

BIOTYPOLOGIE DES COURS D'EAU ASPECTS THEORIQUES ET DEVELOPPEMENTS ACTUELS

FAMARITANA IREO RIAN-DRANO. FISEHOANA SY FIVOARANA AMIN'IZAO FOTOANA IZAO

François-Marie GIBON
Jean-Marc ELOUARD
Richard ANDRIAMIHAJA

RESUME :

Les recherches sur la biotypologie des eaux continentales ont pour but de répondre à la question suivante : les communautés d'organismes aquatiques sont-elles structurées? Dans l'affirmative, comment le sont-elles et quels sont les facteurs structurants ? Une fois la typologie établie, son utilisation en tant qu'outil de gestion écologique s'appuiera sur une réponse affirmative à l'interrogation : toute modification des facteurs structurants entraîne-t-elle une modification prévisible et mesurable des communautés aquatiques ?

Les concepts et les différentes théories en cours font l'objet d'un rappel, de même que les principaux acquis concernant les zones intertropicales; puis sont exposés les objectifs du programme PEC 7 réalisé à Madagascar par le C.N.R.E. et l'ORSTOM.

FAMINTINANA :

Ireo fikarohana atao mikasika ny famaritana sy fandinihana ny ranomamy an-tanety (renirano, ony, farihy) ary ireo zavamanan'aina ao aminy na amin'ny teny baiko "biotypologie des eaux continentales", dia mikatsaka ny hamaly ireto fanontaniana manaraka ireto : Moa ve voarafitra ny fikambanan'ny zavamanan'aina anaty rano ? Raha eny, manao ahoana izy reo ary inona no mpandrafitra azy ?

Ny fampiasana io famaritana izay voapetraka io amin'ny maha-fitaovana entina hitantanana ny zavamanan'aina sy ireo manodidina azy dia hiankina amin'ny valiny tsy misy fisalasalana ny fanontaniana hoe : ny fanovana ireo mpandrafitra ny fiainan'ny zavamanan'aina anaty rano ve mety mitarika fiovana izay tsikaritra mialoha sy voarefy eo amin'ny fivondronan'ny zavamanan'aina anaty rano ?

Hitarika fampahatsiahivana ireo fijery sy fianarana maro samihafa izay mbola an-dàlana . Toy izany koa ny votoatin-kevitra voaray tao amin'ny faritra "intertropical". Ho entina hamaranana dia hovelabelarina ireo tanjon'ny fandaharan'asa PEC 7 izay nifarimbonan'ny C.N.R.E. sy ny ORSTOM ny fametrahana azy teto Madagasikara .

I. INTRODUCTION

I.1 La spécificité des hydrosystèmes lotiques.

Les fleuves et rivières, plus généralement l'ensemble des écosystèmes lotiques, présentent deux particularités remarquables :

- 1/ ils sont fortement déterminés par les caractéristiques de leur bassin versant (ce qui a été remarquablement exprimé par Hynes, 1975, : "la vallée gouverne le cours d'eau");
- 2/ ils sont structurés longitudinalement; chaque bief dépend des caractéristiques du site et des apports locaux (pluies, eaux souterraines), mais, bien plus encore des flux d'eau, de matières organiques et d'êtres vivants en provenance de l'amont.

Les hydrosystèmes sont donc particulièrement sensibles. Ils subissent, non seulement des impacts ponctuels et directs (pollution, canalisation, barrages ...), mais encore les effets induits des modifications qui affectent le bassin versant et les rives, tout particulièrement les changements ou évolutions de l'occupation des sols (déforestation ou intensification agricole, voir par exemple : Corkum, 1990). L'existence du flux longitudinal aggrave l'effet des impacts ponctuels en les prolongeant vers l'aval, en outre, du fait de la linéarité, la multiplication d'impacts ponctuels entraîne une fragmentation qui fragilise de nombreuses populations et peuplements. On estime que le benthos de la plupart des fleuves et grandes rivières d'Europe occidentale s'est considérablement modifié et appauvri depuis un siècle (Zwick, 1992), bien avant que les "études d'impact" ne prennent pour "référence" des situations dont on connaît mal la représentativité et dont on ignore l'histoire et le fonctionnement. L'idée couramment admise de fleuves américains ou tropicaux plus proches d'un "état naturel originel" doit être, dans la plupart des cas, sérieusement réexaminée (Benke, 1990). Les grands fleuves sont à la fois très

anthropisés et mal connus.

