

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
RESUME	4
SUMMARY	5
INTRODUCTION	6
1. BIOLOGIE GENERALE DES ECREVISSES	7
1.1. Positionnement taxonomique des Ecrevisses.....	7
1.2. Morphologie générale	9
1.2.1. Anatomie	9
1.2.2. Dimorphisme sexuel.....	10
1.3. Biologie.....	11
1.3.1. Reproduction	11
1.3.1.1. Maturité sexuelle	11
1.3.1.2. Accouplement	11
1.3.1.3. Ponte et fécondation	11
1.3.1.4. Embryogenèse et éclosion	12
1.3.2. Développement.....	12
1.3.2.1. Mue et croissance	12
1.3.2.2Nutrition	13
1.3.3. Pathologies	14
1.3.3.2. La thélohaniose	14
1.3.3.3. Les autres infections fongiques	15
1.3.3.4. Les virus	15
1.3.3.5. Les bactéries.....	15
1.3.3.6. Les protistes.....	15
1.3.3.7. Parasites.....	15
1.3.3.8. Transmission de maladies entre les Etats Unis et l'Europe.....	15

2. BIOLOGIE ET ECOLOGIE D' <i>ORCONECTES LIMOSUS</i>	16
2.1. Taxonomie et morphologie de l'espèce	16
2.1.1. Classification	16
2.1.2. Morphologie.....	17
2.1.3. Critères d'identification	18
2.2. Biologie.....	19
2.2.1. Reproduction	19
2.2.2. Croissance et longévité	19
2.2.3. Comportement	19
2.3. Ecologie.....	20
2.3.1. Biotope	20
2.3.2. Répartition d' <i>Orconectes limosus</i>	20
2.3.3. Relations interspécifiques	21
3. BIOLOGIE ET ECOLOGIE DE <i>PACIFASTACUS LENIUSCULUS</i>	22
3.1. Taxonomie et morphologie de l'espèce	22
3.1.1. Classification	22
3.2.2. Morphologie.....	23
3.2.3. Critères d'identification	23
3.2. Biologie.....	24
3.2.1. Reproduction	24
3.2.2. Croissance.....	24
3.2.3. Comportement	24
3.3. Ecologie.....	25
3.3.1. Biotope	25
3.3.2. Répartition de <i>Pacifastacus leniusculus</i>	25
3.3.3. Relations interspécifiques	26
4. INTRODUCTION ET CONTROLE DE CES ESPECES EN EUROPE.....	27
4.1. Historique de l'Introduction d' <i>Orconectes limosus</i> et de <i>Pacifastacus leniusculus</i> en Europe.....	27
4.1.2. L'Introduction d' <i>Orconectes limosus</i> en Europe.....	27
4.1.1. L'Introduction de <i>Pacifastacus leniusculus</i> en Europe	27
4.2. Objectif des introductions volontaires.....	27
4.3. Qualités de colonisateur d' <i>O. limosus</i> et de <i>P. leniusculus</i>	28
4.3.1. L'amplitude écologique	28
4.3.2. La productivité et comportement.....	28
4.3.3. La peste de l'écrevisse	28
4.4. Effets négatifs de l'introduction.....	28

4.5. Contrôle des populations en Europe	29
4.5.1. La Réglementation	29
4.5.1.1. Italie	29
4.5.1.2. Belgique et Luxembourg	29
4.5.1.3. Suisse	30
4.5.1.4. Allemagne.....	30
4.5.1.5. France	30
4.5.1.6. Conclusions.....	31
4.5.2. L'éradication ou le contrôle des populations	31
4.5.2.1. Les moyens mécaniques	31
4.5.2.2. Les moyens biologiques.....	31
4.5.2.3. Les moyens physiques.....	31
4.5.2.4. Les biocides	32
4.5.2.5. Conclusion.....	32
CONCLUSION	33
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	34

RESUME

Les écrevisses sont des arthropodes crustacés qui ont colonisé tous les continents hormis l'Afrique. Les espèces originaires du continent européen appartiennent à la famille des Astacidae : *Astacus astacus* (écrevisse à pattes rouges) *Austropotamobius pallipes* (écrevisse à pattes blanches), *Astacus leptodactylus* (écrevisses à pattes grêles), européenne mais récemment introduite et *Austropotamobius torrentium* dont la distribution est restreinte à quelques localités.

Suite aux épidémies de peste de l'écrevisse provoquée par l'agent infectieux, *Aphanomyces astaci*, les populations d'écrevisses natives d'Europe furent décimées. Dans le but de restaurer le nombre d'écrevisse qui avait chuté après des épidémies de peste, plusieurs espèces d'écrevisses ont été introduites par des autorités ou des entrepreneurs sans savoir que ces espèces étaient des vecteurs potentiels de la maladie.

Deux espèces ont particulièrement réussi leur acclimatation dans les eaux françaises et européennes: *Orconectes limosus*, l'écrevisse américaine, et *Pacifastacus leniusculus*, l'écrevisse de Californie. Cette réussite est liée aux caractéristiques biologiques et écologiques de ces espèces:

- les biotopes rencontrés leur conviennent parfaitement, d'autant qu'elles sont moins exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'habitat (caches, nourriture) que les espèces autochtones.
- leur cycle de vie (développement, reproduction) est similaire à celui des espèces natives d'Europe, ce qui est principalement lié au fait que leur biotope d'origine se trouve également sous climat tempéré.

Cependant, l'introduction de ces espèces exotiques n'est pas sans conséquences sur les écosystèmes aquatiques. En effet, *O. limosus* et de *P. leniusculus* colonisent de nouveaux milieux et accroissent leur domaine de répartition en Europe, prenant la place des espèces natives grâce à leur avantage dans la compétition interspécifique. Le fait qu'elles soient résistantes à la peste de l'écrevisse et qu'elles en soient en même temps le vecteur constitue le principal facteur les favorisant. De plus, ces deux espèces sont plus productives, plus agressives (surtout *P. leniusculus*), ont une croissance plus rapide et sont moins exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'habitat, ce qui complète leur caractère "invasif".

Différentes stratégies de contrôle des populations d'*O. limosus* et *P. leniusculus* ont été envisagées, les premières étant des réglementations sur l'importation, la conservation et le transport de ces espèces mais des conventions visant à protéger la faune sauvage européenne. Différentes techniques mises à l'essai pour éradiquer ou limiter le développement de populations: des moyens mécaniques (piégeage et pêches électriques), des moyens biologiques (prédation et maladie), des moyens physiques (assèchement du milieu), des moyens chimiques (biocides, insecticides). Aucune de ces méthodes n'a permis d'éradiquer la population d'écrevisses visée et certaines affectent également les populations d'espèces natives. Le meilleur résultat obtenu est une limitation de cette population et les méthodes pour y parvenir les plus acceptables d'un point environnemental seraient alors les moyens mécaniques.

Ainsi, l'éradication d'*O. limosus* et *P. leniusculus* est aujourd'hui inenvisageable compte tenu de leur expansion en Europe. Il semble donc judicieux de les considérer comme des espèces acclimatées faisant aujourd'hui parti de faune européenne, tout en continuant à chercher des méthodes efficaces de contrôle des populations déjà établie et d'empêcher la colonisation de nouveaux milieux.

SUMMARY

The crayfish are crustacean arthropods which colonized all the continents except Africa. The species originating in the European continent belong to the family of Astacidae: *Astacus astacus* (crayfish with red feet) *Austropotamobius pallipes* (crayfish with white feet), *Astacus leptodactylus* (crayfish with legs hails), European but recently introduced *Austropotamobius torrentium* whose distribution is restricted with some localities.

Following the epidemics of plague of crayfish caused by the infectious agent, *Aphanomyces astaci*, the native crayfish populations of Europe were decimated. With an aim of restoring the number of crayfish which had fallen afterwards of the epidemics of plague, several species of crayfish introduced by authorities or contractors without knowing that these species were potential vectors of the disease.

Two species particularly made a success of their acclimatisation in French and European water: ***Orconectes limosus***, the spiny-cheek crayfish, and ***Pacifastacus leniusculus***, signal crayfish. This success is related to the biological and ecological characteristics of these species:

- the biotopes met are appropriate to them perfectly, the more so as they are less demanding with respect to the quality of the habitat (masks, food) than the native species.
- their cycle of life (development, reproduction) is similar with that of the native species of Europe, which is mainly related to the fact that their biotope of origin is also under moderate climate.

However, the introduction of these exotic species is not without consequences on the watery ecosystems. Indeed, *O. limosus* and of *P. leniusculus* colonize new environments and increase their field of distribution in Europe, taking the place of the native species thanks to their advantage in the interspecific competition. The fact that they are resistant to the plague of crayfish and that they are at the same time its vector constitutes the principal factor supporting them. Moreover, these two species are more productive, more aggressive (especially *P. leniusculus*), have a faster growth and are less demanding with respect to the quality of the habitat, which supplements their "invasive" character.

Various strategies of control of the populations of *O. limosus* and *P. leniusculus* were considered, the first being regulation on the importation, the conservation and the transport of these species but of conventions aiming at protecting European wild fauna. Various techniques put at the test to eliminate or to limit the development of populations: mechanics means (trapping and electro-fishing), biological means (predation and disease), physical means (draining of the medium), and chemical means (biocides, insecticides). None of these methods allowed eliminating the crayfish population concerned and some also affect the populations of native species. The best result obtained is a limitation of this population and the most effective and environmentally acceptable methods to reach this result would be the mechanic ones.

Thus, the eradication of *O. limosus* and *P. leniusculus* are today impossible taking into account their expansion in Europe. It thus seems judicious to regard them as acclimatized species making party of European fauna today, very continuously to seek effective methods of control of the populations already established and to prevent the colonization of new environments.

INTRODUCTION

Les écosystèmes d'eau douce continentaux sont l'habitat des communautés d'invertébrés pouvant comporter un cortège d'espèces important. Parmi celles-ci, les écrevisses constituent les invertébrés arthropodes de plus grande la taille en France. Certaines espèces dont la chère est un met apprécié et reconnu font ainsi l'objet d'élevages destinés à la consommation, notamment par les restaurants.

En Europe, sept espèces d'écrevisses sont susceptibles d'être rencontrées dans les milieux lentiques et lotiques:

- quatre espèces natives du continent européen appartenant à la famille des Astacidae : *Astacus astacus* (écrevisse à pattes rouges) *Austropotamobius pallipes* (écrevisse à pattes blanches), *Astacus leptodactylus* (écrevisses à pattes grêles) et *Austropotamobius torrentium*
- trois espèces exotiques originaires du continent américain: *Orconectes limosus* (écrevisse américaine), *Pacifastacus leniusculus* (écrevisse de Californie ou écrevisse signal) et *Procambarus clarkii* (écrevisse de Louisiane).

Les trois espèces américaines ont été introduites volontairement au cours du XIXème et du XXème siècle dans le but principal de repeupler les cours d'eau et plan d'eau, mais aussi dans un but d'élevage pour la consommation. Parmi celles-ci, l'écrevisse signal ***Pacifastacus leniusculus* Dana** et l'écrevisse américaine ***Orconectes limosus* Rafinesque** sont celles qui ont le mieux réussi leur acclimatation dans les eaux européennes et elles tendent aujourd'hui à étendre leur répartition à travers toute l'Europe. L'arrivée de ces espèces dans les eaux européennes n'est cependant pas sans conséquences sur les milieux qu'elles colonisent. Ainsi, de nombreuses études sur leur biologie et leur écologie ont été menées afin de trouver des solutions pour limiter les dégâts qu'elles peuvent directement ou indirectement engendrer.

Cet ouvrage constitue une synthèse des principaux documents faisant référence à ces deux espèces. Après avoir réalisé un rappel des caractéristiques générales des écrevisses, nous présenterons ensuite la biologie et l'écologie d'*Orconectes limosus* puis de *Pacifastacus leniusculus*. Enfin, nous aborderons l'origine de l'introduction de ces espèces américaines et les méthodes déjà employées ou envisagées pour contrôler ou éradiquer leurs populations en Europe.

1. BIOLOGIE GENERALE DES ECREVISSES

1.1. Positionnement taxonomique des Ecrevisses

Les écrevisses sont des crustacés répartis en trois familles : deux de l'Hémisphère Nord, les Astacidae et les Cambaridae (regroupés dans la super-famille des Astacoidae) et une de l'Hémisphère Sud, les Parastacidae.

Il existe deux foyers de diversité chez les écrevisses d'eau douces. Le premier est situé au sud des Etats Unis où 80% des espèces de Cambaridae peuvent être rencontrées. Le second se trouve en Victoria, en Australie, qui abrite la plupart des espèces de Parastacidae. Les écrevisses d'eau douce peuvent ainsi être rencontrées sur tous les continents exceptée l'Afrique (Fig. 1).

