

## Écologie

# HISTORIQUE DE LA COLONISATION DES COURS D'EAU DE LA RÉGION CENTRE (FRANCE) PAR *ORCONNECTES LIMOSUS*

par

HESSE Anne-Sophie\*<sup>1</sup> et MANGOT Sylvain<sup>1</sup>

L'Écrevisse américaine a été recensée pour la première fois en Région Centre (France) en 1911 dans un étang du Cher, suggérant que la propagation de l'espèce dans cette région était partie de ce point d'introduction. Nos résultats vont à l'encontre de cette hypothèse ; ils montrent en effet que la colonisation des cours d'eau de la région Centre s'est faite à partir de la Loire au début des années 1970. Un second axe de colonisation *via* les canaux de navigation reliant les bassins de la Loire et de la Seine est possible et aurait pu contribuer à l'apport d'individus sur le fleuve. Nos résultats montrent également que, contrairement à ce qui avait été supposé dans la littérature, l'aire de répartition d'*O. limosus* s'étend encore à l'heure actuelle : l'écrevisse colonisant depuis peu les têtes des bassins versants. La littérature souligne par ailleurs l'impact négatif d'*O. limosus* sur la biomasse des macro-invertébrés benthiques et tout particulièrement des Mollusques. Les résultats de notre étude sont cohérents avec la bibliographie. Néanmoins, ils mettent en évidence une capacité rapide du milieu à retrouver ses conditions initiales, quelques années seulement après le premier recensement de l'Écrevisse américaine. Ceci pourrait être lié à une adaptation des macro-invertébrés benthiques qui fuiraient les habitats colonisés par l'écrevisse.

**Mots-clés:** Écrevisse américaine, invasion, colonisation, macro-invertébrés.

---

1. Laboratoire d'hydrobiologie de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la région Centre (DREAL Centre), 5 avenue Buffon, 45064 Orléans Cedex 2. Tel : 02 36 17 43 40, fax : 02 36 17 41 03.

\*Auteur correspondant : anne-sophie.hesse@developpement-durable.gouv.fr.

## Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)

### History of the propagation of *Orconectes limosus* in rivers of the Centre-Val de Loire region (France)

The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus*, was recorded for the first time in France in 1911 in a pond in the Cher department, and was supposed to have spread from this point of introduction through rivers of the Centre-Val de Loire region. Our results contradict this hypothesis, suggesting instead that the colonization started from the Loire river in the early 1970s. A second corridor of colonization, through the channels that connect the Seine river to the Loire river, is also likely. In addition, our results show that, contrary to what had been assumed in the literature, *O. limosus* continues to extend its range, having recently colonized the sources of watersheds. The negative impact of *O. limosus* on the biomass of benthic macro-invertebrates, especially shellfish, is confirmed. Nevertheless, we found a rapid capacity of the environment to recover its initial conditions, only a few years after the first capture of the spiny-cheek crayfish. To explain this phenomenon, we hypothesize that macro-invertebrates adapt to the presence of *O. limosus* by changing niches.

**Keywords:** spiny-cheek crayfish, invasion, colonization, macro-invertebrates.

### Introduction

La France compte à l'heure actuelle cinq espèces d'écrevisses invasives : l'Écrevisse américaine *Orconectes limosus*, l'Écrevisse signal *Pacifastacus leniusculus*, l'Écrevisse de Louisiane *Procambarus clarkii*, l'Écrevisse calicot *Orconectes immunis* et l'Écrevisse juvénile *Orconectes juvenilis*. La première qui a été recensée sur le territoire français est *Orconectes limosus*. Il ressort de la littérature que la première introduction de cette espèce en Europe date de 1890 (WESTMAN, 2002, PUKY & SCHAD, 2006) : une centaine d'individus auraient été introduits dans des étangs du bassin de l'Oder en Allemagne. Cette date marquerait le début d'une série d'introductions dans plusieurs pays européens. La première observation en France daterait de 1911 dans un étang du département du Cher (VIGNEUX *et al.*, 1993). L'ensemble du territoire français est aujourd'hui colonisé par *O. limosus* qui est devenue l'espèce d'écrevisses la plus fréquemment rencontrée dans les rivières françaises. Ce crustacé invasif a suscité maints débats et échanges au cours du siècle dernier suite à la découverte d'un de ses traits écologiques : il peut être porteur sain du champignon *Aphanomyces astaci*, plus couramment appelé « peste des écrevisses », qui décime les populations d'écrevisses autochtones françaises depuis les années 1950 (VOGT, 1999). La dispersion d'*O. limosus* dans les cours d'eau français contribue ainsi largement à propager cette maladie et à réduire les effectifs des populations d'Écrevisses à pieds blancs et à pattes rouges (HOLDICH, 2003). Après *O. limosus*, d'autres écrevisses américaines ont été introduites en France, telles que *Pacifastacus leniusculus* et *Procambarus clarkii*, dont les impacts avérés sur l'environnement semblent plus néfastes que ceux occasionnés par *O. limosus* (SAVINI *et al.*, 2010). Les efforts de recherche et d'investigation se sont ainsi légitimement concentrés sur ces espèces arrivées plus récemment au détriment des efforts portés sur la connaissance de l'Écrevisse américaine (répartition, propagation, impacts). Cette étude se propose donc de palier à ce manque en dressant un état des lieux de nos connaissances sur *O. limosus* en prenant pour exemple la région Centre (France).

## L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine

Le succès de l'introduction d'*Orconectes limosus* sur le territoire français est très vraisemblablement lié aux caractéristiques écologiques de cette espèce. Animal facilement migrateur, *O. limosus* présente un taux de croissance rapide, une maturité sexuelle précoce, un fort taux de fécondité et d'importantes capacités d'adaptation (LINDQVIST & HUNER, 1999). Elle est en effet capable de s'acclimater à tout type de milieu : eaux douces et saumâtres, étangs, petits, moyens, grands et très grands cours d'eau, de qualité très bonne à médiocre (PUKY, 2009) et même milieux temporaires s'asséchant durant plusieurs semaines (SOUTY-GROSSET *et al.*, 2006). Elle est notamment connue pour résister à de fortes pollutions organiques ou à des contaminations en métaux lourds (SOUTY-GROSSET *et al.*, 2006) mais également pour s'adapter à des conditions environnementales très pauvres que la plupart des autres espèces d'écrevisses ne supportent pas. *O. limosus* est par ailleurs capable de reproduction parthénogénétique facultative (FILIPOVÀ *et al.*, 2011) ce qui lui permet d'assurer la survie de l'espèce en cas d'absence de mâles et *a fortiori* de fécondation des œufs. Cette caractéristique concourt très largement à la propagation de l'espèce, qui a par ailleurs très vraisemblablement été aidée dans sa colonisation par les activités humaines (LAURENT, 1997), notamment par les pêcheurs l'utilisant comme appât ou par les aquariophiles. Très agressive de surplus vis-à-vis des autres écrevisses et résistante à la peste, *O. limosus* s'est propagée très rapidement au sein du réseau hydrographique français.

Outre son impact sur les populations d'écrevisses autochtones, la littérature souligne l'influence plus générale de l'Écrevisse américaine sur le peuplement des macro-invertébrés benthiques. Ceci semble lié à une forte prédation (VOJKOVSKA *et al.*, 2014), notamment sur les Mollusques (HANSEN *et al.*, 2013), ce qui peut perturber l'ensemble de la chaîne alimentaire. Elle est par conséquent considérée depuis 1995 comme « susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques » par le code de l'environnement (art. R. 432-5) et son introduction dans tout type de milieu est interdite (article L.432-10 1 alinéa du code de l'environnement). Considérée comme indésirable, elle est à ce titre pêchable sans taille réglementaire, avec une interdiction de remise à l'eau. Sa propagation et sa répartition sur le territoire français doivent par conséquent faire l'objet d'une attention toute particulière. L'objectif de cette étude est ainsi d'analyser la propagation de *O. limosus* sur le territoire français en prenant comme terrain d'étude la région Centre. *O. limosus* aurait été introduite sur le territoire français en région Centre, dans un étang du département du Cher en 1911. Il est donc très intéressant de prendre la région Centre comme exemple pour suivre la propagation de cette espèce. Cette article propose par conséquent de :

- retracer la propagation d'*O. limosus* dans les cours d'eau région Centre, depuis les premiers recensements jusqu'à aujourd'hui ;
- faire un bilan de son aire de répartition en 2013.

Compte tenu des observations tirées de la littérature, cet article propose par ailleurs d'évaluer l'impact de la colonisation d'un cours d'eau par l'Écrevisse américaine sur le peuplement de macro-invertébrés benthiques ; ceci afin de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse selon laquelle la présence d'*O. limosus* tend à réduire la macrofaune benthique et plus particulièrement celle de Mollusques et de Crustacés.