Les stratégies classiques de conservation (c'est-à-dire la création de zones où les activités humaines sont réduites) sont peu efficaces car elles impliquent la mise en réserve de la majeure partie du bassin versant, ce qui est dans la majorité des cas irréalisable. La conservation de ces milieux implique donc des politiques actives de gestion et d'aménagement que Cummins (1992) résume de la manière suivante "a great deal of present management is restoration effort; namely, the attempt to repair damage of former management programmes, or lack of them". La manipulation d'un écosystème nécessite une meilleure connaissance de sa composition, de sa structure et de son fonctionnement que la mise en réserve. Au niveau économique, les sommes nécessaires pour restaurer la qualité et la productivité des eaux atteignent des niveaux qui justifient pleinement l'étude des processus biologiques et écologiques qui assurent gratuitement ces services (mécanisme d'autoépuration des rivières).

I.2 Utilité des recherches biotypologiques.

Gérer un patrimoine demande une planification de l'utilisation des ressources ainsi que la prévision de l'impact des évolutions en cours, des opérations de développement ou d'aménagement. Il faut pouvoir évaluer l'état et les potentialités des écosystèmes et disposer de modèles fonctionnels pour en prévoir l'évolution. La typologie des eaux courantes élaborée sur des bases écologiques sera l'outil principal de cette gestion rationnelle des hydrosystèmes.

L'approche biotypologique des eaux continentales postule que les biocénoses sont structurées et qu'à un ensemble de conditions écologiques données correspond une structure et un fonctionnement propre. Ces derniers peuvent être caractérisés par la composition faunistique et/ou floristique des biocénoses.

Enfin, l'utilisation de la typologie biologique en tant qu'outil de gestion suppose la mise en évidence des facteurs structurants par comparaison de systèmes situés dans des conditions différentes.

II. LES DEUX PRINCIPALES THEORIES FONDATRICES

II.1. La théorie de la zonation longitudinale d'Illies et Botosaneanu.

La première théorie globale a été celle d'Illies et Botosaneanu (1963). Le principe général en est le suivant : l'évolution des caractéristiques physico-chimiques depuis les sources jusqu'à l'estuaire induit des modifications floristiques et faunistiques. Cette évolution se réalise principalement par "sauts" au niveau de confluences principales (entre cours d'eau de débits équivalents). Il y a donc une zonation biologique longitudinale et ordonnée des réseaux hydrographiques. Ce modèle est le cadre dans lequel se sont inscrits la plupart des travaux ultérieurs (Botosaneanu, 1979; Verneaux, 1976), il reste, aujourd'hui encore, le cadre de base de toute approche globale des réseaux hydrographiques.

Deux débats demeurent ouverts à son sujet. Le premier concerne la nature du "facteur déterminant". Lorsque le débit augmente, de nombreux facteurs évoluent de manière concomitante et généralement interagissent (par exemple : oxygène dissous, température et vitesse du courant ou vitesse du courant et granulométrie du substrat). Pour Illies et Botosaneanu, la température est le facteur primordial tandis que les travaux récents mettent l'accent sur les facteurs hydrauliques (Statzner et Higler, 1986; Davis et Barmuta, 1989).

Le second débat concerne l'extension du modèle à d'autres régions que les zones tempérées pour lesquelles il a été élaboré. Nous savons maintenant qu'il ne s'applique ni aux zones alpines, ni aux zones arctiques. Des essais de généralisation ont déjà été publiés. Bien que cela ne soit pas toujours explicite, ces derniers considèrent la température comme le facteur principal (Wasson, 1989). Illies (1964) situe à plus de 2.000 mètres la limite rhithron / potamon au niveau de l'équateur, dans la région amazonienne. Une étude plus récente sur la zonation des fleuves et rivières éthiopiens a été publiée par Harrison et Hynes (1988). Ils définissent un Rhithral situé au dessus de 2.000 mètres, une zone de transition située entre 1.650 et 1.900 mètres et au-dessous un Potamal "which contains a fauna that is similar to that of much of Africa". Le principal inconvénient de ces

