

➤ Etude des réponses embryonnaires d'un poisson migrateur à la qualité de l'eau des frayères dans un contexte de déclin de population.

Sarah Bancel¹, Olivier Geffard², Christelle Clérandeau³, Alexandra Coynel³, Flore Daramy³, Nicolas Mazzella¹, Debora Millan-Navarro¹, Fatima Mzali⁴, Fabien Pierron³, Rémi Recoura-Massaquant², Eric Rochard¹, Jérôme Cachot³

¹INRAE, UR EABX, 50 Avenue de Verdun 33610 Cestas, France

²INRAE, UR Riverly, Laboratoire d'écotoxicologie, Villeurbanne F-69625, France

³Bordeaux University, CNRS, UMR EPOC 5805, Avenue des Facultés, 33405 Talence, France

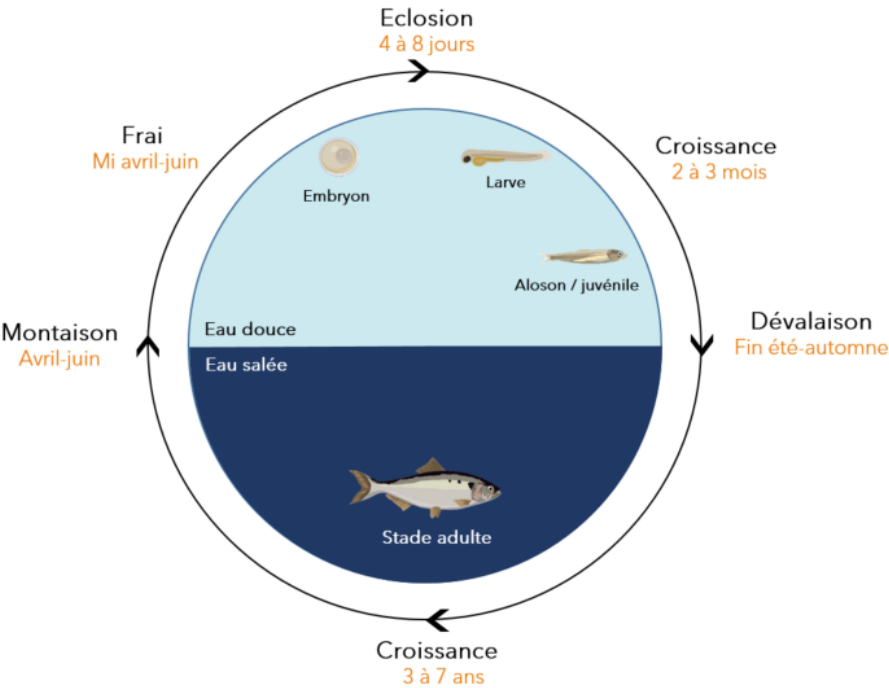
⁴Bordeaux University, UMR 5234 CNRS, Aquitaine microbiologie, Bordeaux, France

➤ Cas d'étude : la grande alose dans le sud-ouest de la France



Grande alose (*Alosa alosa*)

Classe	<i>Actinopterygii</i>
Ordre	<i>Clupeiforme</i>
Famille	<i>Clupeidae</i>
Genre	<i>Alosa</i>

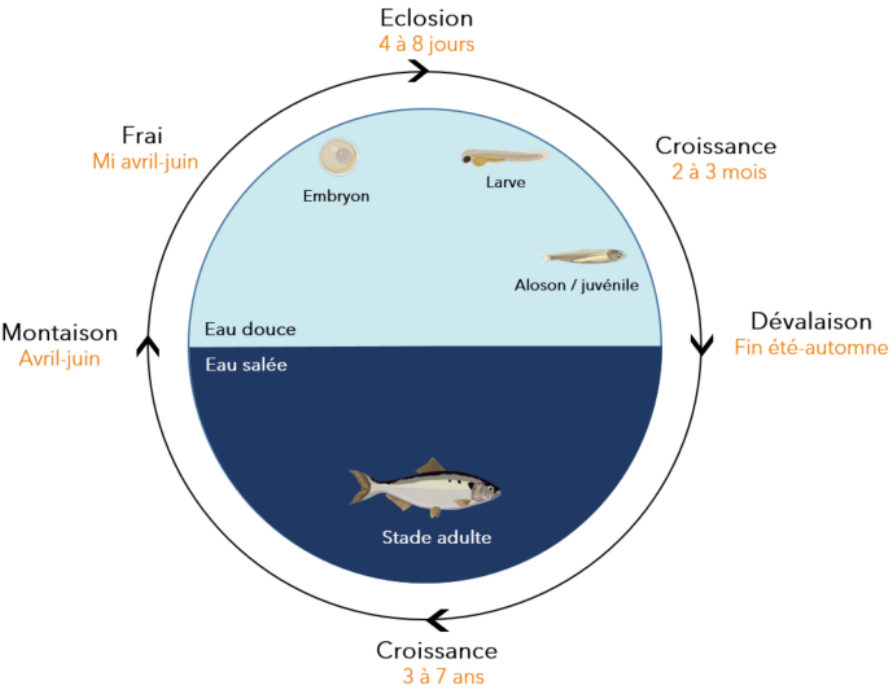


Cas d'étude : la grande alose dans le sud-ouest de la France

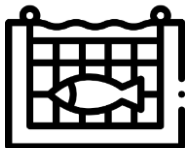
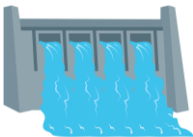
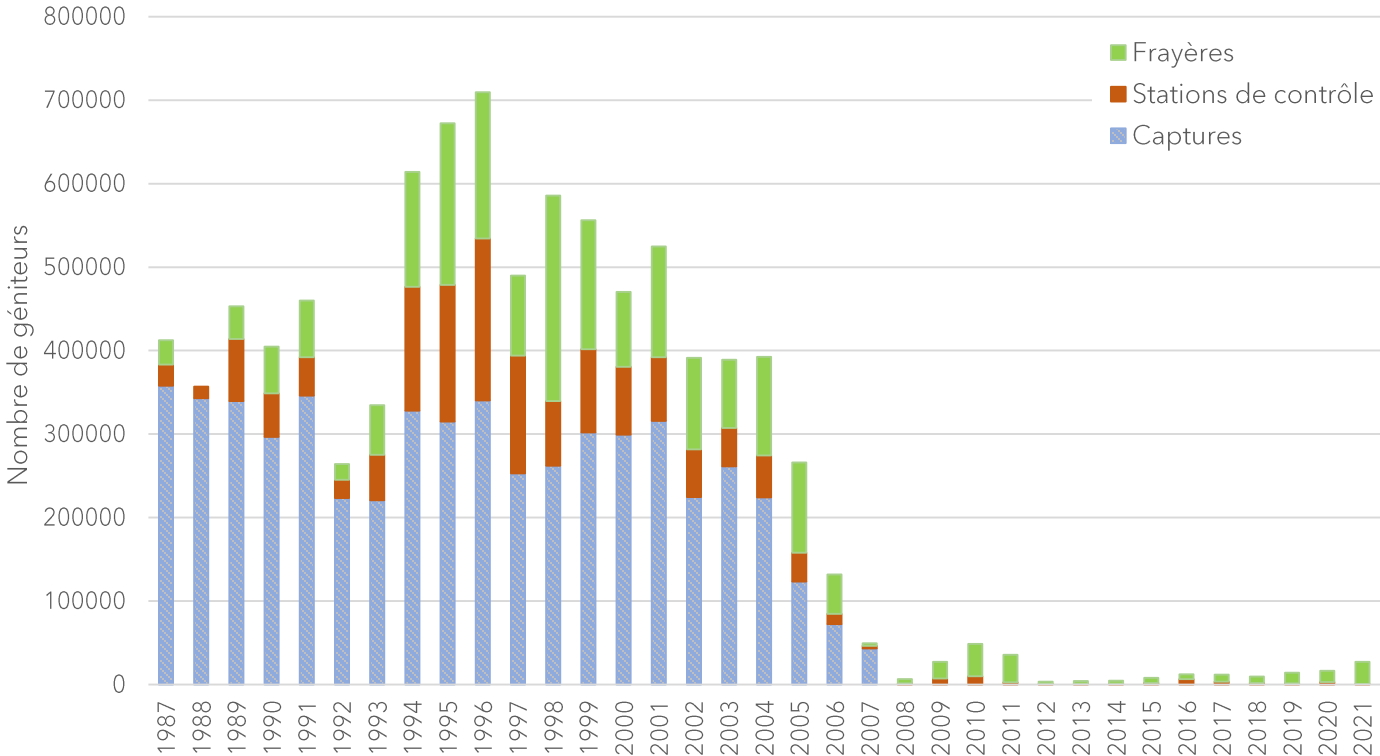


Grande alose (*Alosa alosa*)

Classe	<i>Actinopterygii</i>
Ordre	<i>Clupeiforme</i>
Famille	<i>Clupeidae</i>
Genre	<i>Alosa</i>



Effectifs de géniteurs de grande alose dans le bassin GGD par année (données MIGADO et INRAE)



➤ Cas d'étude : la grande alose dans le sud-ouest de la France

Quel rôle de la qualité de l'eau
et de la contamination dans ce
déclin ?