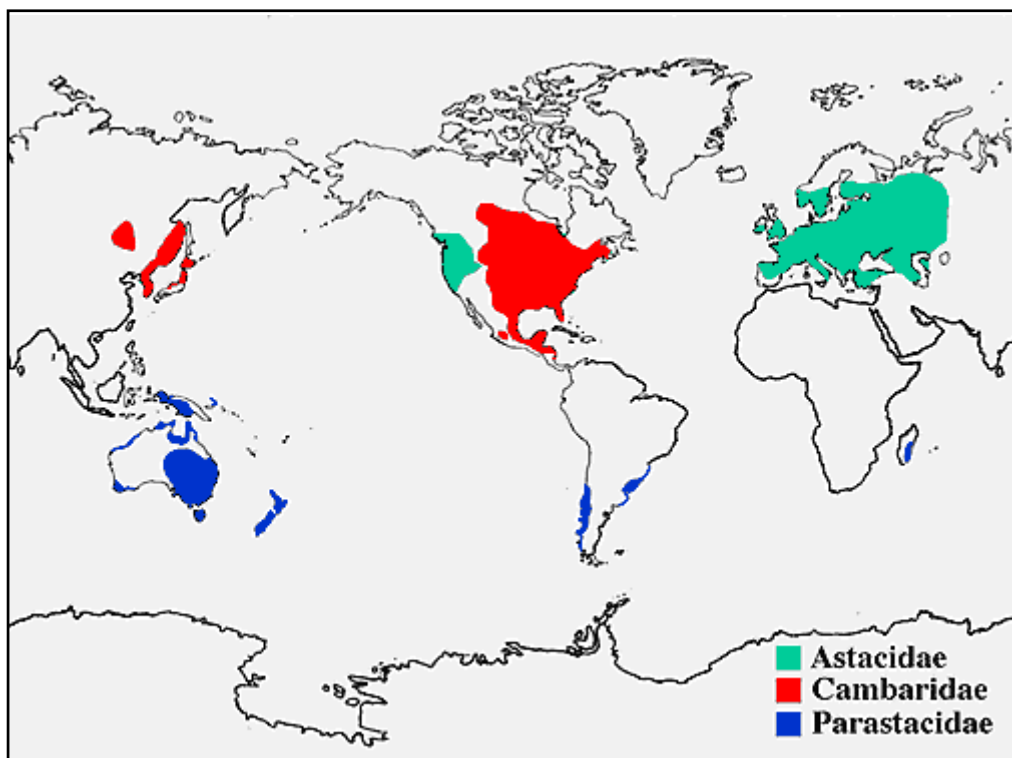


Figure 1. Distribution mondiale des trois familles d'écrevisses

Les relations phylogénétiques entre ces trois familles d'écrevisses d'eau douce et leur lien avec leurs ancêtres ont été le sujet de débats considérables depuis ces cents dernières années.

Deux hypothèses sont avancées. La première, basée sur la distinction de deux foyers, suppose une origine diphylétique les Parastacoidae et les Ascacoidae, qui ont colonisés les eaux douces (Huxley, 1980 in Crandall et al., 2000). D'autre part, Ortmann (1902 in Crandall et al., 2000) soutient l'hypothèse d'une origine monophylétique, récemment confortée par des études sur les caractéristiques de l'ultra structure du sperme ((Jamieson, 1991 in Crandall et al., 2000) et de l'embryon (Scholtz, 1993 in Crandall et al., 2000).

Ainsi, si le positionnement taxonomique des écrevisses est bien défini jusqu'au sous ordre des Macroures (Tableau 1), la classification des Parastacoidae est encore problématique.

Tableau 1 : Positionnement (d'après Williams et al., 1989) et caractéristiques taxonomiques (d'après Tachet, 2000) des écrevisses d'eau douce.

Classification taxonomique		
Règne	Animalia	
Embranchement	Arthropoda	Animaux segmentés pourvus de membres articulés, absence de squelette interne
Sous-Embranchement	Crustacea Brünnich, 1772	Présence d'un céphalon, d'un thorax (périon) et d'un abdomen (pléon). 2 paires d'antennes. 3 paires d'appendices buccaux. Le dernier segment abdominal (telson) porte l'anus
Classe	Malacostraca Latreille, 1802	Le corps comporte 20 somites : 5 céphaliques, 8 thoraciques (périopodes), 6 abdominaux (pléopodes), 1 telson
Sous-classe	Eumalacostraca Grobber, 1892	
Super ordre	Eucarida Calman, 1904	Yeux pédonculés. La carapace thoracique recouvre le céphalon et le périon. Les 3 premières paires de périopodes sont annexées aux pièces buccales.
Ordre	Decapoda Latreille, 1802	Quatrième paire de périopodes modifiée en pinces. La carapace céphalothoracique recouvre la base des périopodes et les branchies situées à leur base.
Sous-ordre	Pleocyemata (Macroures) Burkenroad, 1963	Dernière paire de pléopodes (uropode) forme avec le telson une palette natatoire. (crevettes, écrevisses, homards)

1.2. Morphologie générale

1.2.1. Anatomie

Le corps de l'écrevisse est recouvert d'une carapace chitineuse qui n'est cependant pas calcifiée au niveau des articulations. Il est formé de deux parties : **le céphalothorax** et **l'abdomen** (Fig. 2).

Le céphalothorax se compose d'une carapace d'un seul tenant présentant un sillon vertical (suture verticale) qui permet de distinguer les deux parties qui le compose :

- le céphalon, partie antérieure, correspondant à la tête primaire prolongée d'un rostre à la base duquel se trouvent les excavations où sont disposés les yeux pédonculés.
- Le périon, partie postérieure, sur lequel on distingue deux sutures branchiocardiaques délimitant à l'intérieur l'aire cardiaque où se situe le cœur, et à l'extérieur les branchiotergites qui recouvrent les cavités branchiales.

Le céphalothorax renferme la plupart des viscères de l'animal : l'appareil digestif (œsophage, estomac, intestin,...), le cœur, l'appareil respiratoire (branchies) mais aussi les organes d'excrétion et le système nerveux.

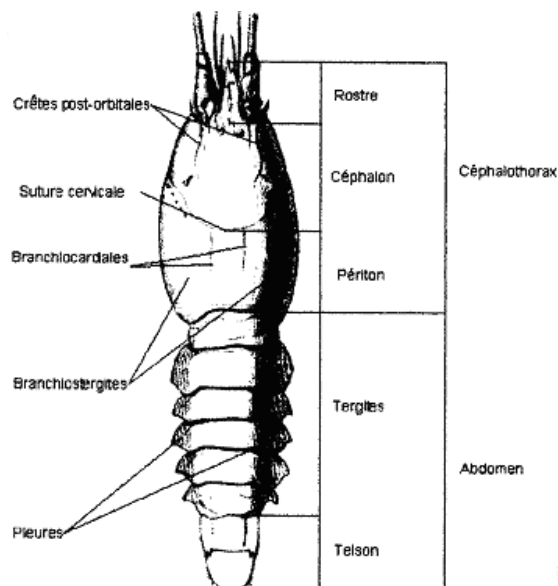


Figure 2 : Segmentation de l'écrevisse *Astacus astacus* (d'après Huxley, 1880)

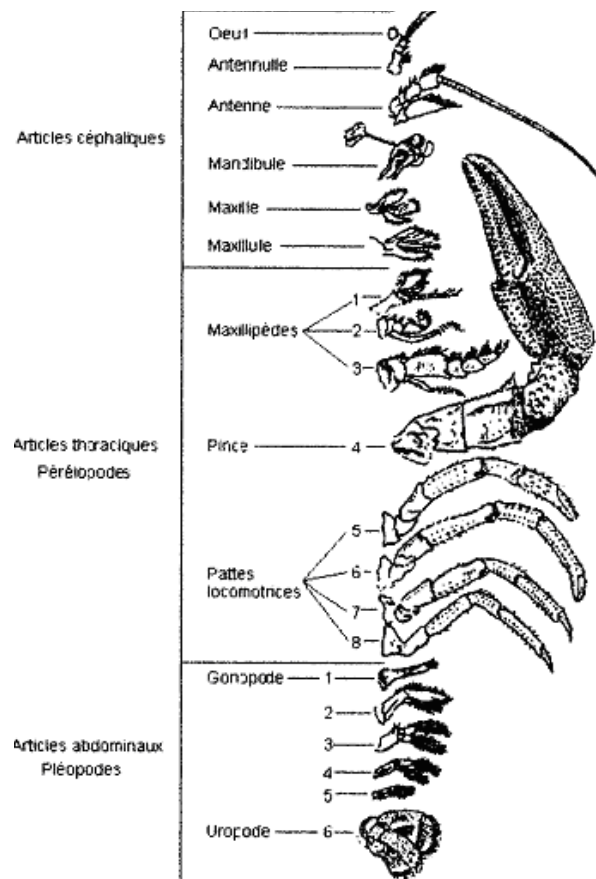


Figure 3 : appendices l'écrevisse (d'après André, 1960)

L'abdomen est constitué de 6 segments articulés (métamères) et se termine par une pièce apicale, le telson. Chaque segment est couvert de quatre plaques sclérifiées : le tergite qui est dorsal, le sternite ventral et deux pleurites latérales.

Sur ces différentes parties sont insérées **20 paires d'appendices** adaptés à diverses fonctions (Fig. 3) :

- la tête porte les antennes et antennules ainsi que les pièces buccales (mandibules, maxilles, maxillules)
- Le thorax possède 8 paires de périopodes, les trois premiers transformés en maxillipèdes et annexés aux pièces buccales, la quatrième constituant les pinces et les quatre dernières étant les pattes locomotrices.
- L'abdomen compte 6 paires de pléopodes. Les deux premières paires diffèrent entre le mâle et la femelle car ces pléopodes servent à la reproduction (cf. 1.2.2). La dernière paire de pléopodes nommés uropodes est insérée sur le telson, avec lequel ils forment la nageoire.

1.2.2. Dimorphisme sexuel

La détermination du sexe chez les écrevisses peut se faire facilement à partir de la transformation des deux première paires de pléopodes (Fig. 4) : ils sont modifiés en longs stylets copulateurs chez le mâle, alors que l'on constate une atrophie de la première paire. Cette différence de la première paire de pléopodes est considérée par tous les auteurs comme le critère le plus fiable.

Par ailleurs, à âge égal, le mâle est généralement plus grand et possède une paire de pinces plus forte que la femelle.

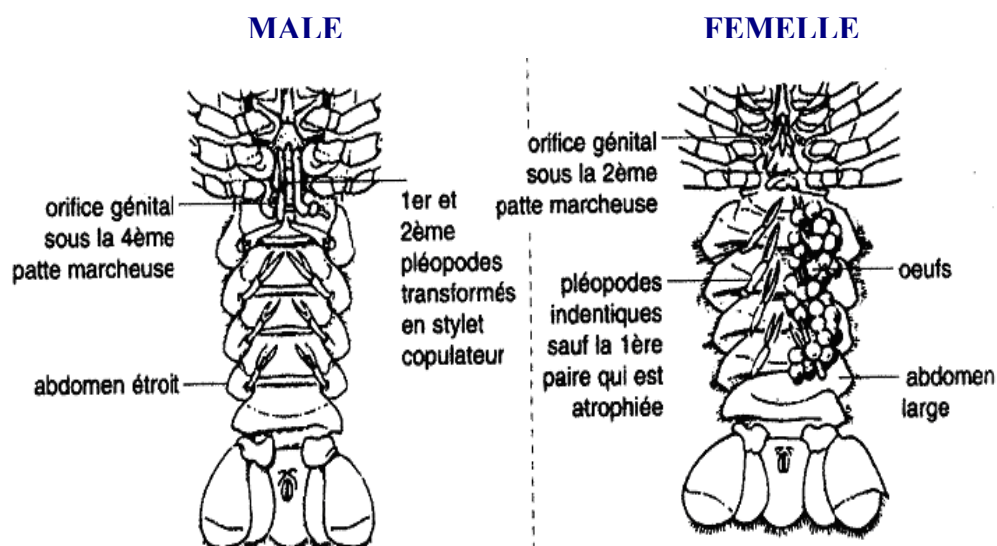


Figure 4 : Dimorphisme sexuel, observation en vue ventrale de l'écrevisse mâle et femelle (Huxley, 1880)

1.3. Biologie

1.3.1. Reproduction

1.3.1.1. Maturité sexuelle

La maturité sexuelle des écrevisses est généralement atteinte lors du 2^{ème} ou du 3^{ème} été. La maturation des produits sexuels est conditionnée par des processus hormonaux complexes (Brown, 1947, Arvy, 1956, Gersch, 1964, in Cukerzis, 1984) ainsi que par des facteurs externes dont le principal est la température de l'eau. Ainsi les étés chauds semblent accélérer les processus de maturation ce qui entraîne des accouplements plus précoces (Cukerzis, 1984).

