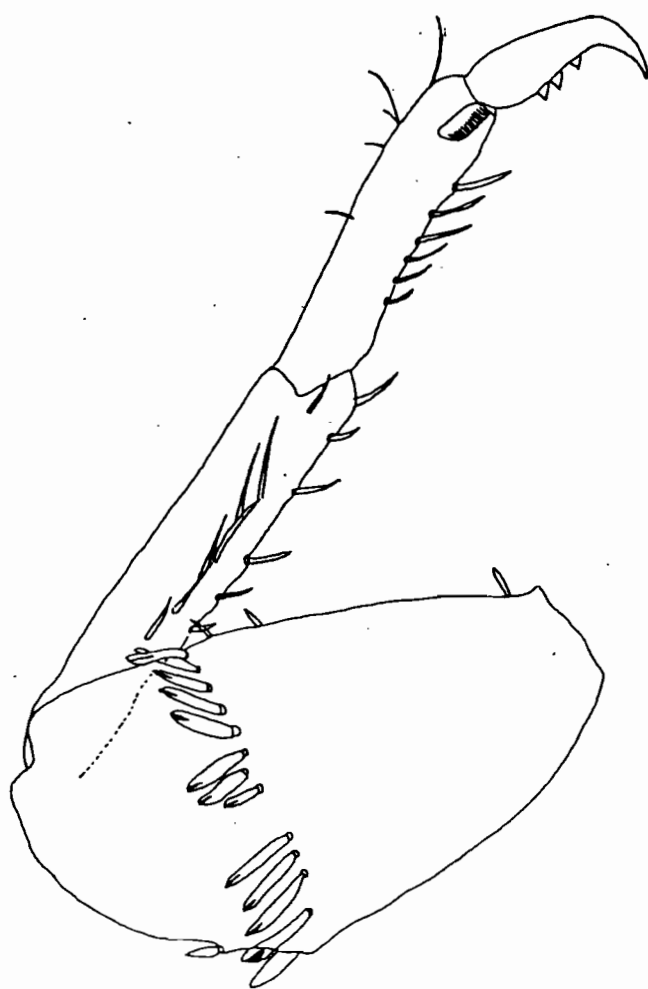
66



67

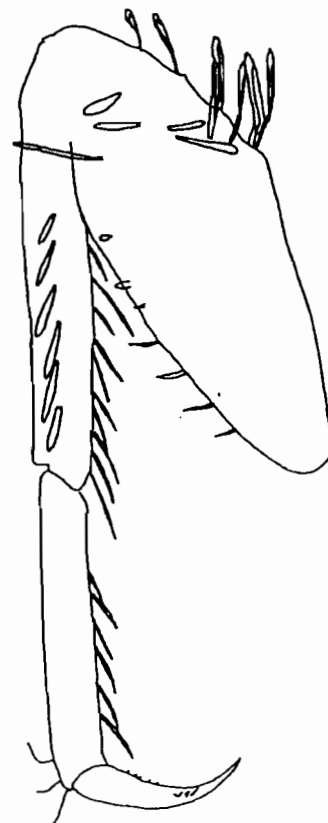


68



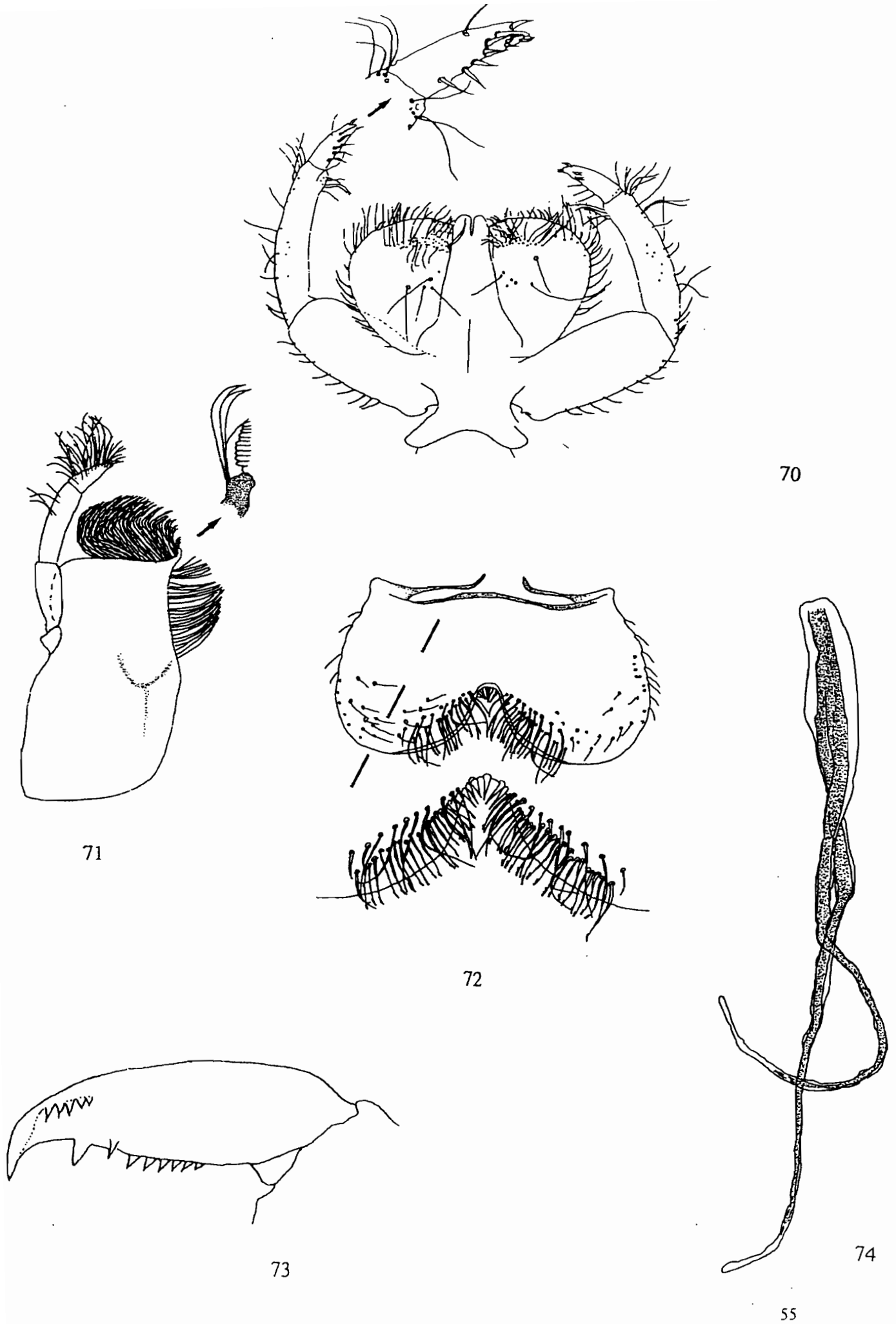
b

69



a

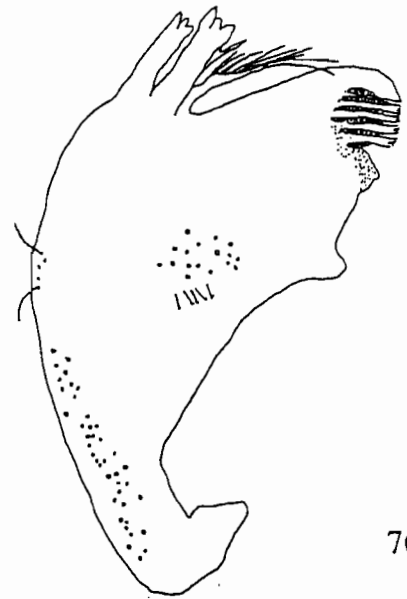
54



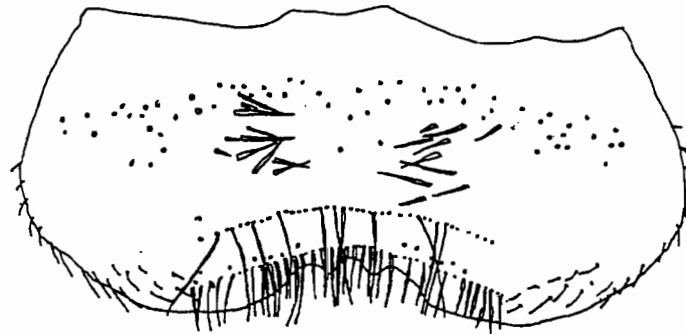
Bessierus (doloris) (Leptophlebiidae). Fig. 70 : labium. Fig. 71 : maxille. Fig. 72 : labre. Fig. 73 : griffe tarsale. Fig. 74 : branchie.



