

➤ L'effet de la lumière artificielle nocturne sur le mulet porc (*Chelon ramada*) : analyse du comportement et du stress

Caroline ROUX (1*), Alex BOIS (2), Fabrice VÉTILLARD (2), Patrick CHÈVRE (2), Philippe JATTEAU (1), Marie-Laure BEGOUT (3), Soizic MORIN (1), Laure CARASSOU (1)

(1) INRAE EABX, Site de Cestas, 50 avenue de Verdun, F33612 Cestas cedex

(2) INRAE EABX, Station expérimentale de Saint-Seurin XPO/IR LIFE, Moulin de la Logerie, 33 rue Alfred de Vigny, 33660 Saint-Seurin-sur-l'Isle

(3) MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, 34250 Palavas-Les-Flots

* caroline.roux@inrae.fr

➤ Contexte général : Stress urbains

Pollution lumineuse nocturne (Artificial Light at Night, ALAN)



NASA

- 83 % de la population humaine vit sous un ciel altéré
- 64 % des espèces d'invertébrés et 30 % vertébrés sont nocturnes

➤ Contexte général : Stress urbains

Pollution lumineuse nocturne (Artificial Light at Night, ALAN)



NASA

- 83 % de la population humaine vit sous un ciel altéré
- 64 % des espèces d'invertébrés et 30 % vertébrés sont nocturnes
- Impact sur les cycles biologiques espèces nocturnes et diurnes

➤ Contexte général : Stress urbains

Pollution lumineuse nocturne (Artificial Light at Night, ALAN)



NASA

- 83 % de la population humaine vit sous un ciel altéré
- 64 % des espèces d'invertébrés et 30 % vertébrés sont nocturnes
- Impact sur les cycles biologiques espèces nocturnes et diurnes
 - ➔ Risques émergents



INRAE

C. Roux / JST LIFE / 13-14 novembre 2024

NOR: TREP1831126A
Hölker and al. 2010
Smyth et al., 2021
Bassi et al. 2022
p. 2

➤ Contexte général : Stress urbains

Pollution lumineuse nocturne (Artificial Light at Night, ALAN)



NASA

- 83 % de la population humaine vit sous un ciel altéré
- 64 % des espèces d'invertébrés et 30 % vertébrés sont nocturnes
- Impact sur les cycles biologiques espèces nocturnes et diurnes
 - ➔ Risques émergents
- Lumière pénètre jusqu'à 20 m de profondeur en mer

➤ Contexte général : Stress urbains

Pollution lumineuse nocturne (Artificial Light at Night, ALAN)



NASA

- 83 % de la population humaine vit sous un ciel altéré
- 64 % des espèces d'invertébrés et 30 % vertébrés sont nocturnes
- Impact sur les cycles biologiques espèces nocturnes et diurnes
 - ➔ Risques émergents
- Lumière pénètre jusqu'à 20 m de profondeur en mer
- Effets sur la biodiversité aquatique peu abordés (20 % des publications)

➤ Contexte général : Stress urbains

Pollution lumineuse nocturne (Artificial Light at Night, ALAN)



Port du Havre en juillet 2023 (credit: C. Roux)

- Effets démontrés de l'ALAN sur :
 - Composition des communautés biologiques
 - Photosynthèse

➤ Contexte général : Stress urbains

Pollution lumineuse nocturne (Artificial Light at Night, ALAN)



Port du Havre en juillet 2023 (credit: C. Roux)

- Effets démontrés de l'ALAN sur :
 - Composition des communautés biologiques
 - Photosynthèse
 - Reproduction et physiologie des poissons (perche, gardon, ablette, chevaine, anguille, gambusie, poisson-clown, guppy, *in vivo*)

➤ Contexte général : Mulet-porc, *Chelon ramada*

- Espèce commune, préoccupation mineure (UICN), largement répandue dans les milieux aquatiques urbanisés européens



Chelon ramada (Credit : C.Roux)



Chelon ramada (Credit : F. Vetillard)



Juveniles de *Chelon ramada* broutant des biofilms dans le port de Royan (Credit : E. Rochard)

➤ Contexte général : Mulet-porc, *Chelon ramada*

- Espèce commune, préoccupation mineure (UICN), largement répandue dans les milieux aquatiques urbanisés européens
- Présente dans les cours d'eau urbains de Bordeaux Métropole et dans l'estuaire de la Gironde adjacent



Chelon ramada (Credit : C.Roux)



Chelon ramada (Credit : F. Vetillard)



Juveniles de *Chelon ramada* broutant des biofilms dans le port de Royan (Credit : E. Rochard)