Les processus d'ovogenèse se déroulent de juin à septembre. La taille et le nombre d'œufs pondus dépend de la taille de la femelle (Cukerzis, 1984, Arrignon, 1996, Laurent, 1997).

1.3.1.2. Accouplement

L'accouplement se déroule généralement à partir de la mi-septembre jusqu'à la mi-octobre pour les espèces autochtones, lorsque la température de l'eau tombe en dessous de 7 ou 8°C. Le mâle renverse la femelle sur le dos en lui tenant les pinces et lui grimpe dessus. Il expulse alors dans le sillons de sa première paire de gonopodes son liquide séminal qui comporte de petits spermatophores cylindriques de 5 à 10 mm de long. Grâce à ses gonopodes, le mâle les dépose ensuite sur l'abdomen de la femelle où ils durcissent et deviennent collant au contact de l'eau, puis il les dispose autour de l'oviducte (entre la 3^{ème} et la 5^{ème} paire de périopodes de la femelle) grâce à sa deuxième paire de gonopodes. Le mâle s'accouple 2 à 3 fois maximum (Cukerzis, 1984).

L'accouplement est brutal et il arrive souvent que les femelles soient mutilées ou tuées lors de cet acte (Huxley, 1980, Arrignon, 1996).

1.3.1.3. Ponte et fécondation

La ponte se déroule de novembre à décembre pour les espèces autochtones, généralement 3 à 4 semaines après l'accouplement. Elle a lieu de nuit et dure 2 à 3 heures durant lesquelles la femelle agite ses pléopodes afin de faire entrer en contact les œufs et les spermatophores qui sous l'action du mélange et de certaines sécrétions libèrent les spermatozoïdes. Les œufs fécondés sont alors collés sur les pléopodes grâce à un mucus. La femelle se trouve alors "grainée" par des œufs suspendus aux pléopodes (Cukerzis, 1984, Arrignon, 1996) et à la carapace (Jarvekülg, 1958 in Cukerzis, 1984) par un pédoncule nommé filament hyalinique. En moyenne la durée d'incubation est de 5 à 8 mois en fonction de la température de l'eau et le développement embryonnaire s'accélère au printemps. Durant cette période, les œufs sont oxygénés et nettoyés par les mouvements continus des pléopodes de la mère. Malgré ces soins et le fait que la femelle cesse quasiment toutes activités, le pourcentage d'œufs dépérissant avant l'éclosion est important (Cukerzis, 1984).

1.3.1.4. Embryogenèse et éclosion

Une fois les œufs fécondés, le développement embryonnaire dure 7 à 8 mois selon la température de l'eau et l'éclosion a lieu entre fin mai et fin juin. L'éclosion donne naissance à une larve de stade I qui reste fixée à la mère par le filament ou par des crochets spéciaux et consomme ses réserves vitellines (Fig. 5). La larve s'émancipe suite à sa première mue (4 à 15 jours après l'éclosion) et commence à rechercher de la nourriture mais reste cependant à proximité de la mère et se cache sous son abdomen en cas de danger. Cette larve de stade II ressemble à l'adulte ; sa carapace est dure mais son telson est garni de poils.

La seconde mue se déroule entre le 18^{ème} et le 20^{ème} jour. La larve de stade II acquiert un mode de vie autonome et doit chercher un abri pour échapper à la prédation.

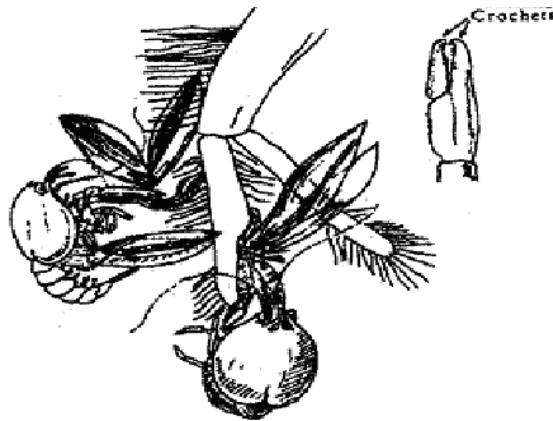


Figure 5 : Larve de stade I fixée à un pléopode

1.3.2. Développement

1.3.2.1. Mue et croissance

La croissance du corps des arthropodes se déroule lors d'une période très brève après le rejet de l'exosquelette (exuviation) et sa duplication. Les mues interviennent durant la saison chaude (Mathieu et Paris, 1997). Quatre périodes composent le cycle de la mue (Cukerzis, 1984, Fig. 6), chacune étant régie par des déterminismes hormonaux complexes (Vigneux, 1990) :

- Le **Proekdysis** : étape débutant une vingtaine de jours avant la mue. L'animal cesse de se nourrir et accumule dans des organites cellulaires le calcium nécessaire à l'élaboration de sa future carapace. Parallèlement sa carapace s'amincit rendant l'animal vulnérable.
- L'**Ekdysis** : phase d'exuviation au cours de laquelle l'animal quitte son ancienne carapace en extirpant son abdomen mou par une fente apparue entre celui-ci et le céphalothorax, puis libère son céphalothorax. Cette opération requière de brusques mouvements de l'animal et s'étale de quelques minutes à plusieurs heures. Il s'agit de l'étape critique de ce cycle.

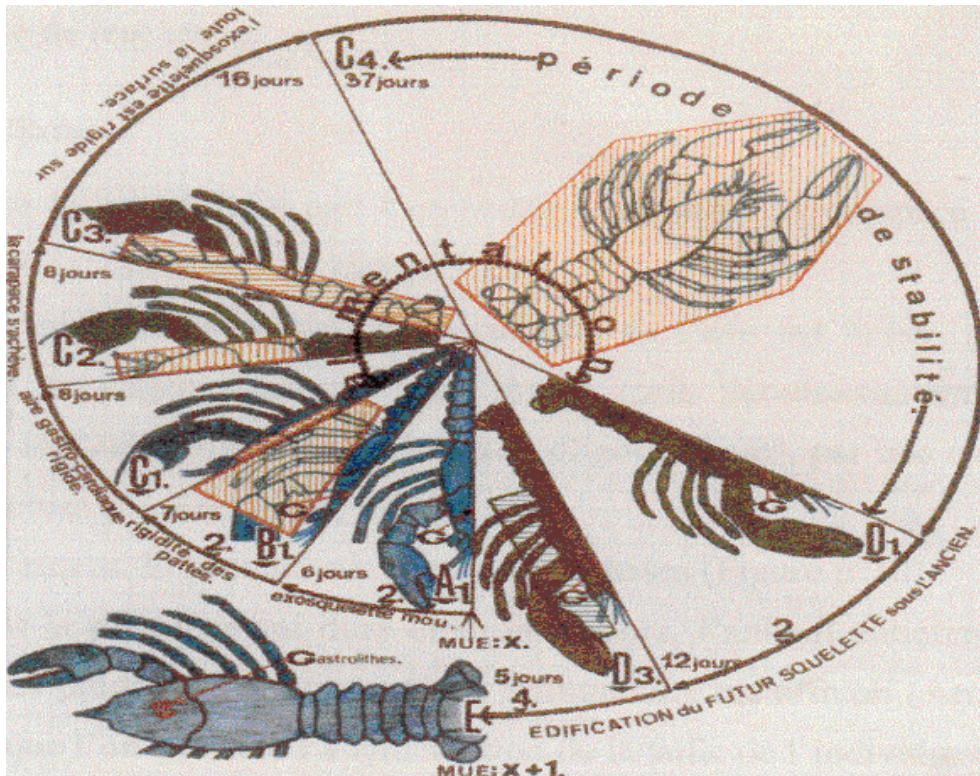


Figure 6 : cycle de croissance des écrevisses

- Le **Postekdysis** : période de reconstitution de la carapace grâce à de rapides dépôts chitineux et de sels minéraux inorganiques. La durée de cette phase est inversement reliée à la concentration calcique de l'eau. Dans des eaux oligotrophes, les échanges sont plus longs mais plus intenses, ce qui se traduit chez les individus par une carapace plus épaisse et plus riche en calcium (Chaisemartin, 1964).
- L'**Intermue**.

La mue se produit à sept reprises la première année, quatre la 2ème année puis une à deux fois par an jusqu'à la fin de la vie de l'animal.

1.3.2.2 Nutrition

L'écrevisse recherche sa nourriture durant la période nocturne, débutant généralement tard le soir jusqu'à tôt le matin lorsque qu'elle regagne son abri. D'après Cukerzis (1984), la qualité et la quantité des aliments consommés dépend de leur disponibilité.

La part végétale de l'alimentation est dominante et atteint 70% du régime de l'animal (Alderman et Wickins, 1996), elle se compose de végétaux aquatiques ou semi-aquatiques. La part animal se compose essentiellement d'invertébrés benthiques et augmente avant et durant les périodes de fortes pertes énergétiques telles que la mue, la reproduction ou l'hibernation.

Les habitudes alimentaires changent selon les espèces mais évoluent également l'âge de l'animal.

1.3.3. Pathologies

1.3.3.1. Infection fongique à *Aphanomyces astaci* ou peste de l'écrevisse

Apparue en Europe en Italie en 1860, on suppose qu'elle serait arrivée à cause d'écrevisses américaines contaminées qui auraient fait le trajet dans les ballasts de bateaux en provenances du Mississippi (Fürst, 1984 in Holdich, 1988, Alderman, 1988 in Laurent, 1997). La maladie a atteint la France en 1876 avant de se propager dans toute l'Europe où elle continue à s'étendre (Fig. 7).

L'agent infectieux, *Aphanomyces astaci* Schikora semble être un parasite lié spécifiquement aux Astacidae (Unestam, 1973 in Vey, 1981).

Toutes les espèces autochtones y sont sensibles ; la maladie est pour elles foudroyante et très contagieuse et l'épidémie s'arrête généralement avec la mort de l'ensemble des individus du site touché par l'infection (Cukerzis, 1984).

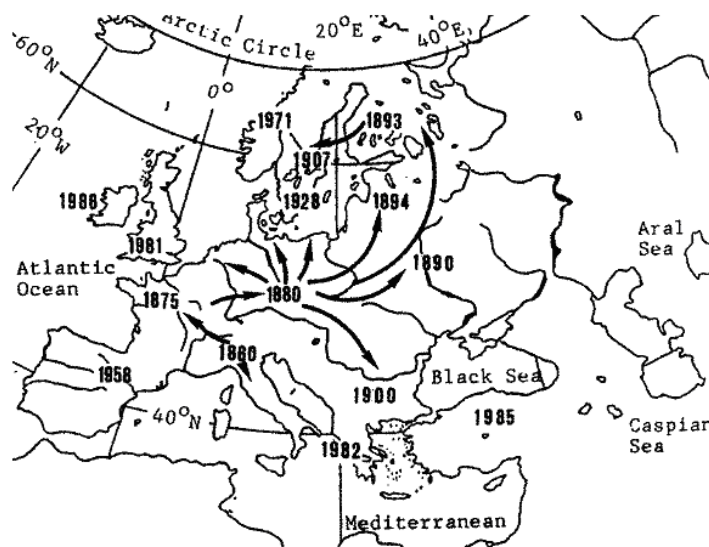


Figure 7 : Propagation de la peste de l'écrevisse en Europe (Holdich, 1989).

Pacifastacus leniusculus et *Orconestecs limosus* sont des porteurs sains de la maladie et en constitue l'un des principaux vecteurs (Gydemo, 1996). Néanmoins, en élevage, sous un fort stress provoqué par une forte densité d'individus, la peste peut causer chez *P. leniusculus* une mélanisation de la cuticule pouvant conduire à la perte d'un membre ou d'un pléopode voire plus rarement la mort de l'individu (Unestam, 1972 in Huner, 1993).

1.3.3.2. La thélohaniose

Le microsporiose à *Thélohan* (protozoaire de la famille des Nosematidae) provoque la « maladie de la porcelaine ». Elle ne semble pas responsable d'épizooties brutales et atteint un taux maximal d'individu de 30% pour une population affectée (Arrignon, 1996, Vey, 1989).

Les symptômes sans un affaiblissement général de l'animal entraînant des mouvements lents et désordonnés. On observe également une coloration blanchâtre de la face ventrale, particulièrement au niveau abdominal (Vey, 1981 et 1989), résultant de la liquéfaction des tissus musculaires en gel rempli de micro sporidies, mais également du cœur, de la masse cérébrale et génitale.

