L'Onema – devenu Agence française pour la biodiversité en 2017 – et les fédérations de pêche sont notamment en charge d'établir des états des lieux qualitatifs des rivières, à travers l'examen de leurs populations de poissons. Or, ces acteurs utilisent fréquemment un modèle conçu dans les années 1970 (typologie de Verneaux) qui ne correspond pas aux méthodologies actuelles d'évaluation écologique des cours d'eau, mises au point par des chercheurs français dans les décennies 2000 et 2010. Nous montrons dans cet article l'existence de certains biais de construction dans cette typologie de Verneaux, faisant douter de sa valeur prédictive pour analyser un peuplement ichtyologique aujourd'hui et pour définir le type de pression existant sur la rivière. Dans la mesure où l'analyse écologique par bio-indication des cours d'eau forme la base du diagnostic et des orientations d'action, il convient désormais d'exiger sur chaque rivière l'utilisation prioritaire de l'indice poisson rivière révisé (IPR+) et l'analyse détaillée de ses résultats, au lieu d'approches discutables sur des peuplements « théoriques ». Il est indispensable que les établissements publics ou à agrément public donnent une information fiable aux citoyens et aux décideurs.

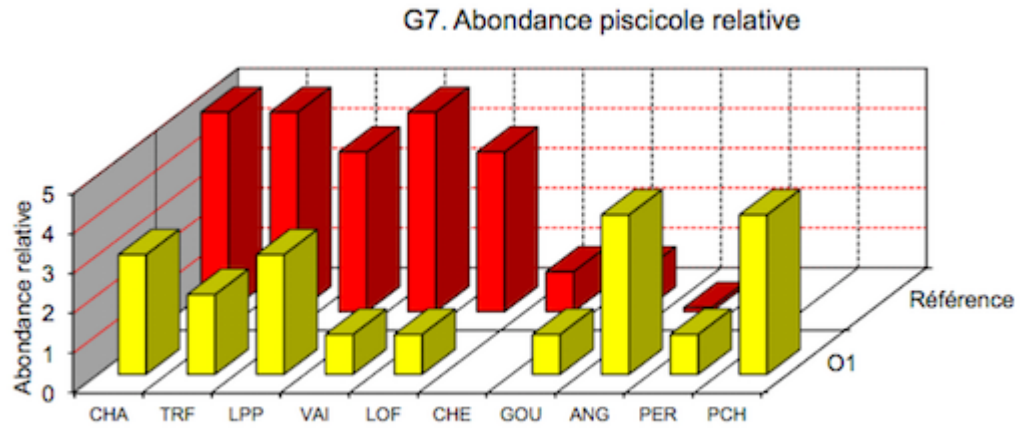
En réponse à des mesures réglementaires visant à améliorer la qualité des cours d'eau (Clean Water Act 1972 aux Etats-Unis, Directive cadre européenne sur l'eau 2000 en Europe), les chercheurs ont mis au point des outils d'évaluation de la qualité de la rivière. Ils sont connus sous le nom d'indice d'intégrité biologique (IBI Index of Biological Integrity, Karr 1981) dans le monde anglo-saxon.

La construction de ces indicateurs consiste à prendre des stations de référence représentatives des rivières peu impactées par l'homme, cela dans chaque hydro-éco-région, à évaluer leurs peuplements biologiques (principalement poissons et invertébrés), à construire un modèle pour mesurer à partir de cette référence l'écart au peuplement attendu dans d'autres rivières. En France, le bio-indicateur ichtyologique normalisé pour la DCE 2000 se nomme Indice Poisson Rivière ou IPR (Oberdorff et al 2002), qui a fait l'objet d'un travail d'optimisation récent pour devenir l'IPR+ (sur sa construction et le traitement des incertitudes, voir Marzin et al 2014). Cet indicateur est construit par les chercheurs français en conformité avec les travaux de leurs collègues européens impliqués dans la bio-indication en hydro-écologique (projet FAME et EFI+ par exemple, voir Noble et al 2007 et Pont et al 2007)

La constat : usage préférentiel de la typologie de Verneaux par l'Onema et des fédérations de pêche

On observe que certaines fédérations de pêche et l'Onema (Office national de l'eau

et des milieux aquatiques, devenu Agence française pour la biodiversité au 1er janvier 2017) continuent souvent d'utiliser aujourd'hui un autre outil – les biocénotypes et la typologie théorique de Verneaux – comme premier instrument d'analyse de qualité des cours d'eau, en particulier dans le domaine ichtyologique.