➤ Contexte général : Mulet-porc, *Chelon ramada*

- Espèce commune, préoccupation mineure (UICN), largement répandue dans les milieux aquatiques urbanisés européens
- Présente dans les cours d'eau urbains de Bordeaux Métropole et dans l'estuaire de la Gironde adjacent
- Guilde alimentaire herbivore/détritivore ; se nourrit de biofilms au stade juvénile



Chelon ramada (Credit : C.Roux)



Chelon ramada (Credit : F. Vetillard)



Juveniles de *Chelon ramada* broutant des biofilms dans le port de Royan (Credit : E. Rochard)

➤ Contexte général : Mulet-porc, *Chelon ramada*

- Espèce commune, préoccupation mineure (UICN), largement répandue dans les milieux aquatiques urbanisés européens
- Présente dans les cours d'eau urbains de Bordeaux Métropole et dans l'estuaire de la Gironde adjacent
- Gilde alimentaire herbivore/détritivore ; se nourrit de biofilms au stade juvénile
- Vecteur essentiel du transfert d'énergie entre le benthos et la colonne d'eau en milieu estuarien et marin



Chelon ramada (Credit : C.Roux)



Chelon ramada (Credit : F. Vetillard)



Juveniles de *Chelon ramada* broutant des biofilms dans le port de Royan (Credit : E. Rochard)

