



Etat des ressources biologiques : Dynamique du zooplancton dans l'estuaire de la Seine

Problématique

Le plancton regroupe l'ensemble des organismes vivant en eaux douces, saumâtres et salées et flottant passivement dans la colonne d'eau : larves, gamètes, algues, animaux inaptes à lutter contre le courant (copépodes, méduses...). Il occupe une position clé dans les réseaux trophiques en tant que premier maillon des chaînes alimentaires : le plancton végétal (phytoplancton) est consommé par le plancton animal (zooplancton) et par une multitude d'organismes aquatiques qui sont à leur tour la proie d'espèces de niveau trophique supérieur (crustacés, poissons,...).

La composition, l'état physiologique et la dynamique des populations de zooplancton intègrent de nombreux facteurs environnementaux sur des échelles spatiales et temporelles plus ou moins larges : forçages hydroclimatiques multi-échelles, modifications morphologiques de l'habitat pélagique, pression liée aux contaminants,... Utilisé comme indicateur écologique, le suivi du zooplancton permet donc d'apporter des éléments d'information sur la qualité et l'évolution d'un système à différentes échelles d'organisation (communauté, population, individu). L'estuaire de la Seine se caractérise par une faible richesse spécifique (nombre d'espèces)

du mésozooplancton crustacéen, qui augmente néanmoins vers l'aval (sauf chez les cladocères où l'inverse est observé). Le mésozooplancton de l'estuaire de la Seine se compose principalement de copépodes dominés par l'espèce *Eurytemora affinis* qui peut atteindre des densités supérieures à 1 million d'individus/m³ d'eau. Cette espèce fait donc l'objet d'une attention particulière qui a permis de mieux comprendre la dynamique du zooplancton en milieu estuarien.

[Souissi et al., 2002 ; Devreker et al., 2008].



Eurytemora affinis vue au microscope (Souissi & Courcot, LOG, Wimereux)

Mag = 110 X

200µm

Seine estuary



Dynamique du zooplancton dans l'estuaire de la Seine

Situation

Une répartition spatiale influencée par la salinité

Avec la température, la salinité est l'un des paramètres structurant des communautés zooplanctoniques et explique les différences de composition du zooplancton selon le secteur

géographique de l'estuaire considéré : les espèces vivant en milieu dulcicole seront différentes de celles vivant en milieu marin. Dans la zone du gradient de salinité (entre Vieux-Port et Honfleur), cette distinction est moins nette et, au-delà de la présence d'espèces adaptées aux changements de salinité, une intrusion d'espèces marines comme le copépode *Temora longicornis* et d'espèces d'eau douce (surtout des cladocères) est constatée. La chenalisation de l'estuaire a provoqué une augmentation des courants vers l'aval et un renforcement du caractère maritime de l'estuaire plus en amont. Ceci explique en partie la présence d'espèces zooplanctoniques marines et dulcicoles dans les trois zones du gradient de salinité [Figure 1] :

- la zone polyhaline (18 < salinité < 30) est dominée principalement par le copépode *Acartia clausi* et par des cladocères et des copépodes marins tels que *Temora longicornis* ;
- la zone mésohaline (5 < salinité < 18) est dominée par les copépodes *Eurytemora affinis* (surtout à la fin du printemps, durant sa période de croissance maximale) et *Acartia clausi* ;
- la zone oligohaline (0 < salinité < 5) est peu diversifiée et est dominée par le copépode *Eurytemora affinis*. Des cladocères du genre *Bosmina spp.* et *Daphnia spp.* y sont également retrouvés.

Une densité annuelle conduite par la température

La densité totale du mésozooplancton présente un cycle annuel marqué par un maximum vers la fin du printemps, ce qui correspond à la période de recrutement pour la plupart des espèces (arrivée des juvéniles dans la population). Le reste de l'année, les densités en mésozooplancton restent très faibles. *Eurytemora affinis* participe très largement à ce pic d'abondance printanier et le cycle de vie annuel de cette espèce guide celui du mésozooplancton [Figure 2 ; Figure 3].