Stades précoces: sensibilité
++ aux conditions
environnementales



Burggren and Mueller, 2015;
Hutchinson et al, 1998

Favorabilité des eaux de frayères
pour le développement précoce
du poisson?

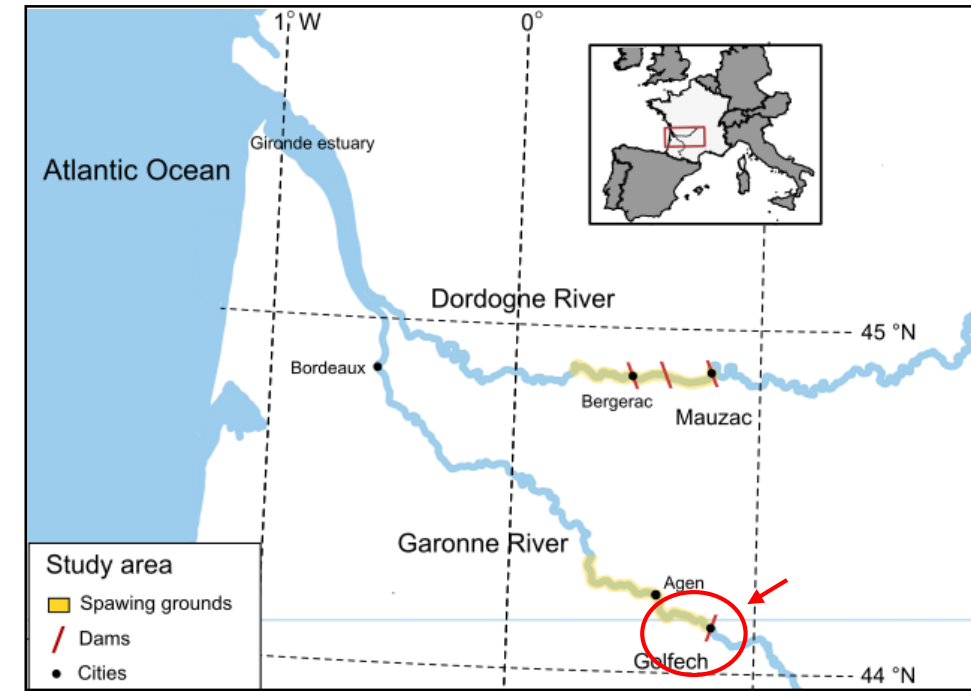
➤ Etudier la favorabilité des eaux de frayères pour le développement précoce du poisson et particulièrement de l'aloise.

- **Stratégie:** exposition d'organismes directement à une eau d'intérêt, en flux continu (*ex-situ*) et en conditions contrôlées (température, O₂, photopériode)

+ Concentrations environnementales réelles
S'affranchir de facteurs confondants au besoin

Ex-situ sur stades
précoces de
poisson

Étude de la réponse
des organismes



➤ Etudier la favorabilité des eaux de frayères pour le développement précoce du poisson et particulièrement de l'alse.

- **Stratégie:** exposition d'organismes directement à une eau d'intérêt, en flux continu (*ex-situ*) et en conditions contrôlées (température, O₂, photopériode)

+ Concentrations environnementales réelles
S'affranchir de facteurs confondants au besoin

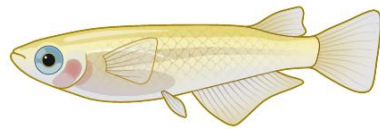
Ex-situ sur stades
précoces de
poisson

Étude de la réponse
des organismes

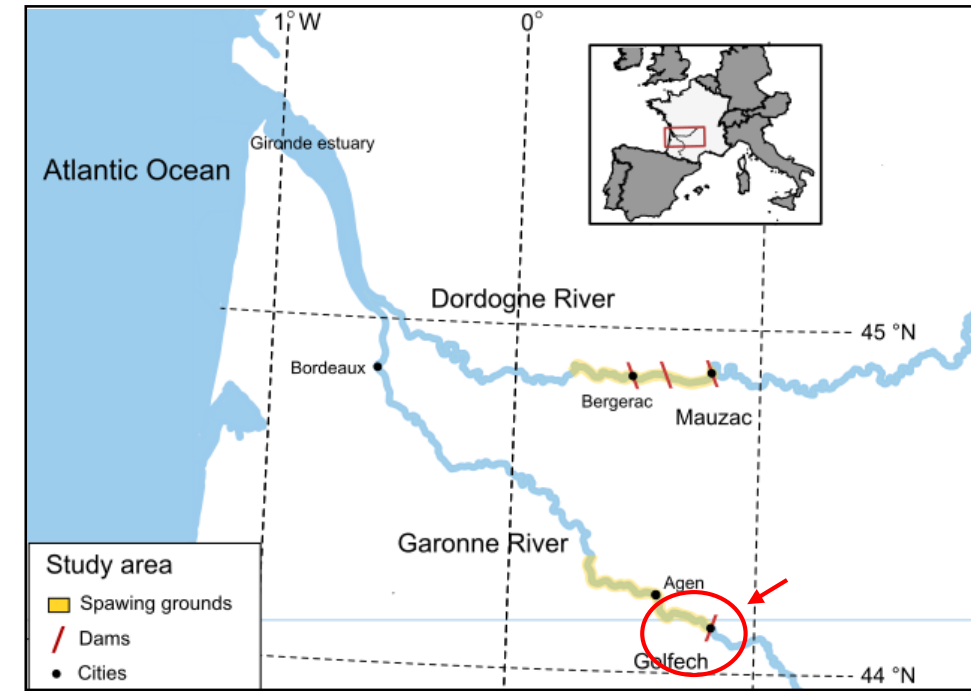
- 2 espèces: une native et une modèle



Grande alose (*Alosa alosa*)

