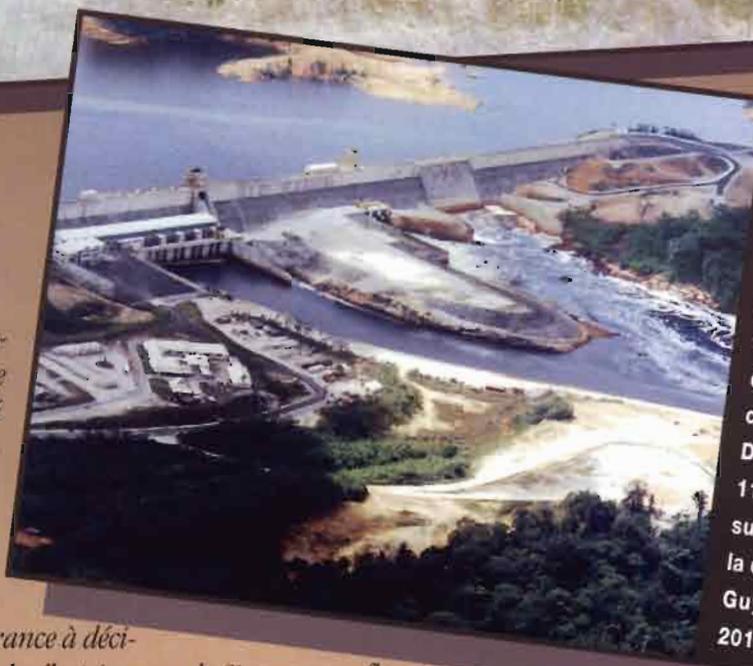


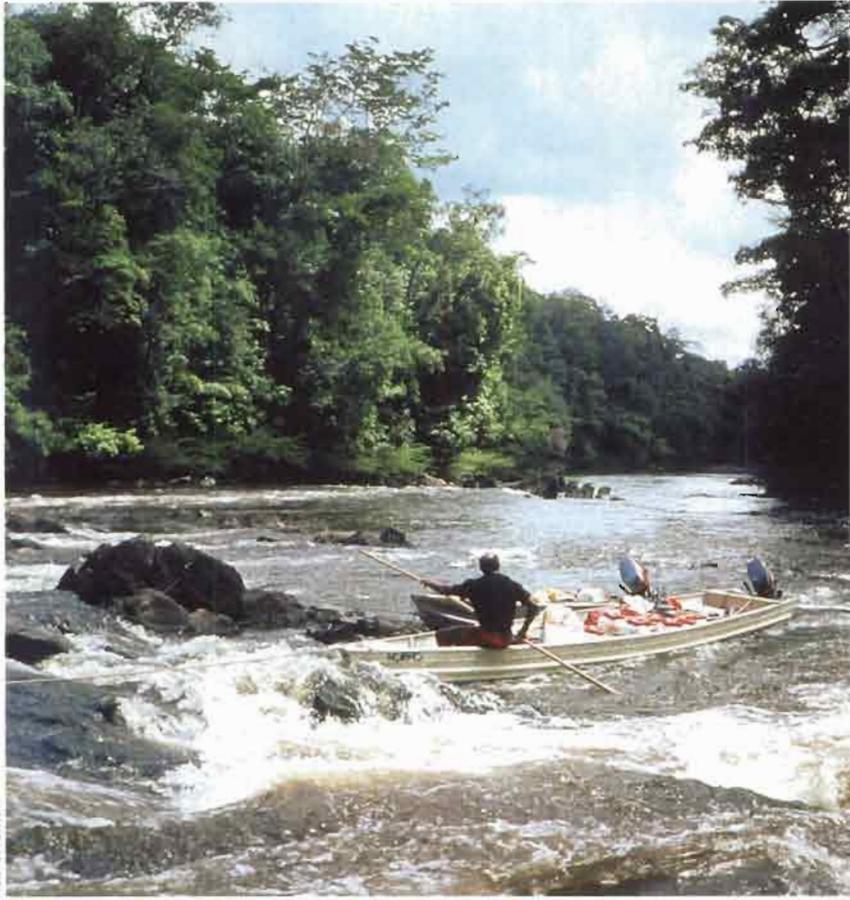
Barrage et poissons : l'impact de Petit-Saut en Guyane

On a dénombré 130 espèces de poissons dans l'ensemble du cours du Sinnamary. Une dizaine d'espèces se sont développées dans le lac de retenue de manière spectaculaire durant les deux premières années de remplissage. Ici, *Acestrorhynchus falcatus* appelé localement "dent chien", un prédateur ichtyophage qui atteint une trentaine de cm de long.