## Matériel et méthodes

### Données exploitées

Les données exploitées dans cette étude sont des données publiques mises à disposition par la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la région Centre (DREAL Centre). Ces données ont été soit produites directement par le laboratoire d'hydrobiologie de la DREAL Centre soit produites par des bureaux d'étude privés et dans ce cas contrôlées et validées par le laboratoire d'hydrobiologie de la DREAL Centre. L'identification des juvéniles et des sub-adultes pouvant se révéler très délicate, notamment sur le terrain, les données dont dispose la DREAL Centre qui n'ont pu faire l'objet d'une vérification n'ont pas été prises en compte.

Il s'agit également de noter que les données utilisées dans cette étude ne concernent que des cours d'eau, la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la région Centre ne réalisant pas de relevés de macrofaune benthique en milieu lentique. Par conséquent, les cartes de répartition réalisées ne présentent pas les étangs et les lacs où la présence d'*O. limosus* est connue et la diffusion de l'espèce n'a été retracée qu'en cours d'eau.

Les données analysées dans cette étude ont été produites via des relevés faunistiques de macro-invertébrés en cours d'eau réalisés avec les protocoles suivants :

- de 1977 à 1982 : Indice de qualité biologique global (IQBG) (VERNEAUX *et al.*, 1977) ;

- de 1982 à 1992 : Indice biologique global (IBG) (VERNEAUX *et al.*, 1982) ;

- de 1993 à 2007/2008 : Indice biologique global normalisé (IBGN) (AFNOR, 1992, modifié en 2004) ;

- à partir de 2007/2008 :

- 1) pour les cours d'eau profonds : application de l'Indice biologique global adapté (IBGA) (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1997) à partir de 2007 ou 2008 selon les cas et depuis 2010 application du protocole mis au point par l'université de Metz et le CEMAGREF pour l'échantillonnage des macro-invertébrés en cours d'eau profonds (USSEGLIO-POLATERA *et al.*, 2009) et de la norme XP T90-388 (AFNOR, 2010) pour le traitement des échantillons en laboratoire ;

- 2) pour les cours d'eau peu profonds : application du protocole développé par le CEMAGREF pour le prélèvement des macro-invertébrés benthiques en cours d'eau peu profonds. Protocole normalisé depuis 2010 : normes XP T90-333 (AFNOR, 2009) pour la phase terrain et XP T90-388 (AFNOR, 2010) pour la phase laboratoire.

Les protocoles de prélèvement de macro-invertébrés benthiques permettent de détecter efficacement la présence de l'Écrevisse américaine car celle-ci se réfugie au sein d'habitats prélevés par ces méthodes (par exemple : racines, vase, pierres). En revanche, ils ne permettent pas de caractériser la densité de la population en place. Les données récoltées auprès de la DREAL Centre ne seront donc exploitées qu'en termes de présence/absence.

## **L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine**

### **Analyse de la répartition et de la propagation d'*O. limosus***

La propagation de l'espèce *O. limosus* en région Centre, de l'établissement d'une population pérenne à une autre, a été évaluée en réalisant pour chaque année une carte des stations prospectées en distinguant celles où l'Écrevisse américaine a été capturée de celles où les prospections n'ont abouti à aucune capture. Nous avons considéré que l'espèce s'était diffusée à une nouvelle station l'année N dès lors que :

- l'espèce était capturée l'année N ;
- l'espèce n'avait pas été trouvée les années précédentes (seules les stations possédant un historique d'au moins 5 ans ont été conservées pour l'analyse).

Nous avons considéré que la population trouvée sur une station était pérenne dès lors que :

- au moins un individu de l'espèce était capturé l'année N ;
- la présence de l'espèce était avérée sur la station durant les cinq années suivant l'année N (longévité maximale d'*Orconectes limosus*) ;
- la reproduction de l'espèce sur la station était prouvée par la capture de juvéniles dans les cinq années suivant l'année N.

Les résultats ont été synthétisés sous forme d'une carte représentant la propagation de l'espèce avec un pas de temps de 10 ans. Afin de compléter cette synthèse, l'état initial (1977 : début du collecte des données), un état intermédiaire (1995) et l'état actuel concernant la répartition d'*O. limosus* en 2013 ont été également synthétisés sous forme de cartes mentionnant les stations prospectées où l'Écrevisse américaine a été recensée et les stations prospectées où elle n'a pas été recensée (Figures 1, 2 et 3).

### **Impact de la colonisation d'un cours d'eau par *O. limosus* sur le peuplement des macro-invertébrés benthiques**

Pour mener cette analyse, seules les stations de prélèvement répondant aux critères suivants ont été retenues :

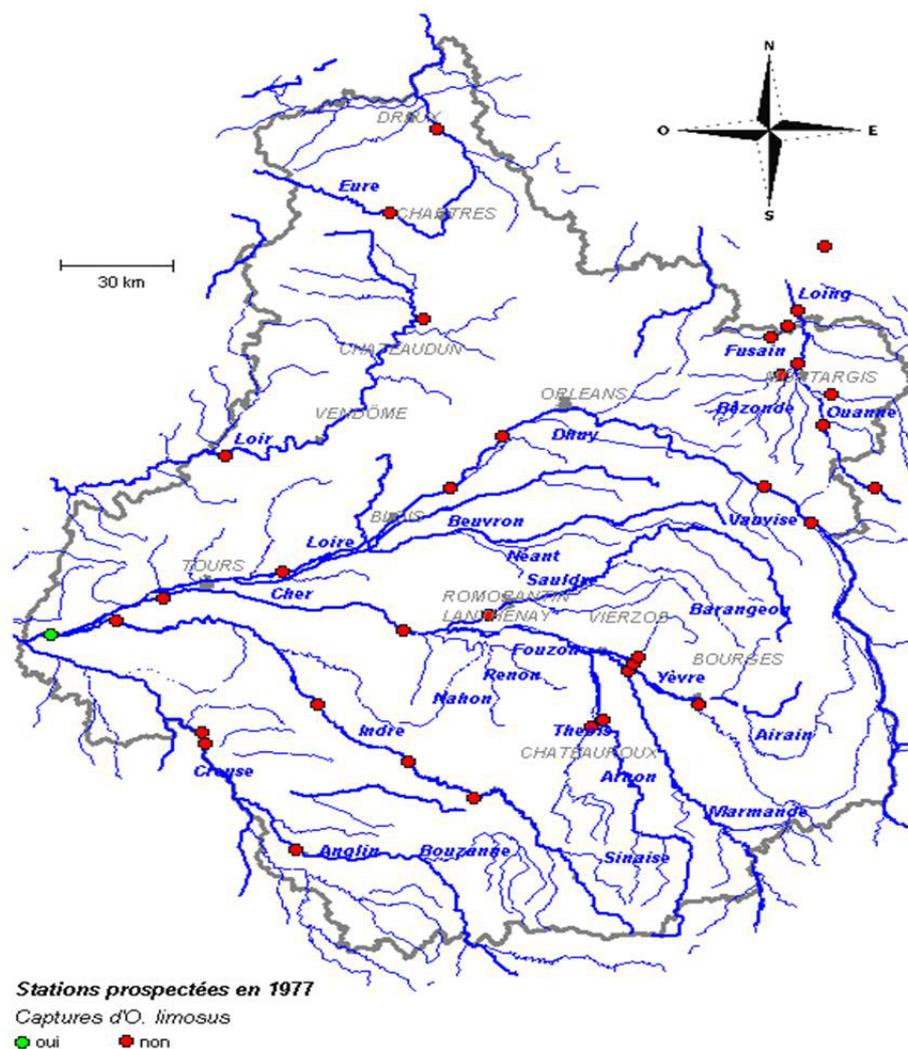
- un suivi annuel du peuplement de macro-invertébrés benthiques a été réalisé au moins deux années précédant le premier recensement d'*O. limosus* jusqu'en 2013 ;
- elles sont situées en tête de bassin versant où les pressions anthropiques sont réduites ; ceci afin de limiter l'influence des activités humaines sur le peuplement des macro-invertébrés benthiques.