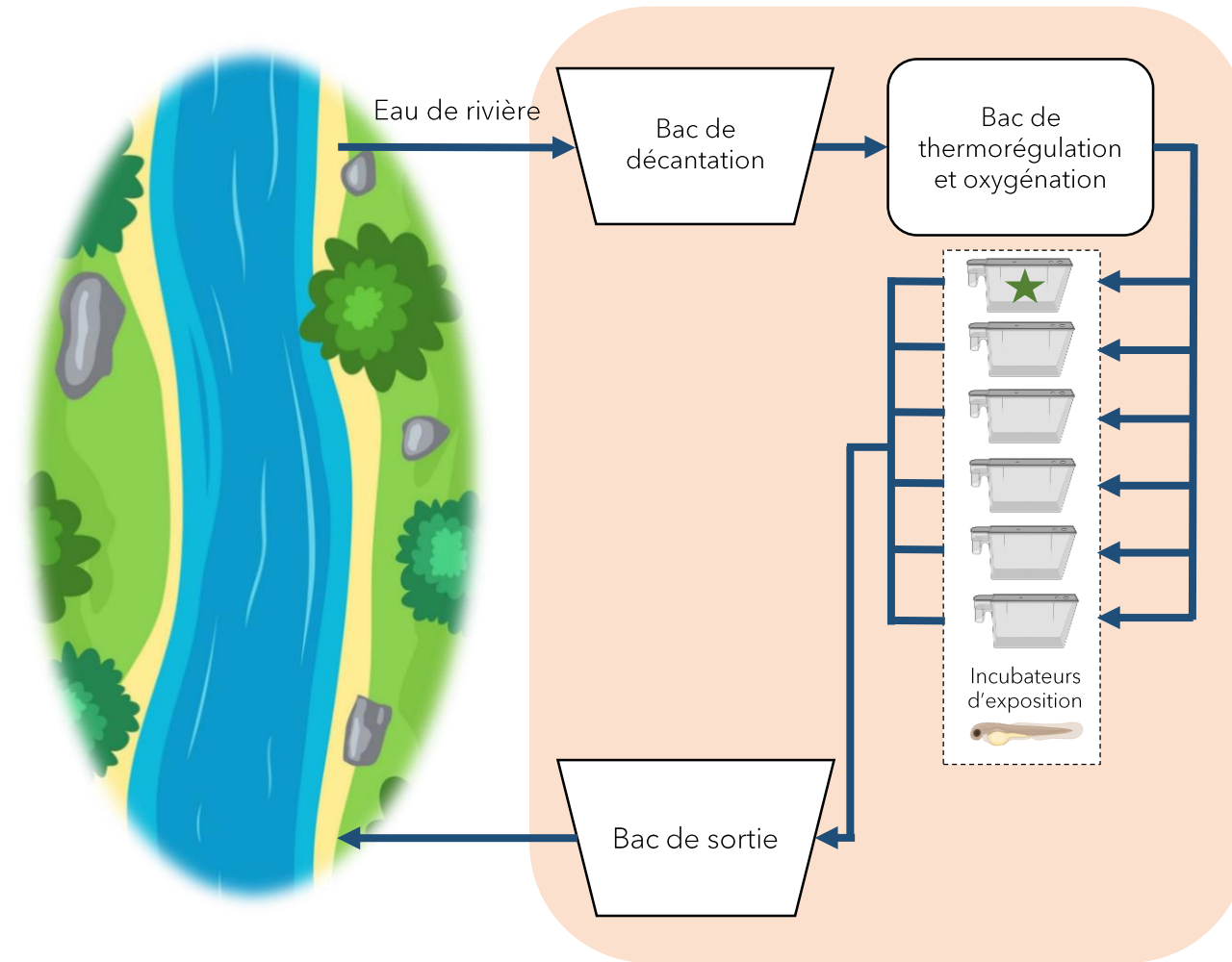


Médaka japonais (*Oryzias latipes*)



