

Hydrologie et dynamique hydroécologique des cours d'eau Hydrology and hydroecological dynamic in running waters

J. Malavoi and Y. Souchon

Volume 5, Number 2, 1992

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/705131ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/705131ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

0992-7158 (print)

1718-8598 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Malavoi, J. & Souchon, Y. (1992). Hydrologie et dynamique hydroécologique des cours d'eau. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 5(2), 247–261. <https://doi.org/10.7202/705131ar>

Article abstract

Hydrobiology studies deal more often with pollution problems in running waters than with those concerning stream regulation or deterioration of physical integrity of streams and rivers.

It is more and more obvious that running water ecology is strongly related to hydrological characteristics which structure aquatic habitats.

This latter challenge requires a better understanding of the relationships between physical and biological parameters in particular in natural sites.

We have summarized basic knowledge on the role of hydrological characteristics in aquatic systems:

- Hydrology structures the morphology of the river bed and banks: bankfull discharge is often considered as responsible for hydraulic geometry of river channels in association with sediment load. The channel forming flows correspond to the flood discharges of frequency 1.5 to 2.0 years in most stream types.

- Hydrology punctuates the dynamic of habitat available for aquatic biota. Physical habitat is described as a combination of spatial attributes: depth, current velocity, which are directly dependent on instantaneous discharge, and substrate and cover, resulting from the morphology described above. For example fish need different habitat for each physiological function to achieve a whole life cycle: reproduction and incubation of embryos, nutrition, rest, and hiding. For the biologists, it is essential to develop knowledge on the autoecological requirements of species, in particular fishes in original ecological conditions.

- Hydrology influences the thermal regime determining the oxygen concentration and several associated physico-chemical processes. Severe abiotic conditions could exist in periods of prolonged low flows.

In a second part, we demonstrate the interest of a close collaboration between hydrological and hydroecological sciences with two concrete examples in an alpine stream, Severaise (Hautes-Alpes).

We use a quantitative methodology derived from the Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) of the Fish and Wildlife Service (USA, Fort-Collins).

One of the hypothesis of this methodology is that physical habitat plays a major role in structuring fish populations, certain habitats acting as « bottlenecks ».

In Severaise, a representative study reach was chosen in a braided part of the stream, including each identified geomorphological unit.

The physical characteristics are described on perpendicular transects (2 or 3 transects per unit). On representing homogeneous area, on each transect different measurements of depth, current velocity and substrate type are taken at irregular intervals, with more points in heterogeneous portions. These points divide the represented area in cells. Topographic data complement the description and are necessary for hydraulic simulation at different discharges.

The physical characteristics of the reaches are illustrated on maps, thus it is possible to follow the evolution of one parameter or a combination of them with changes in discharge (500 l s^{-1} , $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).

Fish habitat requirements are obtained from preference curves for each physical parameter and life stage. The studied species is the brown trout (*Salmo trutta Fario*, L., 1759).

The available habitat is then calculated cell by cell by converting physical data into suitability criteria. The resulting Weighted Usable Area (WUA) for brown trout is then computed versus discharge.

Adult WUA increases quickly between 0.5 and $1.0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ and is quite linear up to $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ and a rapid decrease up to $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

In Severaise the low discharge is in winter with a monthly average stream flow of $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (period 1959-1985). This value corresponds to the maximum WUA (120 m^2) for adult and to a medium WUA (300 m^2 for a maximum of 450 m^2 at $0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) for alevins and juveniles. The lower values for adult are often encountered.

The summer average discharges, when fish are more physiologically active and in a period of active growth, give also good WUA ($10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, 100 m^2 for adult). When the hydrological events are close to the mean average interannual pattern, brown trout population tends to an equilibrium with a number of adults defined by the minimum WUA. This type of population structure has been observed in September 1986.

This first example shows the importance of hydrological data which can be translated into habitat values for fish in two ways: real data by chronics or statistical approach (variability between years).

The second example consist in a biological assessment of trout population before and after a severe flood ($70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) in the same stream. The number of fish was depleted and the site structure severely impacted with no more fish greater than 240 mm (total length) and a drastic loss in 1 + year class.

The flood resulted also in a morphological modification with displacement of the channel. During the flood, it was not possible to measure current velocities but it could be assumed that they were to high for fish to maintain. Fish might have drifted downstream with no recolonisation after 9 months.

These two examples have emphasized the importance of hydrology in aquatic ecology. Flood regime pattern can be translated in potential habitat values for fish or other biota.

This new habitat methodology can also improve the quality of impact studies, in particular those dealing with stream regulation. Therefore stream flow variability and predictability are essential to define temporal and spatial patterns of lotic environments.

Hydrologie et dynamique hydroécologique des cours d'eau

Hydrology and hydroecological dynamic in running waters

J. MALAVOI¹, Y. SOUCHON¹

Reçu le 27 avril 1991, accepté pour publication le 20 février 1992*.

SUMMARY

Hydrobiology studies deal more often with pollution problems in running waters than with those concerning stream regulation or deterioration of physical integrity of streams and rivers.

It is more and more obvious that running water ecology is strongly related to hydrological characteristics which structure aquatic habitats.

This latter challenge requires a better understanding of the relationships between physical and biological parameters in particular in natural sites.

We have summarized basic knowledge on the role of hydrological characteristics in aquatic systems :

– Hydrology structures the morphology of the river bed and banks : bankfull discharge is often considered as responsible for hydraulic geometry of river channels in association with sediment load. The channel forming flows correspond to the flood discharges of frequency 1.5 to 2.0 years in most stream types.

– Hydrology punctuates the dynamic of habitat available for aquatic biota. Physical habitat is described as a combination of spatial attributes : depth, current velocity, which are directly dependent on instantaneous discharge, and substrate and cover, resulting from the morphology described above. For example fish need different habitat for each physiological function to achieve a whole life cycle : reproduction and incubation of embryos, nutrition, rest, and hiding. For the biologists, it is essential to develop knowledge on the autoecological requirements of species, in particular fishes in original ecological conditions.