travaux est de sous-estimer les changements faunistiques qui ont lieu aux basses altitudes, car les cours d'eaux africains situés à des altitudes inférieures à 1.650 mètres ne sont pas faunistiquement homogènes. Ce fait avait déjà été noté et discuté par Harrison et Rankin (1976). Ces auteurs décrivent, aux Antilles, une faune torrenticole, c'est-à-dire un rhithron, situé à peine au-dessus du niveau la mer et à des températures nettement supérieures à 20°C. Ils ont donc distingué, en zone tropicale un "rhithron froid", celui qui avait été défini par Illies, et un "rhithron chaud" qu'ils mettaient en évidence. La situation géomorphologique qu'ils rencontrent, des collines aux pentes abruptes tombant presque directement dans la mer, n'est pas le seul cas de "rhithron chaud" que l'on peut observer en zone tropicale. La plupart des fleuves et rivières d'Afrique occidentale sont composés d'une alternance de zones calmes et de rapides (Lévêque *et al.*, 1983). Les peuplements de ces biotopes sont très différents, celui des biefs "calmes" (Chironomidae, Oligochètes, Mollusques, Ephémères et Trichoptères fousseurs...) est un potamon typique, celui des rapides (Hydropsychidae, Philopotamidae, Baetidae, Tricorythidae...) peut être considéré comme un "rhithron chaud".

II.2 Le River Continuum Concept.

Vannote *et al.* publient en 1980, une seconde théorie globale des cours d'eau : le "River Continuum Concept" (R.C.C.). Contrairement au modèle précédent, le R.C.C. est une approche fonctionnelle; il structure les écosystèmes lotiques autour du flux de matières organiques (apports, transports et transformations, recyclage).

Les réseaux alimentaires des cours supérieurs sont dominés par les apports de matières végétales provenant des écosystèmes terrestres riverains. Ils donnent naissance à un flux de fines particules de matières organiques, base de la productivité des cours intermédiaires où se développe progressivement une production primaire. Enfin les plaines d'inondation et deltas sont les principales sources de matières organiques des grands fleuves. On assiste donc au passage d'"écosystèmes majoritairement hétérotrophes" directement dépendant des bassins versants à des "écosystèmes majoritairement autotrophes". Si nous

repreons la métaphore de Hynes¹ nous constatons une autonomie progressive du cours d'eau par rapport à sa vallée (ce phénomène ne concerne pas seulement le fonctionnement trophique, du fait de l'augmentation des masses d'eau, le système est, par exemple, de plus en plus résistant à la variabilité des températures). La situation extrême est la plaine alluviale ou le delta qui constituent des écosystèmes "créés" par le fleuve.

La faune benthique est intégrée au moyen du concept de groupe fonctionnel (Cummins, 1974, Cummins et Klug, 1979), qui prend en compte non seulement la ressource alimentaire, mais surtout son mode d'acquisition. Minshall *et al.* (1985) fournissent un schéma théorique de zonation de ces groupes fonctionnels en fonction du rang du cours d'eau (stream order). Les petits ruisseaux sont dominés par les déchiqueteurs de grandes particules (large particulate shredders), puis par les collecteurs de fines particules (fine particulate collectors); les rivières moyennes voient le développement des brouteurs de periphyton (periphyton grazers) et des filtreurs benthiques (benthic filter feeders); enfin les fleuves les plus larges sont le domaine des fouisseurs (sediment burrowers). Il y a donc une évolution graduelle de la structure du benthos en fonction de la quantité, de la nature et de l'accessibilité des matières organiques charriées ou produites par les hydrosystèmes.

Le R.C.C. a permis le développement de nombreux travaux complémentaires ou critiques (Statzner et Higler, 1985). Il est le modèle actuellement utilisé pour comprendre le fonctionnement des réseaux hydrographiques (Minshall *et al.*, 1985). Les critiques les plus vives n'ont pas concerné le R.C.C. lui-même mais sa généralisation à d'autres domaines bioclimatiques, particulièrement en zones tropicales (Winterbourn *et al.*, 1981; Dudgeon, 1984).

Ainsi les deux modèles principaux d'étude globale des réseaux hydrographiques se révèlent difficiles à appliquer aux fleuves tropicaux. Peut-être n'est-ce seulement que par manque d'informations.