➤ Principe général

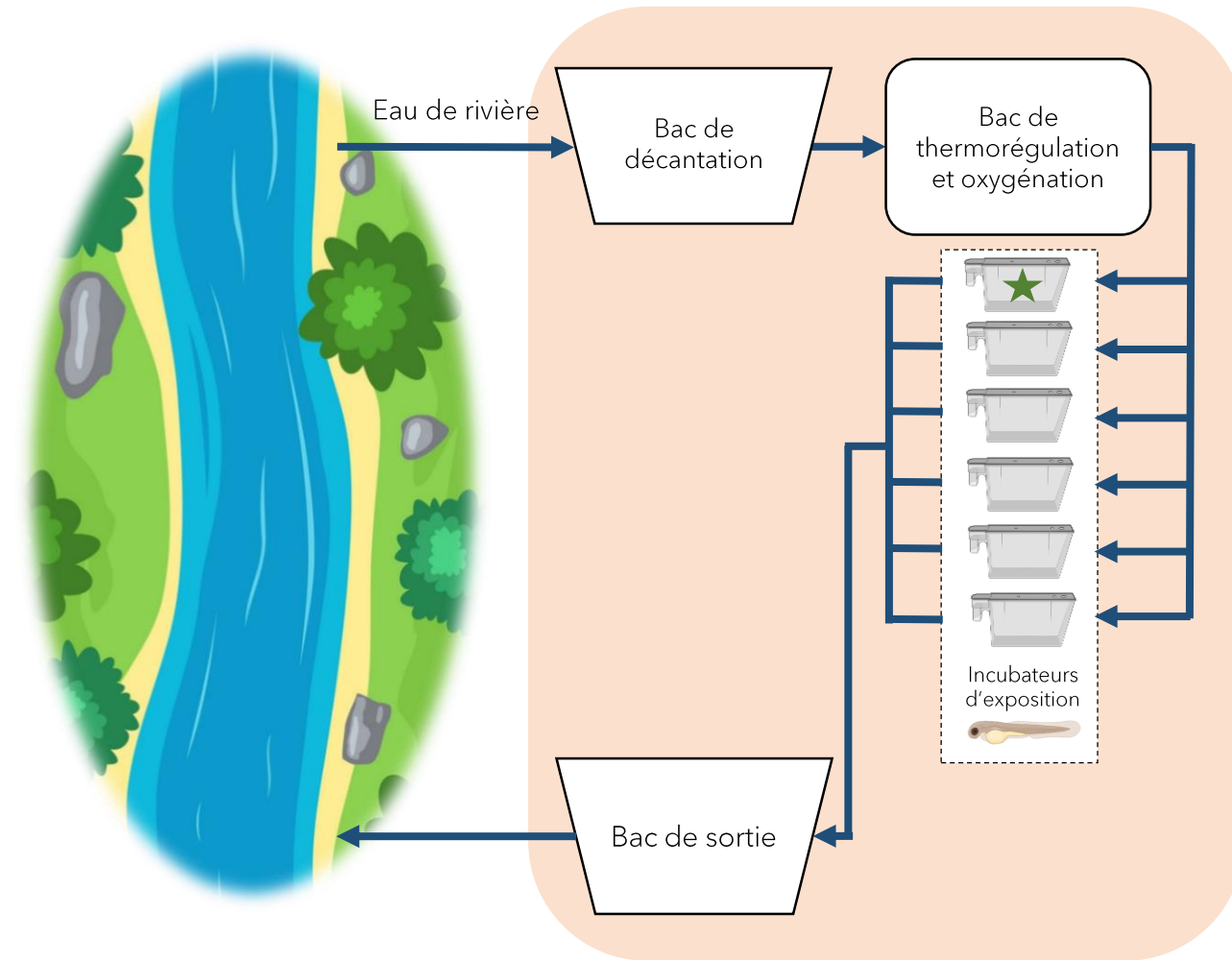
Dispositif exposition eau de la rivière



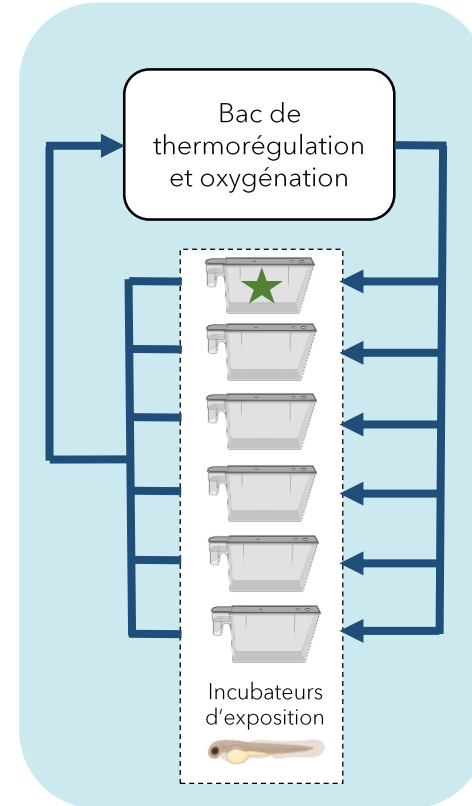
★ Suivi paramètres physico-chimiques

➤ Principe général

Dispositif exposition eau de la rivière



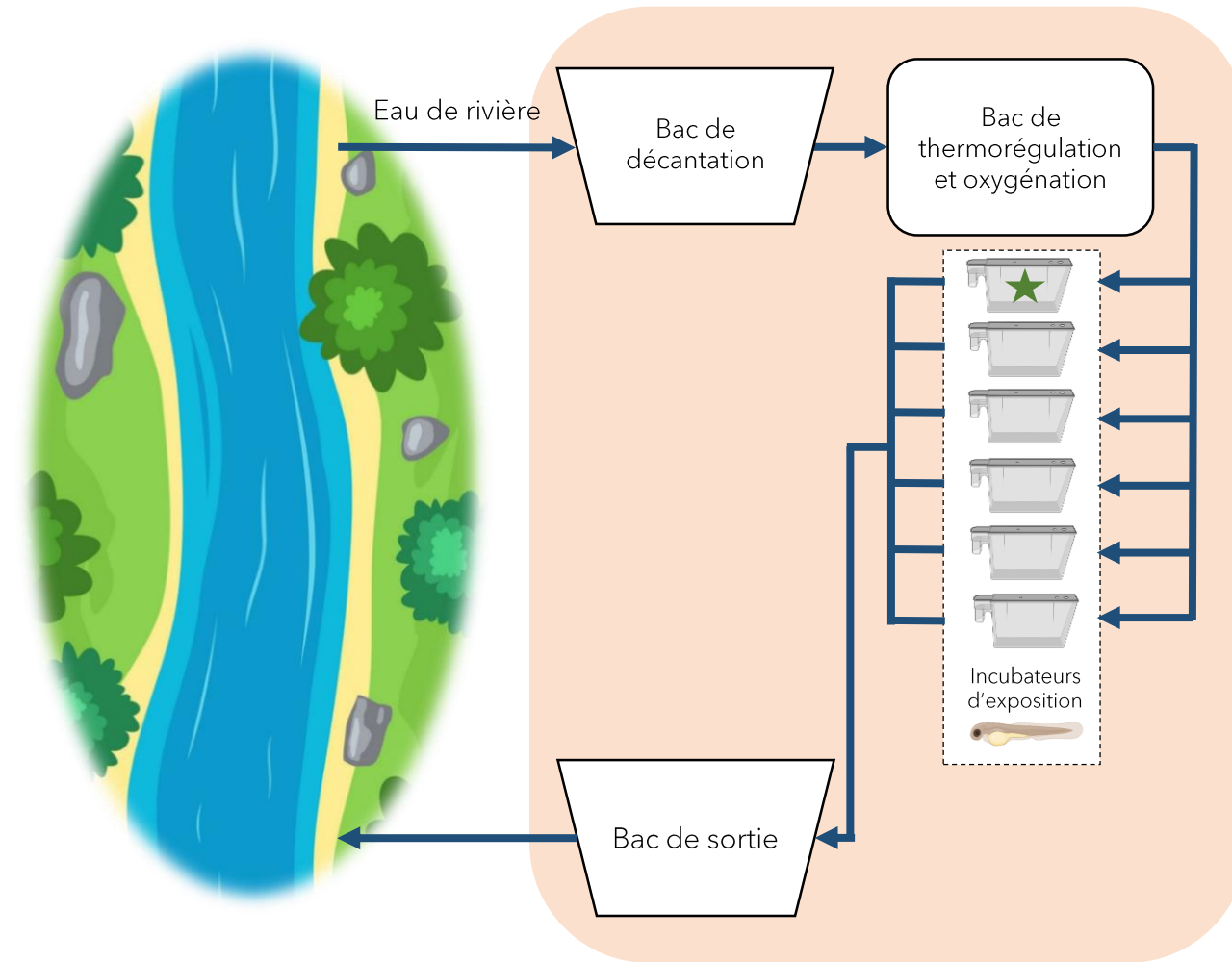
Dispositif contrôle eau de robinet (vieille)



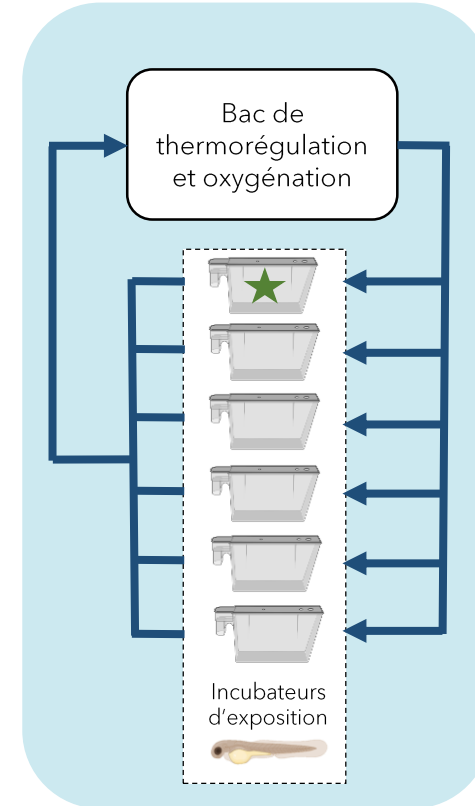
★ Suivi paramètres physico-chimiques

➤ Principe général

Dispositif exposition eau de la rivière



Dispositif contrôle eau de robinet (vieille)

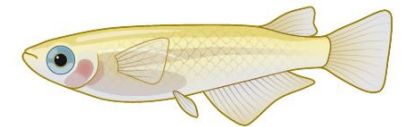


★ Suivi paramètres physico-chimiques



Grande alose (*Alosa alosa*)

2 séries en 2022
1 série en 2023



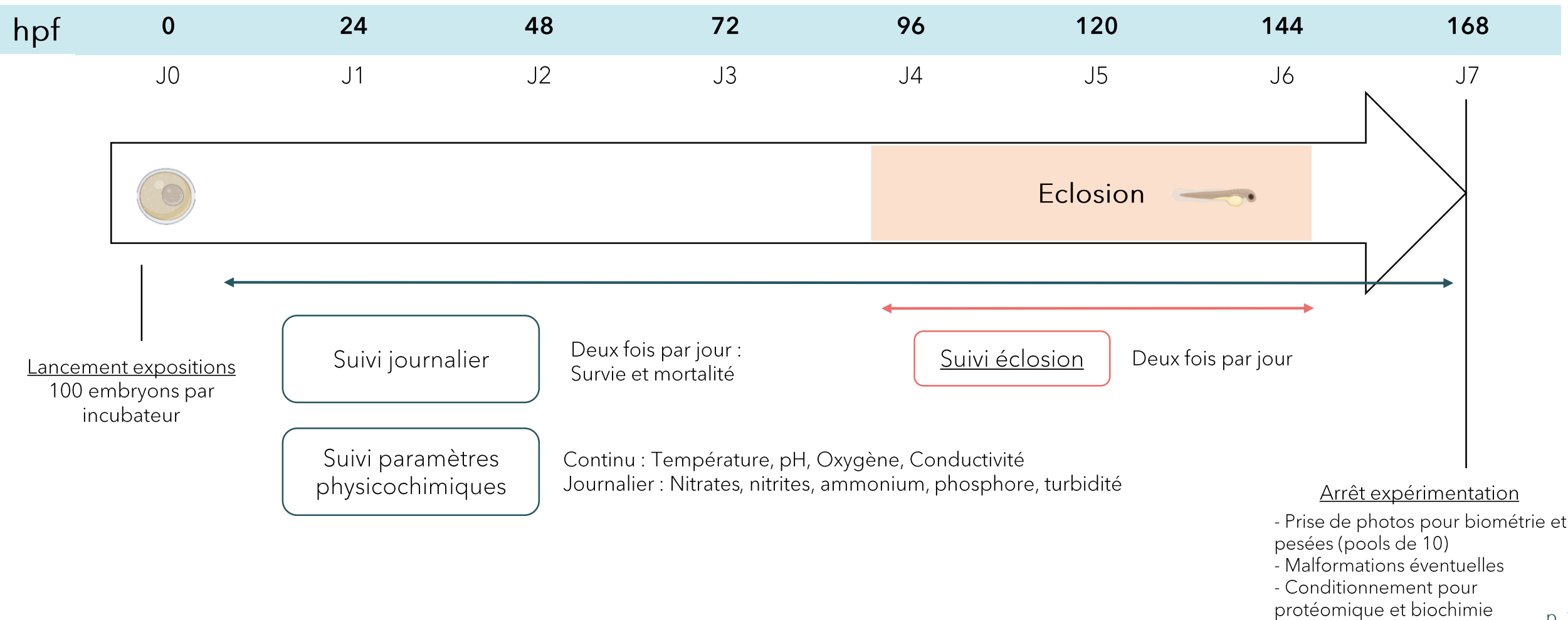
Médaka japonais (*Oryzias latipes*)

2 séries en 2023

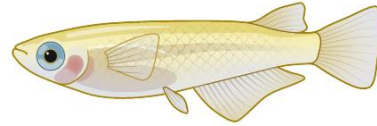
Protocole d'exposition

Fourniture des embryons : MIGADO

T° optimale : 20°C - Oxygène > 80% - photopériode 14:10 light:dark (Jatteau et al, 2017; Blaya et al, 2022)