– Hydrology influences the thermal regime determining the oxygen concentration and several associated physico-chemical processes. Severe abiotic conditions could exist in periods of prolonged low flows.

1. Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Division Biologie des Ecosystèmes Aquatiques, Laboratoire d'Hydroécologie Quantitative, 3 bis, quai Chauveau CP 220 – 69336 Lyon Cedex 09.

* Les commentaires seront reçus jusqu'au 30 décembre 1992.

In a second part, we demonstrate the interest of a close collaboration between hydrological and hydroecological sciences with two concrete examples in an alpine stream, Severaisse (Hautes-Alpes).

We use a quantitative methodology derived from the instream Flow Incremental Methodology (IFIM) of the Fish and Wildlife Service (USA, Fort-Collins).

One of the hypothesis of this methodology is that physical habitat plays a major role in structuring fish populations, certain habitats acting as « bottle-necks ».

In Severaisse, a representative study reach was chosen in a braided part of the stream, including each identified geomorphological unit.

The physical characteristics are described on perpendicular transects (2 or 3 transects per unit). On representing homogeneous area, on each transect different measurements of depth, current velocity and substrate type are taken at irregular intervals, with more points in heterogeneous portions. These points divide the represented area in cells. Topographic data complement the description and are necessary for hydraulic simulation at different discharges.

The physical characteristics of the reaches are illustrated on maps, thus it is possible to follow the evolution of one parameter or a combination of them with changes in discharge (500 l s^{-1} , $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).

Fish habitat requirements are obtained from preference curves for each physical parameter and life stage. The studied species is the brown trout (*Salmo trutta Fario*, L., 1759).

The available habitat is then calculated cell by cell by converting physical data into suitability criteria. The resulting Weighted Usable Area (WUA) for brown trout is then computed versus discharge.

Adult WUA increases quickly between 0.5 and $1.0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ and is quite linear up to $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ and a rapid decrease up to $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

In Severaisse the low discharge is in winter with a monthly average stream flow of $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (period 1969-1985). This value corresponds to the maximum WUA (120 m^2) for adult and to a medium WUA (300 m^2 for a maximum of 450 m^2 at $0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) for alevins and juveniles. The lower values for adult are often encountered.

The summer average discharges, when fish are more physiologically active and in a period of active growth, give also good WUA ($10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, 100 m^2 for adult). When the hydrological events are close to the mean average interannual pattern, brown trout population tends to an equilibrium with a number of adults defined by the minimum WUA. This type of population structure has been observed in september 1986.

This first example shows the importance of hydrological data which can be translated into habitat values for fish in two ways : real date by chronics or statistical approach (variability between years).

The second example consist in a biological assessment of trout population before and after a sever flood ($70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) in the same stream. The number of fish was depleted and the size structure severely impacted with no more fish greater than 240 mm (total lenght) and a drastic loss in 1 + year class.

The flood resulted also in a morphological modification with displacement of the channel. During the flood, it was not possible to measure current velocities but it could be assumed that they were to high for fish to maintain. Fish might have drifted downstream with no recolonisation after 9 months.

These two examples have emphasized the importance of hydrology in aquatic ecology. Flood regime pattern can be translated in potential habitat values for fish or other biota.

This new habitat methodology can also improve the quality of impact studies, in particular those dealing with stream regulation.

Therefore stream flow variability and predictability are essential to define temporal and spatial patterns of lotic environments.

Key-words : *hydrology, fluvial geomorphology, modelling, aquatic habitats, fishes.*

RÉSUMÉ

La dynamique écologique des cours d'eau est fortement liée à leur régime hydrologique qui en façonne la structure morphologique à l'occasion de crues caractéristiques mais qui en rythme également l'habitat physique quotidien. L'hydrologie joue aussi un rôle majeur dans la modulation saisonnière des caractéristiques thermiques et chimiques, autres paramètres abiotiques fondamentaux.

Deux exemples concrets pris dans un cours d'eau alpin, la Séveraisse, démontrent l'intérêt d'une étroite connexion entre l'hydrologie et l'hydroécologie.

La quantification de l'habitat des poissons repose sur la méthode des microhabitats dont les principes ont été définis par l'US Fish and Wildlife Service (Instream Flow Incremental Methodology, USA, Fort Collins, Colorado). Cette méthodologie combine une description détaillée de stations représentatives du cours d'eau par mesure puis modélisation hydraulique des paramètres de l'habitat tels que la hauteur d'eau, la vitesse du courant et le substrat avec des modèles de préférence de localisation des poissons à différents stades vitaux. Des valeurs d'habitat potentiel par stade vital pour les différentes espèces étudiées (ici la truite fario, *Salmo trutta fario*) sont calculées pour différents débits.

Des chroniques hydrologiques de qualité sont par conséquent nécessaires pour analyser la dynamique de l'habitat et en reconstituer l'historique.

Les faibles débits lors des étiages estivaux correspondent souvent à un habitat limitant pour l'adulte de truite.

D'autres épisodes hydrauliques critiques peuvent aussi exister. Ce fut le cas d'une crue sévère de 70 m³/s sur la Séveraisse dont l'effet biologique a pu être évalué : forte diminution de la densité et de la biomasse de truite, structure de taille désorganisée.

Ces deux exemples soulignent l'importance des données hydrologiques en hydroécologie. Les événements exceptionnels, les épisodes structurants, les étiages, le rythme saisonnier des débits définissent la variabilité spatiale et temporelle de l'environnement aquatique, qu'il faut ensuite relier à la dynamique biologique des hydrosystèmes.

Mots clés : *hydrologie, géomorphologie fluviale, modélisation, habitats aquatiques, poissons.*

INTRODUCTION

Jusqu'alors essentiellement descriptive, l'hydroécologie ambitionne désormais de comprendre le fonctionnement des écosystèmes par des approches beaucoup plus quantitatives qui permettront de mieux cerner leur évolution, naturelle ou influencée par les interventions humaines.