Les écrevisses américaines sont atteintes par *Thelohania camerai* (encore inconnue en Europe) et sont infestées par ingestion de muscles d'animaux contaminés et par cannibalisme (Vey, 1989, Arrignon, 1996).

1.3.3.3. Les autres infections fongiques

La maladie du "burn spot" est causée par le champignon *Ddymaria cambri* et affecte *Orconestecs limosus*. Elle provoque des taches noires cerclées de rouge sur l'exosquelette. Si elle n'est pas létale car n'atteint que la cuticule, elle peut y provoquer des trous qui laisseront le champ libre à d'autres maladies (Vogt, 1999).

Pacifastacus leniusculus peut être atteinte du « rosty spot » qui est une mélanisation mycélienne mais peut aussi être issue d'une infection bactérienne. *P. leniusculus* est également affectée par les champignons du genre *Fusmarium* qui peut décimer 20% des populations (Vogt, 1999).

1.3.3.4. Les virus

Les virus sont un champ de recherche récent concernant les écrevisses (Vogt, 1999). La maladie de la tache blanche qui sévit en Asie et dans le sud de l'Amérique est notamment l'objet d'études (Jiravanichpaisal et al., 2001). Elle affecte la plupart des espèces d'écrevisse en culture et provoque de fort taux de mortalité (Vogt, 1999).

1.3.3.5. Les bactéries

De nombreuses bactéries infectent les écrevisses. Celles des genres *Pseudomonas*, *Aeromonas* et *Vibrio* causent des septicémies en entrant dans l'hémolymph par les blessures. Les bactéries du genre *Citrobacter*, *Enterobacter* et certains *Pseudomonas* atteignent l'hépatopancréas et l'intestin. Notons que l'ensemble de ces bactéries n'affectent généralement que les individus les plus faibles (Vogt, 1999).

1.3.3.6. Les protistes

Parmi les différentes espèces pouvant atteindre les écrevisses, notons que l'espèce *Thelohania contjeani* infeste *O. limosus* (Vogt, 1999).

1.3.3.7. Parasites

De nombreux Plathelminthes, Aschelminthes et Annélides parasitent les différentes espèces d'écrevisses. *Branchiobdella astaci* (un annélide de 1 à 2 mm) est l'un des parasites les plus communs. Il effectue l'intégralité de son développement dans l'écrevisse, attache ses cocons à sa cuticule et aux filaments des branchies chez les adultes et les juvéniles. Cependant la plupart de *Branchiobdella* sont considérées comme des espèces commensales (Vogt, 1999).

1.3.3.8. Transmission de maladies entre les Etats Unis et l'Europe

La principale transmission en provenance du continent américain est la peste de l'écrevisse, portée par *Pacifastacus leniusculus* et *Orconestecs limosus*. Concernant *O. limosus*, il a été constaté une transmission d'espèces du genre *Branchiobdella pentodonta* et *B. parasita* d'*Austropotamobius torrentium* à *O. limosus* dans des populations mixtes de la Steinbach (Hesse, Allemagne).

2. BIOLOGIE ET ECOLOGIE D' *ORCONECTES LIMOSUS*

2.1. Taxonomie et morphologie de l'espèce

2.1.1. Classification

Orconectes limosus est désignée en français sous le nom **d'écrevisse américaine**. Le nom anglais « spiny-cheek crayfish » lui est également donné. Son positionnement taxonomique précis est donné dans le Tableau 2.

Tableau 2: Positionnement (d'après Williams et al., 1989) et caractéristiques taxonomiques (d'après Tachet, 2000) d'*Orconectes limosus*.

Classification taxonomique		
Règne	Animalia	
Embranchement	Arthropoda	Animaux segmentés pourvus de membres articulés, absence de squelette interne
Sous-Embranchement	Crustacea Brünnich, 1772	Présence d'un céphalon, d'un thorax (périon) et d'un abdomen (pléon). 2 paires d'antennes. 3 paires d'appendices buccaux. Le dernier segment abdominal (telson) porte l'anوس
Classe	Malacostraca Latreille, 1802	Le corps comporte 20 somites : 5 céphaliques, 8 thoraciques (périopodes), 6 abdominaux (pléopodes), 1 telson
Sous-classe	Eumalacostraca Grobber, 1892	
Super ordre	Eucarida Calman, 1904	Yeux pédonculés. La carapace thoracique recouvre le céphalon et le périon. Les 3 premières paires de périopodes sont annexées aux pièces buccales.
Ordre	Decapoda Latreille, 1802	Quatrième paire de périopodes modifiée en pinces. La carapace céphalothoracique recouvre la base des périopodes et les branchies situées à leur base.
Sous-ordre	Pleocyemata (Macroures) Burkenroad, 1963	Dernière paire de pléopodes (uropode) forme avec le telson une palette natatoire. (crevettes, écrevisses, homards)
Infra-ordre	Astacidea Latreille, 1802	Pas d'éperon sur l'ischiopodite de la deuxième paire de pattes locomotrice des mâles. Pas d'épine incurvée à la face interne du carpopodite des pinces.
Super-famille	Astacoidea Latreille, 1802	
Famille	Cambaridae Hobbs, 1942	Eperon à la base de la deuxième paire de pattes locomotrices des mâles et présence d'une épine incurvée sur la face interne du carpopodite des pinces.
Genre	Orconectes Cope, 1872	Bords du rostre parallèles, formant une gouttière faiblement marquée
Espèces	Orconectes limosus (Rafinesque, 1817)	Ecrevisse américaine

2.1.2. Morphologie

Cette écrevisse mesure ordinairement 80 à 90 mm et peut atteindre les 140 mm (Legeay, 2000, Skurdal et al, 1999). Les adultes pèsent en moyenne 15 g, certains individus atteignent 40 g (Lindgvist et Huner, 1999), voire exceptionnellement 58 g (Skurdal et al., 1999).



James W. Fetzner Jr.

Figure 8 : Spécimen d'*Orconectes limosus*

On distingue deux formes d'adultes, caractéristiques spécifiques à la sous-famille des Cambarinae et à la sous-famille de Astacinae (Hart, 1953 in Jestin 1979) :

- une forme II : ce sont des mâles dont la première paire de pléopodes n'est pas modifiée en stylets copulateurs et présente la forme juvénile.
- une forme I : ce sont les mâles capables de s'accoupler

Les formes I et II alternent en fonction de la période de reproduction, trois transformations sont possibles :

- de I à II au printemps (mai-juin)
- de II à I de juin à septembre
- de II à II : période variable

Le passage d'une forme à une autre se fait lors des mues, le passage de la forme II à la forme I étant accompagné d'une allométrie positive de la longueur des pinces (Kracht, 1978 in Jestin, 1979).

2.1.3. Critères d'identification

L'identification d'*O. limosus* à partir de critères morphologiques simples est plus facile à réaliser en France qu'aux Etats Unis où l'on compte de nombreuses espèces du genre *Orconectes*. Tout d'abord, l'ischiopode de la première paire des périopodes des mâles porte un éperon (Fig. 9), ce qui constitue la caractéristique de la famille des Cambaridae (2 espèces introduites, *O. limosus* et *Procambarus clarkii*) . Chez l'écrevisse américaine, les bords du rostre sont parallèles et forme une gouttière faiblement marquée. Le céphalothorax présente de nombreuses épines en avant et en arrière du sillon vertical. Le carpopodite des pinces porte une grosse épine (Fig. 10) et

O. limosus porte de plus des taches brunes sur la face dorsale du pléon ce qui la différencie de l'écrevisse à pattes blanches (Legeay, 2000)

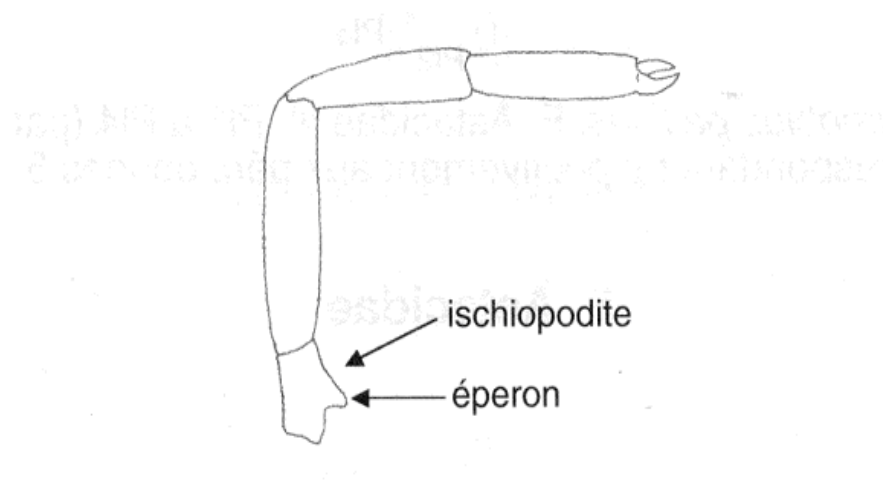


Figure 9 : Caractéristique morphologique des Cambaridae ; périopode 2 du mâle (d'après Tachet, 2000).

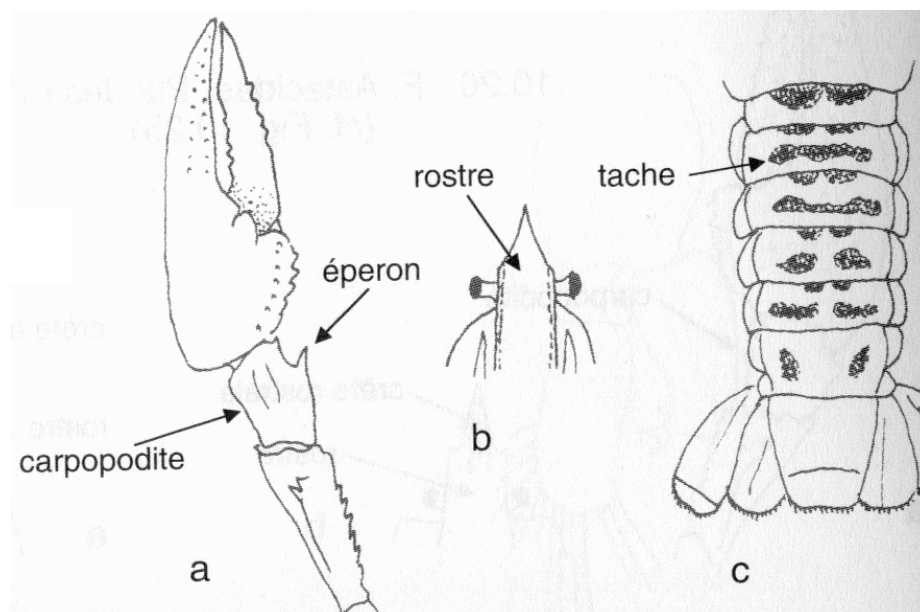


Figure 10 : Caractéristiques morphologiques d'*O. limosus*, a) pince du mâle, b) rostre en vue dorsale, c) pléon en vue dorsale (d'après Tachet, 2000).

2.2. Biologie

2.2.1. Reproduction

La plupart des individus atteignent la maturité sexuelle tôt, généralement à la fin de la seconde année de croissance.

La fécondité de l'espèce est assez élevée puisqu'une femelle de 79 à 90 mm pond entre 315 et 440 œufs (Laurent et Forest, 1979) voire 570 œufs (Skurdal et al, 1999) (contre moins de 200 à *A. astacus*). La taille minimale observée pour une femelle portant des œufs pléopodaux est de 4 à 4,5 cm (Jestin, 1979). A la taille de 10 cm, *O. limosus* peut produire plus de 400 œufs ovariens (Lindqvist et Huner, 1999).

La période d'accouplement démarre plus tôt que chez les espèces indigènes. L'accouplement a lieu durant la fin de l'été et le début du printemps. Notons que plus à l'est de l'Europe, *O. limosus* s'accouple principalement en automne de Septembre à Novembre (Pologne, Chybowski et Juchno, 2002). La possibilité qu'*O. limosus* s'accouple deux fois, une fois en automne et une fois au printemps, est actuellement l'objet de discussion basée sur le changement des caractéristiques histologiques des gonades (Chybowski et Juchno, 2002). Les femelles sont grainées dès le mois de novembre. La femelle se dirige vers des eaux ombragées au début du printemps et produit uniquement une ponte par an durant une période qui s'échelonne d'avril à mai. L'incubation dure 5 à 8 semaines. Les œufs éclosent en mai ou juin pour donner une larve de 4 mm qui atteindra 5 à 6 cm dès l'automne (Vigneux et Keith, 1993).