➤ Contexte général



➤ Contexte général

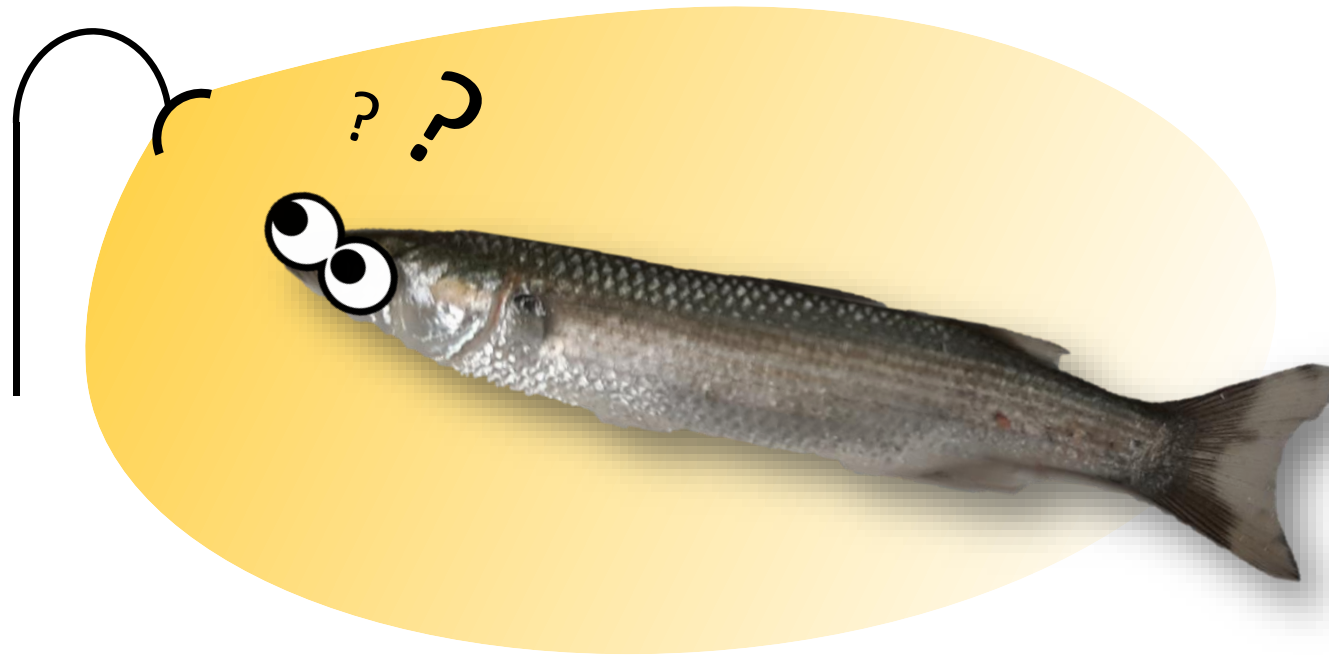


➤ Contexte général



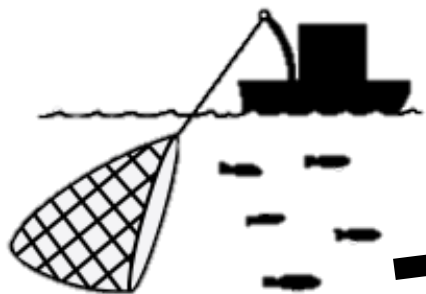
➤ Objectif de l'étude

Étude du comportement animal sous différentes conditions de photopériode



➤ Matériels et Méthodes

Pêche le 5 avril 2023



130 animaux

Acclimatation des poissons 1 mois



Photographie des bassins acclimatation

Mise en place de l'expérimentation

Suivi des conditions
environnementales



Suivi vidéo

Cortisol eau
: toutes les 6
heures



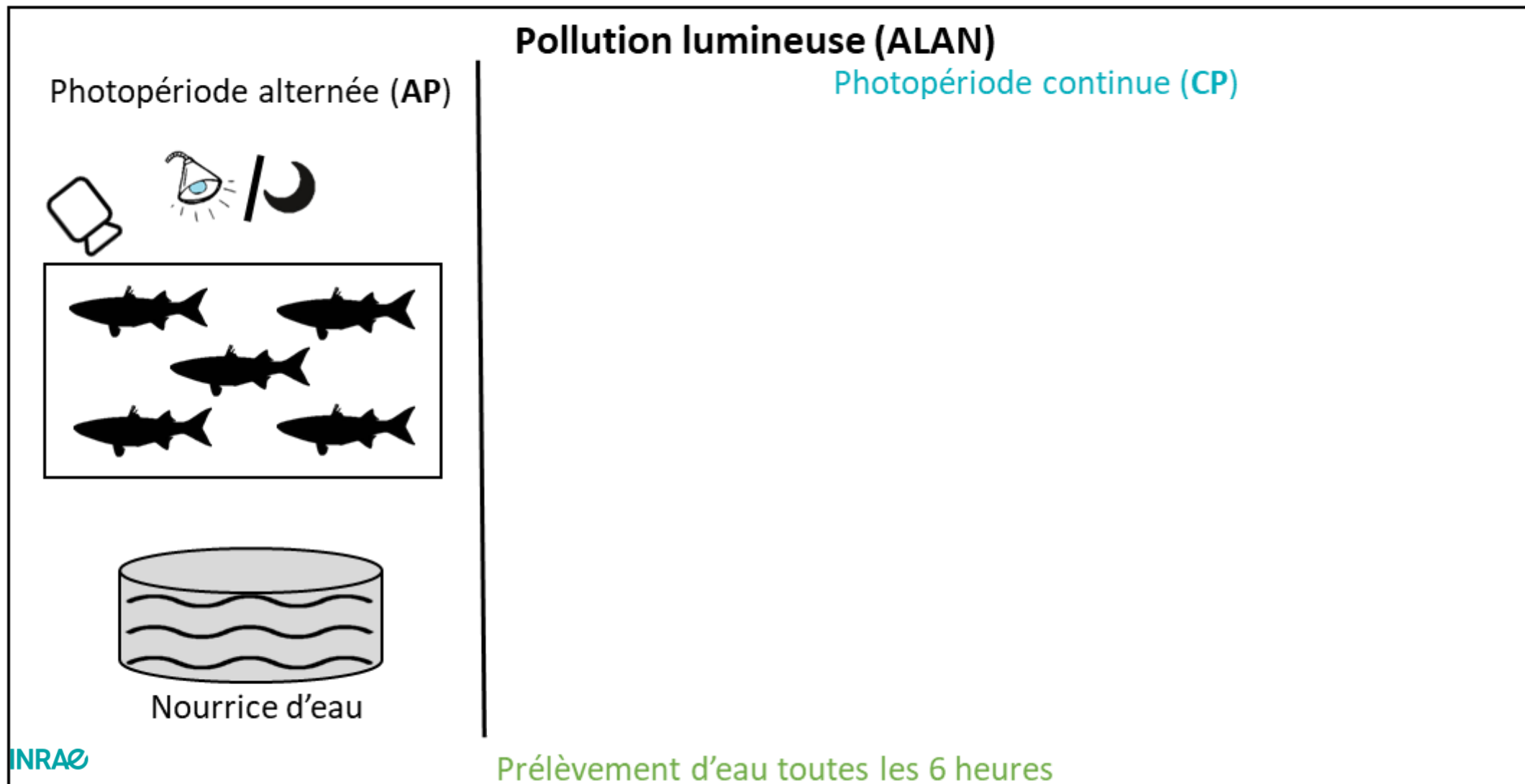
Cortisol sanguin
(fin d'exposition)