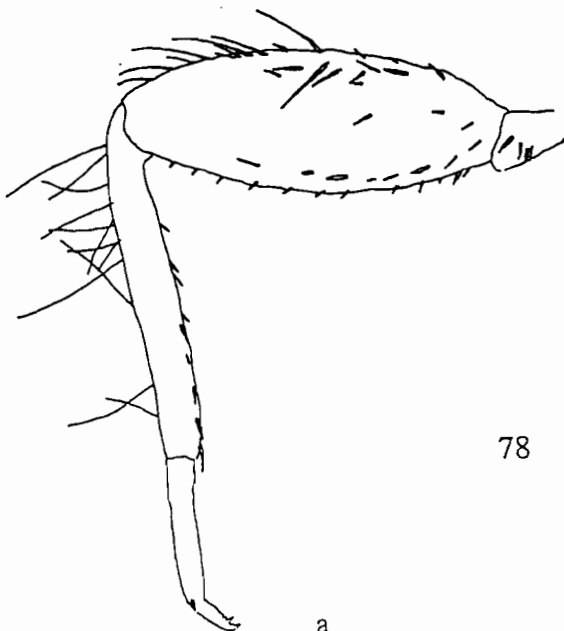
75



76

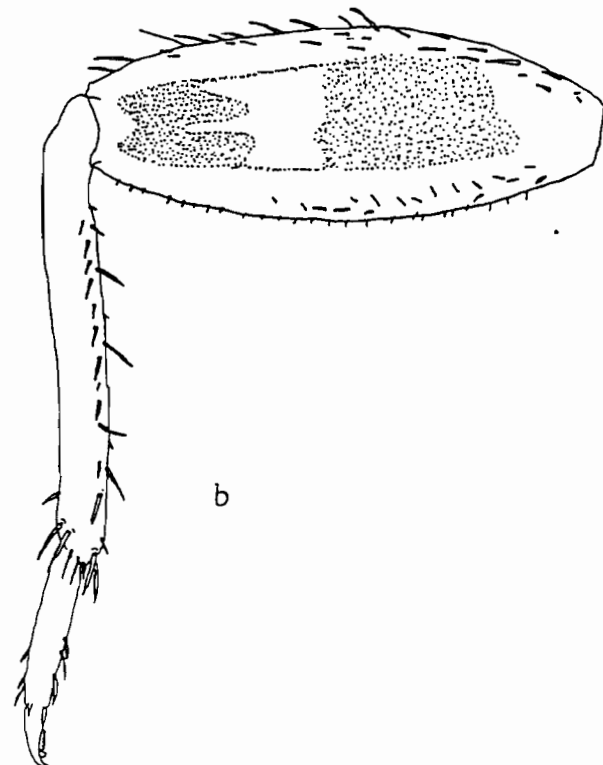


77

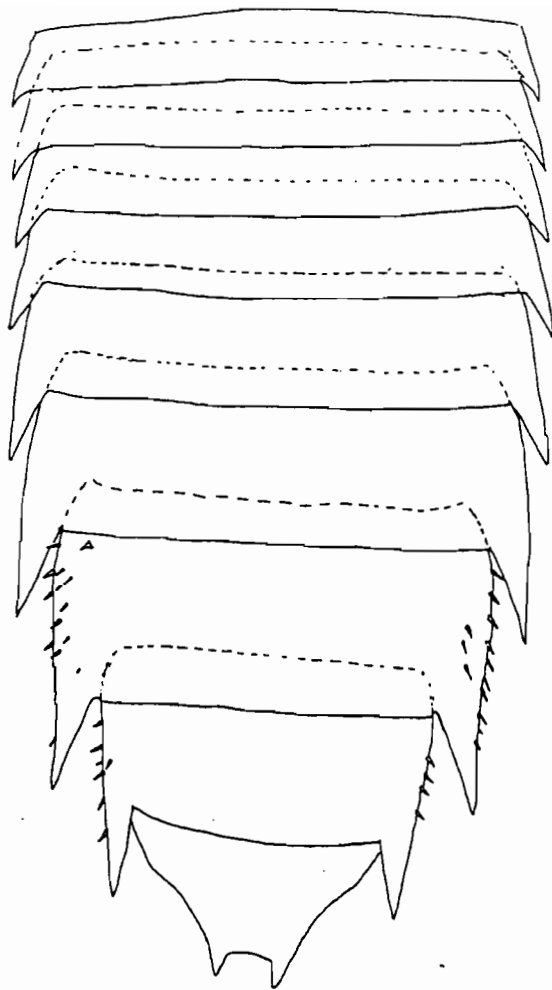


78

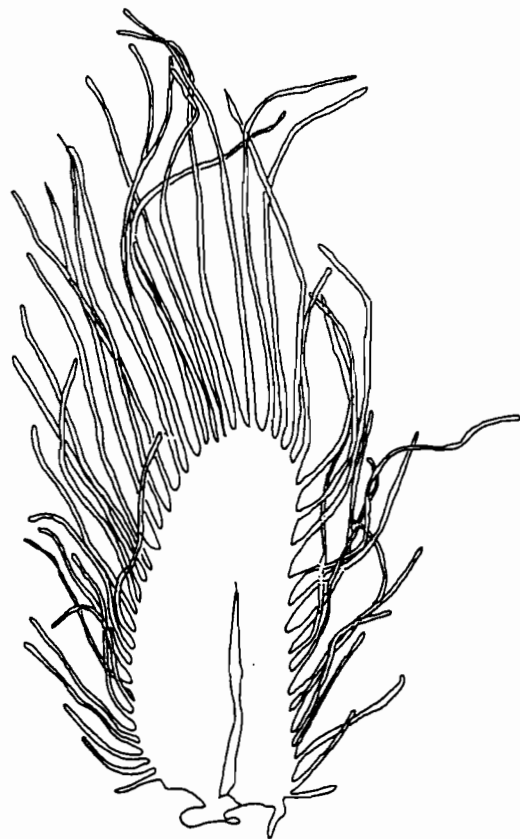
a



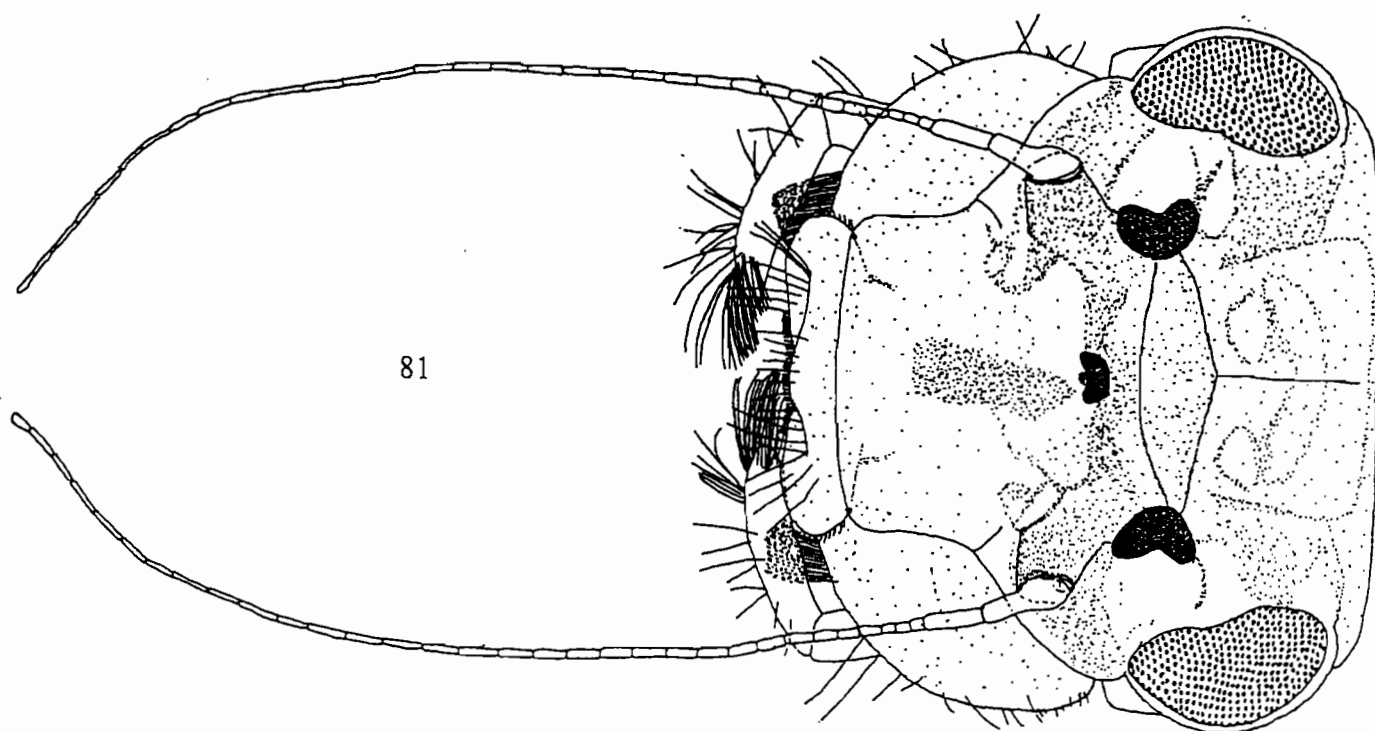
b



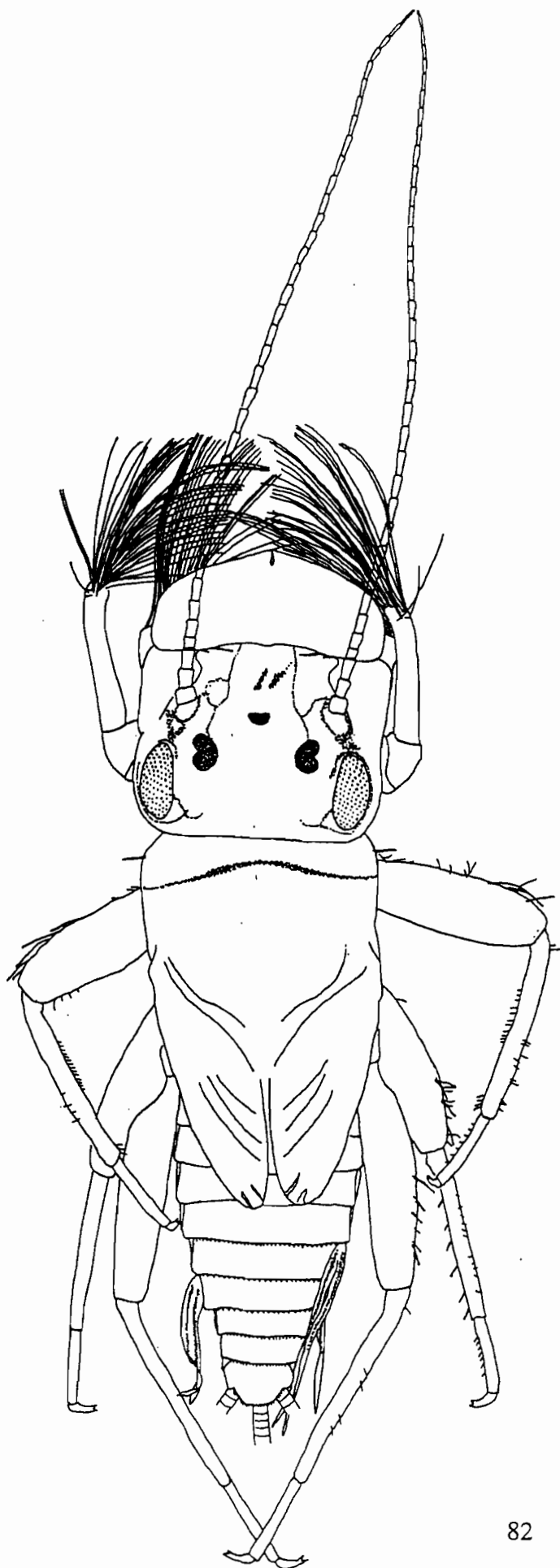
79



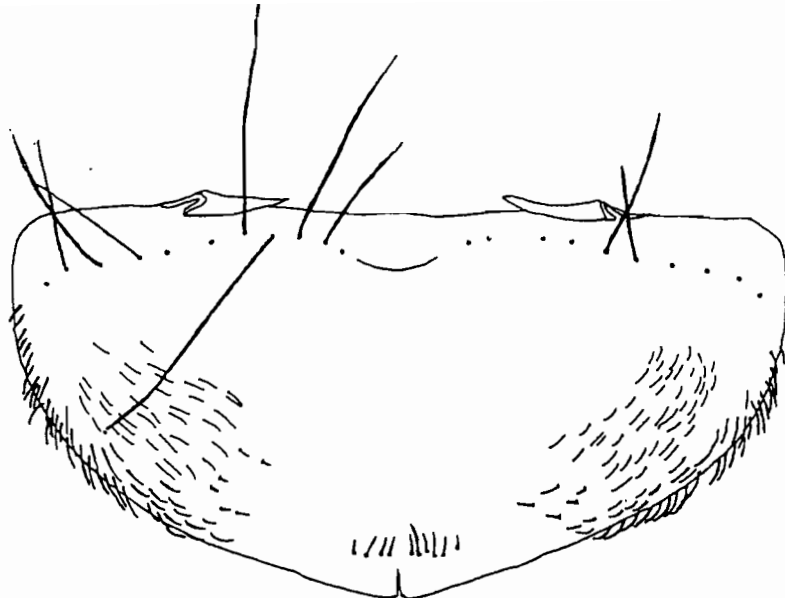
80



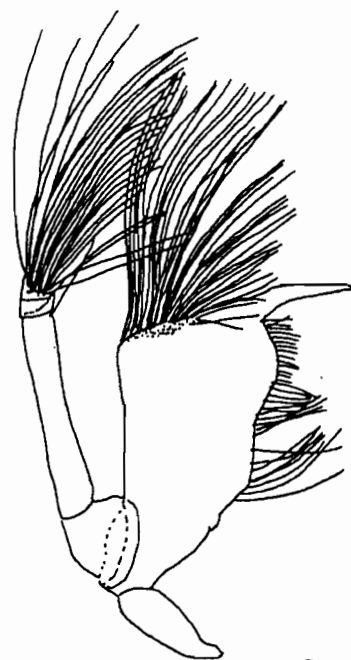
81



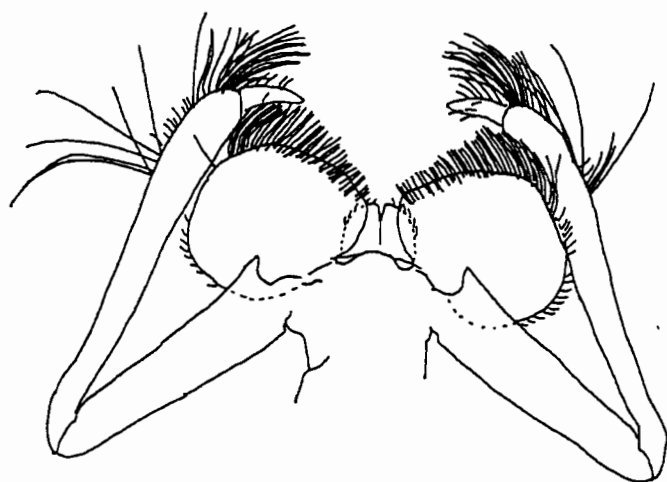
82



83



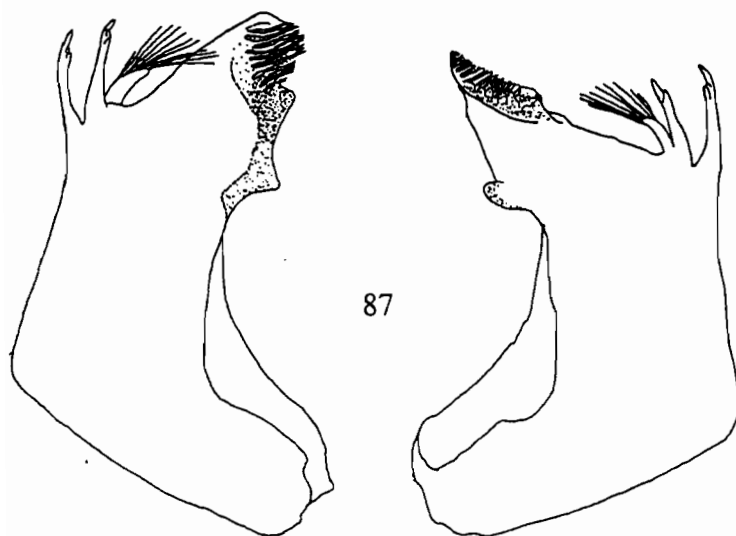
84



85



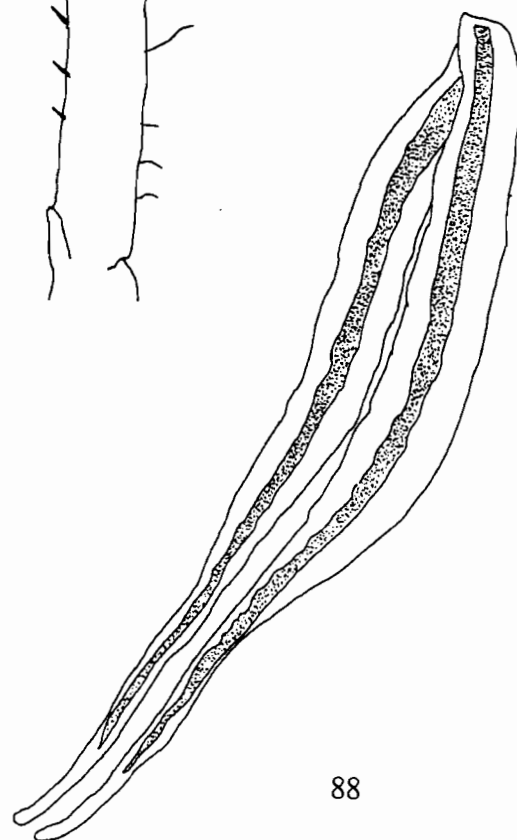
86



87

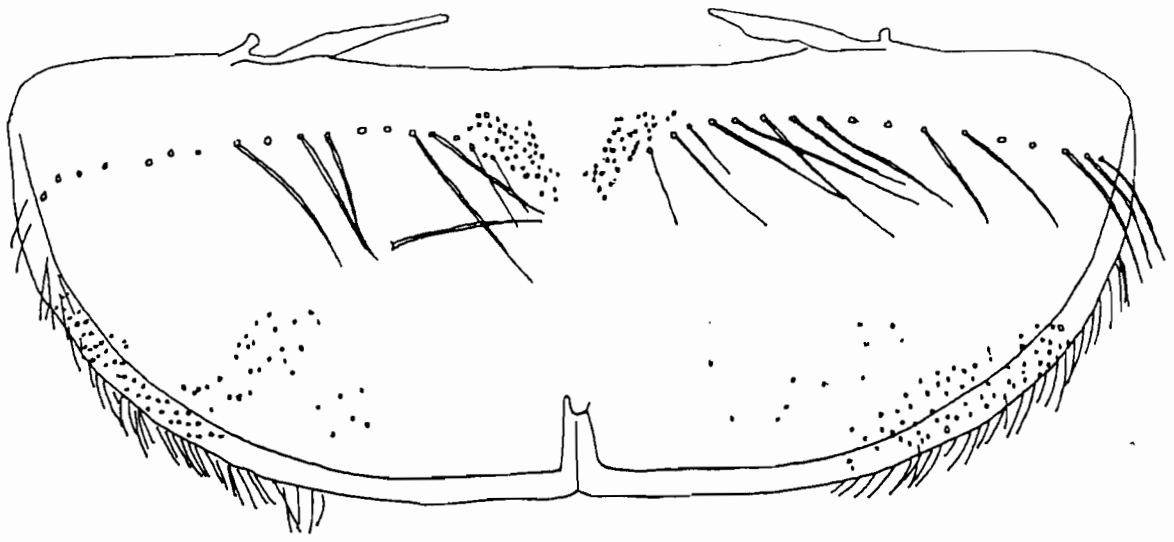
a

b

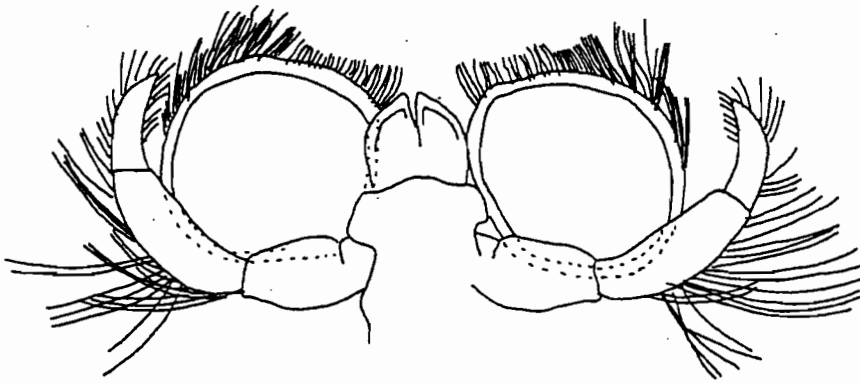


88

59



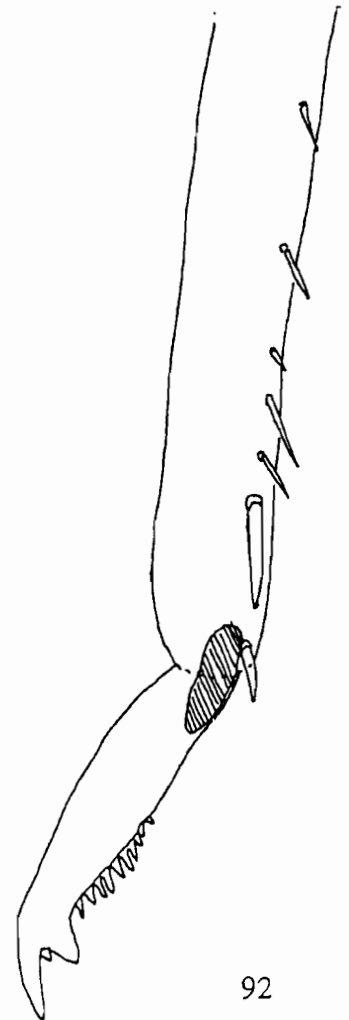
89



90

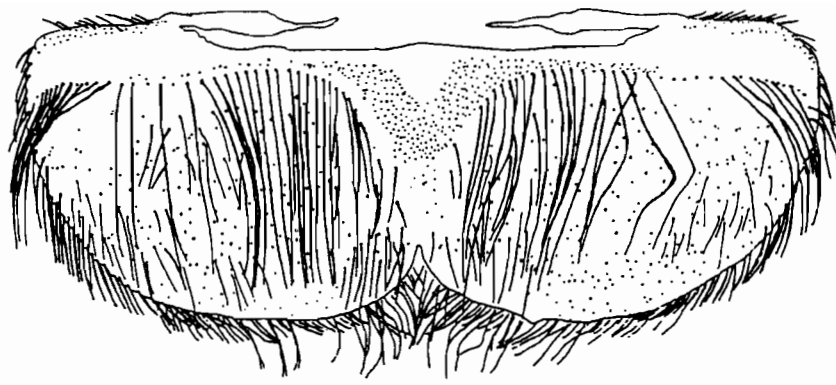


91

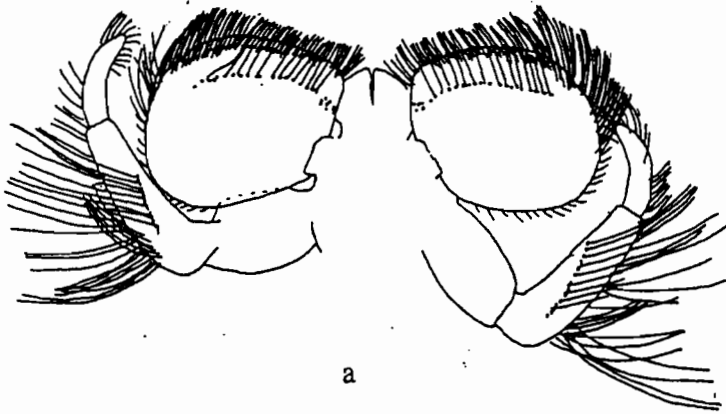


92

60

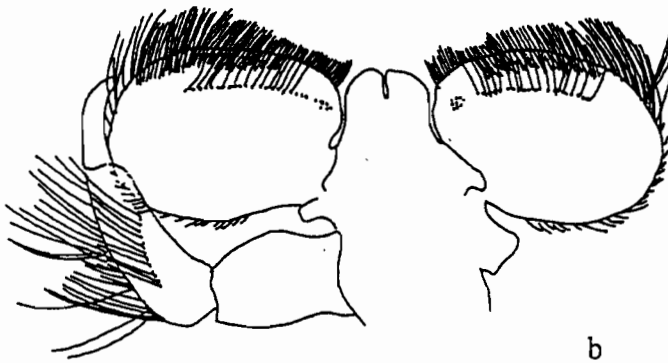


93

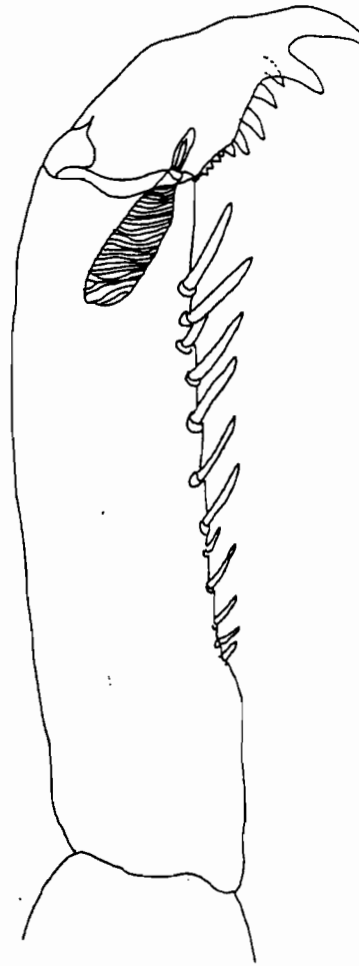


a

94



b

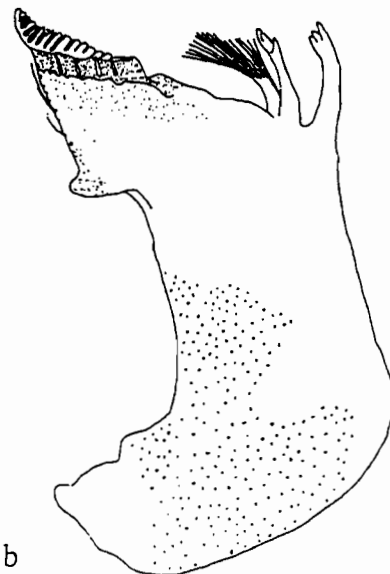


95



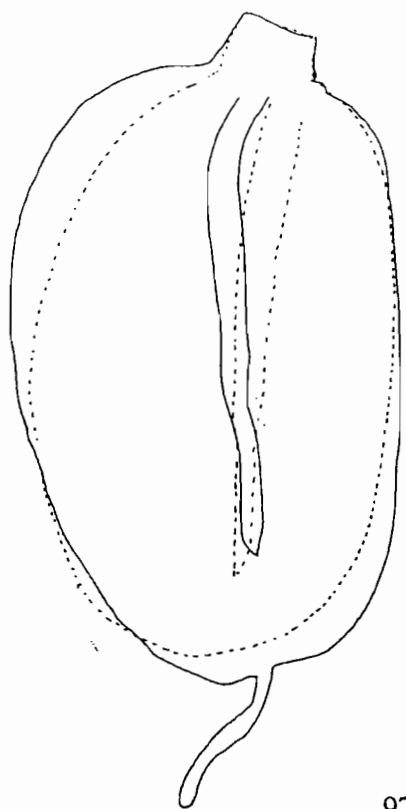
a

96

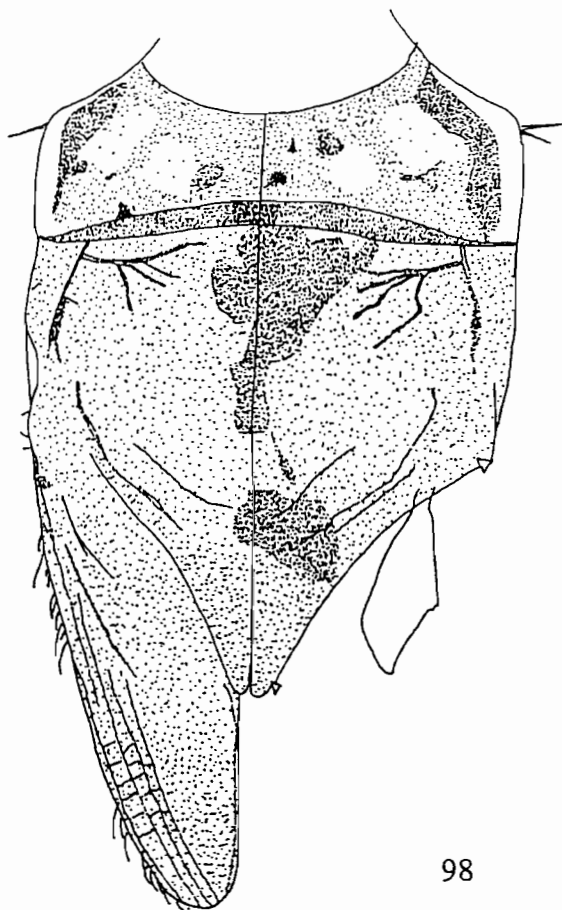


b

61



97



98

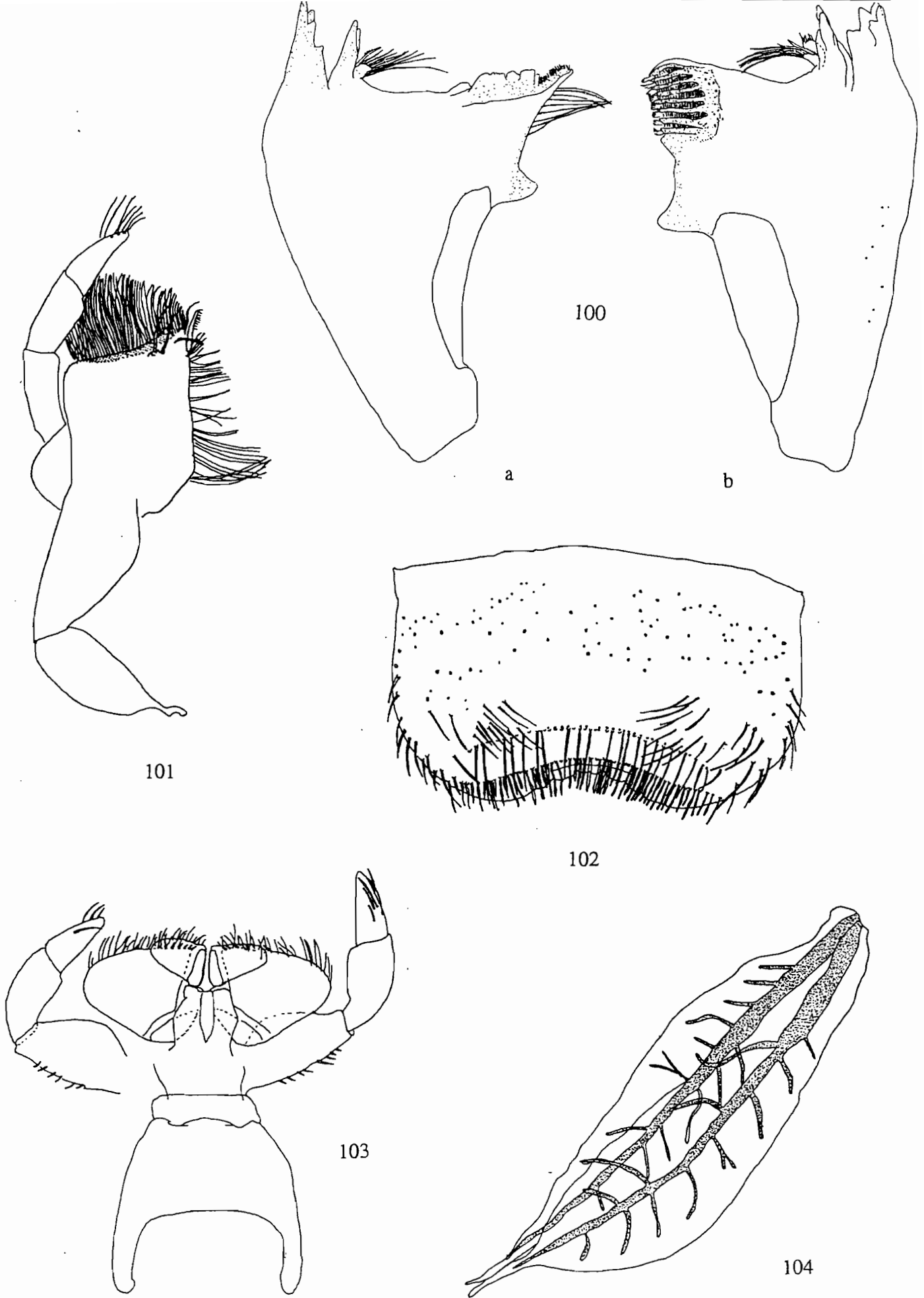


a

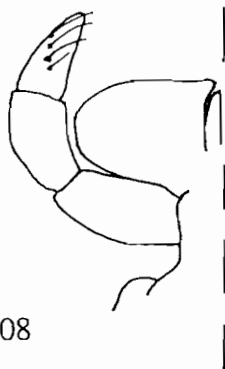


b

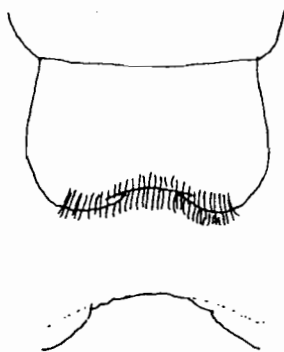
99



108



105



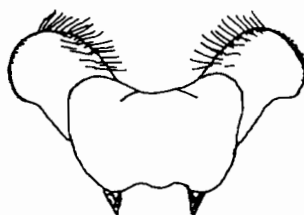
107



106



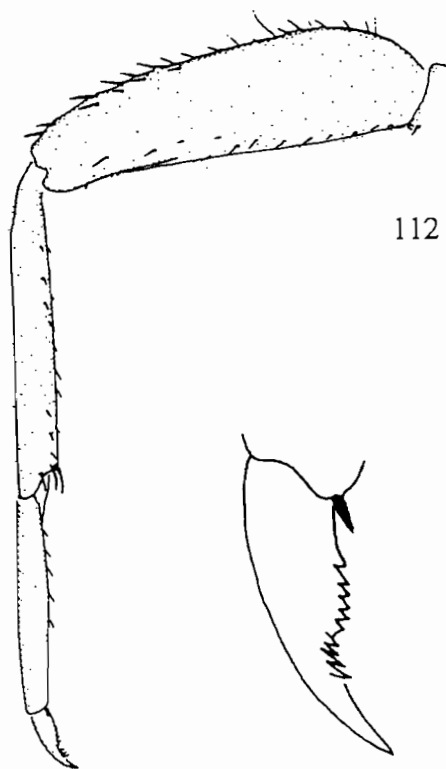
109



113



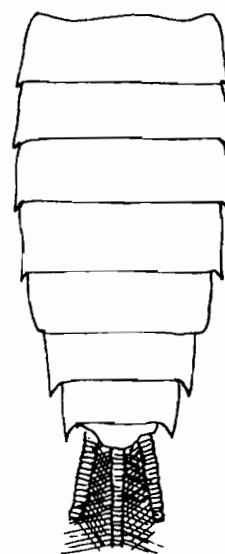
112

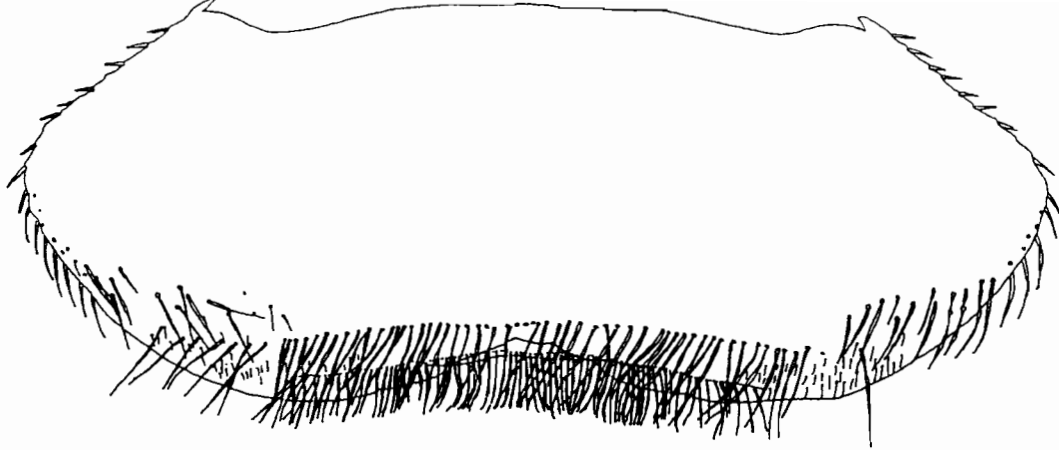


111



110

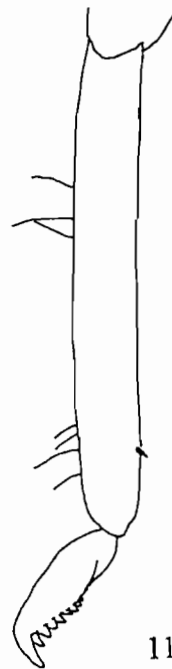




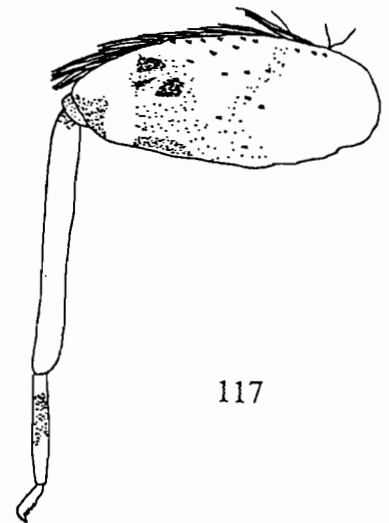
114



115



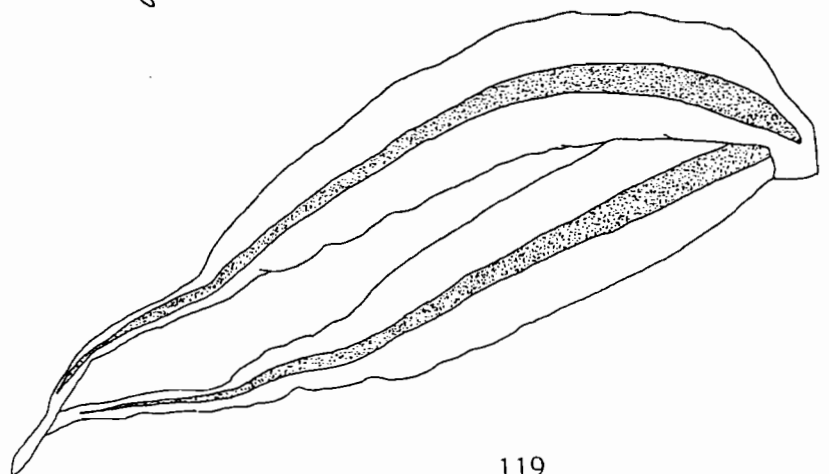
116



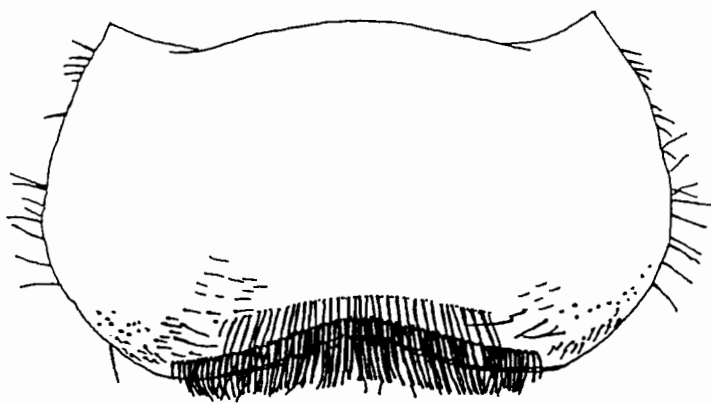
117



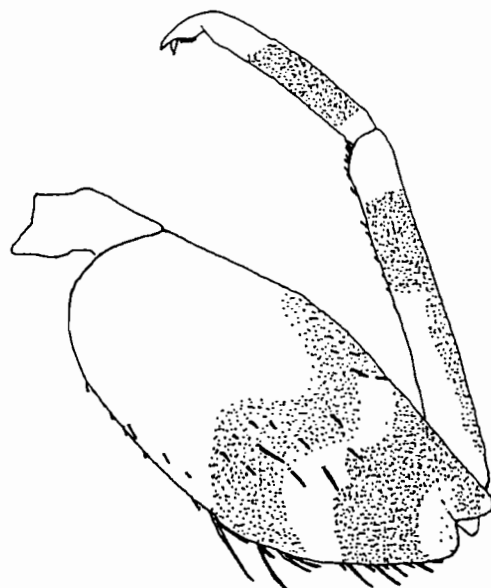
118



119



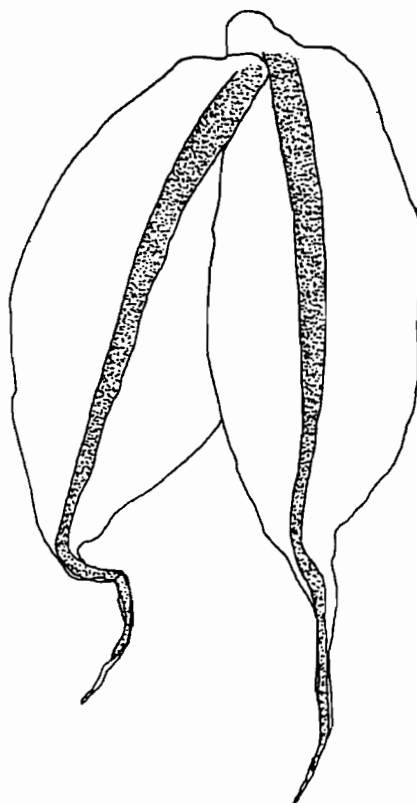
120



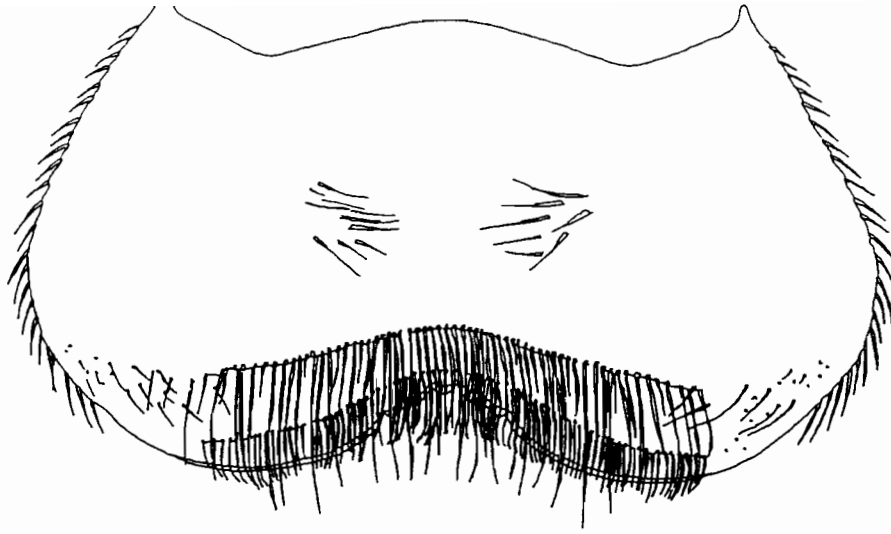
121



122

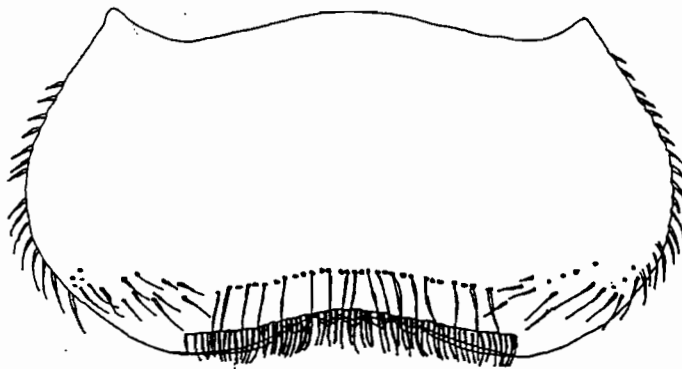


123

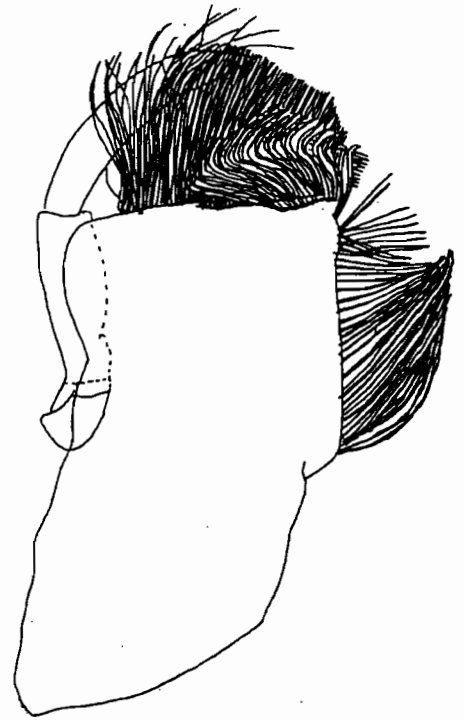


124

a



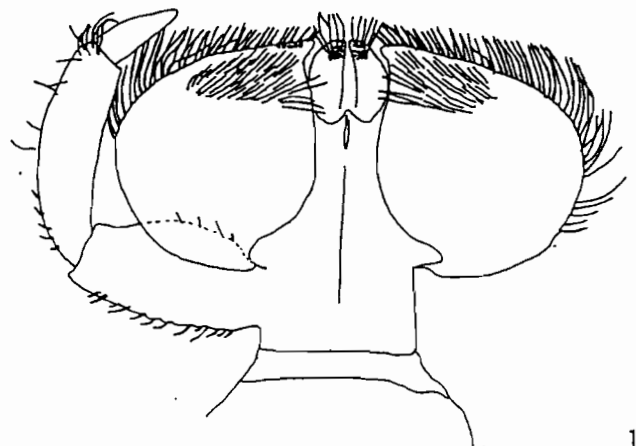
b



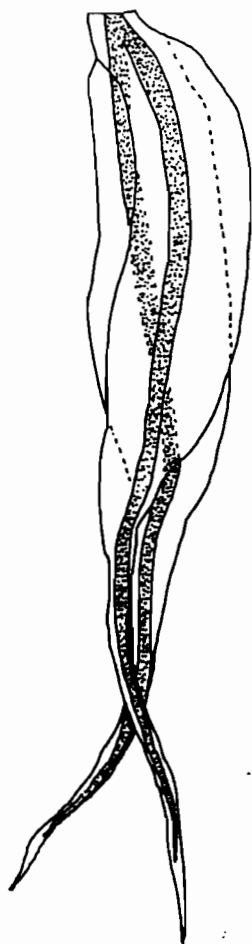
125



126



127

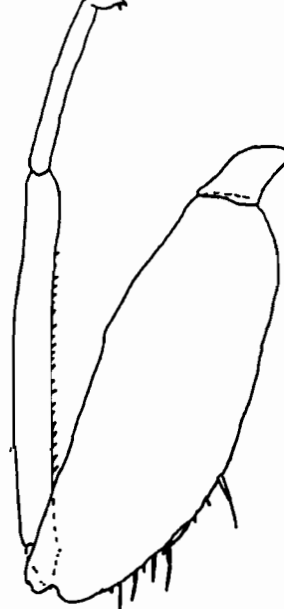


128

a

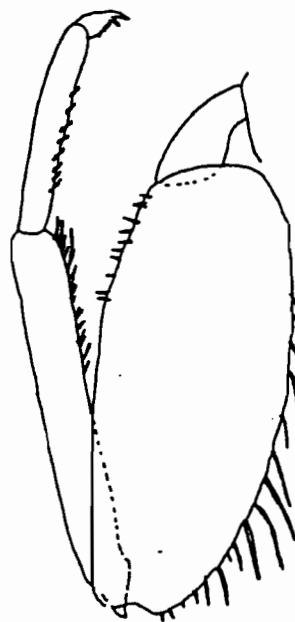


b

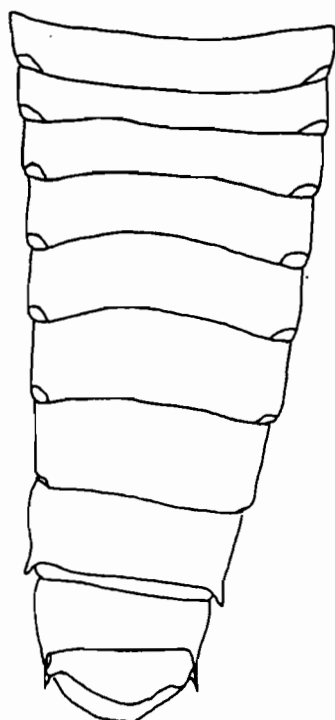


a

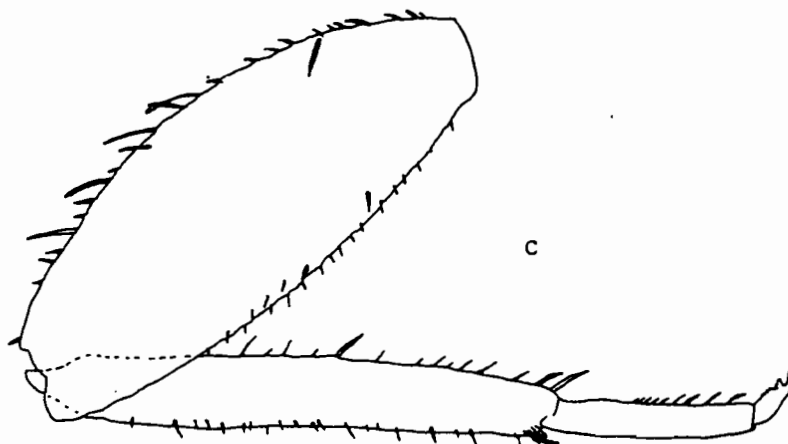
129



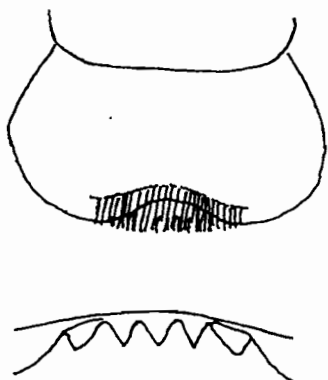
b



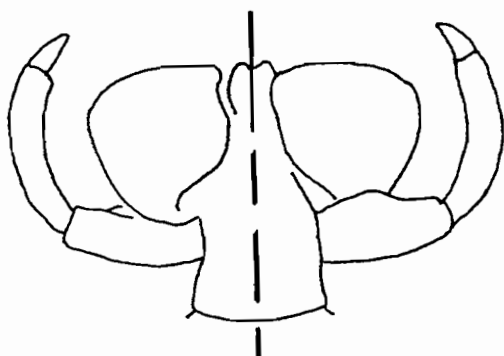
130



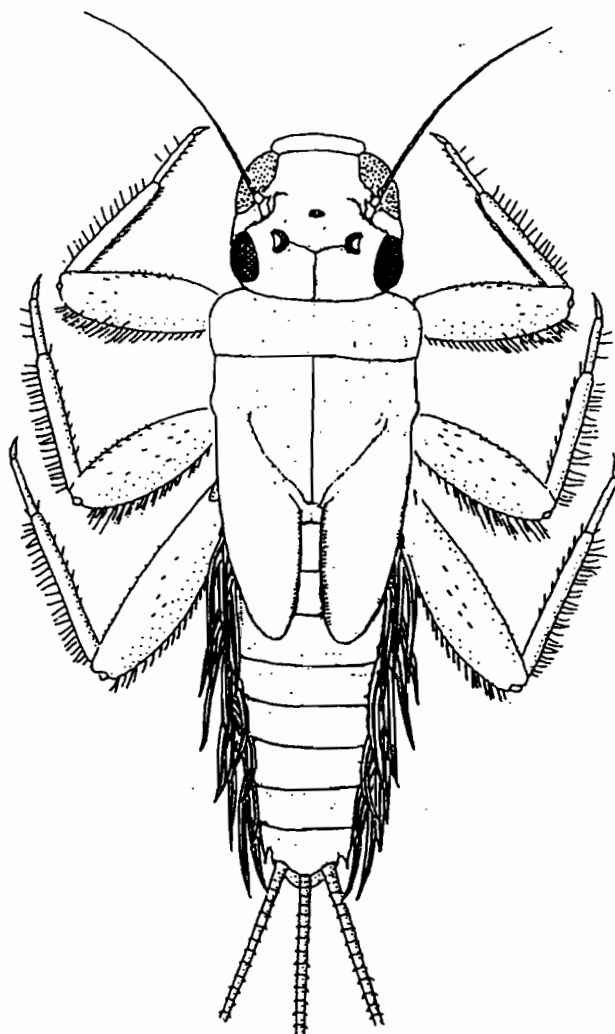
c



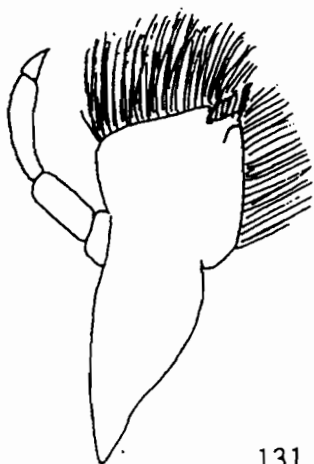
134



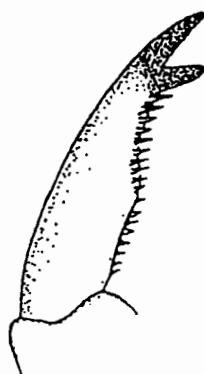
132



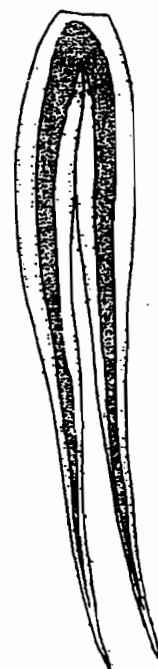
133



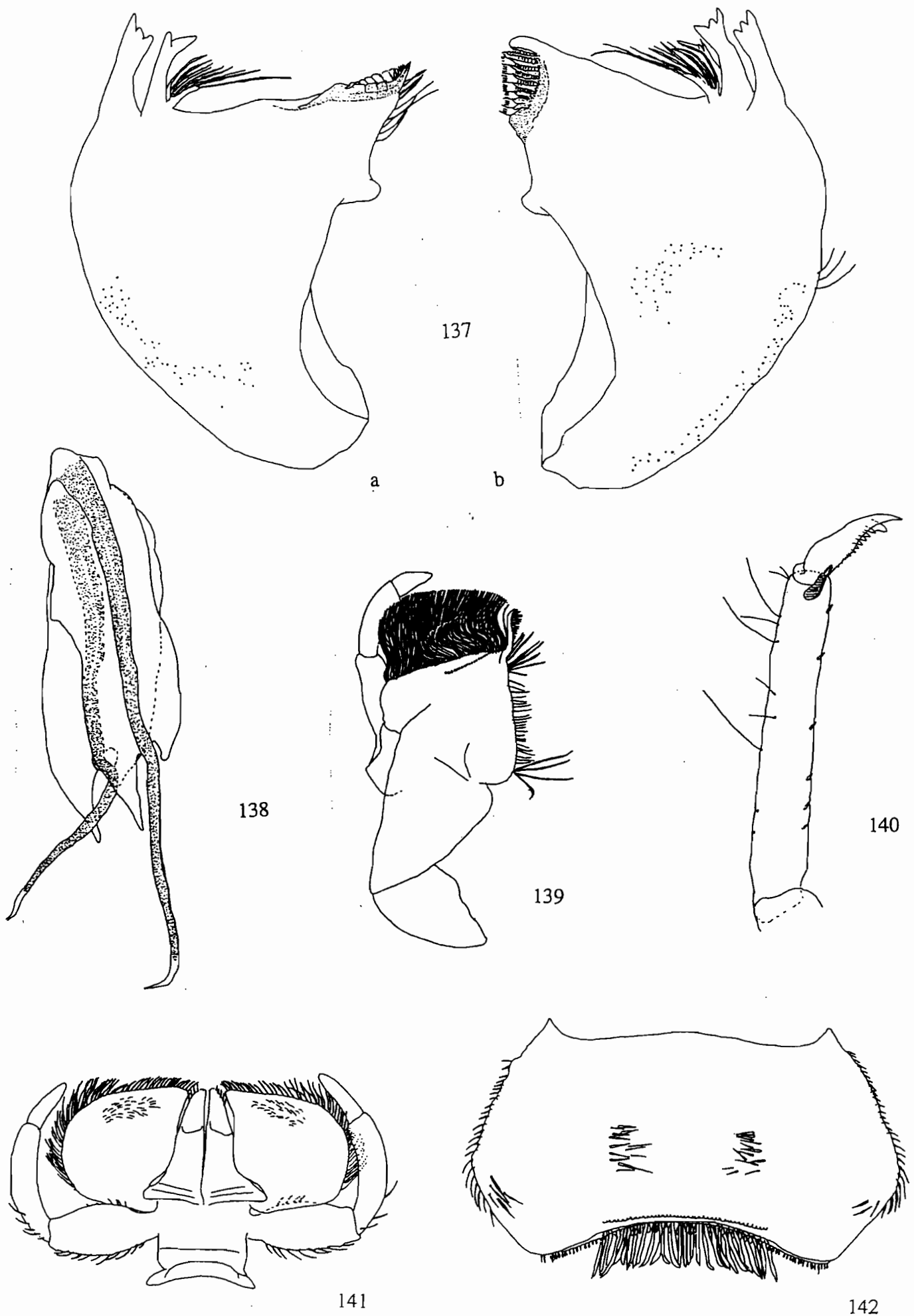
131

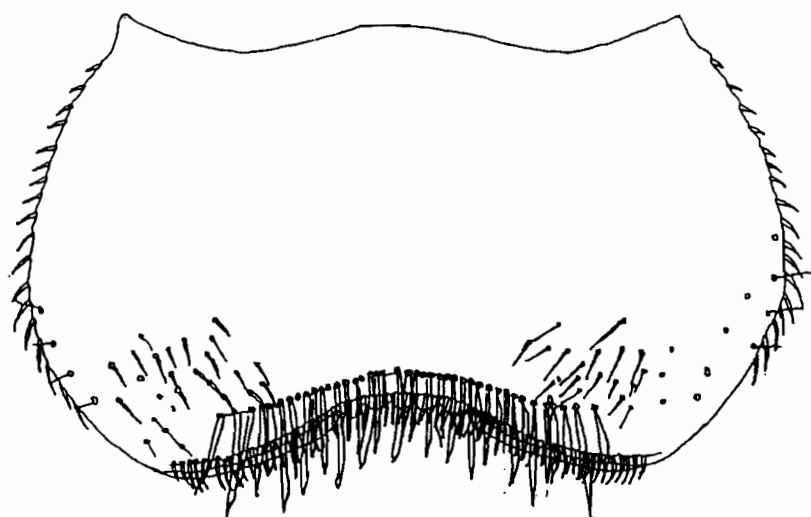


135

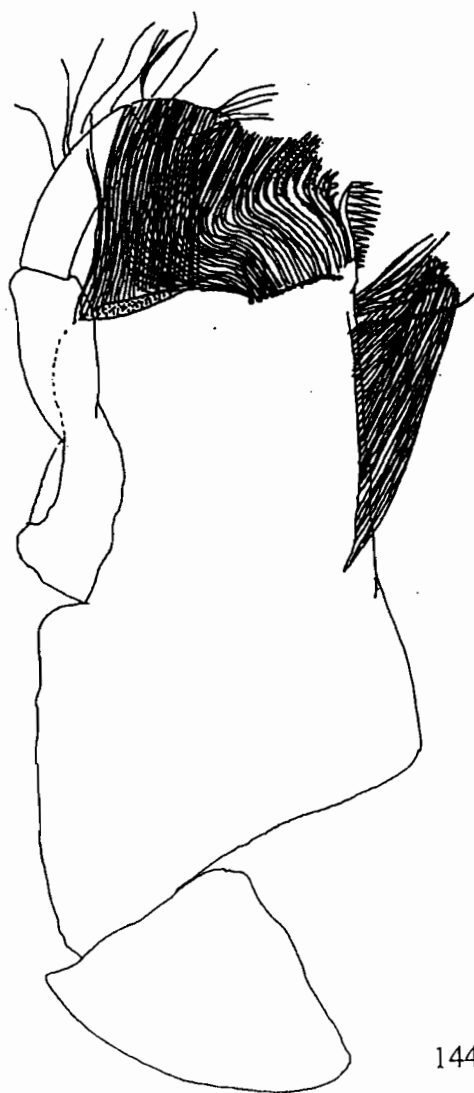


136

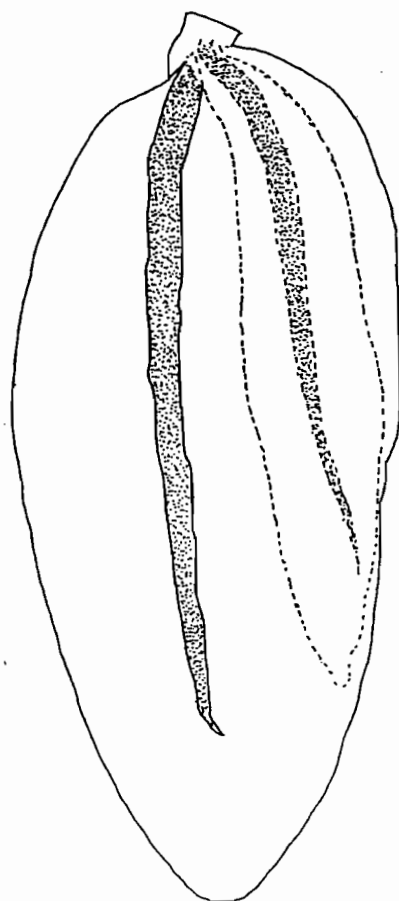




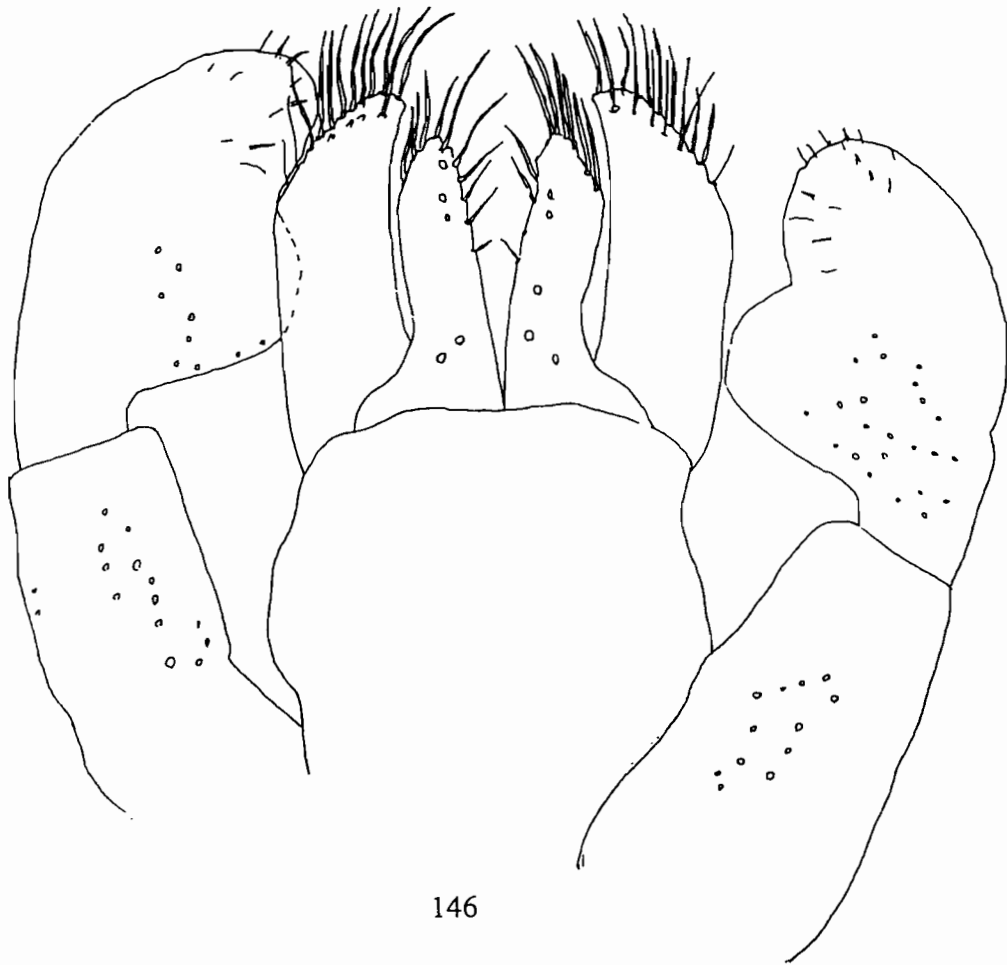
143



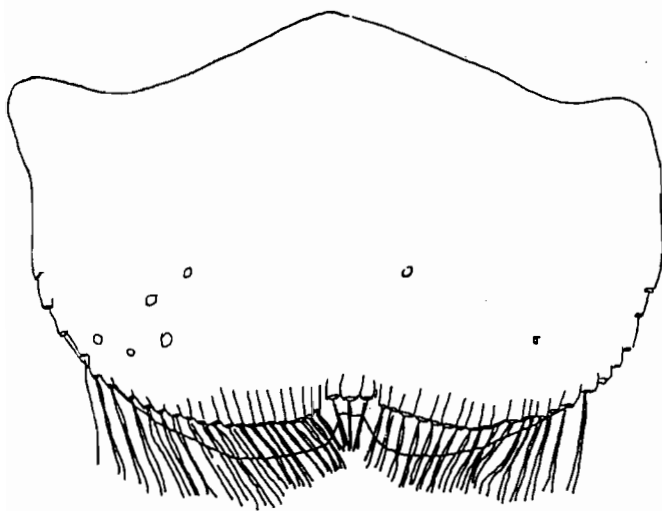
144



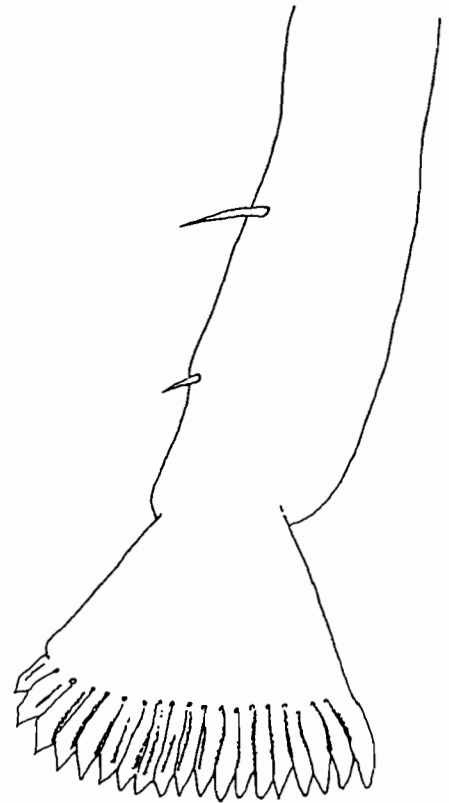
145



146



147

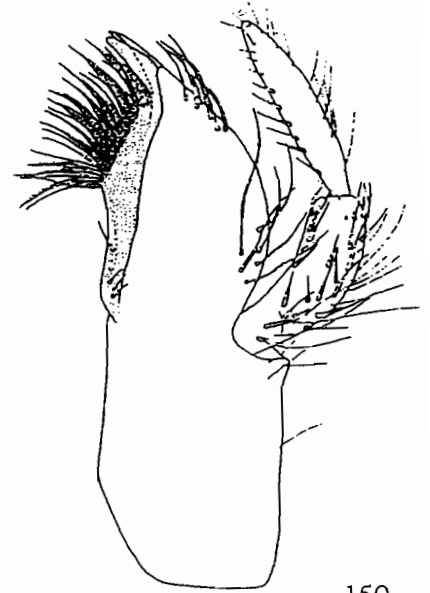


148

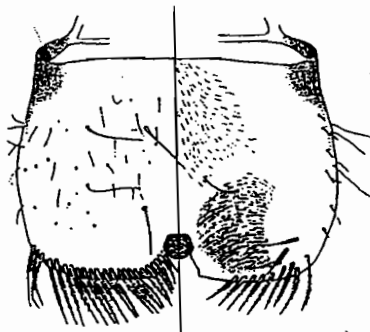
72



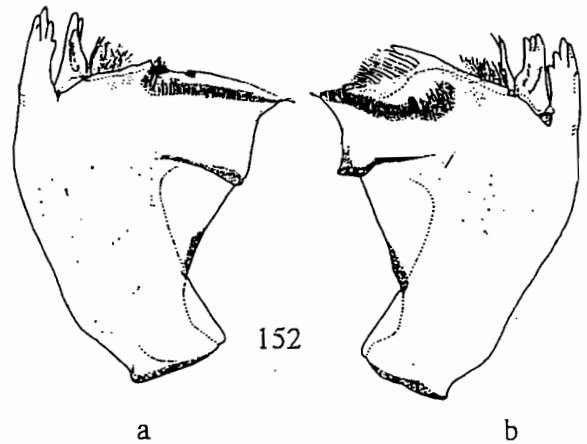
149



150



151



152

a

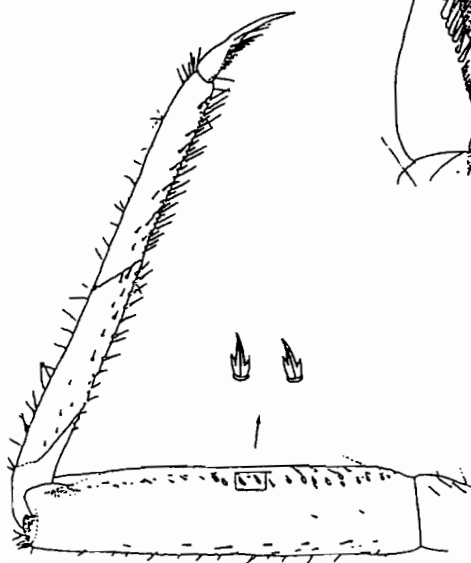
b



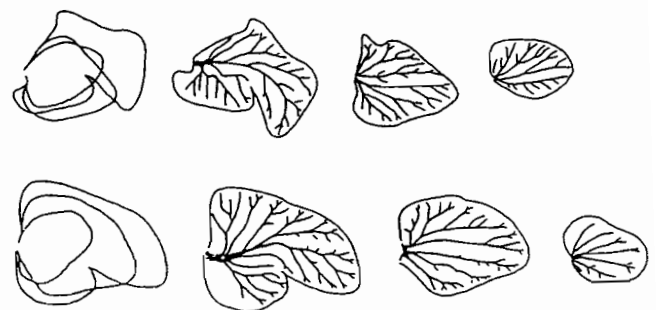
153



155



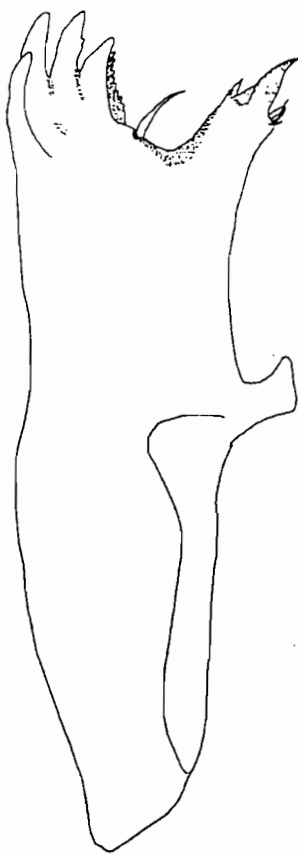
154



73

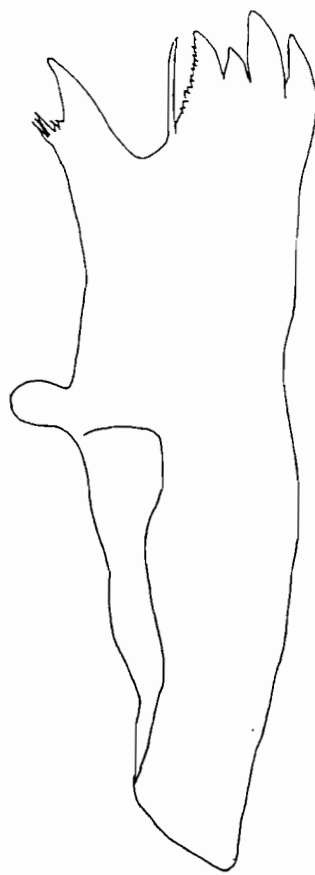
156

Callibaetis floridanus (d'après Hoffman, Sartori & Thomas. 1999). Fig.149 : Labium Fig.150 : Maxille.
Fig.151 : Labre. Fig.152 : Mandibules (a), gauche ; (b), droite. Fig.153 : Griffe tarsale Fig.154 : Patte antérieure
Fig.155 : Hypopharynx. Fig.156 : Branchies.

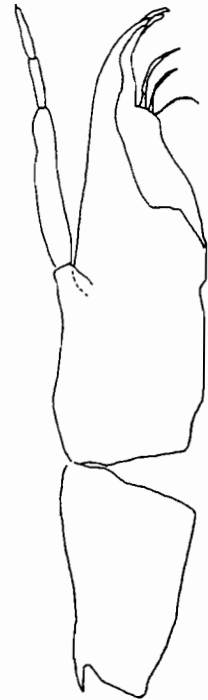


157

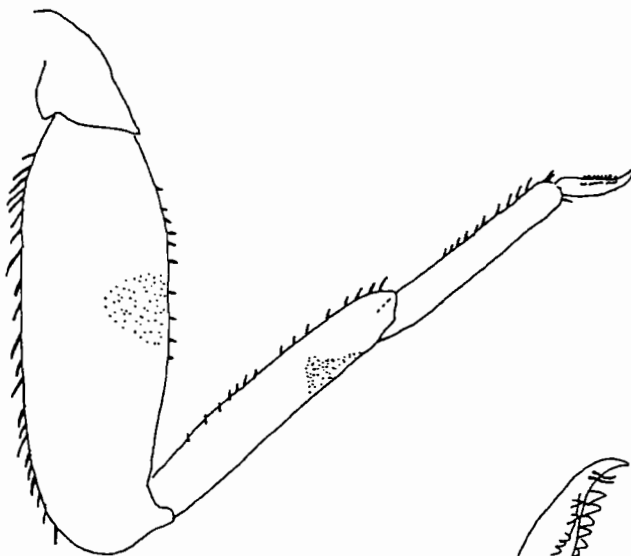
a



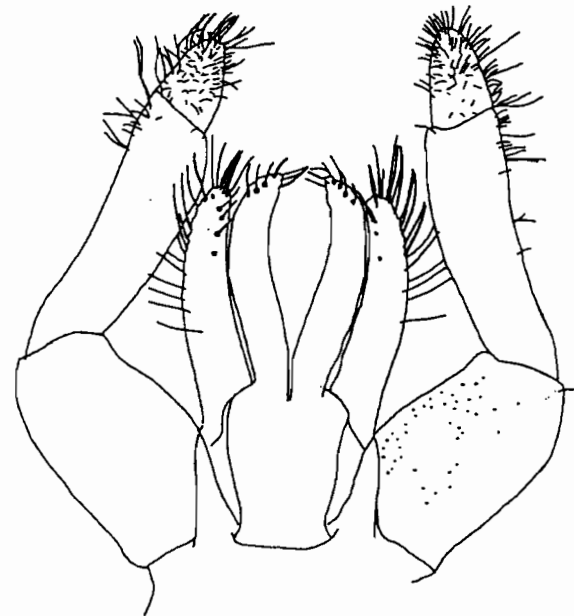
b



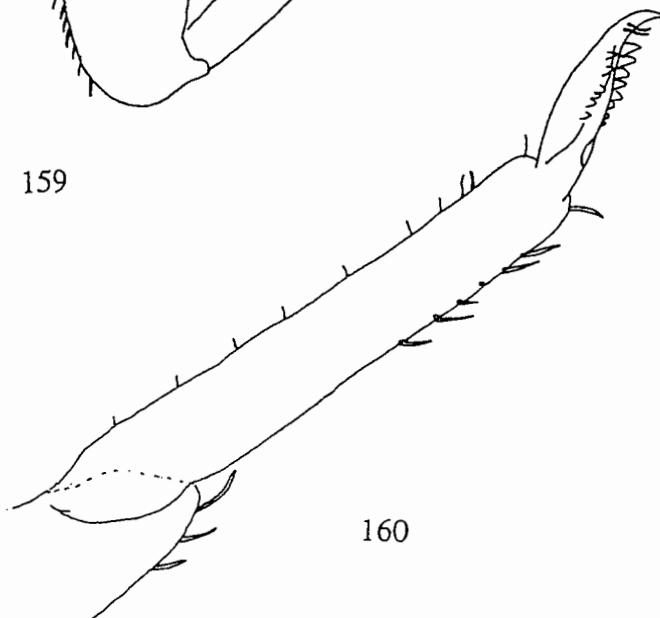
158



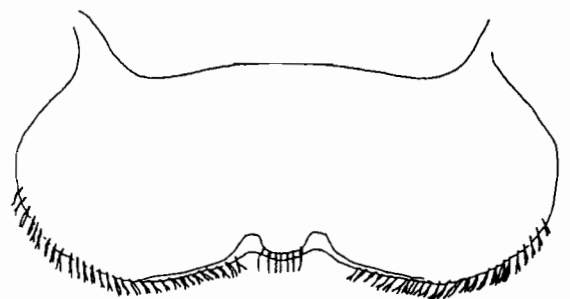
159



161



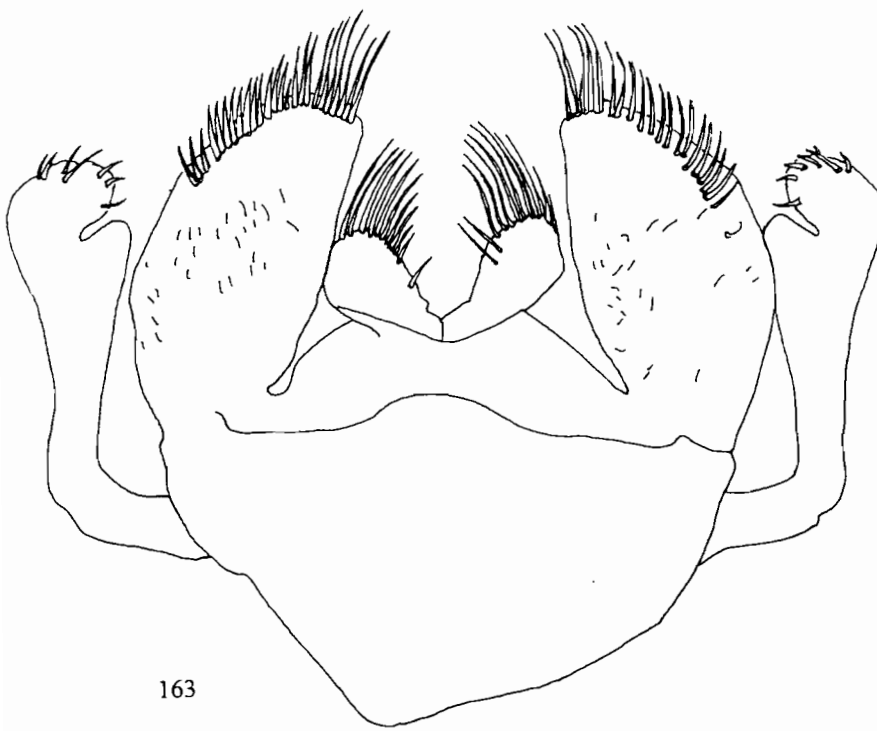
160



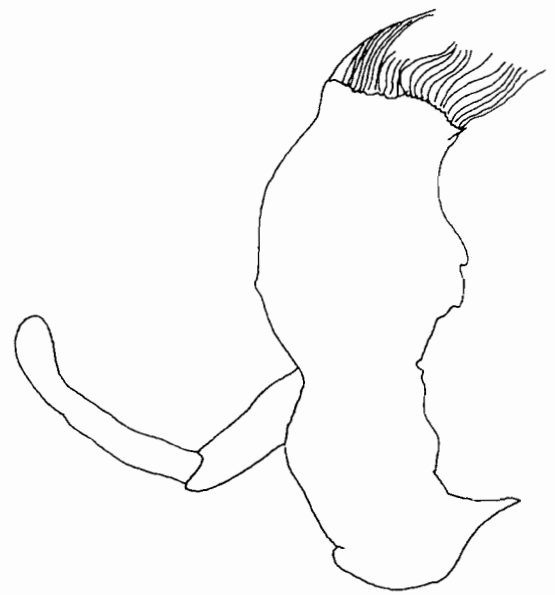
74

162

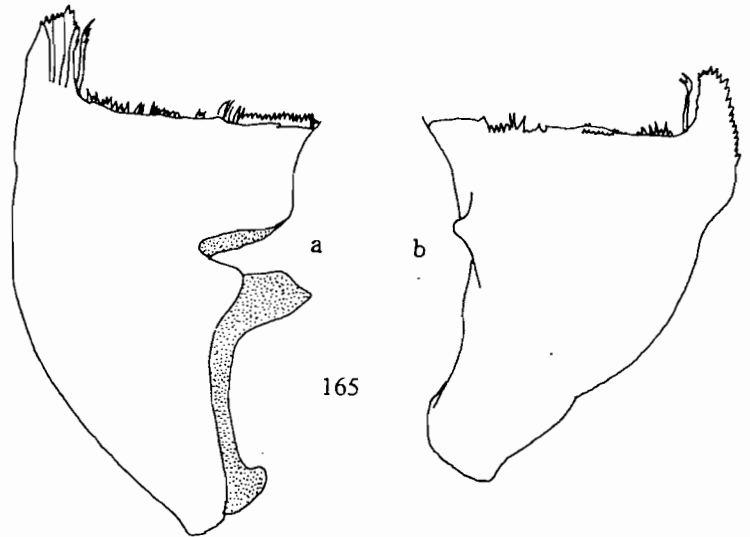
Harpagobaetis sp Fig.157 : Mandibules (a), gauche ; (b), droite. Fig.158 : Maxille. Fig.159 : Patte antérieure.
Fig.160 : Griffe et tarse. Fig.161 : Labium. Fig.162 : Labre.



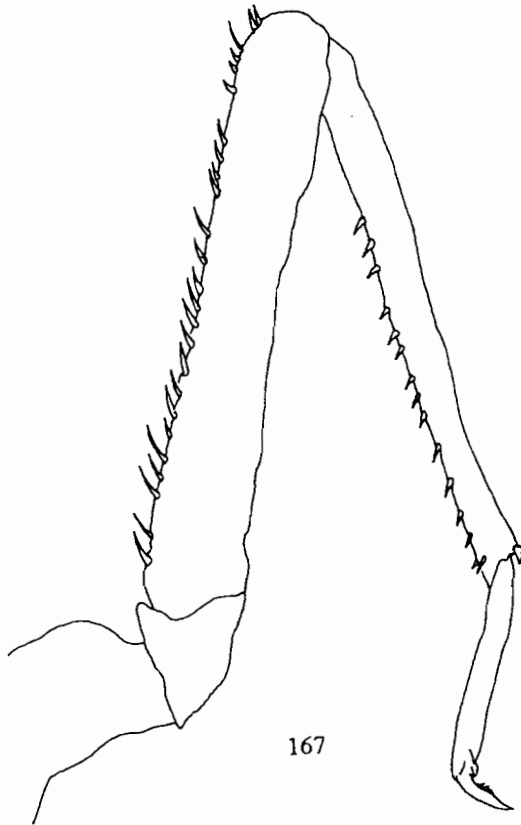
163



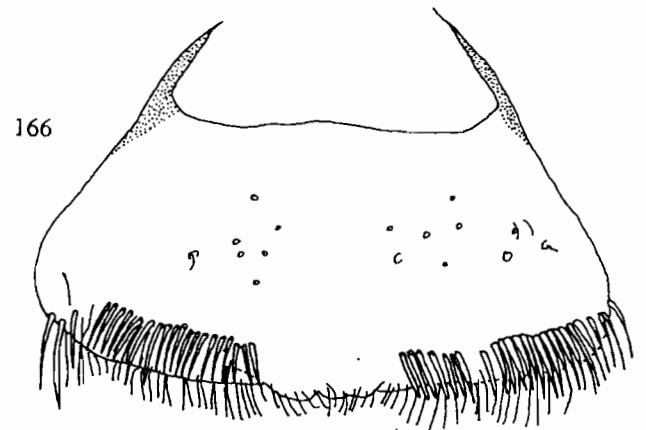
164



165

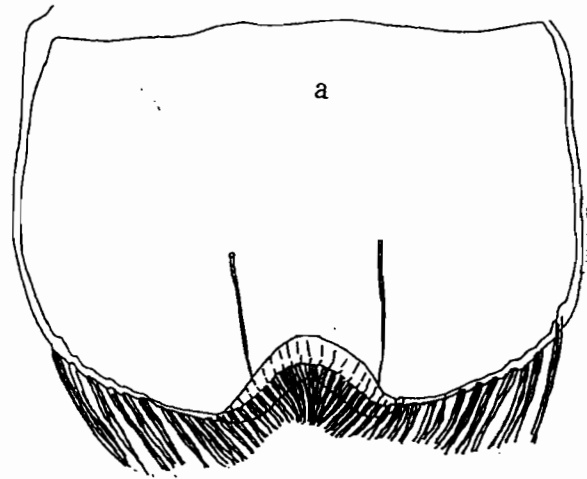
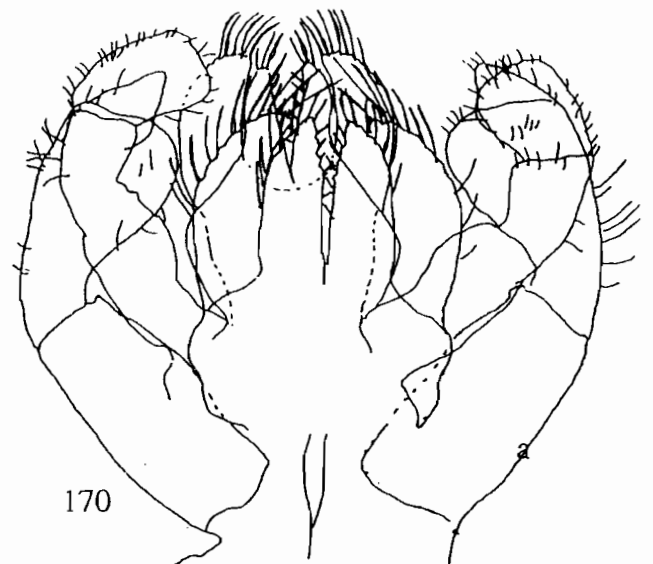
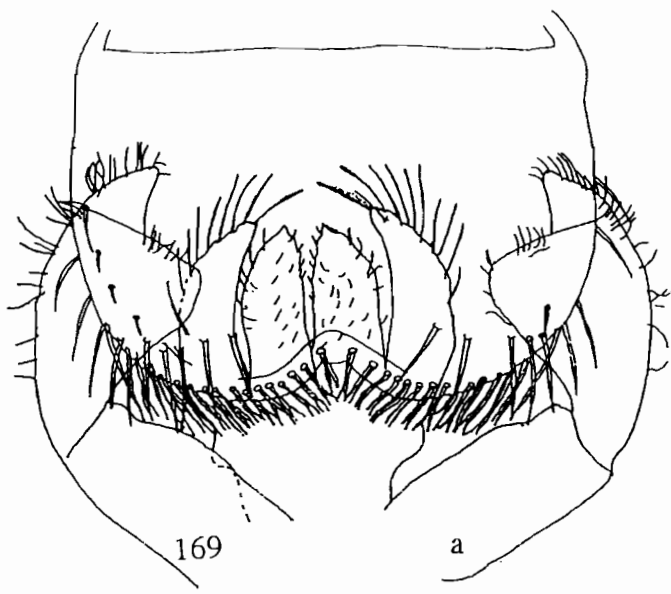


167

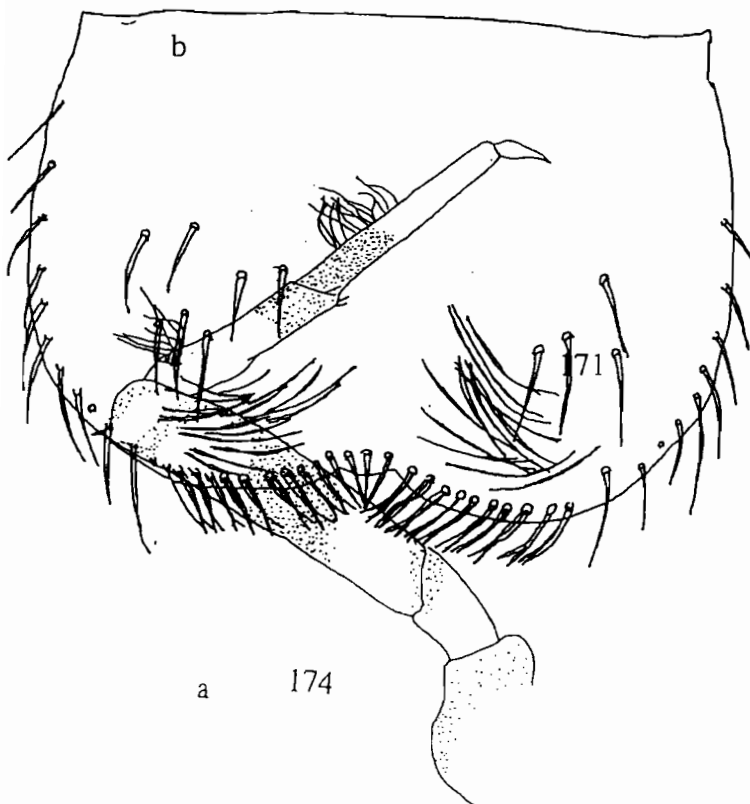
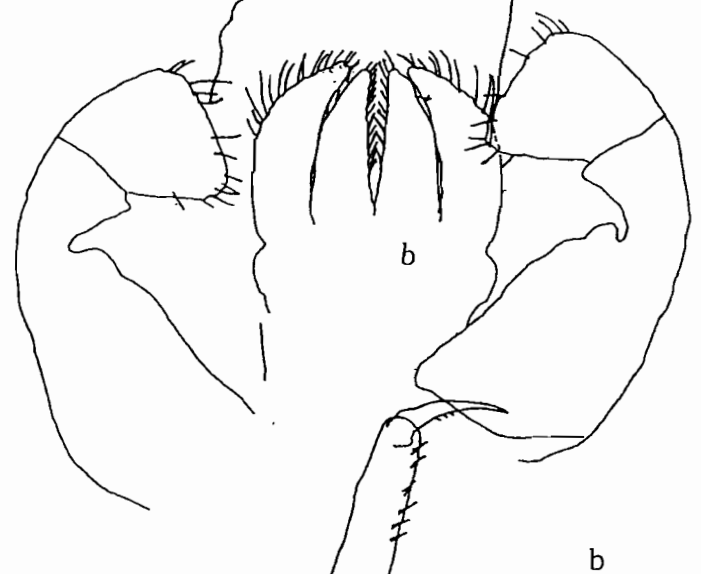


166

Tomedontus sp. Fig 163: Labium. Fig 164: Maxille. Fig 165: Mandibules (a), gauche; (b), droite. Fig 166: Labre. Fig 167: Patte antérieure.