Le barrage de Petit-Saut dont la construction a débuté en 1989 a été fermé le 4 janvier 1994 formant une retenue qui, en un an et demi, a atteint sa cote maximale. D'une puissance de 116 MW, il devrait suffire à satisfaire la demande de la Guyane jusqu'en 2010.

En Guyane française, département à faible densité démographique, le besoin d'une forte production d'électricité ne s'était pas fait sentir jusqu'aux années 80. L'augmentation de la demande d'énergie, liée en particulier aux activités du Centre Spatial Guyanais, a conduit les pouvoirs publics et Électricité de France à décider la construction d'un barrage hydroélectrique sur le Sinnamary, fleuve de moyenne importance du centre de la Guyane. Cet aménagement a fait l'objet d'études environnementales tant avant la fermeture du barrage qu'après la mise en eau. À la demande d'EDF, qui a pour la plus grande part financé ces travaux, l'Orstom a entre autres pris en charge, depuis 1989, les études sur les poissons.



Passage de saut sur le Sinnamary. Bordé sur toute sa longueur par la forêt dense, le fleuve s'écoule en une succession de biefs et de rapides sur une distance de 262 km. Cette morphologie rend la navigation extrêmement difficile et les zones amont se sont trouvées de ce fait protégées de la pénétration humaine.

.....

A travers la forêt vierge, le cours du Sinnamary est coupé de nombreux rapides appelés localement des sauts. Ici, saut Dalles situé à une trentaine de kilomètres à l'amont du lac de retenue.

Le Sinnamary prend sa source au pied du mont Continent à une altitude d'environ 150 m. Sa longueur totale est de 262 km et la pente moyenne est donc faible. Il existe cependant sur la presque totalité du cours de très nombreuses ruptures de pente qui donnent naissance à des rapides ou même à des cascades de plusieurs mètres. Ces accidents de terrain dus aux affleurements rocheux sont appelés localement des "sauts". A une cinquantaine de km avant son embouchure, le Sinnamary rejoint la plaine côtière formée de terrains alluvionnaires récents. L'estuaire s'est incurvé vers l'est sous l'effet des déplacements des bancs de vase côtiers. Le fleuve est bordé sur la quasi totalité de son cours par la forêt dense. Du fait de la petite taille du bassin, 6565 km², les pluies provoquent des réponses rapides et éphémères du débit qui donnent à l'hydrogramme un aspect très denticulé. Pendant les crues, le fleuve peut sortir de son lit, cependant les zones ainsi inondées sont de superficie restreinte.

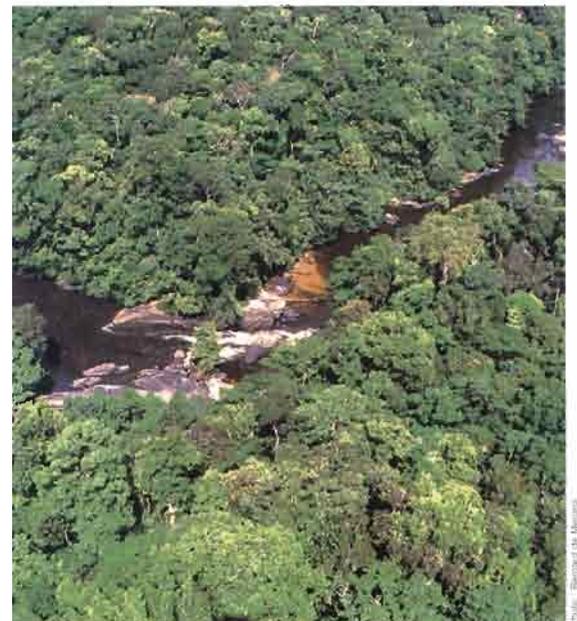
L'HOMME

L'occupation humaine permanente est limitée à la partie basse du fleuve. La ville de Sinnamary située à quelques km de l'embouchure compte environ 3600 habitants. Une petite communauté de pêcheurs exploite la zone estuarienne. En amont, la pêche est réduite à des incursions limitées de pêcheurs sportifs.

A côté de cette exploitation sporadique, il existait sur le bassin une importante activité d'orpaillage. La recherche de l'or se faisait par dragage du fond de la rivière ou par creusement des berges. Ces procédés qui détruisaient les habitats aquatiques entraînaient de plus une importante augmentation de la turbidité en aval. A ces perturbations physiques s'ajoutaient des rejets de mercure, utilisé pour séparer l'or de son substrat.