➤ Design expérimental



Pendant 3 jours

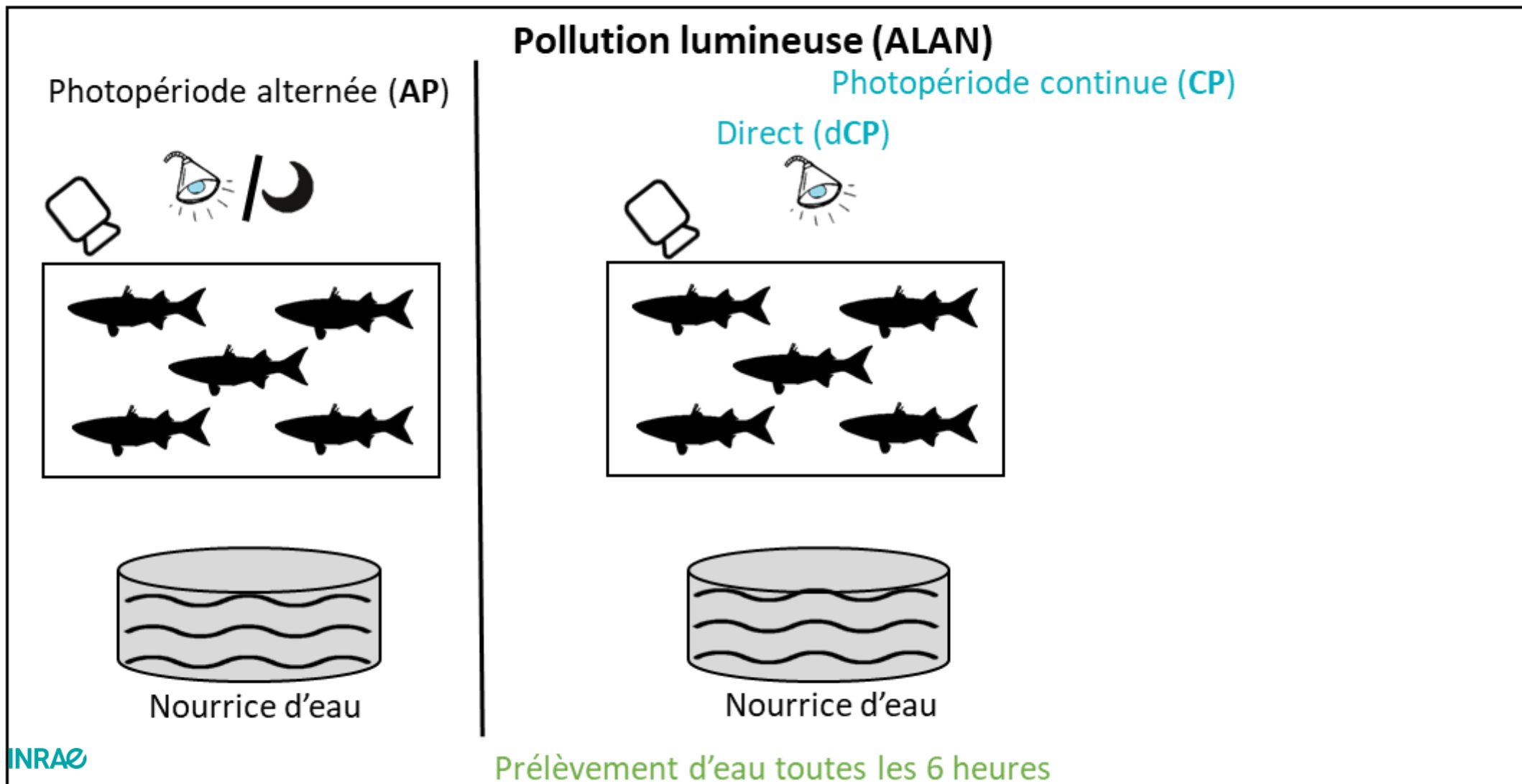
Répété 3 fois sur 3 lots indépendants



➤ Design expérimental



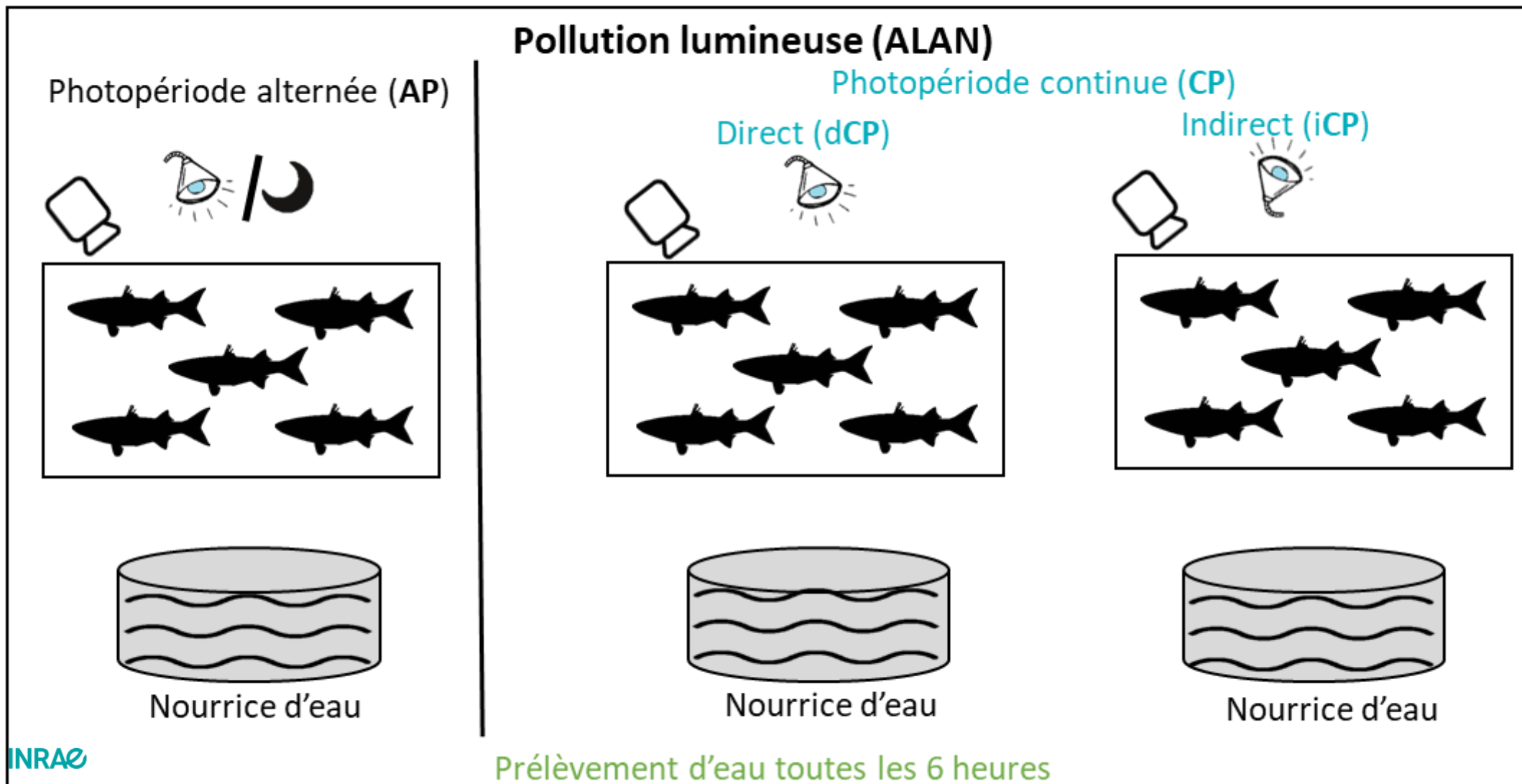
Pendant 3 jours
Répété 3 fois sur 3 lots indépendants



➤ Design expérimental



Pendant 3 jours
Répété 3 fois sur 3 lots indépendants



> Echantillonnage vidéo

Plages horaires choisies :

- 3h-4h nuit
- 6h30-7h30 jour
- 12h-13h jour
- 17h-18h jour
- 21h30-22h30 nuit
- 23h-00h nuit

Lever de soleil : 6h-6h30

Coucher de soleil : 21h-21h30



> Echantillonnage vidéo

Plages horaires choisies :

- 3h-4h nuit
- 6h30-7h30 jour
- 12h-13h jour
- 17h-18h jour
- 21h30-22h30 nuit
- 23h-00h nuit

Lever de soleil : 6h-6h30

Coucher de soleil : 21h-21h30

Données disponibles :

- **38** pistes vidéos de 1 heure
 - 19 pistes de jour
 - 19 pistes de nuit



> Echantillonnage vidéo

Plages horaires choisies :

- 3h-4h nuit
- 6h30-7h30 jour
- 12h-13h jour
- 17h-18h jour
- 21h30-22h30 nuit
- 23h-00h nuit

Lever de soleil : 6h-6h30

Coucher de soleil : 21h-21h30

Données disponibles :