La larve de stade I reste accroché à la femelle durant 1 à 3 semaines en fonction de la température de l'eau. Elle se détache suite à la seconde mue, les larves fréquentent ensuite le bord des lacs et étangs ou les zones d'eaux calmes des rivières (Skurdal et al. , 1999) .

Le développement comporte deux stades post-embryonnaires attachés, le stade I durant généralement 48 heures, le stade II 6 jours (Jestin, 1979)

2.2.2. Croissance et longévité

La croissance se fait surtout à l'état juvénile, l'adulte grossit très lentement (Skurdal et al., 1999). La durée de vie d'*O. limosus* est d'environ 3 à 4 ans, au maximum jusqu'à 6 ou 7 ans (Pieplow, 1938 in Jestin, 1979).

2.2.3. Comportement

Son activité est surtout diurne et mais aussi nocturne et elle se nourrit principalement de macrophytes et d'invertébrés (Legeay, 2000).

2.3. Ecologie

2.3.1. Biotope

O. limosus est une espèce qui affectionne fonds limoneux et autres substrats à structure fine (Jestin, 1979) des eaux calmes et qui ne creuse pas de terrier (Tachet, 2000). Cette espèce est cependant tolérante à un large degré de conditions extrêmes, surtout les hautes températures et les basses concentrations en oxygène dissous (Lindgvist et Huner, 1999). Ainsi, « les milieux colonisés par *Cambarus affinis* (= *O. limosus*) sont extraordinairement multiformes ; plans d'eau fermés ou ouverts, étangs, rivières, canaux, ruisseaux, elle colonise tout ». Cette description de Pieplow (1938, in Jestin, 1979) évoque une invasion irrésistible et sans limite.

Son élevage et sa dispersion naturelle font d'*O. limosus* l'écrevisse européenne la plus important d'un point de vue naturaliste à la fin des années 30, mais elle n'a cependant pas de réelle signification commerciale en dépit de son abondance (Lindgvist et Huner, 1999).

Dans une étude comparée sur la différenciation des niches de deux espèces, *O. limosus* et *Cambarus bartonii*, Meredith (1967, in Jestin, 1979) caractérise deux dimensions de la niche d'*O. limosus* :

- L'espèce ne peut se maintenir dans les courants forts.
- La température maximale tolérée est de 34 °C.

Pour Kracht (1978, in Justin, 1979), ce sont surtout les besoins thermiques de la fonction de reproduction qui limitent l'expansion de l'espèce vers les territoires méridionaux. Ce qui expliquerait que l'espèce ne vit que sous des climats tempérés (cf. ci-4.2).

2.3.2. Répartition d'*Orconectes limosus*

La répartition originelle d'*O. limosus* se limite au continent Nord Américain, des bassins Atlantiques du Maine jusqu'au bas bassin de la James River en Virginie (Fig.11).



Figure 11: répartition originelle d'*Orconectes limosus*
(d'après Crandall et al., 2000)

Répartition en Europe

C'est l'espèce dominante dans de nombreuses masses d'eau permanentes en France, Allemagne, République Tchèque et Slovaque et en Pologne. On la retrouve également en Suisse, aux Pays Bas, en Belgique, en Espagne, en Italie et en Lituanie et sûrement aussi en Russie et en Ukraine (Lindqvist et Huner, 1999). Elle continue son expansion en Europe.

En France, la propagation des peuplements est suivie à partir d'inventaires nationaux effectués de 1995, 1997 et 1998 (Fig.12). L'enquête de 1995 révèle qu'*O. limosus* a conquis le quasi totalité de la France continentale (89 départements sur 95).

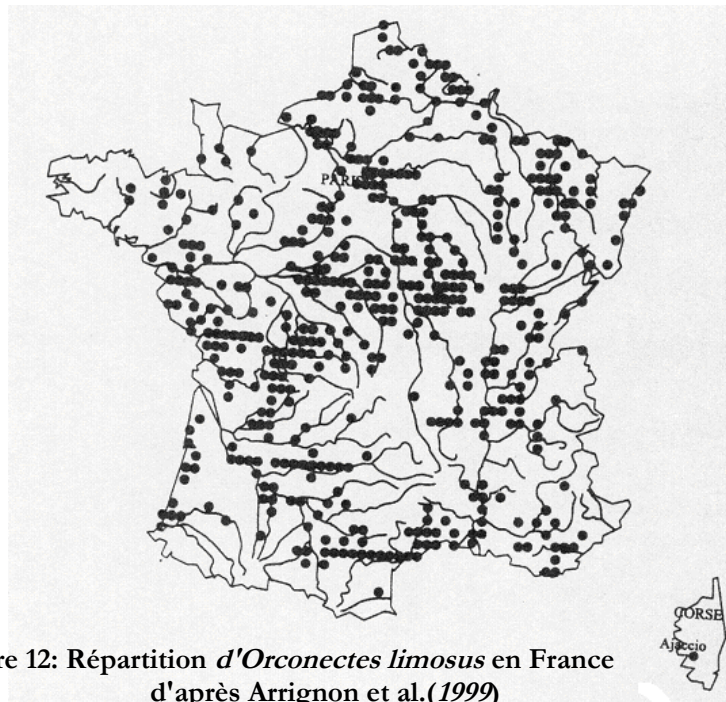


Figure 12: Répartition d'*Orconectes limosus* en France d'après Arrignon et al.(1999)

2.3.3. Relations interspécifiques

De nombreuses études montrent que par sa stratégie démographique de type r (forte fécondité et croissance rapide) et par sa capacité à occuper grande amplitude de niches écologiques, *O. limosus* a un avantage important sur les espèces autochtones dans le développement de ses populations.

Ainsi, mise à part l'épidémie infectieuse de peste de l'écrevisse, les différences de croissance juvénile et de fécondité des femelles entre les écrevisses natives (*A. astacus* et *A. leptodactylus*) et *O. limosus*, étudiées dans 2 lacs des régions de Szczecin et Koszalin (Pologne du nord-ouest) sont proposées comme mécanisme potentiel d'extinction des écrevisses natives. Par exemple, l'étude révèle que les *O. limosus* juvéniles (âgés d'un an) ont un poids ($8,03 \pm 0,12$ g) et une longueur ($64,7 \pm 0,9$ mm) plus élevés que les juvéniles de l'espèce *A. leptodactylus* ($2,11 \pm 0,05$ g et $44,8 \pm 6,9$ mm, respectivement). La corrélation entre le nombre d'œufs et la longueur du corps de la femelle indique que pour une même longueur, le nombre d'œufs est significativement plus élevé pour *O. limosus* que pour *A. leptodactylus* (Schulz R. & Smietana P, 2001).

3. BIOLOGIE ET ECOLOGIE DE *PACIFASTACUS LENIUSCULUS*

3.1. Taxonomie et morphologie de l'espèce

3.1.1. Classification

Le positionnement systématique de l'écrevisse signal *Pacifastacus leniusculus* est donné dans le tableau 3. Plusieurs sous espèces ont été décrites aux Etats Unis :

- *Pacifastacus (Pacifastacus) leniusculus klamathensis* (Stimpson, 1857)
- *Pacifastacus (Pacifastacus) leniusculus leniusculus* (Dana, 1852)
- *Pacifastacus (Pacifastacus) leniusculus trowbridgii* (Stimpson, 1857)

Tableau 3: Positionnement (d'après Williams et al., 1989) et caractéristiques taxonomiques (d'après Tachet, 2000) de *Pacifastacus leniusculus*

Classification taxonomique		
Règne	Animalia	
Embranchement	Arthropoda	Animaux segmentés pourvus de membres articulés, absence de squelette interne
Sous-Embranchement	Crustacea Brünnich, 1772	Présence d'un céphalon, d'un thorax (périon) et d'un abdomen (pléon). 2 paires d'antennes. 3 paires d'appendices buccaux. Le dernier segment abdominal (telson) porte l'anus
Classe	Malacostraca Latreille, 1802	Le corps comporte 20 somites : 5 céphaliques, 8 thoraciques (périopodes), 6 abdominales (pléopodes), 1 telson
Sous-classe	Eumalacostraca Grobber, 1892	
Super ordre	Eucarida Calman, 1904	Yeux pédonculés. La carapace thoracique recouvre le céphalon et le périon. Les 3 premières paires de périopodes sont annexées aux pièces buccales.
Ordre	Decapoda Latreille, 1802	Quatrième paire de périopodes modifiée en pinces. La carapace céphalothoracique recouvre la base des périopodes et les branchies situées à leur base.
Sous-ordre	Pleocyemata Burkenroad, 1963	Dernière paire de pléopodes (uropode) forme avec le telson une palette natatoire. (crevettes, écrevisse, homards)
Infra-ordre	Astacidea Latreille, 1802	Pas d'éperon sur l'ischiopodite de la deuxième paire de pattes locomotrice des mâles. Pas d'épine incurvée à la face interne du carpopodite des pinces.
Super-famille	Astacoidea Latreille, 1802	
Famille	Astacidae Latreille, 1802	Pas d'éperon à la base de la deuxième paire de pattes locomotrices des mâles et absence d'épine incurvée sur la face interne du carpopodite des pinces.
Genre	Pacifastacus Bott, 1950	Rostre à bords lisses comportant une crête
Espèces	Pacifastacus leniusculus (Dana, 1852)	Ecrevisse de Californie ou écrevisse signal

3.2.2. Morphologie

Pacifastacus leniusculus (Fig.13) est de taille comparable à celle des plus grandes écrevisses autochtones françaises comme *Astacus astacus*. Des tailles importantes peuvent être atteinte dans son habitat naturel (300 mm), mais en Europe, sa taille moyenne se situe entre 11 et 14 cm (Legeay, 2000, Krzywosz T. & Krzywosz W., 2002) mais peut dépasser 16 cm (Krzywosz T. & Krzywosz W., 2002).



James W. Fetzer Jr.

Figure 13 : Spécimen de *Pacifastacus leniusculus leniusculus*

Son poids peut atteindre 100 g dans des conditions optimales de milieu naturel (Lundqvist et Hunner, 1999), 160 à 220 g en élevage en fonction de la densité d'individus (Huner, 1993).

3.2.3. Critères d'identification

P. leniusculus présente un céphalothorax sans épines de part et d'autre du sillon vertical et le rostre à bords lisses comporte une crête médiane lisse. Une tache bleue vert à la base du dactylopodite des pinces permet de reconnaître l'écrevisse de Californie des autres espèces d'écrevisses (Fig. 14, Tachet, 2000).

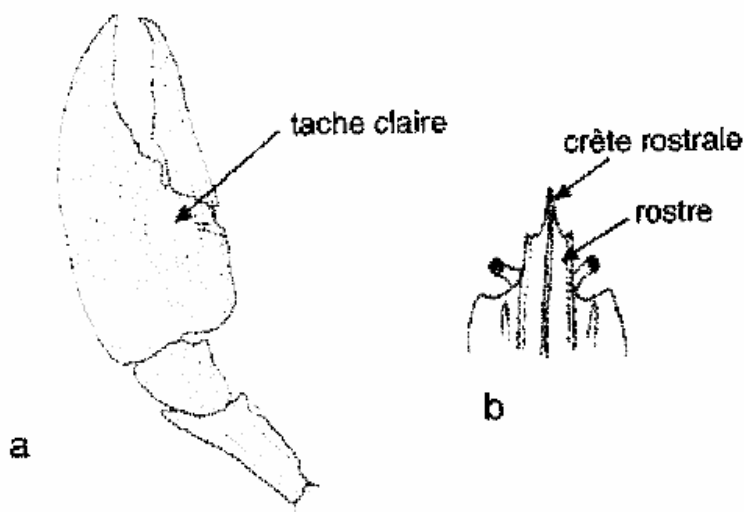


Figure 14 : Caractéristiques morphologiques d'*P. leniusculus*, a) pince du mâle, b) rostre en vue dorsale, (d'après Tachet, 2000).

3.2. Biologie

Son cycle de vie étant similaire à celui des écrevisses natives, *P. leniusculus* a pu s'acclimater facilement aux milieux aquatiques européens (Lundqvist et Huner, 1999).

3.2.1. Reproduction

P. leniusculus atteint la maturité sexuelle à 2 ou 3 ans. L'individu mesure alors 6 à 9 cm (Ackefors, 1999, Skurdal et al, 1999). L'accouplement se déroule en automne quand la température de l'eau chute sous 10°C (Ackefors, 1999) à la fin du mois de septembre et au début du mois d'octobre, soit deux mois plus tôt que les espèces natives (Krzywosz T. & Krzywosz W., 2002). Les femelles portent leurs œufs pléopodaux de novembre à juin.