Seules quatre stations répondaient à ces critères :

- la Joyeuse à Préveranges (18), petit cours d'eau de largeur plein bord 4 m, situé en tête du bassin versant de l'Arnon. Il s'agit d'un cours d'eau préservé connu pour sa macrofaune benthique d'intérêt écologique. Le premier recensement de l'Écrevisse américaine sur ce cours d'eau date de 2009 ;
- l'Arnon à Poisieux (18), cours d'eau de taille moyenne de largeur plein bord 23 m, situé sur une partie relativement préservée du bassin versant du Cher. Des taxons polluables y sont recensés. Le premier recensement de l'Écrevisse américaine sur ce cours d'eau date de 2009 ;

**Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)**

- la Sinaise à Rezay (18), petit cours de largeur plein bord 12 m, situé sur l’amont du bassin versant de l’Arnon. Des taxons polluosensibles y sont également recensés. Le premier recensement de l’Écrevisse américaine sur ce cours d’eau date de 2006 ;
- la Rère à Theillay (41), petit cours d’eau de largeur plein bord 8 m, situé en amont du bassin versant de la Sauldre. Cette station présente une variété taxonomique importante de Plécoptères. Le premier recensement de l’Écrevisse américaine sur ce cours d’eau date de 2005.



**Figure 1**

Bilan des prélèvements réalisés en 1977 en cours d’eau : stations prospectées et captures d’*O. limosus*.

*Hydrological map of Centre-Val de Loire showing sites sampled in 1977:  
 Green circle indicate presence *O. limosus*; red circles indicate absence.*

## **L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine**

Les changements de peuplement des macro-invertébrés benthiques ont été évalués *via* :

- le nombre de taxons ;
- la variété taxonomique ;

des ordres suivants : Plécoptères, Trichoptères, Éphéméroptères, Coléoptères, Diptères, Odonates, de la classe des Crustacés et de l'embranchement des Mollusques.

Dans un premier temps, les variations de ces paramètres ont été représentées année par année grâce à des histogrammes afin de dégager les premières grandes tendances d'évolution. Dans un second temps, la significativité de ces variations a été testée avec le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis ; la normalité des données n'ayant pas été vérifiée, le test paramétrique de l'ANOVA ne pouvait pas être appliqué.

## **Résultats**

### **Répartition et propagation en région Centre**

Les données analysées au cours de cette étude ont montré que, dès lors que l'Écrevisse américaine était recensée sur une station, des individus de l'espèce, dont des juvéniles, étaient systématiquement capturés lors des prélèvements suivants. Cela signifie que seules des stations présentant des populations pérennes d'*Orconectes limosus* ont été recensées *via* les protocoles de prélèvement utilisés. Aucun point de présence ponctuelle de l'Écrevisse américaine, c'est-à-dire sans établissement de populations pérennes, n'a été relevé. Les données analysées ici ont ainsi permis de retracer l'expansion de l'Écrevisse américaine de l'établissement d'une population pérenne à une autre.

Les prospections sur la Loire ont débuté au début des années 1970. Elles étaient réalisées ponctuellement sans faire appel à un protocole défini et n'avaient pas permis de mettre en évidence la présence d'*O. limosus* sur le fleuve. L'utilisation d'un protocole défini a débuté en 1977 parallèlement aux premières captures de l'Écrevisse américaine en aval de la Loire (Figure 1). Les prélèvements qui ont suivi jusqu'en 1980 ont permis de mettre en évidence une colonisation de l'ensemble de l'axe Loire en région Centre. Les prospections menées de 1970 à 1980 en cours d'eau n'ont permis de recenser *O. limosus* que sur la Loire ; les pêcheurs la surnommant alors « l'écrevisse de Loire ».

En 1981, *Orconectes limosus* est capturée pour la première fois en aval de l'Indre et de la Creuse. En 1983, elle est recensée pour la première fois en aval du Cher puis en 1984 en aval de l'Eure, en 1985 en aval du Loing et en 1986 en aval du Loir. Les prospections menées jusqu'à la fin des années 80 ont mis en évidence une propagation de l'espèce vers l'amont de ces cours d'eau. Durant ces dix années, l'Écrevisse américaine a ainsi colonisé tous les grands bassins versants de la région Centre.

Malgré un nombre de stations prospectées en augmentation au cours des années 1990, l'aire de répartition de l'Écrevisse américaine a montré peu d'évolu-

## Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)

tion. Des captures sur l'amont de la Creuse ont montré que l'espèce continuait sa propagation le long du fleuve. De même, elle a été capturée sur l'amont du Loing ainsi que sur un de ses principaux affluents : le Fusain. Durant les années 1990, *O. limosus* a ainsi continué sa progression vers l'amont des grands cours d'eau qu'elle avait colonisés au cours des années 1980 (Figure 2).

