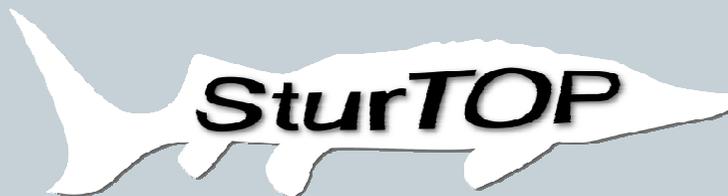




Sensibilité des premiers stades de développement de l'esturgeon européen à la pollution, l'hypoxie et l'accroissement des températures de surface

J. Cachot, S. Bony, C. Bossy, H. Budzinski, P. Chèvre, C. Clerandeu, A. Coynel., C. Daffe, N. Delage, A. Devaux, E. Eveilleau, C. Gesset, P. Gonzalez, P. Jatteau, , L. Landi, K. Le Menach, B. Morin, J.L. Ravanat, , E. Rochard



Contexte de l'étude

2

- ✓ Les frayères de *Acipenser sturio* situées dans la partie basse de la Garonne et de la Dordogne sont soumises à des pressions multiples

Changement climatique :
Augmentation des températures de surface
Modification des régimes hydriques
Diminution du taux d'oxygène



Activités humaines:
Extraction de granulats
Pêche
Navigation
Barrages
Pollution

Zone de frayère potentielle de l'esturgeon européen à Bergerac
(Cliché J. Cachot)



Objectif de l'étude

3

Déterminer la sensibilité/tolérance des embryons et larves de *A. sturio* à trois facteurs de stress environnementaux : l'accroissement des températures de surface, l'hypoxie et la pollution chimique.



Embryons de *A. sturio* de 48h (Cliché P. Jatteau)



Larves de *A. sturio* de 13 j produites à la station Irstea de St Seurin (Cliché P. Jatteau)

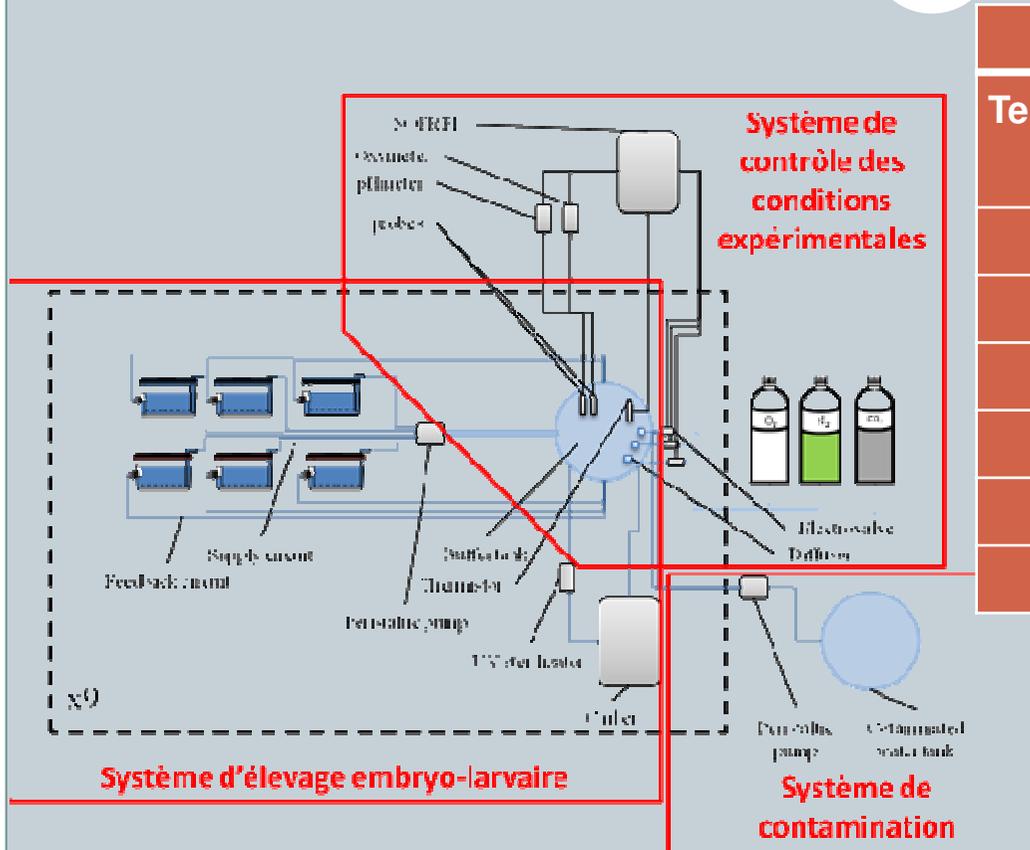


Sensibilité à la température et à l'hypoxie

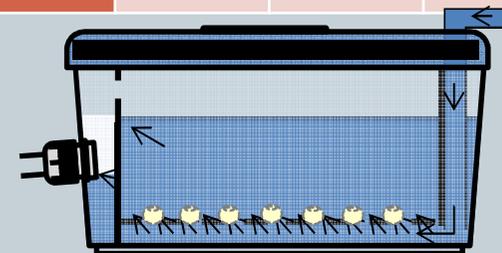


Conditions expérimentales

5

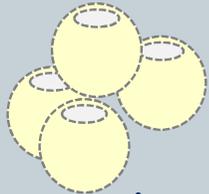


| | Oxygène dissous (% sat. O_2) | | | |
|------------------|---------------------------------|----|----|----|
| Température (°C) | 90 | 70 | 50 | 30 |
| 12 | 6 | 6 | - | - |
| 16 | 6 | 6 | - | - |
| 20 | 12 | 6 | 6 | 6 |
| 23 | 6 | 6 | - | - |
| 26 | 6 | - | 6 | 6 |
| 30 | 6 | - | 6 | 6 |