La ponte a lieu durant l'été (Ackefors, 1999). Une femelle de 10 cm produit en moyenne 350 œufs ovariens (Lundqvist et Huner, 1999). Le nombre d'œufs dépend de leur taille et varie généralement de 200 à 400. Le taux de survie de la ponte en élevage est très élevé et atteint 90% (Huner, 1993)

Les œufs éclosent de la larve en mai ou juin (Vigneux et Keith, 1993). Les plus forts taux de mortalité ont lieu entre le 40ème et le 60ème jour (larve de stade II). Plusieurs études menées en Pologne ont montré que le sexe ratio de la progéniture varie de 1:1 (Pologne) à 1:3 (Huner, 1993).

Les taux de reproduction sont beaucoup plus faibles au nord de la Suède et en Finlande, ce qui semble montrer que les températures très basses la rend incapable d'y accomplir une bonne acclimatation (Lundqvist et Huner, 1999).

3.2.2. Croissance

L'adulte mue 1 à 2 fois par ans (Skurdal et al, 1999). La croissance de l'espèce est supérieure à celle des écrevisses autochtones et les individus peuvent atteindre 95 mm à la fin de leur premier été (Arrignon, 1996).

La température annuelle est un facteur important pour la croissance de l'écrevisse. Ainsi, France (1985 in Guan, 1999) observe une augmentation de la croissance moyenne de 12% pour la saison 1980 où les températures étaient plus élevées et la saison de croissance plus longue par rapport à l'année précédente.

3.2.3. Comportement

L'activité de *P. leniusculus* est nocturne et consacrée surtout à la nutrition de l'animal. Les juvéniles consomment principalement du zooplancton, l'adulte des poissons et invertébrés benthique mais surtout de végétaux (algues et macrophytes) à 65 % (Huner, 1993). L'animal peut montrer une très grande agressivité face à l'adversité pour l'appropriation d'un habitat (Huner, 1993).

3.3. Ecologie

3.3.1. Biotope

P. leniusculus affectionne aussi bien les fleuves que les rivières et lacs de plaine et de haute altitude (Legeay, 2000) mais aussi les plans d'eau. Les graviers et galets constituent le substrat de prédilection et les fonds vaseux lui sont plutôt défavorables (Legeay, 2000).

La température idéale se situe vers 13/14 °C pour l'adulte et entre 13 et 16 °C pour les juvéniles. La température létale se situe à 33°C (Rutledge et Pritchard, 1981 in Huner, 1993).

Cependant, *P. leniusculus* est plus résistante à des conditions d'environnement extrêmes que les espèces autochtones. Par exemple, elle tolère mieux la salinité de l'eau que *A. pallipes* et *A. leptodactylus* (Holdich et al., 2002)

3.3.2. Répartition de *Pacifastacus leniusculus*

Répartition originelle

L'écrevisse de Californie est originaire des régions tempérées du nord-ouest des États-Unis et du sud-ouest du Canada (Fig. 15), notamment les états d'Idaho, du Nevada, de Californie, de l'Oregon, de Washington, d'Utah (EU) et de British Columbia (Can.)

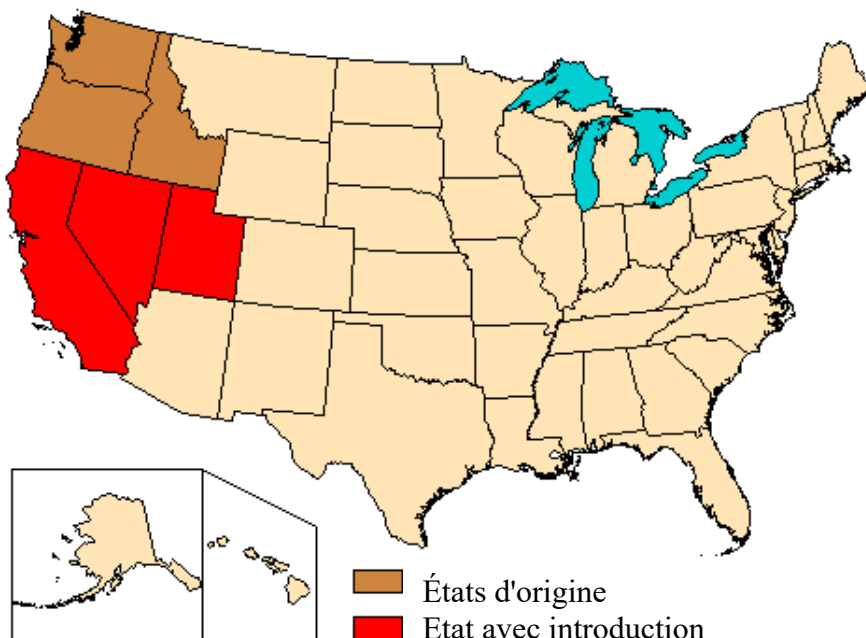


Figure 15: répartition originelle d'*Pacifastacus leniusculus* (d'après Crandall et al., 2000)

Répartition en Europe

L'utilisation de *P. leniusculus* pour l'élevage et la restauration des stocks d'écrevisses suite à la peste lui ont permis d'occuper très vite une large répartition en Europe. Ainsi, elle est devenue une espèce répandue de l'ouest de l'Europe (Portugal, France, Espagne, Angleterre, Pays de Galle, Ecosse) jusqu'en Russie occidentale à l'est. Seule l'Irlande, les Balkans (Grèce exclue) ne semble pas abriter de population. (Lindgvist et Huner, 1999, Holdich, 2002). Elle continue son expansion en Europe.

En France, *P. leniusculus* est très largement répandu dans le Centre, l'Ile de France et les départements voisins du lac Léman. La propagation des peuplements est suivie à partir d'inventaires nationaux effectués de 1997, 1898 et 1995 (Fig.16)

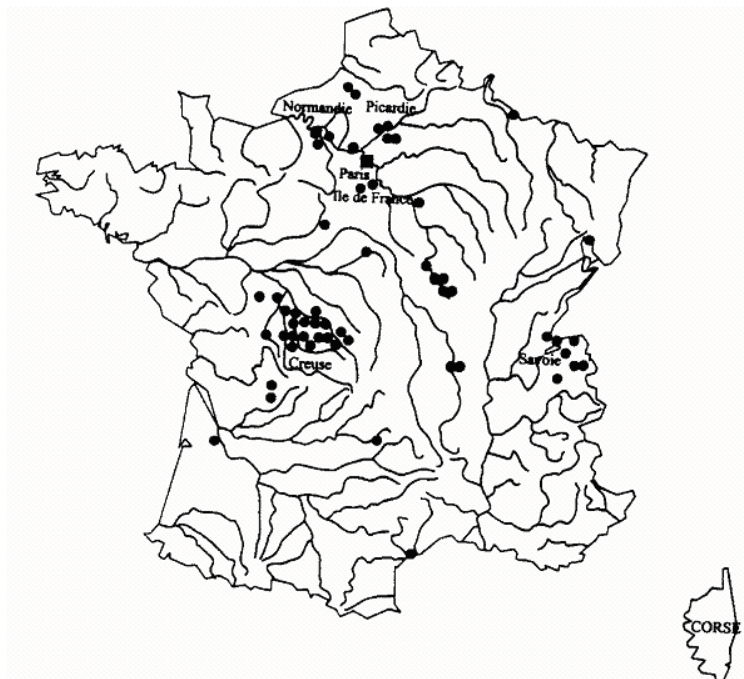


Figure 16: Répartition de *Pacifastacus leniusculus* en France d'après Arrignon et al. (1999)

3.3.3. Relations interspécifiques

Le fait que *A. torrentium* meurt de la peste à la suite d'un contact avec *P. leniusculus* démontre le rôle important que cette maladie peut avoir dans le remplacement des écrevisses européennes par les écrevisses d'Amérique du Nord (Vorburger et Ribí, 1999). Or ceci est le cas de toutes les écrevisses natives.

De plus, à taille égale, *P. leniusculus* est plus agressive et domine *A. astacus*. Dans ses confrontations avec *A. torrentium*, la dominance de l'agressivité est déterminée uniquement par la taille relative des deux protagonistes, mais *P. leniusculus* garde l'avantage dans la compétition interspécifique en étant l'espèce qui croît le plus vite. (Vorburger et Ribí, 1999).

4. INTRODUCTION ET CONTROLE DE CES ESPECES EN EUROPE

4.1. Historique de l'Introduction d'*Orconectes limosus* et de *Pacifastacus leniusculus* en Europe

4.1.2. L'Introduction d'*Orconectes limosus* en Europe

D'après la littérature, la première introduction d'*O. limosus* eu lieu en 1890 en Pologne par Max von dem Borne. Ce dernier importa un lot d'une centaine d'individu en provenance de Pennsylvanie (USA) pour les élever dans un étang du village de Barnowko, au bord de la Mysta, un affluent de l'Oder.

Les essais suivant furent réalisés en France. En 1895, près de Fécamp (Normandie), une tentative d'introduction avec des individus originaires de New York échoua. La tentative suivante, couronnée de succès, fut réalisée sur le Cher, un affluent de la Loire, avec l'introduction d'environ 2000 individus entre 1911 et 1913.

En 1911, une nouvelle introduction fut réalisée dans le Lac Juno (Pologne), puis ensuite de nombreuses importations furent réussies dans les années 90 en Autriche, en Allemagne et en France (Henttonen et Huner, 1999).

4.1.1. L'Introduction de *Pacifastacus leniusculus* en Europe

Les premiers spécimens furent prélevés en 1959 dans une rivière du bassin de Sacramento introduits en 1960.

La seconde introduction fut effectuée en 1967 à l'occasion des Finnish Games et des recherches du Fisheries Institute. (3000 individus). (Henttonen et Hunner, 1999)

En France, elle fut pour la première fois introduite en 1974 dans une pisciculture de Sologne. Les premières introductions dans le milieu naturel datent de 1976 et sont pour la plupart sauvages (Legeay, 2000)

4.2. Objectif des introductions volontaires

O. limosus et *P. leniusculus* ont été introduites par des autorités ou des entrepreneurs plein de bonnes intention pensant restaurer le nombre d'écrevisse qui avait chuté après les épidémies de peste de l'écrevisse (Holdich, 1988), sans savoir que ces espèces étaient des vecteurs potentiels de la maladie (Huner, 1999).

O. limosus a rencontré une certaine indifférence par rapport au commerce et à la pêche sportive à cause de sa petite taille par rapport aux espèces natives et son succès de développement dans les eaux polluées ou eutrophes qui lui donne une image négative. Cependant, elle constitue une ressource alimentaire non négligeable dans les endroits rencontrant des problèmes économique comme dans certaines régions de Pologne (Holdich, 1999).

P. leniusculus fut accueillie comme *Procambarus clarkii* de façon enthousiaste par le commerce et par la pêche de loisir : ces deux écrevisses ont des tailles comparables au plus grandes écrevisses natives et son apprécié par les consommateurs.

4.3. Qualités de colonisateur d'*O. limosus* et de *P. leniusculus*

4.3.1. L'amplitude écologique

Les espèces européennes ont besoin d'une grande qualité d'habitat avec beaucoup de caches comme des pierres ou des débris végétaux. A contrario, *O. limosus* et *P. leniusculus* sont tolérantes à un grand degré d'environnement extrêmes. Hobbs (1991), suggère que la disponibilité de l'habitat est la principale ressource limitant le développement des populations d'écrevisses. Les actions anthropiques dégradant la qualité de l'habitat favorise donc également le développement de leurs populations.

4.3.2. La productivité et comportement

O. limosus et *P. leniusculus* sont plus productives que les espèces autochtones qu'elles côtoient, ce qui leur confère un **avantage dans la compétition interspécifique** pour les habitats principalement (Palmer, 1994). Par exemple, à 10 cm, alors qu'*A. astacus* produit 200 œufs ovariens, *O. limosus* en produit plus de 400 et *P. leniusculus* environ 350 (Huner et Lundqvist, 1997).

De plus, à taille égale, *P. leniusculus* est plus agressive et domine *A. astacus*. Dans ses confrontations avec *A. torrentium*, la dominance de l'agressivité est déterminée uniquement par la taille relative des deux protagonistes, mais *P. leniusculus* garde l'avantage dans la compétition interspécifique en étant l'espèce qui croit le plus vite. (Vorburger et Ribí, 1999).

4.3.3. La peste de l'écrevisse

La peste amplifie cet avantage dans la compétition entre les espèces autochtones et allochtones (Holdich, 1988, Alderman et Polglase, 1988), avantage accentué par le fait que *P. leniusculus* soit un porteur sain de la peste, maladie à laquelle les espèces natives sont très sensibles (Palmer, 1994). De même, cette maladie a avantagé *O. limosus* dans la compétition interspécifique avec les écrevisses autochtones.

