

bulletin hors-série n°4
de la Société linnéenne de Lyon

2014

Jubilé de l'hydrobiologie lyonnaise



Société linnéenne de Lyon, reconnue d'utilité publique, fondée en 1822
33 rue Bossuet • 69006 Lyon • Tél. et fax : +33 (0)4 78 52 14 33

Impacts anthropiques et hydroclimatiques sur l'évolution des peuplements de macroinvertébrés du Rhône au cours des trente dernières années

Jean-François Fruget et Jeanne Dessaix

ARALEP – Ecologie des Eaux Douces, Campus LyonTech-La Doua, Bât. CEI 1, 66 Bd Niels Bohr, CS 52132, 69603 Villeurbanne Cedex - fruget@aralep.com ; dessaix@aralep.com

Résumé. – L'évolution des peuplements de macroinvertébrés au cours des trente dernières années montre les effets potentiels des facteurs hydroclimatiques et thermiques sur la structure et le fonctionnement des peuplements à une échelle régionale. En dehors de particularités locales, on observe au cours du temps une tendance vers une uniformisation des peuplements à l'échelle du Rhône liée à l'influence des espèces invasives, des crues de l'automne 2002 et du réchauffement des eaux suite à la canicule de 2003.

Mots-clés. – Changement climatique, étude long-terme, macroinvertébrés, traits bio-écologiques, fleuve Rhône.

Human and hydroclimatic impact on the Macroinvertebrate populations of the Rhône over the last 30 years

Abstract. – The change in Macroinvertebrate populations over the last 30 years shows the possible effects of hydroclimatic and thermal factors on the structure and behaviour of such populations on a regional scale. Notwithstanding local peculiarities, there is a gradual trend towards standardisation in the populations found on the Rhône as a result of invasive species, the floods of autumn 2002 and the rise in water temperature following the 2003 heatwave.

Keywords. – Climate change, long-term survey, freshwater Macroinvertebrates, bioecological features, Rhône river.

INTRODUCTION

Depuis plus de 30 ans, les études menées pour évaluer l'impact des rejets thermiques des centrales nucléaires (CNPE) installées sur le Rhône permettent un suivi à long terme de l'évolution des différentes composantes biologiques de l'hydrosystème. Ces travaux donnent lieu à des synthèses régulières ainsi qu'à des programmes d'études complémentaires (« Etude Rhône » déclinée en plusieurs phases). La Phase 3 s'est terminée sur l'année post-canicule en 2004 (KHALANSKI *et al.*, 2008). La Phase 4 s'intéresse à la période suivante jusqu'en 2010. L'objectif de cette dernière est d'affiner l'évolution générale constatée lors de la phase précédente et de préciser les effets de la canicule de l'été 2003 et de différents épisodes hydrologiques plus ou moins concomitants (JÉZÉQUEL & FRUGET, 2012).

Ainsi, à l'aide d'une approche systémique, ces études permettent d'une part d'évaluer les effets biologiques de l'évolution thermique sur l'hydrosystème Rhône et les stratégies d'adaptation des peuplements associées, d'autre part de différencier ces effets des autres causes et origines (débit, aménagement et gestion du fleuve...).

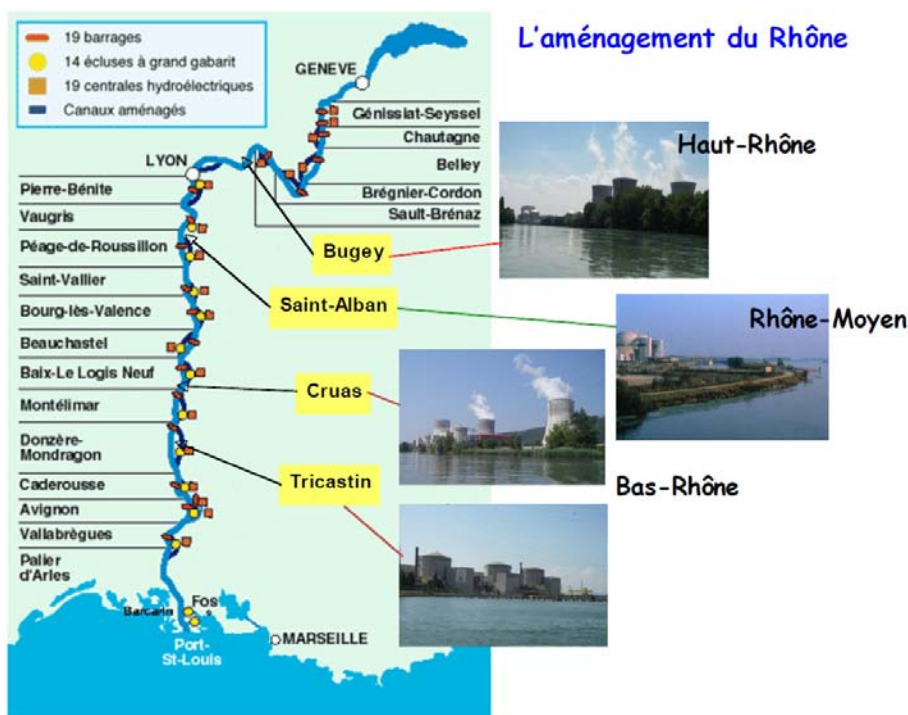


Figure 1. Localisation des sites échantillonnés et aménagement hydroélectrique général du Rhône de Genève à la Méditerranée.

CONTEXTE

Quatre sites électro-nucléaires (CNPE), répartis sur 3 secteurs géographiques, bénéficient d'un suivi approfondi : Bugey, Saint-Alban, Cruas et Tricastin. Le site de Bugey se situe sur le Haut Rhône, celui de Saint-Alban sur le Rhône Moyen et ceux de Cruas et Tricastin sur le Bas Rhône (Figure 1). En raison de leur proximité géographique, les données de ces deux derniers sites ont été groupées par la suite.