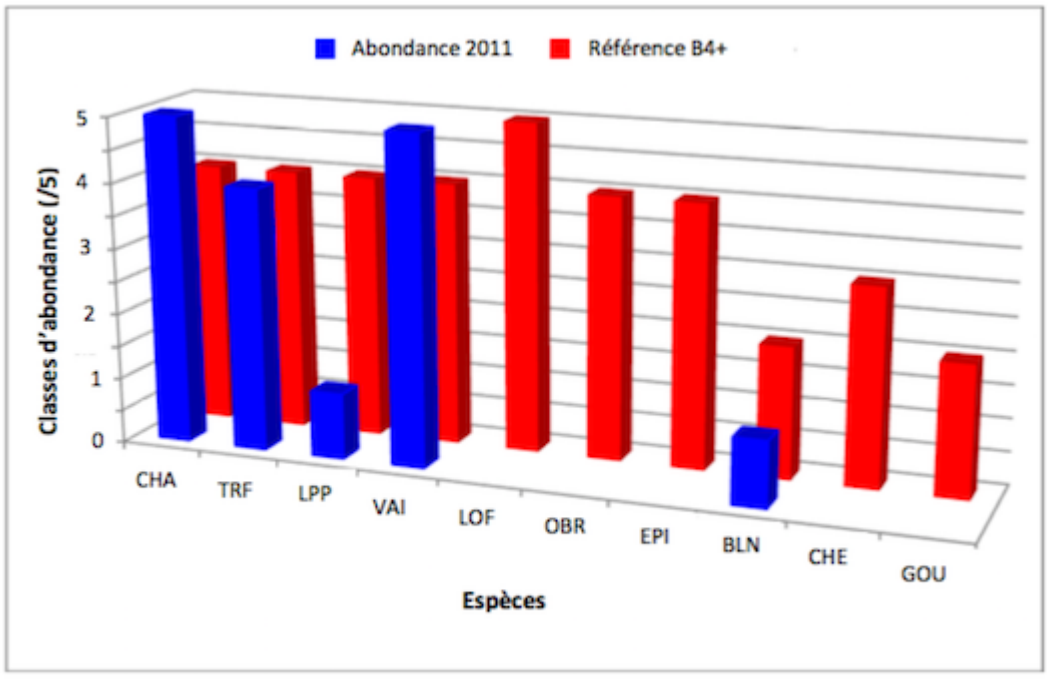


Figure 6.13. : Confrontation entre les peuplements observés et théoriques sur la Coquille

Deux exemples sont donnés ci-dessus : l'analyse du ruisseau d'Ocques par la fédération de pêche de l'Yonne en 2016 (source) ; l'analyse de la rivière Coquille par la fédération de pêche de la Côte d'Or en 2012. Ce type d'analyse met en opposition les abondances d'espèces d'un peuplement « théorique » (barres rouges en arrière-plan) avec celles observées dans les relevés (au premier plan).