4.4. Effets négatifs de l'introduction

L'introduction d'écrevisse peut avoir d'autres **effets sur l'écosystème** que ceux produit sur *A. pallipes* et *A. astacus*. Omnivores, elles peuvent causer des changements prononcés de la flore et de la faune aquatique. Ces effets posent problème pour les sites avec une flore et une communauté d'invertébrés de qualité mais aussi pour les populations de poissons. La faune subit la prédation mais aussi indirectement la réduction de ressources végétales (Palmer, 1994). Sur certains secteurs, la taille de la population est si importante qu'elle pose problème aux pêcheurs en mordant à toutes les touches ! (Palmer, 1994)

4.5. Contrôle des populations en Europe

4.5.1. La Réglementation

Le principal texte européen relatif à la conservation, à l'importation et au transport des écrevisses est la Convention de Berne sur la Conservation de la Vie sauvage et les Habitats Naturels en Europe.

Trois espèces d'écrevisses natives (*Astacus astacus*, *Austropotamobius pallipes* et *Austropotamobius torrentium*) sont inscrites à l'annexe III de la convention et doivent donc faire l'objet d'une gestion telle que les populations soient gardées hors de danger (art.2, paragraphe 7). Les mesures à adopter doivent inclure la prohibition temporaire ou localement totale de leur exploitation afin de restaurer des niveaux de populations, et de réglementer la vente et le stock d'animaux.

L'introduction d'espèces non natives est également soumise à une réglementation stricte (art. 2, paragraphe 11 de la convention). Il existe des standards pour le stockage de ces écrevisses dans les fermes, les restaurants, les jardins et les animaleries; le but étant de limiter les risques de transfert de la peste d'une zone infestée vers une zone saine.

Néanmoins, malgré une législation commune, les situations diffèrent entre les différents pays européens en fonction que ceux-ci adoptent ou non une législation plus stricte et du délai d'adoption de cette-ci. Nous aborderons quelques exemples de situations rencontrées dans plusieurs pays européens.

4.5.1.1. Italie

Avant le 23 octobre 1997, la base des réglementations des importations d'espèces étrangères en Italie était la Convention sur le Transport International d'Espèces En Danger de la faune et de la flore sauvages (CITES). Elle fut ratifiée par la loi 874 du 19 décembre 1975, mais avant cette date, les écrevisses ne figuraient pas dans les annexes et de nombreuses importations de *P. leniusculus* furent effectuées avant cette date, principalement pour l'élevage (Gherardi et al., 1999).

4.5.1.2. Belgique et Luxembourg

En Belgique, la pêche de ces deux espèces est autorisée durant toute la période de pêche "poisson" (période qui dépend du cours d'eau) et il n'y a pas de taille légale pour leur capture (Arrignon et al., 1999).

Au Luxembourg, la loi (31/08/1986) interdit la pêche des écrevisses dans le cours d'eau de 1^{ère} catégorie. Pour les eaux privées (2^{ème} catégorie), la période de pêche s'étale du 1^{er} juin au 30 septembre. La taille minimale légale est de 8 cm pour *O. limosus* et de 12 cm pour *P. leniusculus* sauf pour les rivières frontalières de l'Allemagne (respectivement 8 et 10 cm avec une saison de pêche du 15 juin au 1^{er} novembre).

4.5.1.3. Suisse

Les administrations suisses ont mis en place plusieurs moyens afin d'effectuer le contrôle des espèces introduites dont les principaux but sont :

- accroître la connaissance sur leur distribution et leurs relations interspécifiques.
- arrêter l'importation et le transport d'animaux vivants (pour limiter les risques).
- augmenter l'information et la conscience collective des problèmes causés par le transport et la relâche d'animaux.
- augmenter la gestion et l'élevage des espèces natives.

Les enquêtes effectuées montrent que si le contrôle voire l'éradication des populations peut être envisagée pour les petits plans d'eau et les petits ruisseaux, il est limité par certains problèmes techniques et l'éradication se heurte aux difficultés psychologiques du public à accepter la disparition des écrevisses même si elles ne sont pas autochtones (Stucki et al., 1999).

4.5.1.4. Allemagne

La loi sur la conservation de la nature (1993) et celle sur la conservation des espèces (1997) sont les deux principaux textes régissant la gestion et le contrôle des écrevisses en Allemagne. Les deux espèces d'écrevisses autochtones sont classées dans la catégorie "espèces spécialement protégées", ce qui leur confère une attention particulière des autorités.

Néanmoins, chaque Bundesland a sa propre législation. Dans certains länder comme le Baden Württemberg, la capture d'*A. pallipes* est interdite. Une taille minimale et un poids est donné pour la capture d'*A. astacus* dans la plupart de länder tandis que les espèces exotiques ne sont pas protégées et n'ont pas de taille minimale pour la capture (excepté pour *O. limosus* à Berlin)

L'importation de toute espèces d'écrevisses vivantes est interdite depuis 1989 sauf dans le cas où elles sont directement remises au consommateur (par exemple un restaurant). Cependant reste le problème d'une possible contamination des eaux de l'aquarium ou que le consommateur garde vivant l'animal. Cette disposition va à l'encontre des directives européennes, c'est pourquoi le Cours Européenne exige aujourd'hui que l'Etat allemand paye des compensations financières (Dehus et al., 1999).

4.5.1.5. France

En France, dans l'article (8/11/85, N° 85-1189), la législation considère *O. limosus* et *P. leniusculus* comme des espèces causant des troubles biologiques dans la nature et interdit le transport de spécimen vivant.

D'autres mesures réglementaires (Art. R 232-3 du Code Rural, L. 432-10, L. 432-11 du code de l'environnement) vise à supprimer l'introduction dans le milieu, mais ces mesures ne sont efficaces que s'il existe une réelle prise de consciences du caractère nuisible de ces espèces exotiques et donc une sensibilisation du grand public (Changeux, 2002).

Par ailleurs, l'Arrêté interministériel du 23 février 1998 prévoyait des pêches exceptionnelles pour éradiquer les espèces exotiques mais celles-ci n'ont pas permis de réelle diminution des stocks.

4.5.1.6. Conclusions

Les normes adoptées par certains pays (France, Luxembourg, Belgique) sont plus strictes que celles de l'article 11 de la Convention de Berne. Néanmoins, la plupart des mesures législatives adoptées ne peuvent être efficaces que si elles sont accompagnées d'une campagne d'information du public afin que celui-ci prenne conscience de enjeux de préservation et de restauration des populations d'écrevisses natives et du caractère nuisible des espèces exotiques dans l'optique d'atteindre ce but.

Enfin, la création d'un Comité européen d'Astacologie permettrait harmoniser les lois et les modes de gestion en conseillant les gouvernements et les organisations européens (Arrignon et al., 1999) et contribuerait ainsi à un meilleur contrôle de la gestion des stocks.

4.5.2. L'éradication ou le contrôle des populations

4.5.2.1. Les moyens mécaniques

Le piégeage

Il peut être réalisé à l'aide de différents types de filets et de nasses, en utilisant un appât. L'efficacité de ce type de pêche est maximum la nuit, période durant laquelle les écrevisses sont généralement en activité. Cependant, si l'organisation de pêches intensives peut être envisagée pour limiter les populations, ce procédé n'est pas envisageable en vue d'éradiquer totalement une population.

La pêche électrique

Cette technique a été essayée sur un tributaire de la Dee (Pays de Galle) et a contribué à réduire significativement la densité d'individu de *P. leniusculus* mais une éradication totale ne semble pas réalisable. Par ailleurs, cette méthode est coûteuse à mettre en place sur de grande surface et sur la base du long terme afin d'obtenir un réel contrôle des populations.

4.5.2.2. Les moyens biologiques

La prédation par les poissons et les maladies sont les deux principaux modes de contrôle des espèces au sein de l'écosystème. Notons que l'insecticide microbien utilisant *Bacillus thuringiensis* est efficace sur les populations: des cristaux d'endotoxine sont produits durant la sporulation et sont dissolus lors de l'ingestion par l'écrevisse, causant des dommages aux cellules épithéliales, l'arrêt de la nutrition entraînant la mort de l'animal (Holdich et al., 1999).

4.5.2.3. Les moyens physiques

La destruction d'une population peut être réalisée par des techniques lourdes et coûteuses et pas toujours réalisables comme l'assèchement d'un étang ou la déviation d'une rivière. D'autant plus que les écrevisses peuvent vivre longtemps hors de l'eau, ce qui limite l'efficacité de ces méthodes si elle ne sont pas complétées par un ramassage manuel (Holdich et al., 1999).

4.5.2.4. Les biocides

Jusqu'à aujourd'hui, aucun biocide spécifique aux écrevisses n'a été trouvé. L'efficacité de ceux qui ont été testés paraît être très dépendante des conditions de pH et de température du milieu, ainsi que de l'âge (développement) de l'individu (Holdich et al., 1999). Les principaux biocides susceptibles d'être utilisés pour éradiquer les écrevisses sont les suivants :

➤ Certains insecticides organophosphorés et organochlorés sont extrêmement toxiques pour les écrevisses et peuvent servir à l'éradication totale d'une population.

➤ Les pyréthroides (extraits de la fleur de *Crysanthemum ssp*) peuvent potentiellement servir au contrôle des écrevisses. La résilience de l'écosystème est assez rapide de quelques jours à quelques mois. Cependant, ces substances sont toxiques pour les poissons, particulièrement les espèces d'eau froides, les insectes aquatiques et les crustacés (Holdich et al., 1999).

➤ L'ivermectine, bien qu'elle n'est pas fait l'objet de tests sur les écrevisses, peut être employée car est efficace sur tous les crustacés. Elle est utilisée dans les fermes pour tuer les parasites des vaches, des cochons, des chevaux et de l'homme d'où sa présence potentielle dans les eaux.

➤ La rotenone un insecticide biologique dont la molécule est d'origine végétale. Il est préparé par extraction d'un principe actif appelé rotenone, produite par plusieurs de plantes d'origine tropicale agissant par contact et ingestion, paralysant le système nerveux des insectes et animaux invertébrés à sang froid. Il est non toxique pour les animaux à sang chaud mais demeure toxique pour les poissons et les amphibiens.

➤ Les phéromones ne sont pas encore à l'étude mais il serait intéressant d'isoler les phéromones d'accouplement afin d'attirer les écrevisses et de faciliter leur capture. De même, l'utilisation de mâle stérile, technique efficace utilisée pour certains insectes, pourrait être appliquée aux écrevisses tout comme l'emploi d'hormones d'inhibition du développement des produits sexuels.

4.5.2.5. Conclusion

L'éradication manuelle n'est pas réalisable pour une population d'écrevisse établie. La pêche intensive limite juste les populations dans un territoire donné mais avec le risque d'une dispersion ailleurs par déplacement de la population (Arrignon, 1996)

L'utilisation des poisons (rotenone et autres) est strictement interdite dans les eaux courantes. Cependant, en France, il n'est pas interdit de les utiliser dans les plans d'eaux privées sans relations avec le cours d'eau. Néanmoins, toutes les substances chimiques utilisées en agriculture (herbicides, pesticides) affectent plus les espèces natives qu'*O. limosus* et *P. leniusculus*, ce qui laisse à douter sur l'efficacité potentielle de cette méthode pour la favorisation des espèces natives. Les expériences menées par Laurent (1995) et Roqueplo et al. (1995) avec des insecticides organochlorés n'ont pas montré la possibilité d'une éradication totale (Arrignon et al., 1999).

Ainsi, par rapport à leur coût, leur efficacité et la possibilité de les employer dans l'environnement naturel, la pêche électrique et le piégeage sont aujourd'hui les meilleurs moyens à utiliser pour limiter les populations.

CONCLUSION

Les écrevisses sont des animaux facilement capables de s'adapter à de nouveaux milieux et même de changer de territoire si les conditions deviennent inconfortables dans leur environnement (Holdich et al., 1999). Les écrevisses Nord-américaines se sont facilement adaptées aux milieux qu'elles ont rencontrés en Europe et sont devenues par endroits les invertébrés dominants dans les eaux douces (Holdich et al., 1999). Leur acclimatation a été facilitée par le fait que leur cycle biologique soit similaire à celui des espèces natives et que leur biotope d'origine soit comparable à celui qu'elles rencontrent en Europe.

Le principal inconvénient lié à leur installation est la réduction, voire la disparition des populations d'écrevisses autochtones. Leurs caractéristiques biologiques (productivité, croissance, agressivité pour *P. leniusculus*) et écologiques (faibles exigences vis-à-vis de l'habitat), ajoutées au fait qu'elles soient résistantes à la peste de l'écrevisse (qui est foudroyante pour les espèces natives) et qu'elles en soient en même temps le vecteur leur confèrent en effet un avantage certain dans la compétition inter-spécifique. Ce remplacement des espèces natives par les espèces Nord-américaines renforce l'image négative de ces dernières qualifiées, d'espèces invasives.