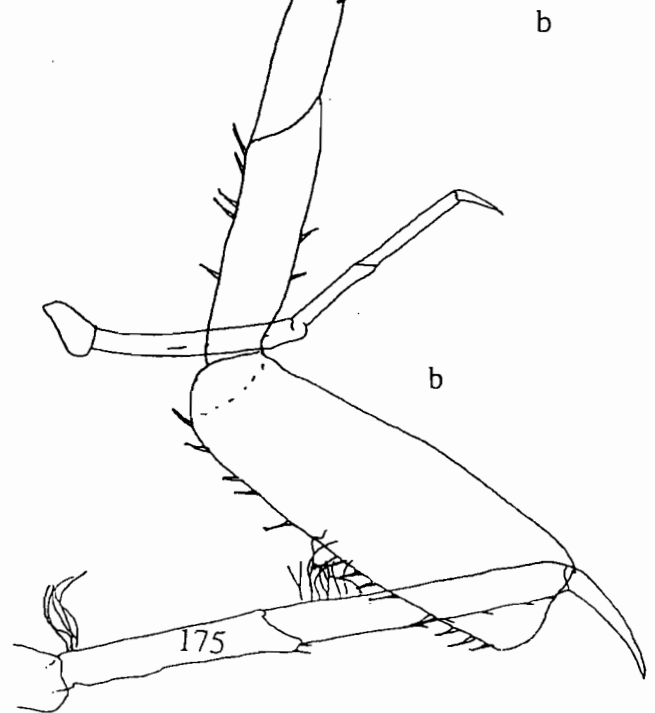


173



a

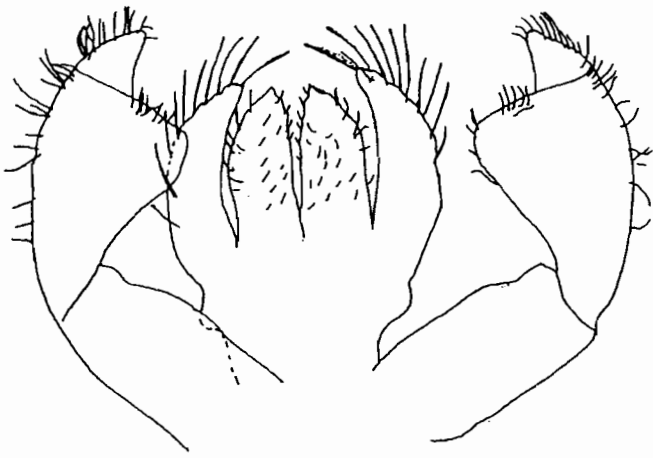
174



172

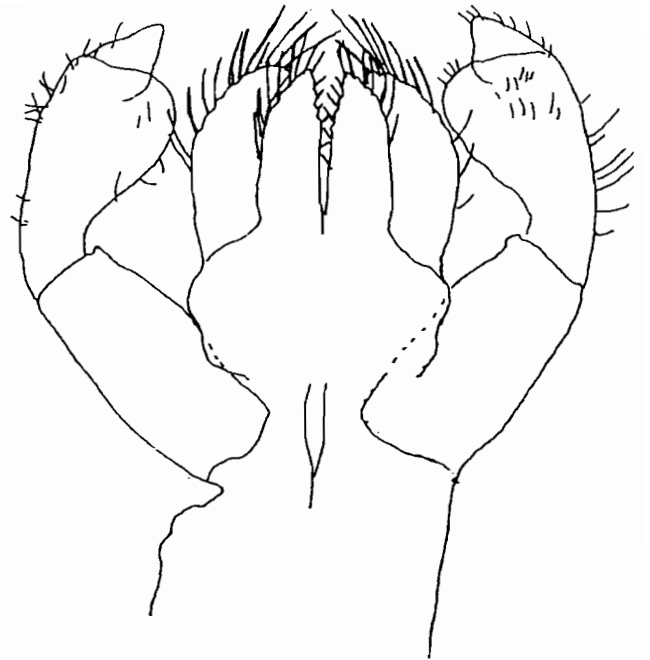
77 76

Paracloeodes sp Fig. 173 : Variation du labium (a), sp1 ; (b), sp2. Fig. 174 : labre, sp1. Fig. 175 : patte antérieure, sp1. *Cloeodes* sp Fig. 169 : Variation du labre (a), sp1 ; (b), sp2. Fig. 170 : Variation du labrum (a), sp1 ; (b), sp2. Fig. 172 : Patte antérieure sp1. Fig. 172 : Patte antérieure sp2 (a), (b), tibia, tarse et griffe sp2.

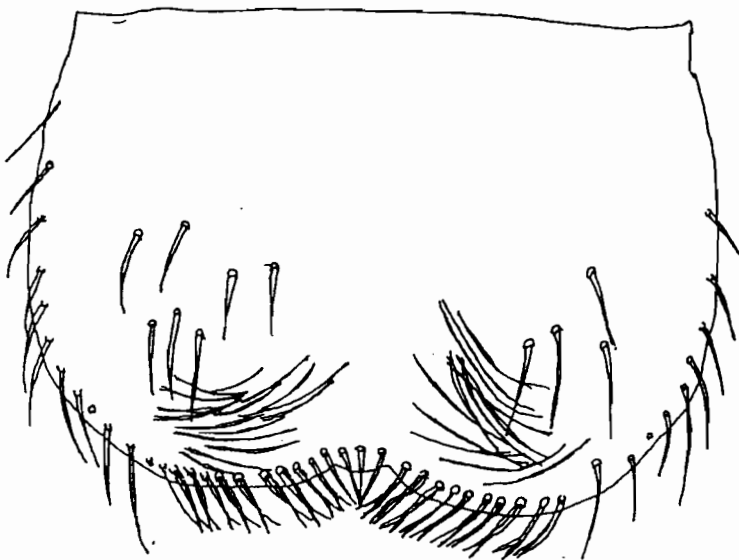


a

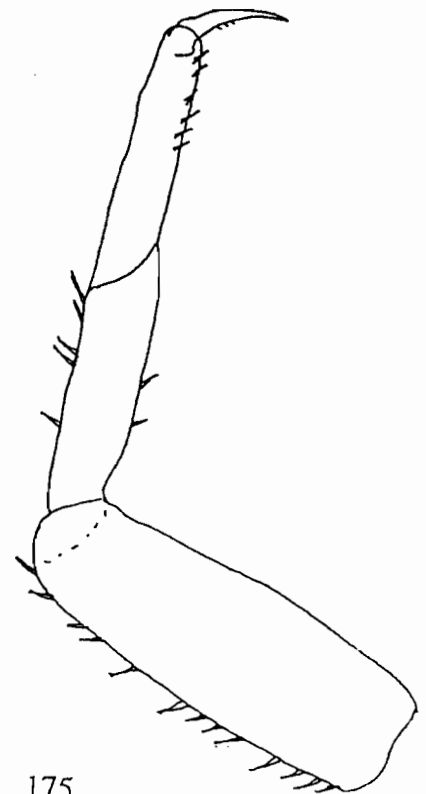
173



b

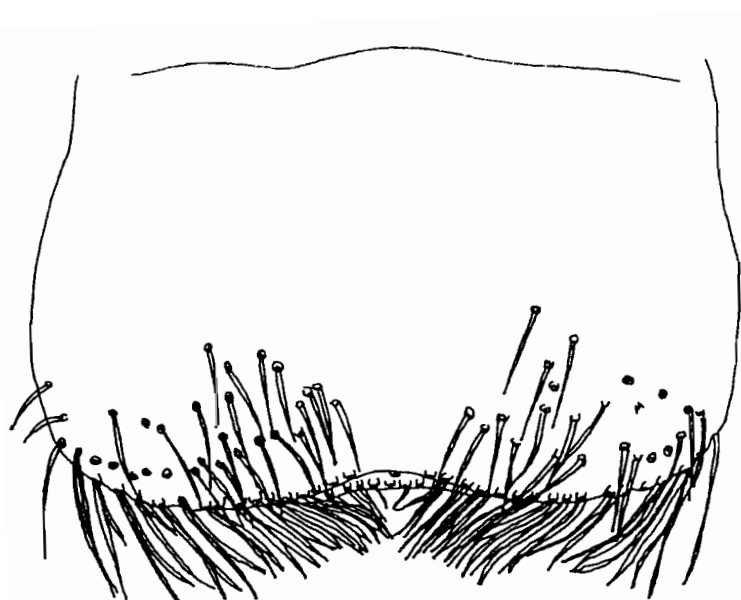


174

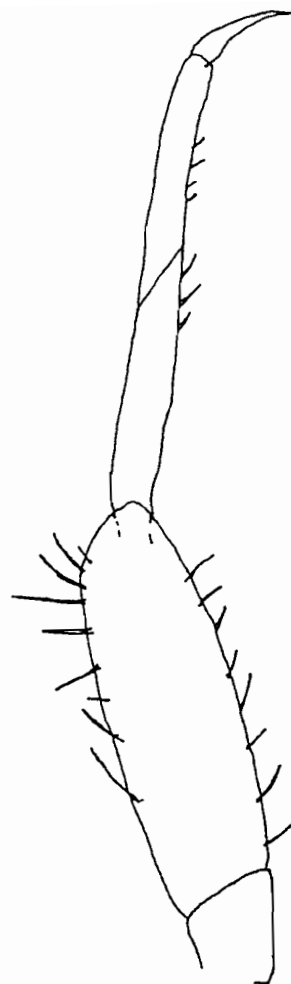


175

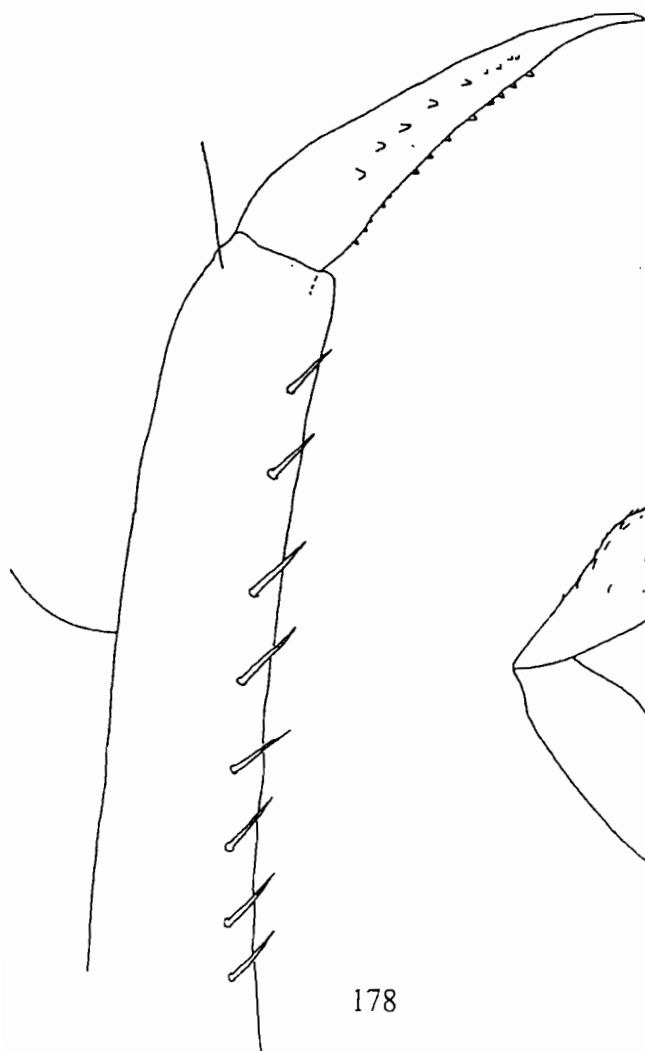
77



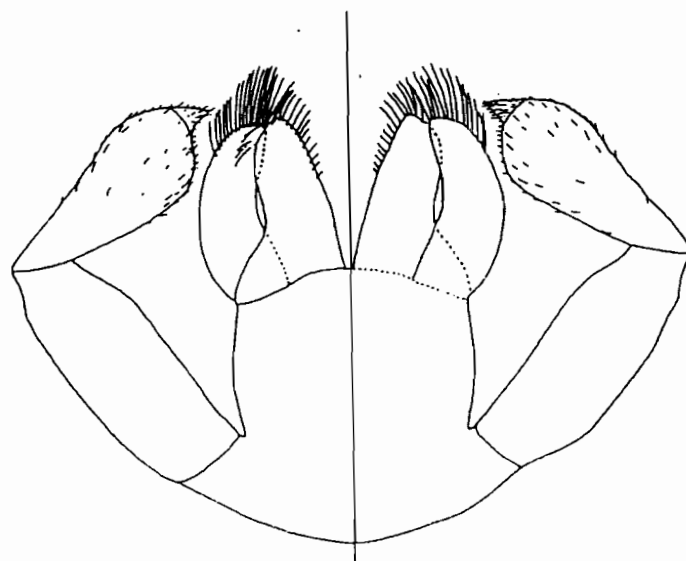
176



177



178



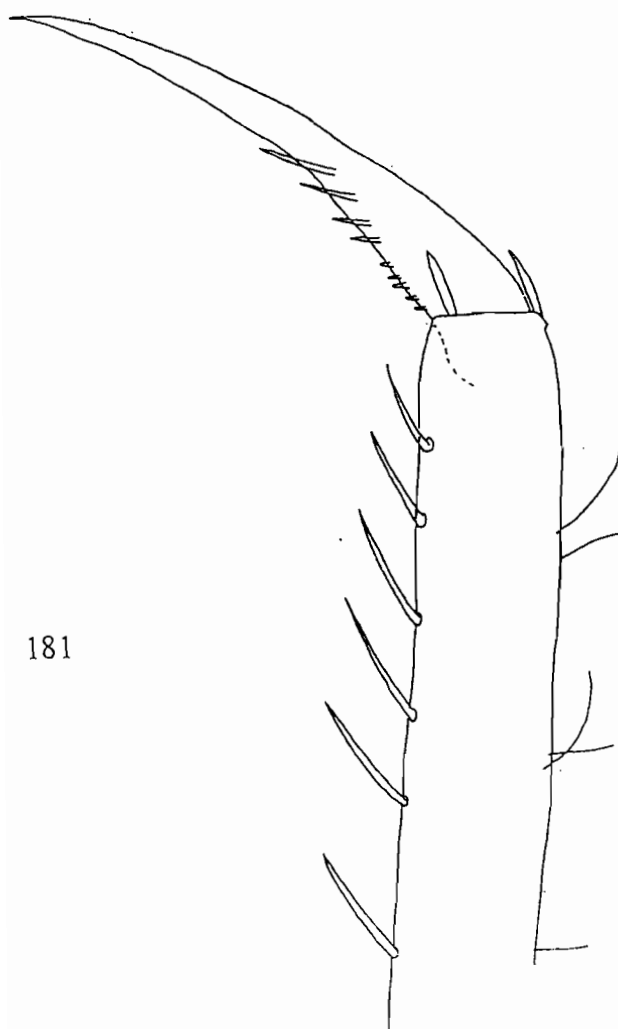
179

78

Rivudiva sp Fig. 176 : Labre. Fig. 177 : Patte antérieure. Fig. 178 : Griffe et tarse *Rivudiva minantenna*. Fig. 179 : Labium (d'après Lugo- Ortiz & McCafferty 1998).



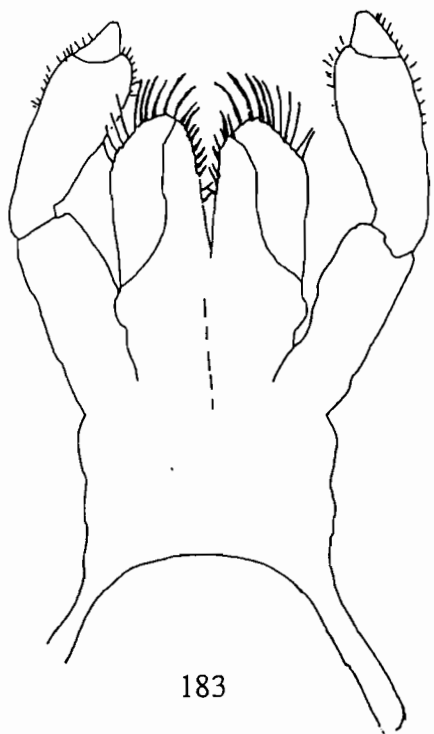
180



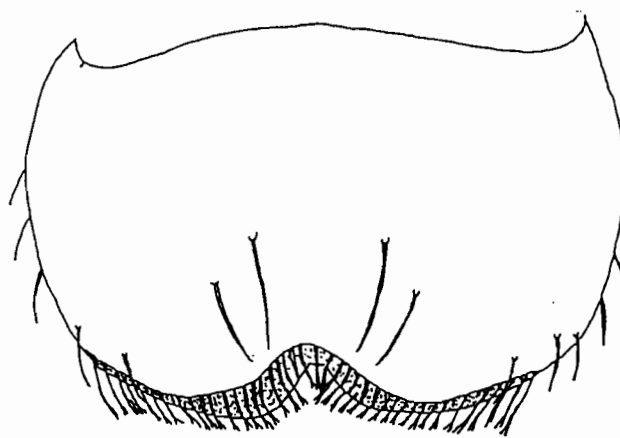
181



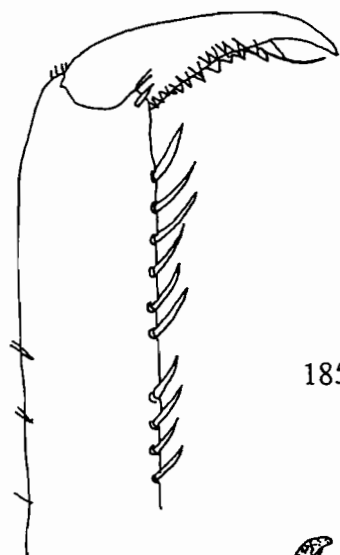
182



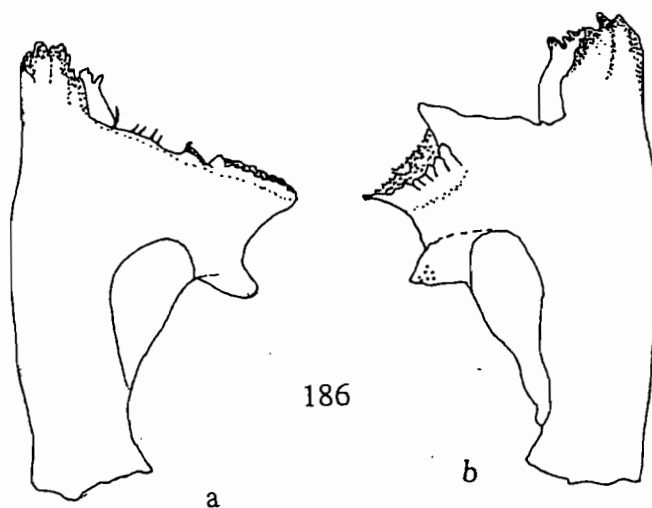
183



184



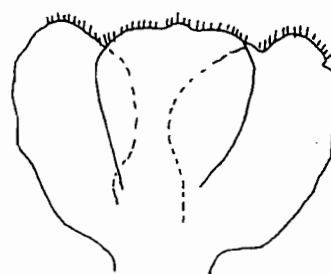
185



186

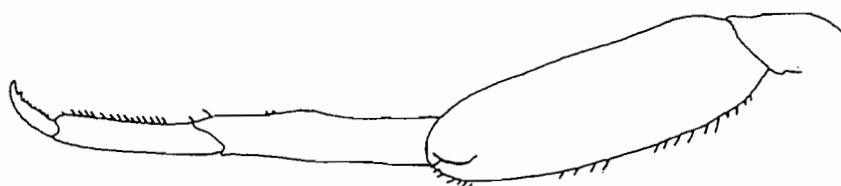
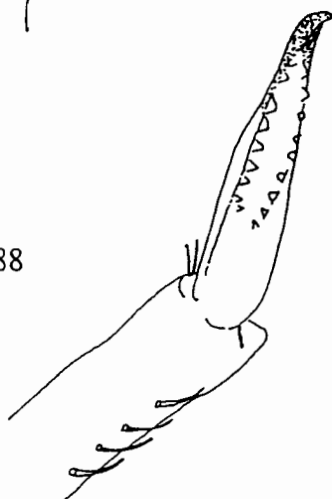
a

b

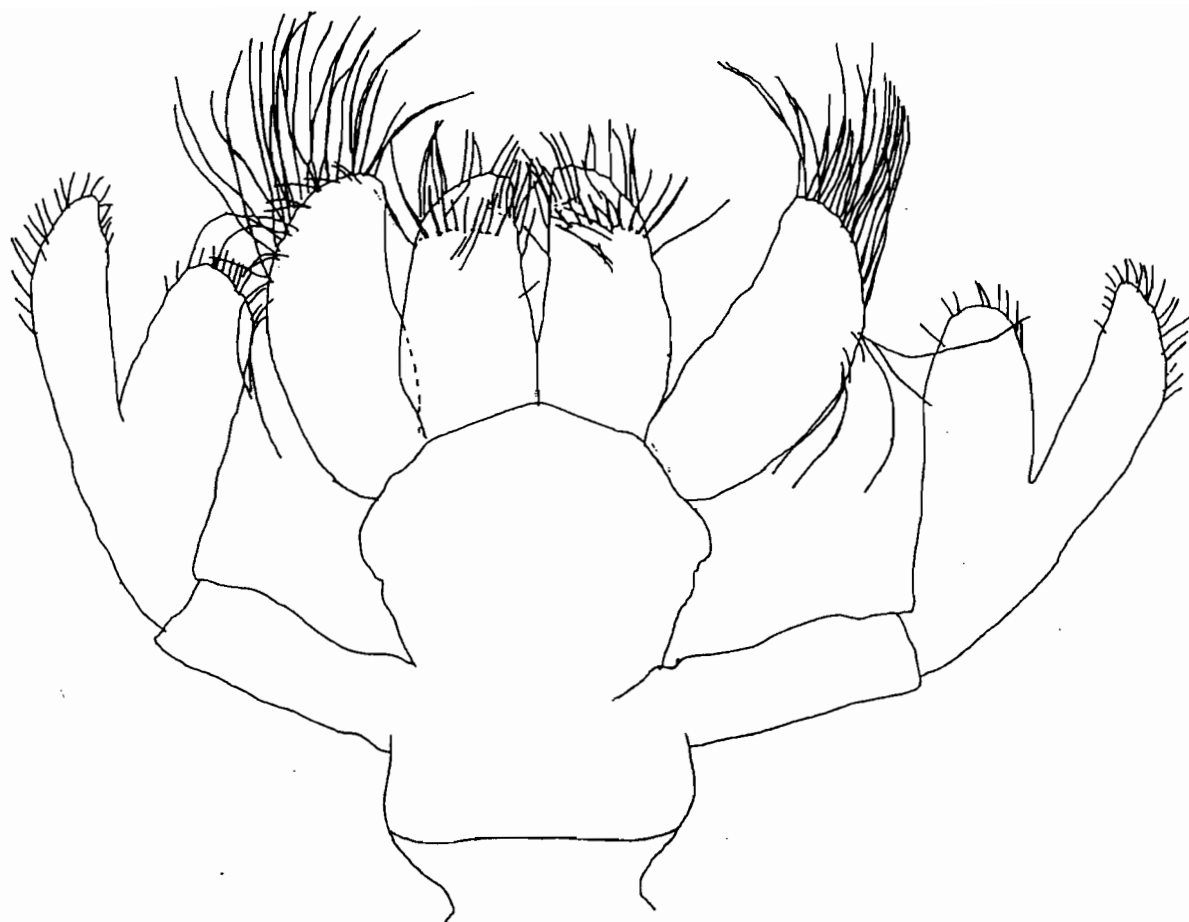


187

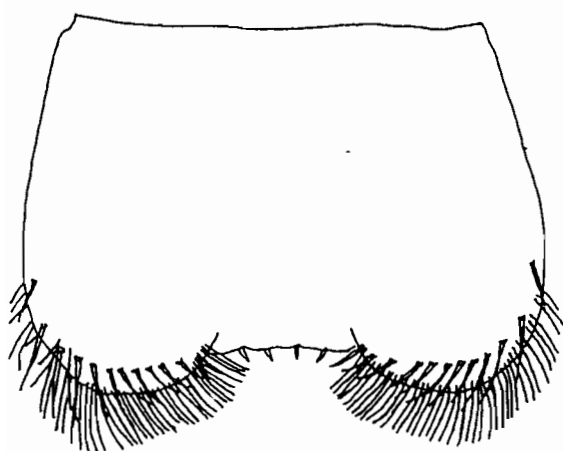
188



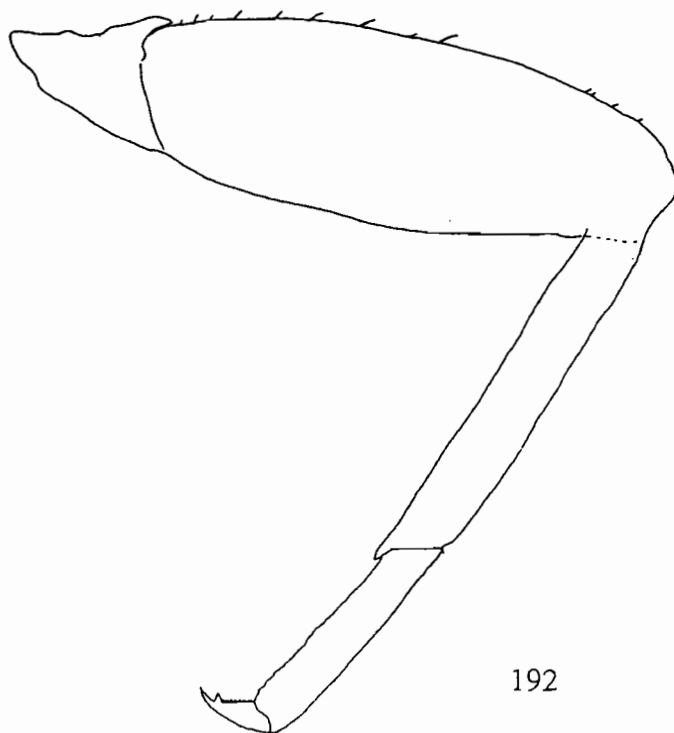
189



190

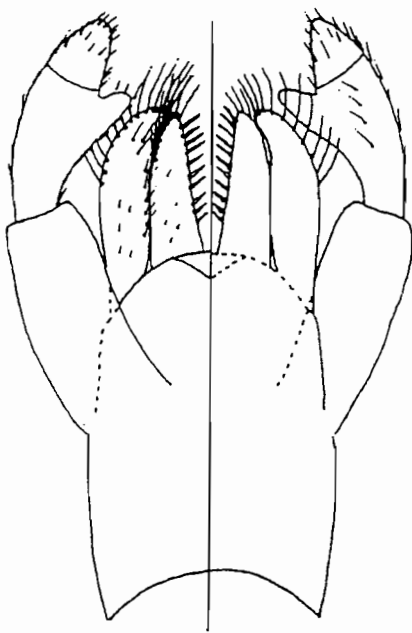


191

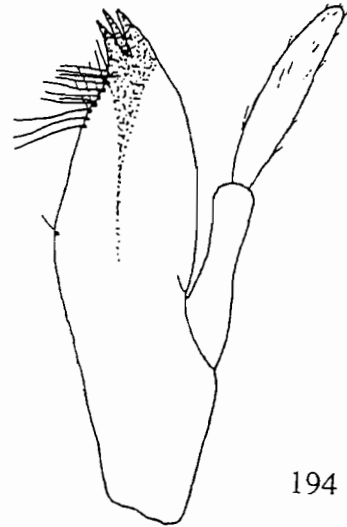


192

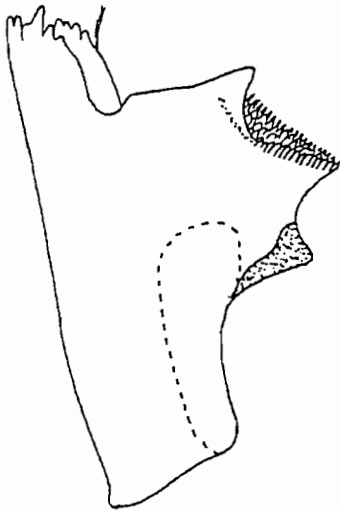
81



193

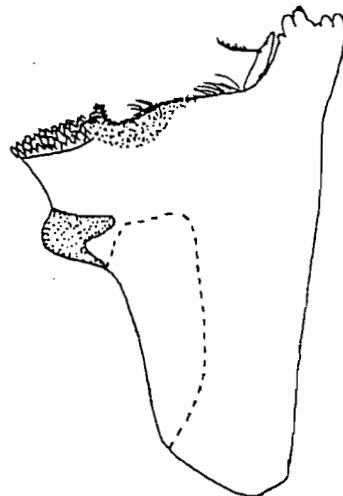


194

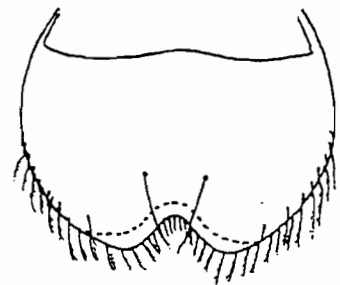


195

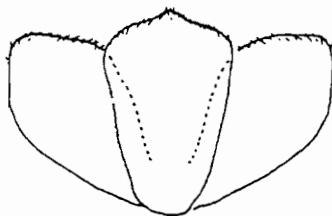
a



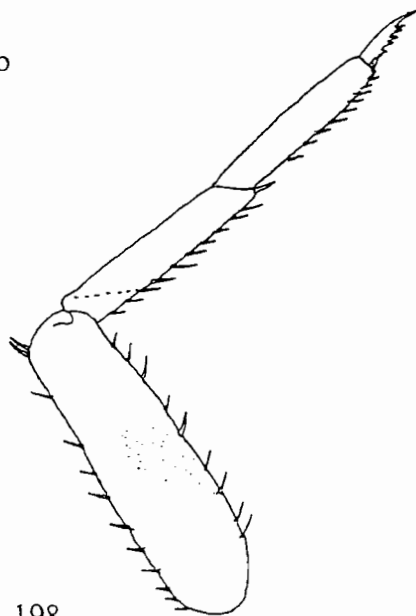
b



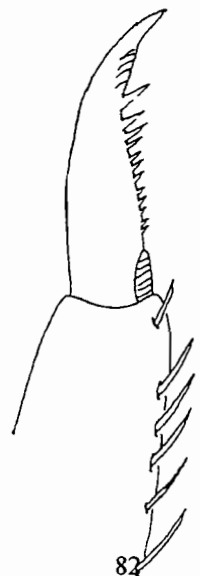
196



197

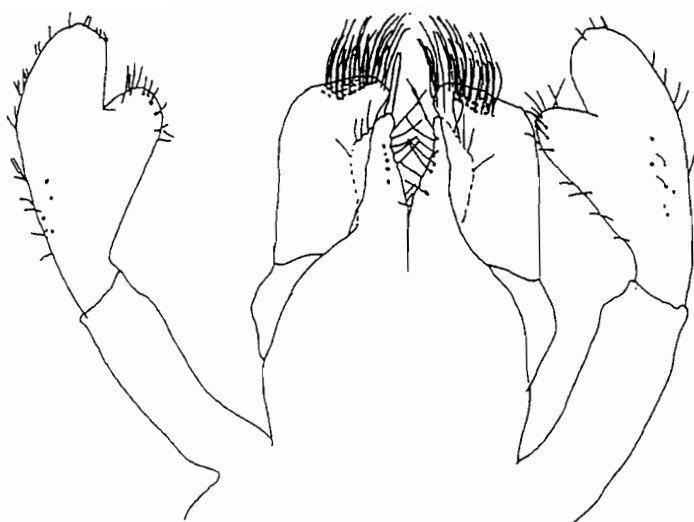


198

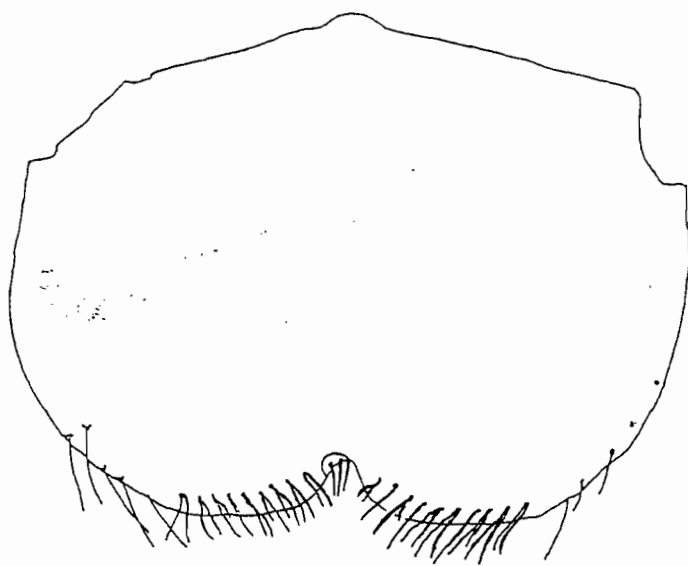


199

82



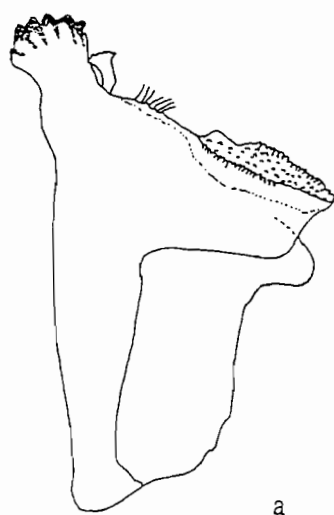
200



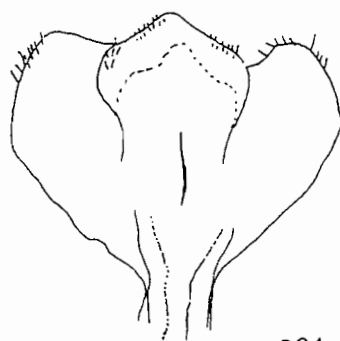
201



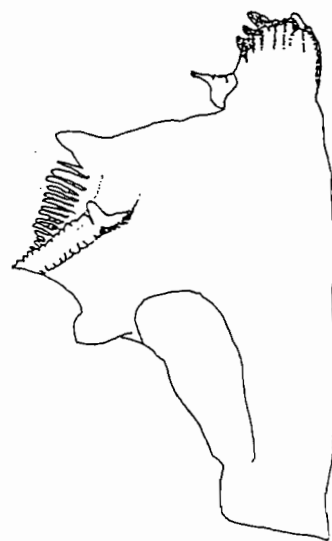
202



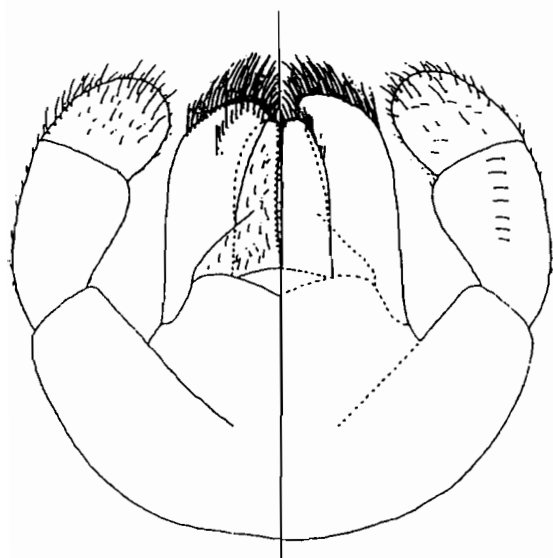
a



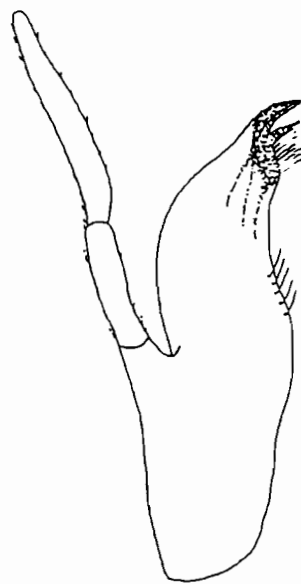
204



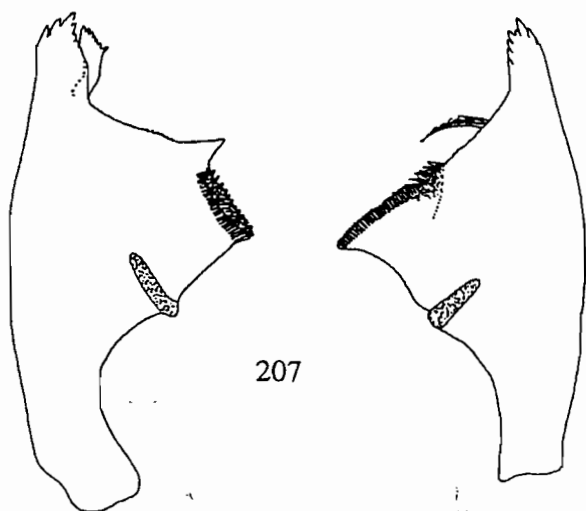
b



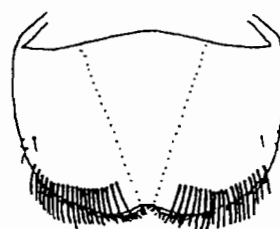
205



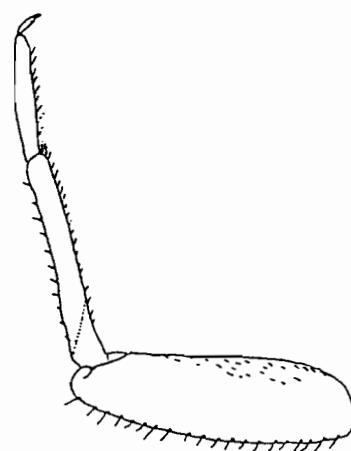
206



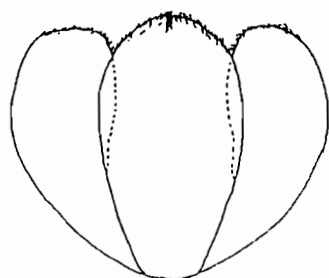
207



208



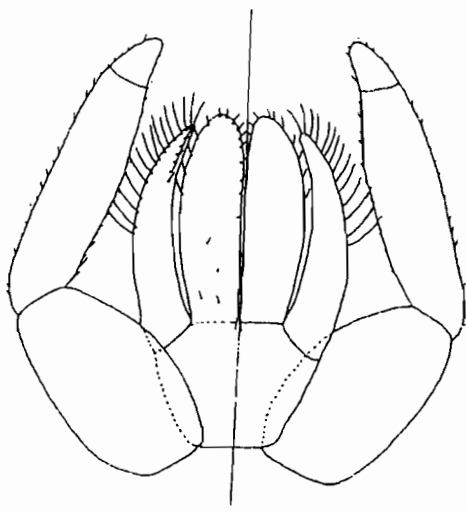
209



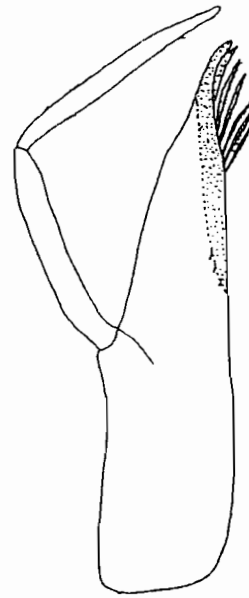
210



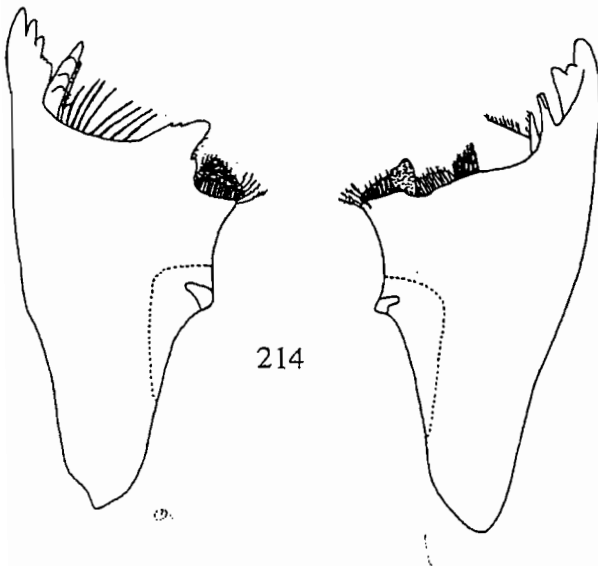
211



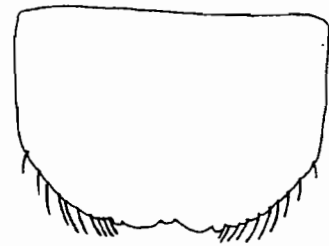
212



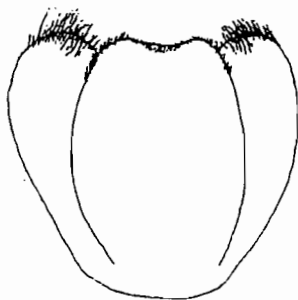
213



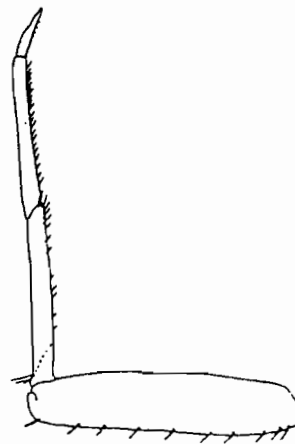
214



215



216

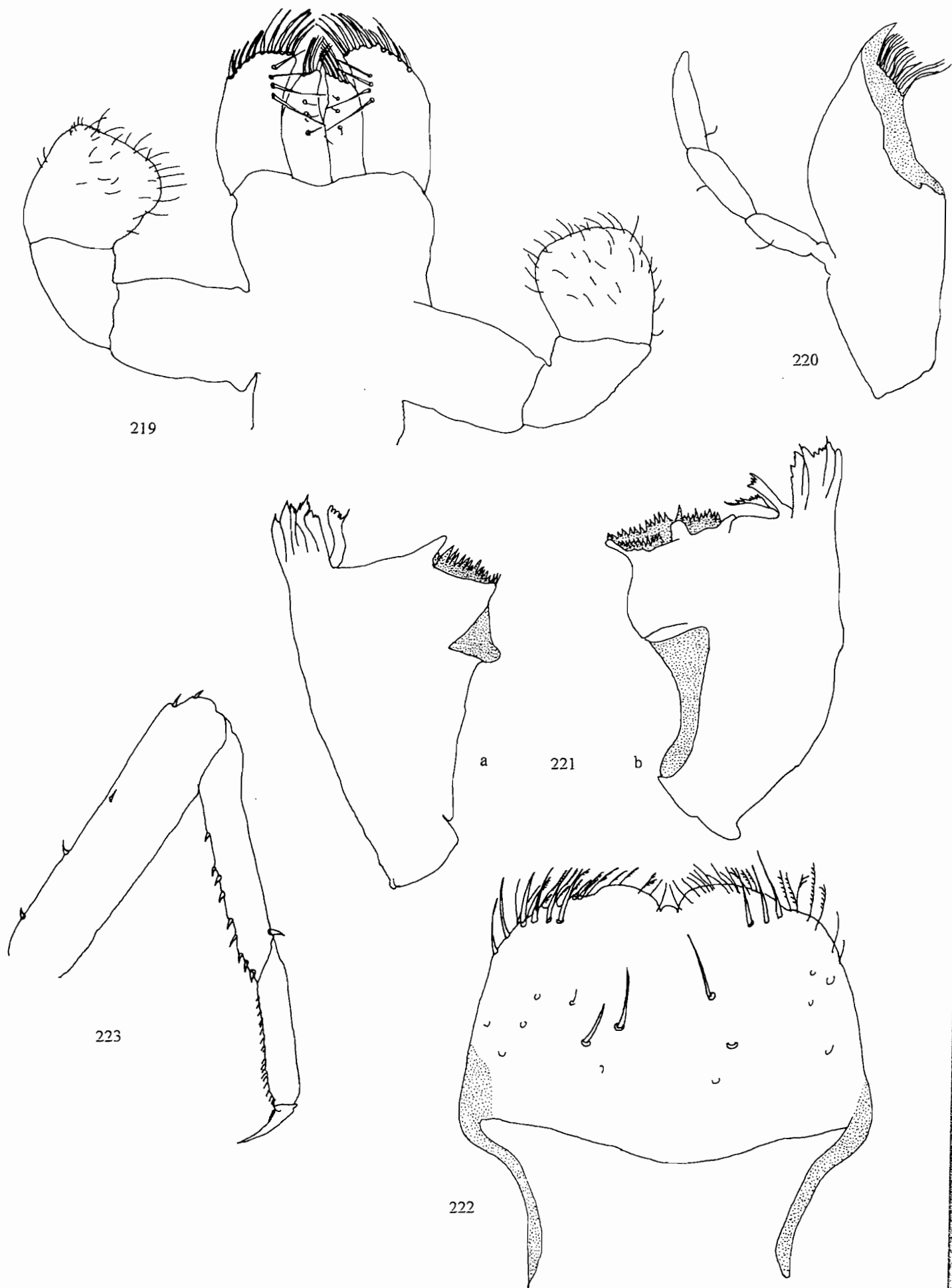


217



218

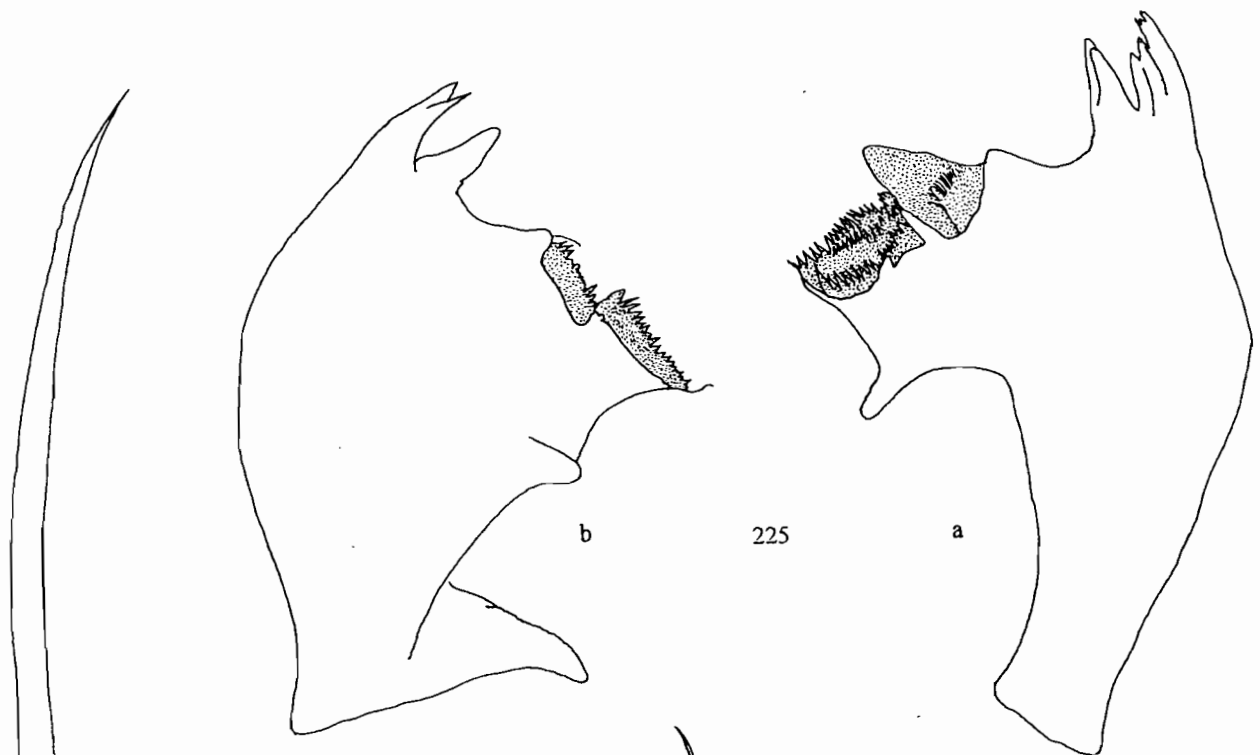
Adebrotus amazonicus (d'après C.R. Lugo-Ortiz & McCafferty. 1995) Fig.212 . Labium. Fig. 213 : Maxille. Fig 214 : Mandibules (a), gauche ; (b), droite. Fig 215 : Labre. Fig 216 : Hypopharynx. Fig 217 : Patte antérieure. Fig.218 : Griffe.