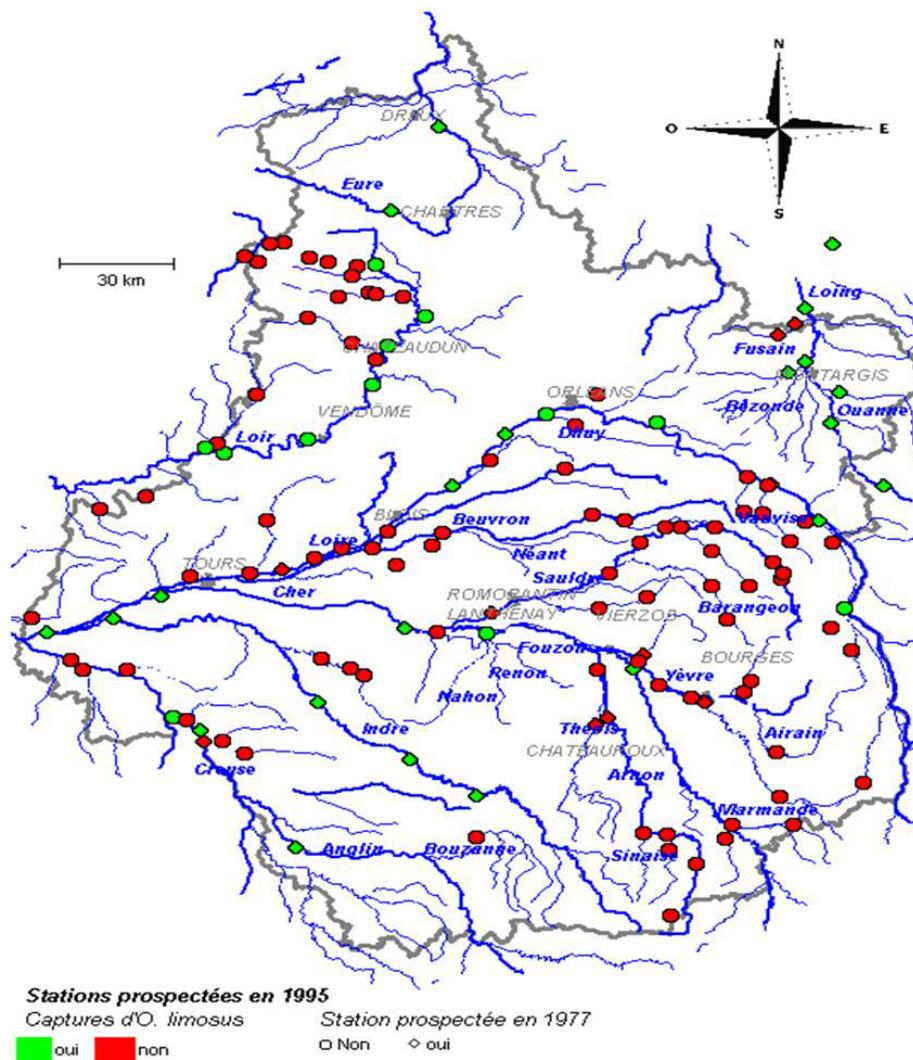


Figure 2

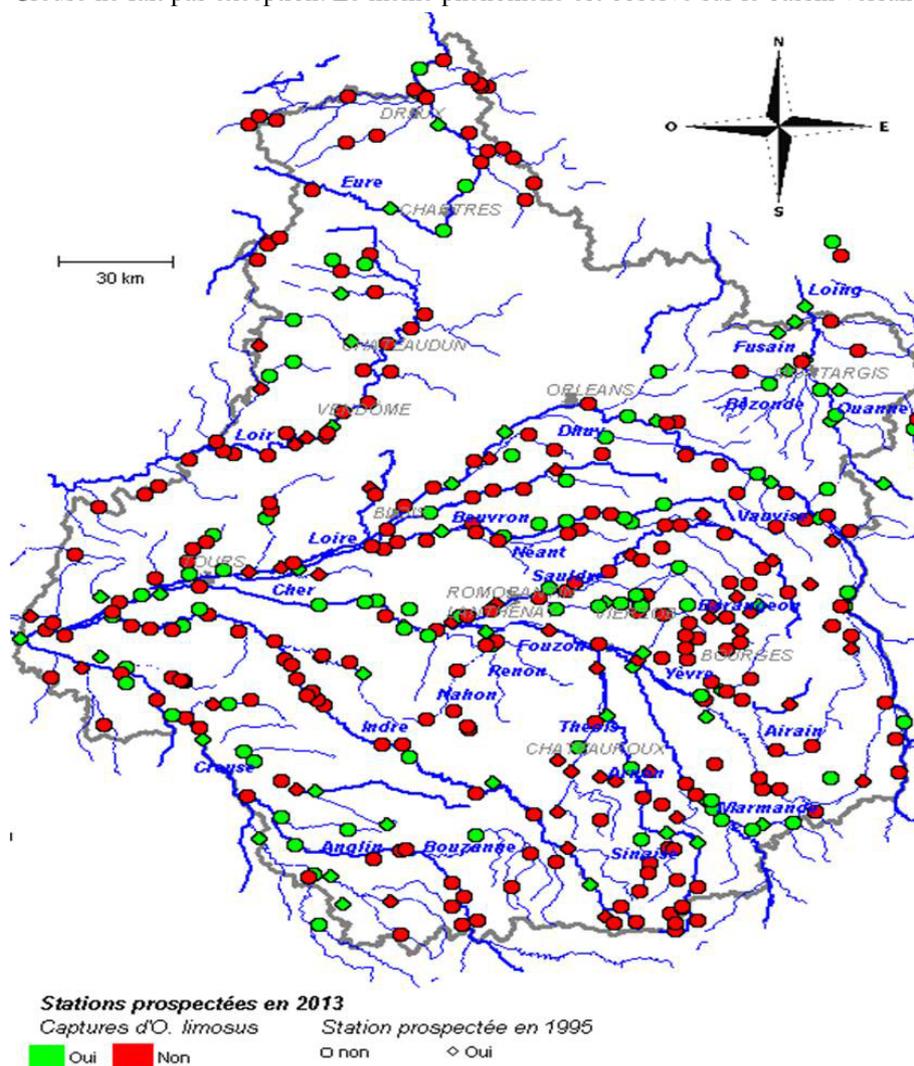
Bilan des prélèvements réalisés en 1995 en cours d'eau: stations prospectées et captures d'*O. limosus*.

Hydrological map of Centre-Val de Loire region showing sites sampled in 1995.

Green symbols indicate presence *O. limosus*; red symbols indicate absence; sites marked with diamond symbols are those also sampled in 1977.

### L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine

Les années 2000 ont constitué une étape charnière dans le processus de propagation d'*O. limosus* avec une colonisation des affluents des cours d'eau colonisés durant les années 80 et une propagation vers les petits cours d'eau en tête de bassins versants. Dès 2000, elle est ainsi recensée sur un petit affluent de la Creuse : la Bouzanne, puis en 2003 sur un autre affluent : l'Anglin. Le bassin versant de la Creuse ne fait pas exception. Le même phénomène est observé sur le bassin versant



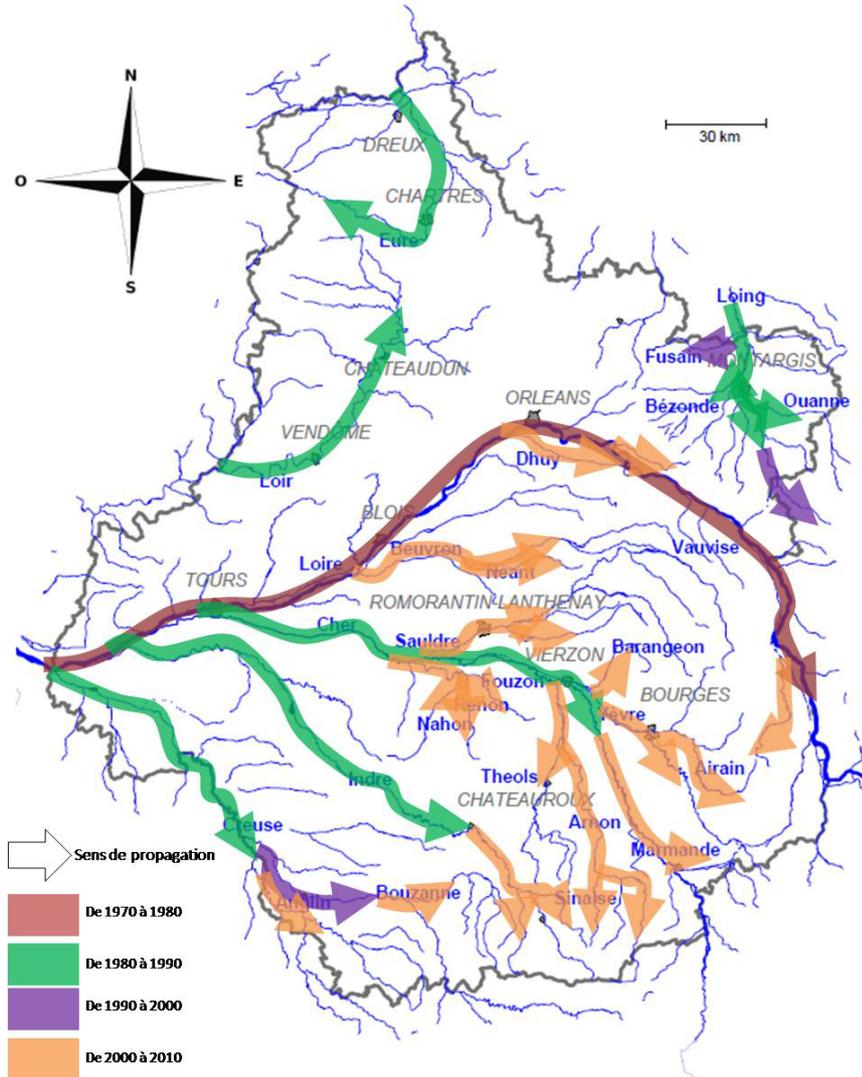
**Figure 3**

Bilan des prélèvements réalisés en 2013 en cours d'eau : stations prospectées et captures d'*O. limosus*.

*Hydrological map of Centre-Val de Loire showing sites sampled in 2013.  
 Green symbols indicate presence *O. limosus*; red symbols indicate absence;  
 sites marked with diamond symbols are those also sampled in 1995.*

**Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)**

du Cher avec une colonisation des petits cours d'eau de tête de bassin tels que la Sinaise. Une forte diversification de l'habitat de l'Écrevisse américaine a ainsi été observée, passant de l'aval des bassins versants c'est-à-dire des cours d'eau larges et profonds et à l'amont des bassins versants avec des très petits cours d'eau, aux habitats très diversifiés, de très bonne qualité avec des eaux peu profondes. Le spectre d'habitats pouvant accueillir *O. limosus* a encore augmenté en 2010 avec son recen-



**Figure 4**

Carte de synthèse sur la propagation d'*O. limosus* en région Centre de 1970 à 2013.

*Hydrological map of the Centre-Val de Loire showing synthesis of the propagation of O. limosus from 1970 to 2013.*

### L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine

sement sur le canal latéral à la Loire. En 2013, l'Écrevisse américaine est ainsi recensée sur l'ensemble des grands bassins versants de la région Centre (Figure 3), devenant l'écrevisse la plus représentée dans cette région.

En quarante ans, *O. limosus* a étendu son aire de répartition à l'ensemble de la région Centre. Les grandes étapes de sa propagation sont résumées en figure 4. Les résultats analysés dans cet article montrent que cette aire de répartition évolue encore à l'heure actuelle et s'étend vers les têtes de bassins versants, zones refuge de l'Écrevisse à pieds blancs. Ils permettent également d'estimer la vitesse d'expansion de l'Écrevisse américaine au sein du réseau hydrographique de la région Centre. Cette vitesse augmente avec la taille du cours d'eau. Elle présente en effet une valeur moyenne de 11 km/an sur la Loire, de 9 km/an sur les grands affluents de la Loire et de 3 km/an sur le reste des cours d'eau colonisés.

### Changements du peuplement de macro-invertébrés benthiques

Les changements du peuplement de macro-invertébrés benthiques ont été analysés grâce à des représentations graphiques sous forme d'histogrammes du nombre de taxons d'une part, et de la variété taxonomique d'autre part des ordres de Plécoptères, Trichoptères, Éphéméroptères, Coléoptères, Diptères, Odonates, de la classe des Crustacés et de l'embranchement des Mollusques.

Concernant l'ordre des Plécoptères, aucune tendance claire n'a pu être dégagée pour les deux stations présentant les largeurs plein bord les plus importantes, l'Arnon et la Sinaise : le nombre de Plécoptères est resté stable. Sur les stations de la Joyeuse et de la Rère en revanche, une même tendance à la baisse a été observée, respectivement deux et trois ans après le premier recensement d'*O. limosus*. Une nouvelle augmentation de l'effectif a ensuite été observée en 2012 et en 2009 respectivement. Aucune tendance claire n'a été observée concernant la variété taxonomique des Plécoptères quelle que soit la station étudiée, celle-ci restant relativement stable à l'exception du cas de la Joyeuse où la variété taxonomique a été divisée par deux en quatre ans.

