

Impacts sur les populations de poissons du Léman des campagnes sismiques de géothermie



Emilie Réalis-Doyelle, Chloé Goulon, Franck Cattaneo, Lucia Di Iorio, Isabelle Domaizon, Anaïs Laurieux, Romane Morati, Antoine Polblanc, Clément Rautureau, Marine Vautier, Valentin Cavboy, Jean Guillard

Le bruit est un facteur de stress qui est à la fois chronique et répandu (Staaterman et al., 2020)

- Peu de données , surtout des expériences en cage, sur des espèces modèles, peu d'études en milieu naturel
Et encore moins en milieu lacustre
- L'intensité du bruit aquatique ambiant sous l'eau a doublé tous les 10 ans depuis 1995 (Jones, 2019)
- Lors (CBD-COP13), le bruit a été souligné comme un problème critique et urgent pour les cent prochaines années
- Stress auditif brutal plus impactant qu'un stress chronique (Guh et al., 2021)

Multiple environmental stressors



Molecular responses

DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

Cortisol plasmatique (Santulli et al., 1999; Filiciotto et al., 2013; Nichols et al., 2015; Celie et al., 2016; Staaterman et al., 2020)

Multiple environmental stressors**Molecular responses**

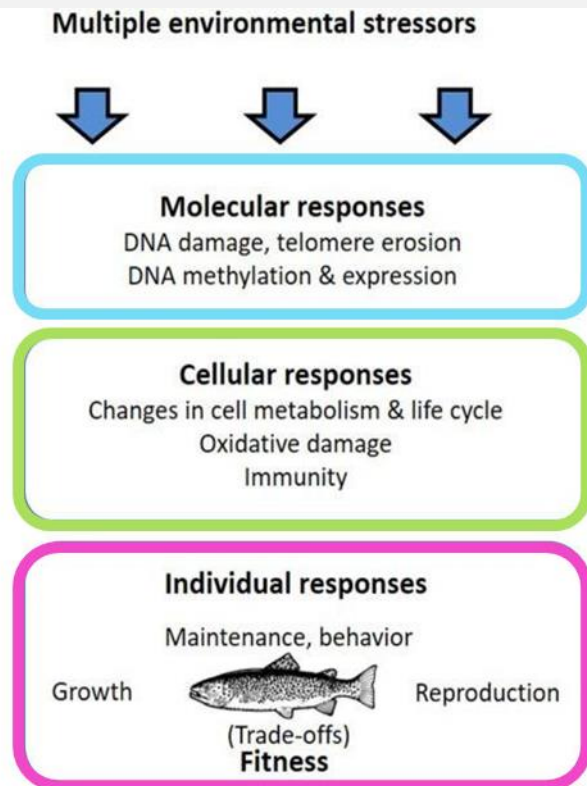
DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

Cellular responses

Changes in cell metabolism & life cycle
Oxidative damage
Immunity

Cortisol plasmatique (Santulli et al., 1999; Filiciotto et al., 2013; Nichols et al., 2015; Celie et al., 2016; Staaterman et al., 2020)

Enzymes antioxydantes (Filiciotto et al., 2017; Chang et al., 2018; Wei et al. 2018).), **HSP70** (Nicosia et al., 2014; Célie et al., 2012, 2016 ; Vazzana et al., 2014,2016)



Cortisol plasmatique (Santulli et al., 1999; Filiciotto et al., 2013; Nichols et al., 2015; Celie et al., 2016; Staaterman et al., 2020)

Enzymes antioxydantes (Filiciotto et al., 2017; Chang et al., 2018; Wei et al. 2018.), **HSP70** (Nicosia et al., 2014; Célie et al., 2012, 2016 ; Vazzana et al., 2014,2016)

Atteinte du système auditif : cellules ciliées (Smith et al., 2004, Popper et al., 2004); **ligne latérale** (Popper et al., 2004); **barotraumatisme** et de la **vessie natatoire** (Aguilar et al., 20216; Casper et al., 2016; Popper et al., 2016)

Multiple environmental stressors



Molecular responses

DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

Cellular responses

Changes in cell metabolism & life cycle
Oxidative damage
Immunity

Individual responses

Maintenance, behavior
Growth  Reproduction
(Trade-offs)
Fitness



Transgenerational effects

Genetic, plastic and epigenetic effects



Population responses

Variations in sensitivity

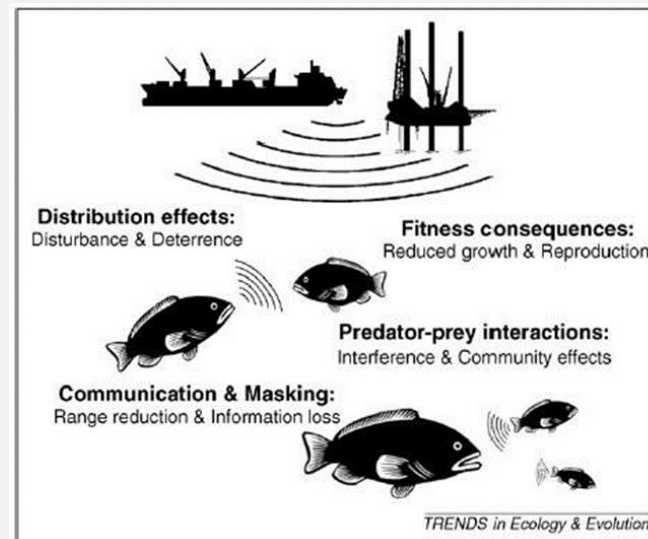
Evolutionary response

Adaptation or maladaptation

Cortisol plasmatique (Santulli et al., 1999; Filiciotto et al., 2013; Nichols et al., 2015; Celie et al., 2016; Staaterman et al., 2020)

Enzymes antioxydantes (Filiciotto et al., 2017; Chang et al., 2018; Wei et al. 2018.), **HSP70** (Nicosia et al., 2014; Célie et al., 2012, 2016 ; Vazzana et al., 2014,2016)

Atteinte du système auditif : cellules ciliées (Smith et al., 2004, Popper et al., 2004); **ligne latérale** (Popper et al., 2004); **barotraumatisme** et de la **vessie natatoire** (Aguilar et al., 20216; Casper et al., 2016; Popper et al., 2016)