Aturbina sp. Fig 219: Labium. Fig 220: Maxille. Fig 221: Mandibules (a), gauche; (b), droite. Fig 222: Labre. Fig 223: Patte antérieure.



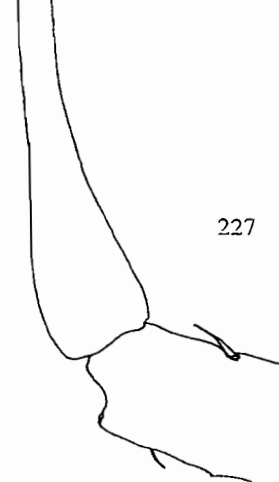
224



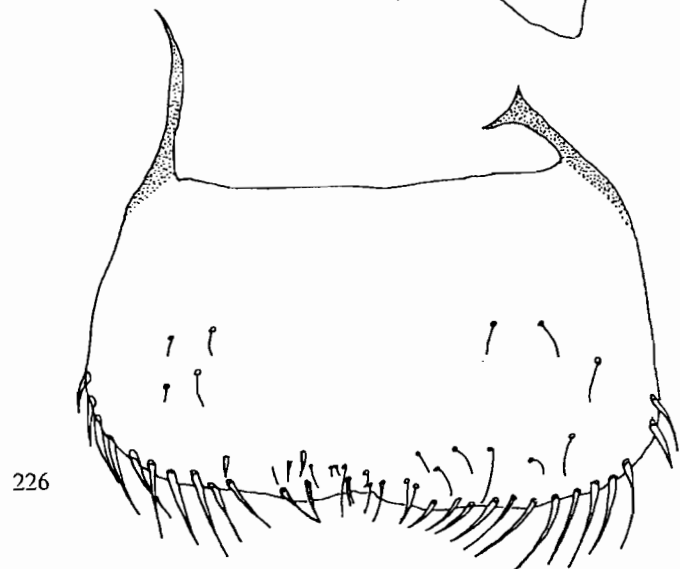
b

225

a



227



226

Apobaetis sp. Fig 224: Labium. Fig 225: Mandibules (a), gauche; (b), droite. Fig 226: Labre. Fig 227: Griffe tarsale (P1).

**CLES D'IDENTIFICATION ILLUSTREES
DES HETEROPTERES
DES RIVIERES DE GUYANE FRANCAISE**

Clé de détermination à la famille

Clé de détermination générique

par

Frédérique DEPUY

Version actualisée sur l'état d'avancement de nos connaissances fondamentales en :
septembre 2001

Les Hétéroptères

1. Généralités

Les Hétéroptères sont des arthropodes de la classe des Insectes Ptérygotes ayant deux paires d'ailes à la phase adulte et des pièces buccales libres ; ce sont des Insectes Néoptères, c'est à dire capables de replier leurs ailes sur l'abdomen au repos. Ils se distinguent aisément de la plupart des autres ordres d'insectes par la structure spécialisée de leurs pièces buccales. En effet, ces dernières sont différenciées en un appareil piqueur-suçeur (Fig.2) sous forme d'un bec effilé et segmenté appelé rostre.

Ce sont des organismes hétérométaboles c'est à dire que la larve ressemble déjà à un adulte dès sa sortie de l'œuf ; seules les proportions du corps changent au cours de plusieurs mues successives permettant la croissance. Ce sont donc des insectes exoptérygotes, les ailes se développant au fur et à mesure des mues dans des fourreaux alaires dorsaux ; cependant, chez les Hétéroptères, les ailes ne sont présentes que sur les deux derniers stades larvaires. En raison de leur ressemblance, un critère simple utilisé pour séparer les adultes des larves fait intervenir le nombre de segments du tarse : les larves ont des tarses à un seul segment alors que les adultes ont au moins un tarse possédant deux segments.

Il existe environ dix-sept familles d'Hétéroptères liées au milieu aquatique, ce qui ne représente que 10% des espèces de l'ordre des Hémiptères. Ces familles appartiennent à deux sous-ordres : les Gerromorpha qui sont semi-aquatiques, vivant à la surface de l'eau ou sur les bords, et les Nepomorpha qui sont totalement aquatiques et ne quittent l'eau que lors de migrations.

L'ordre des Hétéroptères aquatiques est très diversifié (familles très différentes par leurs caractères structuraux et leurs habitudes). Ils occupent une large gamme d'habitats allant des étangs salés aux lacs de montagne et des sources chaudes aux grandes rivières. En général ils hibernent à l'état adulte, les œufs sont déposés au printemps et se développent au cours de l'été. Dans les régions tempérées, les cycles de vie sont en général univoltins, voire bivoltins et la reproduction a lieu en été ; dans les régions tropicales les cycles multivoltins sont plus fréquents. Le développement se fait par cinq stades larvaires sauf pour certaines espèces des genres *Mesovelina*, *Microvelia* et *Nepa* où seuls quatre stades sont présents.

2 .Anatomie (Fig.3)

Les Hétéroptères possèdent les trois tagmes classiques du corps d'un insecte : à savoir la tête, le thorax et l'abdomen. Ces trois parties sont bien distinctes sauf chez quelques familles où tête et thorax sont fusionnés (Pleidae, Naucoridae par exemple).

❶ la tête : les yeux sont bien développés et exorbités; les ocelles distincts des yeux sont souvent absents ou bien ne sont présents que chez les formes ailées de quelques familles semi-aquatiques. Les antennes possèdent de trois à cinq segments ; elles sont cachées chez les formes strictement aquatiques (Cryptocerata) ou bien visibles chez les familles semi-aquatiques (Gymnocerata).

Les pièces buccales sont modifiées en un appareil piqueur-suceur (Fig.2) : le labre ne subit pas de modifications mais est très court, les mandibules et les mâchoires antérieures s'allongent pour former des stylets perforants juxtaposés formant un faisceau unique dans l'axe duquel deux espaces canaliculaires sont ménagés (émission de la salive et aspiration des aliments liquides). Le labium s'allonge également pour former une gouttière englobant les stylets et les guidant lors de la piqure ; il est recouvert à sa base par le labre. L'ensemble stylets et labium forme le rostre. Les palpes maxillaires et labiaux sont absents ou vestigiaux. Le rostre est plus ou moins long ; il est segmenté (trois ou quatre segments) sauf chez les Corixidae ; il est inséré à l'apex de la tête, par dessous et est dirigé vers l'arrière. La région ventrale entre le rostre et le cou est appelée gula ; c'est le caractère primaire utilisé pour séparer les Hétéroptères des Homoptères qui, eux, ne possèdent pas cette région (cigales, pucerons...). C'est la différenciation de cette gula qui fait que les Hétéroptères ont une tête prognathe.

② le thorax : les trois segments qui le composent portent les ailes et les pattes. Les ailes postérieures sont membraneuses alors que les ailes antérieures ou hémélytres possèdent une zone externe proximale (le corium) et une zone interne (le clavus) chitinisées, distalement s'étend la membrane qui est plus ou moins développée selon les familles. Les ailes ne sont jamais plissées au repos, mais étalées toujours à plat.

Les pattes ont une structure classique et montrent les diverses adaptations des Hétéroptères aquatiques et semi-aquatiques à leur environnement ; ces adaptations seront détaillées pour chaque famille un peu plus loin.

③ l'abdomen : il porte les stigmates et les organes génitaux ; il est composé de dix segments dont les sept premiers sont identiques, les trois suivants forment les genitalia et sont parfois difficiles à distinguer. Chez certaines familles de Nepomorpha (Corixidae par exemple), ces segments sont asymétriques chez les mâles et à peu près symétriques chez les femelles.

3. les familles d'hétéroptères

Au cours de la présente étude, onze familles d'Hétéroptères aquatiques et semi-aquatiques ont été recensées en Guyane Française ; chacune de ces familles présente des caractères structuraux, ainsi que des adaptations morphologiques propres. Dans la présente rubrique toutes ces familles seront abordées au niveau de leur morphologie, de leur mode de nutrition et de leur respiration par exemple. De plus quatre familles sont également présentées (Gelastocoridae, Ochteridae, Hydrometridae, Hebridae), après concertation avec le Dr Nico Nieser, car leur présence en Guyane et aux Antilles (Hydrometridae et Hebridae uniquement) est possible bien que nous n'en ayons pas encore récolté de représentants.

- Corixidae ("water boatmen") : ce sont les plus nombreux aussi bien en nombre d'individus qu'en nombre d'espèces ; ils sont caractérisés par un rostre altéré, court et large. Ils jouent un rôle important dans les communautés aquatiques car ce sont d'abord des consommateurs de plantes (petits individus) puis de petits organismes benthiques (gros individus) ; ce sont également des prédateurs se nourrissant de larves de moustiques et de mouches. Les Corixidae possèdent un plastron leur permettant de rester sous la surface de l'eau durant un long moment en utilisant l'oxygène qui diffuse dans l'eau ; pour renouveler

leurs réserves d'oxygène du plastron, ils font émerger uniquement, et très rapidement, la tête et le pronotum à la surface.

Ces insectes se trouvent communément dans les étangs, les lacs et les ruisseaux, mais rarement en courant rapide ; ils montrent une forte préférence pour les habitats particuliers, aussi sont ils de bons indicateurs de conditions du milieu.

Il faut noter que la famille des Corixidae nécessite un vocabulaire anatomique (Fig.1) qui lui est propre, dont les termes suivant sont utilisés lors de la détermination des genres :

- strigile : il s'agit de l'appareil copulateur des mâles qui se situe sur le bord latéral du sixième tergite abdominal.

- joue (gena) : c'est une extension latérale de l'épicrâne, à la partie inférieure de l'œil..

- suture hypo-oculaire : il s'agit d'une petite suture postérieure à l'œil.

- palette : ce terme désigne le tarse antérieur qui est plat et plus ou moins ovale, souvent en forme de cuiller.

- partie infra-oculaire de la joue: c'est la partie de la tête située entre les yeux et le bord postérieur de la tête.

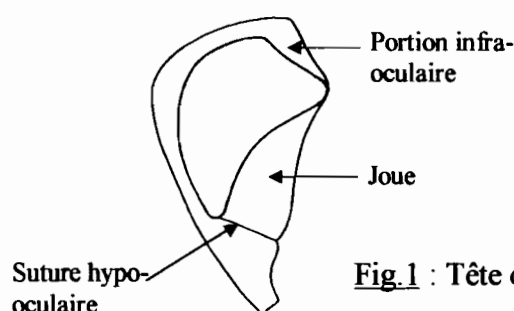


Fig.1 : Tête d'un Corixidae

- Notonectidae ("back swimmers") : ce sont de féroces prédateurs d'invertébrés et même de poissons. Ils possèdent un corps long, fin et convexe dorsalement. Ils présentent la particularité de nager sur le dos à l'aide de pattes postérieures longues et pourvues de longs poils. Afin de renouveler leur réserve d'oxygène, ces insectes vont amener l'extrémité de leur abdomen à la surface de l'eau où l'air va être amené au contact des stigmates de la face ventrale par deux gouttières formées par des rangées de poils (une médiane et deux latérales).

Les Notonectes se trouvent surtout dans les étangs, les bassins et les zones lenticules des rivières.

- Naucoridae ("creeping water bugs") : bien que largement distribuée la famille des Naucoridae est mal connue. Les individus ont un corps large et aplati, ce sont des prédateurs se nourrissant de métazoaires aquatiques. Les Naucorides respirent par la cuticule en phase larvaire et à l'aide de stigmates en phase adulte. Les derniers renouvellent leur oxygène en utilisant l'extrémité de leur abdomen, qu'ils amènent à la surface afin de stocker de l'air sous leurs hémélytres sous la forme d'une bulle retenue par une pubescence ventrale.

Les Naucoridae sont présents dans une grande variété d'habitats comme les lacs, les ruisseaux mais également les sources chaudes ou les eaux salées.

- Belostomatidae ("giant water bugs") : ce sont les plus gros Hétéroptères aquatiques. Ils sont reconnaissables à leur corps plat et ovale ainsi qu'aux courts appendices rétractiles présents à l'extrémité de leur abdomen. Ces appendices sont reliés à une trachée principale

par deux ouvertures basales ; ils servent à renouveler l'air des individus qui les placent à la surface de l'eau, l'air étant stocké sous les hémélytres. Capables de sécréter une substance salivaire toxique, ce sont des prédateurs d'invertébrés, de poissons et de grenouilles.

La majorité des espèces vivent dans les zones tropicales et tempérées ; on les rencontre dans les étangs et les zones calmes de rivières dans la végétation.

- Nepidae ("water scorpions") : les représentants de cette famille se distinguent par de longs et fins prolongements caudaux non rétractiles accolés, utilisés pour respirer à la surface de l'eau. Cette particularité, ainsi que leurs pattes antérieures de type ravisser leur a fait attribuer le nom vulgaire de scorpion d'eau. Ce sont des organismes prédateurs passifs, c'est à dire qu'ils attendent à l'affût que les proies passent à leur portée.

On les trouve en général dans les dépôts et la boue au fond des étangs ou des cours d'eau lents, par exemple dans les herbiers où ils progressent en marchant plus qu'en nageant.

- Pleidae ("pigmy backswimmers") : les Pleidae sont parmi les plus petits Hétéroptères ; ils ont un corps très arqué. Ce sont des prédateurs se nourrissant de petits crustacés entomostracés. On les trouve dans des habitats riches en végétation où ils glissent sur l'eau et ne nagent que sur de courtes distances.

- Helotrephidae : cette famille d'Hétéroptères ressemble aux Pleidae par la taille et la forme, avec cependant un corps plus globuleux. Ils sont reconnaissables à leur tête fusionnée avec le pronotum. Ces individus ont le même habitat préférentiel que les Pleidae, à savoir les eaux calmes où la végétation est très abondante. Cette famille est tropicopolitaine.

- Gelastocoridae ("toad bugs") : ce sont des insectes trapus ayant des yeux proéminents et des pattes antérieures de type ravisser ; les hémélytres sont séparées et entièrement développées avec cependant la membrane parfois réduite. On les trouve en général dans la boue et le sable des ruisseaux et des étangs, et également dans les débris végétaux. Ils ont un régime trophique prédateur. Le genre *Nerthra* présente une répartition mondiale cosmopolite (il est toutefois confiné dans les régions tropicales et tempérées chaudes) alors que le genre *Gelastocoris* n'est présent que sur le continent néarctique.

- Ochteridae : ce sont de petits hétéroptères que l'on trouve sur les bords des cours d'eau. Les individus sont ovales et noirs ; leurs antennes sont constituées de quatre segments et elles ne sont pas cachées bien qu'elles soient insérées sous les yeux ; malgré ce caractère, on les classe dans les Cryptocerata et on les rapproche des Gelastocoridae par la structure de leur genitalia. Leurs pattes sont fines, plus adaptées à la marche qu'à la nage ; leur biologie est peu connue, ils semblent être des prédateurs. Ils sont largement répartis dans les zones tropicales et tempérées du globe.

- Hydrometridae ("marsh treaders") : ce sont des individus fragiles au corps très fin. Ils vivent en eau calme, protégés par la végétation. Ce sont des prédateurs qui se nourrissent de petits métazoaires aquatiques ou d'insectes tombés à l'eau. Dans cette famille, le développement peut s'effectuer en quinze jours lorsque les conditions sont favorables et il peut y avoir de deux à cinq générations par an.

- Veliidae ("small water-striders, riffle bugs") : ils présentent un corps large au niveau des hanches 2 et 3, ainsi qu'une pubescence dense sur la surface ventrale. Leurs pattes sont courtes et portent des griffes pré-apicales. Ils montrent aussi un polymorphisme alaire et certains sont marins . Ce sont des prédateurs de petits organismes que l'on peut rencontrer dans les eaux stagnantes (*Microvelia*) ou près des zones rapides des rivières (*Rhagovelia*). Ils ont une distribution mondiale, les formes marines étant plutôt tropicales.

- Gerridae ("water-striders, pond skaters") : ce sont les insectes les plus familiers que l'on trouve à la surface des étangs, sur les bords des lacs et dans les eaux calmes des rivières. Ils possèdent de longues pattes et des griffes pré-apicales leur permettant de reposer sur l'eau à l'aide des tarses sans déchirer le film du à la tension superficielle. Ce sont des organismes prédateurs de nombreuses espèces aquatiques ainsi que de formes terrestres tombées à l'eau ; on observe chez les Gerridae, un cannibalisme intra-spécifique. Il existe également dans une même colonie un polymorphisme alaire, les individus pouvant être aptères, brachyptères ou macroptères. Cette famille comprend des espèces marines de mers tropicales. Les Gerridae se rencontrent aux Amériques et dans les régions tropicales du monde entier.

- Mesoveliidae ("water treaders") : ce sont de petits Hétéroptères que l'on trouve surtout dans les étangs et sur la végétation flottante. Les adultes les plus communs sont aptères avec un thorax réduit à de simples segments, alors que les formes ailées ont un pronotum large et un scutellum double. Les individus de cette famille portent des épines éparses sur les pattes et se nourrissent de petits organismes aquatiques ainsi que d'insectes morts depuis peu à la surface de l'eau.

- Hebridae ("velvet water bugs") : les Hebridae sont des hétéroptères trapus portant un canal rostral le long des sternites thoraciques. Ils doivent leur nom commun au fait que leur corps est couvert d'une couche de poils hydrofuges leur conférant un aspect velouteux. Ils se rencontrent dans les lieux humides des bords de cours d'eau, entre les cailloux ou dans les détritiques le long des ruisseaux. Les Hebridae ont une répartition géographique mondiale.

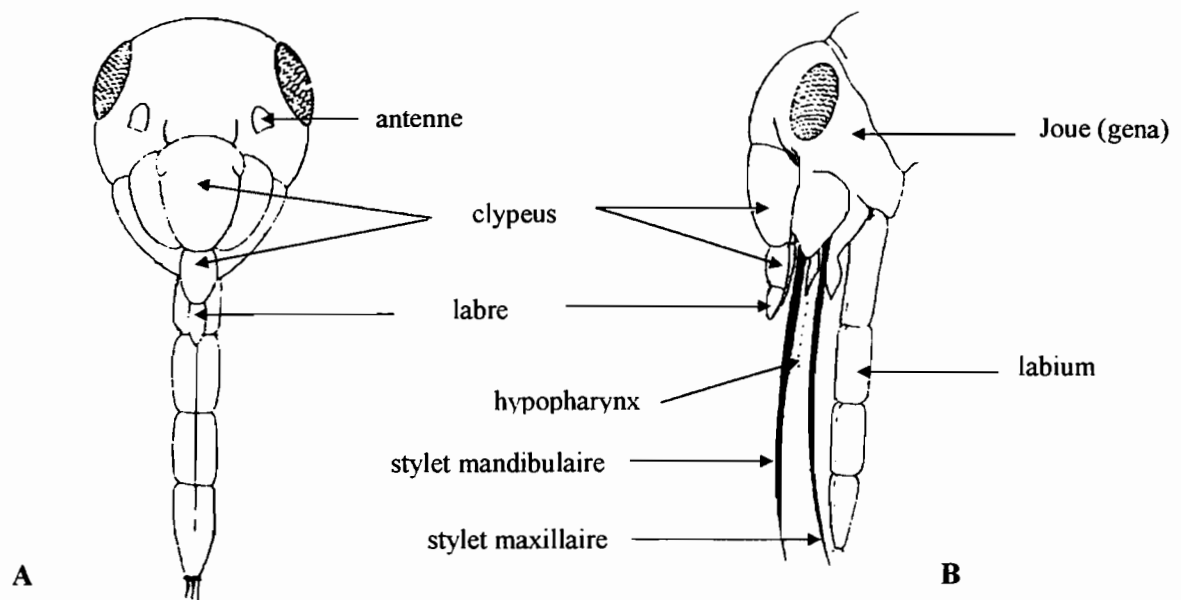


Fig.2 : Structure de l'appareil buccal d'un Hétéroptère (modifié, d'après Weber)
 A- vue frontale ; B- vue latérale (stylets perforants sortis du labium)

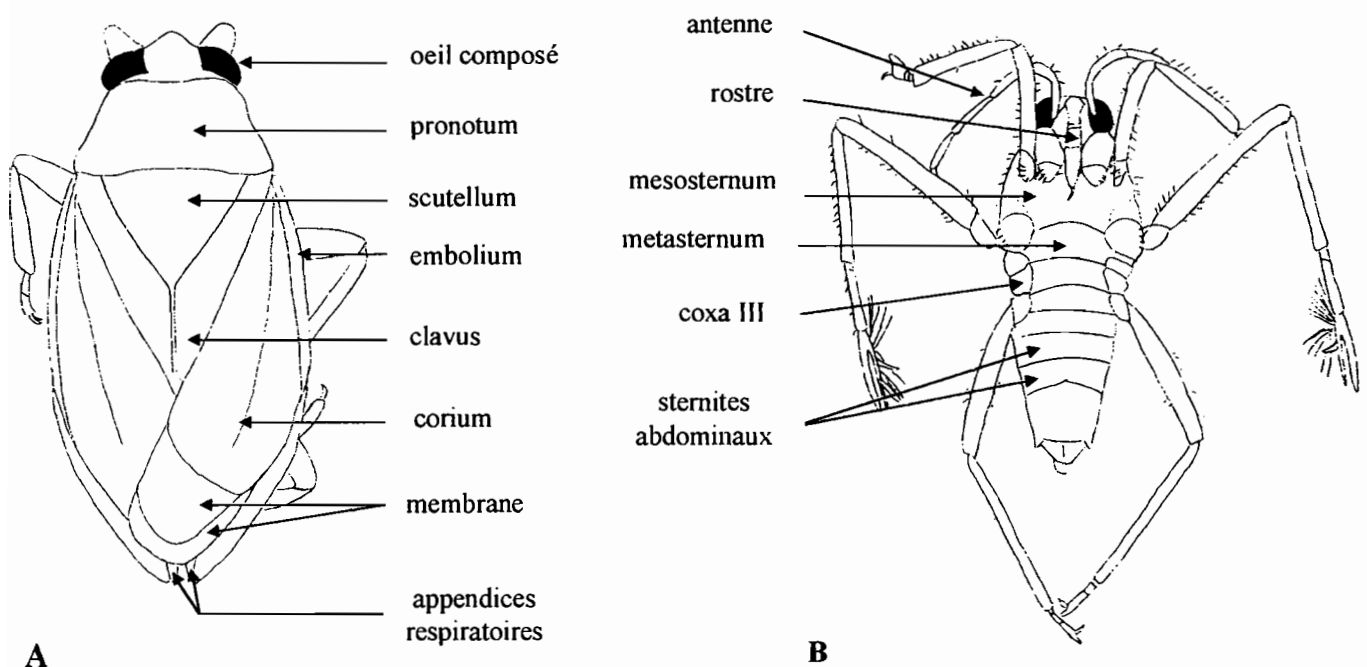


Fig.3 : Anatomie d'Hétéroptères.
 A- vue dorsale (*Belostomatidae*, *Belostoma*) ; B- vue ventrale (*Veliidae*, *Rhagovelia*)

CLE DE DETERMINATION DES FAMILLES D'HETEROPTERES AQUATIQUES DE LA GUYANE FRANCAISE

(Illustrations pages 101 à 110)

- (1) - Antennes plus courtes que la tête, non visible de dessus ou partiellement (*Cryptocerates* Fig. 7 et 21).....(2)
 - Antennes plus longues que la tête, entièrement visible de dessus (*Gymnocerates* Fig. 27, 28).....(10)
- (2) - Rostre très court, triangulaire, non segmenté mais pourvu de sillons transversaux. Les tarses antérieurs sont constitués d'un seul segment en forme de palette et couverts de soies raides formant un peigne (*Fig. 1, planche 1A*).....CORIXIDAE
 - Rostre plus ou moins long, cylindrique. Les tarses des pattes antérieures sont normaux, sans poils.....(3)
- (3) - Tête fusionnée avec le prothorax, espèces de petite taille.....HELOTREPHIDAE
 - Tête libre ou partiellement fusionnée avec le prothorax.....(4)
- (4) - Présence d'appendices respiratoires à l'extrémité postérieure de l'abdomen (*Fig. 7, 8*).....(5)
 - Absence d'appendices respiratoires à l'extrémité de l'abdomen.....(6)
- (5) - Une paire d'appendices respiratoires courts, rétractiles et plats. Les tarses sont à deux segments (*Fig. 7, planches 1B-C*).....BELOSTOMATIDAE
 - L'appareil respiratoire est constitué par deux filaments effilés, non rétractiles, normalement unis en un seul siphon respiratoire. Tarses à un seul segment (*Fig. 8, planche 1D*).....NEPIDAE
- (6) - Les pattes médianes et postérieures portent de long poils natatoires.....(7)
 - Les pattes médianes et postérieures ne portent pas de tels poils.....(9)
- (7) - Fémurs antérieurs dilatés présentant une gouttière pour recevoir les tibias (*Fig. 10*). Corps aplati dorsalement (*planches 2G-I*).....NAUCORIDAE
 - Fémurs antérieurs normaux sans gouttière, corps convexe au-dessus.....(8)
- (8) - Corps ovale, toutes les pattes sont identiques. Les griffes des tarses postérieurs sont bien développées et apparentes (*Fig. 14*).....PLEIDAE
 - Corps allongé, les pattes postérieures sont longues, semblables à des rames , sans griffes distinctes (*Fig. 17, planches 1E-F*).....NOTONECTIDAE
- (9) - Pattes antérieures ravisseuses, fémurs larges et creusés le long de leurs bords internes près des tibias courbés (*Fig. 19, 20*). Antennes cachées dans des creux sous des yeux très protubérants.....GELASTOCORIDAE*
 - Pattes antérieures identiques aux pattes médianes, adaptées à la course. Apex des antennes exposés (*Fig. 21*).....OCHTERIDAE*

- (10) - Griffes des tarsi antérieurs, au moins, pré-apicales (*Fig. 22*).....(11)
 - Griffes, de tous tarsi, apicales.....(12)
- (11) - Fémurs postérieurs courts ne dépassant pas ou légèrement l'apex de l'abdomen. Pattes médianes équidistantes des deux autres paires de pattes (*Fig. 23, planches 2J-L*).....VELIIDAE
 - Fémurs postérieurs longs dépassant l'apex de l'abdomen. Pattes médianes plus proches des pattes antérieures que des pattes postérieures (*Fig. 30, planches 3M-Q*).....GERRIDAE
- (12) - Tête aussi longue que le thorax, corps cylindrique et long (*Fig. 37*).....HYDROMETRIDAE*
 - Tête plus courte que le thorax.....(13)
- (13) - Tarsi à deux segments, le premier est très court (*Fig. 38*).....HEBRIDAE*
 - Tarsi à trois segments; les pattes portent des épines éparses (*planche 3R*).....MESOVELIIDAE

CLE GNERIQUE DES FAMILLES D'HETEROPTERES **AQUATIQUES DE LA GUYANE FRANCAISE**

FAMILLE DES CORIXIDAE

- (1) - Le scutellum est visible (*Fig. 2, planche 1A*).....*Tenagobia* (MICRONECTINAE)
 - Le scutellum est caché par le pronotum (*Fig. 3*).....(2)
- (2) - La portion infra-oculaire de la joue est très large. La suture hypo-oculaire part de l'angle inférieur de l'œil (*Fig. 4*).....*Heterocorixa* (HETEROCORIXINAE)*
 - La portion infra-oculaire de la joue est mince, lorsqu'elle est présente, la suture hypo-oculaire part du milieu de l'œil sur sa face ventrale. Les mâles présentent une asymétrie sénestre, le strigile se trouve sur la gauche. Petites espèces chez lesquelles les tibias antérieurs sont dilatés apicalement (chez les mâles) au-dessus de la palette petite et triangulaire (*Fig. 5*).....*Trichocorixa* (CORIXINAE)*

FAMILLE DES HELOTREPHIDAE

Un seul genre est connu en Guyane : *Paratrephes*. Il présente les caractéristiques suivantes : rostre long atteignant le milieu des coxas postérieures, les bords latéraux de la tête et du pronotum sont droits, ainsi que la suture céphalonotale, les yeux ne sont pas globuleux.

FAMILLE DES BELOSTOMATIDAE

- (1) - Tibias et tarses postérieures fortement comprimés, plus larges que ceux des pattes médianes (*Fig. 6*). Tarses antérieures à deux segments avec une griffe bien développée (*planche 1B*).....*Lethocerus* (LETHOCERINAE)
 - Tibias et tarses postérieures identiques à ceux des pattes médianes (*Fig. 7*).....
 (BELOSTOMATINAE) (2)
- (2) - Tarses antérieurs à un seul segment, les bords latéraux de l'abdomen ne sont pas lisses, mais interrompus entre les segments.....*Weberiella**
 - Tarses antérieurs à deux segments, les bords latéraux de l'abdomen sont lisses. La membrane est bien développée et constituée de cellules de même longueur, rectangulaires, longues et étroites (*Fig. 7, planche 1C*).....*Belostoma*

* Ces genres sont cités dans la littérature mais absents de nos prélèvements.

FAMILLE DES NEPIDAE

- (1) - Corps aplati, allongé et ovale ; les parasternites sont visibles, le pronotum est plus large que la tête. Le sixième sternite abdominal égal au cinquième en longueur médiane (Fig.9).....*Curicta* (NEPINAE)
- Corps cylindrique, les parasternites ne sont pas visibles. La tête est détachée du pronotum et tous deux sont de même largeur (Fig.8, planche 1D)...*Ranatra* (RANATRINAE)

FAMILLES DES NAUCORIDAE

- (1) - Rostre long et fin, de même taille environ que les fémurs antérieurs. Hémélytres avec membrane moins chitinisée que le reste.....*Potamocoris** (POTAMOCORINAE)
- Rostre court et large à la base, plus court que les fémurs antérieurs.....(2)
- (2) - Tête plus large que longue, bords latéraux du pronotum lisses. Le mesosternum et le metasternum portent une carène longitudinale ; l'embolium est dilaté (Fig.11, planche 2G).....*Limnocoris*
- Tête plus large que longue, meso et metasternum sans carène longitudinale.....(3)
- (3) - Bord antérieur du pronotum très concave derrière l'espace inter-oculaire (Fig.12, planche 2E).....*Ambrysus*
- Bord antérieur du pronotum droit, tarse antérieur à un segment (Fig.13, planche 2I).....*Pelocoris*

Il faut souligner, qu'actuellement, la sous-famille Potamocorinae est considérée comme une famille à part entière : celle des Potamocoridae

FAMILLE DES PLEIDAE

- (1) - Tarses antérieurs à deux segments (Fig.15).....*Paraplea*
- Tarses antérieurs à trois segments (Fig.16).....*Neoplea*

FAMILLE DES NOTONECTIDAE

- (1) - Commissure élytrale avec une dépression, bordée de poils, dans sa partie antérieure (Fig.17, planche 1E).....*Buenoa* (ANISOPINAE)
- La commissure élytrale ne présente pas de dépression dans sa partie antérieure.....(2) (NOTONECTINAE)
- (2) - Yeux holoptiques et contigus dorsalement (Fig.18), fémurs médians sans protubérance pointue ante-apicale (planche 1F).....*Martarega*
- Yeux non contigus, présence d'une protubérance pointue ante-apicale sur les fémurs médians.....*Notonecta**

* Ces genres sont cités dans la littérature mais absents de nos prélèvements.

FAMILLE DES GELASTOCORIDAE

- (1) - Tarses antérieurs non fusionnés avec les tibias, pattes antérieures avec deux griffes bien développées (*Fig.19*). Partie postérieure du pronotum sans carène longitudinale.....*Gelastocoris** (GELASTOCORINAE)
- Tarses antérieurs fusionnés avec les tibias, les pattes antérieures ne portent qu'une seule griffe (*Fig.20*).....*Nerthra** (NERTHRINAE)

FAMILLE DES OCHTERIDAE

Un seul genre est connu en Guyane : *Ochterus** (*Fig.21*). Il se caractérise par un pronotum dont les bords sont légèrement aplatis, la partie aplatie étant largement plus petite que la largeur d'un œil. Sa membrane est composée de sept cellules.

FAMILLE DES VELIIDAE

- (1) - Tarses médians fendus, portant des griffes et un éventail de poils natatoires partant de la base de la fente (*Fig.24, planche 2J*).....*Rhagovelia* (RHAGOVELIINAE)
- Tarses médians non fendus et sans éventail de poils.....(2)
- (2) - Tarses médians à deux segments, formule tarsale 1:2:2. Les trois paires de pattes sont équidistantes (*Fig.27, planche 2K*).....*Microvelia* (MICROVELIINAE)
- Tarses médians à trois segments, formule tarsale 3:3:3.....(3) (VELIINAE)
- (3) - Fémurs postérieurs (*Fig.26*) et bords latéraux de l'abdomen (*Fig.25*) portent un dispositif stridulatoire (*planche 2L*).....*Stridulivelia*
- Absence de l'appareil stridulant.....(4)
- (4) - Dernier segment des trois tarses subovale et dilaté latéralement.....*Oiovelia**
- Dernier segment des trois tarses non dilaté, subcylindrique.....(5)
- (5) - Le mesosternum et le metasternum portent des tubercules opposés, localisés de chaque côté de la ligne médiane.....*Paravelia**
- Les tubercules latéraux sont latéraux et non médians sur les deux segments.....(6)
- (6) - Corps large, le metasternum porte des tubercules latéraux qui rencontrent les tubercules latéraux du mesosternum (*Fig.29*).....*Platyvelia**
- Corps élancé ; ici, les tubercules metasternaux rencontrent les mesocoxas (*Fig.28*).....*Steinovelia**

* Ces genres sont cités dans la littérature mais absents de nos prélèvements.

FAMILLE DES GERRIDAE

- (1) - Bords internes des yeux concaves (*Fig.31*).....(2)
 - Bords internes des yeux droits (*Fig.32*).....(5)

- (2) - Griffes absentes des pattes médianes, lobe antérieur du pronotum porte un seul point clair et médian (*Fig.33, planche 3M*).....*Neogerris*
 - Griffes présentes sur les pattes médianes, lobe du pronotum différent de la description faite au-dessus.....(3)

- (3) - Antennes aussi longues que le reste du corps, le quatrième segment antennaire est le plus long.....*Tachygerris**
 - Antennes plus courtes que le reste du corps, le quatrième segment n'est pas le plus long.....(4)

- (4) - Corps étroit, cylindrique, quatre fois plus long que large, lobe antérieur du pronotum avec une paire de bandes longues et claires (*Fig.34, planche 3N*).....*Cylindrosthetus*
 - Corps moins de quatre fois plus long que large, généralement pas cylindrique. Rostre long atteignant la base du mesosternum (*Fig.35, planche 3O*).....*Limnogonus*

- (5) - Deuxième segment antennaire plus court ou subégal au troisième, segments 2, 3 et 4 ne sont pas égaux. Le premier segment est le plus long.....(6)
 - Segments antennaires 2, 3 et 4 subégaux. Tibias médians sont les segments les plus longs.....*Metrobates**

- (6) - Pronotum avec une bande sombre médiane et longitudinale, la plupart du temps seuls les bords sont plus sombres (*Fig.32, planche 3P*).....*Brachymetra*
 - Pronotum différent de la description précédente.....(7)

- (7) - Troisième segment antennaire et bord postérieurs des yeux portent de long poils (*Fig.36, planche 3Q*).....*Rheumatobates*
 - Troisième segment antennaire et bord postérieurs des yeux ne portent pas de longs poils.....(8)

- (8) - Troisième segment antennaire au moins deux fois plus long que le deuxième et largement plus long que le premier.....*Telmatometra**
 - Troisième segment antennaire moins de deux fois la longueur du deuxième et plus court que le premier. Tibias médians aussi longs ou plus longs que le corps, tibias postérieurs largement moins de deux fois la longueur des tarses postérieurs....*Trepobates**

FAMILLE DES HYDROMETRIDAE

- (1) - Antennes à quatre segments, mesosternum creusé le long d'une ligne médiane longitudinale, metasternum porte deux sutures longitudinales distinctes.....*Bacillometra**
 - Antennes à quatre articles, mesosternum et metasternum sans sulcatures longitudinales (*Fig.37*).....*Hydrometra**

* Ces genres sont cités dans la littérature mais absents de nos prélèvements.

FAMILLES DES HEBRIDAE

- (1) - Antennes à cinq segments.....*Hebrus**
- Antennes à quatre articles (*Fig.38*).....*Merragata**

FAMILLE DES MESOVELIIDAE

Un seul genre a été trouvé en Guyane : *Mesovelis* (*Fig.39, planche 3R*). Les formes aptères ont un thorax réduits à de simples segments séparés par des sutures ; les formes ailées ont un pronotum large et un scutellum double (mesonotum et metanotum)

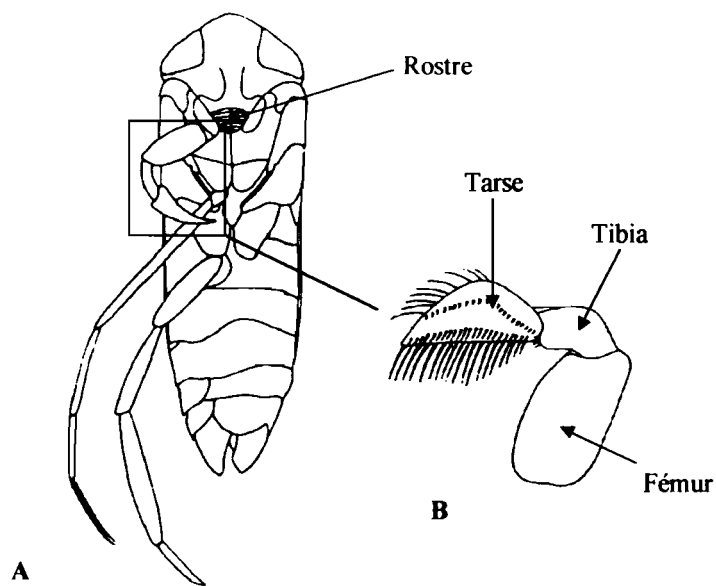


Fig.1 : Corixidae.

A- Habitus ; B- Patte antérieure (palette)

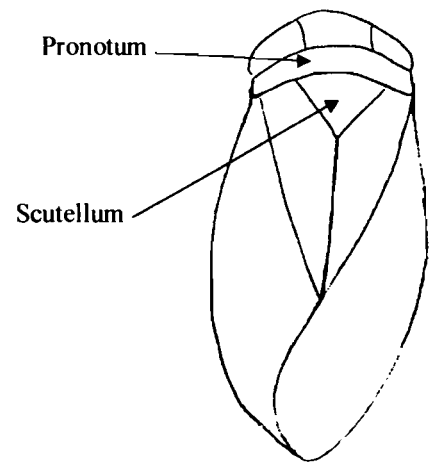


Fig.2 : Corixidae *Tenagobia*

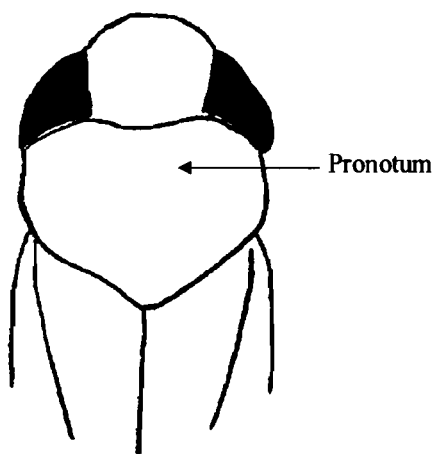


**Fig.3 : Tête d'un Corixidae
autre qu'un Micronectinae**

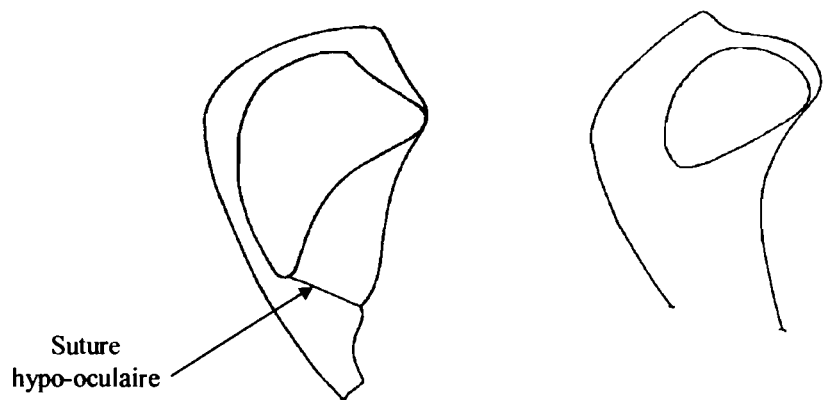


**Fig.4 : Tête de *Heterocorixa*
(Corixidae)**

**Fig.5 : Tête de *Trichocorixa*
(Corixidae)**

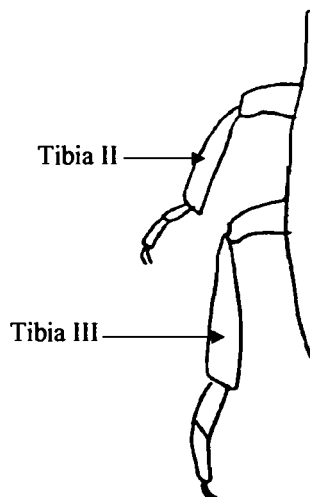


**Fig.6 : Pattes médiane et postérieure de *Lethocerus*
(Belostomatidae)**

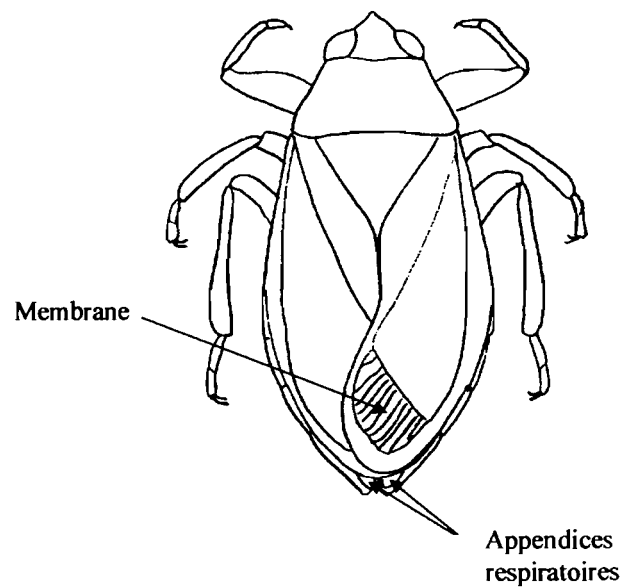


Fig.7 : *Belostoma* (Belostomatidae)

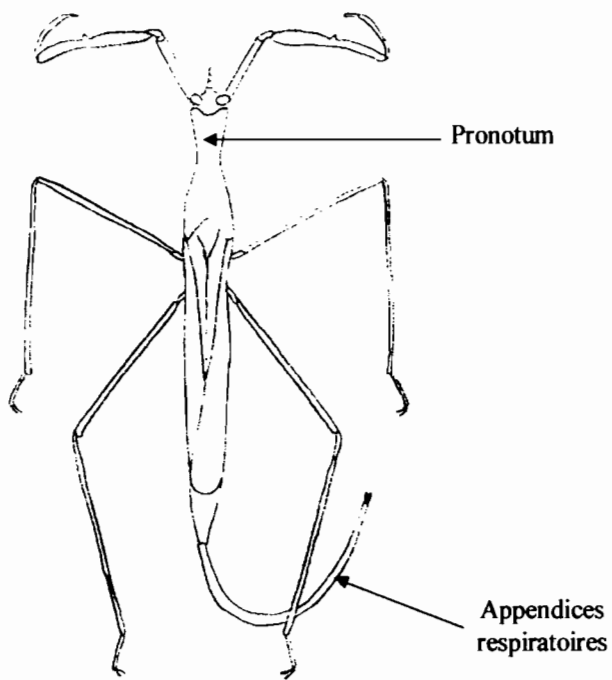


Fig. 8 : *Ranatra* (Nepidae)

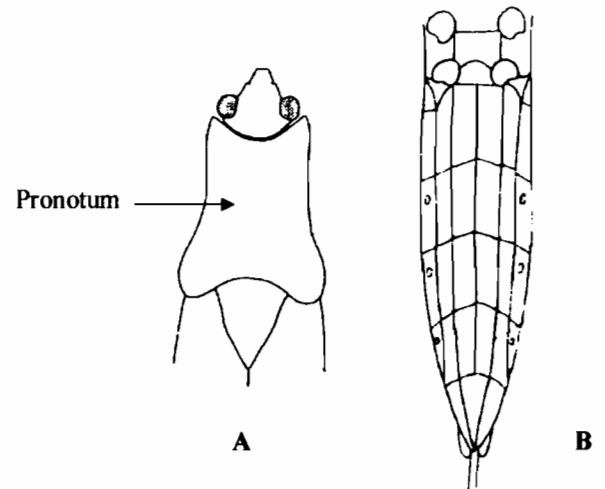


Fig. 9 : *Curicta* (Nepidae)
A- Habitus ; B- Abdomen (face ventrale)

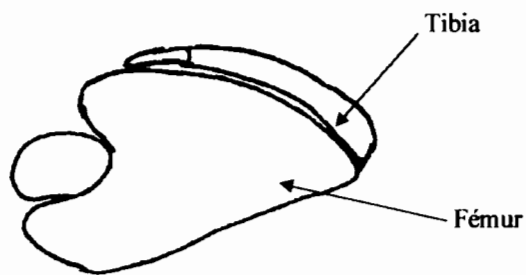


Fig. 10 : Patte antérieure d'un Naucoridae

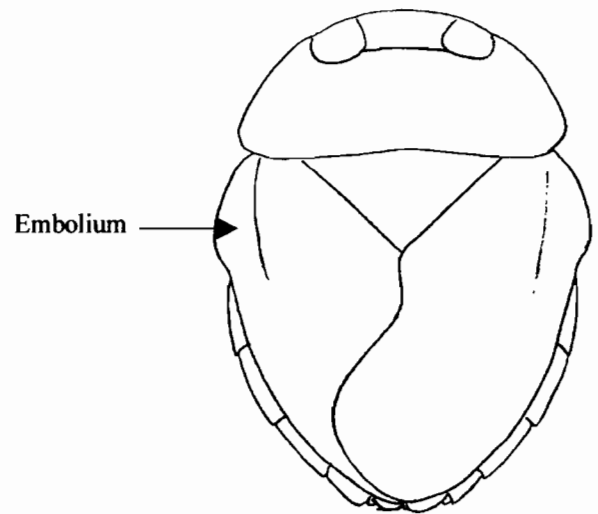


Fig. 11 : *Limnocoris* (Naucoridae)



Fig. 12 : Tête de *Ambrysus* (Naucoridae)

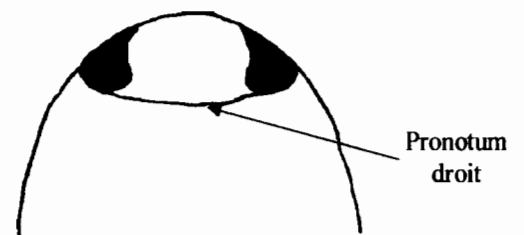


Fig. 13 : Tête de *Pelocoris* (Naucoridae)

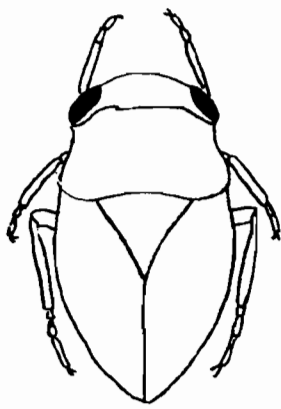


Fig.14 : *Paraplea* (Pleidae)



Fig.15 : Tarse antérieur de *Paraplea* (Pleidae)



Fig.16 : Tarse antérieur de *Neoplea* (Pleidae)

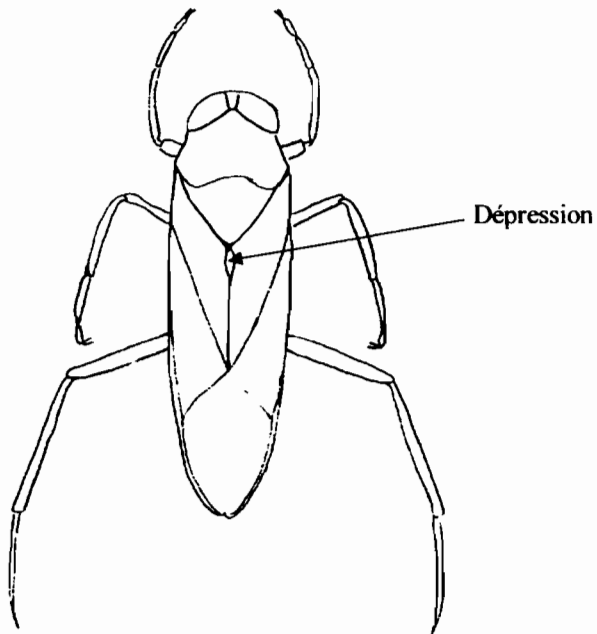


Fig.17 : *Buena* (Notonectidae)

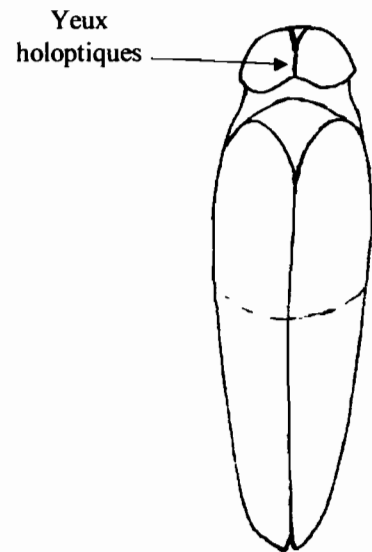


Fig.18 : *Martarega* (Notonectidae)

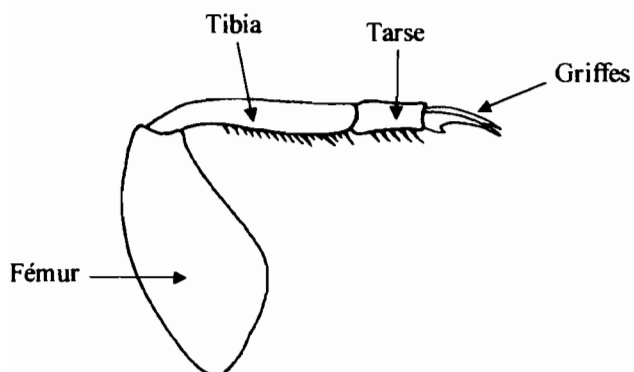


Fig.19 : Patte antérieure de *Gelastocoris* (Gelastocoridae)

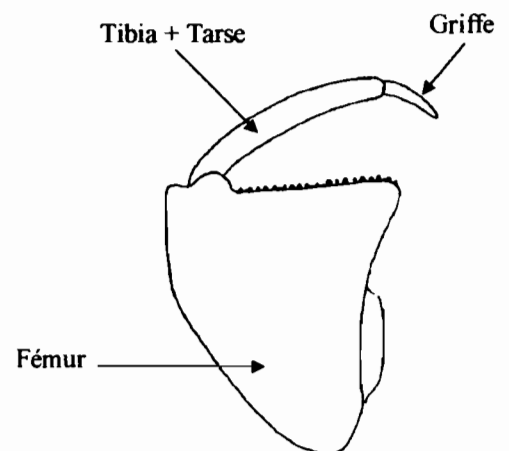


Fig.20 : Patte antérieure de *Nerthra* (Gelastocoridae)

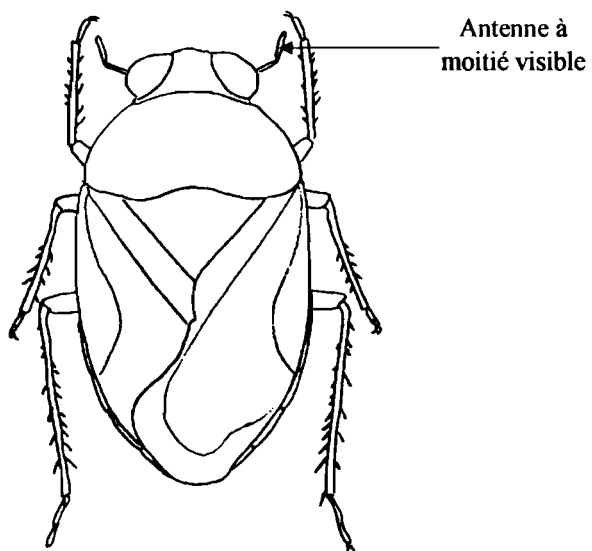


Fig.21 : *Ochterus* (Ochteridae)

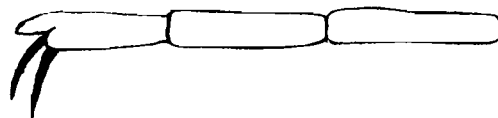


Fig.22 : Griffes pré-apicales.