CENT TRENTE ESPECES DE POISSONS

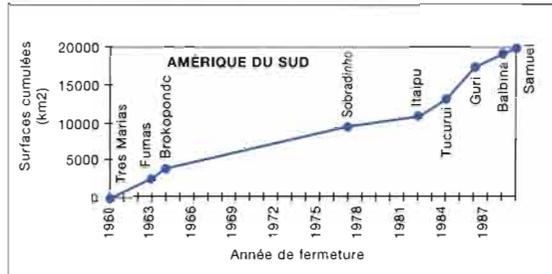
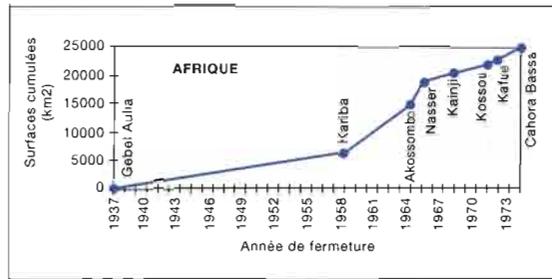
Les études menées sur les poissons avant la fermeture du barrage ont conduit à une bonne connaissance générale de l'ichtyofaune du Sinnamary. A partir de ces résultats, un certain nombre de prévisions sur les effets probables du barrage ont pu être proposées. Il y a dans cette rivière 130 espèces de poissons, c'est environ trois fois le nombre d'espèces présentes dans le bassin de la Seine pourtant dix fois plus grand ! Cette richesse est l'aspect le plus spectaculaire de la biodiversité caractéristique des tropiques humides et en particulier des eaux douces de la région amazonienne. Les espèces du Sinnamary sont présentes aussi dans les autres bassins de Guyane, ainsi le risque d'extinction d'espèces de poissons par le seul fait du barrage est inexistant. Pour survivre dans ce milieu d'eau courante, les populations de poissons ont développé certains caractères qui traduisent des stratégies de vie. Ainsi, par exemple, plus de 70% des espèces de poissons du Sinnamary ont des tailles maximales inférieures à 200 mm, ce qui correspond à de faibles longévités : stratégie populationnelle qui consiste à investir rapidement beaucoup d'énergie dans la reproduction plutôt que dans la survie. La grande majorité des espèces de poissons présentent une reproduction très étalée dans le temps, tout au long de la saison des pluies qui dure de novembre à juillet. Ce comportement qui consiste à ne pas mettre "tous ses oeufs dans



le même panier", est une garantie contre les fluctuations rapides du milieu qui pourraient faire échouer un épisode reproductif.

Après la ponte, la phase juvénile est la plus critique de la vie du poisson. En effet, la larve et l'alevin sont particulièrement exposés aux maladies ou à la prédation. Certaines espèces ont développé des comportements de soins parentaux pour optimiser la survie juvénile. Pour le plus grand nombre d'espèces d'eau courante cependant, la larve, incapable de nager, pour survivre, doit être entraînée dans un milieu favorable au moment où elle passe à une alimentation externe. Ainsi, les relations entre l'hydrologie et l'apparition et la survie des larves ont été clairement établies dans le Sinnamary. Le barrage modifie largement l'hydrologie en aval, particulièrement durant la phase de remplissage de la retenue où la crue est supprimée. Il était donc à prévoir un certain nombre d'effets néfastes sur de nombreuses populations de poissons.

Les relations entre l'habitat et les peuplements de poissons ont également été abordées durant cette étude. La rivière est constituée d'une mosaïque d'habitats : des eaux calmes, relativement profondes, au fond vaseux et couvert de litière, des seuils rocheux avec de violents courants, des forêts inondées, etc. Les espèces se répartissent le milieu en développant des



particularités morphologiques, physiologiques et comportementales. Elles limitent ainsi leur compétition. Il y a par exemple dans le Sinnamary des communautés de poissons inféodées aux eaux très courantes avec des espèces de petite taille, souvent aplaties dorso-ventralement et possédant des mécanismes d'accrochage au substrat. Ces espèces vont évidemment disparaître dans le futur lac de retenue.

Les grands barrages en zone tropicale : C'est à partir des années 60 que se sont multipliées les constructions de grands barrages en zone tropicale. Certains d'entre eux forment de véritables mers intérieures tels le barrage d'Akossombo sur le fleuve Volta en Afrique avec plus de 8000 km² et celui de Guri sur le Caroní au Vénézuéla avec près de 5000 km². (À titre de comparaison le lac Léman a une surface de 581 km². Dans les années récentes les projets de barrages sont beaucoup plus modestes. Ainsi le barrage de Petit-Saut n'inonde "que" quelques 300 km² de forêt.