Les peuplements de poissons peuvent constituer de bons révélateurs de l'état de santé d'un hydrosystème à condition d'en faire une double interprétation :

- l'une essentiellement qualitative (présence/absence de diverses espèces), permettant de restituer la composition du peuplement dans son contexte écogéographique ;

- l'autre plus quantitative, tenant compte de paramètres de structure des peuplements tels que la biomasse présente, la densité relative des différentes espèces, la dynamique des tailles ou des âges.

Cette interprétation est d'autant plus pertinente qu'il est possible de relier ces données biologiques à des variables abiotiques.

Pour les approches qualitatives, plusieurs classifications écogéographiques ou longitudinales sont disponibles. Il s'agit de relations assez générales faisant appel à des facteurs tels que l'altitude, la pente, la température ou la largeur des cours d'eau.

Dans une optique plus quantitative, plusieurs modèles ont été proposés, dans leur majorité adaptés aux systèmes salmonicoles ; chacun d'eux s'appuie sur la notion de capacité d'accueil limitante, l'habitat ou espace physique disponible étant décrit par un certain nombre de paramètres de type hydraulique (vitesse du courant, profondeur, etc.) ; tous sont liés plus ou moins directement au régime hydrologique. BINNS et EISERMANN (1979) attribuent par exemple un rôle prépondérant au débit de fin d'été ainsi qu'à la variabilité saisonnière du débit pour expliquer la biomasse des salmonidés des cours d'eau du Wyoming.

Les développements les plus récents concernent des approches analytiques de type micro-habitat initiées aux USA par STALNAKER (1979) et BOVEE (1982) et adaptées en France par des équipes d'électricité de France (LEPETIT *et al.*, 1989) et du CEMAGREF (SOUCHON *et al.*, 1989).

La méthode des micro-habitats utilisée au CEMAGREF de Lyon permet actuellement d'obtenir une bonne image de la capacité d'accueil d'un cours d'eau salmonicole à *Salmo trutta fario* ; elle vise à terme la possibilité d'estimation précise des stocks de poissons.

Cette méthode faisant intervenir des paramètres hydrauliques liés au débit liquide, requiert pour son utilisation à des fins de gestion piscicole, des données hydrométriques fiables, portant sur une durée suffisamment longue et bien réparties spatialement sur le bassin étudié.

Ces chroniques hydrométriques permettent en effet d'une part, de reconstituer le cycle hydrologique moyen annuel du cours d'eau et d'autre part, d'avoir

une vision exacte de l'histoire récente de ce dernier, notamment en ce qui concerne les épisodes critiques que sont les crues et les étiages.

C'est l'intérêt d'une bonne connaissance du régime hydrologique d'un cours d'eau, en tant que régisseur principal de sa dynamique morpho-écologique que nous nous proposons d'expliciter ici.

1 - LIEN ENTRE RÉGIME HYDROLOGIQUE ET VARIABLES ABIOTIQUES DANS UN ÉCOSYSTÈME D'EAU COURANTE

L'importance du régime hydrologique au niveau des potentialités piscicoles d'un cours d'eau se fait sentir à toutes les échelles d'observation du système. Il joue un rôle indirect sur la communauté biologique par l'intermédiaire du modelage du lit et la mise en place d'une morphologie adaptée ; il intervient *plus directement* en imposant une *variabilité saisonnière* aux trois variables morphodynamiques considérées comme primordiales pour la faune ichtyologique : la vitesse du courant, la hauteur d'eau et la granulométrie du lit, son rôle enfin, au niveau de la modulation cyclique des composantes chimiques et thermiques, est loin d'être négligeable.

1.1 Le régime hydrologique et l'architecture du milieu physique

La littérature géomorphologique met l'accent depuis de nombreuses années sur le rôle du régime hydrologique en tant qu'élément morphogène essentiel des systèmes fluviaux. C'est le débit liquide circulant dans un cours d'eau qui est le principal facteur des formes majeures de son lit.

Les rivières alluviales sont en effet des systèmes dynamiques où les entrées et sorties de matières provoquent de perpétuels changements et ajustements ; c'est ainsi que dans des conditions « naturelles » (c'est-à-dire non perturbées artificiellement), elles subissent des variations plus ou moins fréquentes autour de conditions moyennes, de leur largeur, leur profondeur, leur granulométrie ou plus simplement leur tracé en plan, autant de paramètres majeurs dans la mise en place et le maintien d'une biocénose aquatique et particulièrement de sa composante piscicole.

Les auteurs sont à peu près d'accord pour considérer le débit journalier de crue de fréquence 1,5 ou 2 ans comme « débit morphogène », c'est-à-dire celui qui donnera au cours d'eau sa morphométrie « climacique », en terme d'évacuation optimale et avec un minimum d'énergie des débits liquides et solides, et qui lui permettra d'atteindre ou d'approcher un état d'équilibre dynamique. Ce débit correspond généralement au débit d'écoulement à pleins bords.

On admet que d'autres variables indépendantes régissent aussi la morphologie fluviale, notamment la charge solide disponible au transport et la pente de la vallée.

Un certain nombre de types fluviaux sont donc ainsi façonnés par des combinaisons de ces variables (fig. 1a et 1b) et tous n'ont bien entendu pas les mêmes valeurs écologiques ou piscicoles. Nous n'entrerons pas ici dans le détail des biotypologies existantes ou en cours d'élaboration (cf. revue de WASSON, 1989).

Si les crues de fréquence 2 ans ont un rôle morphologique majeur plus ou moins prouvé, on estime que pratiquement tous les débits suffisants pour permettre le remaniement hydraulique et la prise en charge du matériel alluvial, ont une action morphogène non négligeable ; les crues de moindre fréquence et par conséquent de plus forte intensité (5, 10, 50 ans ou plus) pouvant quant à elles perturber parfois durablement, l'équilibre précaire vers lequel tendent les rivières naturelles.