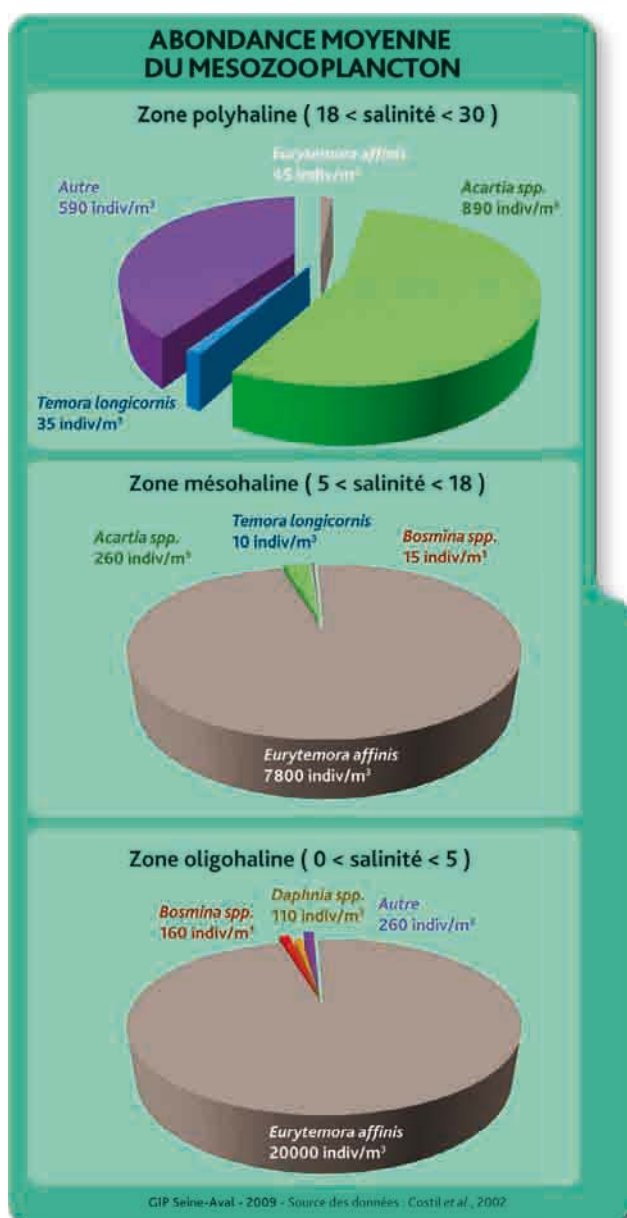
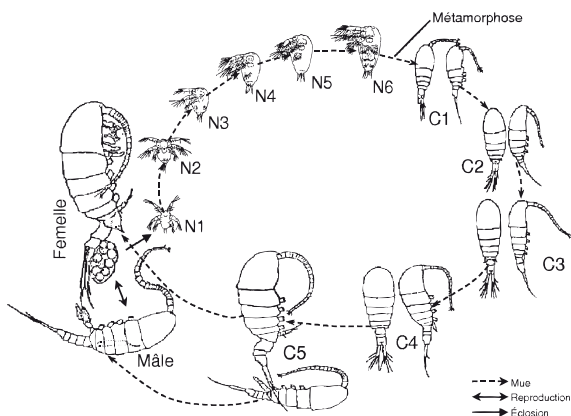


Figure 1 : Répartition des espèces de mésozooplancton par classe de salinité.