Un comité scientifique pour observer l'impact du barrage sur la faune et la flore

La construction d'une retenue sur une rivière crée toujours un certain nombre de perturbations souvent difficiles à prévoir. Celles-ci d'origines diverses doivent faire l'objet d'un contrôle permanent destiné à mettre en alerte les décideurs et les gestionnaires en cas de menace écologique. La multitude des disciplines impliquées nécessitent une recherche pluridisciplinaire dont il est nécessaire de coordonner l'action. À cette fin, il fut créé, en 1991, pour l'aménagement hydro-électrique de Petit-Saut sur le fleuve Sinnamary en Guyane, un conseil scientifique, à rôle consultatif, dont la tâche essentielle est d'observer l'impact de la création d'un barrage sur

la faune et la flore environnante. Le mandat principal de ce Conseil est d'aider EDF (Électricité de France) à mieux comprendre, pour mieux gérer, les processus engendrés par la transformation de l'écosystème d'origine et d'effectuer la synthèse et la liaison entre les différentes études souvent menées par des équipes de passage et d'origines institutionnelles diverses (Universités, Muséum, Cnrs...). Cette coordination s'opère sur l'orientation des recherches effectuées, acquises ou commissionnées par EDF, qu'il s'agisse de la faune terrestre ou des communautés aquatiques. Cette pluridisciplinarité nécessite donc que les personnalités

composant ce Conseil aient autant de compétences et/ou d'expertises, tout en représentant les grands services de recherche de l'état ou les pouvoirs publics concernés. Ces compétences s'adressent aux études menées actuellement sur le site et qui concernent :

- Dynamique hydrologique de l'estuaire du fleuve Sinnamary (Orstom) ;
- Qualité physico-chimique de l'eau de la retenue de Petit-Saut (EDF et la Faculté de Pharmacie de Marseille) ;
- Le zooplancton depuis la mise en eau de la retenue de Petit-Saut et son utilisation par les poissons (EDF et Université de Provence) ;
- Les communautés de

poissons dans la retenue de Petit-Saut et en aval de celle-ci (Orstom) ;

- Effets de la fragmentation de l'écosystème guyanais par la retenue de Petit-Saut sur la faune sauvage de vertébrés (Muséum national d'Histoire naturelle) ;
- Sauvetage de la faune sauvage de Petit-Saut (Muséum national d'Histoire naturelle) ;
- Nouveaux milieux, évolution floristique et botanique de l'estuaire du Sinnamary (Orstom) ;
- Évolution géomorphologique et botanique de l'estuaire du Sinnamary par télédétection (Orstom) ;
- Programme archéologique (Muséum national d'Histoire naturelle).



Photo : Bernard de Margot

Immédiatement après la fermeture du barrage, le milieu aquatique s'est fortement dégradé. De grandes quantités de matière organique provenant de la décomposition d'algues filamenteuses chargeaient l'eau et venaient colmater les filets utilisés pour les pêches expérimentales.

La mise en eau de la retenue de Petit-Saut a noyé près de 350 km² de forêt dense. Après quelques mois dans l'eau, les arbres ont perdu leurs feuilles. Seules traces de vert dans ce paysage "hivernal", les épiphytes, orchidées ou broméliacées qui vont continuer à vivre plusieurs années sur leur substrat mort.

Photo : Bernard de Maigret



Petit-Saut reservoir, French Guiana : impact on fish populations

After thirty years of dam-building in the tropics, we still do not know enough about the long-term effects. The short-term environmental impact study of the Petit-Saut dam on the Sinnamary river, French Guiana, has provided some very useful information, and it is hoped the work can continue.

The Sinnamary descends only 150m along its 262 km length, with quiet reaches alternating with rapids and waterfalls of a few meters. Its flow rate varies widely over the year, with brief, sudden spates after rains. It is home to a remarkable total of 130 fish species, which divide its various habitats between them - quiet shallows, fast-flowing deep water, etc. Most species are small and short-lived, but with a very high reproduction rate, breeding throughout the long rainy season.

The dam was closed in 1994 and the reservoir full by June 1995, flooding a large area of tropical forest and, of course, completely transforming the aquatic environment behind the dam. During this period, the flow rate downstream was greatly diminished, disrupt-

ing habitats and reproduction patterns, while the dying forest and its invertebrate inhabitants much increased the organic matter content of the water, in the reservoir and downstream, greatly diminishing the level of oxygen in the water as a result and probably raising the levels of hydrogen sulphide, other sulphides, ammonium salts and methane. Downstream, the flow rate will be permanently altered, lacking the extreme flood peaks of the pre-dam days.