Concernant les Éphéméroptères, les Odonates et les Diptères, une même tendance à la baisse a été observée. Dès le premier recensement de l'Écrevisse américaine, le nombre d'individus capturés a baissé significativement pour ces trois ordres. Ceci a été observé pour toutes les stations analysées, à deux exceptions près. D'une part, aucune tendance claire n'a pu être dégagée pour l'Arnon, les effectifs montrant une relative stabilité. L'Arnon se distingue des autres stations de par la largeur de son lit : il présente la largeur plein bord la plus importante. D'autre part, sur la Rère, le nombre d'Odonates a fortement augmenté à partir de 2011 : l'effectif a triplé cette année là et est resté stable en 2012 et 2013. En ce qui concerne la variété taxonomique de ces ordres, aucune tendance claire n'a été observée, et ceci quelle que soit la station analysée.

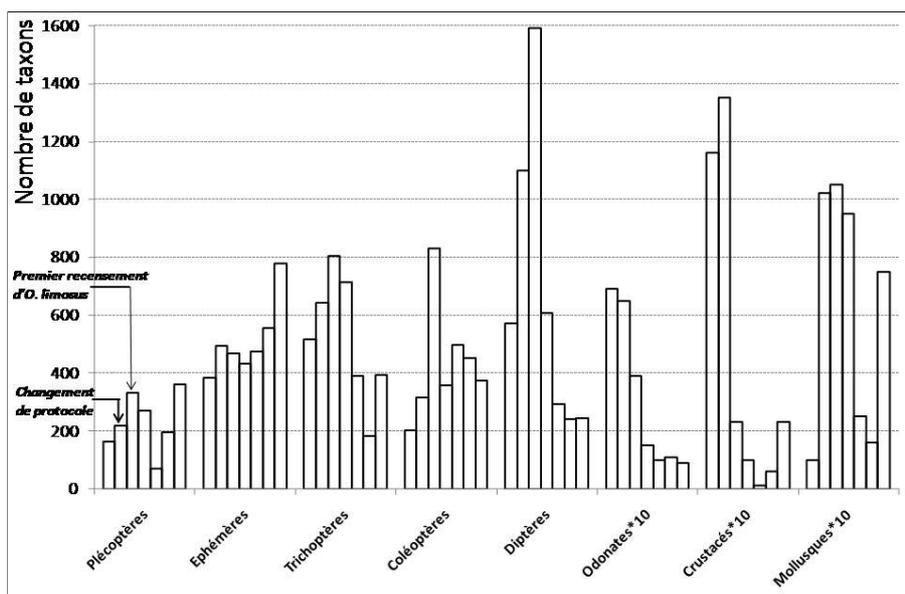
Une baisse continue de l'effectif des Trichoptères a été observée parallèlement aux premiers recensements de l'Écrevisse américaine suivie d'une augmenta-

### Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)

tion du nombre de taxons, à l'exception de la Sinaise où l'effectif a présenté une baisse continue. La variété taxonomique n'a en revanche montré aucune tendance claire.

Aucune tendance n'a pas pu être dégagée pour les Coléoptères, leur effectif et leur variété taxonomique montrant une relative stabilité, à l'exception de la Rère où l'effectif a chuté parallèlement aux premières captures d' *O. limosus* puis a présenté une augmentation à partir de 2009. De la même façon, la variété taxonomique n'a montré aucune tendance claire.

Concernant les Crustacés et les Mollusques, une même tendance a été dégagée pour toutes les stations, à savoir une baisse de l'effectif parallèlement aux premiers recensements de l'Écrevisse américaine. Dans le cas de la Joyeuse et de l'Arnon, une augmentation du nombre de Crustacés est observée à partir de 2012. Dans le cas de la Joyeuse et de la Rère, une augmentation du nombre de Mollusques est observée à partir de 2012 et 2009 respectivement. La variété taxonomique n'a en revanche montré aucune tendance claire.



**Figure 5**

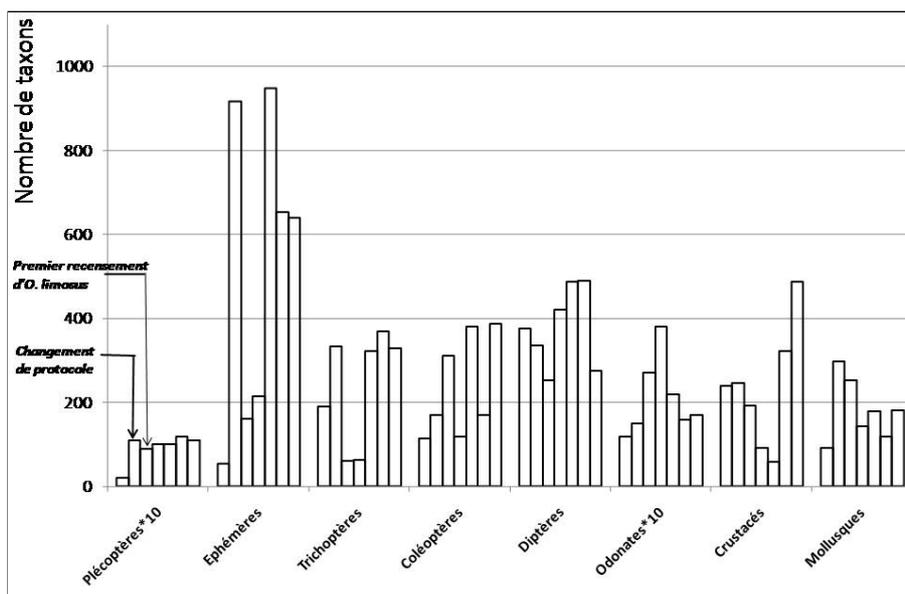
Évolution par année du nombre de taxons de plécoptères, trichoptères, éphéméroptères, coléoptères, diptères, odonates crustacés et des mollusques sur la Joyeuse (18). Les résultats sont présentés pour chaque ordre (classe ou embranchement) sous forme d'histogramme de 2007 (le plus à gauche) à 2013 (le plus à droite). Certains ordres (classe ou embranchement) ont subi une modification d'échelle. Ces modifications sont indiquées sur l'axe horizontal de l'histogramme.

*Changes by year in the abundance of stoneflies, caddisflies, mayflies, beetles, flies, dragonflies and shellfish for the Joyeuse river (Cher department). Results are presented for each taxon as a histogram from 2007 (far left) to 2013 (far right). Odonata, Crustacea and Mollusca are shown at a different scale (x 10), as indicated by '\*10' on the horizontal axis.*

### L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine

Les variations du nombre de taxons des ordres, classes et embranchements de macro-invertébrés benthiques analysés dans cette étude sont représentées par les graphiques des figures 5 à 8. Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a systématiquement fourni une p-value supérieure à 0,05 pour toutes les données étudiées. L'hypothèse nulle ne peut donc être rejetée et il est impossible de conclure à un effet significatif du temps sur le nombre de taxons. Ceci est vraisemblablement lié à l'augmentation des effectifs observés dans la majorité des cas quelques années seulement après le premier recensement d'*O. limosus*.

Les données analysées permettent par ailleurs de noter une influence du changement de protocole de prélèvement des macro-invertébrés benthiques sur le nombre de taxons capturés. Avant 2008, le protocole qui était utilisé était le protocole IBGN ; ce dernier est basé sur le prélèvement de 8 habitats. Depuis 2008, le protocole utilisé est le protocole IBG-DCE ; il est basé sur le prélèvement de 12 habitats et aboutit donc logiquement à la capture d'un plus grand nombre de taxons. Il est intéressant



**Figure 6**

Évolution par année du nombre de taxons de plécoptères, trichoptères, éphéméroptères, coléoptères, diptères, odonates crustacés et des mollusques sur l'Arnon (18). Les résultats sont présentés pour chaque ordre (classe ou embranchement) sous forme d'histogramme de 2007 (le plus à gauche) à 2013 (le plus à droite). Certains ordres (classe ou embranchement) ont subi une modification d'échelle. Ces modifications sont indiquées sur l'axe horizontal de l'histogramme.

*Changes by year in the abundance of stoneflies, caddisflies, mayflies, beetles, flies, dragonflies and shellfish for the Arnon river (Cher department). Results are presented for each taxon as a histogram from 2007 (far left) to 2013 (far right). Plecoptera and Odonata are shown at a different scale (x 10), as indicated by '\*10' on the horizontal axis.*

## Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)

de noter que lorsque le changement de protocole survient après le premier recensement d'*O. limosus*, une baisse du nombre de taxons est tout de même observée l'année où le protocole de prélèvement a été modifié. Cette baisse est toutefois très vraisemblablement sous-estimée.