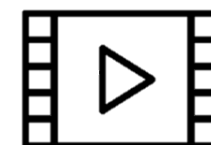
- **38** pistes vidéos de 1 heure
 - 19 pistes de jour
 - 19 pistes de nuit

Confusion des poissons

Reflet des poissons

Trajectoires non linéaires

- **6** pistes vidéos de 5 minutes
 - 3 pistes de jour
 - 3 pistes de nuit



> Echantillonnage vidéo

Plages horaires choisies :

- 3h-4h nuit
- 6h30-7h30 jour
- 12h-13h jour
- 17h-18h jour
- 21h30-22h30 nuit
- 23h-00h nuit

Lever de soleil : 6h-6h30

Coucher de soleil : 21h-21h30

Données disponibles :

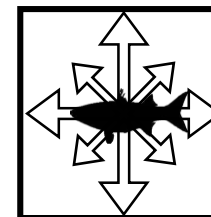
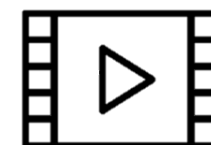
- **38** pistes vidéos de 1 heure
 - 19 pistes de jour
 - 19 pistes de nuit

Confusion des poissons
Reflet des poissons
Trajectoires non linéaires

- **6** pistes vidéos de 5 minutes
 - 3 pistes de jour
 - 3 pistes de nuit

Variables réponses sélectionnées :

- Distance totale parcourue au cours de 5 minutes, en cm
- Vitesse moyenne, en cm s⁻¹
- Distance moyenne entre les poissons, en cm
- Vitesse angulaire, en deg s⁻¹