L'étude est basée sur des prélèvements effectués à l'aide de la méthode des « substrats artificiels » sur une chronique de plus de 30 ans (1979-2010). Plus de 1500 répliquats sont concernés, les relevés étant globalement effectués selon une dynamique saisonnière (4 relevés par an à chaque saison). Cette méthode, testée et utilisée sur le Rhône par KHALAF (1975) puis PERRIN (1978), consiste à introduire dans le milieu une niche écologique vide qui sera colonisée par la faune (aussi bien celle en place que celle en dérive). La composition des substrats artificiels doit se rapprocher le plus possible des types de supports naturellement présents dans le milieu à échantillonner. Dans le cas présent, les substrats artificiels sont de type IBGA mis au point dans le cadre du suivi de Saint-Alban (type mixte ficelle-cailloux). Ces substrats sont déposés en pied de berge et restent en place 4 semaines environ, durée nécessaire à leur colonisation et à

leur stabilisation. On estime alors que le peuplement est assez complet (brouleurs de diatomées, filtreurs, détritivores, prédateurs) et représentatif de la macrofaune aquatique du secteur d'étude.

Au vu du grand nombre de relevés, 3 tranches temporelles (périodes) ont été considérées, correspondant, par souci d'homogénéité, au découpage issu des analyses des études précédentes (BADY & FRUGET, 2006 ; DAUFRESNE *et al.*, 2007) :

- 1979-1987 : mise en service des ouvrages hydroélectriques et nucléaires ;
- 1988-2002 : amélioration de la qualité de l'eau, succession de grandes crues et augmentation de la température ;
- 2003-2010 : période post-canicule de 2003 avec confirmation de la tendance de hausse des températures et arrivée de nouvelles espèces invasives.

Ces études portent sur l'aspect taxonomique des données (c'est-à-dire l'évolution des espèces rencontrées) mais aussi sur les traits d'histoire de vie (traits biologiques et écologiques). L'approche de ces derniers est fondée sur les interactions entre les conditions d'habitat et les peuplements de macroinvertébrés. Les traits rassemblent les connaissances liées à la biologie des espèces et leur plus ou moins grande affinité pour certaines caractéristiques de l'habitat (TACHET *et al.*, 2000). Ils s'avèrent être un outil pertinent pour évaluer l'impact d'une pression. En tout, près de 22 traits rassemblent l'ensemble des informations qualitatives et quantitatives associées à la biologie, la physiologie et l'écologie des macro-invertébrés benthiques.

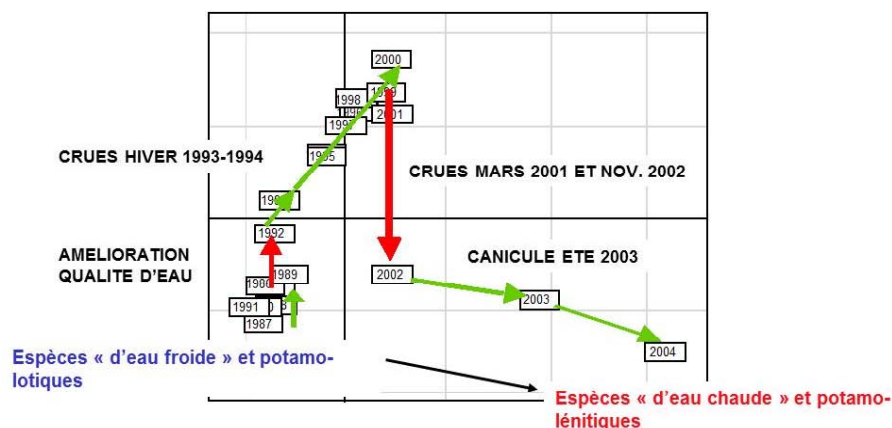


Figure 2. Synthèse de l'évolution temporelle des peuplements de macroinvertébrés du Rhône entre 1985 et 2004 (ERP3 – BADY & FRUGET, 2006).

PÉRIODES 1 ET 2 – 1979-2002

L'Étude Rhône Phase 3 « Relations entre la thermie et la biologie » met en évidence trois phénomènes principaux en ce qui concerne les macroinvertébrés (BADY & FRUGET, 2006) :

- présence d'un gradient longitudinal avec une différenciation nette entre le Haut Rhône et le Bas Rhône ;
- nette dérive dans le temps avec une évolution vers des espèces d'eau chaudes et lentes au détriment des espèces d'eau froides et rapides ;
- pas de différences significatives entre les peuplements de l'amont et de l'aval des rejets thermiques. Le principal moteur des changements de peuplements s'avère être le changement climatique.

Cette étude montre que les peuplements du Rhône Moyen et du Bas Rhône se modifient en profondeur suite à la crue de novembre 2002 puis à la canicule de l'été 2003 et à l'arrivée d'espèces invasives, tandis que le Haut Rhône évolue progressivement vers un peuplement caractéristique de zones aval des cours d'eau. Cette évolution, déjà perceptible avant les aménagements hydroélectriques (PERRIN, 1978), se fait graduellement, essentiellement en relation avec certains événements hydroclimatiques particuliers (Figure 2).

À l'échelle locale, on décèle l'effet des rejets thermiques à travers deux critères : une plus grande part des espèces eurythermes et une uniformisation des modalités de certains traits biologiques et écologiques, ce qui semble indiquer l'installation d'un peuplement moins varié et moins sensible aux variations des conditions du milieu.

PÉRIODE 3 – 2003-2010

Approche taxonomique

Dans la figure 3, l'axe des abscisses de l'analyse statistique des données discrimine les trois sites spatialement indiquant un peuplement foncièrement différent le long du Rhône tandis que l'axe des ordonnées montre une évolution temporelle vers une uniformisation du peuplement plus ou moins prononcée pour chaque site. On observe une convergence des secteurs lors de cette troisième période vers le bas du graphique.