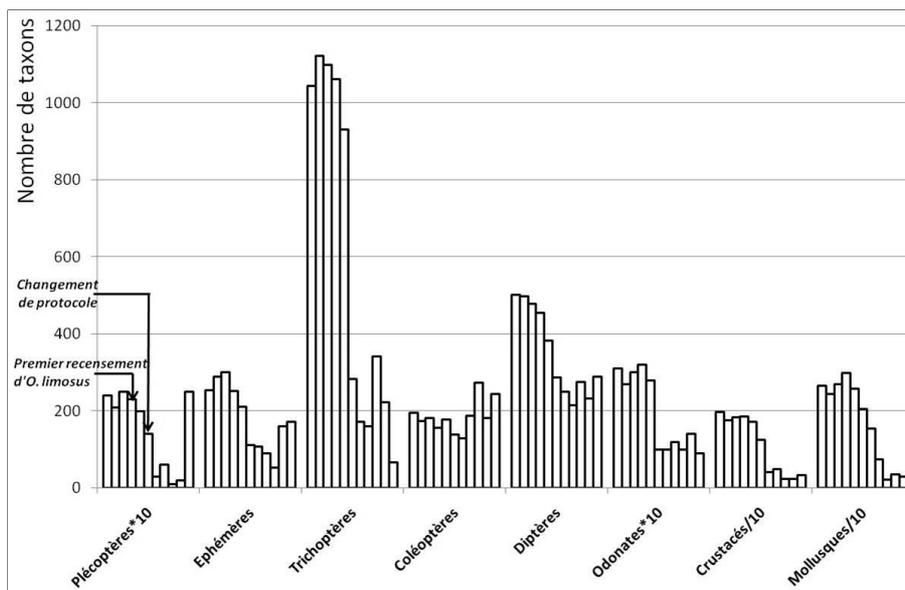
### Discussion et conclusion

#### La Loire comme point de départ de la colonisation en région Centre

La littérature caractérise de manière très simple deux types d'introduction d'une espèce dans un milieu déterminé (HENOCQ, 2009) :

- l'introduction volontaire ;
- l'introduction involontaire.

D'après la bibliographie, *Orconectes limosus* aurait été introduite volontairement en France au début des années 1900, plus particulièrement en 1911 dans un



**Figure 7**

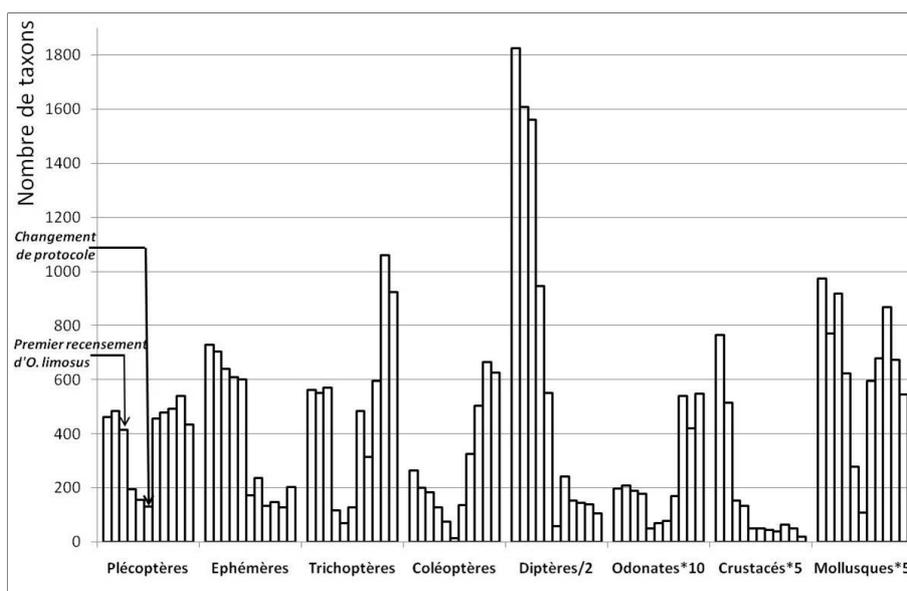
Évolution par année du nombre de taxons de plécoptères, trichoptères, éphéméroptères, coléoptères, diptères, odonates crustacés et des mollusques sur la Sinaise (18). Les résultats sont présentés pour chaque ordre (classe ou embranchement) sous forme d'histogramme de 2003 (le plus à gauche) à 2013 (le plus à droite). Certains ordres (classe ou embranchement) ont subi une modification d'échelle. Ces modifications sont indiquées sur l'axe horizontal de l'histogramme.

*Changes by year in the abundance of stoneflies, caddisflies, mayflies, beetles, flies, dragonflies and shellfish for the Sinaise river (Cher department). Results are presented for each taxon as a histogram from 2003 (far left) to 2013 (far right). Taxa shown to different scales: Plecoptera and Odonata  $\times 10$ , as indicated by '\*10' on the horizontal axis; Crustacea and Mollusca  $\times 0.1$ , as indicated by '/10'.*

### L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine

étang du département du Cher (BOUQUEREL, 2008). Elle aurait ensuite été disséminée dans des étangs environnants de par son utilisation en tant qu'appât par les pêcheurs (LÉGER, 1924). En 1924, Léger note ainsi sa présence dans plusieurs étangs du département. Les résultats de notre étude montrent que l'Écrevisse américaine s'est propagée dans les cours d'eau de la région Centre à partir de la Loire au début des années 1980. Les points d'introduction de l'espèce dans des étangs du Cher ne sont donc pas à l'origine de sa propagation dans les cours d'eau de la région Centre, contrairement à ce qui avait été précédemment supposé dans la littérature (BOUQUEREL, 2008). L'origine de la colonisation des cours d'eau de cette région par *Orconectes limosus* est davantage liée à une introduction involontaire.

Il ressort de la littérature que l'introduction involontaire d'espèces exotiques envahissantes repose sur deux vecteurs principaux : les ports et les canaux (BRANCOTTE & VINCENT, 2002, HENOCQ, 2009). D'une part, les ports constituent un facteur important de dissémination des espèces via l'eau servant de ballast aux navires qui est puisée puis relâchée dans un autre port (BOUDOURESQUE, 2005).



**Figure 8**

Évolution par année du nombre de taxons de plécoptères, trichoptères, éphéméroptères, coléoptères, diptères, odonates crustacés et des mollusques sur la Rère (41). Les résultats sont présentés pour chaque ordre (classe ou embranchement) sous forme d'histogramme de 2003 (le plus à gauche) à 2013 (le plus à droite). Certains ordres (classe ou embranchement) ont subi une modification d'échelle. Ces modifications sont indiquées sur l'axe horizontal de l'histogramme.

Figure 8. Changes by year in the abundance of stoneflies, caddisflies, mayflies, beetles, flies, dragonflies and shellfish for the Rère river (Loire et Cher department). Results are presented for each taxon as a histogram from 2003 (far left) to 2013 (far right). Taxa shown to different scales: Diptera  $\times 0.5$ , as indicated by '/2' on the horizontal axis; Odonata  $\times 10$ , as indicated by '\*10' on the horizontal axis; Crustacea and Mollusca  $\times 5$ , as indicated by '\*5' on the horizontal axis.

**Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)**

L'Écrevisse américaine, qui supporte les conditions de vie en eaux saumâtres, aurait ainsi pu coloniser la Loire depuis son estuaire *via*, par exemple, des bateaux en provenance d'Amérique. Cette hypothèse avait été avancée pour expliquer la colonisation d'une autre espèce invasive, la palourde asiatique, sur l'estuaire de la Dordogne (FONTAN & MENY, 1995). D'autre part, le creusement de canaux a eu pour conséquence la mise en contact de différents milieux et a facilité le transit des espèces (DHUR & MASSARD, 1995). La littérature souligne ainsi l'importance des canaux dans le processus de propagation d'*O. limosus* en France (BOUQUEREL, 2008). Nous pouvons citer à titre d'exemple le cas du bassin Rhin-Meuse où l'espèce est très fréquente, notamment sur le Rhin canalisé, le canal d'Alsace et le Vieux-Rhin (COLLAS *et al.*, 2007). Dans le cas de la région Centre, la Loire est reliée à la Seine *via* de nombreux canaux. Il est ainsi possible que le bassin hydrographique de la Seine ait contribué à l'apport d'individus d'*O. limosus* en Loire. Ces derniers ont en effet pu rejoindre le bassin de la Loire *via* notamment le canal d'Orléans qui relie la Seine à la Loire *via* le Loing, où des individus d'Écrevisse américaine ont été capturés dès le milieu des années 1980.