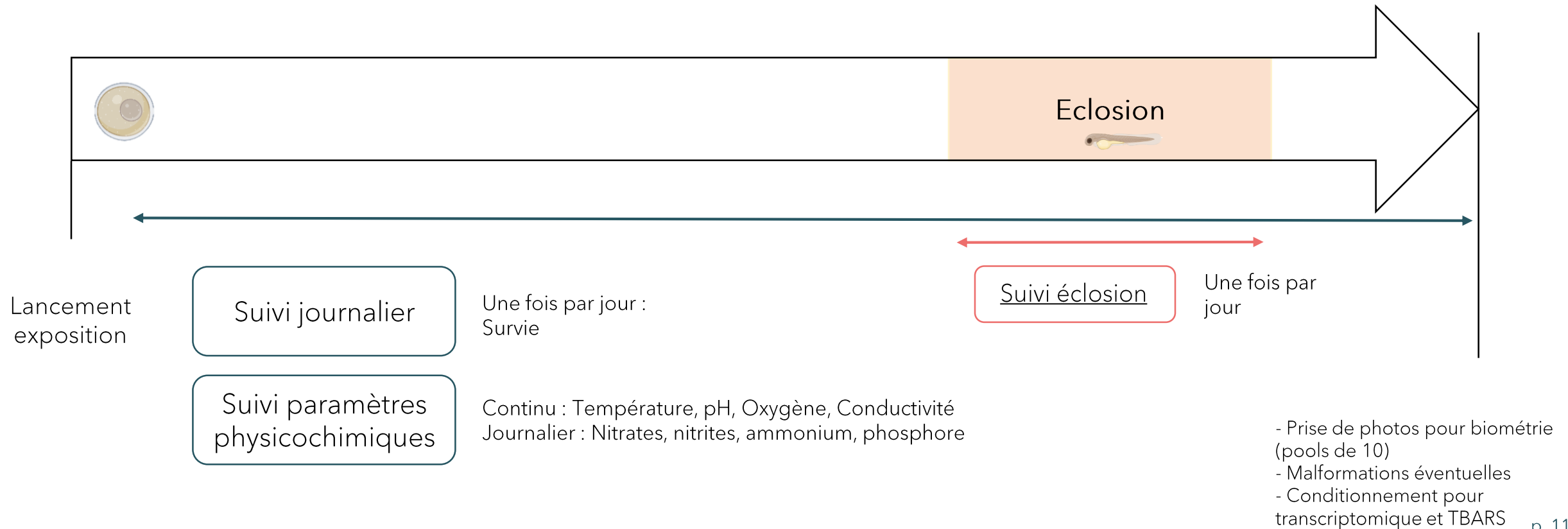
Protocole d'exposition



Fourniture des embryons : INRAE Rennes

T° optimale : 25 ± 2 °C - Oxygène > 80% - photopériode 14:10 light:dark (Iwamatsu, 2004)

hpf	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
	J0	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13/14



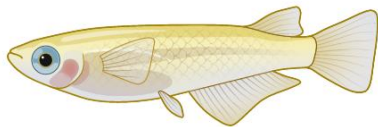
➤ Paramètres de l'eau



Grande alose (*Alosa alosa*)

2 séries en 2022

1 série en 2023



Médaka japonais (*Oryzias latipes*)

2 séries en 2023



Température comparable entre les conditions

Oxygène

Conductivité

pH

Turbidité

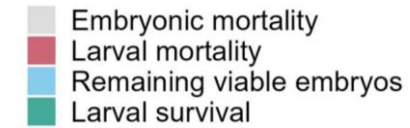
Formes azotées (NO₂, NO₄, NO₃)

Grande alose



Survie des organismes (2022-2023)

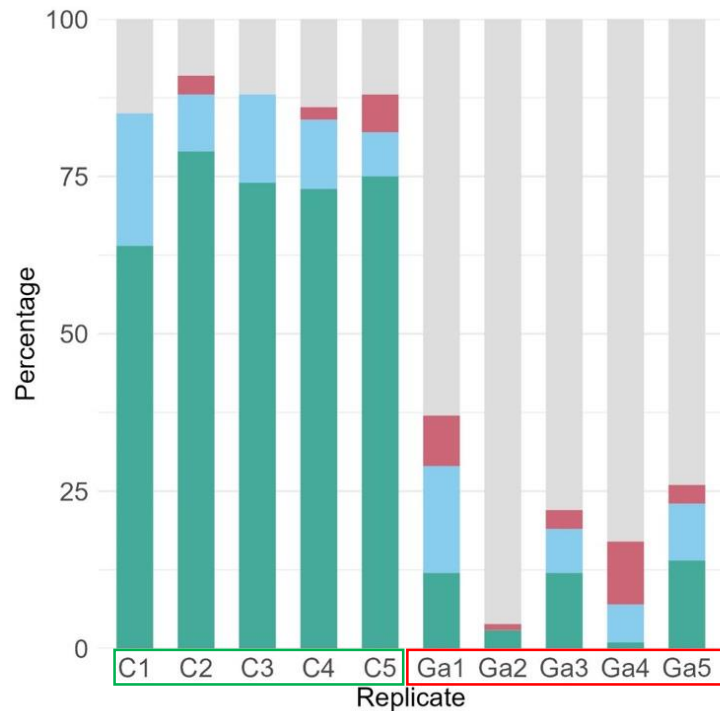
Legend



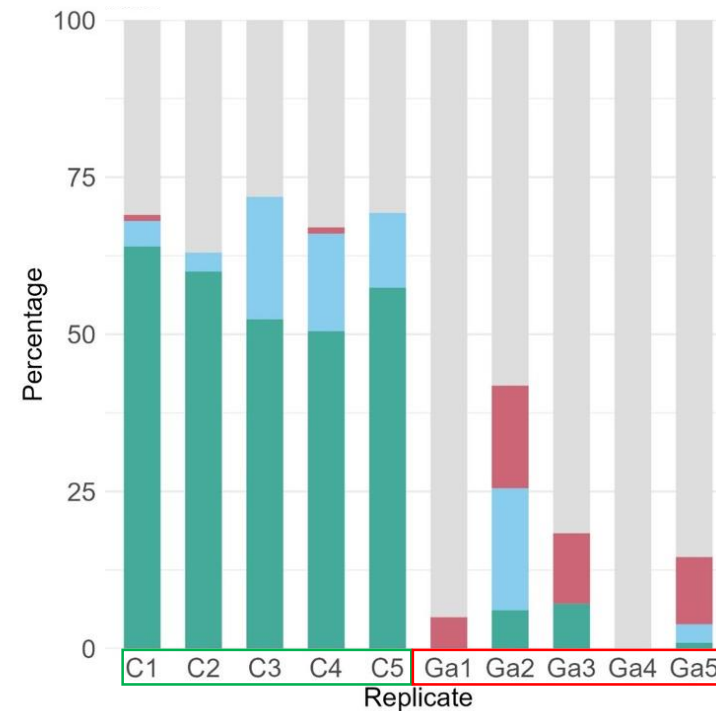
Réplicats Contrôle

Réplicats Garonne

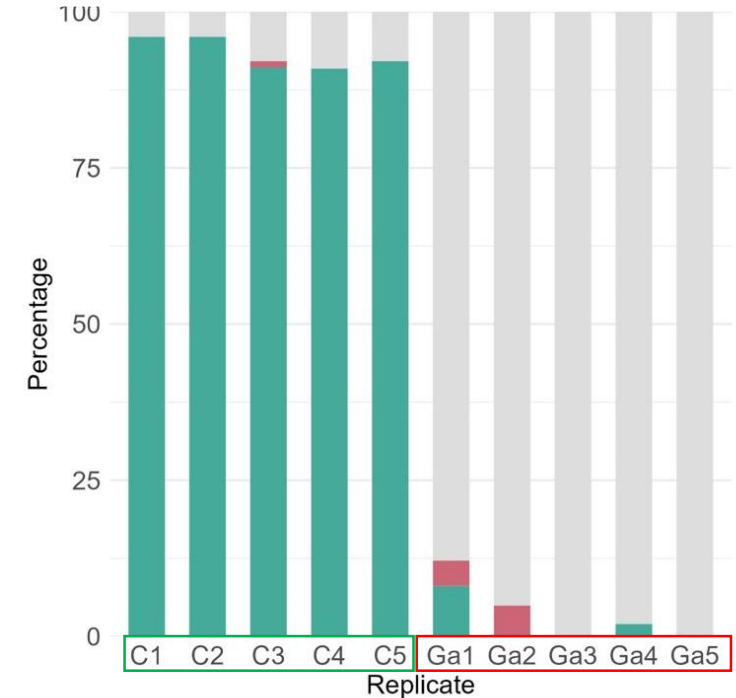
Série Alose 1 _ 2022



Série Alose 2 _ 2022



Série Alose 3 _ 2023



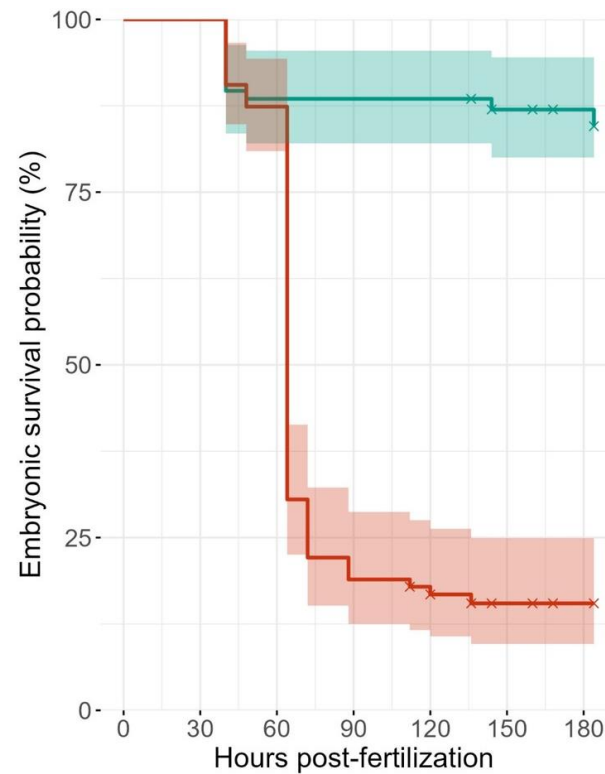
- Bonne répliquabilité entre réplicats/séries/années.
- Variabilité de qualité des lots d'embryons.
- Mortalité importante dans la condition Garonne au stade embryonnaire.