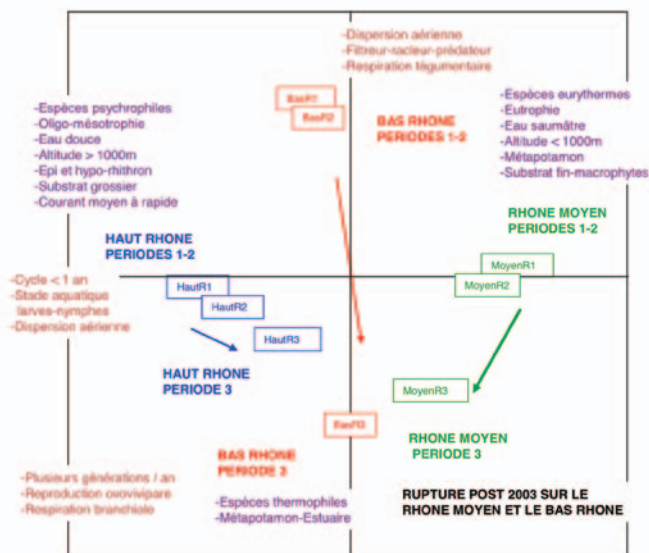


Figure 3. Synthèse de l'évolution temporelle des peuplements de macroinvertébrés du Rhône entre 1985 et 2010 et projection des espèces les plus contributives (ERP4 – JÉZÉQUEL & FRUGET, 2012). 3 secteurs : Haut Rhône (Bugey) (HautR), Rhône Moyen (Saint-Alban) (MoyenR), Bas Rhône (Cruas-Tricastin) (BasR). 3 périodes : 1979-1987 (1), 1988-2002 (2), 2003-2010 (3).

Le Haut Rhône apparaît comme le site ayant la plus grande diversité taxonomique, en lente dérive. Par contre, la crue de novembre 2002 puis la canicule de l'été 2003 semblent marquer une étape brutale dans l'évolution du peuplement sur le Bas Rhône et le Rhône Moyen. Si ce dernier présente une évolution plutôt linéaire, une vraie rupture apparaît sur le Bas Rhône en 2003, puis post-2003. Le Haut Rhône suit également cette tendance bien que l'évolution soit beaucoup moins marquée. On se dirigerait donc petit à petit vers une uniformisation des peuplements à l'échelle du fleuve postérieurement à 2003.

L'analyse des taxons montre la forte influence des taxons invasifs arrivés récemment tels que les crustacés *Jaera istri*, *Chelicorophium curvispinum* ou le polychète *Hypania invalida* (Figure 3). On peut également noter l'arrivée d'une nouvelle espèce exotique, le crustacé *Limnomysis benedeni* en 2009-2010 sur le Bas Rhône et le Rhône Moyen (encore en faibles effectifs).

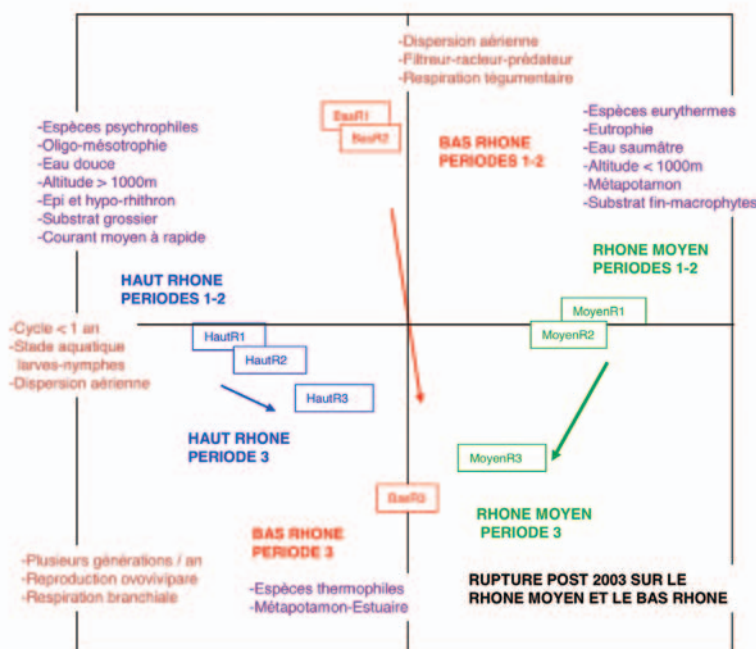


Figure 4. Projection des traits biologiques (marron) et écologiques (mauve) sur l'évolution temporelle des peuplements de macroinvertébrés du Rhône entre 1985 et 2010 (ERP4 – JÉZÉQUEL & FRUGET, 2012).

Le Haut Rhône reste assez stable dans le temps (Figure 4) avec un peuplement composé d'individus ayant un cycle vital inférieur à 1 an, une dispersion de type aérienne active ou passive et un stade aquatique dominé par les larves-nymphes (traits plutôt caractéristiques des insectes) ainsi qu'un mode d'alimentation varié de type filtreur-racleur-prédateur.

Une rupture apparaît post-2003 sur le Rhône Moyen et surtout sur le Bas Rhône au niveau du peuplement (Figure 4), qui devient composé d'individus ayant plusieurs générations par an, une reproduction de type ovovivipare, une respiration à base de branchies (traits plutôt caractéristiques des crustacés).

Traits écologiques

Le Haut Rhône sur les deux premières tranches temporelles se caractérise par des individus psychrophiles, vivant préférentiellement dans des zones amont des cours d'eau, en altitude et en courant moyen à rapide sur un substrat plutôt grossier (Figure 4). Ces caractéristiques sont celles de zones supérieures de réseau fluvial (DESSAIX *et al.*, 1995).

Le Bas Rhône et le Rhône Moyen présentent les mêmes caractéristiques soit un peuplement eurytherme de zone aval des cours d'eau à faible courant (plaine), composé de sédiments fins et de macrophytes.

La dimension longitudinale entre le Haut Rhône et les deux tronçons aval se traduit notamment par l'opposition des modalités des traits : altitude (alpin/montagnard et plaine), salinité (eau douce et eau saumâtre), température (psychrophile et eurytherme), degré de trophie (oligo-mésotrophe et eutrophe), distribution longitudinale (épi-hyporhithron et métapotamon).

Les trois secteurs évoluent postérieurement à 2003 vers un autre type de peuplement. Le Haut Rhône et le Rhône Moyen se rapprochent de la configuration observée sur le Bas Rhône avant la canicule, tandis que le Bas Rhône évolue vers un autre type de peuplement. Il se trouve alors caractérisé par des espèces thermophiles de zone extrême aval (métapotamon-estuaire). Tout semble indiquer une accentuation de l'effet thermique postérieurement à 2003.