Il ressort par ailleurs de la littérature que le nombre de stations colonisées par l'Écrevisse américaine serait stable en France (COLLAS *et al.*, 2007). Les résultats de notre étude vont à l'encontre de ce constat. En effet, les prospections annuelles menées en région Centre montrent que la propagation d'*O. limosus* se poursuit vers l'amont des bassins versant où de petits cours d'eau ont été très récemment colonisés. L'aire de répartition de cette espèce ne cesse de s'agrandir et de fait, elle doit être considérée comme une menace importante, tout particulièrement pour les colonies d'Écrevisses à pieds blancs qui ont trouvé refuge en tête des bassins versants. Il est par conséquent primordial de poursuivre le suivi de l'Écrevisse américaine sur le territoire français.

Cette étude a également permis de mettre en évidence une vitesse d'expansion de l'Écrevisse américaine très variable en fonction de la taille du cours d'eau : de 11 km/an pour la Loire à 3 km/an pour les plus petits cours d'eau colonisés. La vitesse d'expansion obtenue sur la Loire est cohérente avec celle d'*O. limosus* sur la partie hongroise du Danube, évaluée à 13 km/an en moyenne (PUKY & SCHAD, 2006). Les auteurs soulignent que cette vitesse de propagation est très rapide au regard des résultats obtenus sur le Rhin : 5 km/an (SCHWENG, 1968). Ils avancent comme hypothèse pour expliquer cette différence une possible intervention humaine, soit *via* des introductions ponctuelles volontaires, soit *via* le transport fluvial le long du Danube. Une publication plus récente a retracé la propagation de l'Écrevisse américaine en Croatie (HUDINA *et al.*, 2009) et leurs résultats sont cohérents avec ceux obtenus au cours de notre étude. HUDINA *et al.* (2009) ont en effet montré que la vitesse d'expansion de l'Écrevisse américaine est plus élevée au sein du Danube qu'au sein d'un cours d'eau plus petit, la Drava. La vitesse moyenne d'expansion sur la Drava est de 2,5 km/an, ce qui est proche de la vitesse d'expansion moyenne d'*O. limosus* sur l'amont des bassins versants de la Loire, à savoir 3 km/an. Cette vitesse d'expansion est également similaire à celle d'une autre écrevisse invasive en cours d'eau, *Pacifastacus leniusculus*, qui a montré une progression de 2,5 km/an au

### L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine

sein d'un cours d'eau du Portugal (BERNARDO *et al.*, 2011). Cette chute importante de la vitesse de colonisation entre grands et petits cours d'eau pourrait être liée à un changement dans le mode d'expansion de l'espèce, avec une baisse de l'intervention humaine au profit d'une migration naturelle des individus. Le processus de migration de l'Écrevisse américaine reposerait sur une colonisation première des milieux aquatiques attenants aux cours d'eau (canaux, étangs, marais, etc) où elle établirait des populations denses. Elle coloniserait dans un second temps le cours d'eau lui-même, où les populations seraient moins denses, et s'en servirait alors comme axe de migration (HUDINA *et al.*, 2009). Notre étude s'est concentrée sur la propagation de l'Écrevisse américaine en milieux lotiques mais, au regard de cette information, il serait pertinent de retracer la propagation de l'espèce en milieux lentiques et de croiser les informations obtenues afin d'évaluer le rôle des milieux lentiques dans la propagation de l'Écrevisse américaine.

De nombreux pêcheurs soulignent la présence de populations d'Écrevisses américaines au sein d'étangs situés en bordure de cours d'eau bien avant que des populations pérennes d'*O. limosus* ne soient recensées au sein de ces cours d'eau. La présence isolée et ponctuelle d'un individu d'*O. limosus* dans un cours d'eau est également régulièrement signalée bien avant que l'établissement d'une population pérenne ne soit avérée. Ces observations peuvent être expliquées par l'hypothèse formulée par HUDINA *et al.* (2009) sur le processus de migration de l'Écrevisse américaine. Afin de confirmer, ou d'infirmer, l'hypothèse avancée par ces auteurs, il serait particulièrement pertinent de collecter et d'analyser les données relatives aux recensements ponctuels d'individus isolés d'*O. limosus*. La présence isolée d'un individu sur une station peut être expliquée par : (i) la localisation de la station sur un axe de migration de l'espèce, où celle-ci n'a pas encore établi de populations pérennes (ii) une introduction humaine, volontaire ou involontaire, de l'Écrevisse américaine, le cas le plus fréquent étant les vidanges d'étangs où une population pérenne d'*O. limosus* est établie. L'analyse d'un tel jeu de données permettrait par conséquent d'évaluer d'une part, le rôle des activités humaines sur la dispersion de l'espèce et, d'autre part, de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de HUDINA *et al.* (2009) sur le processus de migration de l'Écrevisse américaine.

### Impact sur le peuplement des macro-invertébrés benthiques

De nombreux auteurs ont souligné l'influence négative des écrevisses invasives sur la macrofaune benthique (CHARLEBOIS & LAMBERTI, 1996; STENROTH & NYSTRÖM, 2003), soulignant la baisse de la biomasse et de la variété taxonomique des autres macro-invertébrés benthiques suite à l'introduction d'une espèce invasive dans le milieu. Ce fort impact serait non seulement lié à une prédation directe mais également à une concurrence spatiale entraînant une réduction de la capacité de colonisation des différents substrats par les autres macro-invertébrés (CHARLEBOIS & LAMBERTI, 1996). La littérature souligne plus particulièrement la forte prédation exercée par les écrevisses invasives sur les Mollusques, entraînant une baisse significative de la biomasse de ces derniers (LODGE *et al.*, 1994 ; PERRY *et al.*, 1997).

### Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)

Les résultats de notre étude sont cohérents avec la bibliographie : une baisse de tous les taxons étudiés, à l'exception des Coléoptères, a été observée parallèlement aux premiers recensements d'*Orconectes limosus*.

Cette étude met par ailleurs en évidence un phénomène qu'aucun auteur à notre connaissance n'a mentionné jusqu'ici : un retour à l'équilibre des effectifs quelques années seulement après le premier recensement d'*Orconectes limosus*. Les études menées sur l'impact des écrevisses invasives sur la macrofaune benthique ont été pour la plupart réalisées en laboratoire. Elles n'ont donc pas permis de prendre en compte la complexité de l'écosystème, ni de réaliser un suivi sur plusieurs années. L'originalité de notre étude réside sur des observations de terrain, en conditions réelles, durant plusieurs années consécutives ce qui permet de suivre l'évolution de l'impact de l'Écrevisse américaine sur le milieu. Nos résultats montrent que cette influence est rapidement réduite. Une stratégie d'adaptation de la macrofaune benthique face à ce nouveau prédateur se met vraisemblablement en place, notamment au niveau des habitats colonisés. Une étude américaine a évalué l'impact de l'éradication d'une écrevisse invasive (*Orconectes rusticus*) sur la faune du milieu et plus particulièrement sur la macrofaune (HANSEN *et al.*, 2013). Les auteurs avaient supposé une augmentation de la biomasse des macro-invertébrés benthiques suite à l'éradication du décapode. Cependant, ce n'est pas la biomasse totale qui a changé mais la répartition des taxons dans les différents habitats du milieu qui a été bouleversée. Ceci suggère que l'écrevisse invasive influençait davantage la répartition des différents taxons au sein des habitats du milieu que leur biomasse totale. Ceci tendrait à confirmer notre hypothèse selon laquelle la macrofaune benthique peut s'adapter à la présence d'une écrevisse invasive en changeant d'habitat.

Il ressort par ailleurs de nos résultats que l'amplitude des variations du nombre de taxons de macro-invertébrés benthiques est atténuée avec l'augmentation de la largeur plein bord du cours d'eau, suggérant que l'impact de l'arrivée d'*O. limosus* sur la station est d'autant réduit que la largeur plein bord du cours d'eau est importante. Ce résultat n'est pas surprenant étant donné que la capacité tampon d'un cours d'eau augmente avec sa taille. Il est en revanche important de noter que même si l'impact sur un cours d'eau de petite taille telle que la Joyeuse est plus important, il s'atténue très rapidement ; le milieu retrouvant rapidement ses conditions d'équilibre en ce qui concerne le peuplement des macro-invertébrés benthiques. En conclusion, quelle que soit la taille du cours d'eau, l'impact de l'arrivée d'*O. limosus* est très limité sur le peuplement des macro-invertébrés benthiques, ce qui ouvre la question d'une potentielle naturalisation.