En plus de leur action évolutive majeure sur le lit du cours d'eau, principal constituant des conditions globales d'habitat pour la communauté biologique, les crues ont sur cette dernière des conséquences beaucoup plus directes, encore mal connues mais vraisemblablement considérables (en ce qui concerne les invertébrés benthiques voir PREVOT et PREVOT, 1986), en imposant parfois pour de longues périodes, des conditions de vie particulièrement critiques. Elles jouent souvent aussi le rôle de purges drastiques du milieu, provoquant la destruction ou au mieux la dévalaison de nombreux éléments de la biocénose, qui met alors plus ou moins de temps à se restabiliser, notamment en termes de biomasse et de diversité.

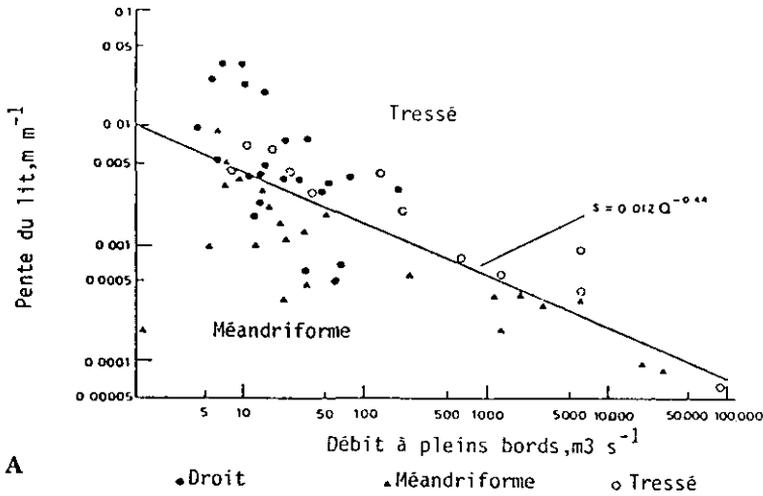
Ce premier aspect du rôle fondamental des évènements hydrologiques majeurs que sont les crues permet déjà de comprendre la nécessité d'une bonne connaissance du régime d'un cours d'eau pour apprécier des notions telles que la diversité et la stabilité des conditions de milieu.

Le régime des cours d'eau sera donc intégré tant sur le plan des caractéristiques hydrologiques moyennes (statistiques) que sur celui de la réalité historique récente (derniers épisodes de crue ou d'étiage).

1.2 Le régime hydrologique dynamique de l'habitat aquatique

Sans entrer dans le détail de la méthode des micro-habitats actuellement utilisée au CEMAGREF, il convient d'en présenter rapidement les principes généraux pour démontrer l'intérêt de son couplage avec des chroniques hydrométriques.

Cette méthode de description et de modélisation de l'habitat des communautés ichthyologiques des écosystèmes d'eau courante a dans un premier temps été mise en œuvre sur des cours d'eau de montagne ou de piémont caractérisés par un peuplement salmonicole à truite, *Salmo trutta fario*, espèce dont la présence et la densité sont conditionnées par trois variables hydrodynamiques : la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la granulométrie du lit. Aux différents stades de sa vie, la truite effectue en effet, quelle que soit la rivière dans laquelle elle se trouve, un choix dépendant de ces trois facteurs pour exercer une fonction physiologique comme la nutrition, la reproduction ou le repos (SHIRVELL et DUNGEY, 1983).



A

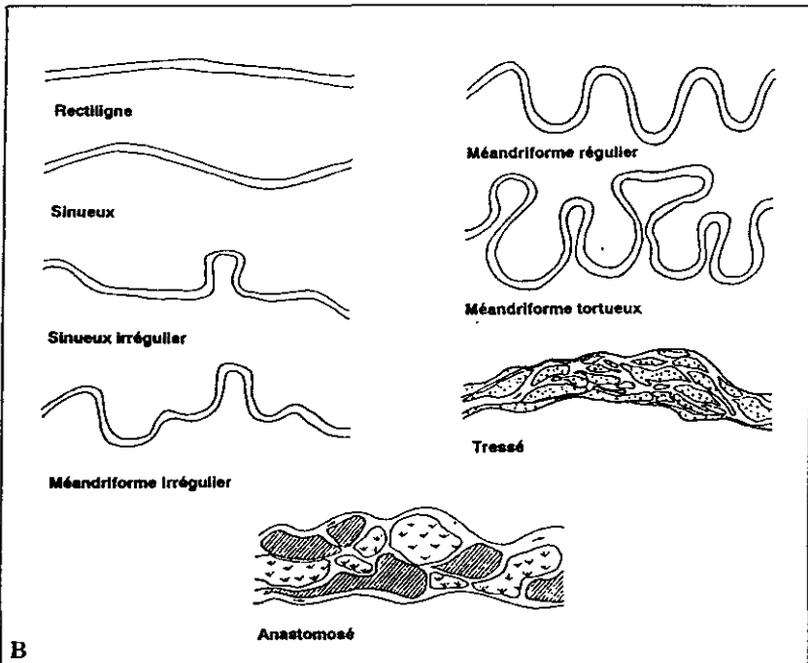


Figure 1 A. Distinction entre modèles tressé et méandrique sur la base d'un rapport pente/débit (d'après LÉOPOLD & WOLMAN, 1957).
 B. Les différents types de modèles fluviaux.
 A. Distinction between braiding and meandering on the basis of slope/discharge ratio.
 B. Channel patterns.

La méthode des micro-habitats consiste donc à coupler sur une station représentative d'un tronçon de cours d'eau :

- d'une part un modèle biologique traduisant les relations entre la présence et la densité relative d'un stade donné d'une espèce de poisson (ici la truite) et les valeurs des trois variables physiques caractéristiques de son habitat ;

- d'autre part un modèle hydraulique permettant à partir d'une campagne de mesures sur un cours d'eau, de reconstituer pour différents débits, les valeurs des variables hydrodynamiques retenues.