Avec l'accroissement rapide des aires de répartition des espèces écrevisses en Europe et ailleurs dans le monde, il devient urgent de développer des méthodes de contrôle et, si possible, d'éradication des populations nuisibles. Bien entendu, la meilleure méthode reste d'éviter leur introduction dans de nouveaux milieux. Cependant, dans de nombreuses régions, il est trop tard pour prévenir de ces introductions et dans de tels cas, le prix d'une éradication (i.e., le prix environnemental à payer) sera à comparer aux coûts de la technique utilisée et aux risques qu'il faille plusieurs tentatives pour maîtriser le problème.

Cependant, il faut aussi prendre en considération que ces espèces exotiques sont aujourd'hui en place et acclimatées, avec les avantages économiques et désavantages pathologiques et biologiques. Il semble opportun de mieux considérer ces animaux et, en l'absence de moyen d'éradication totale, organiser un meilleur contrôle de la gestion de leur stock, notamment par la création d'un Comité européen d'Astacologie pour harmoniser les lois et les modes de gestion, notamment en conseillant les gouvernements et les organisations européennes (Arrignon et al., 1999).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ackefors, H. 1999. *The positive effects of established crayfish introductions. colonizers* In: Gherardi F, Holdich DM, eds. *Crayfish in Europe as Alien Species*, p. 23-29. Rotterdam: A.A. Balkema, 1999. Crustacean Issues 11

Alderman D.J. & Polglase J.L. (1988) *Pathogènes, parasites and commensals*. Freshwater Crayfish-Biologie, management and exploitation (eds D. M. Holdich 1 R. S. Lowery), pp. 167-212

Alderman D. J., Wickins J. F. 1996, *Crayfish culture*, Laboratory Laeflet n°75, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research, 22 p.

André, M. . 1960. *Les écrevisses françaises*. Paul Lechevalier ed, Paris V^e, 89 pages.

Arrignon, J. . 1996. *L'écrevisse et son élevage- Technique et documentation*. Lavoisier 3^{ème} edition. Paris. 230 pages.

Chaisemartin, C. 1964. Thèse: *Contribution à l'étude de l'économie calcique chez les Astacidae*. Influence du milieu de vie. CNRS. 158 pages.

Chybowski, L., Juchno, D. 2002. *Histological analysis of the annual cycle of gonad development in the male spiny-cheek crayfish Orconectes limosus Raf.* Archives of Polish Fisheries **10**(2) °: 241-253

Crandall, K.A., Fetzner J.W. Jr., Jara C. G., and Buckup L. . 2000. *On the Phylogenetic Positioning of the South American Freshwater Crayfish Genera (Decapoda: Parastacidae)*. Journal of Crustacean Biology. **20**(3): 532-542

Crandall, K. A., Harris D. J., Fetzner J. W. Jr. 2000. *The Monophyletic Origin of Freshwater Crayfish Estimated from Nuclear and Mitochondrial DNA sequences*. Proc. R. Soc. Lond. B (2000) 267, 1679-1686.

Cukerzis, J. M. 1984. *La biologie de l'écrevisse (Astacus astacus L.)*. Traduction ZUZINE, N., INRA publication versailles. 313 pages.

Dehus P, Bohl E, Oidtmann B, Keller M, Lechleiter S, Phillipson S (1999). *Case studies of alien crayfish in Europe. German Conservation Strategies for Native Crayfish Species With Regard to Alien Species*. In: Gherardi F, Holdich DM (eds) *Crayfish in Europe as alien species: How to make the best of a bad situation?* Crustacean Issues 11. Rotterdam, Balkema.149-160.

Guan R.-Z. & Wiles P. 1997(a) *Ecological impact of introduced crayfish on benthic fishes in a British lowland river*. Conservation Biology, 11, 641-417.

Guan R.-Z. & Wiles P.R. 1999 *Growth and reproduction of the introduced crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British lowland river*. Fisheries Research, 42, 245-259.

Gydemo, R. 1996. *Signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, as a vector for *Porospermium heckeli* to noble crayfish, *Astacus astacus**. Aquaculture, 148: 1-9

Henttonen P, Huner JV. *The introduction of alien species of crayfish in Europe: a historical introduction*. In: Gherardi F, Holdich DM, eds. *Crayfish in Europe as Alien Species*. , p. 13-22. Rotterdam: A.A. Balkema, 1999. Crustacean Issues 11.

Hobbs H.H., III .1991. *Adaptation and convergence in North American crayfishes*. Freshwater crayfish n°2 (ed. J. W. Avault Jr), pp. 541-549

Holdich, D.M. 1988. *The dangers of introducing alien animals with particular reference to crayfish*. Departement of zoologie, The University of Nottingham, England, 7 : 15-30

Holdich, D.M. .2002. *Present distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries*. In: Knowledge-based management of European native crayfish. Crayfish special Vol. 4, (eds C. Souty-Grosset & F. Grandjean). Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 367(4), 611-650.

Holdich, D. M., Ackefors, H., Gherardi, F., Rogers, W. D. & Skurdal, J. 1999. *Alien crayfish in Europe: some conclusions*. In: *Crayfish in Europe as alien species - how to make the best of abad situation*, pp. 281-292. (Gherardi, F. & Holdich, D. M. eds). Crustacean Issues 11. Balkema, Rotterdam. ISBN 90 5410 469.

Holdich, D M , Harliolu, M. M., Firkins, I., 2002. *Salinity adaptation of crayfish in British Waters with partical reference to *Austropotamobius pullipes*, *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus**. Departement of Life science, The University of Nottingham, UK.

Huner, J. V. 1993. *Freshwater crayfish aquaculture in North America, Europe and Australia*. Ph ed. The Haworth Press Inc, New York. 312p.

Huxley, T.H. 1880. *The crayfish: An introduction to the study of Zoology*. D. Appleton, New York.

Jestin, J. M. 1979. Croissance et développement de l'écrevisse américaine, *Orconectes limosus* (Rafinesque), dans le lac de Créteil (Val de Marne) (France). Freshwater Crayfish 4: 65-72.

Jiravanichpaisal P., Bangyeekhun E., Söderhäll K., Söderhäll I., 2001; Experimental infection of white spot syndrome virus in freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus*. Diseases of aquatic Organisms, vol. 47:151-157

Krzywosz, T., Krzywosz, W. 2001. *Preliminary observations of an american crayfish *Pacifastacus leniusculus* (DANA) population at a new site in the Mazurian lake district*. Archives of Polish Fisheries 9(2) °: 273-278

Krzywosz, T., Krzywosz, W. 2002. *Observations of the signal crayfish Pacifastacus leniusculus (DANA) in a lake in the eastern Sulaw lake district*. Archives of Polish Fisheries **10**(2) : 255-267

Laurent, P. J. 1997 *Introduction d'écrevisses en France et dans le monde, historique et conséquences*. Bulletin français de pêche et de pisciculture 344/345: 345-356

Laurent, P. J., Forest, J. 1979. Données sur les écrevisses que l'on peut rencontrer en France. La pisciculture française 56: 25-41

Legeay, F. 2000. *Les espèces d'écrevisses allochtones en France: richesse halieutique ou peste écologique?* Mémoire de maîtrise. Bibliothèque IMACOF. Tours

Lindqvist O.V., Huner J. 1999. *Life history characteristics of crayfish: what makes some of them good colonizers* In: Gherardi F, Holdich DM, eds. *Crayfish in Europe as Alien Species*, p. 23-29. Rotterdam: A.A. Balkema, 1999. Crustacean Issues 11

Mathieu, S., Paris, L. 1997. *Les écrevisses du Morvan, écologie, répartition, cause de raréfaction*. Cahiers scientifiques du PNR du Morvan. 68 pages.

Palmer, M. 1994. *Action plan on the conservation of the native freshwater crayfish Austropotamobius pallipes in UK*. Joint Nature Conservation Committee (JNCC Report n°193), 14 p

Skurdal, J., Taugbøl, T., Burba, A. , Edsman, L., Søderback, B., Styrrishave, B., Tuusti, J., & Westman, K. 1999: *Crayfish introductions in the Nordic and Baltic countries*. In: Gherardi F, Holdich DM, eds. *Crayfish in Europe as Alien Species*, p. 23-29. Rotterdam: A.A. Balkema, 1999. Crustacean Issues 11

Schulz, R , Smietana, P., 2001, *Présence d'écrevisses autochtones et introduites en Allemagne du Nord-Est et Pologne du Nord-Ouest* Bull. Fr. Pêche Piscic., 2001, 361 : 629-641

Stucki, T.P. & Staub, E. (1999): *Distribution of crayfish species and legislation concerning crayfish in Switzerland*. In: *Crayfish in Europe as Alien Species*, F.R. Schram (eds). Vol. II of Crustacean Issues, in press

Vey, A. 1981. *Pathologies des Astacidae et qualité de l'eau* in Hoestland, H. *Dynamique des populations et qualité de l'eau*.

Vey, A. 1989. *Fiches techniques "Pathologie des écrevisses"*. Bulletin de astaciculteurs de France 21: 2-8

Vigneux, E. 1990. *Connaissance des populations d'écrevisses en milieu naturel, éléments d'information*. Conseil supérieur de la pêche. Eaux libres n°2: 17-21.

Vigneux, E., Keith, P., Noel, P. 1993. Atlas préliminaire des crustacés décapodes d'eau douce de France. Muséum d'histoire naturelle. Paris. 56 pages.

Vogt G. 1999 .*Diseases of European Freshwater crayfish, with particular emphasis on interspecific transmission of pathogens* In: Gherardi F, Holdich DM, eds. *Crayfish in Europe as Alien Species*, p. 23-29. Rotterdam: A.A. Balkema, 1999. Crustacean Issues 11

Vorburger, C., Bibi, G. 1999. *Agression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe*. Freshwater Biology 42: 111-119

Williams, Austin B., Lawrence G. Abele, D. L. Felder, H. H. Hobbs, Jr., R. B. Manning, et al. 1989. *Common and Scientific Names of Aquatic Invertebrates from the United States and Canada: Decapod Crustaceans*. American Fisheries Society Special Publication 17

TABLE DES FIGURES

- Figure 1. Distribution mondiale des trois familles d'écrevisses
- Figure 2 : Segmentation de l'écrevisse *Astacus astacus* (d'après Huxley, 1880)
- Figure 3 : appendices l'écrevisse (d'après André, 1960)
- Figure 4 : Dimorphisme sexuel, observation en vue ventrale de l'écrevisse mâle et femelle (Huxley, 1880)
- Figure 5 : Larve de stade I fixée à un pléopode
- Figure 6 : cycle de croissance des écrevisses
- Figure 7 : Propagation de la peste de l'écrevisse en Europe (Holdich, 1989).
- Figure 8 : Spécimen d'*Orconectes limosus*
- Figure 9 : Caractéristique morphologique des Cambaridae ; périopode 2 du mâle (d'après Tachet, 2000).
- Figure 10 : Caractéristiques morphologiques d'*O. limosus*, a) pince du mâle, b) rostre en vue dorsale, c) pléon en vue dorsale (d'après Tachet, 2000).
- Figure 11: répartition originelle d'*Orconectes limosus* (d'après Crandall et al., 2000)
- Figure 12: Répartition d'*Orconectes limosus* en France d'après Arrignon et al.(1999)
- Figure 13 : Spécimen de *Pacifastacus leniusculus leniusculus*
- Figure 14 : Caractéristiques morphologiques d'*P. leniusculus*, a) pince du mâle, b) rostre en vue dorsale, (d'après Tachet, 2000).
- Figure 15: répartition originelle d'*Pacifastacus leniusculus* (d'après Crandall et al., 2000)
- Figure 16: Répartition de *Pacifastacus leniusculus* en France d'après Arrignon et al. (1999)

LISTE DE TABLEAUX

- Tableau 1 : Positionnement (d'après Williams et al., 1989) et caractéristiques taxonomiques (d'après Tachet, 2000) des écrevisses d'eau douce
- Tableau 2: Positionnement (d'après Williams et al., 1989) et caractéristiques taxonomiques (d'après Tachet, 2000) d'*Orconectes limosus*
- Tableau 3: Positionnement (d'après Williams et al., 1989) et caractéristiques taxonomiques (d'après Tachet, 2000) de *Pacifastacus leniusculus*

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES ECREVISSES

Orconectes limosus et *Pacifastacus leniusculus*

Biologie, écologie et méthodes de contrôles des
populations en Europe



Par **Anthony PINGRAY**

2004- Rapport de Projet Personnel

D.E.S.S. Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe
Université François Rabelais de Tours