### Remerciements

Nous tenons à remercier Chafika Karabaghi, Julie Marcinkowski et Francis Olivereau pour l'aide qu'ils nous ont apportée lors de la rédaction de cet article. Nous remercions également Michel Chovet pour les données qu'il a produites et qui ont été utilisées dans cette étude.

## L'invasion de la France par l'Écrevisse américaine

### RÉFÉRENCES

- AFNOR (1992, modifié en 2004).- Qualité de l'eau – Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN) – NF T-90-350.
- AFNOR (2009).- Qualité de l'eau – Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes.
- AFNOR (2010).- Qualité de l'eau – Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau.
- AGENCE DE L'EAU RHÔNE-MÉDITERRANÉE-CORSE (1997).- Indice Biologique Global Adapté aux grands cours d'eau et aux rivières profondes. Protocole expérimental. 45.
- BERNARDO, J.M., COSTA, A.M., BRUXELAS, S. & TEIXEIRA, A. (2011).- Dispersal and coexistence of two non-native crayfish species (*Pacifastacus leniusculus* and *Procambarus clarkii*) in NE Portugal over a 10-year period. *Knowl. Manag. Aquat. Ec.*, **28**, 401-414.
- BOUDOURESQUE, C. F. (2005).- *Les espèces introduites et invasives en milieu marin*. Deuxième édition. GIS Posidonie Publisher, 152 p.
- BOUQUEREL, J. (2008).- *Les canaux : des milieux privilégiés pour les macroinvertébrés invasifs. Étude de la région Nord-Pas-de-Calais*. Rapport d'études. Agence de l'eau Artois-Picardie et Université des Sciences et technologies de Lille, 1, 82 p.
- BRANCOTTE, V. & VINCENT, T. (2002).- L'invasion du réseau hydrographique français par les mollusques *Corbicula* spp. Modalités de colonisation et rôle prépondérant des canaux de navigation. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365-366, 325-337.
- CHARLEBOIS, P.M. & LAMBERTI, G.A. (1996).- Invading crayfish in a Michigan stream: direct and indirect effects on periphyton and macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, **15** (4), 551-563.
- COLLAS, M., JULIEN, C. & MONNIER, D. (2007).- La situation des écrevisses en France : résultats des enquêtes nationales réalisées entre 1977 et 2006 par le conseil supérieur de la pêche. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, **386**, 1-38.
- DHUR, G. & MASSARD, J. A. (1995).- Étude historique et faunistique des Invertébrés immigrés ou introduits dans la Moselle luxembourgeoise et ses affluents. *Bull. Soc. Nat. Luxemb.*, **96**, 127-156.
- FILIPOVÀ, L., LIEB, D. A., GRANDJEAN, F. & PETRUSEK, A. (2011).- Haplotype variation in the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*: colonization of Europe and genetic diversity of native stocks. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, **30** (4), 871-881.
- FONTAN, B. & MENY, J. (1995).- Note sur l'invasion de *Corbicula fluminea* dans le réseau hydrographique de la région Aquitaine. *Vertigo*, **5**, 31-44.
- HANSEN, G.J., HEIN, C.L., ROTH, B.M., VANDER ZANDEN, M.J., GAETA, J.W., LATZKA, A.W., CARPENTER, S.R. & RAMCHARAN, C. (2013).- Food web consequences of long-term invasive crayfish control. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **70** (7), 1109-1122.
- HENOCQ, M. (2009).- *Espèces invasives : les vecteurs d'introduction et de dissémination*. Les espèces invasives, Parc Phoenix, Nice (France), Mémoires de l'Institut océanographique Paul Ricard, 4 avril 2009, 15-22.
- HENTTONEN, P. & HUNER, J. (1999).- The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. *Crustac. Iss.*, **11**, 13-22.
- HOLDICH, D. M. (2003).- Crayfish in European - an overview of taxonomy, legislation, distribution, and crayfish plague outbreaks. In D.M. Holdich and P.J. Sibley, eds. *Management & Conservation of Crayfish*. Proceedings of a conference held in Nottingham on 7th November 2002. Environmental Agency, Bristol, UK, pp. 15-34.
- HUDINA, S., FALLER, M., LUCIĆ A., KLOBUČAR, G. & MAGUIRE, I. (2009).- Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. *Knowl. Manag. Aquat. Ec.*, **394-395**, #09. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2009023>.

**Bulletin de la Société zoologique de France 140 (1)**

- LAURENT, P. (1997).- Introductions d'écrevisses en France et dans le monde, historique et conséquences. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, **344-345**, 345-356.
- LÉGER, L. (1924).- Une nouvelle écrevisse dans les eaux françaises. *C. R. Acad. Sci.*, **179**, 1205.
- LINDQVIST, O.V. & HUNER, J. (1999).- Life history characteristics of crayfish: What makes some of them good colonizers? *Crustac. Iss.*, **11**, 23-30.
- LODGE, D.M., KERSHNER, M.W., ALOI, J.E. & COVICH, A.P. (1994).- Effects of an omnivorous crayfish (*Orconectes rusticus*) on a freshwater littoral food web. *Ecology*, **75**, 1265-1281.
- PERRY, W.L., LODGE, D.M. & LAMBERTI, G.A. (1997).- Impact of crayfish predation on exotic zebra mussels and native invertebrates in a lake-outlet stream. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **54** (1), 120-125.
- PUKY, M. & SCHÁD, P. (2006).- *Orconectes limosus* colonises new areas fast along the Danube in Hungary. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, **380-381**, 919-926.
- PUKY, M.S. (2009).- Confirmation of the presence of the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) in Slovakia. *N. West. J. Zool.*, **5** (1), 214-217.
- SAVINI, D., OCCHIPINTI-AMBROGI, A., MARCHINI, A., TRICARICO, E., GHERARDI, F., OLENIN, S. & GOLLASCH, S. (2010).- The top 27 animal alien species introduced into Europe for aquaculture and related activities. *J. Appl. Ichthyol.*, **26** (s2), 1-7.
- SCHWENG, E. (1968).- Die Amerikanische Flusskrebs *Orconectes limosus* (Rafinesque) im Rhein. *Mainzer Naturwiss. Arch.*, **7**, 265-274.
- SOUTY-GROSSET, C., HOLDICH, D. M., NOËL, P.Y., REYNOLDS, J. & HAFFNER, P. (2006). *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817), Spiny-cheek crayfish, 100-105. In Atlas of crayfish in Europe. Muséum National d'Histoire naturelle, Paris (Patrimoines naturels, 64). ISBN 2-85365-579-8, 187 p.
- STENROTH, P. & NYSTRÖM, P. (2003).- Exotic crayfish in a brown water stream: effects on juvenile trout, invertebrates and algae. *Freshwater Biol.*, **48** (3), 466-475.
- USSEGLIO-POLATERA, P., WASSON, G. & ARCHAIMBAULT, V. (2009).- *Protocole expérimental d'échantillonnage des "macro-invertébrés" en cours d'eau profond*. Appui scientifique à la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau, Collaboration Université de Metz/Cemagref.
- VERNEAUX, J., FAESSEL, B. & MALESIEUX, G. (1977).- *Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes*. Trav. Cent. Hydrobiol. Univ. Besançon et CTGREF, 14.
- VERNEAUX, J., GALMICHE, P., JANIER, F. & MONNOT, A. (1982).- Une nouvelle méthode pratique de l'évaluation de la qualité des eaux courantes. Un Indice Biologique de qualité générale: l'IBG. *Ann. Sci. Univ. Fr. Comté, Besançon, Biologie Animale*, **4**, 19.
- VIGNEUX, E., KEITH, P. & NOEL, P. (1993). *Orconectes limosus*, 21-23. In *Atlas préliminaire des crustacés décapodes d'eau douce de France*. Muséum National d'Histoire naturelle, Paris (Patrimoines naturels, 14). ISBN 2-86515-081-10, 56 p.
- VOGT, G. (1999).- Diseases of European freshwater crayfish, with particular emphasis on interspecific transmission of pathogens. *Crustac. Iss.*, **11**, 87-106.
- VOJKOVSKA, R., HORKA, I. & DURIS, Z. (2014).- The diet of the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* in the Czech Republic. *Cent. Europ. J. Biol.*, **9** (1), 58-69.
- WESTMAN, K. (2002). Alien crayfish in Europe: negative and positive impacts and interactions with native crayfish, 76-95. In *Invasive aquatic species of Europe: distribution, impacts and management*. Leppäkoski, E.; Gollasch, S.; Olenin, S. (Eds). Kluwer/Kluwer Academic: Dordrecht. ISBN 1-4020-0837-6. IX, 583 p.