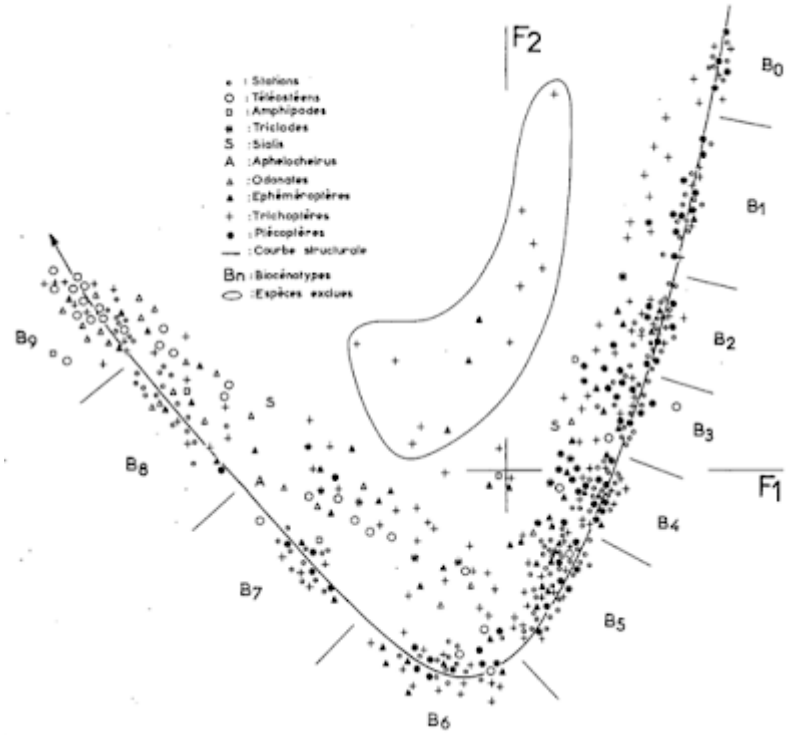
Nous considérons le non-usage des bio-indicateurs contemporains et

scientifiquement validés au profit de la méthode inspirée de Verneaux comme une anomalie dommageable : la mission première de ces établissements publics (ou à agrément public) est de produire une information à l'administration, aux gestionnaires et aux citoyens fondée sur les outils actuels de la recherche appliquée et pertinents pour nos obligations réglementaires de qualité des cours d'eau. Or, si la typologie théorique de Verneaux représente un travail intéressant dans l'histoire de l'hydrobiologie française (et une référence utile pour les données anciennes des rivières comtoises), elle souffre de plusieurs biais de construction amenant à douter de son caractère exploitable aujourd'hui.

La définition d'une biotypologie (et ses limites)

Jean Verneaux est un hydrobiologiste français, qui a fait sa thèse à la fin des années 1960 sur les rivières de Franche-Comté et le réseau hydrographique du Doubs (Verneaux 1973). Sur cette base, il a produit ensuite dans les années 1970 ce que l'on nomme une « *zonation* » ou (selon ses termes) une « *biotypologie* » élargie des rivières françaises, c'est-à-dire un séquençage longitudinal de ces rivières selon leur peuplement biologique (poissons, invertébrés) en fonction notamment de conditions physiques et chimiques (Verneaux 1976-1977). Dans la même série d'articles, Jean Verneaux a proposé un modèle prédictif sur le peuplement attendu des rivières en fonction de certaines conditions de milieu. Le chercheur a par ailleurs travaillé dès cette époque jusque dans les années 2000 sur la bio-indication par invertébrés et faune macrobenthique, points qui ne sont pas abordés dans cet article.

La biotypologie de Verneaux décrit 10 guildes d'espèces (ou « biocénotypes ») qui se succèdent de l'amont vers l'aval. Elle a été obtenue par une analyse factorielle des correspondances (forme d'analyse en composantes principales sur des classes plutôt que des données continues) sur un échantillon de 240 rivières et 300 espèces. Chaque espèce a un « *preferendum typologique* » (la biocénose où sa présence est la plus probable) et une « *amplitude typologique* » (une présence sur plusieurs niveaux de biocénose). Cliquer ci-dessous pour agrandir.



Ce schéma montre le résultat de l'analyse factorielle sur les 2 premiers plans de variance in Verneaux 1976a. La courbe organise les données selon leur moindre écart à son tracé, avec exclusion de certaines espèces non représentatives. La courbe est segmentée en dix biocénotypes notés B0 à B9, qui correspondent à l'évolution du peuplement de la rivière de l'amont vers l'aval. On note au passage que les invertébrés (en particulier plécoptères, cercles noirs) répondent mieux que les poissons (cercles blancs larges, sur-représentés dans les biocénoses aval et plus éloignés de la courbe).