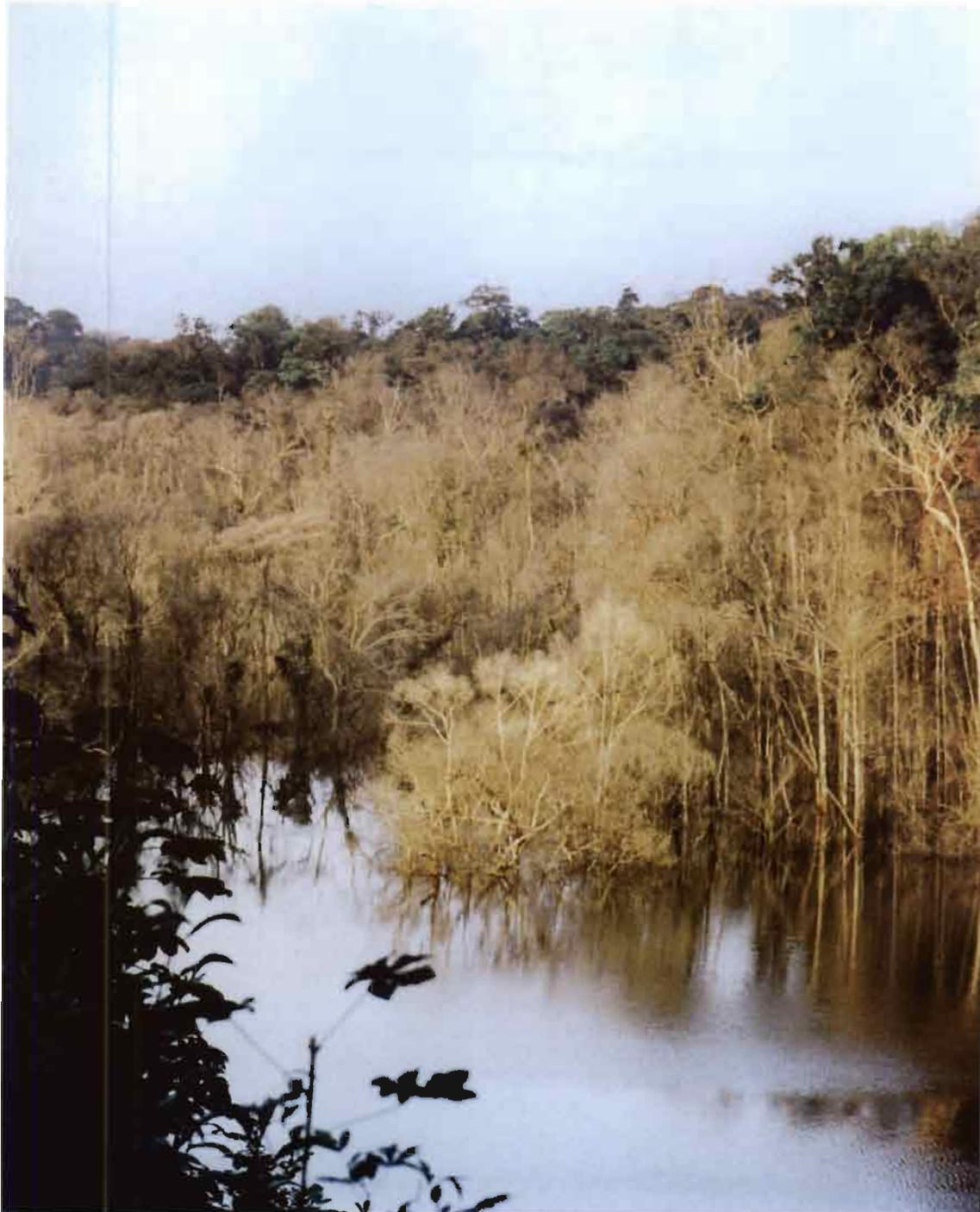
Many species seem to have survived the upheaval and adapted. Most of the species that lived in the quiet reaches have been able to adapt to life in the reservoir. Some ten species now dominate, with very high concentrations. The feeding and breeding behaviour of some species are beginning to change. But it is too soon to detect a new, stable pattern in the fish community in the lake. Downstream, some species have now returned to their former population levels, but much work remains to be done before a full assessment can be made.

