



HAL
open science

Action 3 : Analyse des effets des périodes hypoxiques sur les fonctionnements biologiques

J. de Watteville, Mario Lepage, Philippe Jatteau, Rémy Fraty

► To cite this version:

J. de Watteville, Mario Lepage, Philippe Jatteau, Rémy Fraty. Action 3 : Analyse des effets des périodes hypoxiques sur les fonctionnements biologiques. Etude intégrée de l'effet des apports amont et locaux sur le fonctionnement de la Garonne estuarienne (ETIAGE) : Rapport synthétique d'avancement année 2, 2013, pp.34-37. hal-02605482

HAL Id: hal-02605482

<https://hal.inrae.fr/hal-02605482>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Action 3 : Analyse des effets des périodes hypoxiques sur les fonctionnements biologiques

Mario Lepage (IR), Jérôme de Watteville (CDD), Philippe Jatteau (IR), Rémy Fraty (TR)
Irstea, Unité EPBX

CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne est un lieu de passage obligatoire pour l'ichtyofaune migratrice, qui se compose d'un cortège d'espèces migratrices dont font partie deux espèces d'aloses, l'alose feinte (*Alosa fallax*) et la grande alose (*Alosa alosa*) (Béguer, Beaulaton et al. 2007). Ces deux espèces sont parmi les plus exigeantes en terme d'oxygénation des eaux dans l'estuaire (Maes, Stevens et al. 2007, Taverny, Elie et al. 2009).

La population de grande alose subit un fort déclin depuis le début des années 2000, conduisant à un moratoire sur les pêches en 2008. Les conditions de ce déclin sont encore incertaines mais l'analyse de l'évolution du stock reproducteur et de l'abondance des juvéniles d'alose dans l'estuaire montre une distorsion pour les années 2001 à 2005 : le niveau de recrutement est en chute malgré un stock reproducteur stable à un niveau élevé (environ 150 000 individus).

De l'incubation jusqu'à l'arrivée dans l'estuaire, les alosons sont très exposés aux modifications du milieu, notamment en termes de température et d'oxygène dissous, ces deux paramètres pouvant avoir un effet négatif sur la survie des juvéniles d'alose. De plus, les alosons doivent traverser au cours de leur dévalaison vers l'estuaire, une zone fortement turbide située aux alentours de Bordeaux: le bouchon vaseux. Les réactions biogéochimiques ainsi que l'activité microbienne au sein du bouchon vaseux, peuvent ainsi provoquer de sévères chutes du taux d'oxygène dissous dans l'eau. Ainsi les alosons sont potentiellement soumis à de mauvaises conditions d'oxygénation (hypoxie) lors de leur dévalaison qui survient en général entre la mi-août et la mi-octobre.

Dans le contexte d'une population de grandes aloses en difficulté sur le bassin versant Gironde Garonne Dordogne, la question est de savoir si le franchissement de cette zone hypoxique est susceptible de générer une mortalité chez les alosons, de quantifier cette mortalité ajoutée et d'estimer les conséquences sur la force des cohortes et plus largement de voir l'impact des hypoxie sur leur comportement.

Dans un second temps nous avons cherché à quantifier ces événements hypoxiques et à identifier les conditions d'apparition de ces événements au vue des résultats obtenus sur les alosons.

PRINCIPAUX RESULTATS

Expérimentation sur les alosons

Les expérimentations sur les alosons en microcosme ont été réalisées sur des juvéniles d'alose vraie (*Alosa alosa*) de $4,6 \pm 0,1$ cm et de 950 ± 4 mg qui correspondent à peu près à la taille des individus lorsqu'ils arrivent dans le secteur de Bordeaux. Cette expérience a été réalisée dans 4 enceintes expérimentales et répétée pour deux températures (20°C et 25°C) et pour cinq paliers d'oxygénation (70, 55, 40, 30 et 20% de saturation) pendant 60 min par palier. Au cours des observations le comportement des poissons a été enregistré selon trois critères : l'altération du comportement natatoire, la perte d'équilibre et la mort.