En pratique, ces mesures sont effectuées sur des transects perpendiculaires à l'écoulement (MALAVOI et SOUCHON, 1989), censés représenter au mieux les unités morphodynamiques présentes sur la station d'étude (MALAVOI, 1989).

Il est alors possible en utilisant ces deux modèles, d'estimer la capacité d'accueil du cours d'eau en fonction du débit pour les différents stades vitaux d'un certain nombre d'espèces de poisson.

Si la truite a jusqu'alors été l'espèce la plus étudiée sous cet aspect, des recherches visant à établir des relations de même type avec d'autres espèces sont actuellement en cours (POUILLY, 1989).

Il apparaît donc évident que pour bien cerner l'évolution au cours d'un cycle hydrologique, de la capacité d'accueil d'un cours d'eau, des données hydrométriques précises et régulières sont nécessaires. Sont ainsi généralement utilisés, pour donner une image de la variabilité saisonnière des potentialités d'habitat piscicole, les débits moyens mensuels. Il est important de noter que les périodes d'étiage (en été pour les cours d'eau à régime pluvial, en hiver pour ceux de type glaciaire, nival ou mixte, avec les risques de gel qu'ils imposent et la réduction consécutive de la surface habitable) sont considérées comme des épisodes de débit critique en terme de capacité d'accueil, pour les stades adultes notamment ; les forts débits et particulièrement les crues déjà évoquées ici, offrent elles aussi le plus souvent, des conditions d'habitat limitantes pour le poisson qui trouve alors son salut dans la dévalaison forcée ou dans la migration temporaire vers des zones de refuge hydraulique (bras secondaires, affluents, zones végétalisées du lit majeur etc.).

1.3 Le régime hydrologique et la modulation des composantes thermiques et chimiques

A une échelle à la fois plus fine et pourtant très globale, le régime hydrologique et notamment la variabilité saisonnière du débit ont un impact considérable sur la modulation des composantes thermiques et chimiques de l'écosystème aquatique.

1.3.1 Le régime thermique

Il est fondamental car c'est de lui que dépendent souvent les processus physico-chimiques et biochimiques se produisant au sein de l'hydrosystème ;

il constitue d'autre part une caractéristique susceptible d'influer sur son type de peuplement piscicole (salmonicole, cyprinicole, mixte).

D'une manière générale, ce sont plutôt les conditions d'étiage normal (ou aggravé en cas de sécheresse) qui le perturbent le plus profondément. La vitesse de réchauffement des eaux d'un cours d'eau est en effet grossièrement inversement proportionnelle à sa profondeur moyenne ; les débits d'étiage, par leur faible volume, engendrent une diminution de cette profondeur et une réduction de la vitesse de transit de la masse d'eau ce qui provoque le plus généralement une augmentation des températures, facteur souvent limitant pour certaines espèces de poisson (à titre d'exemple, la température létale maximale de la truite fario se situe entre 18° C et 21° C en fonction de la température d'acclimatation et de la durée d'exposition).

L'impact d'une réduction de débit sur le régime thermique d'un cours d'eau a été étudié de façon détaillée par la Direction des Etudes et Recherches d'EDF (1987) sur un tronçon court-circuité de la Durance. Il a été montré notamment que si le niveau moyen de température varie assez peu avec le débit, les amplitudes journalières diminuent notablement avec une augmentation de ce dernier en passant par exemple de 9° C pour 1,5 m³/s à 4° C pour 10 m³/s. Un modèle de reconstitution des températures en fonction du débit a d'ailleurs pu être calé sur cette rivière.

1.3.2. Le régime chimique

Dans le même temps, l'excès de tranquillité du milieu lié aux faibles débits limite considérablement le taux et la disponibilité en oxygène dissous dont la diffusion est extrêmement lente et dont le rôle est vital pour la biocénose aérobie (DUMONT et RIVIER, 1981).

Les milieux aquatiques d'eau courante reçoivent d'autre part de nombreux déchets, naturels ou provenant de diverses activités humaines, dont la dilution sera d'autant plus importante que la masse liquide sera abondante et transitera rapidement. La réduction prolongée de celle-ci en basses eaux implique une augmentation des concentrations des substances véhiculées par ces rejets (BALLAND, 1989). Il peut là encore y avoir dépassement de certains seuils de tolérance pour divers éléments de la communauté aquatique.

La diminution du débit peut aussi avoir des conséquences directes sur l'habitat aquatique notamment en ralentissant le transport et en favorisant le dépôt des particules fines en suspension dont la surabondance peut provoquer asphyxie et réduction de l'habitat disponible, particulièrement dommageable pour les zones de reproduction (REISER et WHITE, 1988).

Elle a enfin des conséquences indirectes sur la zoocénose en facilitant le développement voire la prolifération des végétaux aquatiques, ce qui conduit généralement à des variations nyctémérales très importantes de la teneur en oxygène dissous ou du pH, variations susceptibles d'aboutir à des conditions létales pour de nombreux organismes.

Si nous avons insisté dans ce paragraphe sur le rôle des faibles débits, c'est que, d'une part, les débits moyens n'induisent généralement que peu de modifications des régimes thermique et chimique et d'autre part les consé-

quences des forts débits sur ces régimes sont mal connues mais ne semblent pas jouer un rôle aussi fondamental que celles des basses eaux.

2 - DEUX EXEMPLES CONCRETS MONTRANT L'UTILITÉ DE DONNÉES HYDROMÉTRIQUES POUR L'ANALYSE DE POTENTIALITÉS PISCICOLES

Deux études de cas extraites de recherches réalisées pour le Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement (CEMAGREF, 1988) sont présentées ici.

Le premier exemple concerne l'étude de la capacité d'accueil d'une portion de cours d'eau en fonction du débit ; le second démontre le rôle majeur des crues dans la dynamique du peuplement piscicole de cette même portion, tant directement par la purge du milieu qu'elles induisent, qu'indirectement par leur impact sur la stabilité du lit mineur.

