

UN EXEMPLE D'INDICATEUR DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES RIVIERES : LES INSTABILITES DE DEVELOPPEMENT AFFECTANT LE CHIRONOME (DIPTERE)

Hélène ARAMBOUROU, CETE Ile de France, 12 rue Teisserenc de Bort,
78190 Trappes

Courriel : Helene.Arambourou@developpement-durable.gouv.fr

Résumé

Les deux côtés d'un animal à symétrie bilatérale sont identiques s'ils sont produits par le même génome et s'il n'existe pas de variations significatives des facteurs environnementaux au cours de leur développement (Mather, 1953). Par conséquent, une déviation indique une perturbation qui peut être d'origine génétique, environnementale ou bien le produit de l'interaction génotype-environnement (Markov, 1995). Ainsi, l'analyse des instabilités de développement peut permettre de caractériser d'une part un stress environnemental extrinsèque (Bonada et Williams, 2002; Clarke, 1993; Drover et al., 1999), d'autre part, un stress intrinsèque, résultant d'une intense sélection telle que celle se produisant dans les phénomènes de consanguinité (Beardmore, 1960; Levin, 1970; Mather, 1953). Les instabilités de développement se présentent sous la forme de déformations, de phénotypiques et d'asymétries (Servia et al., 2002). Ces altérations morphologiques pourraient avoir des conséquences importantes sur la fécondité, la survie et la reproduction de l'organisme (Bourgeon et al., 2005; Markov, 1995).

L'analyse des instabilités de développement affectant les macro-invertébrés benthiques renseigne de façon précoce, c'est à dire avant la disparition de l'espèce, sur le niveau de stress exercé sur un milieu. Ainsi, l'existence de déformations au niveau du mentum du chironome (insecte, diptère) a largement été associée à la présence de toxiques : métaux lourds (Janssens de Bisthoven et al., 1998; Martinez et al., 2001; Martinez et al., 2003), pesticides (Bird, 1994) ainsi que perturbateurs endocriniens (Watts et al., 2003).

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence une pression anthropique exercée sur une rivière via l'analyse des instabilités de développement affectant la capsule céphalique du chironome. Pour ce faire, les déformations du mentum du chironome ont été étudiées, le long d'un profil amont-aval d'une rivière des Yvelines (78) soumises à différents rejets (eaux pluviales, station d'épuration, déversoir d'orage et rejets agricoles). Les premiers résultats sur la sous-famille des chironominae montrent d'une part, un taux de déformations inférieur à 4 % dans la station de référence, d'autre part, des taux supérieurs à 8 % dans des stations soumises à des rejets d'origine anthropique (rejet de station d'épuration et rejet agricole) ce qui indique une pression toxique défavorable (Warwick, 1988). Toutefois, en raison de la présence d'un mélange complexe de polluants dans le milieu naturel, il est aujourd'hui impossible de déterminer une relation de causalité entre présence d'un toxique particulier et taux de déformations.

Mots-Clés : *instabilités de développement ; chironome ; déformations ; asymétries fluctuantes ; toxiques.*

1. Introduction

Le chironome est un insecte appartenant à la famille des diptères. Il présente un cycle larvaire aquatique qui peut durer de plusieurs jours à plusieurs mois et un cycle adulte aérien de quelques jours. On le rencontre aussi bien dans des environnements pollués que dans des milieux préservés. Au cours de son développement larvaire, il est au contact direct du sédiment et de l'eau interstitielle et par conséquent des polluants qui leur sont associés. Ces polluants peuvent exercer un stress tel qu'ils affectent l'ontogénie de l'animal. Ainsi, la présence d'instabilités de développement au niveau de la capsule céphalique a largement été associée à la présence de polluants organiques (Meregalli et al., 2001; Watts et al., 2003) et minéraux (Martinez et al., 2003; Vermeulen et al., 2000). Ces instabilités se présentent sous la forme d'asymétries (Servia et al., 2004), ou bien encore, dans les cas plus sévères, de déformations (Vermeulen, 1995). L'analyse de ces instabilités de développement constitue, par conséquent, un indicateur précoce, c'est à dire renseignant avant la disparition de l'espèce, d'un stress toxique exercé sur un milieu.