Quelques remarques sur la biotypologie :

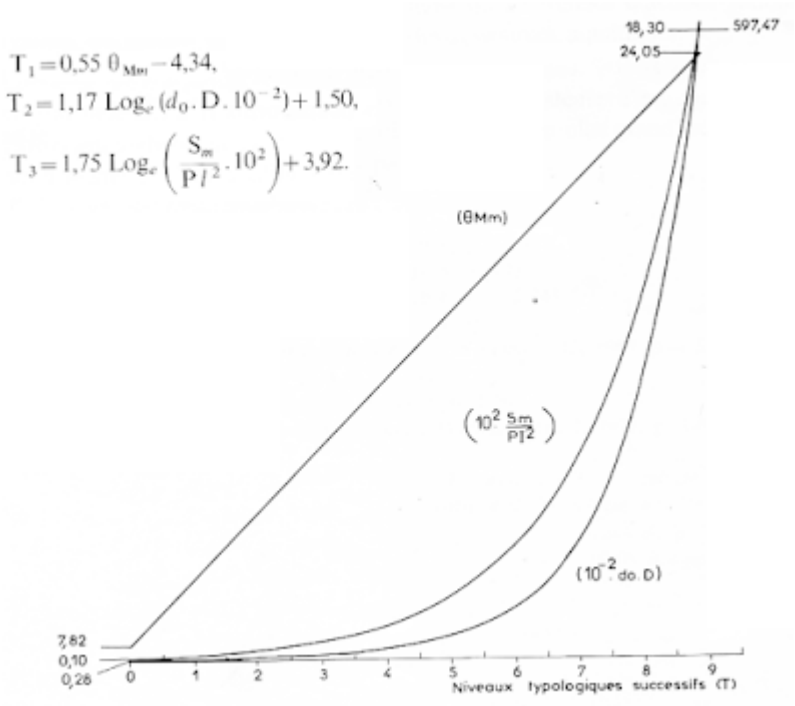
La biotypologie à 10 niveaux reflète au plan temporel une certaine classification décrivant la période des mesures (1967-75), une photographie dont on ne sait pas si elle indique un état déjà anthropisée ou non (dès sa thèse, Verneaux signale déjà que de nombreuses rivières comtoises sont déjà polluées). Il n'y a aucune raison a priori de penser que des peuplements sont stables sur des périodes pluridécennales à pluriséculaires.
Dans le travail de 1976-77, il n'y a pas d'indication claire sur les critères d'anthropisation (impact) des stations retenues. Les stations « *polluées* » sont exclues (sans précision) et l'analyse n'intègre pas d'autres facteurs d'évolution des peuplements comme la morphologie, l'usage des sols et la couverture forestière du bassin, etc. A titre de comparaison l'IPR+ comporte des descripteurs détaillé des

bassins versants et des classes d'intensité pour les pressions.
La répartition des rivières est déséquilibrée : 140 stations concernent la Franche-Comté (où Verneaux a réalisé sa thèse et construit de premières analyses factorielles), alors que 100 autres seulement couvrent le reste du territoire. Depuis Verneaux, un travail a été fait par l'Irstea sur la détermination des hydro-éco-régions, soit un filtre régionalisé plus précis. A titre de comparaison, l'IPR a été construit et validé sur un ensemble de près de 2000 stations.
La biocénotypologie à 10 composantes est construite sur le premier plan de variance (différenciation) des données, soit 63% de l'inertie. Cela veut dire que les deux dimensions retenues expriment un peu moins des deux tiers des variations réellement observées de peuplement des rivières, excluant donc une partie des données empiriques. La courbe de meilleure approche des données exclut à son tour certaines espèces (qualifiée de « centrales » donc négligées car euryèces et non discriminantes).
Le travail ne donne pas le détail des résultats de l'analyse factorielle des correspondances (khi 2, cos 2, eigenvalues, etc.). L'AFC est une méthode conçue pour approcher au mieux des données multidimensionnelles en les réduisant à un espace à faible dimension (généralement 2). C'est davantage une méthode exploratoire, aussi paraît-il fragile d'en déduire un séquençage précis en 10 biocénotypes. Au regard de la méthode statistique choisie, il est déconseillé de faire par la suite de ces biocénotypes une grille trop rigide d'interprétation d'une station : la meilleure description approchée du premier plan de variance d'un jeu de données historiquement situé n'a pas de raison d'être un modèle intangible applicable à chaque rivière.