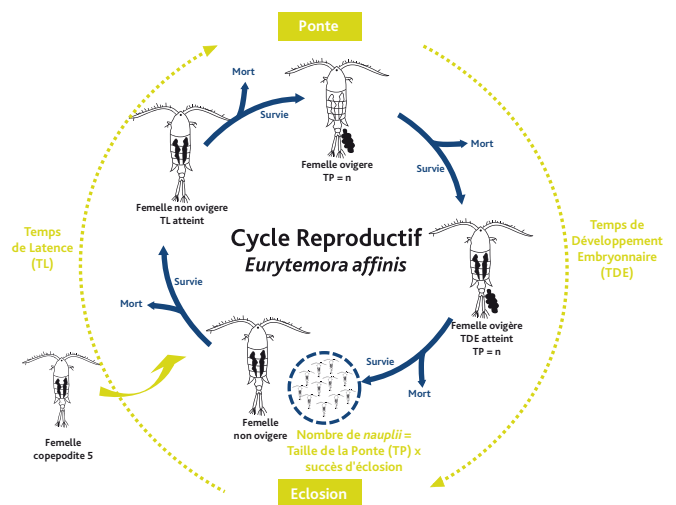
GIP Seine-Aval, 2009 - Source de données : Souissi et al., 2008

Figure 2 : Cycle de vie du copépode *Eurytemora affinis*.

Ainsi, l'augmentation de la température de l'eau au-dessus de 10°C entre février et mars est accompagnée par une forte croissance de la population d'*Eurytemora affinis* qui est maximale au printemps et dominée par des jeunes stades (*nauplii* et premiers copépodites). Un déclin de la population est ensuite observé durant l'été et un autre pic, quoique moins important, est observé fin octobre. Le reste de l'année, les densités oscillent autour de valeurs plus basses [Devreker et al., 2009 ; Dur et al., 2009 ; Mouny, 1997].

Cette dynamique peut être décalée ou perturbée lorsque des anomalies de température coïncident avec des moments importants de ce cycle. Par exemple, suite à une année 2004 où une densité maximale a été observée en juin (750000 individus/m³), la densité de la population d'*Eurytemora affinis* a atteint des valeurs très faibles du fait de températures très froides en début d'année 2005 [Devreker et al., 2008]. Ceci a pu engendrer un mauvais recrutement au sein de la population à cause d'un état physiologique des femelles dégradé et donc expliquer les faibles densités observées. D'autres facteurs peuvent expliquer cette réduction de l'abondance de la population observée en 2005. La forte abondance des diatomées en mai a aussi

pu avoir un effet négatif sur la survie des larves de copépode. La forte diminution des débits de la Seine en 2005 est un autre facteur explicatif de cette chute de densité. En effet, l'absence de crue a favorisé l'entrée d'eau saline en période d'étiage et donc la réduction de la gamme de salinité dans laquelle évolue *Eurytemora affinis*. Cette réduction de la taille de son habitat optimal a pu affecter la croissance de la population au printemps et avoir pour conséquence le maintien de la population de copépodes d'avantage en amont de l'estuaire [Souissi et al., 2008].



GIP Seine-Aval, 2009 - Source de données : Souissi et al., 2008

Figure 3 : Cycle reproductif du copépode *Eurytemora affinis* et début du développement larvaire

La femelle entre dans le stade reproductif après la dernière mue au stade C5 femelle. La mortalité dans ce stade est due soit à la mortalité naturelle selon une probabilité de survie ou bien à la mortalité liée à la sénescence de la femelle. En cas de survie, une femelle va enchaîner plusieurs cycles reproductifs. Chaque cycle reproductif est composé i) d'une phase de maturation des œufs (jusqu'à ce que le temps de latence - TL - soit atteint) pendant laquelle la femelle est non-ovigère ; ii) de la formation d'un sac d'œufs (femelle ovigère) et iii) de l'éclosion des œufs après le développement embryonnaire.

Une migration journalière guidée par le cycle tidal

A l'échelle journalière, le suivi de la population d'*Eurytemora affinis* a mis en évidence l'influence de la marée sur leur répartition. En effet, en réponse aux variations de courant et de salinité du milieu, chaque stade de développement du copépode (des larves nauplii jusqu'au stade adulte) possède son propre comportement (actif ou passif) pour se maintenir dans la colonne d'eau [Figure 4].