Ce travail a porté sur l'analyse des déformations affectant le mentum de chironomes prélevés *in-situ* (Dickman et Rygiel, 1996; Janssens de Bisthoven et al., 1998) dans une rivière des Yvelines (78) au cours des étés 2009 et 2010. Différentes stations situées le long d'un gradient amont-aval ont été échantillonnées. Les différentes sous-familles de chironomes prélevés ont été déterminées puis, les déformations du mentum des chironomes appartenant à la sous-famille des chironominae ont été observées.

2. Matériel et méthode

2.1 Echantillonnage des stations

Sept stations situées le long d'un profil amont-aval de la rivière Drouette (Yvelines, 78) ont été échantillonnées au cours des mois de juin et juillet 2009 et 2010 (Figure 1). La station de référence se situe au niveau de la source de la rivière, en pleine forêt. Au cours de la campagne 2010, cette station était à sec, aussi, avons-nous échantillonné la source d'une rivière possédant des caractéristiques physico-chimiques similaires : la Guesle. La station suivante se trouve en aval d'un bassin de rejet d'eaux pluviales drainant les eaux issues d'une Zone Industrielle (ZI) ainsi que les eaux de ruissellement d'une route nationale (RN10). Cette station a été échantillonnée uniquement au cours de la campagne 2010. La station lavoir se situe au niveau du seuil du lavoir de la commune d'Orcemont. Elle a été échantillonnée au cours de la campagne 2009. La station suivante, également échantillonnée en 2009, se trouve à l'aval du Déversoir d'Orage (DO) de la Station d'Épuration (STEP) de la commune d'Orcemont d'une capacité de 900 EH, qui reçoit des effluents unitaires. Trente mètres en aval se trouve la station aval STEP qui reçoit les effluents traités de la station d'épuration. Cette station est donc soumise non seulement au rejet de la STEP mais également au rejet du déversoir d'orage. Elle a été échantillonnée au cours des campagnes 2009 et 2010. Trois cents mètres en aval, a été échantillonnée en 2009 la station aval 300m. Enfin, la station Aval fossé située en aval du rejet d'un fossé recevant des drains agricoles, a été échantillonnée en 2010. Le fossé agricole recevant les drains a également été échantillonné au cours de la campagne 2010. Seules les zones vaseuses ont été prélevées. Par conséquent, les prélèvements ne se veulent en aucun cas représentatifs de l'ensemble des habitats de la station. L'objectif est d'échantillonner un même substrat et de comparer les stations entre elles sur ce substrat.