II.3. Intégration des deux modèles

¹ Hynes, 1975 : "la vallée gouverne le cours d'eau"

Le R.C.C. devrait intégrer les approches de type "zonations" qui l'ont précédé. Mais, ces dernières supposent des secteurs plus ou moins homogènes séparés par des transitions nettes, ce qui semble en contradiction avec la notion de "continuum". Il s'agit peut-être d'un problème d'échelle, car, comme le remarque Wasson (1989) : "il est facile de confondre un escalier avec un toboggan, lorsque l'on ne dispose que d'un seul point par marche". Plus généralement, il semble exister sur les réseaux hydrographiques des frontières faunistiques que l'on ne peut réduire aux transitions fonctionnelles. Le déterminisme de ces frontières est l'une des questions soulevées par les théories de zonations, les interrelations entre "associations benthiques" et le fonctionnement est l'une de celles posées par le R.C.C.

Ces deux approches de la structure faunistique longitudinale des eaux courantes ne sont pas incompatibles : il y a, par exemple, des relations directes entre la taille et la nature des matières organiques transportées et les conditions hydrodynamiques. Les contradictions apparentes entre certains travaux proviennent souvent du niveau taxonomique utilisé. Des recherches menées sur l'ensemble du peuplement benthique à un niveau taxinomique qui oscille entre le genre et l'ordre, mettront en évidence une structure proche de celle prévue par le R.C.C., car les espèces d'un même genre appartiennent généralement à un même groupe fonctionnel et de la même façon, elles auront, du fait d'une morphologie voisine, des réactions analogues aux contraintes hydrauliques. Au cours de telles études, certaines frontières zoologiques passent inaperçues. En revanche, une recherche menée au niveau spécifique pourra mettre en évidence des remplacements d'espèces déterminés par des facteurs climatiques. Le fait que de nombreuses études aient été réalisées en utilisant des niveaux spécifiques disparates (généralement en fonction de la disponibilité des identificateurs) a contribué à la confusion de ces deux phénomènes. Dans le cadre du développement actuel des recherches sur la biodiversité, il sera essentiel de distinguer les transitions fonctionnelles généralement liées aux changements trophiques (nature et accessibilité des ressources alimentaires), et les transitions faunistiques généralement liées aux facteurs thermiques ou chimiques.

III. LES DONNEES DISPONIBLES

Il y a très peu de données précises permettant de tester ces théories en zone tropicale. Un certain nombre de travaux de base ont toutefois été réalisés, apportant des éléments à la modélisation des hydrosystèmes africains.

1/ La comparaison des biefs lotiques des grandes rivières de l'Afrique de l'Ouest a permis de mettre en évidence, au niveau familial, une forte homogénéité des peuplements entomiques. Soumises à des traitements insecticides semblables durant plusieurs années, les communautés d'insectes lotiques évoluent de la même manière (Elouard, 1983; Yaméogo *et al.*, 1991; Elouard *et al.*, 1992). Entre des sources, souvent théoriques (Statzner 1984) et l'estuaire, il existe une "zone à Hydropsychidae" indifférenciée (Lévêque *et al.*, 1983), sans réelle transition rhithron/potamon.

2/ Sur le bassin du Bandama en Côte d'Ivoire, la richesse spécifique augmente avec le rang du cours d'eau. Mais cela est dû à deux phénomènes distincts: d'une part, les hauts cours et les petits affluents sont moins riches en espèces, souvent de manière aléatoire avec des populations moins abondantes; d'autre part, la zone méridionale du bassin pénètre dans la zone forestière et se trouve colonisée par des espèces caractéristiques de la transition forêt/savane, voire par quelques espèces strictement forestières (Statzner, 1984; Gibon et Statzner, 1985). Le résultat principal de ces travaux est la mise en évidence d'une forte homogénéité faunistique en savane, quel que soit le rang du cours d'eau. Cette situation est en contradiction apparente avec les modèles classiques de zonation. L'ensemble des recherches menées en Afrique occidentale sur la répartition géographique des insectes lotiques indique que leur distribution peut être décrite par l'altitude (elle même étroitement corrélée à la température) et par la formation végétale dominante du bassin (elle même étroitement corrélée à la pluviométrie). Ce modèle de distribution se vérifie de manière

concordante chez les Trichoptères (Gibon *et al.*, 1994; Gibon, sous presse) et chez les vecteurs de l'Onchocercose (Quillévéré, 1979; Quillévéré *et al.*, 1981). On observe même, à la suite des phénomènes de déforestation, de profondes modifications de certaines situations épidémiologiques (Walsh *et al.*, 1993).