Pendant le jusant, la densité de population augmente et s'accompagne d'une migration des stades les plus âgés dans les zones à plus forte salinité. A marée basse, lorsque la vitesse de courant est faible, les nauplii se retrouvent dans les zones à plus faible salinité. Lors du flot, quand la vitesse du courant est maximale, la population est remise en suspension. Puis quand le courant diminue, la densité des stades

nauplii est très importante en surface tandis qu'une grande proportion des stades les plus âgés est retrouvée en profondeur. Les nauplii sont donc plus dépendants de l'hydrodynamisme que les stades les plus âgés qui sont capables de s'affranchir du courant à des moments précis de la marée, grâce à leurs capacités natatoires, et migrent très vite vers le fond. Cette migration verticale permet à *Eurytemora affinis* de rester dans sa zone de salinité préférentielle mais aussi de disposer d'une plus grande abondance de matière organique et donc de nourriture. Toutefois, cette stratégie augmente le risque de contamination d'*E. affinis* dans l'estuaire de la Seine [Cailleaud *et al.*, 2009 ; Devreker *et al.* ; 2009 ; Souissi *et al.*, 2008].

Un comportement influencé par la présence de contaminants

Outre les facteurs naturels, le zooplancton subit également des pressions liées à l'activité humaine et est notamment exposé aux nombreux composés chimiques présents dans le milieu. Ce stress chimique induit notamment des modifications dans le comportement de ces organismes, comme cela a été montré pour le comportement natatoire (direction et vitesse de déplacement) d'*Eurytemora affinis* qui est perturbé par une exposition à des composés organiques [Forget-Leray, 2007]. Cette désorganisation des trajets suivis par ce copépode pourrait entraîner des perturbations dans les rencontres entre mâles et femelles lors de l'accouplement et par conséquent avoir des répercussions sur le renouvellement de la population. Les copépodes sont néanmoins présents à de fortes densités dans l'estuaire de la Seine, ce qui s'expliquerait par la mise en place de mécanismes de défense et d'adaptations physiologiques et biochimiques.

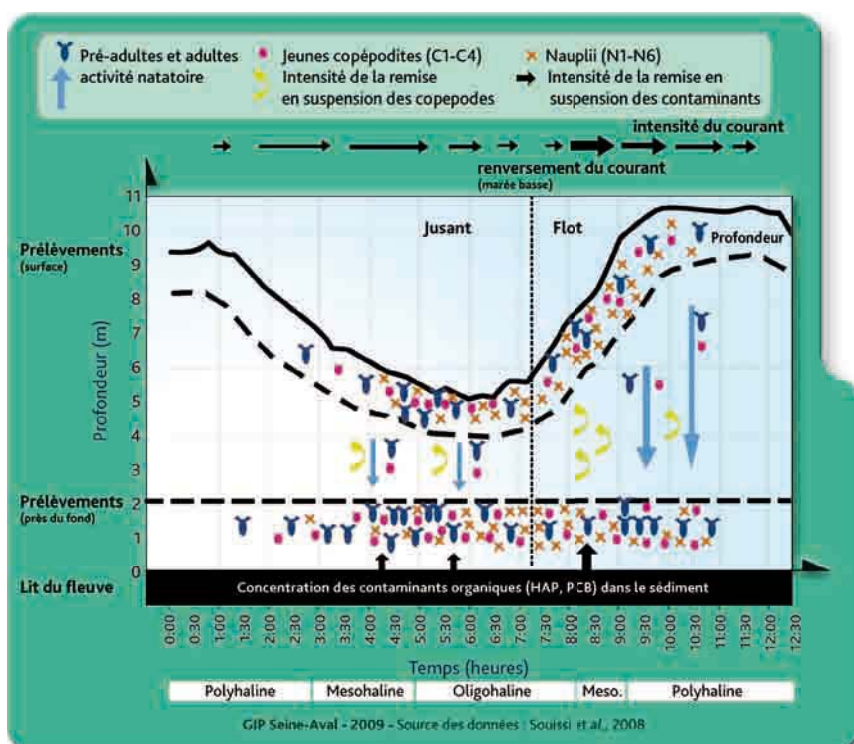
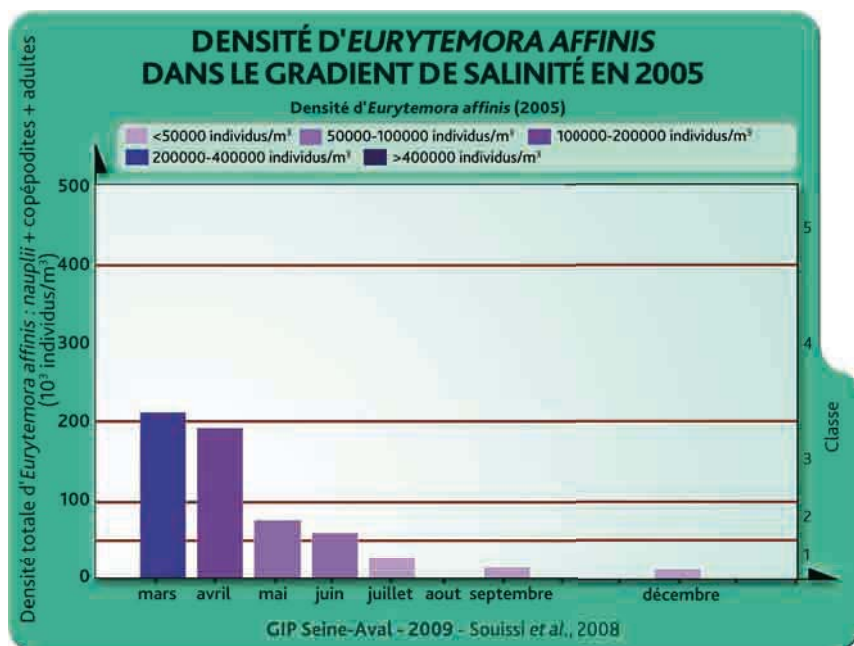