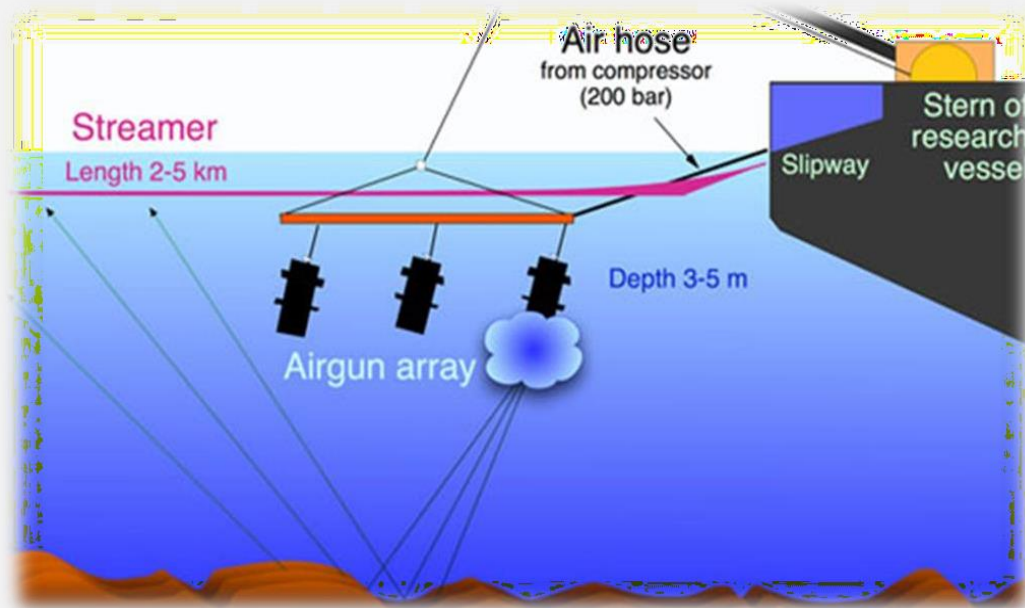


Slabbekoorn H. et al., 2019 : Population-level consequences of seismic surveys on fishes: An interdisciplinary challenge. Fish and Fisheries

Prospection dans le Léman = Acquisition sismique 3D Genève

Utilisation de canons à air : propulsion d'air comprimé dans l'eau

Le son produit est entre 180 et 230 dB – fréquence 5 - 150 Hz – (humain entre 0 et 120 dB - 20 Hz et 20 000 Hz)



Hypothèse à tester :

Les tirs provoquent un stress ?

Les indicateurs de stress augmentent pendant les tirs ?

Les poissons changent de comportement (fuite) ?

Hypothèse à tester :

Les tirs provoquent un stress ?

Les indicateurs de stress augmentent pendant les tirs ?

Les poissons changent de comportement (fuite) ?



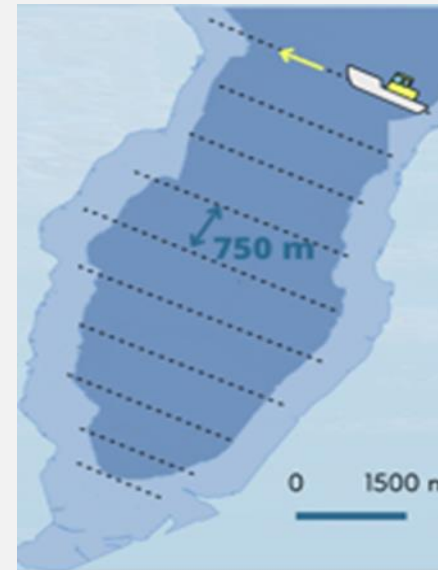
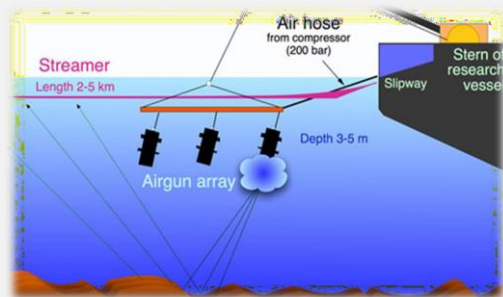
Clément
Rautureau



Jean-Christophe
Hustache



Valentin Cavoy



Physostome

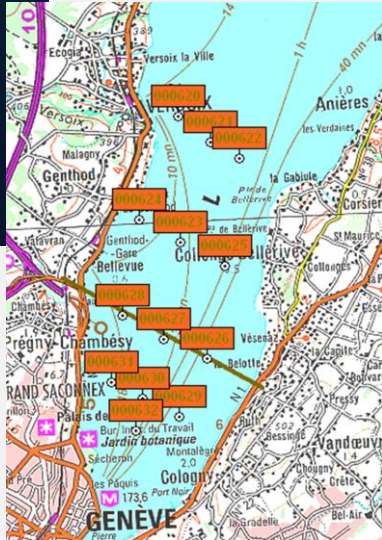
« spécialistes de l'audition »
(Hawkins et Myrberg, 1983)





Relevé acoustique

ADN-E



Multiple environmental stressors



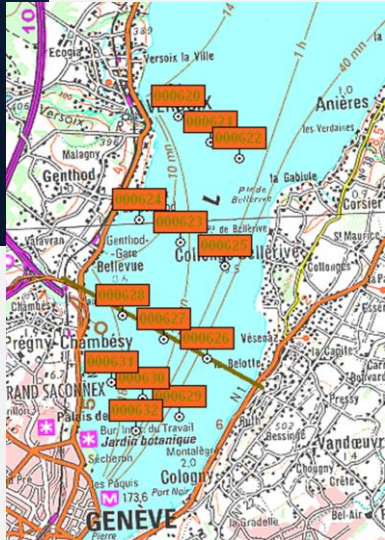
Molecular responses

DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

Dosage des corticoïde & AChE

Relevé acoustique

ADN-E



Multiple environmental stressors



Molecular responses

DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

Cellular responses

Changes in cell metabolism & life cycle
Oxidative damage
Immunity

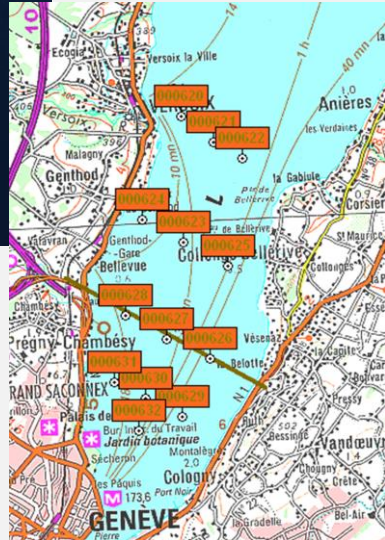
Dosage des corticoïde & AChE

Dosage enzymes de stress oxydatives (SOD, CAT, GST)



Relevé acoustique

ADN-E



Multiple environmental stressors



Molecular responses

DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

Cellular responses

Changes in cell metabolism & life cycle
Oxidative damage
Immunity

Individual responses

Maintenance, behavior

Growth

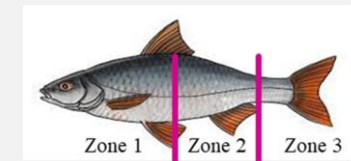


Reproduction

(Trade-offs)
Fitness

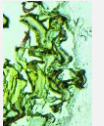
Dosage des corticoïde & AChE

Dosage enzymes de stress oxydatives (SOD, CAT, GST)