La recherche d'un type théorique probable (et ses limites)

Après avoir défini une biotypologie, Verneaux cherche à produire un « *type théorique probable*« , soit une formule qui permettrait de prédire les biocénotypes attendus selon des facteurs mésologiques (c'est-à-dire des données abiotiques, relatives au milieu de vie des espèces).

Certains facteurs de milieux sont éliminés sans description détaillée des motifs (autocorrélation, redondance) et des calculs. Sont finalement retenus 3 facteurs (une régression linéaire + deux exponentielles) qui représentent « *50% de la contribution totale à l'explication des axes*« . Ces facteurs étant la T max moyenne du mois le plus chaud (linéaire), la distance à la source par la dureté, les dimensions hydrauliques pente-section. L'image ci-dessous donne les formules des 3 facteurs (thermique, trophique, morphologique) et leur régression sur les 10 niveaux de la biotypologie précédemment définies (extrait de Verneaux 1977a).



On observe que la formule est nettement dominée par la température sur les zones B0-B6. Ce qui n'est pas sans poser problème à l'usage : il est rare de disposer des T maximales moyennes sur plusieurs années des rivières échantillonnées (on se contente en général des données atmosphériques, ce qui ajoute du bruit) ; la température est souvent un facteur ayant connu une nette évolution depuis 50 ans (période des mesures initiales de Verneaux) pour diverses raisons (prélèvement quantitatif, réchauffement climatique, changement des berges).

Quelques remarques sur cette formule :

Le principal problème est que la formule prédictive de Verneaux ne couvre que 50% de niveaux typologiques qui eux-mêmes ne représentent que 63% de la diversité des mesures, donc on a en réalité les 2/3 de la variation réelle (empirique) des peuplements qui échappent à cette méthode.
L'auteur ne choisit pas de diviser son échantillon en un groupe témoin et un groupe test (pour construire le modèle et pour mesurer la capacité du modèle à prédire correctement), ni de procéder à des tests de puissance ou significativité. On n'a donc aucune idée de la fiabilité prédictive de la formule choisie.
La formule est conçue pour décrire au mieux l'ensemble des données (poissons et invertébrés) de la biotypologie, et non pas les seuls poissons. Il aurait été plus logique de produire une AFC limitée aux poissons et de chercher les facteurs mésologiques la décrivant le mieux.
Verneaux conclut sa série d'articles de 1976-1977 en soulignant que sa typologie

forme « *une base utile à la pratique d'une économie rationnelle des ressources aquatiques, en particulier à la définition d'objectifs et de critères de qualité des eaux courantes*« . C'est l'objectif partagé par l'IPR et l'IPR+, sauf que ces indices ont été construits sur des bases plus représentatives des rivières actuelles, avec des données d'entrée plus importantes et des méthodes statistiques plus fiables. De surcroît, ces indicateurs correspondent aux classes de qualité étalonnées pour répondre aux exigences de la directive cadre européenne sur l'eau : ils offrent donc l'information dont les gestionnaires ont prioritairement besoin aujourd'hui.

La typologie : une approche dépassée?

La typologie de Verneaux n'est pas un exercice isolé : on connaît celles de Léger 1909, de Ricker 1934, de Huet 1949, d'Illies et Botosaneanu 1963, de Statzner et Higler 1986. Elle est aujourd'hui citée dans la littérature scientifique spécialisée en hydrobiologie française et européenne, mais peu au-delà de ces frontières. Elle y est surtout citée comme une étape dans l'histoire des approches classificatoires en hydrobiologie, pas réellement comme un travail d'actualité (voir Wasson 1989 sur une présentation des typologies dont celle de Verneaux).

L'idée d'une biotypologie avec ces successions assez rigides et ses classes d'abondance escomptée est plus ou moins abandonnée en hydro-écologie après Verneaux, comme le sont aussi les typologies précédentes. La zonation de Huet reste la plus souvent citée, en général pour situer approximativement la zone dont on parle.