2.1 Analyse de la capacité d'accueil d'un cours d'eau

La station étudiée se situe sur la Séveraisse (Hautes-Alpes) à l'amont du barrage de Villar Loubière, au lieu-dit le Casset ; son modèle morphologique est proche du tressage. Elle a été traitée au moyen du modèle des micro-habitats selon le protocole de mesure présenté dans MALAVOI et SOUCHON (1989).

Ainsi a-t-elle découpée dans le sens longitudinal par des transects perpendiculaires à l'écoulement et représentatifs des faciès morphodynamiques observables, et dans le sens transversal par des points de mesures hydrauliques situés sur ces transects et dont l'emplacement est motivé par tout changement notable des trois variables prises en considération : la vitesse du courant, la hauteur d'eau et la granulométrie du lit. Ces limites transversales et longitudinales circonscrivent des « cellules » à la superficie desquelles seront extrapolés les résultats des mesures ponctuelles.

Le modèle de calcul de ligne d'eau FLUVIA mis au point par Baume et Poirson (1984) permet de reconstituer pour différents débits les valeurs ponctuelles et de profondeur, la granulométrie étant considérée comme stable. Le modèle biologique basé sur les préférences de l'espèce *Salmo trutta fario* pour ces trois paramètres permettant d'apprécier les débits favorables ou critiques pour les différents stades de vie de l'espèce.

La figure 2 représente l'évolution de la surface pondérée utile pour ces différents stades en fonction du débit, il suffit alors de pointer sur la courbe le débit pour lequel on désire connaître la capacité d'accueil de la station. Le même type de courbe peut être réalisé directement avec les moyennes interannuelles des débits mensuels ce qui autorise une vision directe du « cycle moyen de l'habitat ». Cette évolution peut aussi être cartographiée (fig. 3).

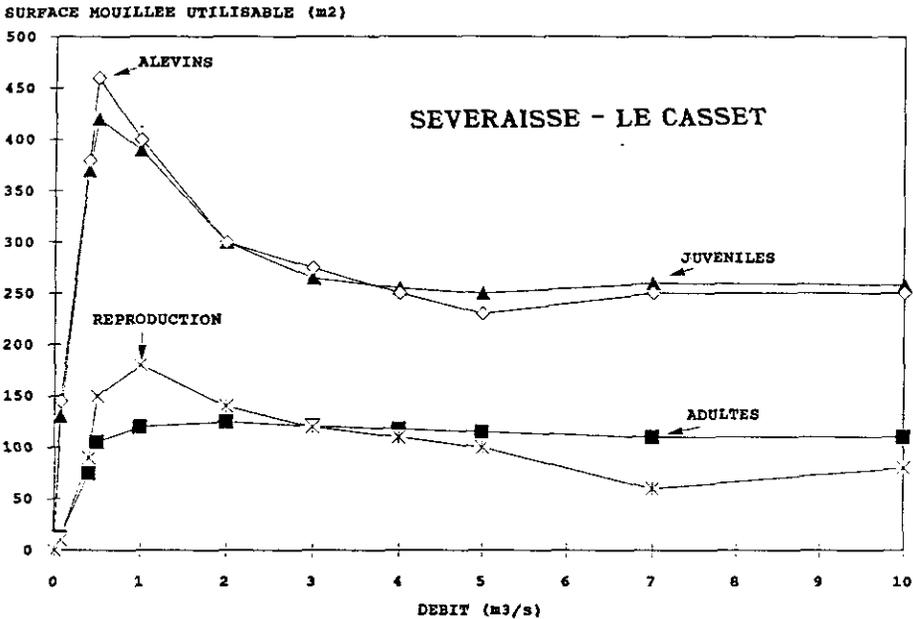


Figure 2 Evolution de la surface pondérée utilisable en fonction du débit pour les 4 stades de développement de la truite fario (Séveraisse). Il s'agit en fait d'une vision instantanée de la capacité d'accueil pour différents niveaux de débit.
The amount of weighted usable area available to brown trout (4 life stages), for different stream flows (Séveraisse).

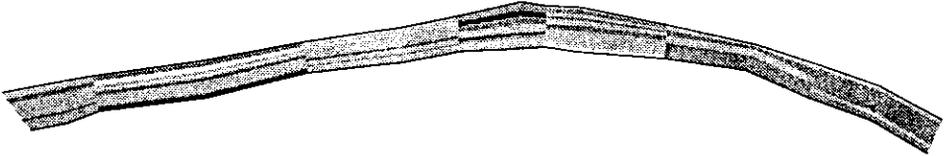
2.2 Analyse de l'impact d'une crue sur le peuplement piscicole

La station de la Séveraisse présentée précédemment a été l'objet de deux campagnes de pêche électrique ayant pour objectif une estimation du stock de poisson effectivement présent sur la station.

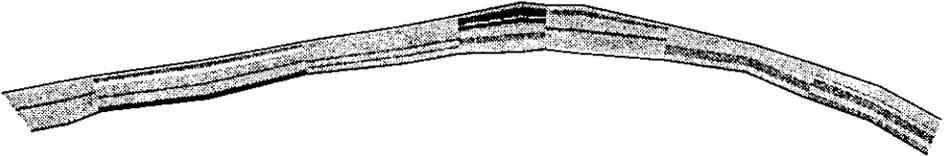
Les effectifs par classes recensés en septembre 1986 et mars 1988 présentent une réduction drastique d'une campagne à l'autre (fig. 4). L'une des hypothèses les plus probables concernant cette diminution inattendue de la biomasse piscicole est le basculement du lit qui a eu lieu en juillet 1987 lors d'une crue de forte intensité. Suite à ce changement de tracé avec déplacement du chenal de l'ordre de 20 mètres, ainsi qu'à la purge hydraulique du milieu qui a accompagné la crue, les 7 mois qui se sont écoulés entre juillet 1987 et l'inventaire de 1988 n'ont vraisemblablement pas permis la recolonisation par les poissons.