LES BOULEVERSEMENTS LORS DE LA MISE EN EAU

Le 4 janvier 1994 le barrage de Petit-Saut est fermé. Le remplissage du lac de retenue va durer jusqu'en juin 1995 avec un certain nombre de paliers techniques. Pendant toute cette période le débit restitué à l'aval de l'ouvrage a été maintenu autour de 100 m³/s ce qui correspond à un débit d'étiage. L'eau est montée lentement dans le lac, inondant chaque fois plus de forêt dense faisant disparaître les sauts sous des mètres d'eau. Beaucoup d'arbres inondés ont commencé par fleurir et fructifier, puis après quelques mois ont perdu leurs feuilles et bientôt le lac a ressemblé à un "paysage d'hiver". Mais derrière cette forêt défeuillée, la forêt dense était là avec son vert éclatant. La dégradation de toute cette matière végétale a entraîné une diminution drastique de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Cependant, des algues

Glossaire

Bief : portion de rivière entre deux rapides.
large et profonde et d'eau
relativement calme située
Lotique : relatif aux eaux courantes.



La mise en eau de la retenue de Petit-Saut a inondé une zone extrêmement vallonnée créant ainsi de nombreuses îles recouvertes de forêts denses dont le vert contraste avec la végétation morte.



Photo: Bernard de Mérona

Pour suivre le peuplement de poissons dans la retenue, des pêches au filet maillant sont pratiquées mensuellement dans différents milieux. Ici, un filet placé dans une zone de végétation morte.

Pour en savoir plus

Lauzanne L., Tito de Morais L., Ponton D., Mérona B., de Bron J.C., Raffray J., Tarcy M., Mallet A., Brehm N., & Besançon A., 1995. Structure et biologie des peuplements ichthyiques du fleuve Sinnamary en Guyane française. Rapport final de Convention EDF. ORSTOM Cayenne : 139 p.

Lauzanne L., Tito de Morais L., Tito de Morais A., Ponton D., Bron J.C., 1993. Structure et biologie des peuplements ichthyiques du fleuve Sinnamary en Guyane française. Rapport final de Convention EDF. ORSTOM Cayenne: 133 p. + annexes
Ponton D. Early dry-

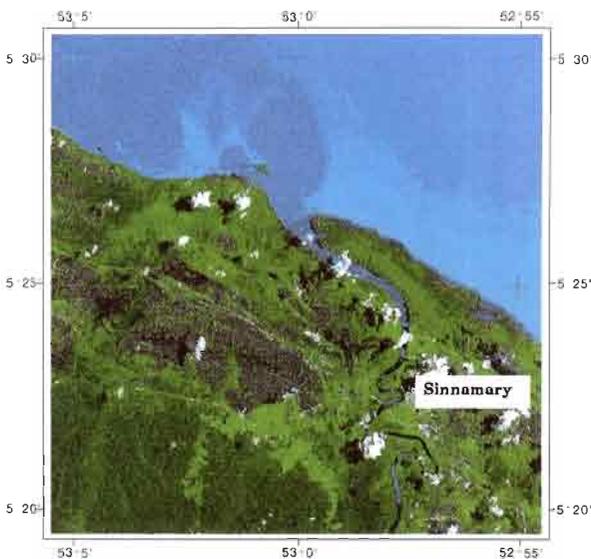
season assemblage structure and habitat use of young fish in tributaries of the Sinnamary (French Guyana, South America) before and after hydrodam operations. (soumis à Environmental Biology of Fishes)
Tito de Morais L., Lointier M. & Hoff M., 1995. Extent and role for

fish populations of riverine ecotones along the Sinnamary river (French Guyana). Hydrobiologia, 303: 163-179.
Planquette P., Keith P. & Le Bail P.Y., 1996. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane (tome 1). Collection du Patrimoine Naturel. Vol. 22. IEGB-MNHN, INRA, CSP, Min. env, Paris 429 p.

L'estuaire du Sinnamary vu du ciel. Image du satellite Landsat du 03/08/95. Les déplacements des bancs de vase sous l'influence des courants côtiers dévient l'embouchure naturelle du fleuve vers l'ouest. Au cours du temps on assiste à des phases de dépôt d'alluvions, puis d'érosion qui font que la morphologie de l'estuaire est changeante. Entre 1975 et 1995 une superficie importante de dépôts émergés ont disparu. Photo : Laboratoire régional de Télé-détection du Centre Orstom de Cayenne.

filamenteuses et planctoniques se sont rapidement développées, fixées autour des troncs immergés et ont vraisemblablement contribué au maintien, la plupart du temps et dans la plus grande partie du lac, d'une fine couche oxygénée en surface (50 cm environ). Une grande partie de la faune terrestre d'invertébrés (fourmis, termites, araignées, etc.) s'est réfugiée sur les parties émergées des arbres noyés et de nombreux organismes tombés dans l'eau ont contribué à son enrichissement en matière organique.