L'approche statistique de Verneaux est intéressante pour l'époque, de même que son angle plus écologique que halieutique, et cela préfigure ce que l'on va faire plus tard. On peut donc dire que son travail a été pionnier en France. Mais les modèles multiparamétriques développés à partir des années 1980 seront de plus en plus précis dans leur construction, notamment pour essayer de prédire la réponse d'assemblages à différents facteurs d'impacts (morphologiques, chimiques) et aussi pour discriminer des traits fonctionnels (rhéophilie, lithophilie, voltinisme, etc.) plutôt que seulement taxonomiques. Au passage, rappelons que l'idée de base de la continuité (le river continuum concept de Vannotte et al 1980) suggère qu'il y a un changement continu et graduel des conditions physico-chimiques donc des populations adaptées – in fine que des types trop rigides n'ont pas forcément d'intérêt analytique.

Ces réflexions témoignent d'un enjeu plus général sur la manière dont on se représente la rivière. Le vivant forme un système se modifiant à toutes les échelles

de temps et d'espace, en lien avec des paramètres internes (biotiques) et externes (abiotiques). Ce système est au minimum complexe, probablement chaotique. Les rivières sont ainsi en modification permanente sous l'influence des changements géologiques et climatiques naturels, mais aussi depuis plusieurs millénaires sous l'influence des actions de l'homme, avec toutes sortes d'accidents historiques modifiant l'histoire de vie des populations locales (dont les discontinuités longitudinales). La reconnaissance récente de l'Anthopocène comme nouvelle ère géologique consacre le fait que cette action humaine est l'un des premiers facteurs de transformation de la nature, de manière durable.

Le principe même de la « typologie » est donc problématique : il suppose une certaine constance de peuplement a priori inexistante à l'échelle de l'évolution comme à celle de l'histoire. Quand, de surcroît, cette typologie est essentialisée pour définir un « *peuplement théorique attendu* » et juger la valeur supposée d'un écart actuel à ce peuplement, on entre dans une approche très fixiste et déterministe de la rivière, qui ne correspond guère au progrès de nos connaissances depuis un demi-siècle. Les conclusions d'une telle approche seront (invariablement) que le peuplement réel de la rivière ne correspond pas à son peuplement théorique : mais si ce peuplement théorique est un artefact statistique, ce n'est pas étonnant, ni instructif. L'usage de la typologie de Verneaux par l'Onema et les fédérations de pêche pose donc un problème de méthode, exposé ci-dessus, mais aussi de représentation sous-jacente à ces méthodes.

Enfin, il est tout à fait justifié en écologie d'individualiser au maximum les diagnostics et les interventions. Le premier enjeu n'est pas le choix de tel ou tel modèle statistique ou probabiliste – la démocratisation des outils d'analyse de données par l'informatique fait que l'on peut aujourd'hui utiliser des approches multimodèles assez élaborées, et prudentes sur la significativité des résultats –, mais d'abord les données sources sur lesquelles on va travailler. L'une des dimensions intéressantes du travail de Verneaux a été la mise à disposition sur les rivières comtoises de données quantifiées assez précises d'abondance, à partir des années 1960 (au début donc des lourds impacts sur les rivières par la pollution et les recalibrages). C'est d'abord ce travail d'archives (historiques, génétiques) sur l'estimation des peuplements et des abondances passés qui fait défaut sur presque tous les cours d'eau aujourd'hui.

Références citées de J. Verneaux

Verneaux J (1973), Cours d'eau de France-Comté (massif du jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs, Ann sci Univ Besançon, 3e

série, zoologie, physiologie et biologie animale, fascicule 9, 260 p.
Verneaux J (1976a), Biotypologie de l'écosystème « eaux courantes ». La structure biotypologie, CR Acad Sci Paris, 283, série D, 1663-66.
Verneaux J (1976b), Biotypologie de l'écosystème « eaux courantes ». Les groupements socio-écologiques, CR Acad Sci Paris, 283, série D, 1791-93
Verneaux J (1977a), Biotypologie de l'écosystème « eaux courantes ». Déterminisme approché de la structure biotypologique, CR Acad Sci Paris, 284, série D, 77-79
Verneaux J (1977b), Biotypologie de l'écosystème « eaux courantes ». Déterminisme approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement ichtyologique, CR Acad Sci Paris, 284, série D, 675-78.