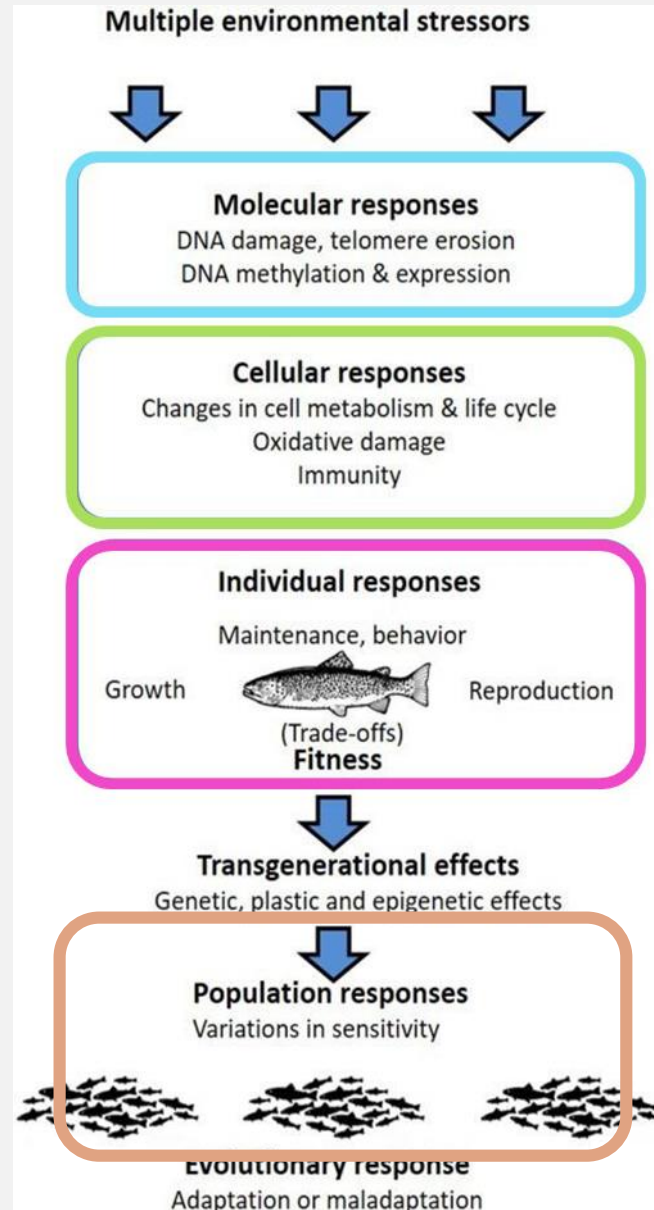
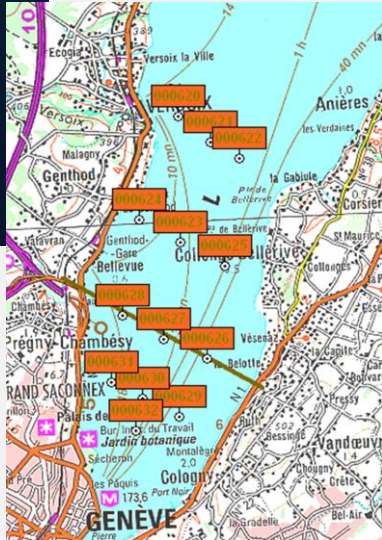
Analyse ligne latérale

Contenu stomacaux



Relevé acoustique

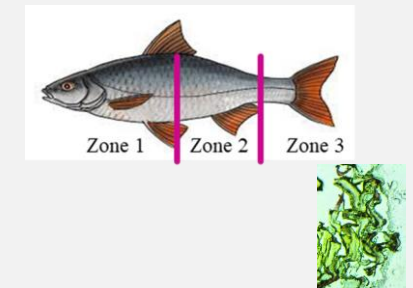
ADN-E



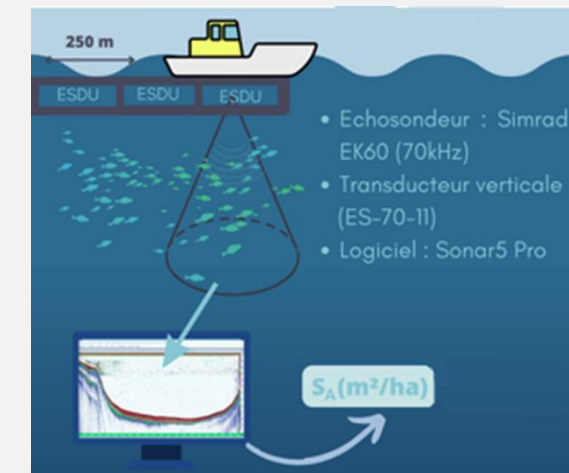
Dosage des corticoïde & AChE

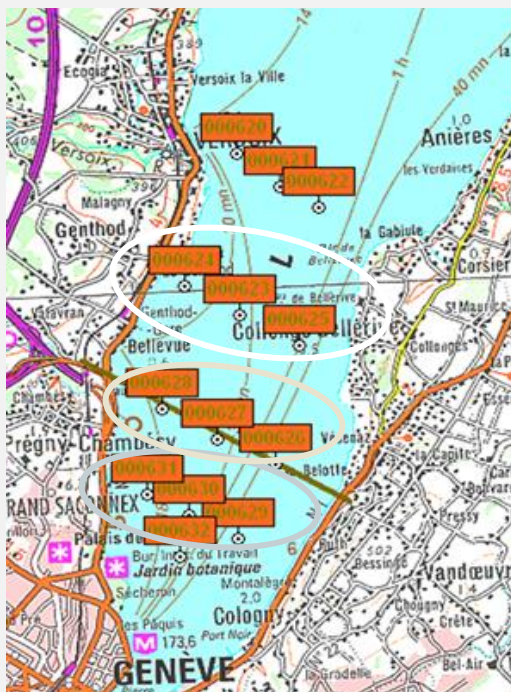
Dosage enzymes de stress oxydatives (SOD, CAT, GST)