Grande alose

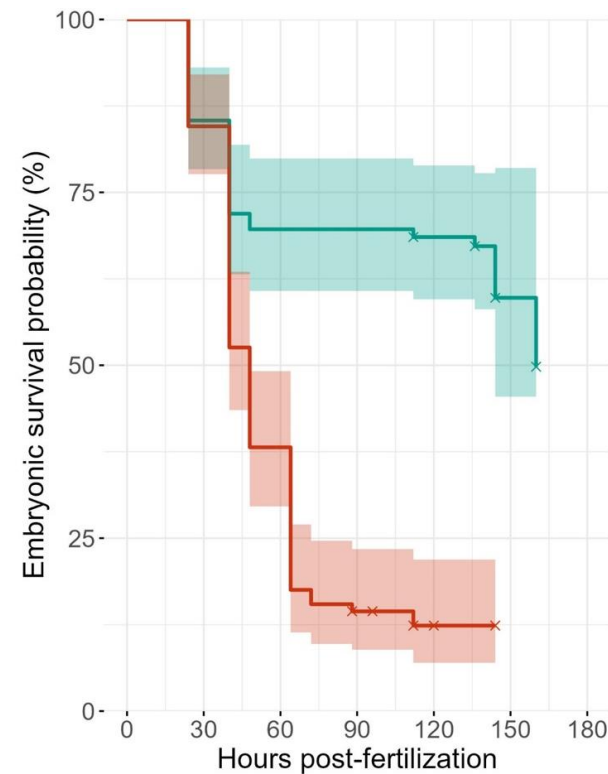


Dynamique des mortalités embryonnaires

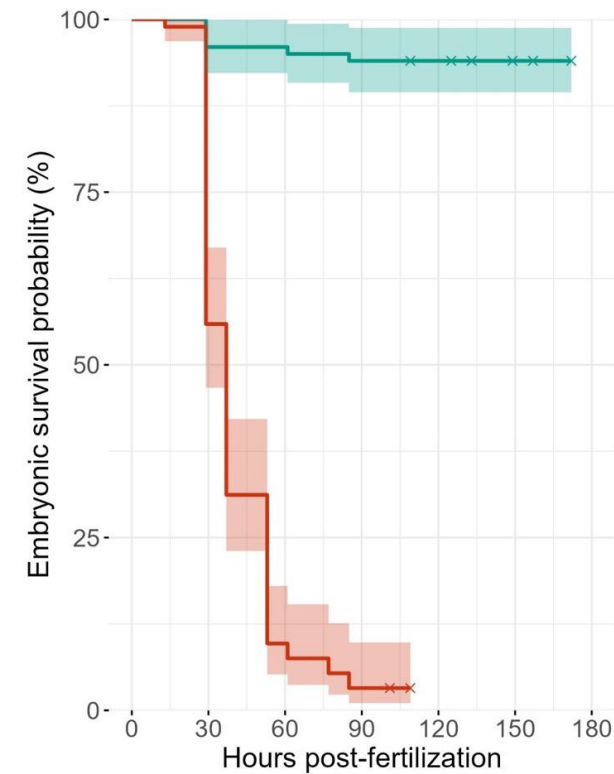
Série Alose 1 _ 2022



Série Alose 2 _ 2022



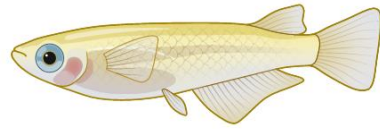
Série Alose 3 _ 2023



Condition
Control
Garonne

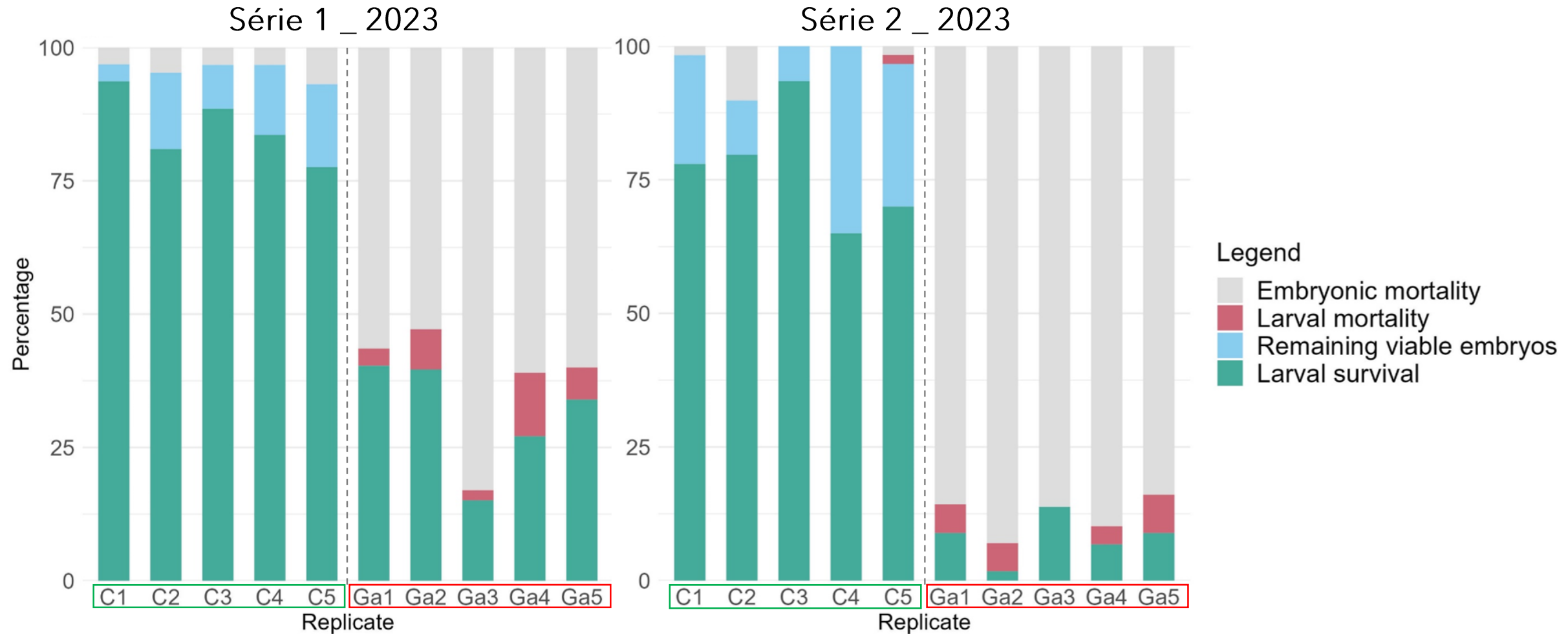
- Différence de survie dépendant des conditions (pval < 0.05)
- Mortalité dans la condition Garonne pendant l'organogenèse.