Figure 4 : Distribution et migration verticale d'*Eurytemora affinis* lors d'un cycle de marée.



Dynamique du zooplancton dans l'estuaire de la Seine

L'essentiel



Le mésozooplancton crustacéen (plancton animal, de taille comprise entre 0.2 et 2mm) présent dans le gradient de salinité de l'estuaire de la Seine est caractérisé par un faible nombre d'espèces différentes, la plus abondante étant le copépode *Eurytemora affinis*. Cette population zooplanctonique subit l'influence de différents paramètres environnementaux : la salinité guide la répartition spatiale des différentes espèces ; la température commande leur cycle de vie (période de reproduction à la sortie de l'hiver) ; leur maintien dans la colonne d'eau est ajusté par migration verticale selon le cycle de marée. Le stress chimique subit par les copépodes a également des conséquences sur la physiologie et le comportement des individus, et peut se

répercuter au niveau de la population. Ainsi, *Eurytemora affinis* se présente comme une espèce d'intérêt pour apporter des éléments au diagnostic environnemental de l'estuaire de la Seine, que ce soit pour mesurer les modifications du milieu en réponse au changement climatique, ou pour suivre l'impact de la contamination chimique de l'estuaire.



Prélèvement de plancton (S. Moussard)



Dynamique du zooplancton dans l'estuaire de la Seine

Sources et méthodes

Figure 1

L'abondance moyenne annuelle (nombre d'individus par mètre cube) des principales espèces du mésozooplancton est représentée pour la zone oligohaline (0 < salinité < 5), mésohaline (5 < salinité < 18) et polyhaline (18 < salinité < 30).

[Source des données : Costil et al., 2002]

Figure 2

Le cycle de vie du copépode *Eurytemora affinis* correspond aux stades juvéniles (naupliens : N1 à N6 ; copépodites : C1 à C5), puis adulte de cette espèce.

[Source des données : Souissi et al., 2008]

Figure 3

La dynamique du cycle reproductif du copépode *Eurytemora affinis* a été étudiée au laboratoire et modélisée à l'aide d'un modèle individu-centré.