Analyse ligne latérale
Contenu stomacaux

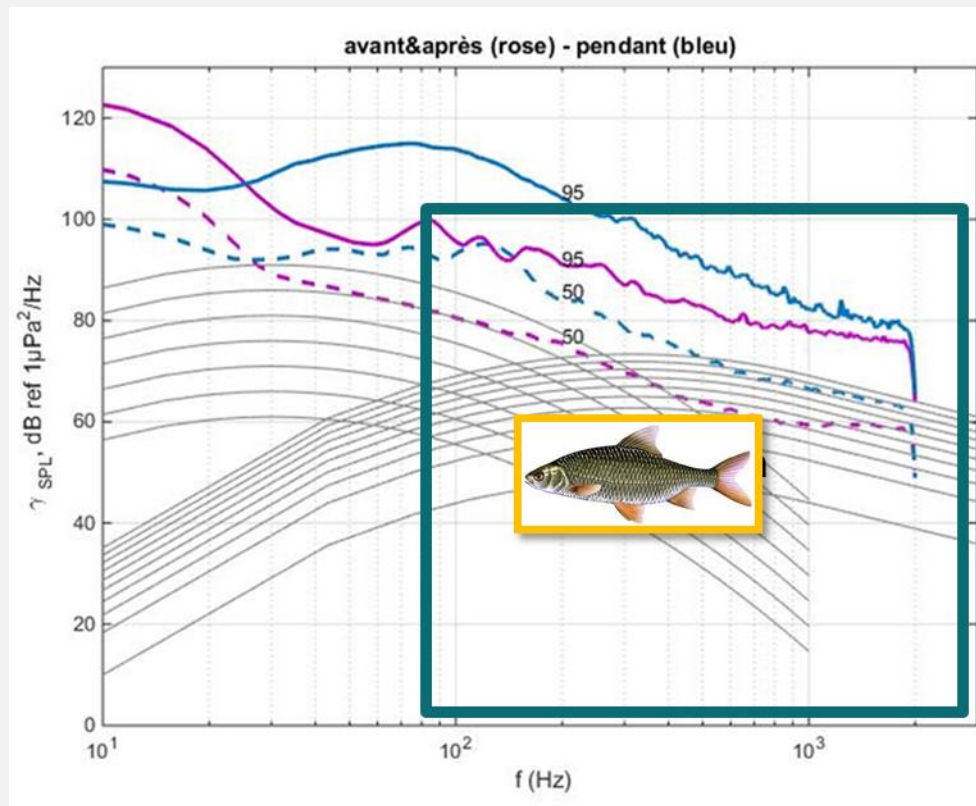


Campagne
hydroacoustique





PETIT FOND – CENTRE – LOIN Avant en pointillé, PENDANT courbes pleines



Elévation du bruit pendant les campagnes de tirs sismiques quelques soit la distances par rapport aux tirs



Romane Morati Emilie Réalis-Doyelle

Multiple environmental stressors

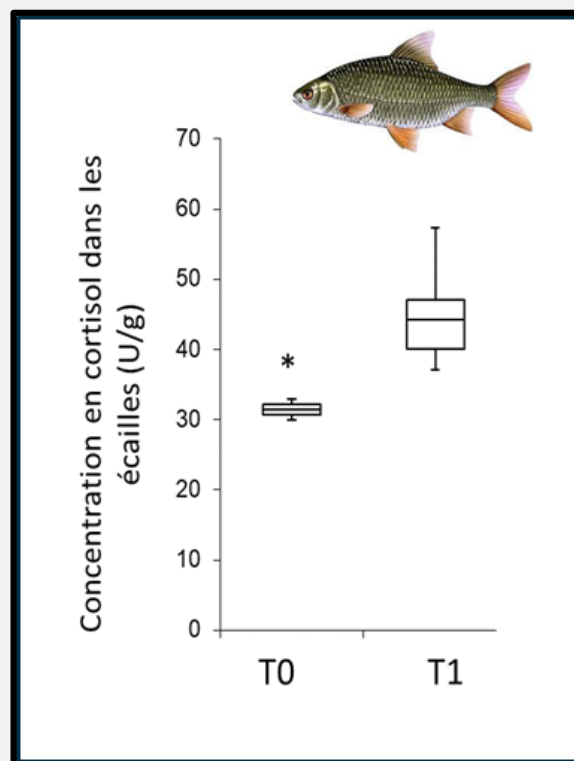


Molecular responses

DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

Augmentation du cortisol dans les écailles

Relié au stress acoustique comme observé dans la littérature sur les poissons (Babish et al., 2003, Ising & Kruppa, 2004), chez les oiseaux (Bickley et al., 2012) et autres mammifères terrestres (Otten et al., 2004).



Cette augmentation peut être reliée :

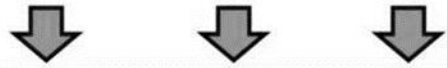
- diminution de la croissance (Anderson et al., 2011; Guh et al., 2021)
- diminution immunitaire (Anderson et al., 2011; Guh et al., 2021)
- augmentation du taux d'éjection (Rolland et al., 2012),
- lien possible mais controverser avec une action sur l'élévation des ROS (Miller et al., 2007; Chang et al., 2018)

Pas d'impact significatif du cortisol dans les filets (demi-vie?, effet du chalut?), pas d'impact sur l'AChE



Romane Morati Emilie Réalis-Doyelle

Multiple environmental stressors

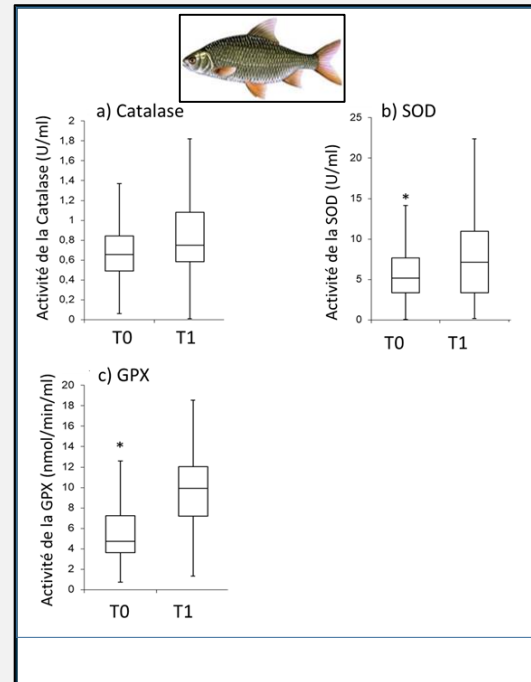


Molecular responses

DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

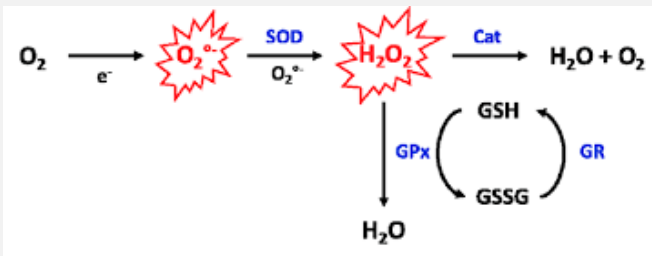
Cellular responses

Changes in cell metabolism & life cycle
Oxidative damage
Immunity



Le gardon subit un stress oxydatif

Pas de CAT, car elle peut être réprimé par la SOD
(Kono & Fridovich, 1982; Arrillo & Melodia, 1991)



Henderson et al. (2006) ont constaté que l'accumulation de ROS induisait la mort des cellules ciliées de l'oreille interne, ce qui pourrait être un mécanisme de perte auditive induit par le bruit



Romane Morati Emilie Réalis-Doyelle

Multiple environmental stressors



Molecular responses

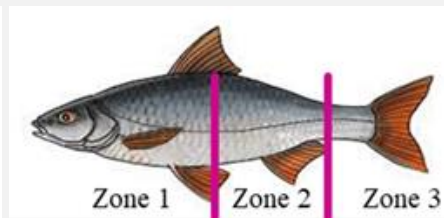
DNA damage, telomere erosion
DNA methylation & expression

Cellular responses

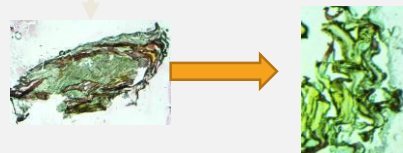
Changes in cell metabolism & life cycle
Oxidative damage
Immunity