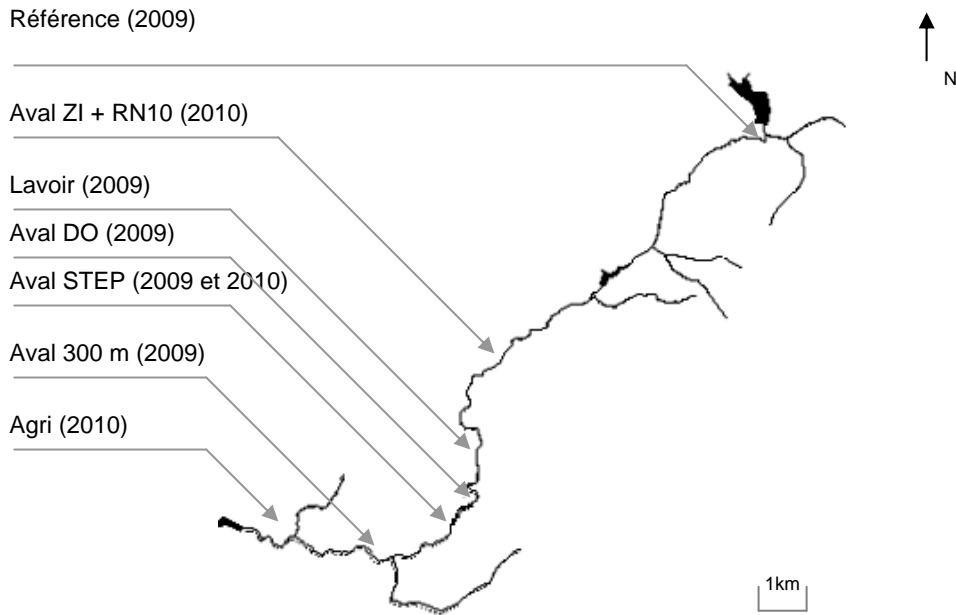


Figure 1 : Localisation des stations échantillonnées et années d'échantillonnage entre parenthèse

Cent chironomes au minimum ont été prélevés par station. Ces prélèvements ont été réalisés à la pelle. Ils ont été tamisés à 500 μm sur le terrain, ceci afin de ne récupérer que le 4^{ème} stade larvaire, dernier stade avant le stade nymphal.

2.2 Analyse des déformations

Les larves, classées par sous-famille, sont mises à tremper successivement dans quatre bains. Le premier, d'une durée de 24 heures, est un bain d'hydroxyde de potassium (KOH) à 10 %. Il permet l'élimination des tissus musculaires tout en conservant les parties sclérosées de l'exosquelette. Les organismes sont ensuite rincés pendant 10 minutes dans un bain d'eau déminéralisée. Ce rinçage est suivi d'un bain de 10 minutes d'acide acétique glacial. Enfin, avant montage, les organismes sont placés dans un dernier bain d'éthanol à 70 %. Les larves sont ensuite décapitées et montées entre lame et lamelle dans un solvant transparent (Eukitt®). Les lames sont observées sous microscope (Nikon E600) avec un grossissement de 400. Les déformations relevées dans ce travail consistent en une dent manquante, un ajout de dent et une fusion de dent (

Figure 2).

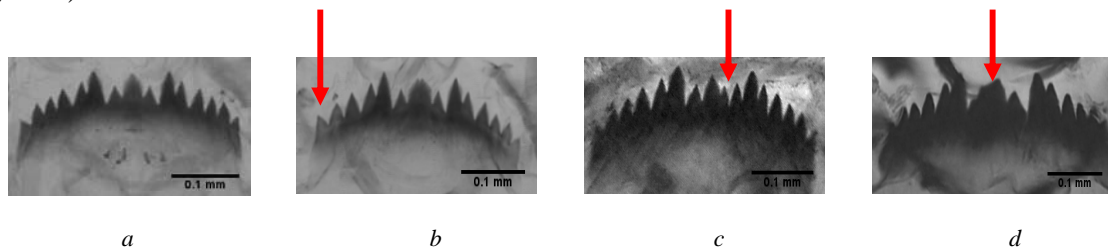


Figure 2 : Mentum normal (a) et mentum déformés (b, c et d)

(Les flèches rouges indiquent les déformations : (b) absence d'une dent, (c) ajout d'une dent et (d) fusion de deux dents)

2.3 Analyse statistique

Le pourcentage de déformations de chaque station a été comparé à celui de la station de référence de la campagne 2010. Cette comparaison a été réalisée grâce à un test statistique unilatéral droit avec un risque α fixé à 5 %.

3. Résultats

3.1 Un assemblage des sous-familles de chironomidae fortement dépendant des caractéristiques physiques et chimiques du milieu

Quatre sous-familles ont été mises en évidence : les prodiamesinae, les chironominae, les tanypodinae et les orthocladinae (Figure 3). L'assemblage de ces sous-familles varie d'une station à une autre. On constate ainsi, une augmentation de la sous-famille des chironominae, caractéristique des milieux riches en matière organique, au détriment de la sous-famille des prodiamesinae, entre l'amont et l'aval du cours d'eau, excepté pour la station aval 300 m pour laquelle on observe un assemblage proche de celui mis en évidence au niveau de la station de référence. Ceci pourrait être lié à la capacité de résilience du milieu qui recouvre un assemblage proche de celui de la source lorsqu'il n'est pas soumis à une pression anthropique.