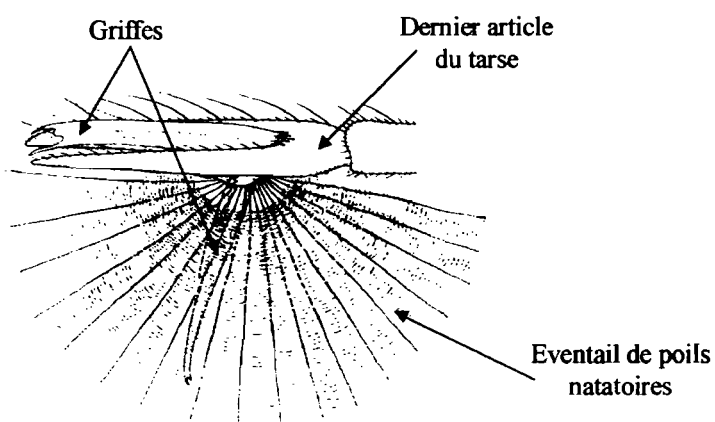


Fig.24 : Tarse médian de *Rhagovelia* (Veliidae).

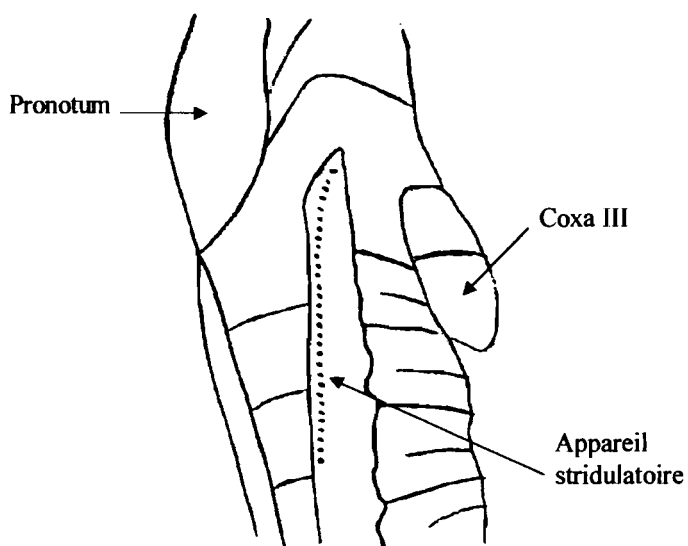


Fig.25 : Abdomen de *Stridulivelia* (profil) (Veliidae)

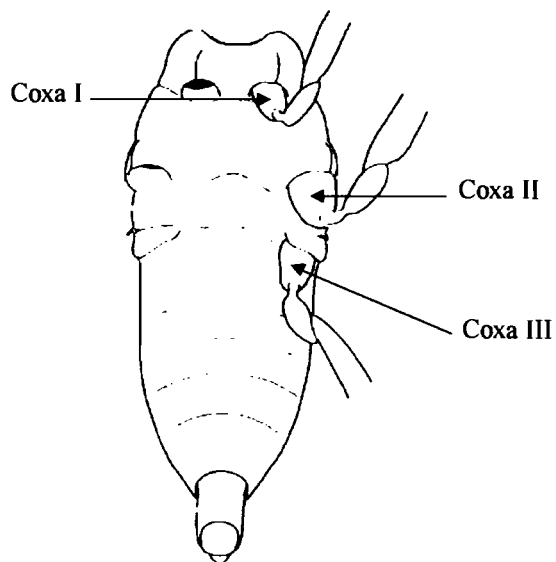


Fig.23 : Insertion des pattes chez les Veliidae.

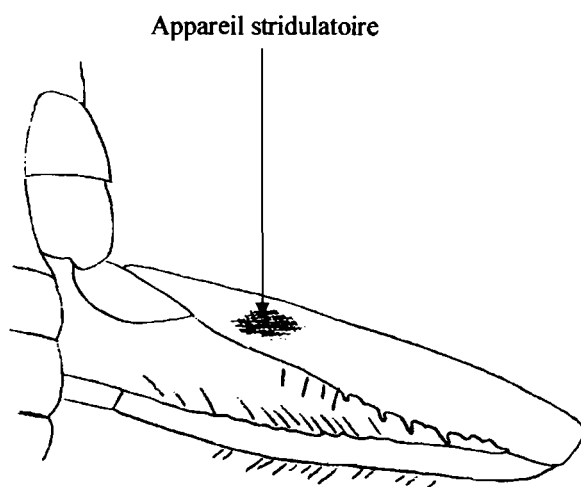


Fig.26 : Patte postérieure de *Stridulivelia* (Veliidae)

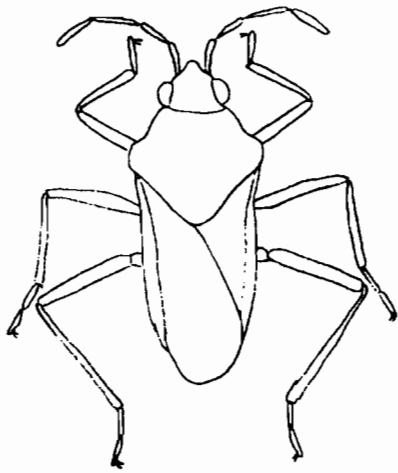
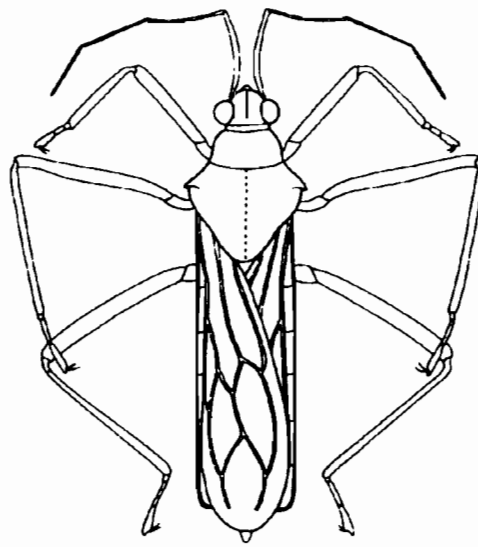
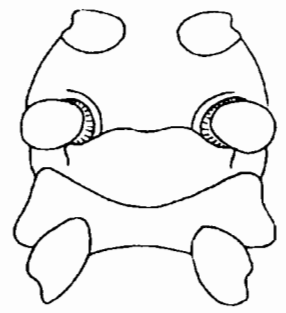


Fig.27 : *Microvelia* (Veliidae)

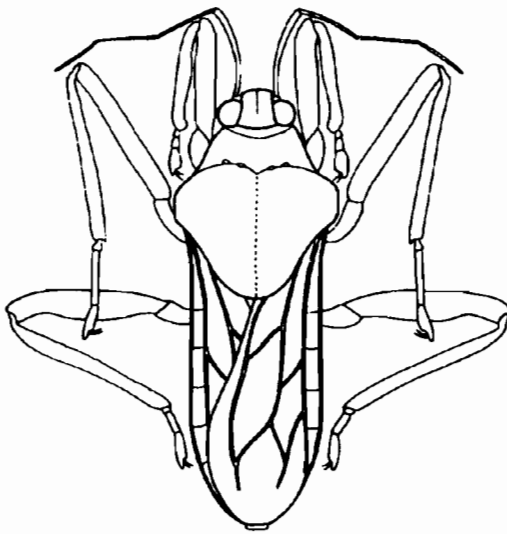


A

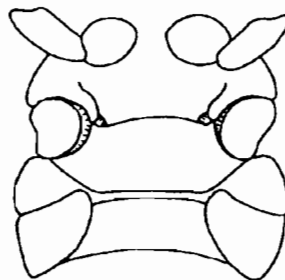


B

**Fig.28 : *Steinovelia* (Veliidae)
A- Habitus ; B- Thorax (vue ventrale)**



A



B

**Fig.29 : *Paravelia* (Veliidae)
A- Habitus ; B- Thorax (vue ventrale)**

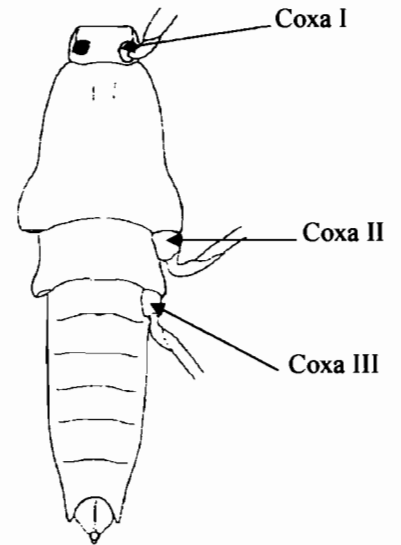


**Fig.30 : Insertion des pattes
chez les Gerridae**

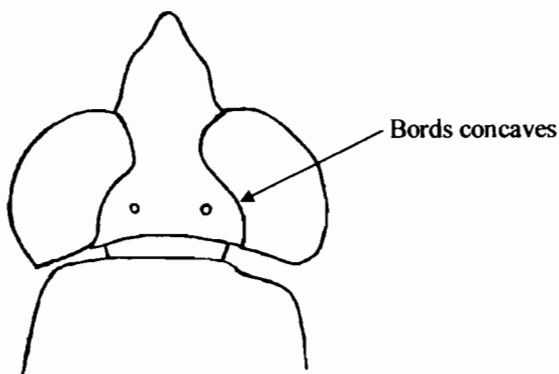


**Fig.31 : Tête de *Limnogonus*
(Gerridae)**

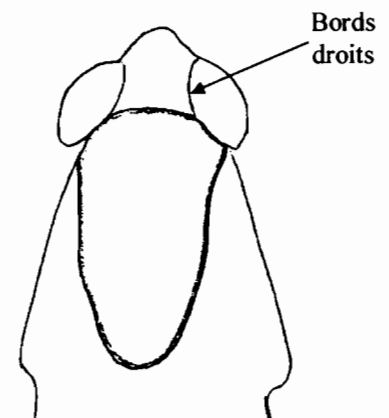


**Fig.32 : Tête de *Brachymetra*
(Gerridae)**

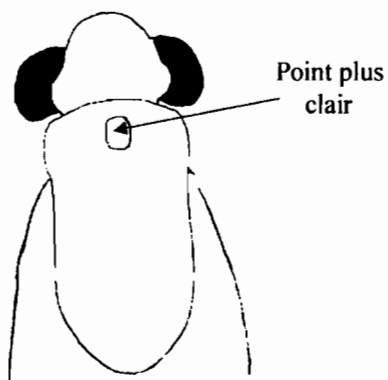


Fig.33 : Tête et pronotum de *Neogerris* (Gerridae)

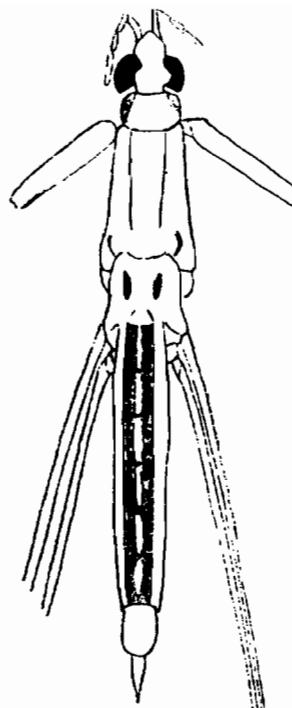


Fig.34 : Habitus de *Cylindrostethus* (Gerridae)

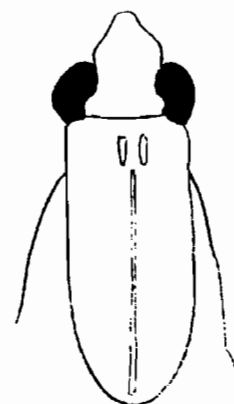


Fig.35 : Tête et pronotum de *Limnogonus* (Gerridae)

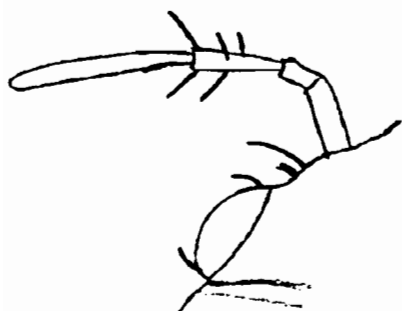


Fig.36 : Tête de *Rheumatobates* (Gerridae)

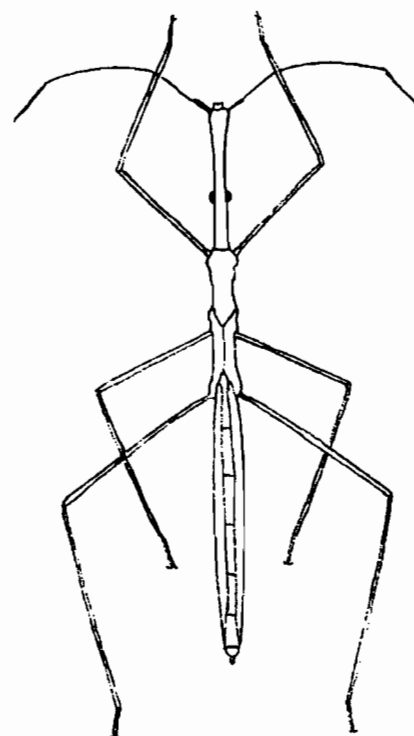


Fig.37 : *Hydrometra* (Hydrometridae)

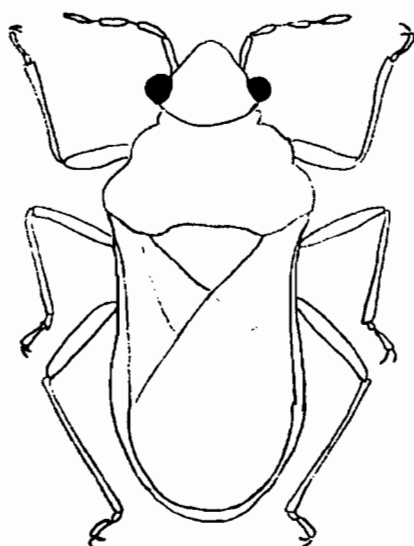


Fig.38 : *Merragata* (Hebridae)

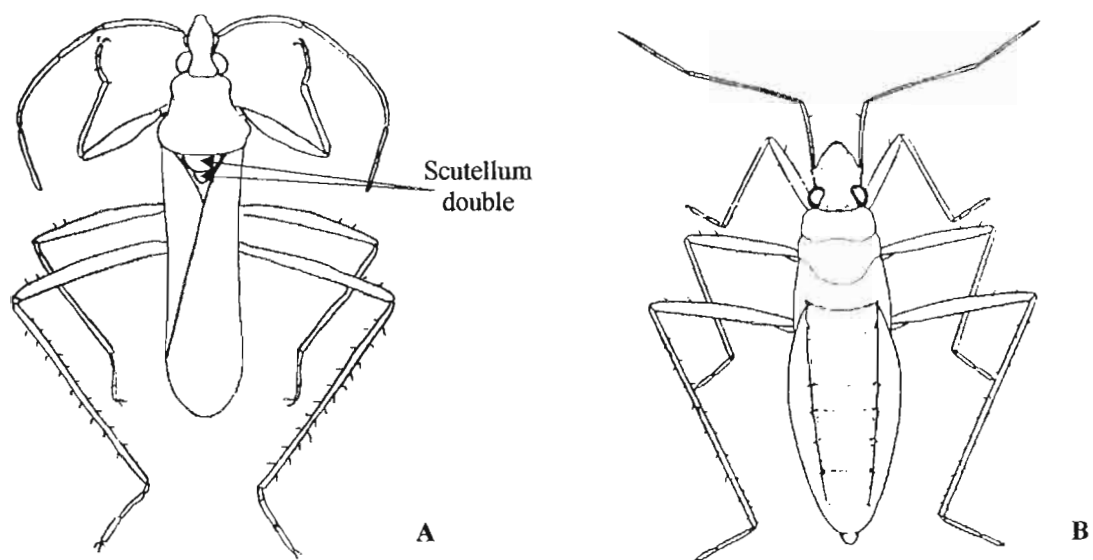
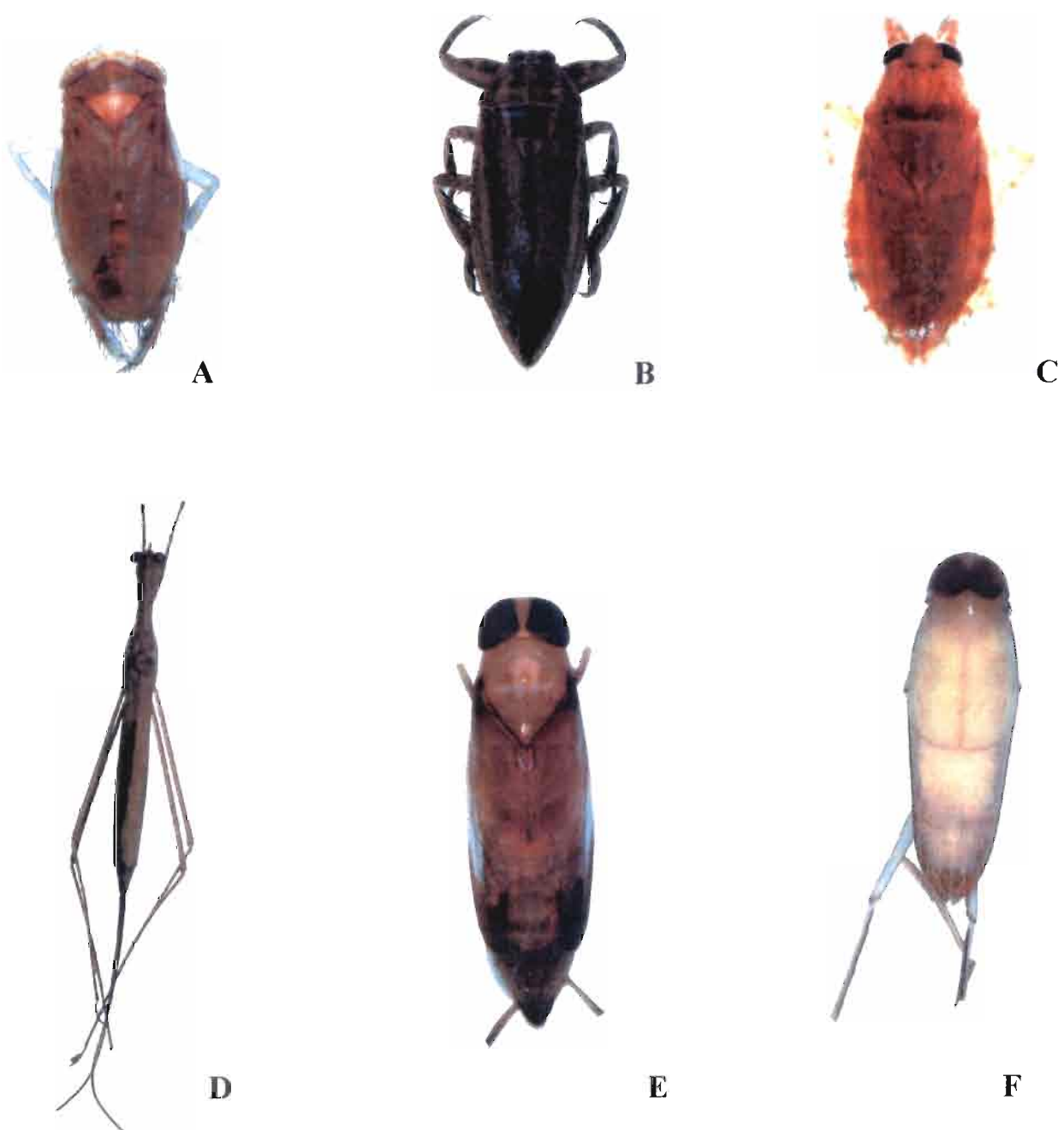


Fig.39 : *Mesovelia* (Mesoveliidae)
A- Forme ailée ; B- Forme aptère



A- CORIXIDAE *Tenagobia* ; B- BELOSTOMATIDAE *Lethocerus* ; C- BELOSTOMATIDAE *Belostoma* ;
D- NEPIDAE *Ranatra* ; E- NOTONECTIDAE *Buenoa* ; F- NOTONECTIDAE *Martarega*



G



H



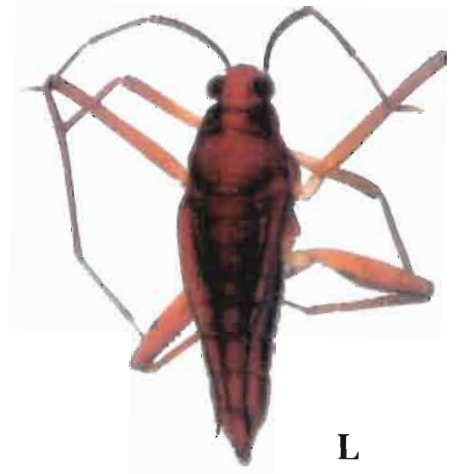
I



J



K



L

G- NAUCORIDAE *Limnocoris* ; **H-** NAUCORIDAE *Ambrysus* ; **I-** NAUCORIDAE *Pelocoris* ;
J- VELIIDAE *Rhagovelia* ; **K-** VELIIDAE *Microvelia* ; **L-** VELIIDAE *Stridulivelia*



M



N



O



P



Q



R

M- GERRIDAE *Neogerris* ; N- GERRIDAE *Cylindrostethus* ; O- GERRIDAE *Limnogonus* ;
P- GERRIDAE *Brachymetra* ; Q- GERRIDAE *Rheumatobates* ; R- MESOVELIIDAE *Mesovelia*

**CLES D'IDENTIFICATION ILLUSTREES
DES COLEOPTERES
DES RIVIERES DE GUYANE FRANCAISE**

Clé de détermination à la famille

Clé de détermination générique

par

Frédérique DEPUY

Version actualisée sur l'état d'avancement de nos connaissances fondamentales en :
septembre 2001

Les Coléoptères

1. Généralités

Les Coléoptères sont, tout comme les Hétéroptères, des Insectes Néoptères (repli possible des ailes sur l'abdomen) mais ils se différencient de ces derniers entre autres par l'absence de rostre. Ils se distinguent des autres groupes d'Insectes par leurs ailes antérieures fortement sclérifiées dénommées élytres ; ces élytres protègent les ailes postérieures, membraneuses, qui assurent le vol. Les Coléoptères constituent l'ordre le plus diversifié de la classe des insectes (environ 1/3 des insectes connus appartiennent à l'ordre des Coléoptères), cependant seulement 2% des Coléoptères recensés sont aquatiques. Ces sont des Insectes holométaboles c'est à dire que la larve est très différente de l'adulte et n'acquiert les caractères adultes qu'après la mue imaginale qui, dans la majorité des cas marque la fin d'une nymphose terrestre. On qualifie ces insectes d'endoptérygotes car contrairement aux Hétéroptères, les ailes n'apparaissent que sur la nymphe. Les individus passent par 3 à 8 stades larvaires, et tout comme les Hétéroptères, leurs cycles de reproduction sont généralement univoltins en région tempérée et peuvent être plus fréquemment multivoltins en région tropicale.

Les Coléoptères aquatiques et semi-aquatiques appartiennent à trois sous-ordres :

- les ADEPHAGA (Dytiscidae, Gyrinidae) sont des insectes totalement aquatiques dont la plupart sont des prédateurs utilisant des enzymes digestives, les individus de ce sous-ordre utilisent l'oxygène stocké sous leurs élytres, le renouvellement se faisant en amenant l'extrémité postérieure de l'abdomen à la surface de l'eau.
- les MYXOPHAGA (Hydroscaphidae) qui sont des organismes aquatiques vivant dans des habitats madicoles ; ce sont des racleurs de substrat.
- les POLYPHAGA (Elmidae, Psephenidae) où seules quelques familles sont totalement aquatiques avec parfois seulement une phase (adulte ou larve) aquatique, ils présentent toutes les catégories trophiques et leur respiration est la même que celle des Adephaga à laquelle il faut ajouter une pubescence corporelle.

Le renouvellement de l'air et la respiration chez les Coléoptères se font selon quatre modalités possibles :

- ① dépendance vis à vis de ses propres réserves d'air accumulé, obligeant à de fréquentes remontées à la surface (Dytiscidae, Hydraenidae...) ;
- ② respiration cuticulaire avec ou sans branchies trachéennes que l'on rencontre chez les larves ;
- ③ respiration par un plastron en utilisant l'oxygène diffusant dans l'eau, comme chez les adultes d'Elmidae ;
- ④ utilisation des plantes dont les tissus sont percés pour obtenir de l'oxygène à partir des canaux aérifères (Chrysomelidae).

Ces trois derniers modes de respiration permettent aux individus de rester immergés indéfiniment. Les individus respirant à l'aide d'un plastron se trouve surtout dans les eaux rapides, bien aérées et ils sont sensibles aux polluants, en particulier aux tensio-actifs.

Les coléoptères sont inféodés à un large spectre d'habitats aquatiques incluant aussi bien les eaux froides et rapides de montagne que les eaux stagnantes des estuaires ou les marécages salés. Ce sont des organismes importants dans les chaînes alimentaires aquatiques, même si ils ne sont pas dominants dans les milieux où ils vivent. Ils ont développé divers mécanismes de défense : griffes, épines, rapidité, glandes sécrétant des produits irritants et mauvais au goût, couleurs cryptiques....

2. Anatomie

Les adultes sont facilement reconnaissables à leurs ailes antérieures, ou élytres, sclérifiées et juxtaposées ; quant aux larves, elles ont des mandibules ayant environ la même taille que la tête ou plus petites ; au niveau de l'abdomen elles ne présentent pas la combinaison branchies latérales/prolongement terminal, de plus lorsqu'elles portent des crochets anaux ces derniers sont toujours au nombre de quatre.

Larves et adultes de Coléoptères ont des pièces buccales de type broyeur possédant tous les appendices décrits au début du présent chapitre.

→ Morphologie de l'adulte (Fig.1)

❶ la tête : les mandibules sont bien visibles et sont de bons indicateurs de régime alimentaire ; en effet, chez les formes herbivores, elles portent un lobe molaire plat ainsi qu'un lobe antérieur pointu, le lobe molaire est absent chez les individus prédateurs.

❷ le thorax : dorsalement l'ensemble mésothorax/métathorax est masqué par les élytres qui sont les ailes antérieures sclérifiées sans nervation apparente. Ces élytres recouvrent les ailes postérieures (vol) qui sont repliées au repos. Chez la plupart des Coléoptères, le pronotum débord ventralement sur la région de la procoxa où notum et sternum sont séparés par une suture.

Les pattes ont une structure classique et le nombre d'articles du tarse est largement utilisé dans les classifications ; ce dernier possède au maximum cinq articles et porte les griffes ; il peut aussi porter des poils natatoires de même que le tibia.

❸ l'abdomen : en général, ses tergites sont entièrement recouverts par les élytres et seuls ses sternites sont visibles. Le nombre de sternites visibles est de cinq ou six selon les familles considérées.

→ Morphologie de la larve (Fig.2)

❶ la tête : elle consiste en une capsule céphalique sclérifiée distincte, avec des mandibules, des maxilles, un labium et des antennes à deux ou trois segments. Comme chez les adultes, les mandibules peuvent porter ou non un lobe molaire. Les maxilles peuvent porter une galéa et une lacinia distinctes ou bien soudées en un lobe alors appelé mala. Le palpe maxillaire est inséré sur le palpigère, une projection du stipe, apparaissant comme un segment distinct du palpe.

❷ les structures abdominales : il peut se différencier des branchies latérales ou ventrales sur n'importe quel segment ; elles sont simples ou ramifiées, dispersées ou réunies, articulées ou non. Chez certaines familles (Psephenidae, Elmidae), elles sont enfermées dans une

chambre caudale. Des appendices immobiles, non segmentés peuvent être présents sur les deux derniers segments abdominaux ; ils sont courts et sclérifiés : on les nomme urogomphes. Parfois, il y a sur ces deux mêmes segments des appendices longs, effilés, mobiles et segmentés qui sont équivalents aux cerques d'autres insectes.

3. Les familles de coléoptères

- Dytiscidae ("predaceous water beetles") : ce sont les Coléoptères aquatiques les plus nombreux et les plus communs. Les adultes sont la plupart du temps sous l'eau, mais ils doivent fréquemment et régulièrement remonter à la surface afin de renouveler leur réserve d'air sous leurs élytres. Les pattes postérieures des adultes sont adaptées à la nage (présence de longs poils) et sont utilisées comme des rames. Les adultes sont des prédateurs tout comme leurs larves ; ces dernières possèdent deux trachées longitudinales mais pas de zone de stockage et elles sont donc obligées de remonter à la surface renouveler leur oxygène par l'extrémité de leur abdomen grâce à un cerque caudal. Il y a trois stades larvaires qui, au total, durent de quelques semaines à quelques mois.

Ces insectes se rencontrent partout, en fait on les trouve dans n'importe quel endroit suffisamment humide. Certaines espèces peuvent coloniser des habitats restreints, spécialisés, alors que d'autres ont une large valence écologique comme par exemple une amplitude altitudinale s'étendant de la mer à 8.000m d'altitude.

- Noteridae ("burrowing water beetles") : ce sont de petits Coléoptères à adultes nageurs forts et actifs, les larves ont de puissantes pattes fouisseuses leur permettant de se creuser un chemin à travers la boue humide autour des racines aquatiques ; les adultes sont également capables de creuser des galeries à travers les débris immergés, d'où le nom commun des ces Coléoptères. Les adultes sont prédateurs, mais le mode de nutrition des larves reste inconnu ; cependant la structure de leurs mandibules laisse penser qu'elles se nourrissent à la fois de végétaux et d'animaux. La respiration chez les adultes est identique à celle des Dytiscidae, c'est à dire par remontée régulière à la surface ; quant aux larves, elles obtiennent leur oxygène en perçant les plantes près desquelles elles vivent immergées, l'air atteint le système trachéen par la huitième paire de stigmates. Toutefois en eau peu profonde, les larves renouvellent leur air comme les Dytiscidae.

Cette famille est largement distribuée dans les régions chaudes des deux hémisphères, seules quelques espèces habitant les zones tempérées du globe.

- Gyrinidae ("whirligig beetles") : les adultes de ces insectes décrivent des cercles à la surface de l'eau ; ils sont remarquables par la forme de leurs yeux. Ces derniers sont latéralement divisés en deux parties, chacune étant adaptée à un milieu ; la paire supérieure sert à la vision aérienne alors que la paire inférieure est utilisée pour la vision aquatique. Les adultes aspirent l'air par une dépression dans la partie postérieure du bord latéral de chaque élytre et le stockent dans un réservoir caudal sous les élytres où débouchent les stigmates. Ce sont des charognards consommant des insectes morts et d'autres insectes vivants, attrapés ou flottant sur l'eau. Ils sont capables de sécréter un fluide laiteux dans la région du prothorax. Les larves sont benthiques, longues et fines, et elles possèdent des branchies latérales leur permettant de respirer sous l'eau pour un mode de vie strictement aquatique. Elles sont prédatrices, se nourrissant de larves d'Odonates et de petits poissons, et cannibales.

On trouve les Gyrinidae dans les zones calmes des rivières et des ruisseaux, lacs et étangs où ils forment parfois des agrégations mono ou multispécifiques (voire bigénériques) près des rives ou de la végétation émergente.

- Hydrophilidae ("water scavenger beetles") : ils forment avec les Dytiscidae la majeure partie des Coléoptères aquatiques ; ils sont aussi nombreux que les dytiques mais leur biologie est moins bien connue et étudiée. Les Hydrophilidae se divisent en deux parties, une partie terrestre et une partie aquatique où les individus adultes sont pour la grande majorité végétariens (quelques espèces prédatrices) et ont une nage qui ressemble plus à de la marche (mouvements alternatifs des pattes). Souvent comparés aux Dytiscidae, ils présentent cependant avec eux quelques différences. Tout d'abord ils n'appartiennent pas au même sous-ordre, en effet les Hydrophilidae sont des Polyphaga alors que les Dytiscidae sont des Adephaga. Morphologiquement les Hydrophilidae sont plus plats ventralement, le corps est plus convexe, ils sont plus noirs et nagent moins bien. Une autre différence est visible au niveau du mode de respiration ; les Hydrophilidae cassent la surface de l'eau avec leurs antennes qui sont adjacentes au coin antérieur du prothorax où se trouvent leurs stigmates les plus gros et les plus utilisés. Les larves ont, quant à elles, une respiration métapneustique c'est à dire que seule la paire postérieure de stigmates est fonctionnelle, la trachée y débouchant peut être élargie, servant ainsi de réservoir d'air. Les larves sont carnivores et cannibales.

Les Hydrophilidae se rencontrent plutôt dans les régions chaudes, dans les eaux basses parmi les algues et les herbes pour les larves. Les adultes se trouvent dans les étangs peu profonds avec de la végétation, les zones inondées et les marécages.

- Helodidae ("marsh beetles") : cette famille a une répartition mondiale ; seules les larves sont aquatiques, les adultes vivent sur la végétation bordant les cours d'eau. Les larves sont aisément reconnaissables à leurs longues antennes multiarticulées, elles sont végétariennes. Pour respirer, elles remontent à la surface car leurs stigmates sont vestigiaux ou absents ; les adultes ne restent pas longtemps sous l'eau car ils sont dépendants de leur réserve en oxygène qui se trouve sous les élytres.

Les Helodidae (larves) se trouvent dans les zones calmes ou lentiques des cours d'eau ; leur biologie et leur écologie sont peu connues à l'heure actuelle.

- Dryopidae ("long-toed water beetles") : ce sont de petits Coléoptères qui comptent des espèces aquatiques strictes et d'autres semi-aquatiques ; aucun ne nage, ils rampent. Les adultes ont des réserves d'oxygène sous leurs élytres mais ils remontent rarement à la surface, ils utilisent l'oxygène qui diffuse dans l'eau grâce au tomentum dont ils sont couverts au niveau des pattes et du corps, ainsi que l'oxygène produit sous forme de petites bulles par les plantes au cours de la photosynthèse. Les larves ont un corps allongé, elles ne possèdent pas de branchies mais portent des stigmates sur le mesothorax et les sept premiers segments abdominaux ainsi qu'une paire dorsale, mais on ne sait pas s'ils sont fonctionnels.

Les Dryopidae habitent surtout les régions tropicales et tempérées chaudes. On les trouve dans les rivières sur ou sous les pierres et dans les zones d'accumulation de feuilles.

- Elmidae ("riffle beetles") : les larves et beaucoup d'adultes sont aquatiques stricts mais incapables de nager, ils grimpent à la végétation ou rampent sur le fond des ruisseaux. Les adultes sont petits avec la face ventrale couverte de poils denses formant un plastron leur permettant d'utiliser l'oxygène diffus de l'eau pour respirer, les limitant aux zones riches en oxygène. Les larves sont allongées et possèdent des stigmates (neuf paires) mais la connexion avec la trachée ne se fait qu'au dernier stade, aussi respirent-elles à l'aide de branchies cachées

dans une chambre caudale ; ces branchies peuvent être régulièrement étendues et contractées pour augmenter la ventilation par faible concentration en oxygène. Il semble que le cycle de vie des Elmidae se déroule sur deux ans car des larves et des adultes sont prélevés en même temps.

Les Elmidae vivent dans les ruisseaux de tous types mais rarement là où il y a des variations saisonnières du niveau, une charge en sédiments lourds, un substrat fait de boue et de sable, une faible teneur en oxygène. Ils se cantonnent dans les portions rapides des rivières et des ruisseaux où l'oxygénation demeure importante. Seuls quelques genres sont présents dans les lacs, étangs et cours d'eau lents. Ils vivent essentiellement dans les régions tropicales et tempérées.

- Limnichidae ("marsh-loving beetles") : ce sont de petits Coléoptères que l'on trouve le long des ruisseaux. Les adultes sont couverts de petits poils denses leur permettant de s'immerger même s'ils sont terrestres. Les adultes sont proches des Dryopidae alors que les larves ressemblent davantage aux Elmidae. Les larves semblent être aquatiques strictes car elles respirent par des branchies ; on les trouve parmi les rochers et les gros débris organiques des petits ruisseaux frais, à écoulement rapide.

- Ptilodactylidae ("toe-winged beetles") : ces Coléoptères sont ovales à allongés et sont habituellement trouvés le long des ruisseaux. Les larves sont allongées et cylindriques, seules celles de quelques genres sont strictement aquatiques et présentent des branchies anales ou ventrales. En plus des branchies, elles possèdent les neuf paires de stigmates classiques.

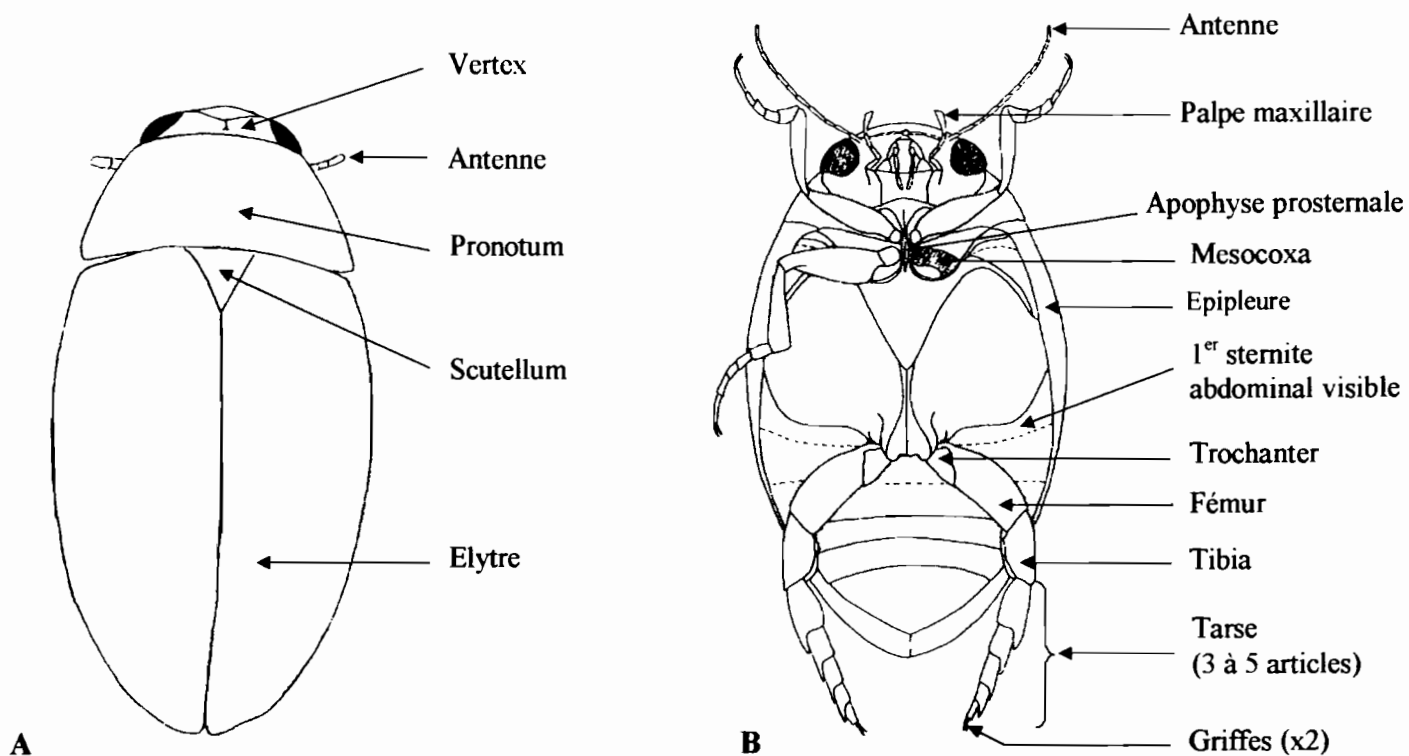


Fig.1 : Anatomie d'un adulte de Coléoptère

A- vue dorsale (Hydrophilidae, *Tropisternus*) ; **B-** vue ventrale (Dytiscidae, *Laccophilus* ; modifié d'après Leech, 1948)

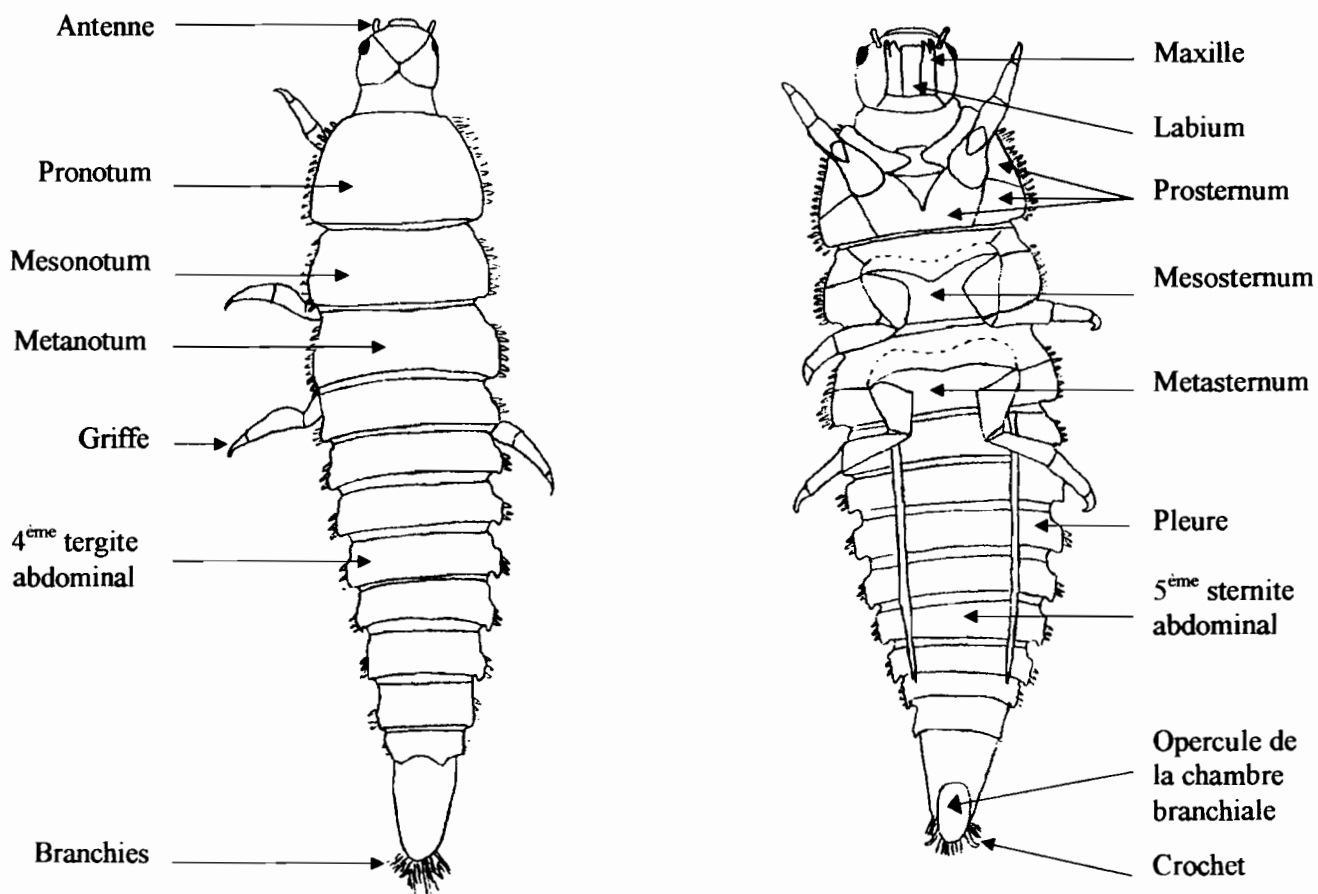


Fig.2 : Anatomie d'une larve de Coléoptère (Elmidae, *Hexanchorus*).