En aval, le milieu s'est rapidement dégradé à la fermeture de la digue. L'eau s'est chargée de débris organiques et la concentration en oxygène dissous a diminué vers l'aval jusqu'à atteindre des valeurs critiques, inférieures à 2 mg/l. Une des hypothèses avancées pour expliquer ces phénomènes était la présence dans l'eau relâchée de substances chimiques (hydrogène sulfuré, sulfures, sels ammoniacaux, méthane) qui, par réactions, consomment une quantité importante d'oxygène. Il est vraisemblable que des processus biologiques entrent également en jeu, notamment une prolifération d'algues filamenteuses au pied du barrage, rendue possible par l'énorme apport de matières organiques présentes dans l'eau rejetée. Ces algues meurent rapidement puis se décomposent au fil du courant par des processus consommateurs d'oxygène.



hypothèse purement hydrodynamique pourrait expliquer cette diminution. En conditions de crue normale, le niveau du fleuve reste haut et la masse d'eau retient les eaux des petits affluents et de leurs zones inondées. En l'absence de crue du fleuve, celles des affluents provoquent un effet "chasse d'eau" qui entraîne les jeunes poissons dans le lit majeur où ils ne peuvent sans doute pas survivre. Les premières observations effectuées après cette phase de mise en eau suggèrent qu'au moins certaines populations ont pu passer ce cap difficile puisque l'on retrouve actuellement des abondances comparables à celles d'avant la mise en eau. De nombreuses analyses restent néanmoins à faire pour confirmer et préciser ce résultat.

Dans le réservoir du barrage, le problème est celui d'une transformation radicale et définitive de l'environnement. Les populations de poissons doivent en quelque sorte "repartir à zéro". Dans quelle mesure des stratégies de reproduction réglées par des crues et basées sur la présence de courant vont-elles être efficaces dans un milieu lacustre ? Quelles adaptations morphologiques vont permettre d'utiliser d'autres

S'ADAPTER OU MOURIR...

Face à des perturbations brutales de cette ampleur, les populations de poissons n'ont d'autre choix que s'adapter rapidement ou disparaître. En aval, le milieu aquatique reste un milieu lotique* qui subit une forte perturbation pendant la mise en eau (absence de crue) puis une modification sur le long terme (crues écrêtées). Les poissons ont tout de suite subi les contre-coups de la dégradation du milieu et de l'absence de crue durant les deux saisons des pluies qui ont suivi la fermeture. Tandis que les adultes disparaissaient du lit majeur du fleuve, l'abondance des juvéniles diminuait de moitié dans les zones annexes. Une



Photo : Bernard de Monaco

Antique drague, utilisée pour la recherche de l'or dans les sédiments, et qui s'apprête à disparaître sous des mètres d'eau.

Opération de marquage sur *Hoplias aimara*. L'animal est anesthésié et installé dans un tube de contention semi-immergé. L'antenne reste à l'extérieur de l'incision (2 cm environ) suturée. L'opération dure moins de 5 minutes.



Photo : Laure Tison-Morin

sources de nourriture ? Comment vont se tisser de nouvelles relations entre espèces qui permettent la coexistence ? Des résultats préliminaires montrent que de nombreuses espèces ont surmonté ces difficultés. En dépit d'une couche oxygénée très limitée et assez fragile, des populations de la plupart des espèces de bief* se sont développées de manière très efficace dans le lac. Un groupe d'une dizaine d'espèces domine les assemblages avec des densités très élevées. Les comportements reproducteurs et alimentaires de certaines espèces commencent à changer. Il est cependant trop tôt, deux ans après la formation de ce nouveau milieu, pour détecter une nouvelle organisation stable des communautés de poissons.

Les coûts des études d'environnement lors de la construction de barrage sont associés à cette phase, souvent du fait d'obligations légales. Passée cette phase, il est extrêmement difficile pour une équipe de financer les recherches. Après une expérience de plus de 30 années de construction de barrages en zones tropicales on est toujours dans l'incapacité de répondre de manière synthétique à la question de son réel impact à long terme. Le barrage de Petit-Saut situé dans un environnement scientifique favorable, pourrait être l'occasion de combler ce manque d'information ■