➤ Résultats physico-chimiques



INRAE

C. Roux / JST LIFE / 13-14 novembre 2024

➤ Impacts de ALAN sur le comportement et le stress du mulet-porc



➤ Impacts de ALAN sur le comportement et le stress du mulet-porc



➤ Impacts de ALAN sur le comportement et le stress du mulet-porc



➤ Impacts de ALAN sur le comportement et le stress du mulet-porc



➤ Impacts de ALAN sur le comportement et le stress du mulet-porc



➤ Impacts de ALAN sur le comportement et le stress du mulet-porc



➤ Impacts de ALAN sur le comportement et le stress du mulet-porc



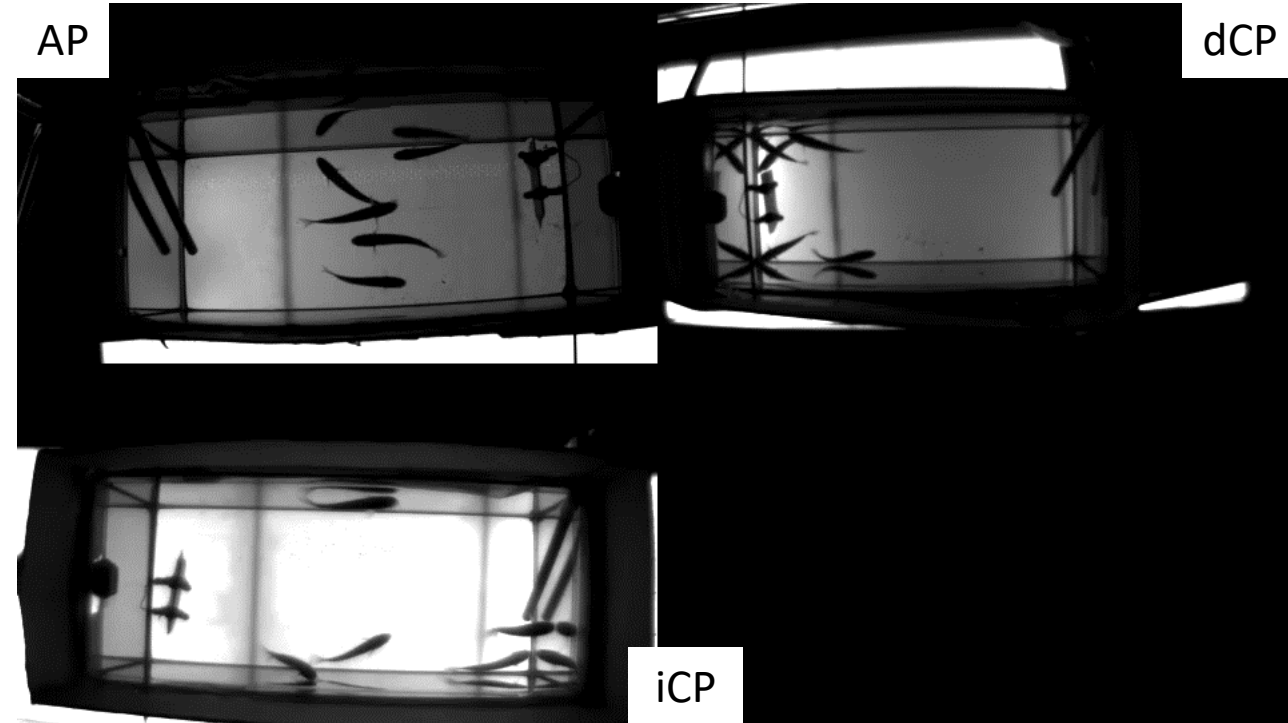
➤ Conclusion



Analyses à finaliser : Résultats préliminaires

- Effet de ALAN sur le comportement interprétable mais plus difficile sur le cortisol
- Réponse comportementale plus précoce sur **72 heures**

Wong et Candolin 2015 ; Bertram et al. 2022



Vidéo à analyser

INRAE

➤ Merci de votre attention !

Avez-vous des questions ?