CLE DE DETERMINATION DES LARVES DE COLEOPTERES AQUATIQUES DE GUYANE FRANCAISE

(Illustrations pages 124 à 129)

- (1) - Les pattes apparaissent constituées de cinq segments, tarsi porteurs de deux griffes mobiles.....sous-ordre ADEPHAGA.....(2)
 - Les pattes apparaissent constituées de quatre segments, tarsi porteurs d'une seule griffe.....sous-ordre POLYPHAGA.....(4)
- (2) - 10^e segment abdominal portant 4 crochets (*Fig.1A, planche 2H*). Branchies latérales présentes sur tous les segments abdominaux.....**GYRINIDAE**
 - Huit segments abdominaux visibles seulement.....(3)
- (3) - Pattes fouisseuses (*planche 2J*).....**NOTERIDAE**
 - Pattes marcheuses ou natatoires.....**DYTISCIDAE**
- (4) - Cerques segmentés ou mobiles à la base. 8 segments abdominaux complets, les 9^e et 10^e réduits.....**HYDROPHILIDAE**
 - Cerques soudés à la base ou absents.....(5)
- (5) - 9^e segment abdominal muni d'un opercule ventral mobile fermant une chambre caudale (*Fig.2*).....(6)
 - 9^e segment abdominal dépourvu d'opercule ventral.....(7)
- (6) - Chambre caudale abritant 2 griffes préhensiles et 3 touffes de branchies rétractiles (*Fig. 2*). Corps plus ou moins allongé.....**ELMIDAE**
 - Chambre caudale n'abritant pas de griffes préhensiles. Corps cylindrique sans branchies rétractiles terminales, ni touffes de branchies(*Fig.6*).....**DRYOPIDAE**
- (7) - Corps elliptique et aplati, branchies portées par le 8^e segment abdominal, dans une chambre terminale. 3^e segment antennaire multiarticulé et long (*Fig.7, planche 2L*).....**HELODIDAE**
 - Corps allongé et cylindrique avec des branchies restreintes à la région anale (5 à 21 branchies en forme de mamelons) avec 2 appendices apicaux incurvés (*Fig.8, planche 2K*)....
**PTILODACTYLIDAE**

CLE DE DETERMINATION DES ADULTES DE COLEOPTERES AQUATIQUES DE GUYANE FRANCAISE

- (1) - 1^e sternite abdominal visible divisé entièrement par les cavités coxales postérieures (Fig. 9).....sous-ordre ADEPHAGA.....(2)
 - 1^e sternite abdominal visible pas divisé ainsi.....sous-ordre POLYPHAGA.....(5)
- (2) - Yeux sont divisés latéralement par la tête, donnant l'impression de deux paires d'yeux (une ventrale et une dorsale, Fig. 1B, planche 2I). Pattes intermédiaires et postérieures modifiées pour la nage: elles sont courtes et aplaties.....**GYRINIDAE**
 - Une seule paire d'yeux ; antennes longues et fines. Pattes postérieures adaptées pour la nage : tarse aplati et portant de longs poils.....(3)
- (3) - Tarses antérieurs et intermédiaires constitués de cinq segments où le 4^e est égal au 3^e. Scutellum est apparent ou masqué.....(4)
 - Tarses antérieurs et intermédiaires constitués de quatre segments, ou bien cinq avec le 4^e caché entre les lobes du 3^e. Scutellum masqué.....**DYTISCIDAE** (proparte)
- (4) - Tarses postérieurs à 2 griffes identiques ; tibias antérieurs avec une épine incurvée ou un crochet à l'apex (Fig. 18). Scutellum recouvert par les bases des élytres et le bord postérieur du pronotum.....**NOTERIDAE**
 - Tarses postérieurs portant une seule griffe. Scutellum masqué ; s'il y a 2 griffes, alors le scutellum est apparent.....**DYTISCIDAE** (proparte)
- (5) - Antennes courtes, 6^e segment antennaire modifié en cupule et présence d'une massue terminale ; derrière la cupule, massue formée de 3 segments (Fig. 20). Palpes maxillaires plus longs que les antennes. 5 segments abdominaux visibles et au moins une paire de tarses avec plus de 4 segments.....**HYDROPHILIDAE**
 - Antennes plus longues que les palpes maxillaires. Coxas antérieures rondes, tarses toujours formés de 5 segments.....(6)
- (6) - Coxas intermédiaires largement séparées, coxas postérieures plus ou moins contiguës. Dernier segment des tarses plus petit que l'ensemble des quatre autres.....**LIMNICHIDAE**
 - Coxas intermédiaires séparées et coxas postérieures aussi de la même façon. Dernier segment des tarses plus long que l'ensemble des quatre autres.....(7)
- (7) - Antennes courtes et formant une massue de 6 segments pubescents ou davantage.....**DRYOPIDAE**
 - Antennes longues, effilées et dépourvues de massue apicale.....**ELMIDAE**

CLE GNERIQUE DES COLEOPTERES DE GUYANE

FAMILLE DES ELMIDAE

Adultes

- (1) - présence de tâches sur les élytres (*planche 1A*).....*Promoresia*
- absence de tâches sur les élytres ; palpe maxillaire constitué de quatre segments. Base du pronotum émarginée en forme d'arc devant le scutellum ; griffes tarsales dépourvues de dents.....(2)
- (2) - Corps trapu.....(3)
- Corps non trapu, pronotum et hypomère glabres. Pronotum portant deux carènes latérales et une forte impression transversale dans ses 2/5 apicaux (*Fig. 3, planche 1B*). Sur chaque élytre une carène sublatérale ; épipleure tomenteuse.....*Neoelmis*
- (3) - Pronotum avec deux carènes latérales (*Fig. 4, planche 1C*).....*Austrolimnius*
- Pronotum lisse, sans carène (*Fig. 5, planche 1D*).....*Xenelmis*

FAMILLE DES HYDROPHILIDAE

Larves

- (1) - Antennes biramées, article terminal accompagné par un appendice antennaire digité. Pattes petites, invisibles de dessus mais toujours complètes avec des griffes ; ligule présente, plus longue que le premier segment du palpe labial. Abdomen portant des pseudopodes sur les segments 3 à 7. Mandibules asymétriques : la droite porte deux dents alors que la gauche n'en porte qu'une seule.....*Enochrus*
- Antennes simples dépourvues d'appendice terminal digité.....(2)
- (2) - Fémurs avec des franges de longues soies natatoires Branchies absentes ou bien alors une seule branchie latérale de chaque côté des segments abdominaux.....(3)
- Fémurs sans soies natatoires ; mésothorax, métathorax et premier segment abdominal présentant chacun trois branchies latérales sétifères (*Fig. 21A*) ; segments abdominaux 2 à 6 portant chacun quatre branchies latérales sétifères.....*Derallus*
- (3) - Tête subsphérique, mandibules asymétriques (la gauche robuste, la droite très fine) ; pronotum pas totalement sclérifié.....*Hydrophilus*

- Tête subquadrangulaire ; pronotum entièrement sclérifié. Branchies latérales réduites mais leur présence est visible par une petite projection portant quelques soies terminales de chaque côté des segments abdominaux (*Fig. 22*).....*Tropisternus*

Adultes

(1) - Présence d'une carène médiane et longitudinale sur le mesosternum et le metasternum, prolongée en une épine entre les coxas postérieures (*Fig. 23*).....HYDROPHILINAE (2)

- Pas de carène ventrale sur le mesosternum et le metasternum.....(4)

(2) - Espèce de petite taille (6 à 15mm, *planche 1E*).....*Tropisternus*

- Espèce de grande taille (30 à 45 mm).....(3)

(3) - Prosternum bifurqué au milieu permettant le contact entre la tête et la carène (*Fig. 24*)..

.....*Dibolocelus*

- Prosternum creusé au milieu afin de recevoir la carène, mais fermé antérieurement (*Fig. 25*).....*Hydrophilus*

(4) - Premier sternite abdominal portant des soies.....CHAETARTHRIINAE *Chaetarthria*

- Premier sternite abdominal dépourvu de poils.....(5)

(5) - Tibias II et III portant de longs poils natatoires.....BEROSINAE (6)

- Tibias II et III sans poils natatoires. Palpes maxillaires courts et robustes (plus courts que les antennes) ; Bords latéraux des élytres et du pronotum lisses...HYDROBIINAE *Hydrobius*

(6) - Yeux et labre proéminents, tibias antérieurs fins.....*Berosus*

- Yeux non proéminents, labre court. Tibias antérieurs triangulaires (de plus en plus larges vers l'apex, *Fig. 21B, planche 1F*).....*Derallus*

FAMILLE DES DYTISCIDAE

Larves

(1) - Tête présentant une projection frontale (*Fig. 10*), palpe maxillaire constitué de trois segments ; corps sans frange latérale de soies natatoires.....HYDROPORINAE.....(2)

- Tête sans projection frontale ; palpe maxillaire à quatre segments ou plus. stipes maxillaires larges et portant, en général, un ou deux crochets internes ; corps avec ou sans franges de soies natatoires latérales.....(3)

(2) - Projection frontale portant une encoche sur chaque côté (*Fig.10*) ; cerques ne portant que des poils primaires.....*Hydroporus*
 - Projection frontale sans encoche latérale ; cerques ne portant que des poils primaires. Dernier segment abdominal long et conique.....*Bidessus*

(3) - Segments abdominaux 7 et/ou 8 sans soies natatoires pattes II et III simples. Ligule absente. Mandibules sans dent, quatrième segment antennaire simple et inférieur, en longueur, au quart de celle du troisième segment. Cerques portant de nombreux poils secondaires.....*LACCOPHILINAE*.....*Laccophilus*
 - Segments abdominaux 7-8 avec des soies natatoires ; les segments abdominaux ne portent pas de branchies latérales. Ligule présente, longue (supérieure ou égale à la longueur du premier segment du palpe labial), simple sans épine.....*THERMONECTINAE*...*Graphoderus*

Adultes

(1) - Tarses I et II formés par cinq articles, le 4^{ème} étant égal au 3^{ème}. Scutellum pleinement exposé ou caché.....(7)
 - Tarses I et II à quatre articles ou bien à cinq articles mais alors le 4^{ème} est petit ou caché entre les lobes du 3^{ème}. Scutellum caché.....*HYDROPORINAE* (2)

(2) - Apophyse prosternale courte et large, n'atteignant pas le metasternum ; son extrémité s'arrête devant les coxas médianes qui sont contiguës.....*Derovatellus* (*VATELLINI*)
 - Apex de l'apophyse prosternale atteint le metasternum.....(3)

(3) - Apophyses coxales postérieures ne portant pas de lobes latéraux ; bases des trochanters postérieurs libres (*Fig.11*).....(4)
 - Apophyses coxales postérieures portant des lobes latéraux couvrant les bases des trochanters postérieurs. Tarses I et II à quatre articles ; fémurs postérieurs séparés des lobes coxaux postérieurs par la base des trochanters (*Fig.12*)*Hygrotus* (*HYDROPORINI*)

(4) - Tibias postérieurs droits, de largeur uniforme de la base à l'apex. Griffes des tarses III inégales ; apophyse prosternale large et courte ou en losange.....*HYPHYDRINI* (5)
 - Tibias postérieurs arqués, étroits à la base et s'élargissant graduellement vers l'apex. Griffes postérieurs égales ; apophyse prosternale oblongue.....*BIDESSINI* (6)

(5) - Apophyse prosternale courte et large, apex émoussé.....*Pachydrus*
 - Apophyse prosternale en losange, apex pointu.....*Desmopachria*

(6) - Tête sans ligne cervicale ; pronotum sans strie latéro-basale. Lignes coxales postérieures longues et parallèles, continuant sur le metasternum sous forme de rangées de points*Hydrodessus*

- Tête avec une ligne cervicale. Apophyse prosternale longue, atteignant le metasternum. Pronotum avec stries latéro-basales continuant sur les élytres en carène discale.....*Anodocheilus*

(7) - Scutellum recouvert par le bord postérieur du pronotum (*Fig. 13*), ou légèrement visible. Tarses III à une griffe.....LACCOPHILINAE (8)
 - Scutellum entièrement visible.....(9)

(8) - Epines des tibias postérieurs bifides à l'apex (*planche 2G*).....*Laccophilus*
 - Epines des tibias postérieurs simples.....*Laccodytes*

(9) - Yeux échancrés au-dessus des antennes (*Fig. 14*).....COLYMBETINAE (10)
 - Yeux non échancrés au-dessus des antennes.....DYTISCINAE (11)

(10) - Fémurs postérieurs portant un groupe de poils près de l'angle apical postérieur (*Fig. 15*)
AGABINI *Platynectes*
 - Fémurs postérieurs dépourvus de groupe de poils ; les lignes coxales postérieures divergent antérieurement, se rapprochant tant vers l'arrière qu'elles paraissent toucher la ligne médiane (*Fig. 16*). Griffes postérieures égales.....COPELATINI *Copelatus*

(11) - Epines inférieures à l'apex des tibias postérieurs dilatées, plus larges que les autres (*Fig. 17*). Les trois premiers segments des tarses antérieurs des mâles forment une plaque ovale.....CYBISTRINI (13)
 - Epines inférieures pas ou légèrement plus larges que les autres. Les trois premiers segments des tarses antérieurs des mâles forment une plaque ronde. Les bords postérieurs des quatre premiers articles des tarses postérieurs portent une frange de poils dorés.....(12)

(12) - L'épine externe à l'apex du tibia postérieur est émoussée.....*Thermonectus* (THERMONECTINI)
 - L'épine externe à l'apex du tibia postérieur est pointue.....*Hydaticus* (HYDATICINI)

(13) - Tarses postérieurs portant deux griffes chez les mâles.....*Megadytes*
 - Tarses postérieurs portant une seule griffe chez les mâles.....*Cybister*

FAMILLE DES GYRINIDAE

Un seul genre a été trouvé en Guyane à la fois sous forme de larves et d'adultes : *Gyretes*.

L'adulte (*Fig. 1B, planche 2I*) présente une pubescence sur les côtés du pronotum et des élytres ; son dernier segment abdominal est long, conique avec un sternite portant une ligne médiane de poils. On ne distingue pas son scutellum.

La larve, quant à elle, présente une tête allongée et un cou difficilement distinguable car de même largeur que le reste de la tête ; les mandibules possèdent un rétinaculum (apophyse médiane ressemblant à une dent) et la nasale (projection médiane antérieure) ne porte pas de dents (*planche 2H*).

FAMILLE DES NOTERIDAE

Dans cette famille, seuls les adultes ont été déterminés. Un seul genre a été recensé : *Hydrocanthus*.

L'adulte (*Fig. 19*) porte une épine robuste et visible à l'apex des tibias antérieurs. Les fémurs postérieurs portent un groupe de cils et les cavités coxales sont contiguës. L'apex de l'apophyse prosternale est très large, le dernier segment du palpe maxillaire est tronqué à l'apex.

FAMILLE DES PTILODACTYLIDAE

Seule la phase larvaire du genre *Anchytarsus* a été trouvée en Guyane française. elle se caractérise par un neuvième segment abdominal portant de nombreuses petites branchies digitées et deux appendices préhensiles incurvés couverts de petites épines (*Fig. 8, planche 2L*).

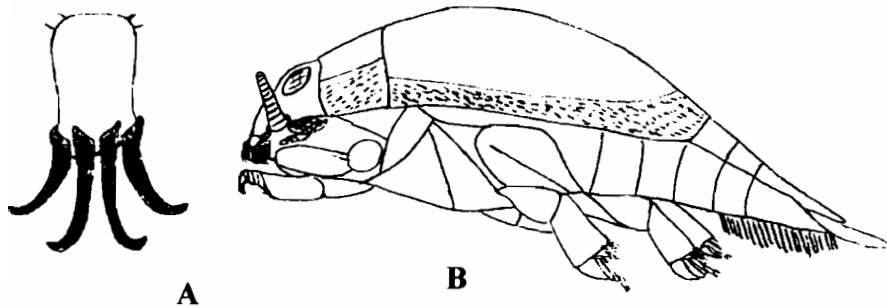


Fig.1 : A- Dernier segment abdominal d'une larve de Gyrinidae ;
B- Adulte de *Gyretes* (Gyrinidae)

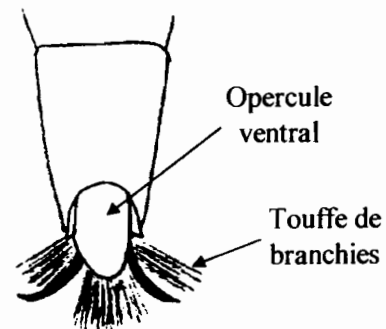


Fig.2 : Dernier segment abdominal d'une larve d'Elmidae

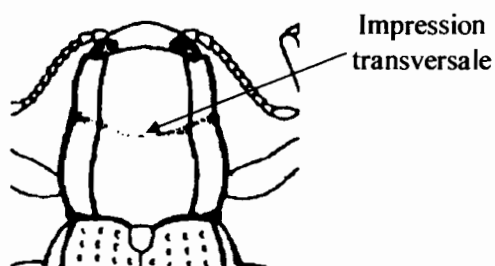


Fig.3 : Pronotum de *Neoelmis* (Elmidae)

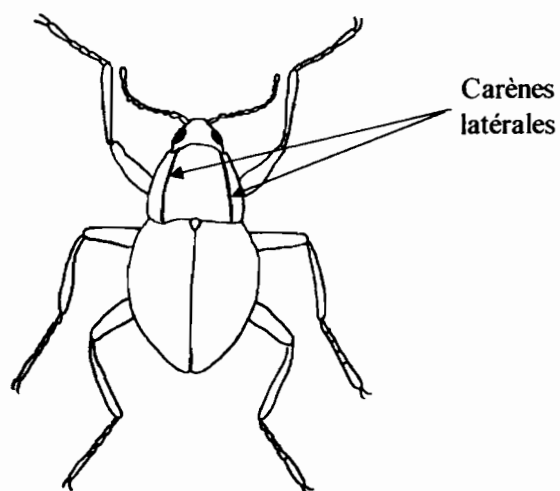


Fig.4 : Adulte d'*Austrolimnius* (Elmidae)

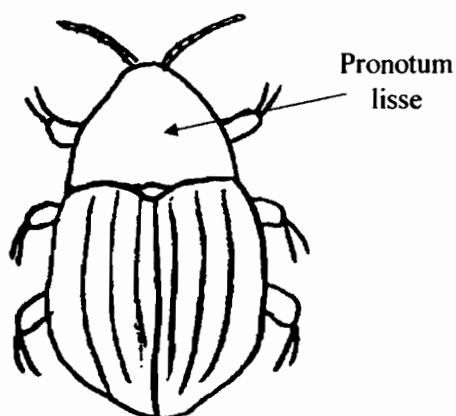


Fig.5 : Adulte de *Xenelmis* (Elmidae)

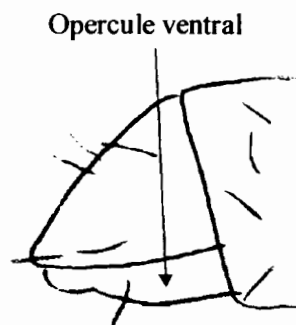


Fig.6 : Dernier segment abdominal d'une larve de Dryopidae.

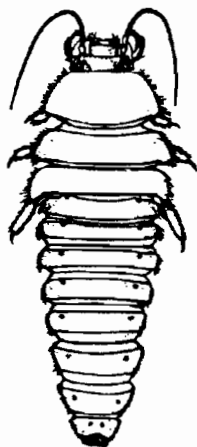


Fig. 7 : Larve d'Helodidae

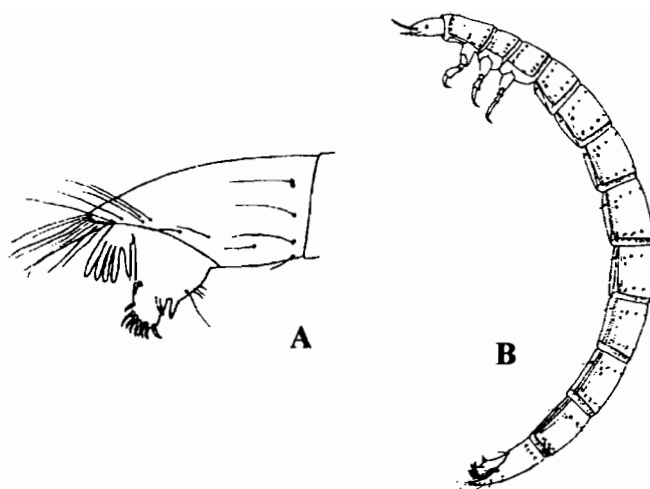


Fig. 8 : A- Dernier segment abdominal d'une larve d'*Anchytarsus* (Ptilodactylidae) ; B- Larve d'*Anchytarsus* (Ptilodactylidae) en vue latérale

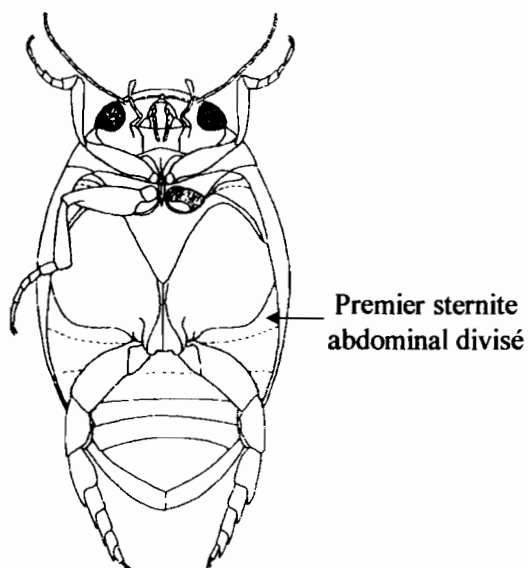


Fig. 9 : Vue ventrale d'un adulte de Dytiscidae (*Laccophilus*)

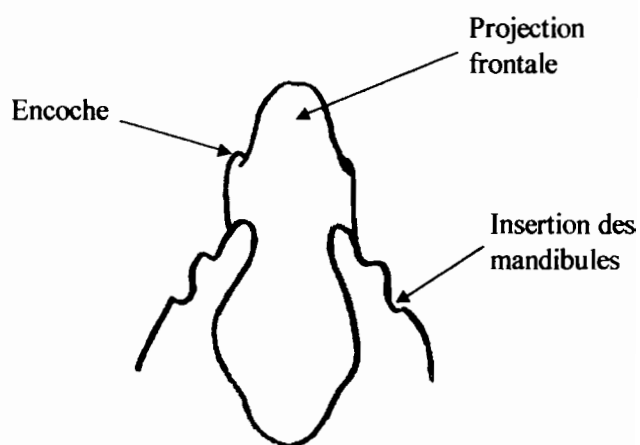


Fig. 10 : Tête d'un Dytiscidae Hydroporinae (*Hydroporus*)

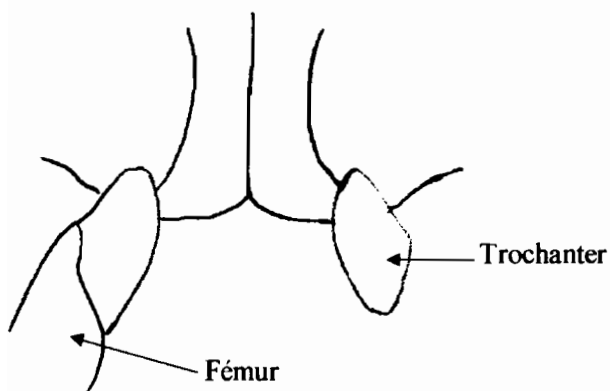


Fig. 11 : Pattes postérieures avec les trochanters libres.

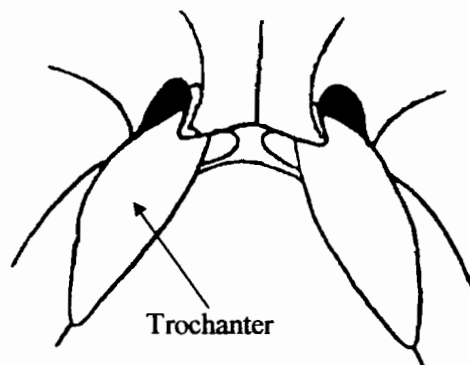


Fig. 12 : Pattes postérieures de *Hygrotus* (Hydroporini)

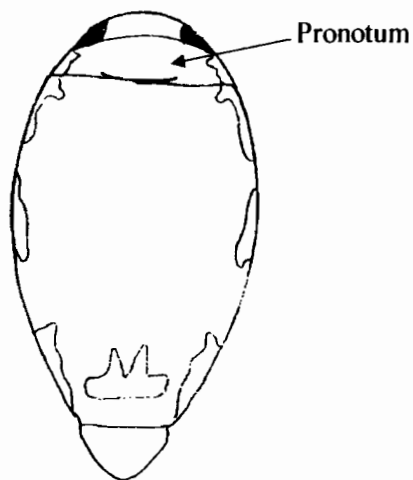


Fig.13 : Adulte de *Laccophilus* (Dytiscidae)

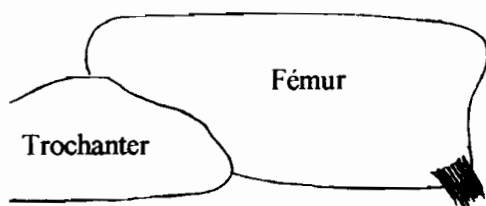


Fig.15 : Patte postérieure d'un adulte Agabini (Dytiscidae)

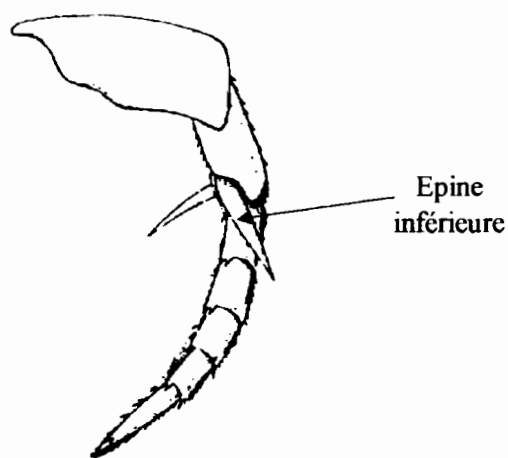


Fig.17 : Patte postérieure d'un adulte de Cybistrini (Dytiscidae)

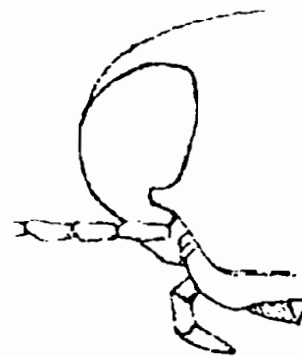


Fig.14 : Tête d'un Dytiscidae Colymbetinae (vue frontale)

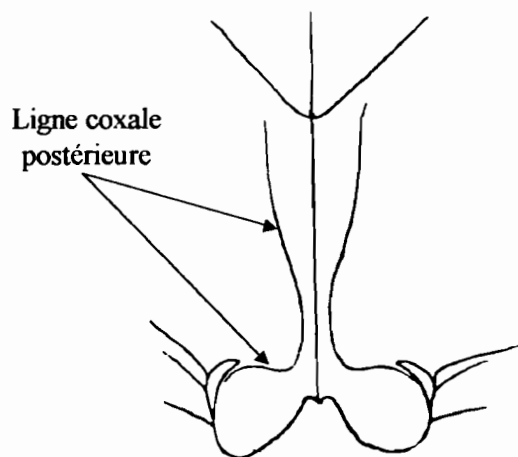


Fig.16 : Vue ventrale de *Copelatus* (Dytiscidae)



Fig.18 : Patte antérieure d'un Noteridae adulte.

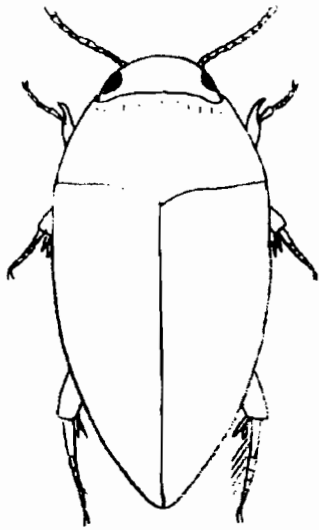


Fig.19 : *Hydrocanthus* adulte (Noteridae)

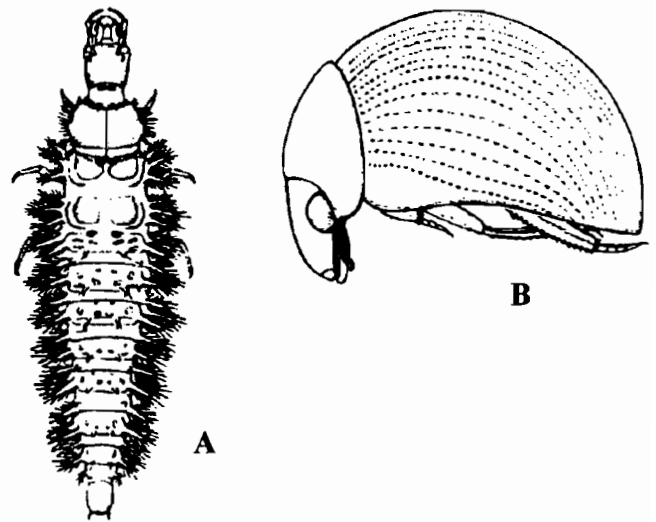


Fig.21 : A- Larve de *Derallus* (Hydrophilidae); B- Adulte de *Derallus* (Hydrophilidae) en vue latérale

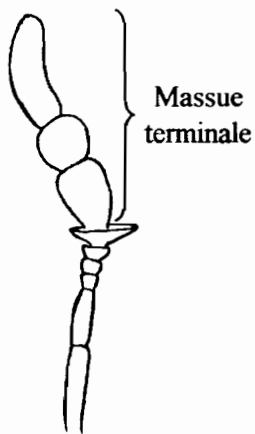


Fig.20 : Antenne d'Hydrophilidae adulte.



Fig.22 : Larve de *Tropisternus* (Hydrophilidae)

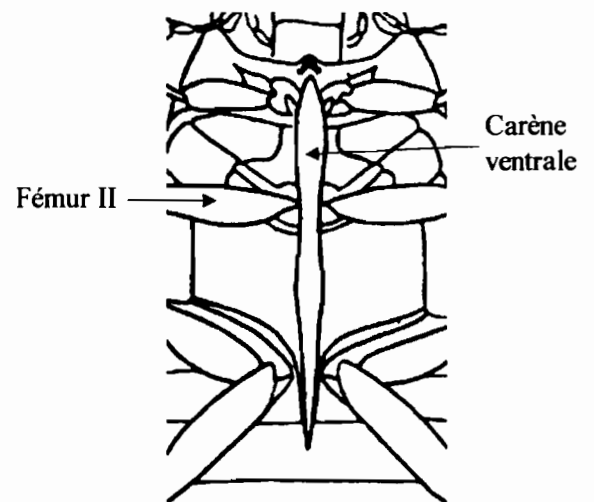


Fig.23 : Vue ventrale d'un Hydrophilidae Hydrophilinae

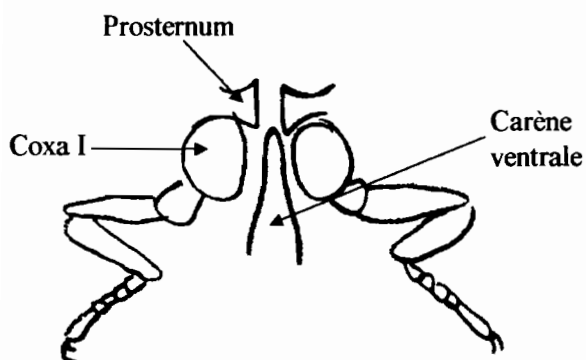


Fig.24 : Prosternum et carène ventrale de *Dibolocelus* (Hydrophilidae)

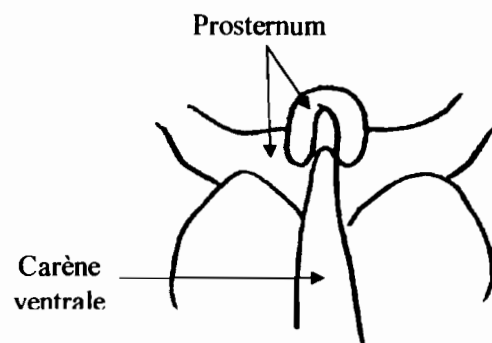


Fig.25 : Prosternum et carène ventrale d'*Hydrophilus* (Hydrophilidae)



A



B



C



D



E



F

A- ELMIDAE *Promoresia* ; **B-** ELMIDAE *Neoelmis* ; **C-** ELMIDAE *Austrolimnius* ;
D- ELMIDAE *Xenelmis* ; **E-** HYDROPHILIDAE *Tropisternus* ; **F-** HYDROPHILIDAE *Derallus*



G



H



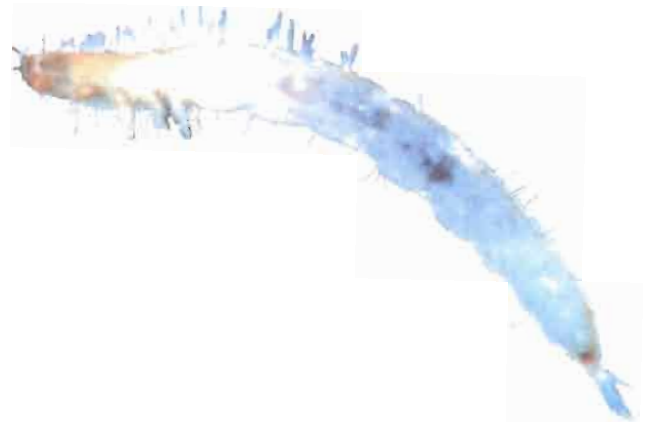
I



J



K



L

G- DYTISCIDAE *Laccophilus* ; **H-** GYRINIDAE *Gyretes* (larve) ; **I-** GYRINIDAE *Gyretes* (adulte) ;
J- NOTERIDAE larve ; **K-** PTILODACTYLIDAE *Anchytarsus* (larve) ; **L-** HELODIDAE larve

ANNEXE 7

**Elaboration d'un indice biotique de qualité des milieux
aquatiques continentaux de Guyane basé sur les poissons.**

***Bernard de MERONA, Francisco L. TEJERINA-GARRO,
Bernard HUGUENY, Marc BARRAL, Frédéric SOULARD
et Régis VIGOUROUX***

Elaboration d'un indice biotique de qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les poissons



**Bernard de Mérona, Francisco Leonardo Tejerina Garro, Bernard Hugueny, Frédéric
Soulard,
Marc Barral, Régis Vigouroux**

Décembre 2000

ELABORATION D'UN INDICE BIOTIQUE DE QUALITE DES MILIEUX AQUATIQUES CONTINENTAUX DE GUYANE BASE SUR LES POISSONS

RAPPORT TERMINAL

1. Introduction :

Pour mettre au point un indice de qualité dans un nouveau milieu il y a deux approches :

- La première consiste à utiliser un indice existant dans d'autres régions et de tenter de l'adapter aux conditions locales. Cette approche a été beaucoup utilisée à partir de l'IBI poissons américain proposé dans les années 80 par Karr (1981). Il faut cependant savoir que cet indice pionnier, qui paraît plus subjectif qu'objectif, a été réalisé après un effort de recherche extrêmement important. La connaissance des poissons américains est très poussée et il était donc possible de « deviner » ce qui, dans l'environnement, pouvait influencer sur l'organisation de leurs communautés. De la même manière, l'adaptation de l'indice à d'autres régions exige une connaissance approfondie des espèces présentes.
- Ainsi, pour la Guyane, où les connaissances de base sur les nombreuses espèces de poissons ne sont encore que fragmentaires, nous avons adopté une autre approche, qui permet théoriquement de coupler l'élaboration d'un indice à l'accumulation de connaissances. Il s'agit de rechercher des relations entre un certain nombre de variables de l'environnement, y compris des variables régionales, et des descripteurs des communautés de poissons. Puis, dans un deuxième temps, il s'agit d'analyser l'effet de perturbations d'origine variée sur ces relations. Il est clair que la qualité de l'indice ainsi élaboré est fonction du nombre de données introduites dans l'analyse. Ainsi le travail présenté ici, réalisé dans une période temps de 3 années, reste préliminaire et demande une continuation.

Il y a deux objectifs principaux dans l'utilisation des indices biotiques.

- La première est le contrôle de l'intégrité des milieux aquatiques sur un territoire. Elle consiste à se donner les moyens de détecter des perturbations dans des milieux « inconnus ». C'est l'aspect spatial du contrôle. Par exemple, un chantier d'orpaillage s'installe sur le Tampok et il est essentiel de savoir quel est le niveau de l'impact sur la rivière.
- La deuxième est le suivi dans des points fixes de la qualité du milieu aquatique. C'est l'aspect temporel du contrôle. Par exemple, un contrôle systématique périodique du Sinnamary aval sous l'influence du barrage de Petit-Saut peut permettre de détecter rapidement des dysfonctionnement et d'apporter à temps des mesures correctives.

Nous avons choisi de déterminer des métriques du peuplement de poissons à inclure dans un indice par une analyse spatiale. Cette procédure nous garantit que l'indice ainsi élaboré sera sensible à une large gamme de perturbations (ou au moins à la gamme de perturbations incluse dans les stations prospectées). Dans un deuxième temps nous testons l'indice dans une station fixe afin de le valider dans une situation de suivi temporel. Cette approche est la seule garantissant un suivi efficace. En effet, un indice mis au point en se focalisant sur une situation précise, par exemple l'effet d'un barrage, pourrait ne pas être sensible à d'autres sources de perturbations sur la même rivière et donc les laisser ignorer jusqu'à ce qu'il soit trop tard pour intervenir.

2. Méthodes

2.1. Le choix des stations.

La durée imposée du projet ne permettait pas de couvrir l'ensemble du territoire et de tous ses bassins versants. Nous avons privilégié les deux grands bassins frontaliers du Maroni et de l'Oyapok et le bassin de la Comté qui s'ajoutaient aux bassins déjà étudiés par d'autres projets : le Sinnamary et deux petits bassins côtiers : la Malmanoury et la Karouabo. Parmi les stations de collecte choisies, certaines présentaient des signes évidents de perturbation, d'autres étaient suspectées de subir quelque influence de perturbations lointaines. Nous avons donc *a priori* séparé les échantillons en deux ensembles : d'une part les non perturbés ou supposé tels (36) et d'autre part les supposés perturbés (17). Il y a dans chacune des stations prospectées un échantillon de saison sèche et un échantillon de saison des pluies (Tableau 1).

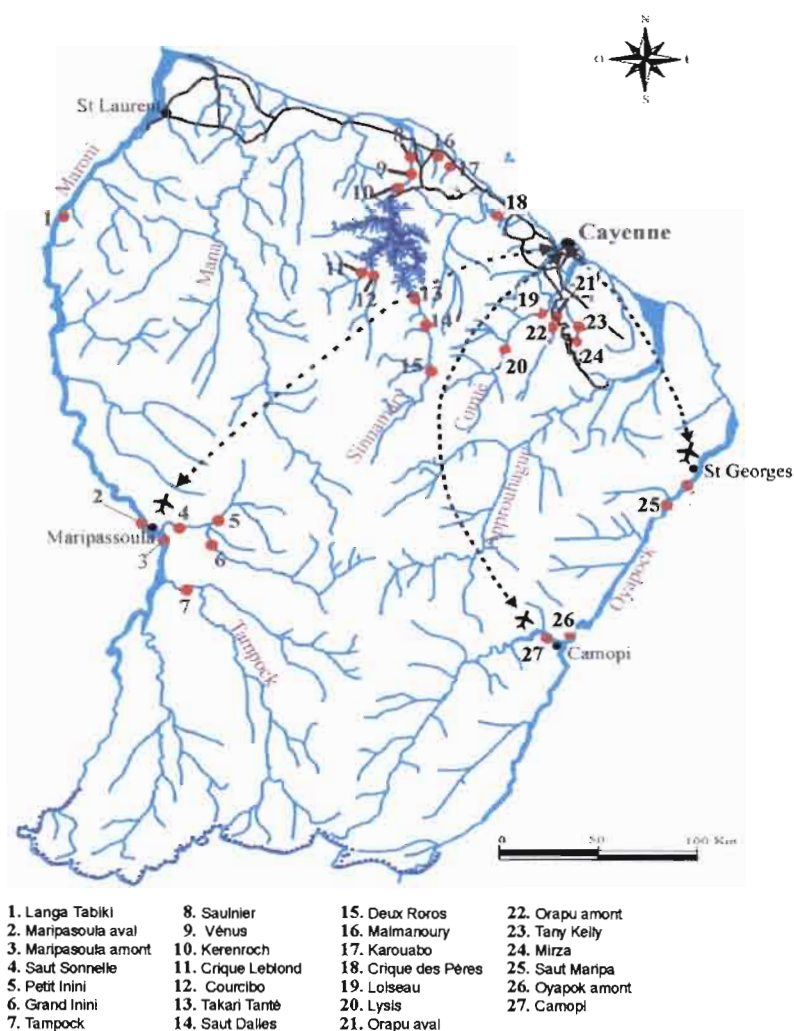


Figure 1. Cartographie des stations échantillonnées.

Perturbation	Source perturb.	Code échantillon	Station	Saison
1		camo0599	Camopi à Camopi	pluies
1		camo1198	Camopi à Camopi	sèche
1		comA0499	Comté à Lysis	pluies
1		comA1098	Comté à Lysis	sèche
1		comB0499	Comté à Loiseau	pluies
1		comB1098	Comté à Loiseau	sèche
1		dalle0699	Sinnamary à Dalles	pluies
1		dalle1198	Sinnamary à Dalles	sèche
1		gini0199	Grand Inini	sèche
1		gini0699	Grand Inini	pluies
2 Barrage		kere0799	Sinnamary à Kerenroch	pluies
2 Barrage		kere1299	Sinnamary à Kerenroch	sèche
1		kouA0798	Kounana à Mirza	pluies
1		kouA1298	Kounana à Mirza	sèche
1		kour0699	Kourcibo à Lucifer	pluies
1		kour1298	Kourcibo à Lucifer	sèche
2 Mixte		lang0699	Maroni à Langa Tabiki	pluies
2 Mixte		lang1099	Maroni à Langa Tabiki	sèche
2 Orpaillage		lebl0699	Crique Leblond à Lucifer	pluies
2 orpaillage		lebl1298	Crique Leblond à Lucifer	sèche
1		marA0199	Maroni amont Maripasoula	sèche
1		marA0699	Maroni amont Maripasoula	pluies
2 Urbaine		marB0199	Maroni aval Maripasoula	sèche
2 urbaine		marB0699	Maroni aval Maripasoula	pluies
1		roro1198	Sinnamary à 2 Roros	pluies
2 Barrage		saul0698	Sinnamary à Saulnier	pluies
2 Barrage		saul1299	Sinnamary à Saulnier	sèche
2 Orpaillage		son0199	Inini à Saut Sonelle	sèche
2 orpaillage		son0699	Inini à Saut Sonelle	pluies
1		taka0699	Sinnamary à Takari Tanté	pluies
1		taka1198	Sinnamary à Takari Tanté	sèche
1		tamp0199	Tampok	sèche
1		tamp0699	Tampok	pluies
2 Barrage		ven0698	Sinnamary à Vénus	pluies
2 Barrage		ven1298	Sinnamary à Vénus	sèche
2 Effluent industriel		karo0499	Karoubo au pont	pluies
2 Effluent industriel		karo0598	Karoubo au pont	sèche
1		kouB0798	Kounana à Tany Kelly	pluies
1		kouB1298	Kounana à Tany Kelly	sèche
1		malm0498	Malmanoury au pont	sèche
1		malm0499	Malmanoury au pont	pluies
1		oraA0798	Orapu amont du pont	pluies
1		oraA1298	Orapu amont du pont	sèche
1		oraB0798	Orapu aval du pont	pluies
1		oraB1298	Orapu aval du pont	sèche
1		oyaA0599	Oyapok à Camopi	pluies
1		oyaA1198	Oyapok à Camopi	sèche
1		oyaB0599	Oyapok à saut Maripa	pluies
1		pere0499	Crique des Pères	pluies
2 Orpaillage		pini0199	Petit Inini	sèche
2 orpaillage		pini0699	Petit Inini	pluies

Tableau 1 . Liste des échantillons inclus dans les traitements.

2.2. Les données:

Les descripteurs du peuplement de poissons (Tableau 2)

Le peuplement de poissons est échantillonné selon une méthodologie standard décrite dans Tejerina Garro et Mérona (2000). En bref :

- Utilisation de 4 batteries de 5 filets maillants de maille 15,20,25,30,35 mm.
- Pose le soir entre 17 et 18h le long des berges dans des endroits calmes,
- Relève le matin entre 7 et 9h.

Les descripteurs suivants sont calculés :

D'une part des descripteurs globaux :

- La capture en nombre de poissons (CPUE)
- L'indice de diversité de Simpson ($IS = 1/\sum p_i^2$) p_i : fréquence relative de l'espèce i
- L'équitabilité $ES = (IS-1)/(R-1)$ où R est le nombre d'espèces dans l'échantillon
- La richesse spécifique de l'échantillon.

Le richesse spécifique d'un échantillon quelconque est fonction de deux paramètres : d'une part la richesse spécifique totale du bassin dans lequel est prélevé cet échantillon et d'autre part l'abondance générale des poissons dans le milieu échantillonné. Afin de tenir compte de ces deux biais, nous calculons des relations pour chacun des bassins, entre le nombre de spécimens et le nombre d'espèces dans chacun des échantillons réalisés dans ce bassin (Figure 2).

La variable richesse considérée dans les analyses est ainsi le résidu de chacun des points par rapport à la relation moyenne.

Bien sûr la relation est d'autant meilleure et la procédure plus efficace et fiable que le bassin a été complètement échantillonné (zone amont et aval, différents milieux, lit principal et affluents, zones perturbées ou vierges). Le Sinnamary est sans contestation possible dans ce cas. A l'inverse nous n'avons que 3 stations dans l'Oyapok échantillonnées une ou deux fois et la relation entre capture et richesse est donc discutable. Pour le bassin du Kourou nous ne disposons que de 3 échantillons et nous considérons l'écart à la moyenne comme le résidu.

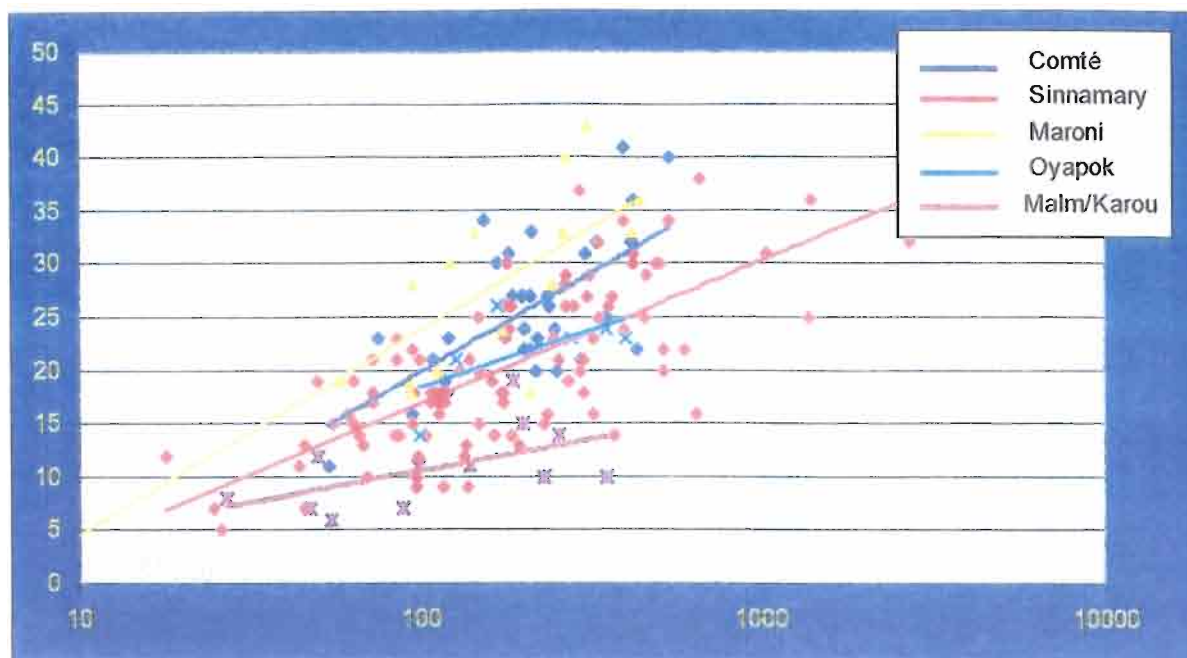


Figure 2. Relations richesse spécifique de l'échantillon (en ordonnées) et nombre de spécimens capturés (en abscisse, échelle logarithmique) pour les 5 bassins échantillonnés.