IV. LE PROGRAMME "BIODIVERSITE ET BIOTYPOLOGIE DES EAUX CONTINENTALES MALGACHES" (PEC 7)

IV.1. Le contenu du programme

L'Orstom et le C.N.R.E. ont entrepris, avec le soutien financier du Fonds d'Aide et de Coopération, un programme de biotypologie des eaux continentales malgaches. Cette recherche doit fournir un outil de surveillance et de gestion des hydrosystèmes continentaux aux responsables nationaux. Au-delà de cette application directe, nous espérons mettre à l'épreuve, en milieu tropical, les théories actuelles élaborées pour les zones tempérées d'Europe occidentale et d'Amérique du nord.

Pour tester ces hypothèses, il est indispensable de travailler au niveau spécifique. La première phase consiste donc en un inventaire faunistique des insectes et macrocrustacés benthiques. Ce travail est coordonné à des recherches hydrochimiques, hydrologiques et climatologiques. L'ensemble constitue une base de données destinée à :

- 1/ déterminer les structures cénotiques et leurs distributions sur les hydrosystèmes,
- 2/ mettre en évidence les régions biogéographiques,
- 3) étudier les principaux facteurs déterminant les répartitions des invertébrés benthiques,
- 4) décrire les éventuelles zonations et adapter le modèle d'Illies et Botosaneanu en zone tropicale, sur plusieurs bassins ayant une forte variation altitudinale et répartis suivant un gradient de pluviométrie, depuis les milieux très arides du Sud-ouest jusqu'aux forêts humides de la côte orientale,

- 5) fournir aux décideurs un modèle pour prévoir et évaluer toute modification de ces systèmes à la suite des perturbations ou des aménagements.

Madagascar offre des conditions favorables à de telles études car l'île possède une grande variété d'habitats aquatiques due à son relief et à ses régimes pluviométriques variés. La diversité des situations altitudinales et climatiques, géomorphologiques et édaphiques rencontrées sur un espace accessible à une petite équipe est un atout remarquable pour ce type de recherche. Madagascar, île continent, constitue en ce sens un véritable laboratoire naturel d'étude des hydrosystèmes.

IV.2. Les objectifs à moyen terme.

IV.2.1. Effets de la déforestation sur les écosystèmes lotiques.

Les résultats obtenus nous permettront d'étudier l'effet de la déforestation sur les écosystèmes lotiques. Le défrichement, suivi ou non de mise en culture, est un phénomène ancien qui s'est considérablement accentué au cours des dernières années à Madagascar. Si les effets sur la biodiversité des milieux terrestres a fait l'objet de nombreuses recherches, nous disposons de peu d'éléments permettant de prévoir son impact sur les milieux aquatiques. Cependant, il semble que le biome dominant du bassin, ou la formation végétale environnant le cours d'eau, soit l'un des facteurs majeurs déterminant la biocénose benthique. Nous avons vu qu'en Afrique occidentale, les espèces ne sont pas "rhithmiques" ou "potamiques" mais "de forêt" ou "de savane". Ce facteur est étroitement corrélé à la pluviométrie et donc aux régimes hydrologiques. Par ailleurs, il a un effet direct sur la température de l'eau et sur son pH; il conditionne l'érosion et, en conséquence, les transports solides en rivière et la sédimentation. Son importance est de plus en plus soulignée (Minshall *et al.*, 1983; King *et al.*, 1992).

La situation actuelle nous permet d'analyser, à Madagascar, les effets du défrichement, l'existence de zones refuges dans des vestiges forestiers et la dynamique de l'installation d'une nouvelle faune et/ou d'un nouveau fonctionnement trophique. La comparaison des stratégies de divers groupes taxinomiques, offrant des capacités

de dispersion complètement différentes (durée de vie adulte et possibilités de vol), en sera un élément central.

IV.2.2. Typologie fonctionnelle des écosystèmes lotiques

Il s'agit d'appliquer la démarche du River Continuum Concept à deux petits bassins versants où existe une typologie faunistique nette. Un tel projet suppose :

- l'étude des flux de matières organiques (sous ses différentes formes),
- l'étude des ressources alimentaires et de ses modes d'acquisition chez les principaux invertébrés benthiques.