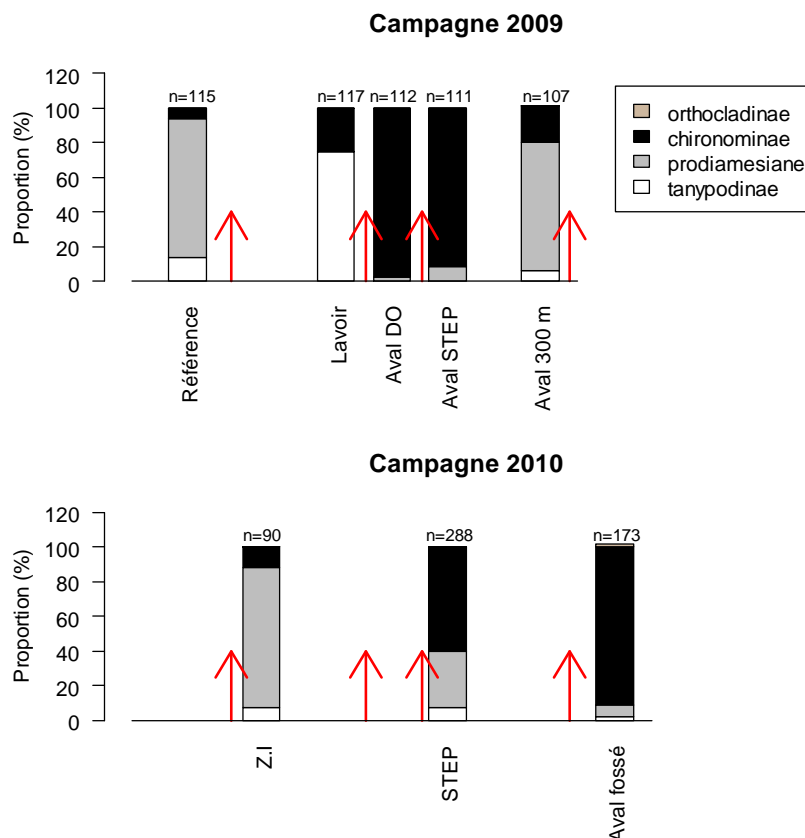


Figure 3 : Variation de l'assemblage des sous-familles de chironomidae entre l'amont et l'aval du cours d'eau (campagnes 2009 et 2010) (n représente l'effectif sur lequel a été déterminée cette proportion, l'assemblage de la station de référence de la campagne 2010 n'a pas été indiquée sur ce graphique en raison de variations liées non pas à une pression anthropique mais à un changement du milieu échantillonné par rapport à la campagne 2009, les flèches rouges indiquent les rejets.)

La station lavoir diffère des autres stations en ceci qu'elle se situe en amont d'un seuil où s'accumule la litière et où les vitesses d'écoulement sont faibles. Ainsi, cette station présente un assemblage particulier caractérisé par la prédominance de la sous-famille des tanypodinae.

3.2 Variation du pourcentage de déformations entre l'amont et l'aval du cours d'eau

Le pourcentage de déformations a été déterminé sur la sous-famille des chironominae. Seule les stations présentant un effectif supérieur à 60 individus appartenant à cette sous-famille ont été prises en compte. Le pourcentage de déformations de la station de référence (campagne 2010) s'élève à 3,9 % (Figure 4). Il est de 2,7 % au niveau de la station aval DO (campagne 2009) et atteint 12,7 % en 2009 et 17 % en 2010 au niveau de la station aval STEP. Après rejet du fossé agricole dans le cours d'eau, on observe 9,1 % de déformations dans le milieu alors que dans le fossé lui-même ce pourcentage atteint 17 %. Ceci est lié au phénomène de dilution du rejet dans le cours d'eau. Le pourcentage de déformation des stations aval STEP (campagnes 2009 et 2010), fossé et aval fossé est significativement supérieur à celui observé au niveau de la station de référence. Aussi, peut-on penser que ces stations sont soumises à un stress toxique.