CONCLUSIONS

Si les deux premières décennies de suivi ont vu une amorce d'évolution des peuplements, l'analyse faunistique montre la présence d'un peuplement foncièrement différent sur les trois tronçons du Rhône au début des années 2000. Suite aux crues du début de cette dernière décennie et à la canicule de l'été 2003, une rupture nette existe sur le Bas Rhône tandis que l'évolution est plus progressive sur le Rhône Moyen et plus légère sur le Haut Rhône. Le Rhône Moyen et le Bas Rhône connaissent une uniformisation de leurs peuplements qui deviennent dominés par les espèces invasives tandis que le Haut Rhône subit cette influence de manière plus réduite. La crue de novembre 2002 puis la canicule de l'été 2003 s'avèrent être des tournants, par l'arrivée de nombreuses espèces exotiques (pouvant devenir invasives en raison de leur abondance) et le réchauffement global des eaux.

La dérive progressive et la tendance à une uniformisation des peuplements de macro-invertébrés à l'échelle du Rhône notée en 2006 se poursuivent et s'accroissent. Cela se traduit particulièrement par la dérive d'une macrofaune d'eau fraîche, de cours supérieur de réseau hydrographique (Plécoptères *Chloroperla* et *Protonemura* sur le Haut Rhône) vers une macrofaune de zones plus aval et thermophile (Trichoptères *Hydroptilidae*, Plécoptères *Leuctridae* sur le Haut Rhône), l'ajout de taxons plutôt limnophiles tels que les Mollusques *Hydrobiidae* et *Planorbidae* (sur l'ensemble des secteurs) et l'apparition de divers taxons invasifs (*Corbicula fluminea*, *Dikerogammarus villosus*, *Hypania invalida*, en particulier, sur les trois secteurs, *Jaera istri* en aval de Lyon).

Les profils bio-écologiques confirment cette rupture sur le Rhône Moyen (Péage-de-Roussillon – Saint-Alban) et le Bas Rhône (Cruas – Tricastin) postérieurement à 2003 avec l'augmentation progressive de la part des modalités caractéristiques des espèces invasives et de milieux méditerranéens. Si le Haut Rhône semble être stable, il montre cependant un rapprochement progressif de son profil vers celui observé sur des milieux situés plus en aval des cours d'eau.

Si, d'un point de vue taxonomique, le Haut Rhône (Bugey) subit moins fortement l'influence des espèces invasives mais semble essentiellement répondre à l'évolution du contexte hydro-climatique, d'un point de vue traits il voit son peuplement se rapprocher des profils bio-écologiques des zones plus aval sur la période post-2003. De façon identique à l'aspect taxonomique, l'évolution thermique du fleuve se traduit par une uniformisation des modalités bio-écologiques, donc une moins grande variété du peuplement, et une part plus importante des espèces eurythermes, a priori plus résistantes à des changements brutaux de température.

Ces études montrent que les traits bio-écologiques permettent de mieux comprendre l'évolution des peuplements de macroinvertébrés sur le fleuve Rhône au cours des trente dernières années ainsi que l'impact des différents événements hydro-climatiques. Chaque communauté échantillonnée peut être décrite par son profil bio-écologique. Les modifications potentielles et/ou l'évolution de ce profil au cours du temps servent alors de base à un outil de diagnostic.

La thermie n'est pas le seul facteur de « forçage » dans l'évolution des peuplements macrobenthiques du Rhône français au cours des 30 dernières années. On ne doit en effet pas oublier, même si leur rôle est plus difficilement quantifiable, l'évolution positive de la qualité physico-chimique (oxygène dissous et nutriments) des eaux au cours des années 1980 et au début des années 1990, l'évolution de la dynamique fluviale et du transit sédimentaire du Haut Rhône avec la mise en service progressive de l'ensemble des barrages CNR durant les années 1980 et l'influence de la gestion hydraulique du Haut Rhône et des éclusées énergétiques associées sur un régime de moins en moins « alpin ». L'évolution thermique semble malgré tout être le principal facteur explicatif avec l'hydrologie et les grands épisodes de crues notamment. Ces derniers sont en effet le plus souvent à l'origine de la dissémination de nouveaux taxons tandis que la thermie favorise leur implantation durable (FRUGET, 2003).

PERSPECTIVES

Etablir des perspectives est un objectif complexe car la compétition entre les espèces natives et/ou invasives s'ajoute aux effets du milieu (débit, température). Toutefois, si le flux d'invasion n'apparaît pas continu mais fonction d'événements précis (en particulier hydroclimatiques), on peut légitimement penser que cette dérive va se poursuivre.

En effet, depuis les arrivées d'*Atyaephyra desmarestii* et *Gammarus roeseli* au milieu du XIX^e siècle, DEVIN *et al.* (2005) ont recensé au total 43 espèces d'invertébrés allochtones des cours d'eau français, dont 36 sont issus de transferts intra-continentaux, en particulier depuis le bassin ponto-caspien, bassin avec une salinité et une température très variables et un taux d'endémisme important du fait de son long isolement au cours des temps géologiques d'où la sélection d'espèces euryèces.

Ainsi, BIJ DE VAATE *et al.* (2002) ont recensé une quinzaine d'espèces ponto-caspiennes ayant pénétré le bassin du Rhin. Parmi celles-ci, 10 sont présentes dans le bassin du Rhône. On peut donc penser que parmi les espèces non encore présentes un certain nombre va se retrouver sur le Rhône dans les prochaines années, comme les crustacés *Dikerogammarus bispinosus* et *D. haemobaphes*, *Echinogammarus ischnus* et *E. trichiatus*. À ceux-ci, on peut ajouter *Obesogammarus obesus* pour lequel ces auteurs pensent qu'en raison de sa mobilité il ne devrait pas tarder à envahir le canal Main-Danube, porte du corridor vers l'Europe de l'ouest et du sud. Le trait commun de ces différentes espèces est le fait qu'elles sont essentiellement prédatrices ou filtreuses, thermophiles et euryèces, donc très compétitrices au niveau fonctionnel.

Parmi les autres groupes faunistiques pouvant potentiellement coloniser le bassin du Rhône, J.N. Beisel (comm. pers.) cite la planaire *Dendrocoelum romanodanubiale*, très commune dans la Moselle ; la sangsue *Caspiobdella fadejewi*, toutefois non encore échantillonnée dans l'est de la France ; les mollusques bivalves *Dreissena bugensis*, dont on peut prédire l'arrivée rapide (si ce n'est pas encore fait), et *Sinanodonta woodiana*, espèce déjà présente dans le bassin du Rhône et en train de gagner du terrain, semble-t-il ; et, pour finir, le moustique tigre, *Aedes albopictus*, déjà présent dans le sud et qui va probablement remonter la vallée du Rhône.