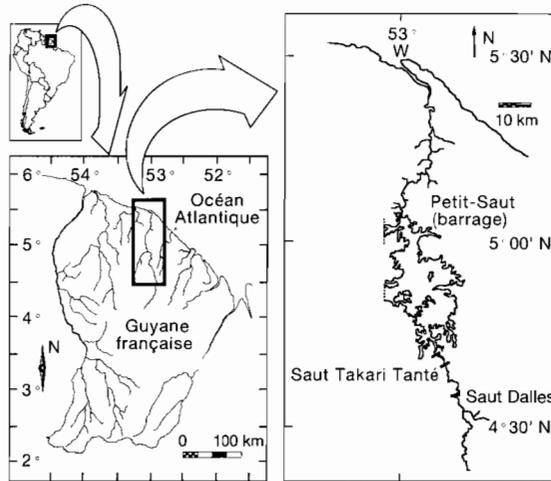
Bernard de Merona et Luis Tito de Morais
Département "Eaux continentales" UR
"fonctionnement et usage des systèmes biologiques en eaux continentales"

Techniques de radio-pistage appliquées aux poissons tropicaux

La mise en eau du barrage de Petit-Saut a été l'occasion de tester l'application des techniques modernes de radio-pistage en milieu tropical pour l'étude du comportement des poissons. La technique s'est avérée opérationnelle dans le milieu étudié pour les grandes espèces. Après implantation d'un émetteur dans la cavité générale, le poisson (*Hoplias aimara*) est relâché dans le milieu. Ses déplacements sont alors suivis à l'aide d'un équipement récepteur de signaux

radios émis par l'émetteur. Elle a en outre apporté des résultats importants pour la prise en compte du comportement de l'espèce étudiée dans les effets de la mise en eau de la retenue de Petit-Saut. Elle a permis de montrer que ce poisson, que l'on croyait très sédentaire, peut effectuer des déplacements de plusieurs dizaines de kilomètres. La mise en eau a stimulé ces déplacements, les poissons semblant fuir le nouveau milieu en remontant le cours du fleuve.

Le barrage de Petit-Saut a été construit sur le fleuve Sinnamary, un cours d'eau de 262 km de long pour un bassin versant de 6565 km². Il a formé une retenue de plus de 350 km².



El impacto del embalse de Petit-Saut (Guyana Francesa) en las poblaciones de peces

Hoy en día, todavía no se conocen suficientemente los efectos a largo plazo producidos por treinta años de construcción de presas en la zona tropical. El estudio del impacto producido a corto plazo en el medio ambiente por el embalse de Petit-Saut, ubicado en el río Sinnamary, ha proporcionado una información muy útil al respecto, y se espera poder proseguir el trabajo emprendido.

A lo largo de los 250 km. de su curso, donde los remansos alternan con rápidos y cascadas de varios metros de altura, el Sinnamary se desliza por una pendiente de tan sólo 150 m. de desnivel. Su caudal fluctúa considerablemente a lo largo del año con crecidas rápidas y efímeras tras las lluvias, y sus aguas albergan la notable cantidad de 130 especies de peces que se reparten los diversos hábitats fluviales: remansos relativamente profundos, fondos rocosos con corrientes impetuosas, etc. La mayoría de las especies son de tamaño reducido y escasa longevidad por invertir principalmente su energía en la reproducción, que se extiende a lo largo de la prolongada estación pluviosa.

La construcción de la presa concluyó en 1994 y el embalse quedó lleno en junio de 1995, provocando la inundación de una vasta área del bosque tropical situado detrás del dique y transformando totalmente el medio ambiente acuático de esta parte del río. En esta

fase, el caudal del curso inferior disminuyó considerablemente, trastocando tanto los hábitats como los hábitos de reproducción de los peces. Entre tanto, en la parte inundada el bosque moribundo y su fauna de invertebrados enriquecían el contenido en materia orgánica del agua del embalse y del curso inferior, provocando una disminución considerable de la concentración del oxígeno disuelto en el agua, probablemente a causa de una mayor presencia de hidrógeno sulfurado, sulfuros, sales amoniacales y metano. En el curso inferior, la alteración del caudal fue definitiva al no tener las crecidas la misma intensidad que antes de la construcción del embalse.

Parece que muchas especies han logrado sobrevivir a este gran trastorno y han podido adaptarse. La mayoría de las especies que poblaban los remansos han podido habituarse a vivir en el embalse, y actualmente predominan diez de ellas con elevados índices de concentración. Está empezando a modificarse el comportamiento de algunas especies en materia de alimentación y reproducción, pero todavía es demasiado pronto para detectar nuevos hábitos estables en la ictiofauna del embalse. En el curso inferior, algunas especies han alcanzado los niveles de población anteriores, pero queda mucho trabajo por delante antes de que pueda efectuarse una evaluación completa.

Merona Bernard de, Tito de Morais Luis

Barrage et poissons : l'impact de Petit-Saut en Guyane

ORSTOM Actualités, 1996, (51), p. 29-35. ISSN 0758-833X