Médaka japonais



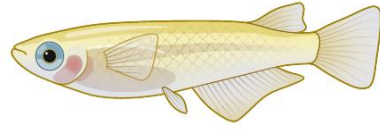
Survie des organismes

— Réplicats Contrôle
— Réplicats Garonne

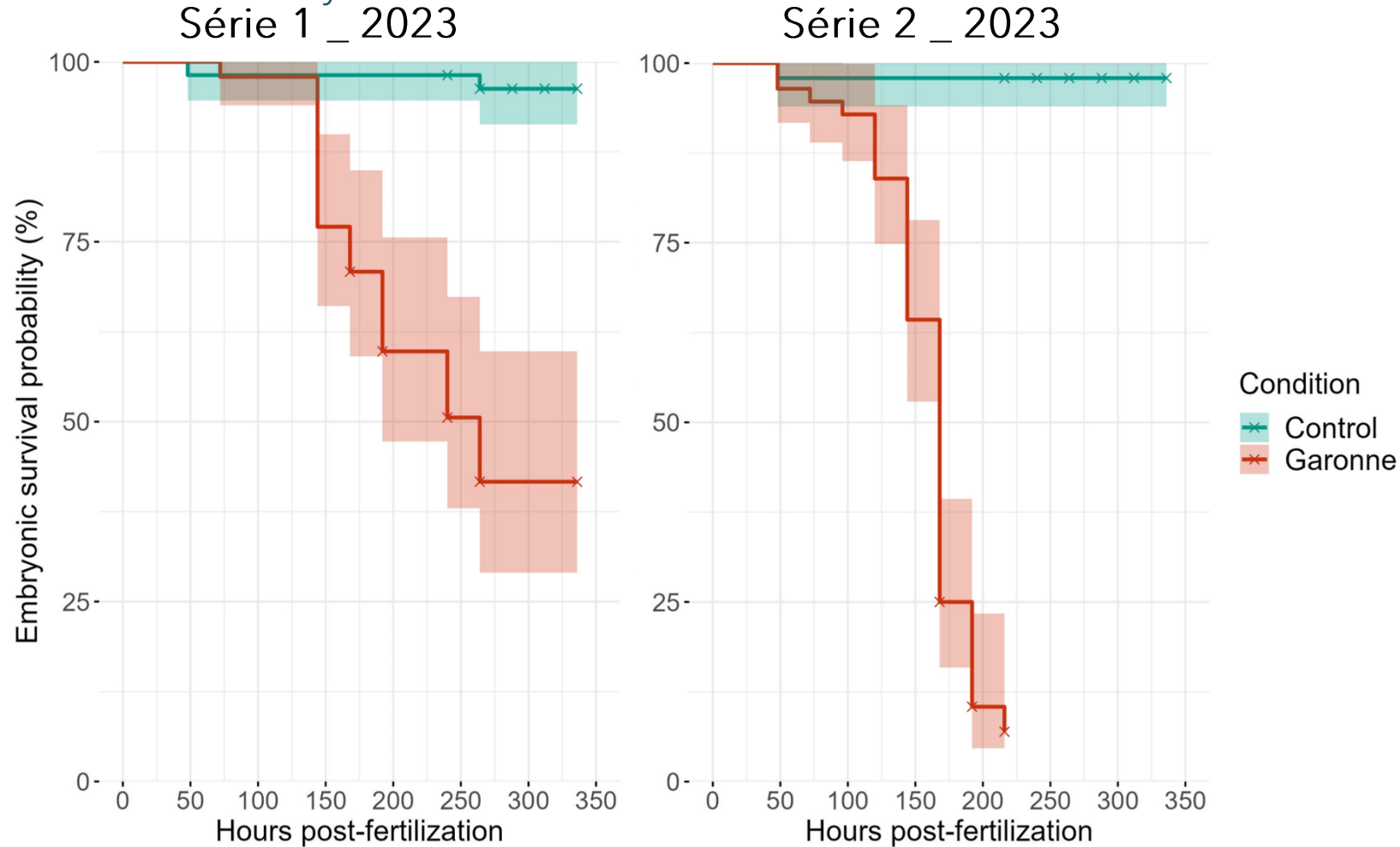


- Résultats similaires entre réplicats d'une même condition.
- Contrôle: Survie et éclosion moyennes > 75%
- Mortalité importante dans la condition Garonne au stade embryonnaire.

Médaka japonais

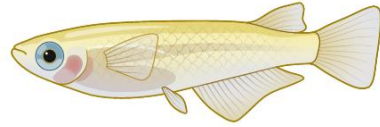


Dynamique des mortalités embryonnaires

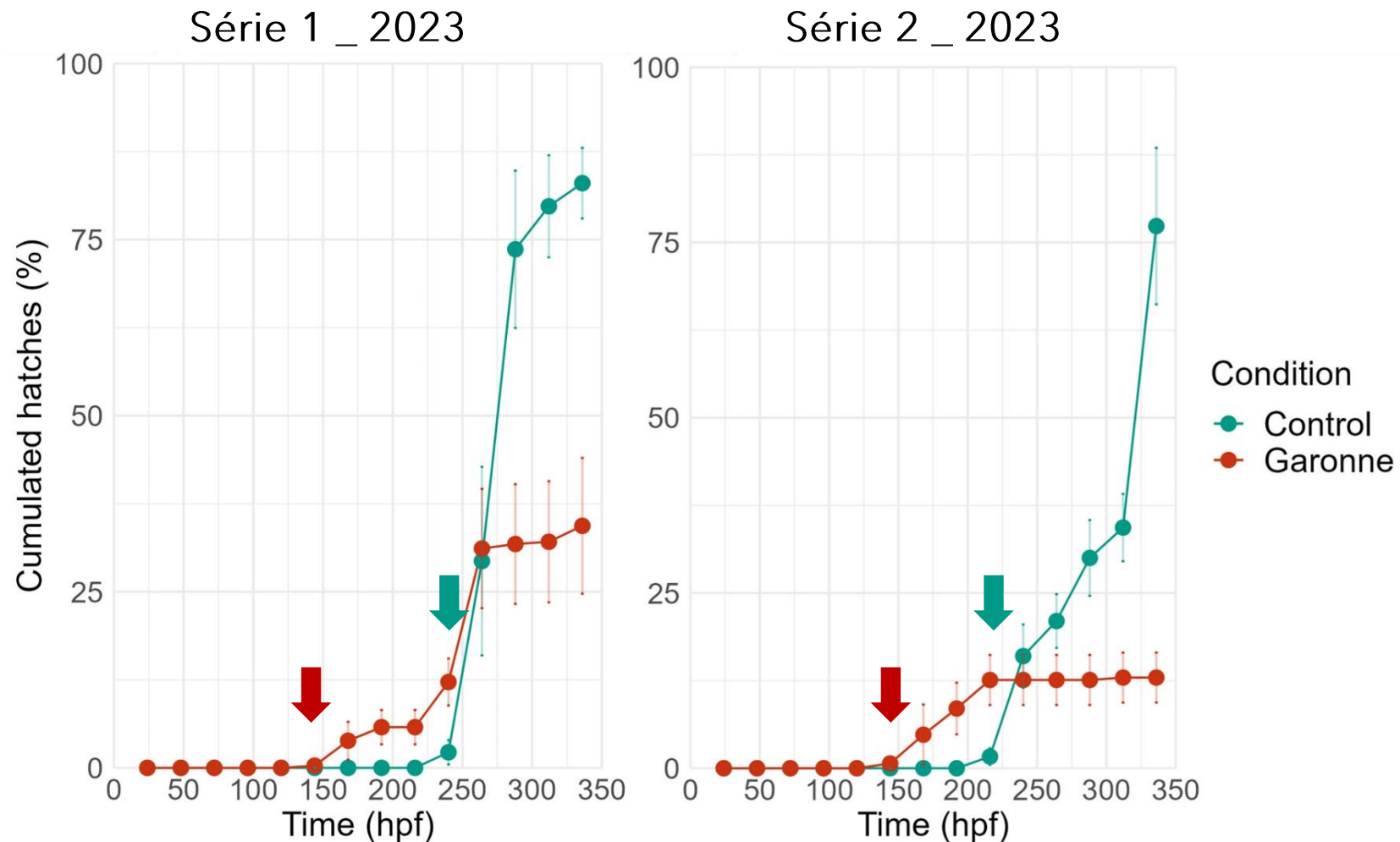


- Différence de survie dépendant des conditions ($p_{val} < 0.05$).
- Mortalité dans la condition Garonne pendant l'organogenèse.

Médaka japonais



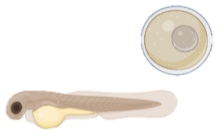
Eclosion (% de larves total cumulé)



→ Eclosions plus précoces dans la condition Garonne.

➤ Conclusion

→ Toxicité pour les embryons de poisson exposés pour les deux espèces:



Favorabilité des eaux de frayères pour le développement semble compromise

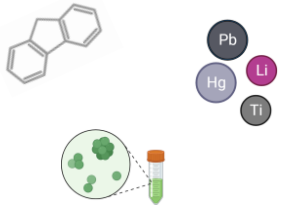
Mortalité embryonnaire importante sur la rivière: une phase particulière du développement?



Transcriptomique: sex-ratio différent entre Garonne et contrôle.