D'autre part des descripteurs taxonomiques (les subdivisions taxonomiques reflètent des affinités morphologiques supposées être reliées à des comportements et donc à des rapports aux milieux particuliers):

- L'abondance relative et la richesse spécifique relative des familles ou ordres suivants : Anostomidae, Auchenipteridae, Autres Siluriformes, Characidae, Cichlidae, Curimatidae, Gymnotiformes.

Enfin des descripteurs trophiques (fonctionnels)

- L'abondance relative et la richesse spécifique relative des groupes trophiques suivants : Détritivores, Herbivores, Ichtyophages, Invertivores d'invertébrés aquatiques, Invertivores d'invertébrés terrestres, Omnivores.

Les variables d'habitat (Tableau 3)

- Liées à la position de la station dans le bassin : l'aire du bassin en amont de la station ou aire spécifique, la distance de la station à l'embouchure, l'existence d'une influence de la marée dynamique (proximité de l'estuaire),
- Liées à la saison : deux saisons sont considérées, pluies de décembre à juillet ou sèche d'aout à novembre.
- Liées à la morphologie du cours d'eau à la station : largeur, profondeur, substrat, végétation marginale, présence de débris et de macrophytes,
- Liées aux caractéristiques physico-chimiques à la station : courant, conductivité, oxygène dissous, pH, transparence, turbidité, température.

Le tableau complet des données est fourni en annexe.

3. Traitement des données

Etape 1 : Préparation des données :

Les données sont tout d'abord transformées pour les rendre aptes à rentrer dans des analyses statistiques. D'une manière générale on tente de les normaliser. La plupart se prêtent à une normalisation avec des transformations log ou racine carré ou même avec des puissances inférieures à 1. Ces transformations permettent le calcul de régressions linéaires. Quelques unes, qui contiennent un grand nombre de 0 ont été transformées en descripteurs qualitatifs. Les transformations effectuées apparaissent dans les Tableau 2 et Tableau 3.

Variable	Code	Transformation	Normalisation (test de Lilliefors)
CPUE	CPUE2LOG	Double log	0.945
Diversité de Simpson	ISLOG	log	1.000
Equitabilité	EQ06	$x^{0.6}$	1.000
Richesse (résidu de la rel. N-R)	TOTRICH06	$x^{0.6}$	0.620
Abondances :			
Anostomidae	ANOS03	$x^{0.3}$	0.588
Auchenipteridae	AUCH02	$x^{0.2}$	1.000
Characidae	CHAR	x	0.898
Cichlidae	CICHQ	0=absent ; 1=présent	
Curimatidae	CURIQ	1 : 0 ; 2 : ≤25 ; 3 : ≤50 ; 4 : ≤70 ; 5 : >70	
Gymnotidae	GYMNQ	0 : absent. 1 : présent	
Siluriformes benthiques	SILU03	$x^{0.3}$	0.284
Detritivores	DETR05	racine	0.206
Ichthyophages	ICHT02	$x^{0.2}$	0.357
Invertivores aquatiques	INVAQ	1 : 0 ; 2 : ≤10 ; 3 : ≤19 ; 4 : >20	
Invertivores terrestres	INVT06	$x^{0.6}$	0.926
Omnivores	OMNI04	$x^{0.4}$	1.000
Végétariens	VEGELOG	log (x+1)	0.268
Richesses			
Anostomidae	RANO07	$x^{0.7}$	0.576
Auchenipteridae	RAUCH05	racine	0.473
Characidae	RCHAR	x	0.770
Cichlidae	RCICH	Idem CICHQ	
Curimatidae	RCURIQ	0 : absent ; 1 : présent	
Gymnotidae	RGYMNQ	Idem GYMNQ	
Siluriformes	RSILU08	$x^{0.8}$	0.320
Detritivores	RDETR	x	0.833
Ichthyophages	RICHTLOG	Log(x+1)	0.933
Invertivores aquatiques	RINVAQ	0 : absent ; 1 : présent	
Invertivores terrestres	RINVTLOG	Log(x+1)	0.753
Omnivores	ROMNI12	$x^{1.2}$	0.606
Végétariens	RVEGE	x	0.645

Tableau 2. Transformation des descripteurs des peuplements.

Variable	Code	Transformation	Lilliefors
Aire spécifique	AIRSPELOG	log	0.027
Distance à l'embouchure	DISTEMB02	$x^{0.2}$	0.118
Influence de la marée	MAREEQ	1=oui ; 0=non	
Saison	SAISON	1= pluies ; 0=sèche	
Largeur moyenne	LARGLOG	log	0.657
Couverture végétale moyenne	COUVTR	1/racine	0.315
Diversité des substrats	DIVSUBSQR	racine	0.273
Courant moyen au centre	COURMOY	x	0.219
Profondeur moyenne au centre	PROFMOYLOG	log	0.913
Profondeur moyenne des filets	PROFILOG	log	0.826
Conductivité	V_RACCOND	Racine carrée	
Oxygène dissous	OD	x	0.637
PH	PH	x	0.485
Transparence	TRANS04	$x^{0.4}$	0.176
Turbidité	TURB02	$x^{0.2}$	0.207
Température	TEMP	x	0.003
Macrophytes	MACRQ	0=absent, 1=présent	
Débris	DEB	Proportion de points	0.326
Substrat	roche	ROCH	Proportion de points
	gravier	GRAV	0.000
	sable	SABL	0.020
	vase	VASE	0.001
	litière	LITI	0.014
	embacle	EMBA	0.000
Végétation	Basse	V2BASSE	Proportion de points
	Moyenne	V3MOY	0.000
	Haute	V4HAUTE	0.056

Tableau 3. Transformations des variables d'habitat.

Etape 2 : Recherche des relations descripteurs-variables.

Il s'agit là de rechercher des relations entre l'habitat aquatique et les peuplements de poissons **dans les conditions naturelles**. On utilise donc pour ce faire **uniquement les données provenant des échantillons considérés *a priori* non perturbés**. Cette liste apparaît dans le Tableau 1. De plus, pour éviter de prendre en compte des modifications de variables d'habitat par le fait de perturbations, nous excluons de cette recherche de relations les variables d'habitat susceptibles d'être modifiées par les perturbations. En pratique cela revient à exclure toutes les variables physico-chimiques : Oxygène dissous, pH, conductivité, transparence, turbidité et température. D'autres variables sont susceptibles d'être modifiées par certains types de perturbations telles que celles liées à la végétation marginale, le substrat, le courant, la présence de débris, mais il s'agit là d'effets plus indirects qu'il était impossible de traiter de manière différentielle avec une série de données aussi limitée.

Nous calculons les regressions entre chacune des métriques des peuplements de poissons et les variables d'habitat en utilisant la méthode de la régression pas à pas vers l'avant (stepwise, forward)

Les relations obtenues sont les suivantes :

variable	relation	p	Normalité des résidus
CPUE		0.062	
Richesse		0.086	
IS	$0.362+0.769*COUV-0.002*DEB+0.007*VBASSE$	0.001	0.079
EQ	$0.241+0.333*COUV+0.003*VBASSE$	0.022	0.538
ANO	$2.994-0.511*AIRSPE-0.004*DEB+0.818*DISTEMB-1.182*DIVSUB-0.304*MACR+0.044*VASE+0.01*VBASSE$	0.000	0.414
AUCH	$0.42+0.004*DEB-0.416*DISTEMB+0.736*DIVSUB+0.746*PROFMOY$	0.000	0.628
CHAR	$-86.165+0.272*DEB+40.734*DIVSUB+19.722*LARG+1.067*SABL-2.406*VASE+0.347*VBASSE$	0.000	1.000
CICH	$0.978-0.019*ROCH-0.309*SAISON$	0.003	0.021
CURI	$2.601-0.02*LITI-0.73*SAISON$	0.000	0.050
GYMN	$3.372-0.873*DIVSUB+0.52*LARG+0.277*MAREE-0.528*PROFIL-0.995*PROFMOY-0.012*SABL$	0.000	0.206
SILUR	$2.113+1.005*COUV+0.494*MACR-0.342*PROFIL+0.014*GRAV-0.015*SABL-0.009*VMOY$	0.001	0.046
DETR	$9.206+1.958*AIRSPE-2.74*DIVSUB-2.382*LARG-0.054*SABL-2.131*SAISON$	0.000	0.485
ICHT	$0.314+0.51*COUV+0.478*DIVSUB+0.369*MACR+0.005*LITI$	0.007	0.174
INVA	$-1.626+1.884*COUV+1.407*DIVSUB-0.79*SAISON+0.017*VBASSE$	0.000	0.314
INVT-	$14.632-2.413*AIRSPE+0.044*DEB+7.21*DIVSUB+7.651*LARG+2.062*MAREE+0.175*SABL-0.367*VASE$	0.000	0.300
OMNI	$9.563-0.015*DEB-3.612*DIVSUB-0.659*MAREE-0.048*SABL+0.142*VASE+0.07*EMBA+1.414*SAISON$	0.000	0.011
VEGE	$1.893-0.008*DEB-0.925*PROFMOY-0.006*VHTE$	0.001	1.000
RANO	$15.909-0.919*AIRSPE+0.022*COUR-3.594*DIVSUB-1.537*PROFIL+0.091*ROCH+0.08*GRAV$	0.000	0.686
RAUCH	$5.51-1.477*DISTEMB+0.539*MAREE+0.043*GRAV+0.726*SAISON$	0.000	0.592
RCHAR	$-13.531+0.09*COUR-0.1*DEB+11.054*DISTEMB+10.316*PROFMOY-0.359*GRAV+0.18*SABL+4.705*SAISON$	0.000	1.000

RCURI	$0.129-0.005*DEB+0.412*DISTEMB-0.022*SABL-0.03*VASE$	0.000	0.048
RSILU	$16.49-3.489*PROFIL-0.213*VASE$	0.003	0.138
RDETR	$21.074-0.331*GRAV-8.255*SAISON+0.142*VMOY$	0.000	0.941
RICHT	$-0.024+0.002*DEB+0.502*DIVSUB+0.168*MAREE+0.148*PROFMOY+0.01*LITI-0.006*EMBA$	0.000	1.000
RINVA	$-0.025+1.323*COUV-0.015*ROCH-0.011*LITI+0.015*VBASSE$	0.000	0.470
RINVT	$1.181+0.003*COUR$	0.001	0.921
ROMNI	$71.806+1.952*AIRSPE-29.518*COUV-15.977*DIVSUB+0.68*GRAV-0.243*VMOY$	0.000	0.659
RVEGE	$13.843+4.696*MACR-4.126*MAREE$	0.009	0.904

Etape 3 : Calcul des résidus

L'application des relations établies à l'étape précédente à l'ensemble des échantillons (perturbés et non perturbés) permet de calculer les résidus de chaque échantillon par rapport à l'équation trouvée. Le résidu est la différence entre la valeur observée et la valeur calculée par la relation.

Etape 4 : Identification de métriques pertinentes pour l'indice

La métrique pertinente est celle qui sépare les échantillons provenant de stations perturbées à ceux provenant de stations non perturbées. Des tests t sont alors pratiqués pour comparer les valeurs moyennes de chacun des descripteurs entre les deux groupes d'échantillons.

Lorsqu'aucune relation n'a été trouvée entre le descripteur et des variables d'habitat pendant l'étape 2, la valeur initiale du descripteur est utilisée. Dans le cas contraire on utilise le résidu de la relation trouvée. Sont retenus pour l'indice les descripteurs qui génèrent une différence significative entre les deux groupes de stations.

Les descripteurs dont les résidus présentent une différence significative entre stations perturbées et non perturbées sont les suivantes :

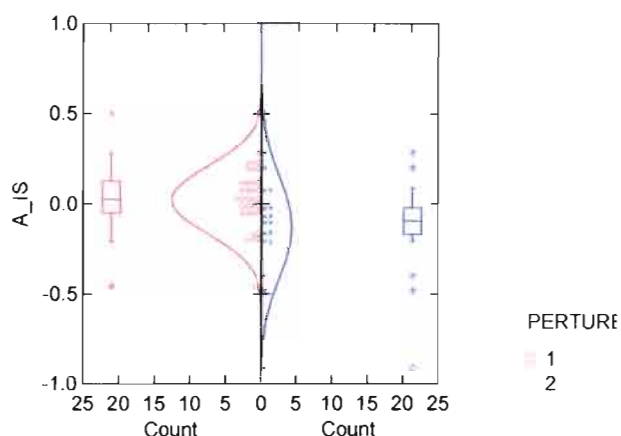
- 1** : CPUE, plus faible dans les stations perturbées
- 2** : Diversité (IS), plus faible dans les stations perturbées
- 3** : % d'individus Anostomidae (ANO) plus élevé dans les stations perturbées
- 4** : % d'individus ichthyophages (ICHT), plus faible dans les stations perturbées
- 5** : % d'individus consommateurs d'invertébrés aquatiques (INVA), plus faible dans les stations perturbées
- 6** : % d'espèces Anostomidae (RANO), plus élevé dans les stations perturbées
- 7** : % d'espèces Omnivores (ROMNI), plus élevé dans les stations perturbées

Et les tests statistiques correspondants sont :

Two-sample t test on A_IS grouped by PERTURB

Group	N	Mean	SD
1	36	0.024	0.187
2	17	-0.131	0.276

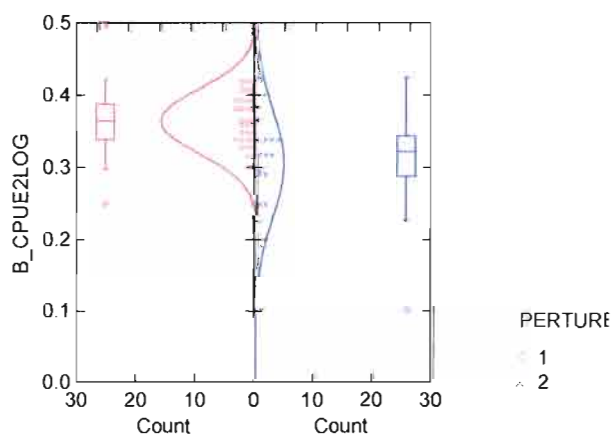
Separate Variance t = 2.108 df = 23.2 Prob = 0.046
 Difference in Means = 0.155 95.00% CI = 0.003 to 0.308
 Pooled Variance t = 2.417 df = 51 Prob = 0.019
 Difference in Means = 0.155 95.00% CI = 0.026 to 0.284



Two-sample t test on B_CPUE2LOG grouped by PERTURB

Group	N	Mean	SD
1	36	0.364	0.044
2	17	0.305	0.073

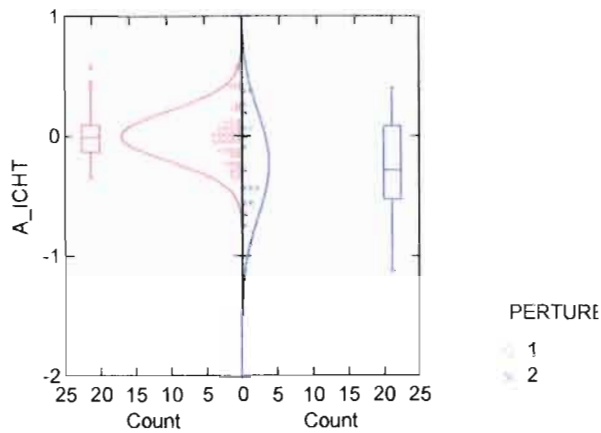
Separate Variance t = 3.066 df = 21.8 Prob = 0.006
 Difference in Means = 0.059 95.00% CI = 0.019 to 0.099
 Pooled Variance t = 3.635 df = 51 Prob = 0.001
 Difference in Means = 0.059 95.00% CI = 0.026 to 0.091



Two-sample t test on A_ ICHT grouped by PERTURB

Group	N	Mean	SD
1	36	0.004	0.212
2	17	-0.231	0.435

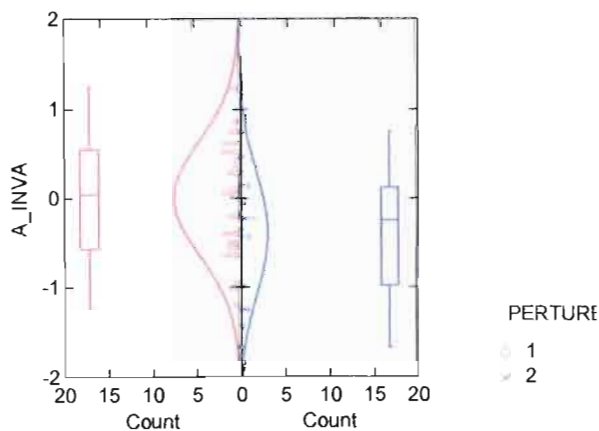
Separate Variance t = 2.115 df = 19.7 Prob = 0.047
 Difference in Means = 0.235 95.00% CI = 0.003 to 0.468
 Pooled Variance t = 2.664 df = 51 Prob = 0.010
 Difference in Means = 0.235 95.00% CI = 0.058 to 0.413



Two-sample t test on A_ INVA grouped by PERTURB

Group	N	Mean	SD
1	36	0.006	0.650
2	17	-0.392	0.698

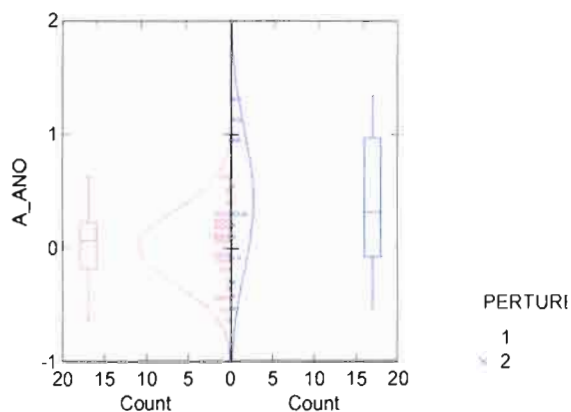
Separate Variance t = 1.979 df = 29.5 Prob = 0.057
 Difference in Means = 0.398 95.00% CI = -0.013 to 0.808
 Pooled Variance t = 2.032 df = 51 Prob = 0.047
 Difference in Means = 0.398 95.00% CI = 0.005 to 0.791



Two-sample t test on A_ANO grouped by PERTURB

Group	N	Mean	SD
1	36	0.008	0.326
2	17	0.417	0.615

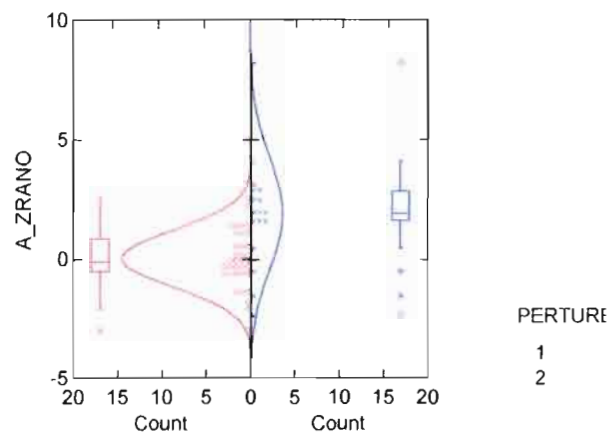
Separate Variance t = -2.575 df = 20.4 Prob = 0.018
 Difference in Means = -0.409 95.00% CI = -0.740 to -0.078
 Pooled Variance t = -3.173 df = 51 Prob = 0.003
 Difference in Means = -0.409 95.00% CI = -0.667 to -0.150



Two-sample t test on A_ZRANO grouped by PERTURB

Group	N	Mean	SD
1	35	0.002	1.198
2	17	1.924	2.338

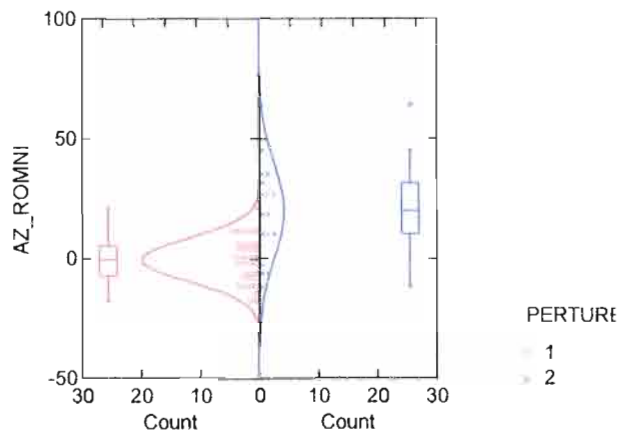
Separate Variance t = -3.191 df = 20.2 Prob = 0.005
 Difference in Means = -1.921 95.00% CI = -3.177 to -0.666
 Pooled Variance t = -3.937 df = 50 Prob = 0.000
 Difference in Means = -1.921 95.00% CI = -2.901 to -0.941



Two-sample t test on AZ_ROMNI grouped by PERTURB

Group	N	Mean	SD
1	36	-0.003	9.042
2	17	20.380	20.17

Separate Variance t =	-3.981	df =	19.1	Prob =	0.001
Difference in Means =	-20.383	95.00% CI =	-31.095 to	-9.670	
Pooled Variance t =	-5.109	df =	51	Prob =	0.000
Difference in Means =	-20.383	95.00% CI =	-28.392 to	-12.373	



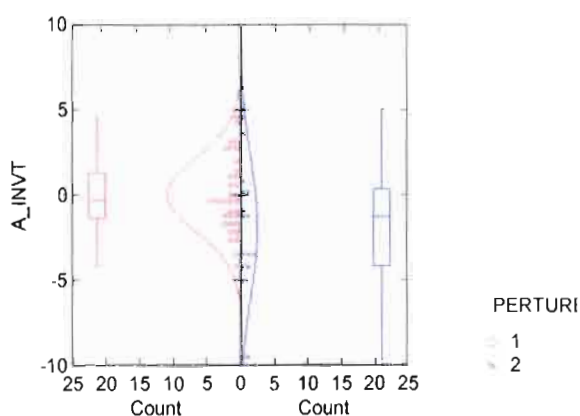
A ces 7 métriques nous ajoutons la métrique consommateurs d'invertébrés terrestres dont le test est à la limite de la signification mais qui semble importante pour séparer certains échantillons perturbés.

8 : % d'invidus consommateurs d'invertébrés terrestres, plus faible dans les échantillons perturbés.

Two-sample t test on A_INVT grouped by PERTURB

Group	N	Mean	SD
1	35	0.013	2.148
2	17	-1.880	4.212

Separate Variance t = 1.746 df = 20.1 Prob = 0.096
 Difference in Means = 1.893 95.00% CI = -0.368 to 4.153
 Pooled Variance t = 2.156 df = 50 Prob = 0.036
 Difference in Means = 1.893 95.00% CI = 0.130 to 3.656



Nous disposons ainsi de 8 métriques desquelles 6 diminuent sous l'effet de perturbations et deux augmentent. La capture totale, la diversité, les abondances relatives d'ichtyophages, d'invertivores aquatiques et terrestres sont sensibles aux perturbations. A l'opposé les Anostomidae et les omnivores semblent résistants aux atteintes aux milieux.

Etape 5 : Construction de l'indice.

Pour le calcul d'un indice il faut que les différents descripteurs aient un poids identique. Pour équilibrer les poids des métriques, nous standardisons les résidus, c'est à dire que nous faisons une transformation centrée-réduite de la distribution de chacune des **métriques dans les échantillons non perturbés**. (On soustrait la moyenne de la distribution à chaque valeur et on divise la différence par l'écart type, on obtient alors une distribution de moyenne 0 et d'écart type de 1). Pour les échantillons perturbés on applique la même transformation en utilisant moyenne et écart type de la distribution dans les stations non perturbées.

Une note est ensuite attribuée pour chaque valeur de chaque métrique à partir de l'échelle suivante proposée par le programme indice biotique France :

Pour les métriques dont la valeur diminue sous l'effet de perturbations :

Note 5 : ≥ -1.15

Note 4 : compris entre -1.15 et -1.28

Note 3 : compris entre -1.28 et -1.44

Note 2 : compris entre -1.44 et -1.64

Note 1 : compris entre -1.64 et -1.96

Note 0 : < -1.96

Pour les métriques dont la valeur augmente sous l'effet de la perturbation :

Note 5 : ≤ 1.15

Note 4 : compris entre 1.15 et 1.28
Note 3 : compris entre 1.28 et 1.44
Note 2 : compris entre 1.44 et 1.64
Note 1 : compris entre 1.64 et 1.96
Note 0 : > 1.96

L'avantage est que chaque métrique a ainsi le même poids dans l'indice final puisque les notes correspondent à la même déviation par rapport à la situation de référence. Une note de 0 a 5% de chances d'être observée dans un échantillon non perturbé, une note de 1, 10% de chances, etc.

L'indice proposé est alors une combinaison additive toutes les métriques.

A l'examen du tableau on constate que à partir de la notation adoptée et pour la gamme de perturbations incluse dans l'analyse, une métrique (% d'ichtyophages) n'est pas discriminante, certaines sont peu discriminantes telles la cpue ou le % d'invertivores aquatiques. En revanche certaines métriques sont prépondérantes comme le % de richesse d'Anostomidae ou d'Omnivores.

Cependant, d'une manière générale, les échantillons se trouvent correctement positionnés sur un gradient non perturbé – perturbé.

Il y a cependant quelques échantillons dont la position n'est pas celle attendue.

Ainsi Langa Tabiki en juin et le Maroni à l'aval de Maripasoula en janvier se retrouvent plutôt parmi des échantillons non perturbés. La grande taille du fleuve favorise peut-être une mitigation des effets des perturbations dans certaines situations.

A l'inverse en juillet 98 la Kounana aval et l'Orapu aval sont proches des échantillons perturbés. De nouveaux échantillons seraient nécessaires pour confirmer cette apparente dégradation de ces milieux.

Il faut également tenir compte d'un certain nombre de facteurs qui, hors toute perturbation, peuvent influencer les peuplements de poissons :

- La variabilité naturelle des peuplements de poissons. Les peuplements sont en effet constitués de populations dont l'abondance fluctue en fonction de paramètres difficilement cernables y compris du fait des relations interspécifique au sein de la communauté.
- L'effet de facteurs climatiques, météorologiques ponctuels peuvent influencer sur la capture dans un site et un jour donné. Par exemple une forte pluie soudaine ou une pleine lune avec un ciel dégagé sont des facteurs qui jouent sur l'efficacité des filets maillants.
- Les aléas de la pêche elle-même. On sait que les filets maillants sont engins très sélectifs et peu efficaces et qui, pour être des engins passifs, sont directement dépendants du comportement des poissons.
- Par ailleurs, il faut bien garder à l'esprit que l'indice proposé ici n'est que préliminaire. En effet le nombre de points utilisé pour établir des relations statistiques est probablement insuffisant et il est absolument nécessaire que ces données soient abondées dans le futur en vue de l'amélioration de cet indice.
- Enfin il n'est pas exclu que notre séparation *a priori* entre échantillons perturbés et non perturbés ne soit pas exacte. Certaines stations ou échantillons dans des stations peuvent se trouver perturbés sans que leur état soit visible de manière évidente. Ainsi les échantillons pratiqués dans la Malmanoury considérés non perturbés, sont tous deux relativement mal placés dans l'échelle avec des scores de 30 et 29. Selon Mérona

(1999 ;2001) cette rivière ne serait effectivement pas perturbée par l'activité industrielle du Centre Spatial mais en revanche aurait souffert des conditions hydrologiques de l'année 1998 frappée par le phénomène El Niño.

Hors ces quelques cas et hormis ces reserves, on obtient donc là un indice de qualité des milieux aquatiques basé sur les peuplements de poissons qui semble satisfaisant pour une première approche de la qualité des rivières de Guyane.

Etat	STATION	CPUE	IS	ANO	ICHT	INVA	RANO	ROMNI	INVT	indice
1	oyaA0599	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	oraA0798	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	comA0499	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	roro0698	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	comB0499	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	taka1198	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	oraB1298	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	comB1098	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	tamp0699	5	5	5	5	5	5	5	5	40
1	camo1198	5	5	5	5	4	5	5	5	39
1	oraA1298	5	5	5	5	5	5	5	3	38
1	kouA1298	2	5	5	5	5	5	5	5	37
1	kouA0798	1	5	5	5	5	5	5	5	36
1	camo0599	5	5	5	5	5	5	5	0	35
1	kour1298	5	5	5	5	5	5	0	5	35
2	lang0699	5	5	0	5	5	5	5	5	35
1	kouB1298	5	5	5	5	5	5	0	5	35
1	pere0499	5	5	5	5	5	5	0	5	35
1	comA1098	5	5	5	5	5	5	0	5	35
1	kour0699	5	5	5	5	5	5	0	5	35
1	marA0199	5	5	5	5	5	5	0	5	35
1	taka0699	5	5	5	5	5	5	0	5	35
1	gini0199	5	5	5	5	5	5	0	5	35
2	marB0199	5	5	5	5	5	0	5	5	35
1	dalle1199	5	5	4	5	5	0	5	5	34
1	pere0500	5	5	5	5	5	3	5	0	33
1	saul1299	5	5	5	5	5	5	0	3	33
1	marA0699	5	0	5	5	5	3	5	5	33
1	saul0698	5	5	5	5	5	5	0	2	32
2	karo0500	5	5	5	5	5	2	0	5	32
1	oyaB0599	5	5	1	5	5	0	5	5	31
1	dalle0699	5	5	1	5	5	5	0	5	31
1	roro1198	5	0	5	5	5	5	5	0	30
1	malm0499	5	5	5	5	5	5	0	0	30
2	lang1099	5	5	0	5	5	5	5	0	30
2	lebl0699	5	5	5	5	5	0	0	5	30
2	pini0199	5	5	5	5	5	0	0	5	30
2	son0199	5	5	5	5	5	0	0	5	30
1	malm0500	5	4	5	5	5	5	0	0	29
1	tamp0199	5	5	5	5	5	4	0	0	29
1	gini0699	5	5	5	5	5	3	0	1	29
2	pini0699	5	5	5	5	5	0	0	4	29
1	oraB0798	5	4	2	5	5	3	0	5	29
1	kouB0798	0	5	5	5	5	0	5	3	28
2	marB0699	5	0	5	5	5	2	0	5	27
2	son0699	5	5	5	5	5	1	0	0	26
2	ven0698	5	5	5	5	5	1	0	0	26
2	lebl1298	2	4	5	5	4	0	0	5	25
2	kere0799	2	5	2	5	5	5	0	0	24
2	ven1298	5	5	0	5	1	1	5	0	22
2	karo0499	5	5	0	5	5	0	0	0	20
2	kere1299	5	0	0	5	4	5	0	0	19
2	karo0598	5	0	0	5	3	0	0	0	13

Tableau 4 . Indice biotique "poissons" pour les échantillons. En rouge les échantillons considérés *a priori* perturbés et en noir les échantillons considérés non perturbés.

Etape 6 : Validation dans le cas des effets du barrage de Petit-Saut

En vue de tester la validité de l'indice sur une station fixe, nous utilisons les données temporelles récoltées à la station Vénus sur le Sinnamary aval (EDF/ORSTOM-IRD)

Les métriques retenues dans l'étape précédente sont transformées de la même manière.

La distribution de chacune des métriques mesurées pendant la phase de référence (avant barrage) est centrée et réduite. Les métriques mesurées après fermeture du barrage sont transformées en soustrayant la moyenne et en divisant par l'écart type de la distribution des mêmes métriques de la phase pré-fermeture.

Les notes obtenues pour chaque métrique sont calculées de la même façon que précédemment en les comparant à l'échelle proposée.

Les résultats montrent que l'indice choisi réagit à la perturbation en dépit d'importantes variations d'un échantillon à l'autre (Tableau 5 et Figure 3).

L'indice diminue rapidement après la fermeture du barrage.

L'évolution de l'indice après barrage a été testée à l'aide du test de Mann-Witney. Les résultats apparaissent dans le Tableau 6.

Il apparaît qu'un retour à des valeurs d'indice comparables à celles observées avant barrage intervient environ un an après fermeture du barrage.

Il faut cependant noter qu'il existe une forte variabilité dans le temps de l'indice qui atteint des valeurs faibles tant dans la phase pré-fermeture que dans la phase de récupération. Là aussi il faut évoquer la variabilité naturelle des populations, les éventuels effets d'événements météorologiques ponctuels, les aléas de la pêche aux filets et l'aspect préliminaire de l'indice.

En tout état de cause cette observation montre bien qu'un suivi doit être constitué de mesures répétées de manière relativement fréquente et que l'on ne peut conclure sur la qualité d'un milieu aquatique à partir d'une ou deux valeurs isolées.

date	icpue	ipano	ipicht	ipiaq	irano	iromn	isi	ipite	INDICE
911210	5	5	5	5	5	5	5	5	40
920219	5	5	5	5	1	5	5	5	36
920407	5	5	5	4	5	5	5	5	39
920625	5	5	5	4	5	5	5	5	39
921202	5	5	2	4	5	5	1	5	32
930121	2	5	5	4	5	0	5	5	31
930217	5	5	5	4	5	5	3	3	35
930304	5	0	5	5	5	5	5	3	33
930429	5	5	3	5	5	5	5	5	38
930603	5	5	5	5	5	5	5	3	38
930728	5	5	5	5	5	5	5	5	40
931118	1	5	5	5	5	5	5	5	36
931222	5	5	5	5	4	5	5	5	39
940120	2	5	5	5	5	2	5	5	34
940218	3	5	5	5	5	5	5	5	38
940316	0	5	5	4	5	5	5	0	29
940420	2	5	5	5	4	5	5	0	31
940519	4	5	5	4	5	5	5	3	36
940623	3	5	5	5	5	5	5	1	34
940727	5	5	0	5	3	5	2	5	30
940922	1	5	5	5	0	5	5	5	31
941123	5	5	5	5	5	5	5	5	40
950124	5	5	0	4	5	5	5	4	33
950222	3	5	5	5	5	5	5	5	38
950320	5	5	2	5	5	5	5	1	33
950425	5	5	5	5	5	5	5	5	40
950523	5	5	5	5	5	5	5	5	40
950627	5	5	5	5	5	5	5	5	40
950809	5	3	5	4	5	5	5	3	35
951110	5	5	1	5	5	5	1	5	32
960216	5	5	0	5	1	5	5	5	31
960508	5	5	0	5	5	5	5	5	35
960906	5	5	5	5	5	5	5	5	40
961206	5	5	0	5	5	0	5	5	30
970704	5	5	5	5	4	5	5	5	39
971205	5	5	2	5	5	5	5	5	37
980625	5	5	2	5	5	5	5	5	37
981217	5	5	2	4	5	5	5	5	36
990710	5	5	3	5	5	5	5	5	38
991216	5	5	3	4	5	5	5	5	37
9990706	5	5	5	5	5	5	5	5	40

Tableau 5 . Résultat du calcul de l'indice pour la station Vénus (aval du Sinnamary). En rouge date de fermeture du barrage de Petit-Saut.

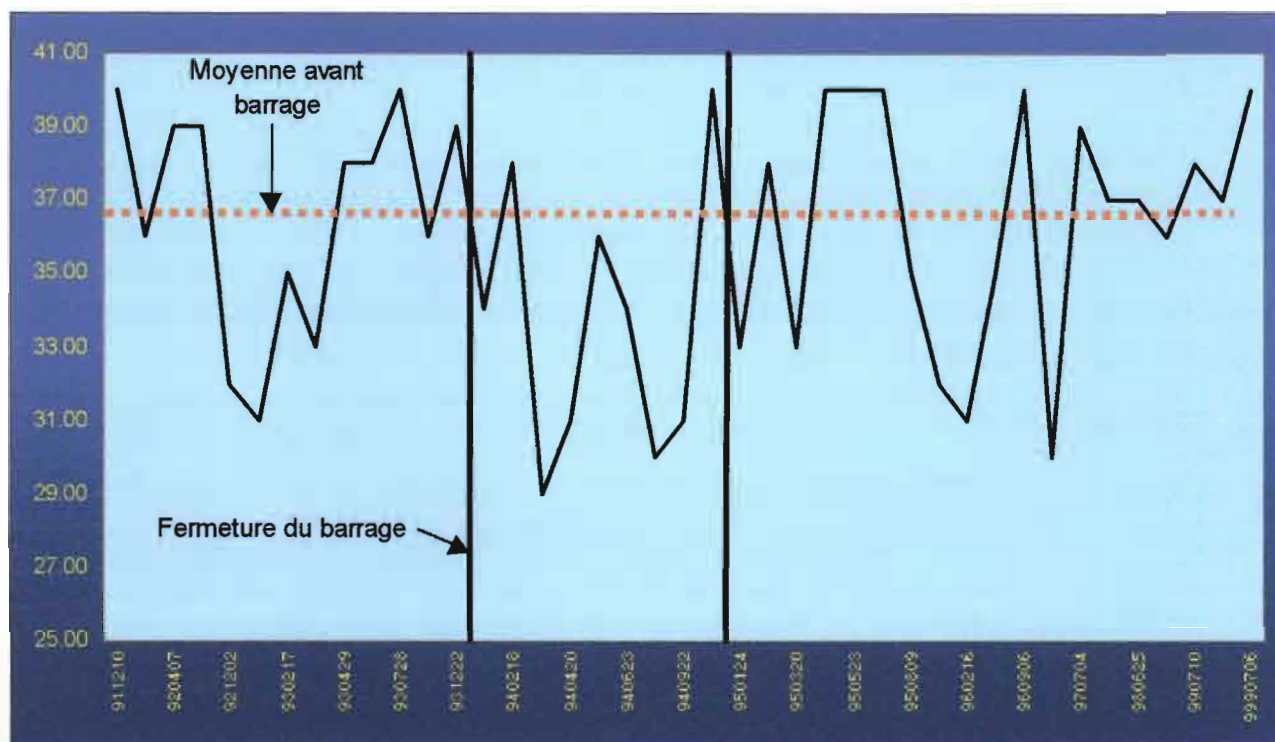


Figure 3. Evolution de l'indice poisson au niveau de la station Vénus sous l'effet de la fermeture du barrage de Petit-Saut.

Comparaison	Probabilité (test unilatéral)
Avant vs 4 mois après	0.039
Avant vs 5 mois après	0.046
Avant vs 6 mois après	0.035
Avant vs 7 mois après	0.015
Avant vs 9 mois après	0.008
Avant vs 11 mois après	0.033
Avant vs 12 mois après	0.025
Avant vs 13 mois après	0.036
Avant vs 14 mois après	0.028
Avant vs 15 mois après	0.064
Avant vs 16 mois après	0.121
Avant vs 17 mois après	0.195

Tableau 6. Test de comparaison entre la valeur de l'indice avant barrage et un nombre croissant de mois après fermeture.

Etape 7 : Hypothèses sur l'origine de la perturbation

Théoriquement, si la perturbation a une origine claire, c'est à dire qu'elle provoque une modification d'une ou un nombre limité de variables d'habitat, les résidus des relations précédentes avec les variables d'habitat doivent être corrélés avec la variable modifiée.

Dans le Tableau 7 figurent les différentes relations trouvées en regressant les résidus de chacune des métriques considérées avec les variables d'habitat susceptibles d'être modifiées par une perturbation.

Métrique	pH	Cond	Temp	Turb	Transp	O.D	liti	Veg. moy.	Veg haute	Macr	Deb
cpue						+		-	+		
Is											
ichty		-									
Invaq	+										
Invte		-	-		-						
Anos			+								
RAnos					-				-		
ROmniv		+				-		+			-

Tableau 7. Regressions entre les résidus des relations liant les descripteurs aux variables et les variables elle-mêmes.

Une conductivité élevée favorise les ichtyophages et les invertivores d'invertébrés terrestres et défavorise les omnivores. La transparence produit un effet négatif tant sur les invertivores terrestres (dont l'abondance relative diminue sous l'effet de perturbations) que sur la richesse relative en Anostomidae (qui augmente sous l'effet de perturbations). La végétation de bordure est liée à l'abondance totale et à la richesse spécifique en Anostomidae et en Omnivores. Une végétation pristine (haute), typique de milieux vierges favorise l'abondance totale des poissons.

La confrontation de ce tableau avec le tableau 4 permet d'aller plus loin dans l'interprétation. En effet, on constate tous les échantillons touchés par un orpaillage intensif (crique Leblond, Petit Inini et Saut Sonelle en janvier) sont caractérisés par des scores nuls pour les métriques richesses en espèces d'Anostomidae et d'omnivores à l'exclusion des autres. L'une diminue avec la transparence, l'autre augmente avec la conductivité, deux variables d'habitat particulièrement touchées par les activités d'orpaillage. Ce type d'observation pourrait permettre d'attribuer à une cause un indice biotique calculé à partir d'échantillonnage de poissons dans un site dont on ne connaît pas la qualité.

Etape 8 : Mise en œuvre de l'indice poisson

Il faut insister tout d'abord sur le caractère préliminaire de l'indice ainsi mis au point. En effet le nombre d'observations reste limité dans la mesure où la durée disponible pour proposer un indice était courte et ne prévoyait que deux échantillons dans chaque station. Or il est patent, à partir de l'observation de l'évolution de l'indice dans la série de prélèvements à la station Vénus, qu'il existe une importante part de la variabilité des peuplements de poissons qui ne dépend pas des changements de l'habitat. A cette variabilité il faut ajouter le caractère hasardeux de la pêche. Il est donc clair pour les auteurs que la mise en place d'un suivi de la qualité des milieux aquatiques en Guyane doit nécessairement s'accompagner de collectes visant à l'amélioration des relations entre l'habitat et les poissons.

Compte tenu des objectifs annoncés de l'étude deux directions peuvent être suivies pour la mise en œuvre de l'indice poisson.

Utilisation immédiate de l'indice pour des suivis:

- **Utilisation minimale.** En ne récoltant **que** les données de peuplement de poissons.

Les poissons capturés sont déterminés à l'espèce et leur nombre par espèce est relevé.

Les métriques sont centrées réduites à partir de la distribution fournie par les données des échantillons non perturbés de ce projet et l'indice est calculé en attribuant une note à chacune des métriques puis en sommant ces notes pour l'échantillon considéré.

Les notes sont attribuées selon une échelle de valeur. **Le processus de calcul sera automatisé de manière à éviter de possibles erreurs dans les calculs.**

Cette option est cependant critiquable lorsque l'on s'adresse à des sites non encore échantillonnés et donc, dont l'habitat est vraisemblablement différent de ceux déjà prospectés.

- **Utilisation souhaitable selon moyens et compétences disponibles.** En récoltant aussi des données sur l'habitat aquatique.

Avant la pêche, les paramètres constants de l'habitat aquatique dans la station sont relevés. Il s'agit de l'aire spécifique, la distance à l'embouchure, l'influence de la marée, la saison, la couverture végétale moyenne au dessus de l'eau, la largeur, la profondeur, le substrat, la présence de débris ou de macrophytes et la hauteur de la végétation. La pêche et le traitement des captures s'effectuent dans les mêmes conditions que pour la première option.

On calcule le résidu de la métrique par rapport à la relation habitat/peuplement établie dans ce travail sur les échantillons non perturbés. Puis la même procédure que dans l'utilisation précédente est appliquée. **Le processus de calcul sera également automatisé de manière à éviter de possibles erreurs dans les calculs.**

Dans les deux cas la procédure de calcul peut paraître complexe, mais en réalité elle peut très facilement être programmée de manière à éviter toute complication dans la mise en œuvre par une équipe technique.

Utilisation de l'indice dans l'optique d'une amélioration continue de sa précision.

La récolte de tous les paramètres de l'habitat aquatique en même temps que de l'échantillon du peuplement de poissons est indispensable.

Les relations entre variables d'habitat et métriques des peuplements de poissons sont alors périodiquement recalculées selon la méthodologie appliquée dans ce travail jusqu'à l'obtention d'un indice plus sensible en intégrant une plus grande variabilité des milieux et des peuplements en Guyane.

L'intervention de chercheurs est, dans ce cas, indispensable.

Dans tous les cas, et selon la méthodologie proposée, une équipe de 3 personnes entraînées peuvent effectuer le travail de collecte en 24h pour une station d'échantillonnage.

- Arrivée sur site à midi
- Echantillonnage de l'habitat l'après-midi
- A partir de 16h30 pose des filets
- A partir de 7h le lendemain relève des filets
- A partir de 9h jusqu'à midi, analyse des captures: détermination et comptage des poissons capturés.

Références bibliographiques

Karr, J.R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6(6) : 21-27

Tejerina Garro, F.L., Mérona B.de, 2000. Gill net sampling standardisation in large rivers of French Guiana (South America). *Bull. Fr. Pêche Piscic.* sous presse.

Mérona B.de, 1999. Surveillance de la faune ichtyologique dans la zone du centre spatial guyanais. Rapport final, Consultance institutionnelle N°99/CNES/2652. IRD : 24 p.

Mérona B. de, 2001. Surveillance de la faune ichtyologique dans la zone du centre spatial guyanais. Rapport final, Consultance institutionnelle N°99/CNES/2652 (avenant 2000). IRD : 37 p.