A 20°C, les premiers signes d'altération du comportement surviennent en moyenne à $3,5 \text{mg.L}^{-1}$ d'oxygène, niveau significativement différent de ceux où ont été enregistrés les pertes d'équilibre et les morts, respectivement 2,2 et 2mg.L^{-1} (Figure 13). Il n'y a pas de différence significative

dans l'apparition des premiers signes d'altération du comportement à 20 et 25°C (Test U Mann-Whitney, $p=0,195$). Par contre les pertes d'équilibre et la mort surviennent à des concentrations en oxygène significativement plus faibles à 20°C (Test U Mann-Whitney, $p=0$ et $p=0,007$).

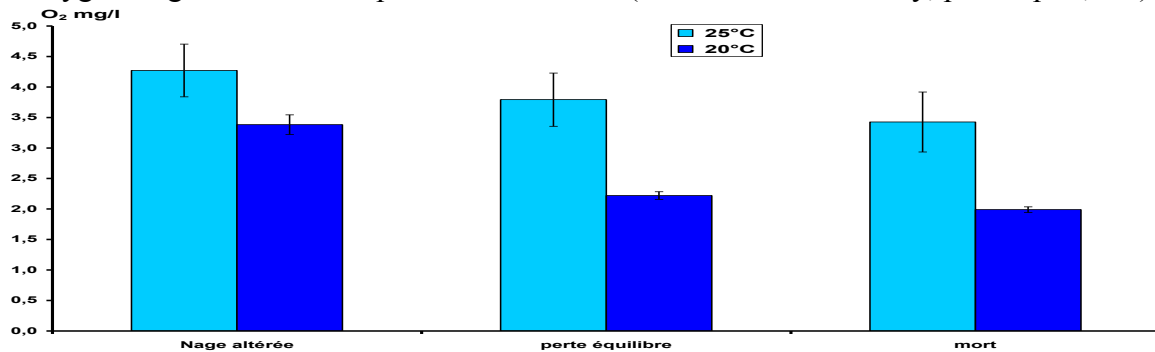


Figure 13 : Concentrations moyennes en oxygène, relevées pour les 3 critères d'analyse, à 20°C et 25°C. Les erreurs standards sont mentionnées

Tous les poissons ayant subi les tests à 25°C sont morts durant l'expérimentation, alors que plus de 50% ont survécu à 20°C. Les cinétiques de mortalité montrent qu'à 25°C le phénomène apparaît dès le début du test et s'étale sur toute la durée de celui-ci. A 20°C les mortalités apparaissent qu'à partir d'une concentration de 2,2mg.L⁻¹ et se concentrent donc en fin de test. La tolérance des juvéniles de grande alose à l'hypoxie apparaît logiquement plus importante à 20°C qu'à 25°C.

A 25°C l'apparition des 3 critères s'effectue dans une gamme de concentrations en oxygène restreinte (de 4,3 à 3,4 mg.L⁻¹) comparée à 20°C (3,4 à 2 mg.L⁻¹), soulignant une tolérance plus faible à l'hypoxie.

Une altération de la nage peut avoir des effets négatifs sur les individus sans forcément avoir un effet risquant d'entraîner la mort. La perte d'équilibre est considérée comme l'indicateur d'une désorganisation fonctionnelle et métabolique, empêchant les individus de fuir une zone dangereuse et les conduisant rapidement à la mort. Si l'on considère que l'altération de la nage est la limite à ne pas atteindre pour ne pas nuire aux alosos en migration de dévalaison, les seuils minimaux en oxygène pour garantir une probabilité maximale de survie se situent à 4,3 et 3,4 mg.l-1 à 25°C et 20°C respectivement.

Quantification et évaluation des risques d'hypoxie, influence des paramètres physico-chimiques sur l'oxygène

Les données physico-chimiques proviennent des réseaux MAGEST pour la Garonne et SYVEL pour la Loire. Les sites du réseau MAGEST et du réseau SYVEL sont instrumentés avec un système de mesure en temps réel de quatre paramètres physico-chimiques : température, turbidité, salinité et oxygène dissous.