Pas de réponse au stress oxydant évidente (TBARS)

→ Qualité de l'eau de la rivière:



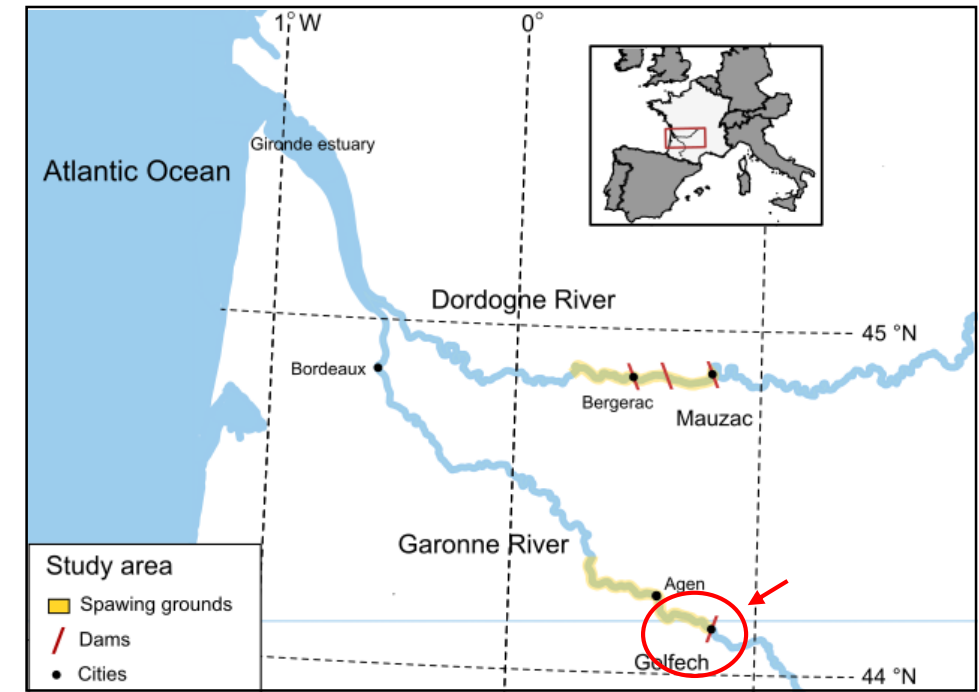
Pesticides (63), métaux (15), pathogènes suivis n'expliquent pas ces résultats.

Composé perturbateur endocrinien ?

Effet cocktail?

➤ Conclusion

- Généraliser et répéter ces expérimentations sur plusieurs points du bassin pour une évaluation globale.
- Nécessité d'améliorer les connaissances sur la contamination du bassin.



- Démonstration intérêt et mise en œuvre de la méthode *ex-situ* pour l'évaluation de la toxicité des milieux.

➤ Merci pour votre
attention



➤ Références

- AFNOR XP T90-721, 2020. s. d. « Qualité de l'eau - Encagement in situ de gammares pour la mesure de la bioaccumulation de substances chimiques. »
- AFNOR XP T90-722-2, 2020. s. d. « Qualité de l'eau - Mesures moléculaires, physiologiques et comportementales chez le gammare (crustacé amphipode) - Partie 2 : mesure de marqueurs de reproduction. »
- AFNOR XP T90-722-3, 2020. s. d. « Qualité de l'eau - Mesures moléculaires, physiologiques et comportementales chez le gammare (crustacé amphipode) - Partie 3 : mesure du taux d'alimentation. »
- Baumann, Loïc, Joanna Vega, Joris Philip, Fabien Polese, Fabrice Vétillard, Maud Pierre, Romaric Le Barh, Philippe Jatteau, Agnès Bardonnnet, et Marie-Laure Acolas. 2021. « Tolerance of Young Allis Shad *Alosa Alosa* (Clupeidae) to Oxy-thermic Stress ». *Journal of Fish Biology* 98 (1): 112-31. <https://doi.org/10.1111/jfb.14562>.
- Beaumelle, Léa, Claire Della Vedova, Karine Beaugelin-Seiller, Jacqueline Garnier-Laplace, et Rodolphe Gilbin. 2017. « Ecological Risk Assessment of Mixtures of Radiological and Chemical Stressors: Methodology to Implement an MsPAF Approach ». *Environmental Pollution* 231 (décembre): 1421-32. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.003>.
- Besse, Jean-Philippe, Olivier Geffard, et Marina Coquery. 2012. « Relevance and Applicability of Active Biomonitoring in Continental Waters under the Water Framework Directive ». *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 36 (juin): 113-27. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2012.04.004>.
- Blaya, Marion, Olivier Geffard, Philippe Jatteau, Maud Pierre, et Eric Rochard. 2022. « Embryonic Development in Allis Shad *Alosa Alosa* : A Baseline for Stress Studies ». *Journal of Applied Ichthyology*, mai, jai.14336. <https://doi.org/10.1111/jai.14336>.
- Burggren, Warren W., et Casey A. Mueller. 2015. « Developmental Critical Windows and Sensitive Periods as Three-Dimensional Constructs in Time and Space ». *Physiological and Biochemical Zoology* 88 (2): 91-102. <https://doi.org/10.1086/679906>.
- Hutchinson, Thomas H., John Solbe, et Pamela J. Kloepper-Sams. 1998. « Analysis of the Ecetoc Aquatic Toxicity (EAT) Database III – Comparative Toxicity of Chemical Substances to Different Life Stages of Aquatic Organisms ». *Chemosphere* 36 (1): 129-42. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(97\)10025-X](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(97)10025-X).
- Iwamatsu, Takashi. 2004. « Stages of Normal Development in the Medaka *Oryzias Latipes* ». *Mechanisms of Development* 121 (7-8): 605-18. <https://doi.org/10.1016/j.mod.2004.03.012>.
- Jatteau, Philippe, Hilaire Drouineau, Katia Charles, Laurent Carry, Frédéric Lange, et Patrick Lambert. 2017. « Thermal Tolerance of Allis Shad (*Alosa Alosa*) Embryos and Larvae: Modeling and Potential Applications ». *Aquatic Living Resources* 30 (2). <https://doi.org/10.1051/alr/2016033>.
- Lassalle, Géraldine, Philippe Crouzet, et Eric Rochard. 2009. « Modelling the Current Distribution of European Diadromous Fishes: An Approach Integrating Regional Anthropogenic Pressures ». *Freshwater Biology* 54 (3): 587-606. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02135.x>.
- Martin-Vandembulcke, Delphine. 1999. Sciences Agronomiques, Toulouse, INPT.
- Oikari, A. 2006. « Caging Techniques for Field Exposures of Fish to Chemical Contaminants ». *Aquatic Toxicology* 78 (4): 370-81. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.03.010>.
- Paumier, Alexis, Hilaire Drouineau, Sebastien Boutry, Neftalí Sillero, et Patrick Lambert. 2020. « Assessing the Relative Importance of Temperature, Discharge, and Day Length on the Reproduction of an Anadromous Fish (*Alosa Alosa*) ». *Freshwater Biology* 65 (2): 253-63. <https://doi.org/10.1111/fwb.13418>.
- Pennington, David W., Jerome Payet, et Michael Hauschild. 2004. « AQUATIC ECOTOXICOLOGICAL INDICATORS IN LIFE-CYCLE ASSESSMENT ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 23 (7): 1796. <https://doi.org/10.1897/03-157>.
- Persson, Linn, Bethanie M. Carney Almroth, Christopher D. Collins, Sarah Cornell, Cynthia A. De Wit, Miriam L. Diamond, Peter Fantke, et al. 2022. « Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities ». *Environmental Science & Technology* 56 (3): 1510-21. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>.
- Posthuma, Leo, et Dick de Zwart. 2006. « Predicted Effects of Toxicant Mixtures Are Confirmed by Changes in Fish Species Assemblages in Ohio, USA, Rivers ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 25 (4): 1094. <https://doi.org/10.1897/05-305R.1>.
- Poulet, Camille. 2018. « Definition of the Migratory Patterns for Allis Shad Metapopulation in the Garonne River: Influence on the Thermal Niche of Spawning in a Global Warming Context ». Université de Bordeaux.
- Rougier, Thibaud, Patrick Lambert, Hilaire Drouineau, Michel Girardin, Gérard Castelnaud, Laurent Carry, Miran Aprahamian, Etienne Rivot, et Eric Rochard. 2012. « Collapse of Allis Shad, *Alosa Alosa*, in the Gironde System (Southwest France): Environmental Change, Fishing Mortality, or Allee Effect? » *ICES Journal of Marine Science* 69 (10): 1802-11. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss149>.
- Wepener, V, éd. 2013. « Active Biomonitoring ». In *Férard, JF., Blaise, C. (Eds) Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology*, 1-14. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5704-2_2.