Individual responses

Maintenance, behavior
Growth (Trade-offs) Reproduction
Fitness



neuromastes



Cellules sensorielles à la surface
des neuromastes

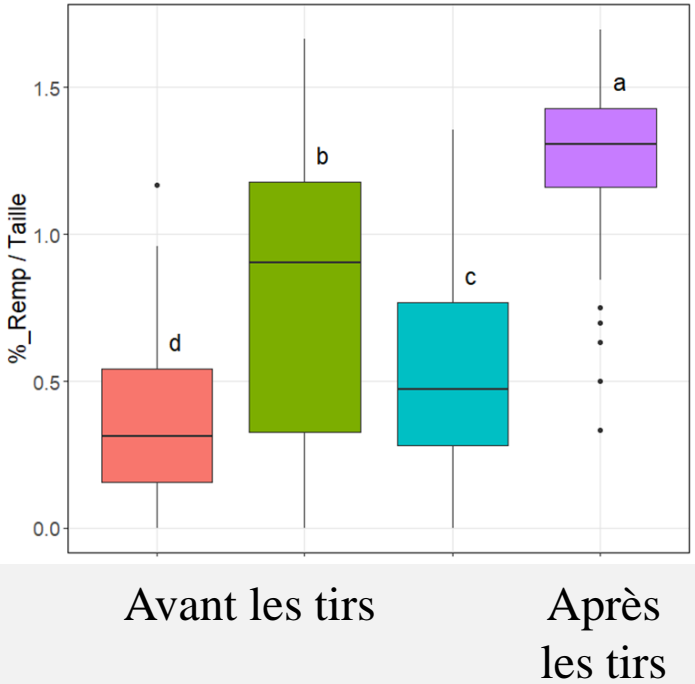
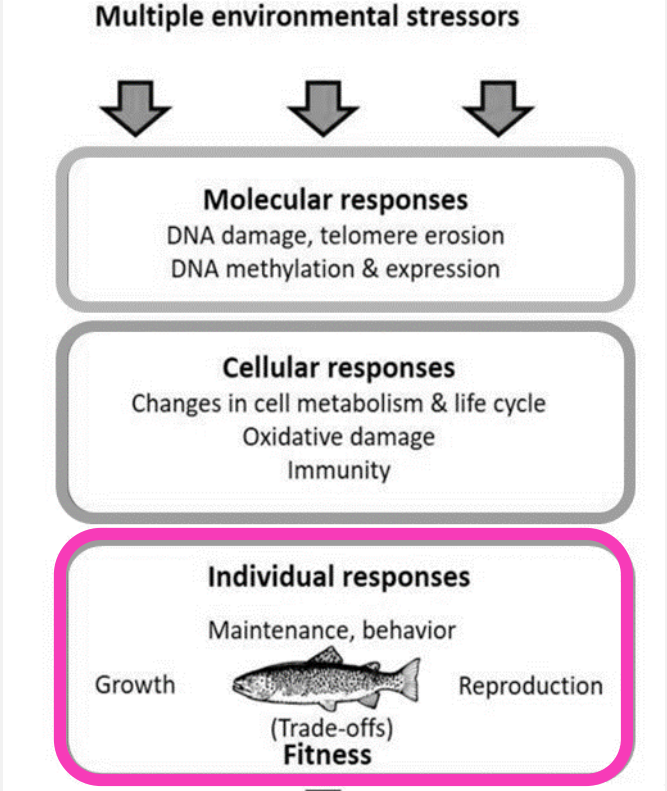
Neuromastes plus long et moins larges après les tirs

Changement de forme & taille relié à la perception du son (Klein et al., 2011) et des impacts comportementaux (Nofrizal et al., 2017)

les cellules sensorielles sont impactées: plus larges après les tirs

Cette perte de sensibilité et/ou modification auditive causée par le bruit peut modifier :

- le comportement des poissons (Cox et al., 2018)
- capacité retardée à détecter les prédateurs et les proies = conséquence sur la survie (Simpson et al., 2016),
- diminution de la capacité de survie et reproduction (Guh et al., 2021).



Franck Cattaneo



Antoine Polblanc

Campagne	%_remplissage moyen et range (min-max)
28.08.2021	23 (0 - 70)
03.09.2021	53 (0 - 100)
13.09.2021	33 (0 - 100)
06.10.2021	86 (20 - 100)

Les gardons ont tous plus mangé après les tirs

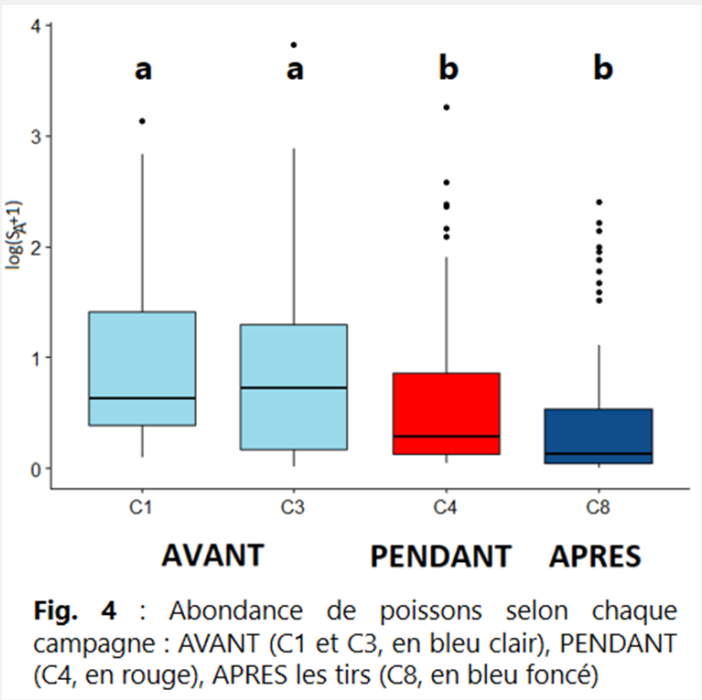
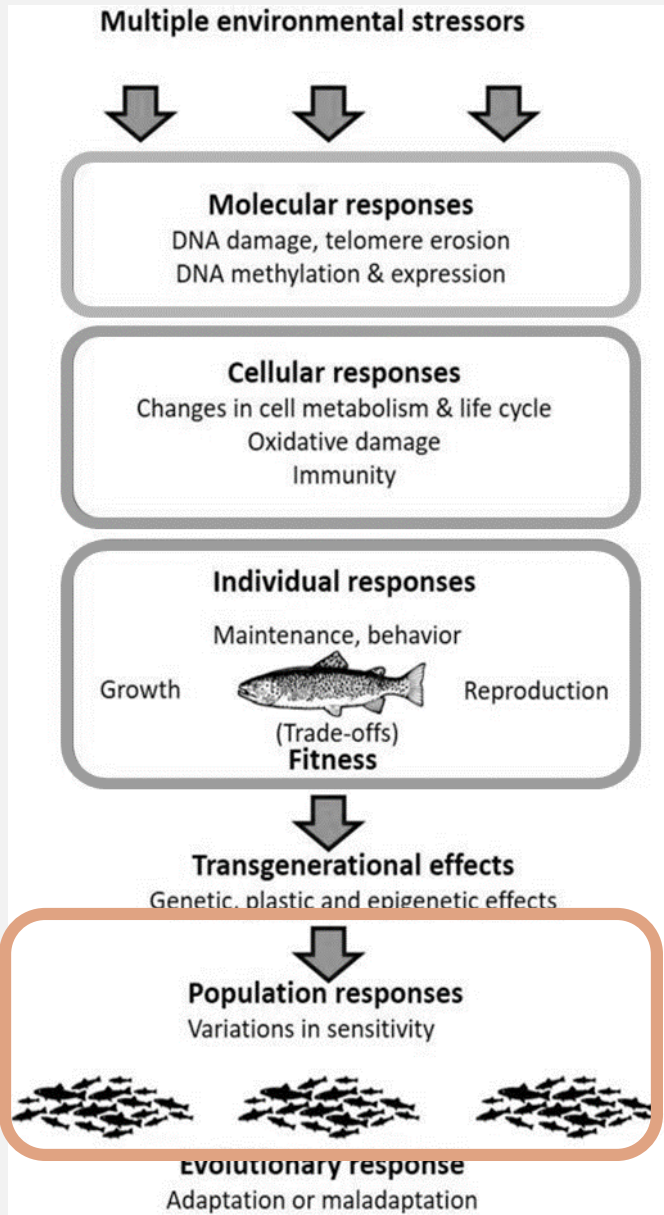
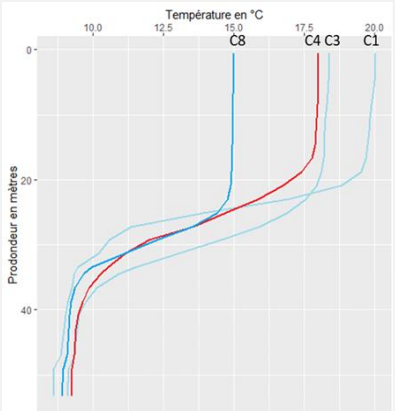