En Gironde seule la station de Bordeaux est affectée par les crises hypoxiques ($O^2 < 3\text{mg.L}^{-1}$) avec 22 jours d'hypoxie observés en 2006. A la station de Bordeaux on retrouve chaque année des moyennes journalières inférieures à 5mg.l⁻¹ caractérisant une eau pauvre en oxygène. La seconde station la plus touchée par les faibles valeurs d'oxygène est la station de Portets située en amont de Bordeaux avec 62 jours en 2006 où l'oxygène était inférieur à 5mg.l⁻¹. 2006 est l'année où l'oxygène était le plus bas pour la totalité des stations avec un minimum de 1,9mg.L⁻¹ à Bordeaux. Les problèmes d'oxygénation des eaux sont concentrés autour de la communauté urbaine de Bordeaux, et ne reste qu'exceptionnels dans les stations de Pauillac et Libourne.

A titre de comparaison, la Loire est beaucoup plus touchée par les crises hypoxiques que la Garonne, tant au niveau de la longueur des périodes de sous-oxygénation qu'au niveau de leur sévérité. Tous les ans les stations de Paimboeuf et de Cordemais sont touchées par des phénomènes d'hypoxies voire d'anoxie ($O^2 < 1\text{mg.L}^{-1}$) comme en 2010. La station de Cordemais

est la plus touchée avec respectivement 25 et 21 jours d'hypoxie en 2008 et 2010. Le minimum d'oxygénation des eaux a été relevé à la station de Cordemais en 2010 avec 0.3mg.l^{-1} soit des conditions anoxiques totalement impropres à la vie estuarienne. Cette station présente chaque année des valeurs d'oxygénation proches de l'anoxie, la situation à la station de Paimboeuf est similaire avec un minimum observé en 2011 à 1mg.l^{-1} soit des conditions quasi-anoxiques. La station du Pellerin a elle aussi été gravement touchée par les problèmes d'oxygénation notamment en 2010 avec 27 jours d'hypoxies et une concentration moyenne journalière minimale de 0.7mg.l^{-1} . Les stations de Trentemoult et de Bellevue situées plus en amont ne présentent aucun phénomène hypoxique sur la période étudiée.

La zone hypoxique est beaucoup plus étendue dans la Loire et s'étend de la station de Paimboeuf à la station du Pellerin soit sur une section de l'estuaire de plus de 25km de long. La zone hypoxique en Garonne est concentrée autour de Bordeaux et s'étale quelques peu en amont et en aval de Bordeaux (jamais d'hypoxie simultanée sur les stations de Bordeaux et de Portets distantes de 20km) du fait du déplacement de la masse d'eau sous les effets de la marée. Ainsi les crises hypoxiques sont plus longues, plus sévères et plus étendues en Loire qu'en Garonne.

Nous avons réalisé un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) sur les données MAGEST de 2006 à Bordeaux afin de dégager les principaux facteurs affectant l'oxygène dissous et leur contribution respective à la variabilité de l'oxygénation. Ce modèle nous a permis de dégager des seuils à partir desquels les risques d'hypoxie sont forts (Figure 14). En 2006, la température est le facteur principal et explique 74% de la déviance du modèle, vient ensuite le coefficient de marée (proxy de la turbidité, 25%) et le débit (1%).

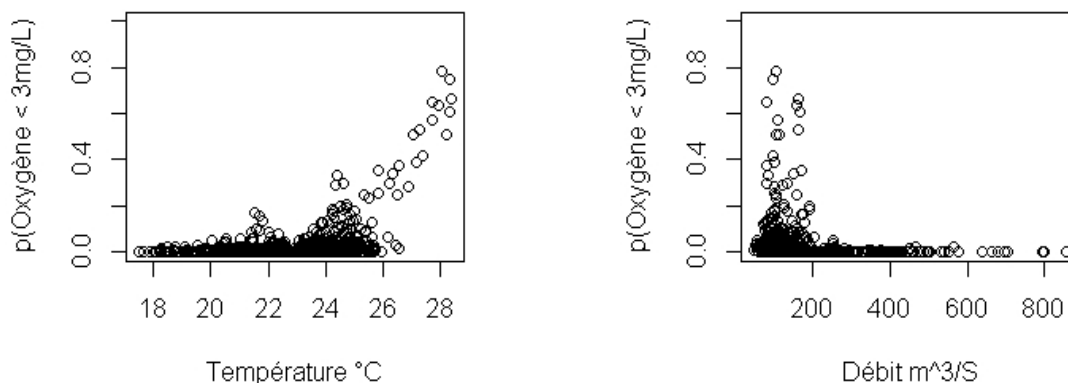


Figure 14 : Probabilité d'avoir une moyenne journalière d'oxygénation des eaux inférieure à 3mg.L^{-1}