Remerciements.— Ces études sont financées par EDF dans le cadre du suivi hydrobiologique des différents CNPE et de l'Étude Thermique Rhône Phase 4.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BADY P. & FRUGET J.F., 2006. *Étude thermique globale du Rhône. Phase 3. Influence de la variabilité hydroclimatique 1985-2004 sur les peuplements de macroinvertébrés*. Rapport ARALEP à EDF DTG.
- BIJ DE VAATE A., JAZDZEWSKI K., KETELAARS H.A.M., GOLLASCH S. & VAN DER VELDE G., 2002. Geographical patterns in range extension of Ponto-caspian macroinvertebrate species in Europe. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59: 1159-1174.
- DAUFRESNE M., BADY P. & FRUGET J.F., 2007. Impacts of global changes and extreme hydroclimatic events on macroinvertebrate community structures in the French Rhône River. *Oecologia*, 151 : 544-559.
- DESSAIX J., FRUGET J.F., OLIVIER J.M. & BEFFY J.L., 1995. Changes of the macroinvertebrate communities in the dammed and by-passed sections of the French Upper Rhône after its regulation. *Regulated Rivers*, 10 (2-4): 265-279.
- DEVIN S., BOLLACHE L., NOËL P.Y. & BEISEL J.N., 2005. Patterns of biological invasions in French freshwater systems by non-indigenous macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 551: 137-146.
- FRUGET J.F., 2003. Changements environnementaux, dérives écologiques et perspectives de restauration du Rhône Français : bilan de 200 ans d'influences anthropiques. *Vertigo*, 4 (3) : 1-17.
- JÉZÉQUEL C. & FRUGET J.F., 2012. *Étude Rhône Phase 4. Lot 3a. Influence de l'évolution thermique naturelle et anthropique sur la diversité fonctionnelle des macroinvertébrés au travers de l'étude des traits bio-écologiques*. Rapport ARALEP à EDF DTG.
- KHALAF G., 1975. *Utilisation de substrats artificiels, en eau courante, pour l'étude de la répartition et de la dynamique de colonisation des macroinvertébrés benthiques*. Thèse doct. 3^e cycle, Univ. Lyon 1, 83 p.
- KHALANSKI M., CARREL G., DESAINT B., FRUGET J.F., OLIVIER J.M., POIREL A. & SOUCHON Y., 2008. Étude thermique globale du Rhône – Impacts hydrobiologiques des échauffements cumulés. *Hydroécologie appliquée*, 16 : 53-106.
- PERRIN J.F., 1978. *Signification écologique des peuplements benthiques du Haut-Rhône français*. Thèse doct. 3^e cycle, Univ. Lyon 1, 179 p.
- TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. & USSEGLIO-POLATERA P., 2000. *Invertébrés d'eau douce, Systématique, biologie, écologie*. CNRS Ed., 4^e éd., Paris, 587 p.

Évolution sur le long terme des peuplements de Crustacés du Rhône

Jeanne Dessaix et Jean-François Fruget

ARALEP – Ecologie des Eaux Douces, Campus LyonTech-La Doua, Bât. CEI 1, 66 Bd Niels Bohr, CS 52132, 69603 Villeurbanne Cedex - dessaix@aralep.com ; fruget@aralep.com

Résumé. – 80% des espèces de Crustacés rencontrées depuis 1985 sur le Rhône en aval de Lyon dans le secteur de Péage-de-Roussillon sont exotiques. Les effectifs de Crustacés sont globalement supérieurs sur la retenue, secteur artificialisé, que dans le Rhône court-circuité, secteur plus naturel. Les effectifs des deux espèces introduites, *Dikerogammarus villosus* et *Gammarus tigrinus*, s'accroissent notablement depuis 2003. On assiste de façon concomitante à la raréfaction, voire à la disparition, du secteur des deux espèces de gammarus indigènes du fleuve (*G. fossarum* et *G. pulex*).

Mots-clés. – Suivi long-terme, Crustacés, *Dikerogammarus villosus*, fleuve Rhône

Long-term evolution of the Crustacean populations on the Rhône

Abstract. – 80% of the species of Crustacean found on the Rhône downstream of Lyon in the Péage-de-Roussillon sector since 1985 are exotic. The numbers of Crustaceans are globally higher in the artificial dam sector than in the more natural sector of the Rhône which has been bypassed. The numbers of 2 introduced species, *Dikerogammarus villosus* and *Gammarus tigrinus*, have considerably increased since 2003. At the same time, the 2 species of *Gammarus* which are native to the river (*G. fossarum* and *G. pulex*) are becoming scarcer or have even disappeared.

Keywords. – Long-term survey, Crustaceans, *Dikerogammarus villosus*, Rhône river.

INTRODUCTION

L'étude de longues chroniques de relevés montre la part croissante des espèces allochtones et euryèces dans les changements structurels des peuplements aquatiques sous l'influence du changement climatique. Ces espèces nouvelles deviennent parfois envahissantes par une colonisation rapide et un développement important de leurs populations, pouvant ainsi être à l'origine de changements écologiques associés à cette abondance.

Les Crustacés constituent un groupe intéressant de ce point de vue-là. Ainsi, au niveau du secteur de Péage-de-Roussillon situé sur le Rhône Moyen en aval de Lyon, 15 espèces de Crustacés ont été rencontrées depuis 1985, parmi lesquelles 80% sont exotiques.

CONTEXTE

Les suivis hydrobiologiques réglementaires des sites nucléaires (CNPE) permettent d'acquérir de longues chroniques de données. Le suivi du CNPE de Saint-Alban, localisé sur la retenue de l'aménagement CNR de Péage-de-Roussillon, permet de constituer de telles séries pour le Rhône Moyen, section du fleuve comprise entre les confluences de la Saône et de l'Isère.