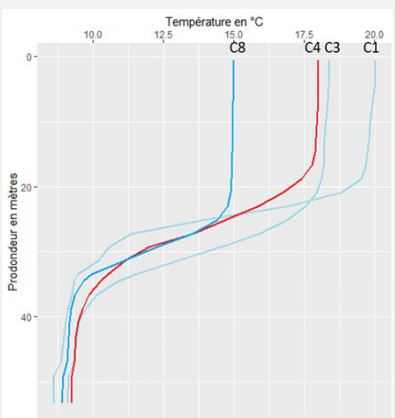
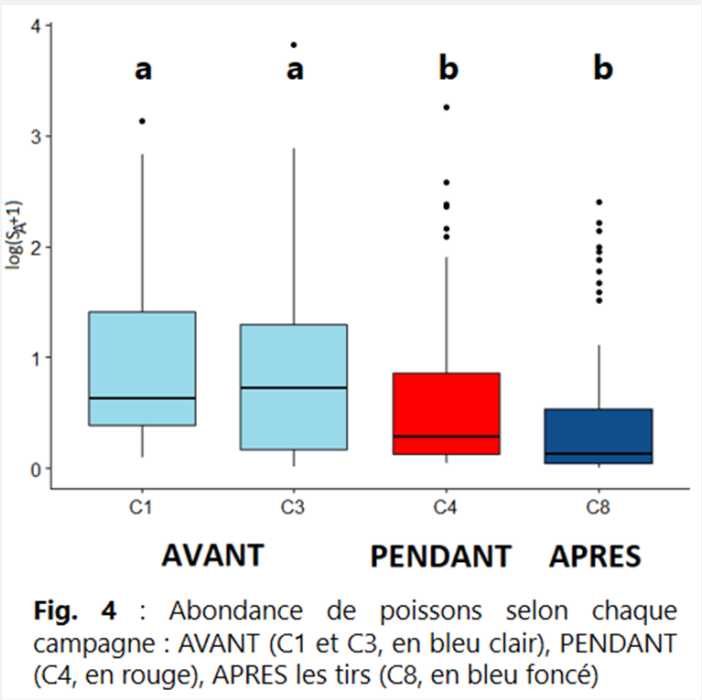
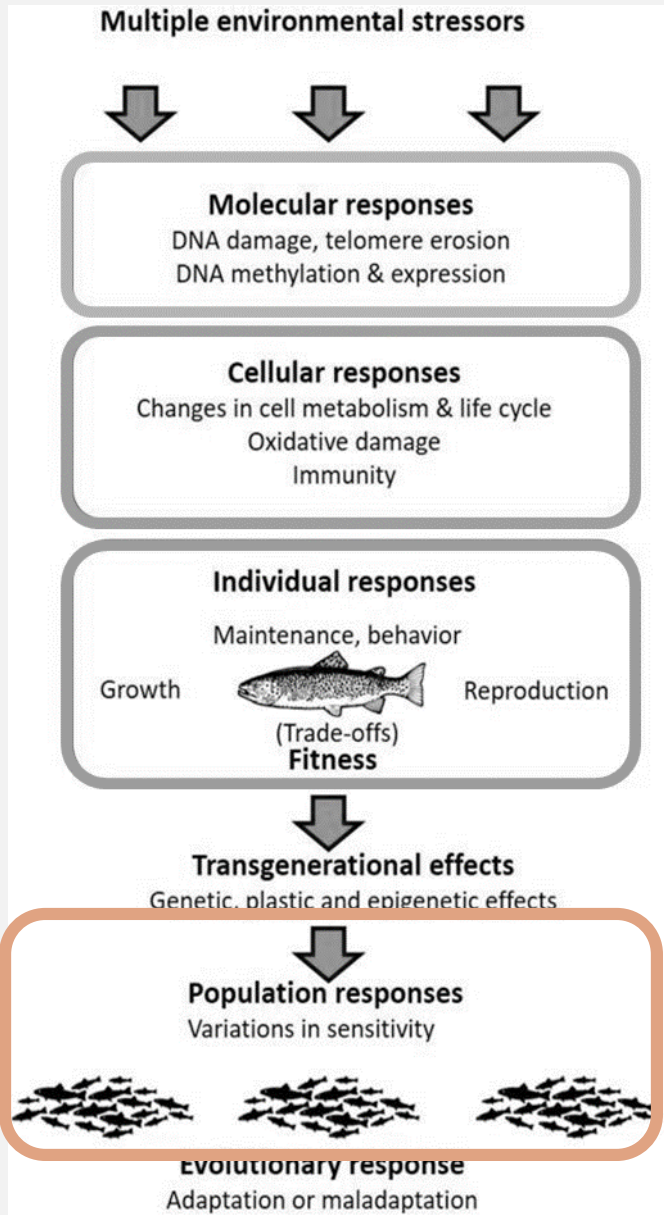
Fig. 4 : Abondance de poissons selon chaque campagne : AVANT (C1 et C3, en bleu clair), PENDANT (C4, en rouge), APRES les tirs (C8, en bleu foncé)



Avant les tirs (C1-25 aout), C3 -28 sep)
Pendant les tirs (C4 -30sept)
Après les tirs (C8-18oct)