Les sorties du modèle nous donnent les probabilités d'avoir un phénomène d'hypoxie en fonction de la température, le coefficient de marée et le débit, on peut ainsi établir des seuils à partir desquels les risques d'hypoxie sont importants. On remarque que les problèmes d'hypoxies surviennent pour des températures supérieures à 22°C et pour des débits inférieurs à $200\text{m}^3.\text{s}^{-1}$. Les risques d'hypoxies sont maximums à partir de 26°C .

A partir des seuils calculés par le modèle ($\text{Débit} < 200\text{m}^3.\text{s}^{-1}$; $\text{Température} > 26^{\circ}\text{C}$) nous avons effectué une analyse rétrospective des risques d'hypoxie à partir des données de débit et de température. Depuis 1983 on recense au total 106 jours où les risques d'hypoxie sont élevés. La pire année étant 2003 avec 29 jours où la concentration en oxygène était potentiellement inférieure à 3mg.L^{-1} . On remarque une recrudescence du nombre de jours d'hypoxies depuis 1983 avec seulement 4 jours dans les années 80, 48 dans les années 90 et 54 dans les années 2000. Les épisodes d'hypoxie sont les plus sévères en 2003 et 2006 avec respectivement 29 et 20 jours d'hypoxie potentiels.

AVIS SCIENTIFIQUE ET PRECONISATIONS

A l'échelle européenne la plupart des espèces de poissons migrateurs sont actuellement considérées en danger. Le bassin de la Garonne se situe parmi ceux qui ont la plus forte biodiversité en poissons migrateurs d'Europe (Béguer et al. 2007). Toutes les espèces le fréquentant historiquement y sont encore présentes (Lobry, Mourand et al. 2003). A la vue des résultats obtenus sur les alosons, les phénomènes d'hypoxie de la Garonne sont préoccupant, et peuvent potentiellement impacter la population d'alse vrai. Comme cela a été montré sur l'estuaire de l'Escaut en Belgique (Maes, Van Damme et al. 2004) l'oxygène est un facteur prépondérant pour la présence et la survie des poissons et particulièrement pour les espèces sensibles comme l'alse. Une amélioration du traitement des eaux usées dans l'Escaut a conduit à une amélioration significative de l'oxygénation des eaux qui s'est poursuivi par une amélioration de la qualité biologique de cet estuaire. Concernant la Garonne, la gestion des rejets des eaux usées, notamment des rejets non traités par temps d'orage pourrait possiblement être optimisé. Etant donné que les minima d'oxygénation sont observés à marée basse, il serait plus judicieux de rejeter entre la marée haute, et deux heures avant la basse mer. Ceci favoriserait une évacuation plus rapide vers la mer et pourrait probablement diminuer les risques d'hypoxie autour de l'agglomération bordelaise.

REFERENCES

- Béguer, M., L. Beaulaton and E. Rochard (2007). "Distribution and richness of diadromous fish assemblages in Western Europe: large-scale explanatory factors." Ecology of Freshwater Fish **16**(2): 221-237.
- Lobry, J., L. Mourand, E. Rochard and P. Elie (2003). "Structure of the Gironde estuarine fish assemblages: a comparison of European estuaries perspective." Aquatic living resources **16**(2): 47-58.
- Maes, J., M. Stevens and J. Breine (2007). "Modelling the migration opportunities of diadromous fish species along a gradient of dissolved oxygen concentration in a European tidal watershed." Estuarine Coastal And Shelf Science **75**(1-2): 151-162.
- Maes, J., S. Van Damme, P. Meire and F. Ollevier (2004). "Statistical modeling of seasonal and environmental influences on the population dynamics of an estuarine fish community." Marine Biology **145**(5): 1033-1042.
- Taverny, C., P. Elie and P. Boët (2009). La vie piscicole dans les masse d'eau de transition : proposition d'une grille qualité pour la température, l'oxygène dissous, la salinité et la transparence. Etude Cemagref, groupement de Bordeaux, n°131. 51p.