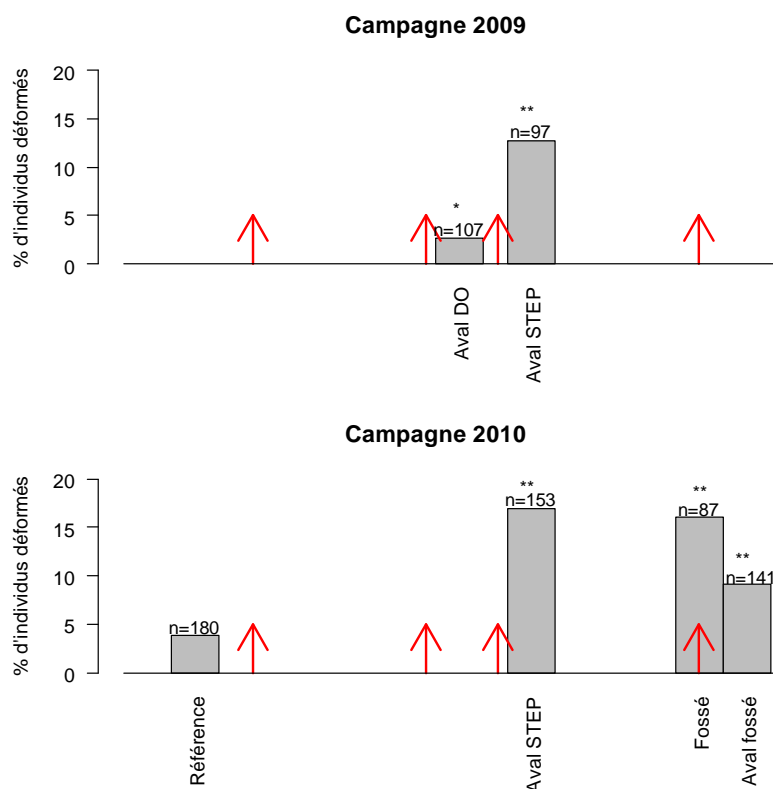


Figure 4 : pourcentage de déformations observées dans les stations échantillonnées sur la sous-famille des chironominae (campagnes 2009 et 2010) (n représente l'effectif sur lequel a été déterminée cette proportion, les flèches rouges indiquent les rejets, * : différence non significative avec la station de référence, ** : différence significative avec la station de référence avec un risque $\alpha=5\%$)

4. Conclusion

Les campagnes de terrain menées au cours des années 2009 et 2010 ont permis de mettre en évidence, d'une part, un assemblage des sous-familles de chironomes fortement dépendant des conditions physico-chimiques du milieu, d'autre part, des taux de déformations du mentum variables en fonction des stations étudiées. En particulier, les valeurs observées dans les stations en aval de la station d'épuration et en aval du rejet du fossé agricole sont significativement supérieures à celles relevées dans la station de référence, ce qui laisse supposer l'existence de pressions toxiques. Afin de déterminer, les polluants responsables de ces déformations, il est aujourd'hui indispensable de poursuivre les recherches par des tests en laboratoire en conditions contrôlées.