@ caroline.roux@inrae.fr



Bibliographie

- Asada, K., 2006. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. *Plant Physiol* 141 (2), 391–396. <https://doi.org/10.1104/pp.106.082040>.
- Authority EFSA, E. F. S. (2013). Evaluation of monitoring data on residues of didecylidimethylammonium chloride (DDAC) and benzalkonium chloride (BAC). *EFSA Supporting Publications*, 10(9), 483E. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2013.EN-483>
- Bassi, A., Love, O. P., Cooke, S. J., Warriner, T. R., Harris, C. M., & Madliger, C. L. (2022). Effects of artificial light at night on fishes: A synthesis with future research priorities. *Fish and Fisheries*, 23(3), 631–647. <https://doi.org/10.1111/faf.12638>
- Brüning, A., Hölker, F., Franke, S., Preuer, T., & Kloas, W. (2015). Spotlight on fish: Light pollution affects circadian rhythms of European perch but does not cause stress. *Science of The Total Environment*, 511, 516–522. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.094>
- Brüning, A., Kloas, W., Preuer, T., & Hölker, F. (2018). Influence of artificially induced light pollution on the hormone system of two common fish species, perch and roach, in a rural habitat. *Conservation Physiology*, 6(1), coy016. <https://doi.org/10.1093/conphys/coy016>
- Carassou, L., Lepage, M., Lafitte, F., Kohler, M., Girault, C., Bons, S., Jan, G., Lefebvre, G., Lebarh, R. (2020) Projet Biodiver'Cit , volet poissons, rapport final. Rapport INRAE-EABX FDAAPPMA33, 36 pages.
- Carpentier, A., Como, S., Dupuy, C., Lefrançois, C., & Feunteun, E. (2014). Feeding ecology of *Liza* spp. in a tidal flat: Evidence of the importance of primary production (biofilm) and associated meiofauna. *Journal of Sea Research*, 92, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2013.10.007>
- Cointet, E., Wielgosz-Collin, G., Bougaran, G., Rabesaotra, V., Gonçalves, O., & Méléder, V. (2019). Effects of light and nitrogen availability on photosynthetic efficiency and fatty acid content of three original benthic diatom strains. *PLoS ONE*, 14(11), e0224701. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224701>
- Davey, M. E., & O'toole, G. A. (2000). Microbial biofilms: From ecology to molecular genetics. *Microbiology and Molecular Biology Reviews: MMBR*, 64(4), 847–867. <https://doi.org/10.1128/MMBR.64.4.847-867.2000>
- Davies, T. W., Duffy, J. P., Bennie, J., & Gaston, K. J. (2014). The nature, extent, and ecological implications of marine light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(6), 347–355. <https://doi.org/10.1890/130281>
- Erickson, E., Wakao, S., Niyogi, K.K., 2015. Light stress and photoprotection in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Plant J* 82 (3), 449–465. <https://doi.org/10.1111/tpi.12825>.
- Han, Y., Zhou, Z.-C., Zhu, L., Wei, Y.-Y., Feng, W.-Q., Xu, L., et al., 2019. The impact and mechanism of quaternary ammonium compounds on the transmission of antibiotic resistance genes. *Environ Sci Pollut Res* 26 (27), 28352–28360. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05673-2>.
- Huner, N.P.A., "Oquist, G., Melis, A., 2003. Photostasis in plants, green algae and cyanobacteria: the role of light harvesting antenna complexes. In: Green, B.R., Parson, W.W. (Eds.), Light-Harvesting Antennas in Photosynthesis. Springer Netherlands, pp. 401–421. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2087-8_14.
- Gerba, C. P. (2015). Quaternary Ammonium Biocides: Efficacy in Application. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(2), 464–469. <https://doi.org/10.1128/AEM.02633-14>
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., & Tockner, K. (2010). Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(12), 681–682. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.007>
- Hölker, F., Wurzbacher, C., Weißenborn, C., Monaghan, M. T., Holzhauser, S. I. J., & Premke, K. (2015). Microbial diversity and community respiration in freshwater sediments influenced by artificial light at night. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1667), 20140130. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0130>
- Ikuma, K., Decho, A. W., & Lau, B. L. T. (2015). When nanoparticles meet biofilms—Interactions guiding the environmental fate and accumulation of nanoparticles. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.00591>
- Lang, I., Hodac, L., Friedl, T., Feussner, I., 2011. Fatty acid profiles and their distribution patterns in microalgae: a comprehensive analysis of more than 2000 strains from the SAG culture collection. *BMC Plant Biol* 11 (1), 124. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-124>.
- Lebreton, B., Richard, P., Parlier, E. P., Guillou, G., & Blanchard, G. F. (2011). Trophic ecology of mullets during their spring migration in a European saltmarsh: A stable isotope study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91(4), 502–510. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.12.001>
- Liu, C., Goh, S.G., You, L., Yuan, Q., Mohapatra, S., Gin, K.Y.-H., et al., 2023. Low concentration quaternary ammonium compounds promoted antibiotic resistance gene transfer via plasmid conjugation. *Sci Total Environ* 887, 163781. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163781>.
- Lobry, J., Mourand, L., Rochard, E., & Elie, P. (2003). Structure of the Gironde estuarine fish assemblages: A comparison of European estuaries perspective. *Aquatic Living Resources*, 16(2), 47–58. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(03\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(03)00031-7)
- Pusch, M., Fiebig, D., Brettar, I., Eisenmann, H., Ellis, B. K., Kaplan, L. A., Lock, M. A., Naegeli, M. W., & Traunspurger, W. (1998). The role of micro-organisms in the ecological connectivity of running waters. *Freshwater Biology*, 40(3), 453–495. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00372.x>
- Renaud, S.M., Thinh, L.-V., Parry, D.L., 1999. The gross chemical composition and fatty acid composition of 18 species of tropical Australian microalgae for possible use in mariculture. *Aquaculture* 170 (2), 147–159. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00399-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00399-8).
- Ritter, A., Goullitquer, S., Salaün, J.-P., Tonon, T., Correa, J.A., Potin, P., 2008. Copper stress induces biosynthesis of octadecanoid and eicosanoid oxygenated derivatives in the brown algal kelp *Laminaria digitata*. *N Phytol* 180 (4), 809–821. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02626.x>.
- Severina, I.I., Muntyan, M.S., Lewis, K., Skulachev, V.P., 2001. Transfer of cationic antibacterial agents berberine, palmatine, and benzalkonium through bimolecular planar phospholipid film and staphylococcus aureus membrane. *IUBMB Life* 52 (6), 321–324. <https://doi.org/10.1080/152165401317291183>.
- Smyth, T. J., Wright, A. E., McKee, D., Tidau, S., Tamir, R., Dubinsky, Z., Iluz, D., & Davies, T. W. (2021). A global atlas of artificial light at night under the sea. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 9(1), 00049. <https://doi.org/10.1525/elementa.2021.00049>
- Sreevidya, V. S., Lenz, K. A., Svoboda, K. R., & Ma, H. (2018). Benzalkonium chloride, benzethonium chloride, and chloroxylenol—Three replacement antimicrobials are more toxic than triclosan and triclocarban in two model organisms. *Environmental Pollution*, 235, 814–824. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.108>
- Sutherland, I. W. (2001). The biofilm matrix – an immobilized but dynamic microbial environment. *Trends in Microbiology*, 9(5), 222–227. [https://doi.org/10.1016/S0966-842X\(01\)02012-1](https://doi.org/10.1016/S0966-842X(01)02012-1)
- Waring, J., Klenell, M., Bechtold, U., Underwood, G.J.C., Baker, N.R., 2010. Lightinduced responses of oxygen photoreduction, reactive oxygen species production and scavenging in two diatom species1. *J Phycol* 46 (6), 1206–1217. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00919.x>.
- Zhang, C., Cui, F., Zeng, G., Jiang, M., Yang, Z., Yu, Z., Zhu, M., & Shen, L. (2015). Quaternary ammonium compounds (QACs): A review on occurrence, fate and toxicity in the environment. *Science of The Total Environment*, 518–519, 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.007>