ANNEXE : TABLEAUX DES DONNEES BRUTES

station/cote	oxygene	conductivite	temperature	ph	transparence	turbidite	aire specifique	dist a l'embouchure	largeur	courant moy.	profondeur moy.	veget riv nulle	veget riv basse	veget riv moy	veget riv haute	veget riv inondée	substrat roche	substrat gravier	substrat sable	substrat vase	substrat liège	substrat entaille	substrat argile	debris	macrophyte	maree	salin	couverture	profondeur flet	diversité substrat
cam00599	8.25	24.10	25.15	6.31	75	17.20	5924	169	96.56	57.85	4.81	0.00	22.22	50.00	27.78	0.00	22.22	11.11	48.15	1.85	14.81	1.85	0.00	33.33	0.00	1	1	3.64	238.83	3.16
cam01198	5.93	33.85	28.05		40		5924	169	117.56	17.93	3.89	5.56	11.11	27.78	55.56	0.00	10.53	9.85	14.04	7.02	3.51	2.83	0.00	0.00	0.00	1	0	1.44	238.00	4.78
comA0499	5.94	17.75	24.20	5.40	59	15.21	1440	65	38.72	58.82	5.46	0.00	33.33	16.67	44.44	0.00	3.03	12.12	33.33	15.15	9.09	15.15	12.12	50.00	0.00	1	1	58.78	320.00	5.11
comA1098	4.89	32.85	28.75		109		1440	65	31.22	22.36	2.23	5.56	27.78	11.11	55.56	0.00	0.88	4.39	7.89	3.51	7.02	2.83	5.26	0.00	0.00	1	0	3.28		5.59
comB0499	5.86	15.85	24.20	5.18	58	14.80	1972	50	58.44	66.56	6.06	0.00	5.56	16.67	77.78	0.00	16.07	16.07	30.36	19.64	12.50	1.79	3.57	27.78	0.00	-1	1	10.17	407.52	5.01
comB1098	4.83	32.00	29.60		100		1972	50	65.44	33.54	4.81	0.00	0.00	5.56	94.44	0.00	7.02	3.51	14.04	14.04	11.40	7.89	3.51	0.00	0.00	-1	0	3.22	361.83	5.71
dalle0699	7.36	28.65	24.55	5.80	75	11.62	1830	143	39.52	85.23	4.40	0.00	11.11	33.33	55.56	0.00	18.18	15.15	36.36	9.09	9.09	12.12	0.00	27.78	0.00	1	1	9.83	295.40	4.56
dalle1199	5.52	28.40	26.50	6.43	90	8.00	1830	143	45.00	54.41	2.54	0.00	5.56	16.67	33.33	0.00	0.88	2.63	7.89	3.51	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	4.45	248.11	3.25
gini0199	6.28	41.55	26.00	6.49	90	16.37	2186	358	24.69	68.43	2.02	0.00	16.67	27.78	55.56	0.00	2.63	14.04	3.51	2.83	2.63	1.75	0.00	61.11	0.00	1	1	1.32	178.50	
gini0699	7.43	36.15	25.00	8.40	45	27.75	2186	358	28.22	94.04	4.84	0.00	38.89	27.78	27.78	5.56	0.00	31.43	40.00	8.57	5.71	8.57	5.71	16.67	5.56	1	1	26.28	337.33	3.57
karo0499	3.22	29.65	26.70	5.08	185	1.49	72	6	18.33	4.58	4.57	0.00	0.00	94.44	5.56	0.00	0.00	9.76	26.83	14.63	41.48	2.44	4.88	0.00	0.00	-1	1	2.56	357.67	3.60
karo0500	5.47	22.15	25.55	5.27	140	11.17	72	6	18.33	4.58	4.57	0.00	0.00	94.44	5.56	0.00	0.00	9.76	26.83	14.63	41.48	2.44	4.88	0.00	0.00	-1	1	2.56	396.00	3.60
karo0598	1.07	35.55	27.80		170		72	6	29.06		4.54	0.00	27.78	72.22	0.00	0.00	0.00	1.75	4.39	7.89	13.16	4.39	0.88	5.56	22.22	-1	1	1.33		3.79
kere0799	6.82	35.85	26.95	5.60	140	3.76	5995	65	100.50	54.99	6.04	0.00	0.00	55.56	44.44	0.00	31.67	8.67	36.67	0.00	6.67	16.67	1.67	16.67	0.00	1	0	3.67	341.33	3.68
kere1299	6.59	34.15	27.80	5.61	113	5.96	5995	65	155.78	27.48	5.23	0.00	5.56	27.78	66.67	0.00	21.43	9.52	30.95	0.00	7.14	30.95	0.00	22.22	0.00	1	0	3.75	344.11	3.97
kouA0798	4.65	16.45	24.70	5.54	115		84	60	15.06	22.30	2.62	0.00	16.67	55.56	27.78	0.00	0.88	5.26	5.26	5.26	14.91	1.75	0.00	77.78	5.56	-1	1	2.44		3.59
kouA1298	5.66	17.00	24.70	5.39	110	57.00	84	60	11.33	13.41	1.48	0.00	33.33	11.11	55.56	0.00	0.00	8.18	10.20	4.08	34.69	34.69	8.16	33.33	0.00	-1	0	2.17		3.76
kouB0798	4.85	17.75	24.55	5.47	118		143	55	27.56	26.04	4.57	0.00	11.11	38.89	50.00	0.00	0.00	2.63	5.26	3.51	7.02	8.77	1.75	77.78	0.00	-1	0	3.33		4.76
kouB1298	5.08	22.95	26.00	5.88	95	16.70	143	55				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1	0		273.50	
kour0699	8.89	24.35	24.55	5.92	103	8.63	1341	100	50.17	47.09	4.07	0.00	11.11	0.00	88.89	0.00	23.53	5.88	47.06	5.88	11.76	5.88	0.00	16.67	0.00	1	1	4.50	245.00	3.32
kour1298	8.63	22.10	25.00		55		1341	100	63.33	51.39	17.03	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	0.88	0.00	7.02	0.00	2.63	3.51	0.00	0.00	0.00	1	0	4.67		2.84
lang0899	8.20	24.80	26.80	6.13	53	31.35	57690	113	347.22	60.66	5.28	0.00	11.11	61.11	27.78	0.00	36.21	24.14	10.34	8.62	10.34	5.17	5.17	0.00	0.00	1	1	3.12	354.67	4.47
lang1099	5.79	29.80	30.90	6.78	85	9.86	57690	113	356.44	25.47	3.43	5.56	38.89	16.67	38.89	0.00	31.75	33.33	25.40	6.35	0.00	1.59	1.59	5.56	22.22	1	0	2.14	151.00	3.56
lebl0699	7.73	30.50	24.80	5.96	30	34.60	772	101	35.89	46.10	4.07	0.00	38.89	11.11	50.00	0.00	7.89	0.00	18.42	21.05	26.32	26.32	0.00	27.78	0.00	1	1	3.81	252.67	4.48
lebl1298	7.91	25.90	25.20		25		772	101	43.33	39.88	2.63	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	4.39	0.00	4.39	3.51	1.75	3.51	0.00	0.00	0.00	-1	0	5.33		4.65
malmo499	6.49	29.05	25.20	5.25	168	2.27	116	5	16.69	6.53	4.30	0.00	16.67	16.67	66.67	0.00	26.32	7.89	10.53	21.05	18.42	15.79	0.00	77.78	0.00	-1	1	15.19	335.67	5.27
malmo500	7.75	24.85	25.05	5.50	130	6.53	116	5	16.69	6.53	4.30	0.00	16.67	16.67	66.67	0.00	26.32	7.89	10.53	21.05	18.42	15.79	0.00	77.78	0.00	-1	1	15.19	304.83	5.27
marA0199	6.02	24.10	26.70	5.83	55	19.00	45798	305	316.56	81.46	4.14	5.56	16.67	27.78	50.00	0.00	1.75	7.02	19.30	8.77	6.14	1.75	2.83	44.44	0.00	1	1	2.22	284.50	4.08
marA0699	7.70	22.70	26.20	6.00	75	13.60	45798	305	192.11	45.23	6.13	0.00	38.89	11.11	50.00	0.00	23.53	8.82	42.65	8.82	8.82	5.88	1.47	16.67	0.00	1	1	3.75	432.33	3.78
marB0199	5.80	25.85	26.00	6.06	35	45.50	52848	288	144.00	40.81	5.37	0.00	22.22	44.44	33.33	0.00	0.00	18.42	14.04	15.79	7.02	1.75	0.00	61.11	5.56	1	1	3.81	295.33	3.88
marB0899	7.57	25.55	25.95	6.06	53	23.05	52848	288	290.33	66.72	6.29	0.00	50.00	16.67	33.33	0.00	0.00	21.13	40.85	16.90	15.49	5.63	0.00	5.56	33.33	1	1	6.81	392.33	3.74
oraA0798	6.15	20.95	24.90	5.92	80		499	60	28.50	43.84	2.91	0.00	11.11	27.78	61.11	0.00	0.00	2.63	5.26	3.51	8.77	3.51	8.77	77.78	0.00	-1	1	2.32		4.94
oraA1298	5.30	31.30	26.30	6.18	80	11.30	499	60	21.78	2.01	2.38	0.00	16.67	22.22	81.11	0.00	4.88	9.76	17.07	12.20	21.95	21.95	12.20	27.78	0.00	-1	0	2.11	216.77	5.98
oraB0798	5.69	21.10	24.95	5.82	70		639	60	35.39	51.16	2.32	0.00	5.56	44.44	50.00	0.00	4.39	2.63	4.39	6.14	12.28	0.88	10.53	100.00	0.00	-1	1	2.61		4.92
oraB1298	6.35	28.60	26.30	6.18	80	11.30	639	59	35.39	51.16		0.00	5.56	44.44	50.00	0.00	4.39	2.63	4.39	6.14	12.28	0.88	10.53	100.00	0.00	-1	0	2.81	181.95	4.92
oyaA0599	8.49	22.95	25.25	6.31	85	11.04	4110	168	106.40	57.56	6.98	0.00	11.11	16.67	27.78	0.00	12.12	12.12	60.61	6.06	9.09	0.00	0.00	38.89	0.00	1	1	14.00	344.67	2.45
oyaB0599	8.95	19.30	25.25	6.13	80	11.08	25120	68			5.83	0.00	5.56	38.89	55.56	0.00	12.70	11.11	42.86	11.11	15.87	6.35	0.00	38.89	0.00	1	1	3.78	410.50	3.94
pere0499	4.60	31.90	26.00	5.01	175	2.58	2978	28	7.94		7.30	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	27.78	5.56	44.44	22.22	0.00	66.67	0.00	-1	1	4.50	631.83	3.06
pere0500	6.49	24.45	25.85	5.19	198	3.60	2978	28	11.11	14.33	7.30	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	27.78	5.56	44.44	22.22	0.00	66.67	0.00	-1	1		453.17	
pini0199	5.84	39.25	25.15	6.37	20	39.00	1414	353			4.80	0.00	33.33	33.33	33.33	0.00	3.51	11.40	11.40	6.14	2.63	0.88	0.00	5.56	5.56	1	1	0.00	187.50	
pini0699	6.34	36.40	24.75	6.13	25	50.75	1414	353	24.27	50.19	4.80	0.00	33.33	33.33	33.33	0.00	2.63	8.77	27.19	4.39	4.39	0.88	0.88	11.11	0.00	1	1	31.11	359.33	3.85
roro0698	7.36	26.65	24.55	5.80	75	11.62	1345	170	39.78	16.61	3.51	0.00	5.56	44.44	44.44	0.00	4.39	7.89	13.16	0.00	2.63	4.39	0.00	44.44	0.00	1	1	2.08		2.80
roro1198	7.28	28.90	26.50		90		1345	170	31.00	60.57	1.83	0.00	5.56	16.67	77.78	0.00	3.51	7.89	26.32	3.51	14.04	0.88	6.14	5						

station/date	Case	nb esp.	richesse	Diversité	Equitabilité	%Arrostomidae	%Aucherkeridae	%Silybiformes	%Charadriidae	%Cichlidae	%Culmatidae	%Gymnotiformes	%Mentobius	%Chrysophages	%Invertebrate aquatilis	%Invertebrate terrestre	%omnivore	%vegetarien	%Rich. Arrost.	%Rich. Auchkerpt.	%Rich. Silur.	%Rich. Charac.	%Rich. Cichlidae	%Rich. Culmat.	%Rich. Gymnot.	%Rich. Dentit.	%Rich. Ichty.	%Rich. Inna.
camo0599	353	24	5.17	5.04	0.18	2.27	1.13	0.85	84.70	0.28	0.01	0.28	3.68	17.00	0.85	58.07	14.73	1.98	12.50	4.17	8.33	29.17	4.17	0.00	4.17	16.67	12.50	8.33
camo1198	170	25	-0.26	8.04	0.29	3.53	7.65	6.82	60.00	0.01	1.76	0.01	6.47	23.53	0.59	49.41	10.00	6.47	4.00	4.00	20.00	24.00	0.00	8.00	0.00	20.00	4.00	
comA0499	419	32	0.65	3.80	0.09	3.58	18.85	5.49	65.87	0.24	0.72	0.01	2.63	4.77	3.34	59.19	21.48	7.64	3.13	9.38	12.50	28.13	3.13	9.38	0.00	15.63	18.75	6.25
comA1098	205	31	2.21	12.31	0.38	1.46	6.83	9.76	46.83	3.90	12.20	2.44	19.51	19.51	22.44	15.61	13.17	9.27	6.45	3.23	19.35	19.35	3.23	9.68	3.23	19.35	19.35	6.45
comB0499	120	18	-3.27	4.30	0.19	2.50	37.50	3.33	45.00	0.01	2.50	0.01	6.67	10.00	0.01	69.17	9.17	5.00	5.56	16.67	5.56	22.22	0.00	5.56	0.00	11.11	38.89	0.00
comB1098	212	27	1.15	9.99	0.35	0.01	14.15	6.13	29.25	0.47	10.38	0.47	18.40	21.23	25.47	28.30	5.66	0.47	0.00	7.41	11.11	14.81	3.70	7.41	3.70	18.52	33.33	14.81
dale0699	159	23	3.54	13.50	0.57	10.89	3.14	0.01	45.28	0.01	16.35	0.01	25.79	3.14	0.01	35.85	18.87	16.35	13.04	8.70	0.00	38.13	0.00	13.04	0.00	17.39	13.04	0.00
dale1199	263	26	8.07	5.34	0.17	10.27	0.01	2.28	17.87	4.18	49.81	0.38	60.46	6.46	0.38	6.08	6.46	19.39	15.38	0.00	15.38	23.08	11.54	15.38	3.85	34.62	11.54	3.85
gini0199	311	42	9.81	17.92	0.41	7.72	3.54	8.36	43.41	4.18	23.47	0.96	28.30	13.18	3.22	25.72	17.68	9.00	9.52	4.76	16.67	26.19	9.52	7.14	4.76	19.05	14.29	7.14
gini0699	113	20	-4.76	5.91	0.26	15.93	3.54	5.31	50.44	0.01	0.01	0.01	0.01	26.55	0.88	14.16	42.48	15.93	20.00	10.00	15.00	40.00	0.00	0.00	0.00	15.00	15.00	5.00
kar0499	48	7	-1.67	4.68	0.61	22.92	20.83	0.01	6.33	10.42	0.01	0.01	0.01	41.67	0.01	0.01	31.25	27.08	14.29	14.29	0.00	0.00	14.29	0.00	0.00	0.00	42.86	0.00
kar0500	59	8	6.79	5.57	0.65	1.69	25.42	0.01	33.90	0.01	0.01	0.01	0.01	45.76	0.01	8.47	25.42	20.34	12.50	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.50	0.00
kar0598	18	3	0.46	2.00	0.50	16.67	16.67	0.01	66.67	0.01	0.01	0.01	0.01	66.67	0.01	0.01	16.67	16.67	33.33	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00
kere0799	123	11	-7.80	3.89	0.29	1.63	0.81	0.01	50.41	0.81	43.90	0.01	44.72	0.01	1.63	34.15	17.07	1.63	9.09	9.09	0.00	36.36	9.09	9.09	0.00	18.18	9.09	9.09
kere1299	159	13	-3.20	1.87	0.07	3.77	0.63	0.01	22.01	1.26	72.33	0.01	73.58	0.63	0.01	11.95	9.43	4.40	7.69	7.69	0.00	53.85	7.69	7.69	0.00	15.38	7.69	0.00
kouA0798	183	22	-8.11	5.70	0.22	2.73	13.11	57.92	0.55	6.01	4.92	6.56	28.96	8.74	40.98	9.84	4.37	4.55	9.09	9.09	13.64	4.55	9.09	4.55	13.64	31.82	9.09	9.09
kouA1298	163	26	1.62	13.04	0.48	15.34	7.98	19.02	34.36	5.52	0.61	3.68	10.43	25.77	8.59	22.09	13.50	17.18	7.69	7.69	15.38	7.69	3.85	3.85	7.69	19.23	23.08	7.69
kouB0798	431	22	-9.61	5.88	0.23	0.70	23.67	2.09	48.26	0.46	13.92	0.01	24.36	17.40	3.48	51.97	1.62	1.16	9.09	9.09	9.09	9.09	4.55	13.64	0.00	27.27	27.27	9.09
kouB1298	243	24	-3.18	7.36	0.28	0.82	21.40	16.46	48.56	1.65	2.88	0.41	7.00	38.27	12.35	37.04	4.12	8.33	8.33	20.83	4.17	4.17	4.17	4.17	16.67	25.00	8.33	8.33
kouB0999	96	15	-1.67	7.83	0.47	5.21	1.04	1.04	76.04	0.01	0.01	0.01	1.04	5.21	0.01	57.29	28.13	8.33	13.33	6.67	6.67	40.00	0.00	0.00	6.67	13.33	0.00	0.00
kouB1298	260	22	-0.47	4.66	0.17	5.00	24.23	5.38	15.00	0.38	41.54	0.01	44.23	1.54	0.01	31.15	13.48	8.85	9.09	4.55	13.64	36.36	4.55	9.09	0.00	13.64	9.09	0.00
lang0699	261	31	1.27	7.05	0.20	9.20	6.90	0.38	56.32	1.15	6.13	1.15	8.43	14.94	1.15	21.46	42.53	11.49	16.13	6.45	3.23	19.35	3.23	6.45	6.45	9.68	25.81	6.45
lang1099	123	29	4.53	17.25	0.58	12.20	6.50	9.76	34.96	1.63	8.94	0.01	21.14	12.20	4.07	19.51	23.58	15.45	10.34	3.45	17.24	20.69	3.45	6.90	0.00	24.14	10.34	6.90
lebl0699	96	20	4.97	8.89	0.42	24.42	2.33	1.16	48.84	0.01	10.47	3.49	11.63	11.63	1.16	27.91	19.77	27.91	15.00	10.00	5.00	25.00	0.00	10.00	10.00	15.00	15.00	5.00
lebl1298	158	16	-3.57	3.06	0.14	3.80	18.35	0.63	18.35	0.01	54.43	0.01	54.43	1.27	0.01	21.52	18.35	4.43	12.50	12.50	6.25	37.50	0.00	6.25	0.00	6.25	6.25	0.00
malin0499	200	15	2.65	3.23	0.16	3.50	78.50	2.00	9.00	2.00	0.50	0.01	1.50	11.50	0.01	2.00	79.50	3.50	13.33	20.00	13.33	6.67	6.67	0.00	13.33	26.67	0.00	0.00
malin0500	352	10	-3.81	2.10	0.12	0.57	84.94	0.85	10.23	0.01	0.01	0.01	0.85	11.36	0.01	1.42	64.94	1.42	10.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	40.00	0.00
marA0199	416	33	-2.61	12.29	0.35	0.96	4.81	2.64	72.36	0.48	8.17	0.48	11.06	13.70	0.48	38.70	28.85	2.88	3.03	6.06	9.09	39.39	6.06	12.12	3.03	18.18	12.12	3.03
marA0699	175	24	-4.40	3.57	0.11	1.71	1.14	1.14	85.71	0.01	0.57	0.01	2.86	7.43	0.57	61.14	24.57	2.29	12.50	4.17	8.33	37.50	0.00	4.17	0.00	8.33	16.67	4.17
marB0199	447	37	-0.19	11.84	0.30	3.36	19.02	1.79	46.53	0.22	10.07	0.22	22.15	7.38	0.67	36.24	26.62	4.70	13.51	5.41	8.11	27.03	2.70	10.81	2.70	13.51	13.51	5.41
marB0699	210	18	-11.92	3.96	0.17	1.90	4.76	2.86	87.14	0.01	0.01	0.48	0.01	3.81	1.43	59.05	31.90	2.86	11.11	11.11	27.78	33.33	0.00	0.00	5.56	0.00	11.11	11.11
oraA0798	172	12	-3.47	5.45	0.40	0.01	11.63	4.65	75.58	0.01	1.16	1.16	1.16	33.72	16.28	46.51	0.01	2.33	0.00	8.33	16.67	16.67	0.00	8.33	8.33	33.33	25.00	0.00
oraA1298	144	22	5.42	11.17	0.48	1.39	12.50	5.56	34.72	1.39	18.06	0.01	25.00	15.28	26.39	15.28	6.94	9.72	4.55	13.64	4.55	9.09	4.55	13.64	0.00	22.73	27.27	13.64
oraB0798	104	10	-3.83	2.96	0.22	1.92	36.54	3.85	53.85	0.01	0.01	0.01	1.92	11.54	0.01	80.77	3.85	1.92	10.00	20.00	20.00	10.00	0.00	0.00	10.00	40.00	0.00	0.00
oraB1298	218	18	-2.20	7.49	0.38	0.92	15.60	11.93	41.28	1.83	7.34	0.92	13.76	22.02	20.18	41.28	0.92	1.83	5.56	5.56	11.11	11.11	5.56	11.11	5.56	27.78	27.78	16.67
oyaA0599	280	23	-0.17	2.51	0.07	2.14	6.07	2.50	79.64	0.36	0.01	0.01	2.14	13.93	0.01	73.93	5.00	2.14	8.70	4.35	21.74	30.43	4.35	0.00	8.70	17.39	0.00	0.00
oyaB0599	128	21	1.50	5.46	0.22	2.34	6.25	0.78	67.97	0.01	0.01	0.01	5.47	50.00	0.78	33.59	3.13	3.91	14.29	4.76	4.76	33.33	0.00	0.00	0.00	4.76	19.05	4.76
pere0499	141	13	-1.00	4.62	0.30	0.01	32.62	1.42	36.88	0.01	0.01	0.01	26.24	4.96	0.01	21.28	46.10	1.42	0.00	23.08	7.69	23.06	0.00	0.00	0.00	15.38	38.46	0.00
pere0500	130	15	1.00	3.72	0.19	0.77	8.46	1.54	53.85	0.77	0.01	0.01	23.85	14.62	0.01	5.38	51.54	3.85	6.67	13.33	6.67	20.00	6.67	0.00	0.00	13.33	46.67	0.00
pini0199	59	19	-0.36	6.27	0.29	13.56	6.78	54.24	16.95	3.39	0.01	1.69	1.69	15.25	6.78	1.69	55.93	13.56	15.79	10.53	31.58	10.53	10.53	0.00	5.26	5.26	10.53	10.53
pini0699	93	19	-4.76	3.53	0.14	11.83	8.60	5.38	67.74	0.01	2.15	0.01	4.30	6.45	0.01	13.98	60.22	13.98	15.79	10.53	10.53	42.11	0.00	5.26	0.00	10.53	15.79	0.00
roro0698	1364	36	3.77	7.40	0.18	6.01	1.32	3.08	34.90	0.22	20.75	0.22	26.69	1.83	0.22	19.28	43.99	7.48	11.11	2.78	5.56	30.56	5.56	13.89	2.78	27.78	11.11	2.78
roro1198	367	30	5.71	2.66	0.06	1.91	0.54	3.27	13.08	0.54	60.76	0.27	69.21	4.36	0.27	7.08	5.72	11.99	10.00	3.33	20.00	23.33	6.67	6.67	3.33	23.33	10.00	3.33
saul0698	176	26	5.33	8.77	0.31	0.57	21.02	2.84	45.45	2.84	21.59	1.14	25.57	4.55	3.41	21.02	24.43	19.89	3.85	15.38	15.38	15.38	3.85	11.54	3.85	23.08	19.23	7.69
saul1299	60	19	4.69	8.65																								

ANNEXE 8

Etude bactériologique.

Christian GERARDHI



INSTITUT PASTEUR DE LA GUYANE

Convention
"Qualité des Eaux des Rivières de Guyane"



Etude bactériologique

Christian Gérardhi

Novembre 2000

1 - Technique de référence :

Les germes présents à l'état naturel dans les eaux profondes sont généralement en faible nombre. Il est donc indispensable de les concentrer pour effectuer une numération (Technique par filtration). Dans les eaux de surface, la présence des germes est plus importante et les techniques de recherche peuvent s'effectuer en milieu liquide ou en microplaques. Nous avons retenu cette dernière en raison de sa spécificité et de la méthode statistique permettant de déterminer avec une relative précision le nombre le plus probable de germes.

Localisation fleuve la Comté et crique Montabo

1.1 - Microplaques E. Coli et Entérocoques :

Les analyses ont été réalisées en quadruplate, au même point, en raison de la variation existant dans l'échantillon malgré l'homogénéisation préalable.

E. Coli	Moyenne	a	b	c	d	La COMTE
N/100ml	1026	951	1329	520	1224	
Entéro	Moyenne	a	b	c	d	La COMTE
N/100ml	29	0	38	78	0	
Entéro	Moyenne	A	B	C	D	MONTABO
N/100ml	251	253	253	253	245	
E. Coli	Moyenne	A	B	C	D	MONTABO
N/100ml	7175	5712	6581	9826	6581	

Des prélèvements supplémentaires ont dus être réalisés au niveau de la crique MONTABO en raison d'une trop faible contamination de la Comté en Entérocoques et de mesures inattendues lors de l'analyse au 3^{ème} jour.

La contamination par E. Coli, germe fécal intestinal des hommes et des animaux est le germe majoritairement retrouvé. Comme la population d'E. Coli est très supérieure à la population d'entérocoques chez l'homme, contrairement à ce qui est retrouvé chez l'animal, on en déduit que la pollution humaine, est majoritaire sur la Comté et au niveau de la crique Montabo.

1.2 - Recherche de Salmonelles et Shigelles sur 5 L :

Cacao (A) : positif à *Salmonella* sendai
 Crique Sourou (B) : positif à *Salmonella* Coeln
 Roura (C) : positif à *Salmonella* Alsa

Les trois prélèvements se sont avérés positifs à *Salmonelle*. Sendai est un sérotype responsable de fièvre typhoïde, il est strictement humain. Les autres sérotypes sont de l'espèce enterica (*Salmonella spp.*), responsable d'une symptomatologie de diarrhée, fièvre et vomissement. L'inoculum n'a pas été dosé. Cette découverte, menée en parallèle avec les prélèvements de la DDASS, montre une forte contamination des eaux de Guyane.

1.3 - Recherche d'ASR et de spores d'ASR (fleuve la Comté)

	A	B	C
Germes	200	100	200
Spores	700	100	0

Ces taux représentent une base chiffrée qu'il faudra compléter par d'autres points. Ils sont nettement moins importants que ceux qu'on trouve au niveau des eaux de rejet (Montabo, Montjoly).

2 - Influence de la Température (coli)

1.1 - Recherche des germes totaux aux températures de 30 et 44°C

	A	B	C
37°C	240	1500	11 000
44°C	240	240	1 100
42°C	930	93	2 400
30°C	240	430	240

La température optimale est 37°C, il n'existe pas de différence entre 42 et 44°C. La température de 30°C fait perdre en sensibilité une partie des indicateurs fécaux. Si une pousse à 44°C est nécessaire, il faut éviter de stresser les cellules et augmenter la température par paliers.

1.2 - Recherche des entérocoques par la même méthode aux températures de 37 et 44°C

	A	B	C
37°C	150	93	150
44°C	23	23	43

37°C est la température optimale de croissance. Si une pousse à 44°C est nécessaire, il faut éviter de stresser les cellules et augmenter la température par paliers.

1.3 - Recherche des germes totaux à 22, 30 et 37°C technique en profondeur et en surface (selon méthode normalisée), à des températures différentes, influence du pH.

37°C	A	B	C
PCA classique	1 530	1 610	1 900
PCA spiral	1 800	1 600	3 400
PCA ajustée au pH	530	1 320	1 670

30°C	A	B	C
PCA classique	3 200	4 300	4 100
PCA spiral	3 600	4 200	8 000
PCA ajustée au pH	2 200	3 200	5 000

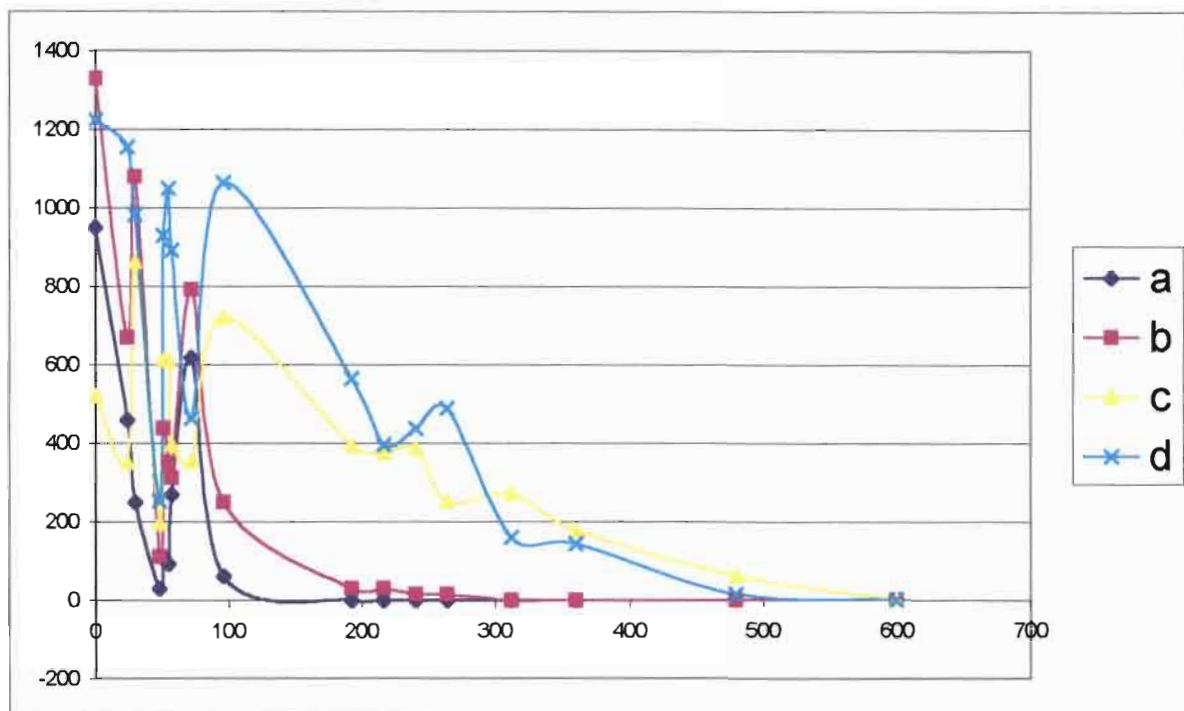
22°C	A	B	C
PCA classique	3 200	3 300	2 600
PCA spiral	2 800	3 000	5 600
PCA ajustée au pH	2 600	3 700	2 100

Le pH des eaux n'influence pas le décompte. La méthode normalisée donne des résultats sensiblement identiques à une technique en spiral. L'incubation à 30°C semble être plus adaptée aux eaux des pays tropicaux, la température de 22°C empêchant la pousse d'un quart des germes.

3 - Test de viabilité des E. Coli et des Streptocoques fécaux en milieu tropical :

E.Coli COMTE

		Heures	a (lumière + chaleur)	b (Obscurité + chaleur)	c (froid + Lumière)	d (froid + Obscurité)
02-mai		0	951	1329	520	1224
03-mai	8H30	24	460	670	350	1156
	14H	30	250	1079	863	983
04-mai	8H30	48	30	110	197	253
	12H	51	110	438	612	931
	15H30	55	93	350	612	1049
	18H	57	270	312	397	893
05-mai		72	619	791	355	465
06-mai		96	61	249	720	1064
10-mai		192	0	30	393	565
11-mai		216	0	30	375	397
12-mai		240	0	15	386	438
13-mai		264	0	15	251	489
15-mai		312	0	0	272	160
17-mai		360	0	0	179	144
22-mai		480	0	0	61	15
29-mai		600	0	0	0	0

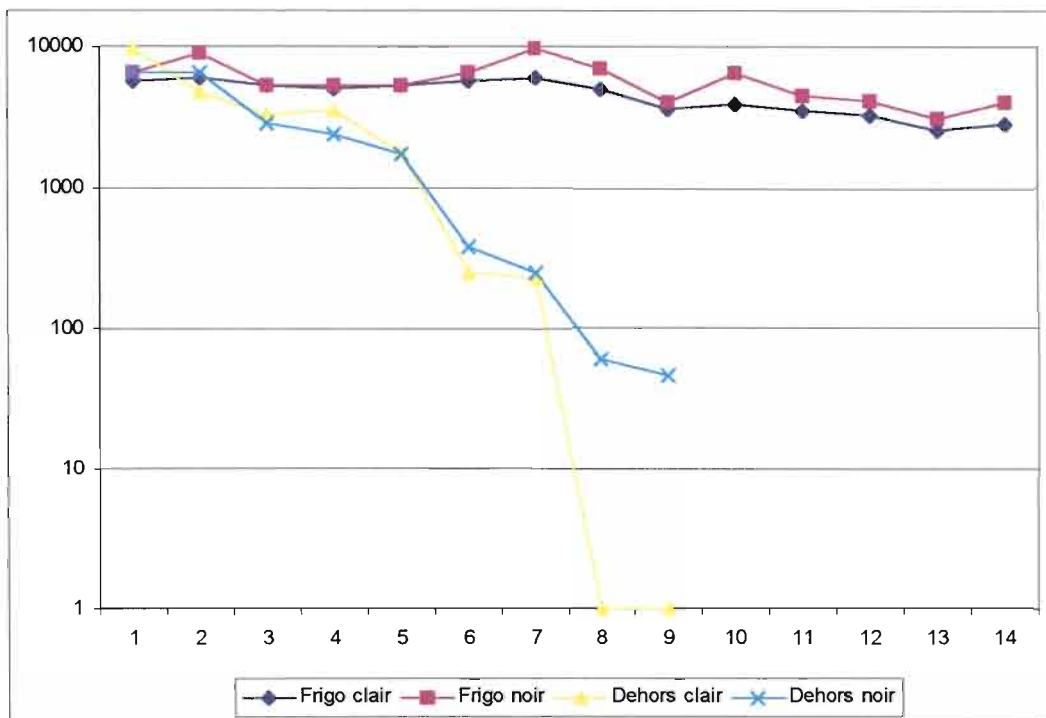
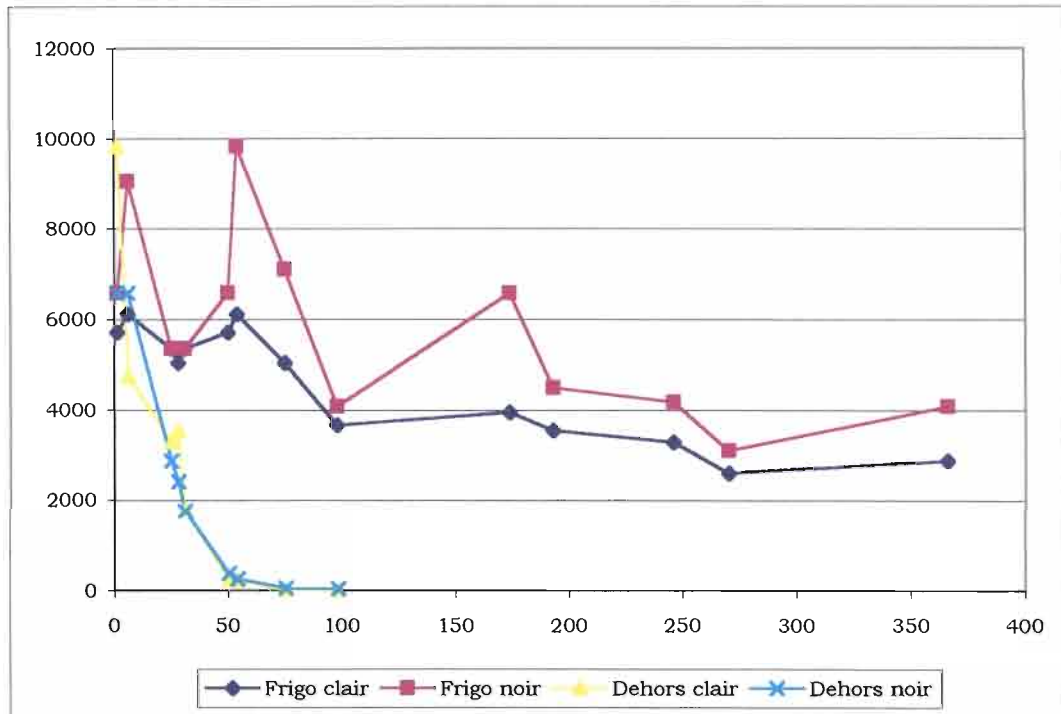


En milieu tropical la décroissance des *E. Coli* est nette au-delà de 12H00 après conservation de l'échantillon au chaud et à la lumière. On perd environ la moitié de la population en 12H00 et 2/3 en 24H00. La chute qu'on observe à 48H00 pour les échantillons conservés convenablement est sans doute due à un problème de manipulation, à moins que ce ne soit la mise en évidence, de la perte d'une population d'*E. Coli* « fragile » (SOLO-GABRIELE HM, *Sources of E. Coli in a coastal subtropical environment, Appl. And Env. Microb.* 2000), remplacée par une population résistante décrite par une équipe américaine en Floride.

La conservation est par contre remarquable au frais puisque ce n'est qu'au bout du 4^{ème} jour que la population bactérienne chute, d'à peine 20-25%, et cette population perdure une semaine à la lumière, voire 15 jours, sans l'action de la lumière. Il faut donc attendre une dizaine de jour pour voir une décroissance de la moitié de la population.

Par contre la chaleur, et à fortiori la potentialisation par le soleil détruit une population bactérienne d'un facteur 10^{-3} en 3 jours.

<i>E.Coli</i> Montabo			A	B	C	D
		Heures	Frigo clair	Frigo noir	Dehors clair	Dehors noir
28-août	9H	1	5712	6581	9826	6581
	14H	6	6119	9043	4753	6581
29-août	9H	25	5352	5352	3315	2873
	12H	28	5035	5352	3552	2422
	15H	31	5352	5352	1793	1756
30-août	10H	50	5712	6581	253	390
	14H	54	6119	9826	234	253
31-août	11H	75	5039	7101	1	61
01-sept	10H	98	3671	4074	1	46
04-sept	14H	174	3951	6581		
05-sept	9H	193	3552	4502		
07-sept	14H	246	3297	4179		
08-sept	14H	270	2601	3114		
12-sept	14H	366	2873	4074		



Strepto

COMTE

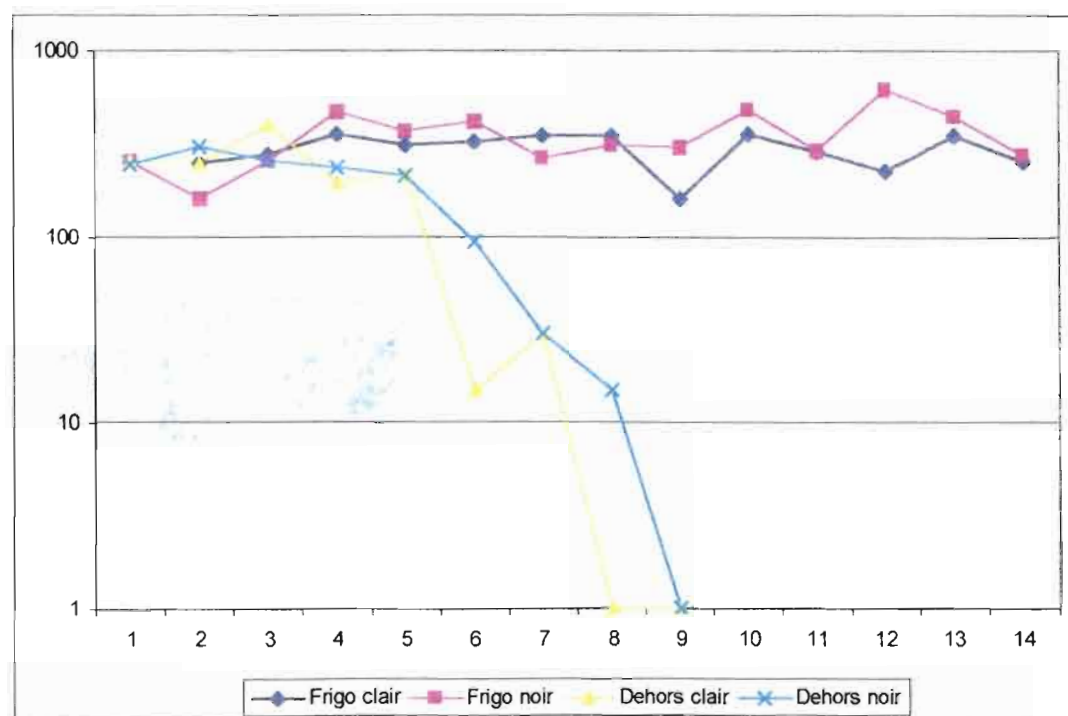
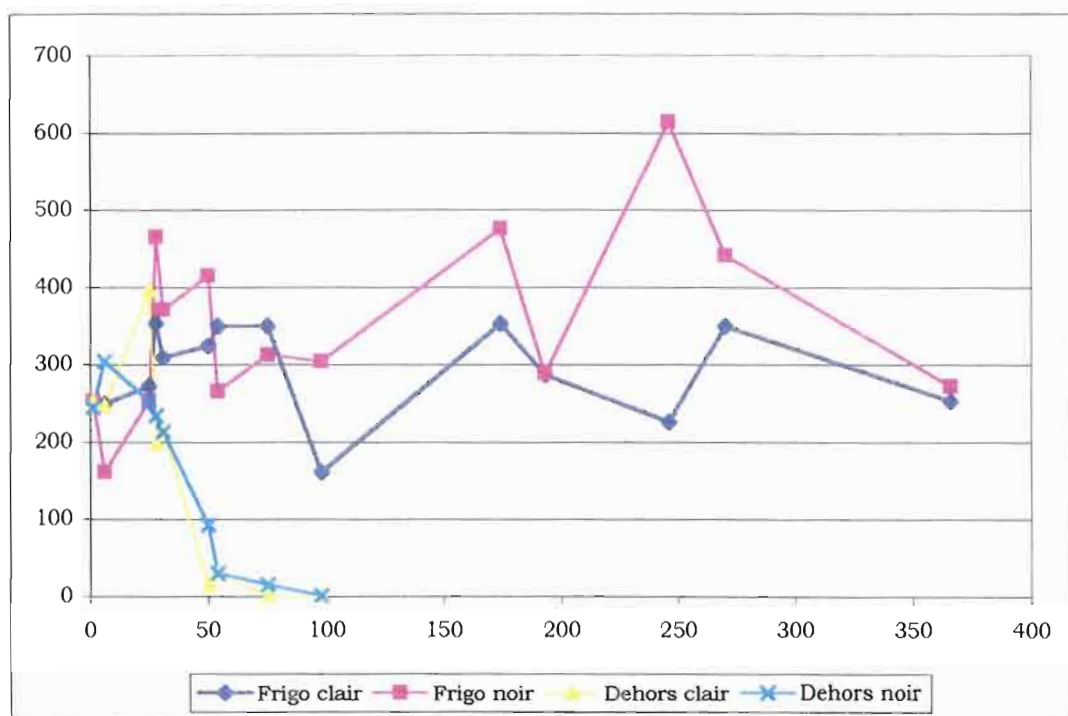
		Heures	a (lumière + chaleur)	b (Obscurité + chaleur)	c (froid + Lumière)	d (froid + Obscurité)
02-mai		0	0	38	78	0
03-mai	8H30	24	0	0	0	77
	14H	30	0	0	0	78
04-mai	8H30	48	0	15	0	0
	12H	51	0	15	15	15
	15H30	55	0	0	0	0
	18H	57	0	0	0	15
05-mai		72	0	0	15	61
06-mai		96	0	0	0	15

Strepto

Montabo

			A	B	C	D
		Heures	Frigo clair	Frigo noir	Dehors clair	Dehors noir
28-août	9H	1	253	253	253	245
	14H	6	249	161	247	304
29-août	9H	25	272	253	397	253
	12H	28	353	465	197	234
	15H	31	309	371	215	213
30-août	10H	50	324	415	15	93
	14H	54	350	266	30	30
31-août	11H	75	350	312	1	15
01-sept	10H	98	161	304	1	1
04-sept	14H	174	353	476		
05-sept	9H	193	287	289		
07-sept	14H	246	226	615		
08-sept	14H	270	350	442		
12-sept	14H	366	253	272		

Les entérocoques, classiquement plus résistants que les E. Coli, sont stables, à la lumière ou à l'obscurité plus de 15 jours à la condition qu'ils soient conservés au froid. Leur disparition est nette en 3 jours également à la lumière et à la chaleur.



4 - Identification des principales espèces de coliformes et de streptocoques féaux dans les eaux de Guyane :

Les trois espèces de coliformes qui ont été identifiées sont :

Escherichia Coli (marqueur de contamination fécale)

2 souches de *Klebsiella pneumoniae* (Bacille G-, à l'origine de pathologies humaines infectieuses à tropisme pulmonaire ou par porte d'entrée externe, origine fécale).

Les *Enterobacteriaceae* (entérobactéries) sont des germes présents en grande quantité dans l'intestin de l'Homme et des animaux. Si la flore anaérobie est cependant présente en beaucoup plus forte quantité, les entérobactéries constituent un contingent très important et stable de cette flore digestive. À partir du milieu digestif, les entérobactéries sont excrétées dans le milieu extérieur où elles survivent et prolifèrent. La présence d'entérobactéries est le signe d'une contamination fécale qui peut être tout à fait naturelle puisque les animaux sauvages abritent aussi des entérobactéries. Dans l'environnement, les entérobactéries sont présentes dans les eaux usées, les eaux de surface, les fumiers et la terre. Leur présence dans l'environnement aérien est moins constant. Chez l'Homme, les entérobactéries se retrouvent aussi dans la flore normale des muqueuses (oropharynx, vagin) ainsi qu'à la surface de la peau, en particulier, dans la région périnéale.

Enterococcus avium (germe fécal animal, pathogénicité rare chez l'homme)

Gemella spp (germe de pathogénicité rare chez l'homme)

Enterococcus faecium (germe d'origine fécal, pathogène)

Bactéries humaines et animales, elles se trouvent essentiellement dans l'intestin et passent dans l'environnement. Leur présence dans les eaux est le marqueur d'une pollution fécale.

Les *Enterococcus* ou entérocoques, cocci à Gram positif, ovoïdes se présentent en paires ou courtes chaînettes. La composition de leur paroi, leurs caractères morphologiques, enzymatiques, antigéniques, et leur aptitude à se développer dans des milieux hostiles, permettent de les distinguer des autres cocci à Gram positif.

Les espèces retrouvées ont été difficiles à identifier et plusieurs tests ont dû être réalisés jusqu'à une identification correcte. La raison en est que les souches environnementales sont très difficiles à retrouver par l'intermédiaire des tests du commerce qui recherchent en priorité les germes pathogènes pour l'homme. La découverte d'*E. Coli* n'est que la confirmation de ce que met en évidence la technique de microplaques. Les *Escherichia coli* ou colibacilles sont des hôtes normaux de l'intestin : ils représentent près de 80 % de la flore intestinale aérobie de l'adulte (flore sous-dominante, car la flore dominante est à 99 % anaérobie). On peut les retrouver également au niveau de diverses muqueuses chez l'Homme et chez les animaux. La présence d'*Escherichia coli* est ainsi constante. Le ou les quelques types sérologiques (l'espèce considérée peut être subdivisée en types sérologiques selon la composition chimique de la surface bactérienne) varieront au cours de la vie, en grande partie du fait de la rencontre de l'individu avec des sources extérieures de ce germe. Les repas pris à la maison avec une certaine monotonie agissent comme stabilisant sur la composante *Escherichia coli* de la flore fécale ; a contrario des variations de régime (vacances exotiques ou séjour à l'hôpital) peuvent profondément modifier le contenu en colibacilles de l'intestin et permettre l'implantation de types sérologiques jusqu'alors absents, ou l'émergence d'un nouveau type sérologique dominant. La présence des *Escherichia coli* dans le milieu environnant ou dans les aliments signe une contamination fécale, mais pas obligatoirement une contamination humaine : tous les animaux à sang chaud abritent *Escherichia coli*.

La présence de *Klebsiella* corrobore la contamination fécale.

Concernant les entérocoques, l'espèce *Ec avium*, montre bien l'impact animal de la contamination fécale.

Deux souches d'entérocoques n'ont pu être identifiées.

Conclusions

- 1 - Les eaux de Guyane sont très fortement contaminées naturellement par *Salmonella* spp (80%).
- 2 - Les indicateurs fécaux doivent être recherchés à 37°, à 44°C une pré-incubation à 37°C est nécessaire.
- 3 - Les germes totaux peuvent se rechercher par méthode en surface ou en profondeur, la température idéale de récupération est 30°C. Malgré l'acidité des eaux, le pH n'a pas besoin d'être ajusté sur le milieu utilisé.
- 4 - La conservation des échantillons est impérative au froid (4°C) et à l'obscurité. D'après nos mesures, lorsqu'un échantillon est conservé ainsi, on peut encore mesurer avec une relative fiabilité les coliformes après 6 jours et les entérocoques après 2 semaines. A l'inverse, le dénombrement des coliformes des flacons conservés 6 heures à température ambiante et au soleil montrent une diminution d'au moins 25% de la population initiale et on observe le même phénomène après 24H00 si ils sont placés à l'abri de la lumière. Les entérocoques s'avèrent là aussi plus résistants car, on n'observe une décroissance nette de la population qu'à la 72^{ème} heure, dans de mauvaises conditions de conservation. La possibilité d'effectuer de nombreuses mesures permettrait de définir une courbe de décroissance des populations d'E. Coli. A l'aide d'une telle courbe, on pourrait établir la population initiale de germes en fonction des conditions de conservation et du délai existant entre le prélèvement et l'analyse.

Ces conclusions mériteraient d'être validées par un plus grand nombre d'analyses dans des lieux de prélèvements différents.

Elles permettent toutefois :

- *de valider certaines techniques mises au point pour les pays tempérés (technique en microplaques),
- *d'améliorer les températures d'incubation pour la recherche de germes totaux (30°C dans les pays tropicaux)
- *de générer des délais de réalisations d'analyses acceptables pour peu que les conditions de conservation soient optimales.

Pour la pratique, dans le cadre d'un suivi...

On retiendra deux paramètres :

Les germes totaux par une méthode de détection en surface (méthode spirale), incubation à 30°C pendant 48H. Ce paramètre permettant de définir le niveau de contamination globale de l'eau. D'après notre expérience, les eaux de surfaces sont contaminées à hauteur de 10⁴ UFC/ml.

Les E.Coli, analysés par la méthode en microplaques, à 44°C après une incubation préalable à 37°C pendant 3 à 4 Heures. Ce paramètre permettant de définir le niveau de contamination fécale de l'eau, et donc un risque sanitaire potentiel. D'après notre expérience, les eaux de surfaces sont contaminées à hauteur de 10² UFC/ml.

Les avantages de ces deux paramètres sont également d'ordre pratique :

- 1) Faible volume d'échantillons (150ml suffisent) ce qui permet les...
- 2) Répétitions pour éviter les variations dues à l'échantillonnage.
- 3) Prélèvement facile.
- 4) Faible coût (200 F) par échantillon pour les 2 paramètres.

Afin de valider le transport des échantillons, l'Institut Pasteur se propose de mettre à disposition un capteur de mesure autonome, pouvant être glissé dans la glacière.