Bibliographie

- Beardmore, J. A. (1960). Developmental stability in constant and fluctuating temperatures. *Heredity*. **14**, 411-422.
- Bird, G. A. (1994). Use of chironomid deformities to assess environmental degradation in the Yamaska River, Quebec. *Environmental Monitoring and Assessment*. **30**(2), 164-175.
- Bonada, N. et Williams, D.-D. (2002). Exploration of the utility of fluctuating asymmetry as an indicator of river condition using larvae of the caddisfly *Hydropsyche morosa* (Trichoptera: Hydropsychidae). *Hydrobiologia*. **481**(1-3), 147-156.
- Bourgeon, P. E., Stogne, L. C., Flotterer, F. X. et Alibert, P. Etude de la relation asymétrie fluctuante / fitness chez *Drosophila melanogaster* : impact de la sélection directionnelle. 4^{ème} symposium Morphométrie et Evolution des Formes. Paris, France, 1^{er} et 2 décembre 2005,.
- Clarke, G. M. (1993). Fluctuating asymmetry of invertebrate populations as a biological indicator of environmental quality. *Environmental Pollution*. **82**(2), 207-211.
- Dickman, M. et Rygiel, G. (1996). Chironomid larval deformity frequencies, mortality, and diversity in heavy metal contaminated sediments of canadian riverine wetland. *Environmental International*. **22**(6), 693-703.
- Drover, S., Leung, B., Forbes, M. R., Mallory, M. L. et McNicol, D. K. (1999). Lake pH and aluminium concentration: consequences for developmental stability of water strider *Rheumatobates rileyi* (Hemiptera: Gerridae). *Can. J. Zool.* **77**(1), 157-161.
- Janssens de Bisthoven, L., Postma, J. F., Parren, P., Timmermans, K. R. et Ollevier, F. (1998). Relation between heavy metals in aquatic sediments in Chironomus larvae of Belgian lowland rivers and their morphological deformities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **55**(3), 688-703.
- Levin, D. A. (1970). Developmental instability in species and hybrids of *Liatris*. *Evolution*. **24**, 613-624.
- Markov, T. A. (1995). Evolutionary ecology and developmental instability. *Annu. Rev. Entomol.* **40**, 105-120.
- Martinez, E. A., Barry, C. M., Schaumloffel, J. et Dasgupta, N. (2001). Induction of morphological deformities in *Chironomus tentans* exposed to zinc and lead spiked sediment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **20**(11), 2475-2481.
- Martinez, E. A., Moore, B. C., Schaumloffel, J. et Dasgupta, N. (2003). Morphological abnormalities in *Chironomus tentans* exposed to cadmium and copper spiked sediments. *Ecotoxicology and environmental safety*. **55**(2), 204-212.
- Mather, K. (1953). Genetical control of stability in development. *Heredity*. **7**(3), 297-336.
- Meregalli, G., Pluymers, L. et Ollevier, F. (2001). Induction of mouthpart deformities in *Chironomus riparius* larvae exposed to 4-n-nonylphenol. *Environmental Pollution*. **111**(2), 241-246.
- Servia, M. J., Cobo, F. et Gonzalez, M. A. (2002). Ontogeny of individual asymmetries in several traits of larval *Chironomus riparius* Meigen, 1804 (Diptera, Chironomidae). *Can. J. Zool.* **80**(8), 1470-1479.

- Servia, M. J., Cobo, F. et Gonzalez, M. A. (2004). Effects of short-term climatic variations on fluctuating asymmetry levels in *Chironomus riparius* larvae at a polluted site. *Hydrobiologia*. **523**(1-3), 137-147.
- Vermeulen, A. C. (1995). Elaborating Chironomid deformities as bioindicators of toxic sediment stress : the potential application of mixture toxicity concept. *Acta. Zool. Fennica*. **32**(3), 265-285.
- Vermeulen, A. C., Liberloo, G., Dumont, P., Ollevier, F. et Goddeeris, B. (2000). Exposure of *Chironomus riparius* larvae (diptera) to lead, mercury and beta-sitosterol: effects on mouthpart deformation and moulting. *Chemosphere*. **41**(10), 1581-1591.
- Warwick, W. F. (1988). *Morphological deformities in Chironomidae (Diptera) larvae as bioindicators of toxic stress. Toxic contaminants and ecosystem health; A great Lakes focus*. Toxic contaminants and ecosystem health. ZA great lake. Wiley and Sons Edition, New-York, pages 281-320.
- Watts, M. M., Pascoe, D. et Carroll, K. (2003). Exposure to 17alpha-ethinylestradiol and bisphenol-A - effects on larval moulting and mouthpart structure of *Chironomus riparius*. *Ecotoxicology and environmental safety*. **54**(2), 207-215.

8-JSE-2011-Arambourou-Manuscrit-2011-03-31.doc