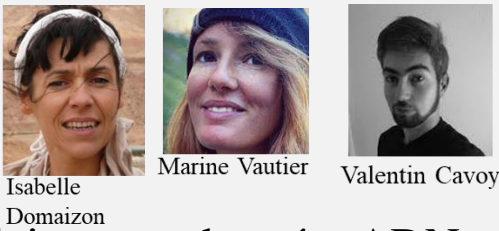


Diminution de l’abondance après les tirs

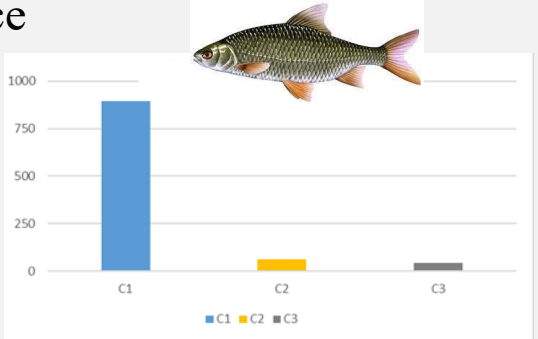


Avant les tirs (C1-25 aout), C3 -28 sep)
Pendant les tirs (C4 -30sept)
Après les tirs (C8-18oct)

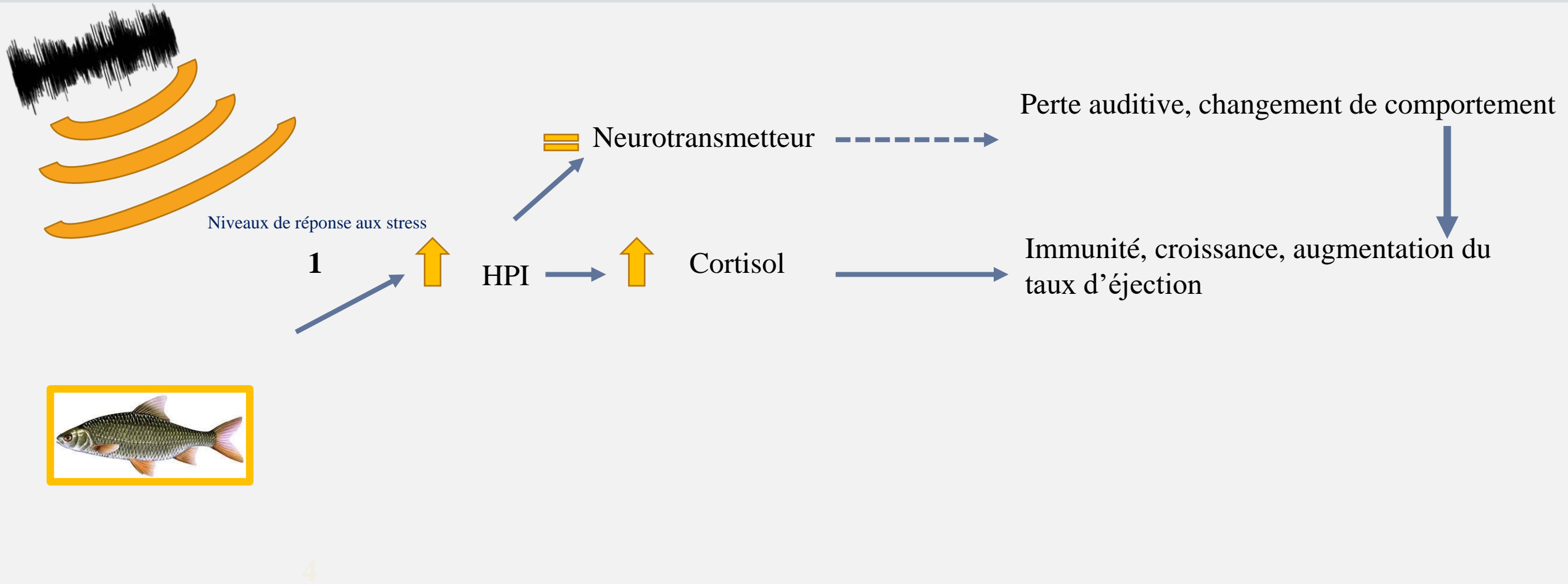
Diminution de l'abondance après les tirs