[Source des données : Devreker et al., 2009 ; Dur et al., 2009 ; Souissi et al., 2008]

Figure 4

Les migrations verticales d'*Eurytemora affinis* dans la colonne d'eau sont schématisées pour un cycle de marée moyen. La distribution du stade juvénile (*nauplii*) et des stades plus âgés (copépodites et adultes) est ainsi représentée pour un point fixe, au niveau du pont de Normandie.

[Source des données : Morgan et al., 1997 ; Devreker et al., 2008 ; Souissi et al., 2008]

Indicateur1

La variation de la densité totale d'*Eurytemora affinis* (*nauplii* + copépodites + adultes) est issue de prélèvements réalisés en 2005 au niveau du Pont de Normandie (près du fond, durant le jusant), selon le protocole de prélèvements publié dans Devreker et al., 2008 .

[Source des données : Souissi et al., 2008]

Références Bibliographiques

- Cailleaud K., Forget-Leray J., Pehulet L., LeMenach K., Souissi S., Budzinski H., 2009. Tidal influence on the distribution of hydrophobic organic contaminants in the Seine Estuary and on their biological effects on the copepod *Eurytemora affinis*. *Environmental Pollution*, 157: 64-71.
- Costil C., Dauvin J.-C., Duhamel S., Hocdé R., Mouny P., de Roton G., Deroy N., Le Neveu C., 2002. Patrimoine biologique et chaînes alimentaires. Programme scientifique Seine-Aval, fascicule n°7, 47p.
- Devreker D., Souissi S., Molinero J.C., Nkibuto F., 2008. Trade-offs of the copepod *Eurytemora affinis* in mega-tidal estuaries. Insights from high frequency sampling in the Seine Estuary. *Journal of Plankton Research*, 30(12): 1329-1342.
- Devreker D., Souissi S., Winkler G., Forget-Leray J., Leboulenger F., 2009. Effects of salinity and temperature on the reproduction of *Eurytemora affinis* (Copepoda; Calanoida) from the Seine estuary: a laboratory study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 368: 113-123.
- Dur G., Souissi S., Devreker D., Ginot V., Schmitt F.G., Hwang J.S., 2009. Effect of temperature and individual variability on the reproduction of the estuarine copepod *Eurytemora affinis* Individual-based experimental and modelling approach. *Ecological Modelling*, 220: 1073-1089.
- Forget-Leray J., 2007. Bioaccumulation et effets de contaminants présents en estuaire de Seine sur le comportement natatoire et le potentiel reproducteur d'*Eurytemora affinis* (Copépode, Crustacé). Rapport scientifique Seine-Aval 3, 30p.
- Morgan C. A., Cordell J. R., Simenstad C. A., 1997. Sink or swim? Copepod population maintenance in the Columbia River estuarine turbidity-maxima region. *Marine Biology*, 129 (2): 309-317.
- Mouny P., 1998. Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales espèces dans la chaîne trophique pélagique. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6, 406p.
- Souissi S., Forget-Leray J., Budzinski H., Dauvin J.-C., Schmitt F. G., Hwang J.-S., Eunmi Lee C., et al., 2008. Synthèse des travaux réalisés sur le modèle biologique *Eurytemora affinis* dans Seine-Aval 3. UMR CNRS 8187 LOG. 49 + 45, Rapport Seine-Aval.
- Souissi S., Devreker D., Seuront L., Dauvin J.-C., 2002. Dynamique de population du copépode *Eurytemora affinis* dans l'estuaire aval : couplage entre les processus physiques et biologiques. Programme scientifique Seine-Aval : 49 p.

Cette fiche thématique s'intègre dans le système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine. Elle est éditée par le Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval - 12 avenue Aristide Briand - 76000 Rouen www.seine-aval.fr

Conception, rédaction : GIP Seine-Aval
Président : Alain Le Vern
Directeur : Loïc Guézennec
Contact : gipsa@seine-aval.fr
Infographie : Quai 24, Le Havre
Crédits photos : GIP Seine-Aval
Tirage : 1000 exemplaires
Impression réalisée sur papier écolabélisé
ISSN : en cours

Le GIP Seine-Aval est financé par :