La macrofaune benthique de cette partie du fleuve est échantillonnée depuis 1985 à raison de 4 campagnes annuelles réalisées par la méthode des « substrats artificiels ». Cette méthode consiste à introduire dans le milieu une niche écologique vide qui sera

colonisée par la faune (aussi bien celle en place que celle en dérive). La composition des substrats artificiels doit se rapprocher le plus possible des types de supports naturellement présents dans le milieu à échantillonner. Dans le cas présent, les substrats artificiels sont de type IBGA mis au point dans le cadre du suivi de Saint-Alban (type mixte ficelle-cailloux). Ils sont déposés près des rives et restent en place 4 semaines environ, durée nécessaire à leur colonisation et à leur stabilisation.

Trois stations sont considérées dans notre étude : l'amont du CNPE, son aval proche réchauffé et le Rhône court-circuité, ou RCC, ancien tronçon du fleuve court-circuité par la construction du barrage de dérivation et demeuré plus « naturel ».

Des enregistreurs thermiques implantés à proximité des différents substrats artificiels mettent en évidence l'existence d'un delta T par rapport à l'amont particulièrement marqué à la station située en aval immédiat du rejet du CNPE : 1,2°C en moyenne sur la période 2009-2011 dans le RCC et 3,9°C à la station aval.

RÉSULTATS

Dynamique spatio-temporelle des peuplements

Quinze espèces de Crustacés ont été rencontrées depuis 1985, dont seulement trois sont autochtones (*Gammarus fossarum*, *Gammarus pulex* et *Proasellus meridianus*). Parmi les espèces exotiques présentes sur le secteur, six sont apparues au cours des années 2000 (Tableau I).

Ces différentes espèces se répartissent dans quatre ordres systématiques :

- les Mysidacés, caractérisés par la présence d'yeux pédonculés, sont représentés par une seule famille, les Mysidae ;
- les Amphipodes, dont la tête et le corps sont aplatis latéralement, sont représentés par quatre familles (Gammaridae, Pontogammaridae, Corophiidae, Crangonyctidae) ;
- les Isopodes, aplatis dorso-ventralement, sont représentés par les Asellidae et les Janiridae ;
- les Décapodes, représentés par les familles des Atyidae et des Cambaridae (« crevettes » et « écrevisses »), présentent une carapace céphalo-thoracique.

On notera que l'espèce exotique *Dikerogammarus villosus* appartient maintenant à la famille des *Pontogammaridae* créée au sein de la famille des *Gammaridae* à laquelle appartient toujours le genre *Gammarus*.

Parmi ces espèces, certaines ne sont représentées que par quelques individus sur l'ensemble de la chronique, tels que les Mysidae ou les Crangonyctidae (Figure 1). Parmi les espèces significativement présentes, certaines le sont plus particulièrement dans une station ou une autre :

- *Gammarus roeseli* et *Chelicorophium curvispinum* dans le Rhône court-circuité ;
- *Orconectes limosus* et *Gammarus tigrinus* à la station aval réchauffée, où, inversement, *Jaera istri* et *Atyaephyra desmarestii* sont nettement moins abondants.

Crustacés Saint-Alban 1985-2011	Code	Origine des espèces exotiques
MYSIDACES		
Mysidae		
<i>Hemimysis anomala</i>	hemano	2003 - Ponto-caspien
<i>Limnomysis benedeni</i>	limben	2009 - Ponto-caspien
AMPHIPODES		
Crangonyctidae		
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	crapse	1995 - Amérique Nord
Gammaridae		
<i>Gammarus fossarum</i>	gamfos	
<i>Gammarus pulex</i>	gampul	
<i>Gammarus roeseli</i>	gamroe	< 1985 - Balkans
<i>Gammarus tigrinus</i>	gamtig	1995 - Amérique Nord
Pontogammaridae		
<i>Dikergammarus villosus</i>	dikvil	1999 - Ponto-caspien
Corophiidae		
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	checur	2002 - Ponto-caspien
<i>Chelicorophium sowinskyi</i>	chesow	2011 - Ponto-caspien
ISOPODES		
Asellidae		
<i>Asellus aquaticus</i>	aseaqu	< 1975 - Sud-est Asie
<i>Proasellus meridianus</i>	promer	
Janiridae		
<i>Jaera istri</i>	jaeist	2009 - Ponto-caspien
DECAPODES		
Cambaridae		
<i>Orconectes limosus</i>	orclim	< 1985 - Amérique Nord
Atyidae		
<i>Atyaephyra desmarestii</i>	atydes	2000 - Méditerranéen

Tableau I. Liste des différents taxons de Crustacés échantillonnés par substrat artificiel rivulaire à Saint-Alban entre 1985 et 2011. Pour les espèces invasives, l'année d'apparition dans le secteur et l'origine sont précisées.

L'analyse temporelle de ce peuplement (Figure 2) fait ressortir que les effectifs des Gammarus natifs (*G. fossarum* et *G. pulex*), ainsi que ceux d'*Asellus aquaticus*, sont plus abondants lors des périodes de forte hydraulité (1987-88, 1994-(95), 1999, 2001-2002) (DESSAIX & FRUGET, 2008).

Récoltés régulièrement depuis 1999, les effectifs des deux espèces exotiques, *Dikergammarus villosus* et *Gammarus tigrinus*, s'accroissent notablement depuis 2003. Sur un même point, elles présentent une évolution temporelle inverse, confirmant ainsi une possible compétition entre ces deux espèces, la littérature donnant l'avantage à la première en milieu lotique (i.e. courant). Toutefois, à la station aval réchauffée, *D. villosus* est proportionnellement moins abondant à l'inverse de *G. tigrinus*, témoignant dans ces circonstances d'une compétition moins efficace du premier ; quant au second, c'est sans doute le Crustacé présent que la littérature considère comme thermiquement le plus tolérant.