Une chronique hydrométrique suffisamment longue permet donc de bien reconstituer l'histoire hydrologique, récente ou ancienne, d'un tronçon de cours d'eau et d'identifier les paramètres explicatifs de telles variations du peuplement. La figure 5 présente les différentes données hydrologiques utilisées dans ce cadre notamment en ce qui concerne la fréquence, la durée et la puissance de ce type d'évènement.

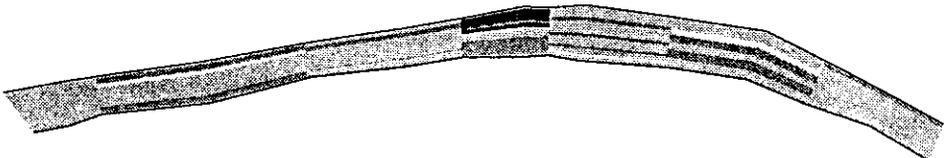
DEBIT CARTOGRAPHIE : 500 l/s
DATE : 09-1986



DEBIT CARTOGRAPHIE : 1 m³/s
DATE : 09-1986



DEBIT CARTOGRAPHIE : 2 m³/s
DATE : 09-1986



DEBIT CARTOGRAPHIE : 10 m³/s
DATE : 09-1986



0 10 m

VALEUR D'HABITAT (%)

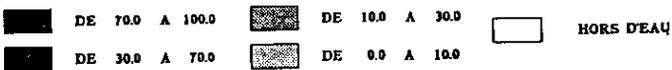


Figure 3 Cartographie de la valeur d'habitat d'une station pour la truite fario adulte en fonction de quatre débits : 500 l/s, 1 m³/s, 2 m³/s, 10 m³/s.

Maps of habitat values (%) available to adult brown trout for 4 different stream flows (500 l/s⁻¹, 1 m³/s⁻¹, 2 m³/s⁻¹, 10 m³/s⁻¹).

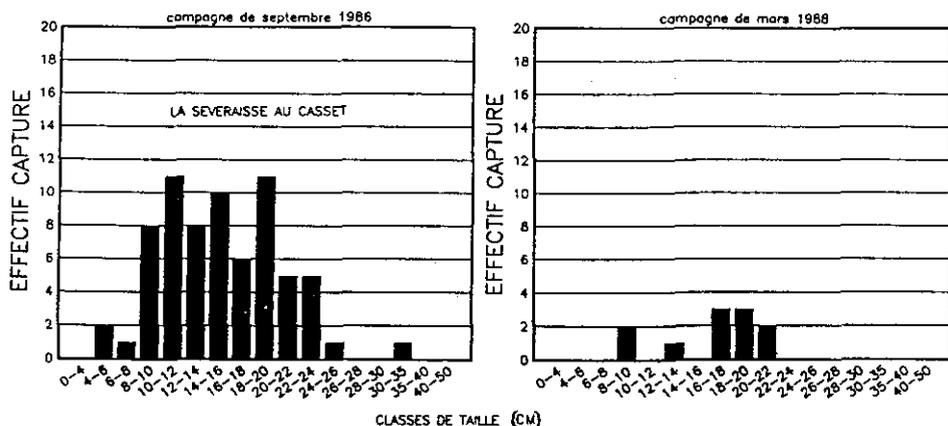


Figure 4 Histogrammes des effectifs de truites capturées lors de deux campagnes (septembre 1986, mars 1988) sur la Séveraisse, station du Casset.

Size (cm) frequency of brown trout. Data from Severaisse (Casset) september 1986, march 1988.

CONCLUSION

Les exemples choisis tant en ce qui concerne l'évolution des capacités d'accueil en fonction des débits que l'effet d'une forte crue sur un peuplement de poisson mettent en évidence tout l'intérêt présenté par le couplage d'approches physiques et biologiques jusqu'alors cloisonnées dans leurs disciplines respectives.

Plusieurs développements sont encore nécessaires pour pouvoir étendre la démarche à une plus grande diversité de situations :

- perfectionnement des modèles biologiques existants en prenant en compte les interactions entre paramètres par traitement multivarié ;
- mise au point de modèles biologiques pour les espèces électives des zones mixtes et cyprinicoles ;
- amélioration de la modélisation hydraulique pour les cours d'eau à morphologie et écoulements complexes (lits multiples des rivières en tresses par exemple, cours d'eau à très forte rugosité), avec recours à des modèles au moins bidimensionnels.

A terme, il devient envisageable à l'instar de ce qu'ont esquissé HERRICKS et BRAGA (1987), de caler par grand bassin hydrographique le comportement physique de cours d'eau de référence et par là même d'estimer leur capacité d'accueil et leur potentialité piscicole.

Dans cette hypothèse, le recours à des données hydrométriques fiables et bien réparties spatialement permet d'ajouter une dimension temporelle rétrospective ou prospective aux diverses études sur les écosystèmes aquatiques.