Les hypothèses à tester sont les suivantes :

- 1/ il existe des zones faunistiques déterminées par des facteurs physicochimiques (température, hydraulique ...), eux-mêmes dépendant de la géo-morphologie, de la pluviométrie et de la couverture végétale du bassin (résultats acquis par les études typologiques);
- 2/ les transitions entre ces zones sont indépendantes du fonctionnement trophique de l'écosystème (la structuration longitudinale du fonctionnement n'intervenant qu'au niveau de l'abondance des divers groupes fonctionnels).

La question abordée est celle de l'articulation entre la diversité zoologique et le fonctionnement des écosystèmes, elle est, aujourd'hui, au coeur du débat sur le concept de biodiversité.

CONCLUSION

L'objectif du programme PEC 7 est la mise au point d'un modèle de gestion des hydrosystèmes malgaches. Les étapes préliminaires de ce programme permettront d'inventorier la faune invertébrée des milieux aquatiques (relativement peu connue), de cartographier la distribution des espèces et des peuplements. La base de données BiBiSOA, qui sera l'un des supports du programme, mettra à la disposition des futures recherches en hydrobiologie un fonds bibliographique, taxinomique et écologique opérationnel.

OUVRAGES CITES

- BENKE (A. C.), 1990 - A perspective on America's vanishing streams. *J. N. Am. Bentholog. Soc.*, 9, 77-88.
- BOTOSANEANU (L.), 1979 - Quinze années de recherches sur la zonation des cours d'eau : 1963-1978. Revue commentée de la bibliographie et observations personnelles. *Bijdr. tot. Dierkunde*, 19 (1), 109-134.
- CORKUM (L.D.), 1990 - Intra-biome distributional patterns of lotic macroinvertebrate assemblages. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47 (11) : 2147-2157.
- CUMMINS (K.W.), 1974 - The structure and function of stream ecosystems. *Bioscience*, 24, 631-641.
- CUMMINS (K.W.), 1992 - Catchment Characteristics and River Ecosystems. In *River Conservation and management*, édité par P.J. Boon, P. Calow et G.E. Petts. J. Wiley and sons Ltd.,
- CUMMINS (K.W.) & KLUG (M. J.), 1979 - Feeding ecology of stream invertebrates. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10, 147-172.
- DAVIS (J. A.) & BARMUTA (L.A.), 1989 - An ecologically useful classification of mean and nearbed flows in streams and rivers. *Freshwater Biol.*, 21, 271-282.
- DUDGEON (D.), 1984 - Longitudinal and temporal changes in functional organisation of macroinvertebrate communities in the Lam Tsuen River, Hong-Kong. *Hydrobiologia*, 111, 207-217.
- ELOUARD, (J.-M.), 1983 Impact d'un insecticide organophosphoré (le Téméphos) sur les entomocénoses associées aux stades préimaginaux du complexe *Simulium damnosum* Théobald (Diptera : Simuliidae). Thèse doct. Etat, Univ. Paris XI, 546 pp.
- ELOUARD (J.-M.), YAMEOGO (L.), SIMIER (M.), 1991 - Homologie d'évolution de peuplements benthiques soumis aux épandages d'insecticides antisimulidiens. *Rev. Sciences de l'Eau*, 41 : 453-462.
- GIBON (F.-M.), sous presse - Unusual patterns of caddisflies longitudinal zonation. Assumed consequence of a biome-effect.
- GIBON (F.-M.), GUENDA (W.) & COULIBALY (B.), 1994 - Observations sur la zonation des cours d'eau de la savane ouest-africaine : Trichoptères du Sud-Ouest du Burkina Faso. *Annls. Limnol.*, 30 (2), 101-121.
- GIBON (F.-M.) & STATZNER (B.), 1985 - Longitudinal zonation of lotic insects in the Bandama River System (Ivory Coast). *Hydrobiologia*, 122, 61-64.
- HARRISSON (A.D.) & HYNES (H.B.N.), 1988 - Benthic fauna of Ethiopian mountain streams and rivers. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 81, 1, 1-36.
- HARRISSON (A.D.) & RANKIN (J.J.), 1976 - Hydrobiological studies of Easter Lesser Antillean Islands. II St. Vincent : freshwater fauna, its distribution, tropical river zonation and biogeography. *Arch. Hydrobiol., suppl.* 50, 275-311.
- ELOUARD, (J.-M.), 1983 Impact d'un