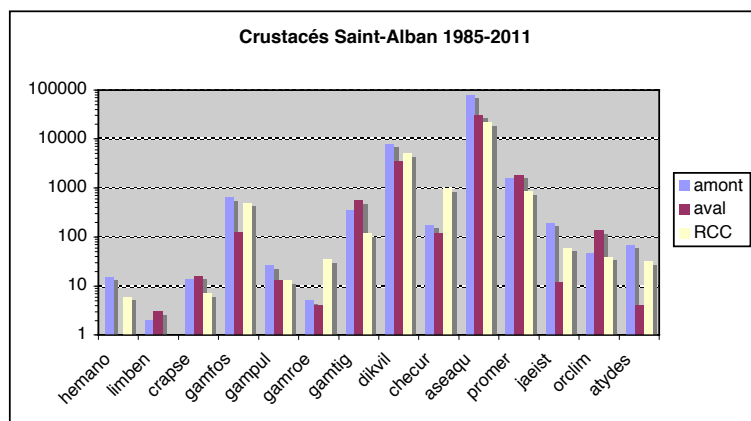


Figure 1. Effectifs totaux, en échelle logarithmique, des différentes espèces de Crustacés échantillonnées sur le site de Saint-Alban entre 1985 et 2011. Cette représentation ne prend aucunement en compte la dynamique temporelle (cf. Figure 2). Codes espèces : cf. Tableau I.

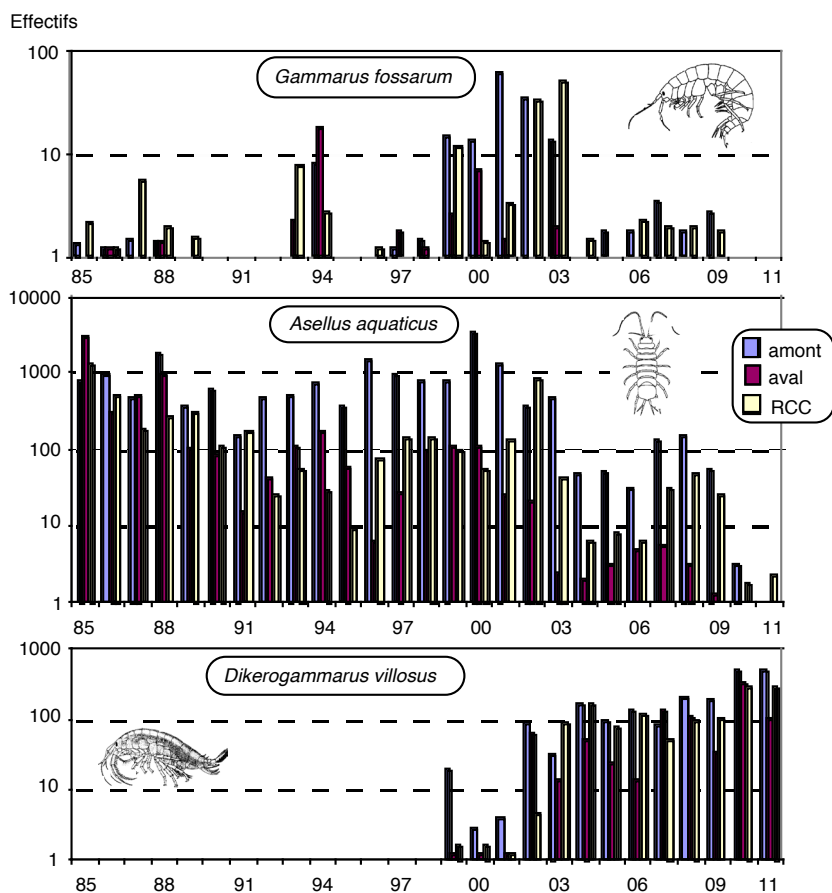


Figure 2a. Évolution inter-annuelle des effectifs moyens récoltés par substrat artificiel pour les principales espèces de Crustacés lors du suivi 1985-211 du CNPE de Saint-Alban : une espèce indigène (*G. fossarum*), une espèce acclimatée (*A. aquaticus*) et une espèce invasive (*D. villosus*).

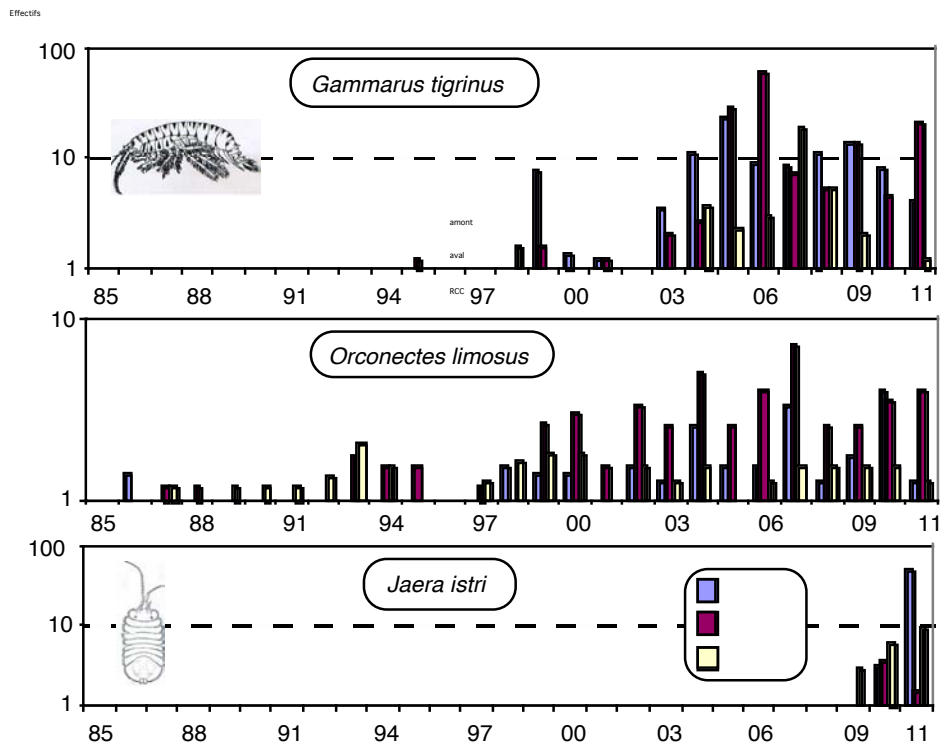


Figure 2b. Évolution inter-annuelle des effectifs moyens récoltés par substrat artificiel pour trois espèces exotiques lors du suivi 1985-211 du CNPE de Saint-Alban.

Un remplacement progressif des taxons natifs est noté parallèlement à l'apparition, puis au maintien ou à l'extension des espèces exotiques (Figures 2a et 2b). Ainsi, la raréfaction des deux espèces de Gammarus indigènes du fleuve (*G. fossarum* et *G. pulex*) est très probablement à mettre en relation avec la présence accrue de *D. villosus*, potentiellement accentuée par l'hydrologie plus modérée sur les dernières années de la chronique.