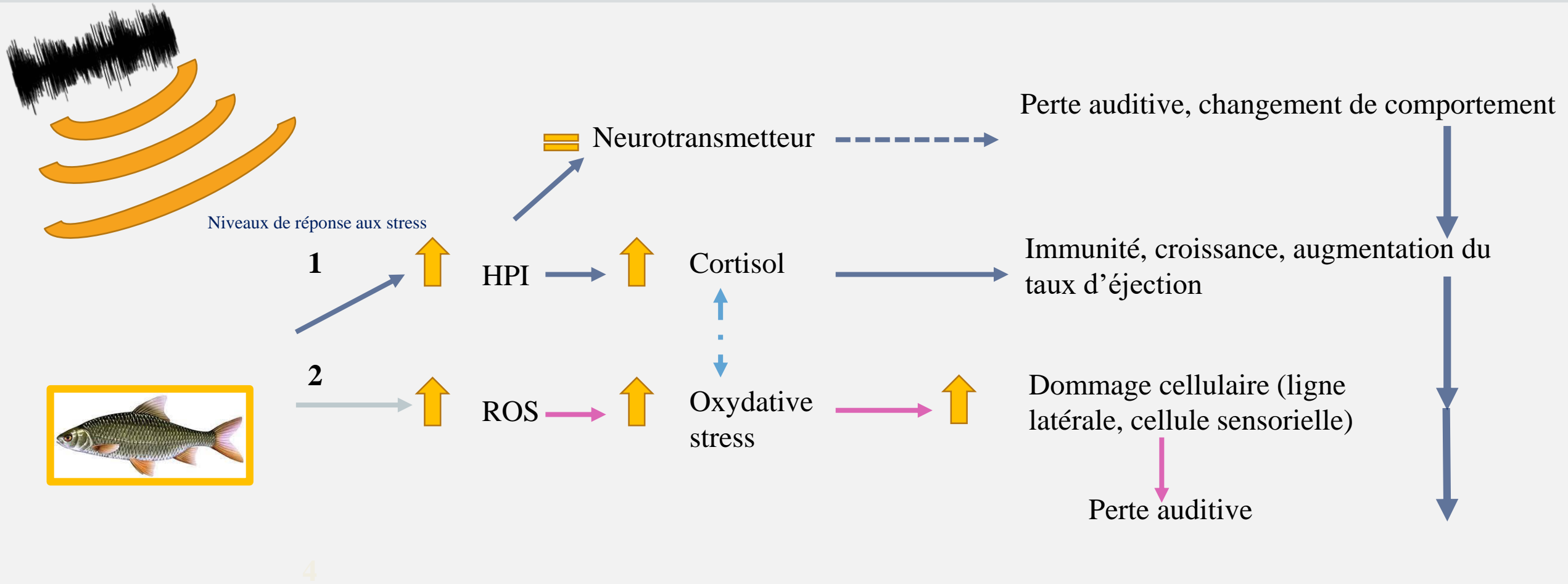


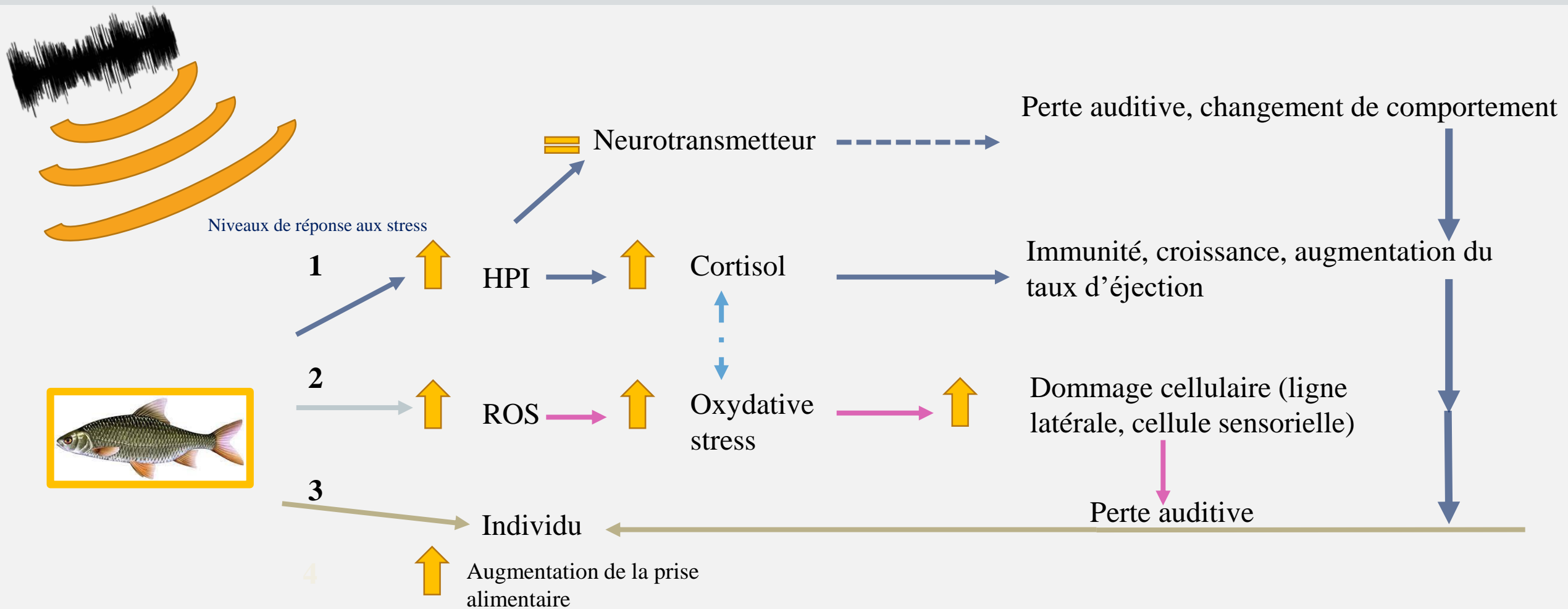
Résultats similaires aux données ADNe = Diminution de l'abondance

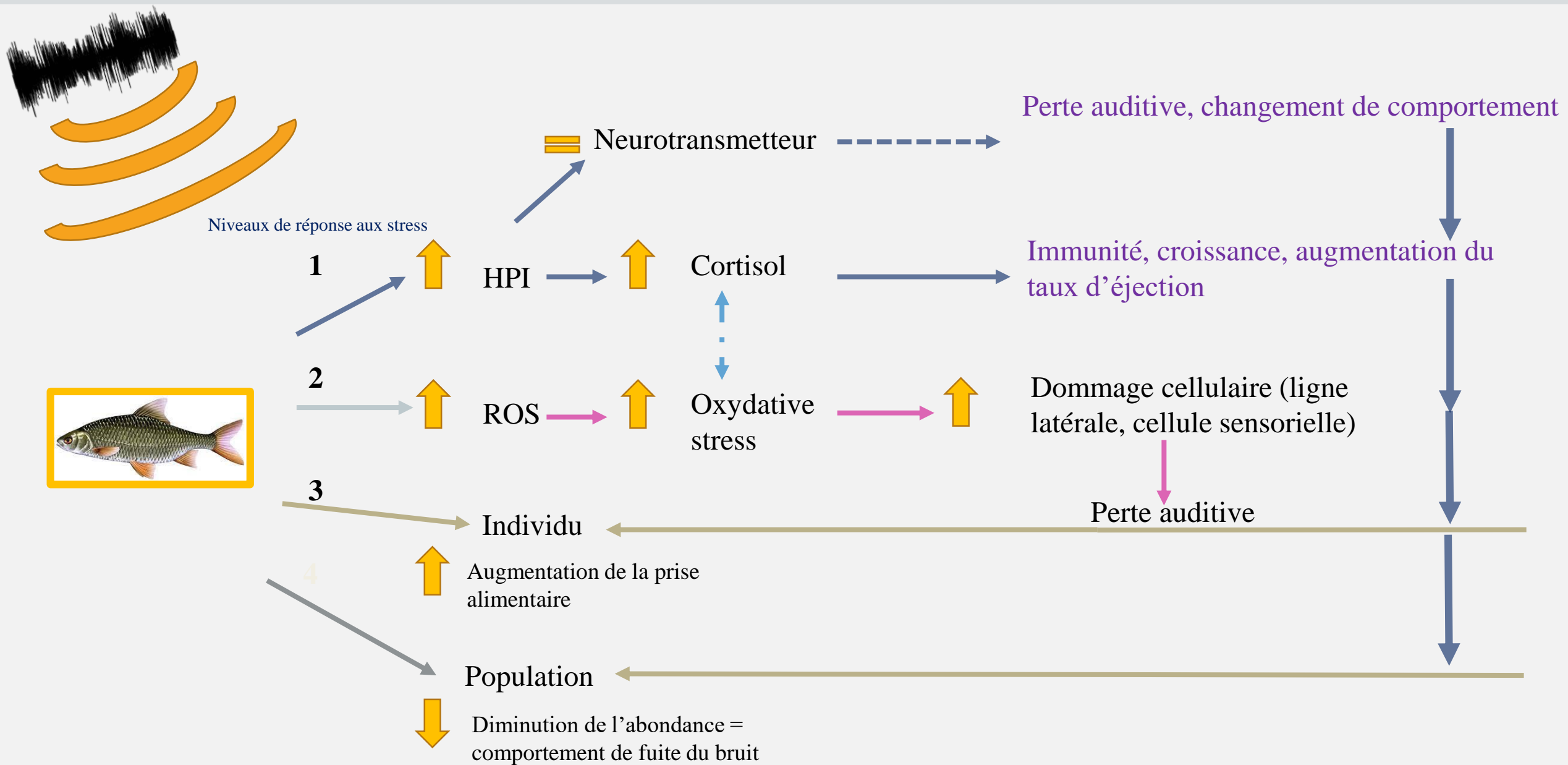


Diminution de l'abondance de poissons -> une fuite









Impacts sur les populations de poissons du Léman des campagnes sismiques de géothermie



Emilie Réalis-Doyelle, Chloé Goulon, Franck Cattaneo, Lucia Di Iorio, Isabelle Domaizon, Anaïs Laurieux, Romane Morati, Antoine Polblanc, Clément Rautureau, Marine Vautier, Valentin Cavboy, Jean Guillard