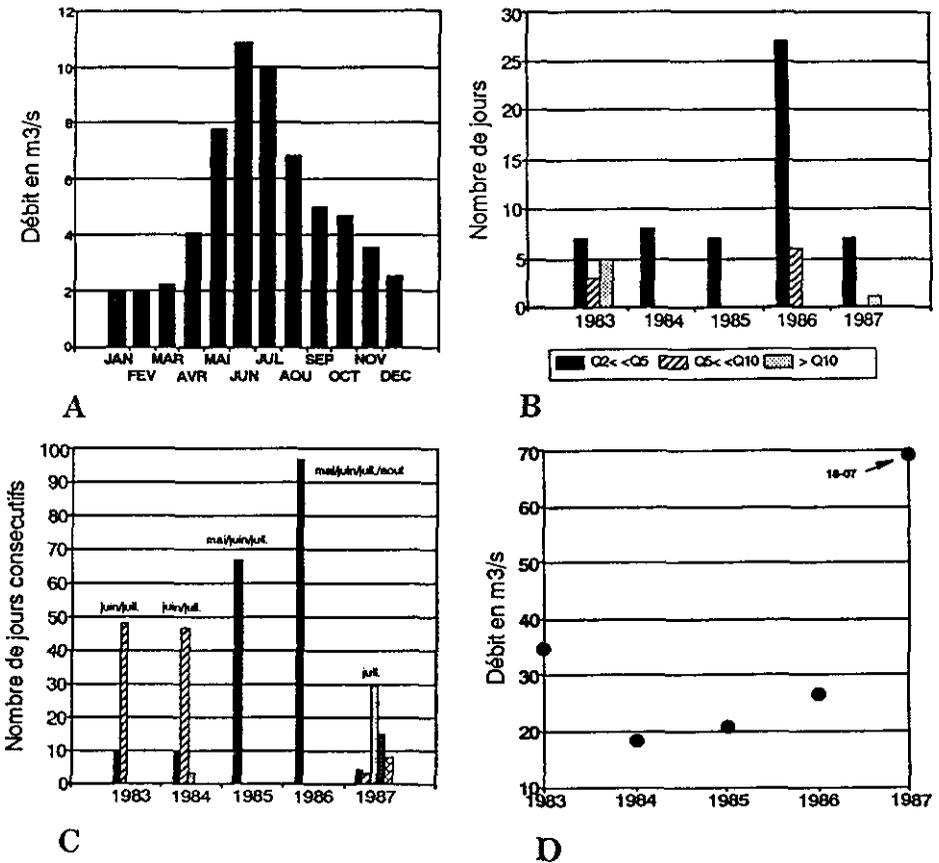


Figure 5

Exemples de données hydrologiques utilisées dans le cadre d'une étude globale de la capacité d'accueil physique d'un cours d'eau. Ici la Séveraisse à Villar Loubière (05).

A. Moyennes interannuelles des débits mensuels, 1969-1985.

B. Nombre de jours pour chaque année où le débit journalier observé était compris entre le débit journalier de fréquence 2 ans et celui de fréquence 5 ans. Même découpage pour les autres classes jusqu'à supérieur au débit de fréquence 10 ans.

C. Nombre de jours consécutifs de débit moyen supérieur à $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (les différentes trames permettent de distinguer les divers événements de ce type pendant l'année, les dates indiquées concernent les plus longs d'entre eux).

D. Débits instantanés maximaux annuels.

Hydrological data in Severaisse. Villar Loubière (05).

A. Monthly average stream flow (period 1969-1985).

B. Number of days with stream flow (Q) exceeding Q 2 years, Q 5 years.

C. Number of days with Q GT $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

D. Maximum instantaneous daily streamflow.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALLAND P., 1989. La sécheresse : conséquences sur le milieu, salubrité, environnement. In : Rapport de la session sécheresse de la Société Hydrotechnique de France. 14.06.1989. 30 p.
- BAUME J.P., POIRSON M., 1984. Modélisation numérique d'un écoulement permanent dans un réseau hydraulique maillé à surface libre, en régime fluvial. *La Houille Blanche* n° 1/2, 95-100.
- BINNS N.A., EISERMAN F.M., 1979. Quantification of fluvial trout habitat in Wyoming. *Trans. Am. Fish. Soc.* 108, 215-228.
- BOVEE K.D., 1982. A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Instream Flow Information Paper n° 12 FWS/OBS 82/26. Western Energy and Land Use Team, U.S. Fish and Wildlife Service, Ft. Collins, Colorado, 248 p.
- CEMAGREF, 1988. Etude des conditions d'application de l'article 410 du code rural, calibration d'une démarche de détermination des débits réservés. Convention DPN n° 86-165. Rapport final. Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement. Direction de la Protection de la Nature. Service de la Pêche et de l'Hydrobiologie. 37 p. + annexes.
- DUMONT B., RIVIER B., 1981. Le Débit de Référence Biologique (D.R.B.). Note CEMAGREF, 24 p.
- ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, 1987. Régime thermique de la Durance entre Espinasse et Tallard. Note n° E 31-87-n° 11. Direction des Etudes et Recherches, 25 p.
- HERRICKS E.E., BRAGA M.I., 1987. Habitat element in river basin management and planning. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 19, 9 : 19-29.
- LEPETIT J.P., SABATON C., TRAVADE F., NOGUEROL P., ROUX P., PIERSON L. et COTTEREAU C., 1989. Retenues et faune piscicole : débits réservés et transit des poissons migrateurs. E.D.F. *Bull. Dir. Et. et Rech., A., Nucléaire, Hydraulique, Thermique*, 2 : 45-65.
- MALAVOI J.R. et SOUCHON Y., 1989. Méthodologie de description et quantification des variables morphodynamiques d'un cours d'eau à fond caillouteux. *Rev. Géo. Lyon.* Vol. 64, 4 : 252-259.
- POUILLY M., 1989. Détermination de profils écologiques : utilisation en ichthyologie. Rapport technique de D.E.A. d'Analyse et Modélisation des Systèmes Biologiques. Université Lyon I. 27 p. + annexes.
- PREVOT G., PREVOT R., 1986. Impact d'une crue sur la communauté d'invertébrés de la moyenne Durance. Rôle de la dérive dans la reconstitution du peuplement du chenal principal. *Annls. Limn.*, 22(1) : 89-98.
- REISER D.W., WHITE R.G., 1988. Effects of two sediment size classes on survival of steelhead and chinook salmon eggs. *North. Am. Jour. of Fish. Man.*, 8 : 432-437.
- SHIRVELL C.S. and DUNGEY R.G., 1983. Microhabitats chosen by brown trout for feeding and spawning in rivers. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 112(3) : 355-357.
- SOUCHON Y., TROCHERIE F., FRAGNOUD E., LACOMBE C., 1989. Les modèles numériques des microhabitats des poissons : application et nouveaux développements. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2, 4 : 817-841.
- STALNAKER C.B., 1979. The use of habitat structure preferenda for establishing flow regimes necessary for maintenance of fish habitat. In : The ecology of regulated streams. New-York, Ward & Stanford eds : 326-337.
- 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.