Apparu de longue date en France, *Asellus aquaticus* est souvent considéré comme intégré à la macrofaune de nos cours d'eau. Bien que les effectifs de cette espèce, à cycles de reproduction nombreux et à fécondité élevée, présentent classiquement des variations inter-annuelles importantes, on met en évidence une régression presque constante sur l'ensemble du secteur depuis l'année 2000, s'accroissant nettement au cours des dernières années. Par ailleurs, son abondance est, depuis la fin des années 1980, notablement plus faible à la station aval réchauffée au point d'être nulle au cours des dernières campagnes.

L'écrevisse américaine *Orconectes limosus* est toujours échantillonnée en petits nombres depuis le début du suivi, mais il se confirme que sa présence devient plus régulière depuis 1997 dans l'ensemble des stations, avec une préférence plus particulière pour la station aval réchauffée.

L'Amphipode filtreur vivant dans un tube limoneux fixé au substrat, *Chelicorophium curvispinum*, confirme à ce jour son installation ainsi que sa préférence pour les eaux plus courantes du RCC par rapport à celles de la retenue où le rejet d'eau chaude paraît le gêner.

Depuis son apparition, le petit Isopode racleur de substrat *Jaera istri* semble se banaliser sur l'ensemble des stations du secteur avec toutefois des effectifs encore faibles dans les substrats des rives alors qu'ils sont parfois beaucoup plus élevés dans le chenal.

Bien que considérées comme limnophiles dans la littérature, ces deux familles (Corophiidae et Janiridae) sont probablement soumises à une concurrence beaucoup moins forte dans le chenal où les effectifs de Gammaridae sont beaucoup plus faibles que dans les substrats des rives.

Les effectifs des deux représentants de la famille des Mysidae, limnophiles également mais prédateurs-filtreurs liés à la présence de végétation, restent limités.

Le caractère pélagique d'*Atyaephyra desmarestii* engendre probablement un biais par rapport à l'échantillonnage par substrats artificiels et ses effectifs sont ainsi sous-évalués. Bien que d'origine méditerranéenne, cette crevette semble éviter le rejet réchauffé avec des effectifs plus faibles ou nuls à son aval.

Dynamique de populations de *Dikerogammarus* entre Rhône aménagé et Rhône semi-naturel

Une étude plus précise de la dynamique mensuelle de *D. villosus* a été menée sur les dernières années de la chronique (DESSAIX *et al.*, 2012). La station amont de la retenue et le Rhône court-circuité présentent un arrêt de la reproduction de l'espèce de novembre à janvier et trois pics annuels de reproduction (avril – juin-juillet – septembre), cet arrêt étant classique des Crustacés sous nos latitudes en général et de ceux du Rhône en particulier (DESSAIX, 1986). Toutefois, la population du RCC, secteur semi-naturel, se distingue de celle de la retenue amont, milieu artificialisé, par trois caractéristiques :

- des effectifs globaux souvent plus faibles ;
- une présence des très jeunes individus beaucoup plus limitée ;
- des adultes de tailles inférieures.

Ces deux dernières caractéristiques sont du reste classiquement liées : les femelles plus petites étant moins fécondes (DEVIN *et al.*, 2004). Les particularités de la population de cette station par rapport à l'amont peuvent être liées à :

- une meilleure adéquation entre les exigences optimales de *D. villosus* et les caractéristiques mésologiques de la retenue se traduisant par une installation de cet invasif plus avancée dans ce milieu moins « naturel » et hydrauliquement plus stable que le RCC (cf. variations brutales du débit réservé et donc de la vitesse du courant et de la hauteur d'eau) ;

- une prédation accrue dans le RCC où, classiquement, le peuplement piscicole est plus riche et plus abondant ;

- enfin, une population en limite de ses possibilités vitales vis-à-vis du facteur température avec un pourcentage de femelles ovigères toujours bas, signe d'une mauvaise reproduction, et peu d'individus juvéniles. MAAZOUZI *et al.* (2011) indiquent en effet la vulnérabilité de *D. villosus* à des températures supérieures à 25°C.

CONCLUSIONS

Les Crustacés apparaissent ainsi être de bonnes « sentinelles » des changements que subissent nos milieux fluviaux en général et le Rhône en particulier, tant par l'étude des changements de la structure des peuplements que par celle de la dynamique de fonctionnement de populations particulières, qu'elles soient natives ou exotiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DESSAIX J., 1986. Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône Français. 27. Dynamique des populations de gammarus. *Archiv für Hydrobiologie*, 106 (4) : 541-558.
- DESSAIX J. & FRUGET J.F., 2008. Evolution des peuplements de Crustacés du Rhône Moyen au cours des 20 dernières années, relation avec la variabilité hydroclimatique. *Hydroécologie appliquée*, 16 : 1-27.
- DESSAIX J., FRUGET J.F. & CENTOFANTI M., 2012. *Etude Rhône Phase 4. Lot 3b. Dynamique des populations de Crustacés du Rhône à Saint-Alban. Suivi 2009-2011*. Rapport ARALEP à EDF DTG.
- DEVIN S., PISCART C., BEISEL J.N. & MORETEAU J.C., 2004. Life history traits of the invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea, Amphipoda) in the Moselle River, France. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 89 (1): 21-34.
- MAAZOUZI C., PISCARD C., LEGIER F. & HERVANT F., 2011. Ecophysiological responses to temperature of the "killer shrimp" *Dikerogammaris villosus*: Is the invader really stronger than the native *Gammarus pulex*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 159: 268-274.

Remerciements.— Ces études sont financées par EDF dans le cadre du suivi hydrobiologique du CNPE de Saint-Alban et de l'Étude Thermique Rhône Phase 4.



10 €

ISSN 0366-1326 – n° d'inscription à
la C.P.P.A.P. 1114G85671

imprimé par l'Imprimerie Brailly

69 564 - Saint-Genis-Laval - Cedex

n° d'imprimeur : 0000000000

imprimé en France

Dépôt légal : novembre 2014

Copyright 2014 SLL

ISBN 978-2-9531930-9-1

Tous droits réservés pour tous
pays sauf accord préalable