- HYNES (H.B.N.), 1975 - The stream and its valley. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 19, 1-15.
- ILLIES (J.), 1964 - The invertebrate fauna of the Huallaga, a peruvian tributary of the Amazon River, from the sources down to Tingo Maria. *Verh. internat. Verein. Limnol.*, 12 : 1-57.
- ILLIES (J.) & BOTOSANEANU (L.), 1963 - Problème et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 12, 1-57.
- KING (J. M.), DE MOOR (F.C.) & CHUTTER (F.M.), 1992 - Alternative ways of classifying rivers in Southern Africa. In *River Conservation and management* édité par P.J. Boon, P. Calow et G.E. Petts. J. Wiley and sons Ltd., 213-228.
- LEVEQUE (C.), DEJOUX (C.) & ILLIES (J.), 1983 - Limnologie du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire). *Hydrobiologia*, 100 : 113-141.
- MINSHALL (G. W.), PETERSEN (R. C.), CUMMINS (K.W.), BLOTT (T. L.), SEDELL (J. R.), CUSHING (C.E.) & VANNOTE (R.L.), 1983 - Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics. *Ecol. Monogr.*, 51, 1-25.
- MINSHALL (G.W.), CUMMINS (K.W.), PETERSEN (R.C.), CUSHING (C.E.), BRUNS (D.A.), SEDELL (J. R.) & VANNOTE (R.L.), 1985 - Developpements in stream ecosystem theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.*, 42, 1045-1055.
- QUILLEVERE (D.), 1979 - Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectrices des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. *Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 109, 304 pp.
- QUILLEVERE (D.), GUILLET (P.) & SECHAN (Y.), 1981 - La répartition géographique des espèces du complexe *Simulium damnosum* dans la zone du projet Sénégal. *Cah. ORSTOM, ser. Ent. méd. et Parasitol.*, 19 (4), 303-309.
- STATZNER (B.), 1984. - Keys to adult and immature Hydropsychinae in the Ivory coast (West Africa) with notes on their taxonomy and distribution. *Spixiana*, 7 (1) : 23-50.
- STATZNER (B.) & HIGLER (B.), 1985 - Questions and comments on the River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.*, 42, 1038-1044.
- STATZNER (B.) & HIGLER (B.), 1986 - Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation pattern. *Freshwater Biol.*, 16, 127-139.
- VANNOTE (R.L.), MINSHALL (G.W.), CUMMINS (K.W.), SEDELL (J.R.) & CUSHING (C.E.), 1980 - The River Continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.*, 37, 130-137.
- VERNEAUX (J.), 1976 - Biotypologie de l'écosystème "eau courante". La structure biotypologique. *C.R. Acad. Sc. Paris, série D.*, 283, 1663-1666.
- WALSH (J. F.), MOLYNEUX (D.H.) & BIRLEY (M.H.), 1993 - Deforestation : effects on vector-borne disease. *Parasitology*, 106, S55-S75.
- WASSON (J.-G.), 1989 - Eléments pour une typologie fonctionnelle des eaux courantes : 1. Revue critique de quelques approches existantes. *Bull. Ecol.*, 20 (2), 109-127.

WINTERBOURN (M.J.), ROUNICK (J. S.) & COWIE (B.), 1981 - Are New Zealand stream ecosystems really different ? *New Zealand J. Mar. Freshwater Res.*, 15, 321-328.

YAMEOGO (L.), ELOUARD (J.-M.) & SIMIER (M.), 1991 - Typologie des entomocénoses

benthiques soumises à des épandages d'insecticides antisimulidiens. *Arch. Hydrobiol.*, 123 (1) : 117-127.

ZWICK (P.), 1992 - Stream habitat fragmentation - a threat to biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 1, 80-97.

REPOBLIKAN' I MADAGASIKARA
Tanindrazana-Fahafahana-Fahamarinana

BULLETIN
DE
L'ACADEMIE NATIONALE
MALGACHE
NUMERO SPECIAL

DU 50ème ANNIVERSAIRE
DE
L'ORSTOM

*Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération*
1994

ANTANANARIVO
1995