Conditions expérimentales

6



Embryons juste
fécondés

Exposition pendant tout le
développement embryo-larvaire



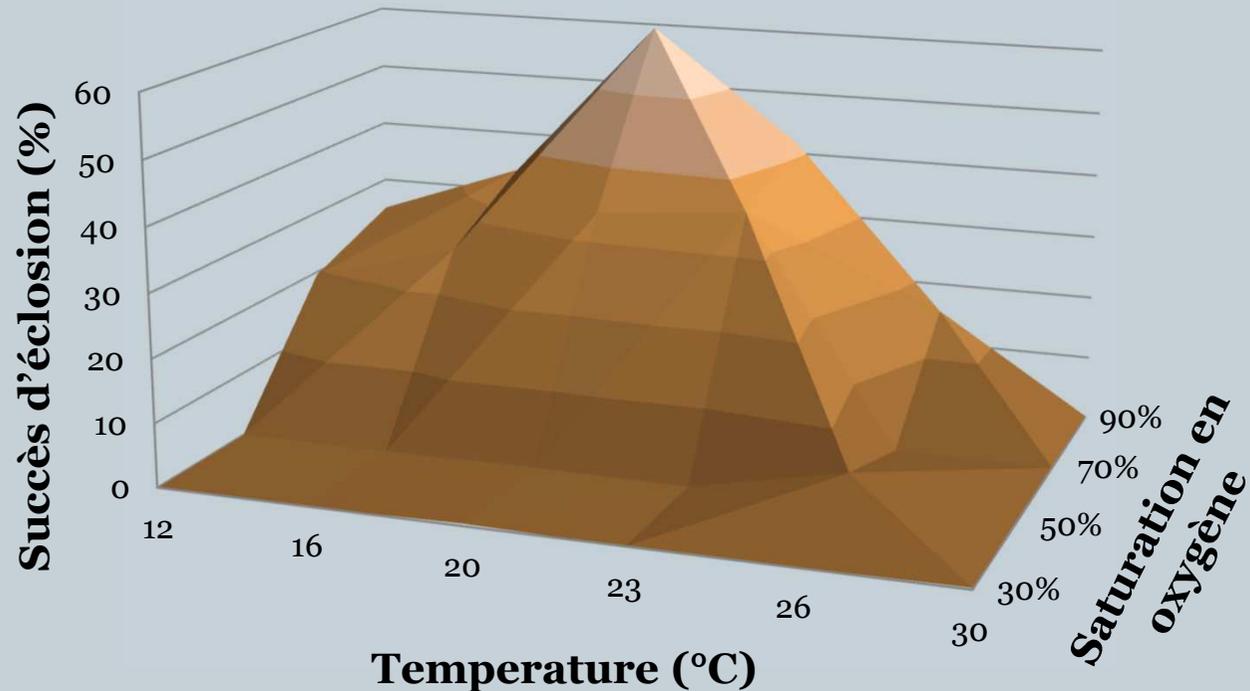
Larve en fin de
résorption de la
vésicule
vitelline

Paramètres mesurés : mortalité embryonnaire et larvaire, taux d'éclosion, taux et spectre de malformation, histopathologie, degré de développement tissulaire, consommation en O₂, comportement natatoire.



Succès d'éclosion

7



- ✓ Taux d'éclosion maximum observé à 20°C et 90 % O₂
- ✓ Aucune éclosion pour un taux de saturation en oxygène inférieur à 50%
- ✓ Chute du taux d'éclosion en deçà de 16°C et au-delà de 23°C



Bilan des réponses des embryons et larves de *A. sturio* à un stress thermique en conditions de normoxie

8

| | Températures testées (°C) | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|----|----|----|----|----|
| | 12 | 16 | 20 | 23 | 26 | 30 |
| Mortalité embryons | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | ↑ |
| Taux éclosion | ↓ | - | - | ↓ | ↓ | ↓ |
| Surface sac vitellin | ↑↑ | - | - | ↓ | ND | ND |
| Indice de développement | - | - | - | ↑ | ND | ND |
| Malformations | - | - | - | - | ND | ND |
| Conso. O ₂ | ↓↓ | ↓ | - | ↓ | ND | ND |
| Vitesse nage | ↓ | - | - | ↓ | ND | ND |

Bilan des réponses des embryons et larves de *A. sturio* à un stress hypoxique à 20°C

9

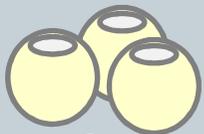
| | Saturation en oxygène (%) | | | |
|----------------------------|---------------------------|----|----|----|
| | 90 | 70 | 50 | 30 |
| Mortalité embryons | - | - | ↑ | ↑ |
| Taux éclosion | - | - | ↑ | ↑ |
| Surface vésicule vitelline | - | - | ND | ND |
| Indice de développement | - | - | ND | ND |
| Malformations | - | ↑ | ND | ND |
| Conso. O ₂ | - | ↓ | ND | ND |
| Vitesse nage | - | ↓ | ND | ND |

Sensibilité à la pollution chimique



Conditions expérimentales

11

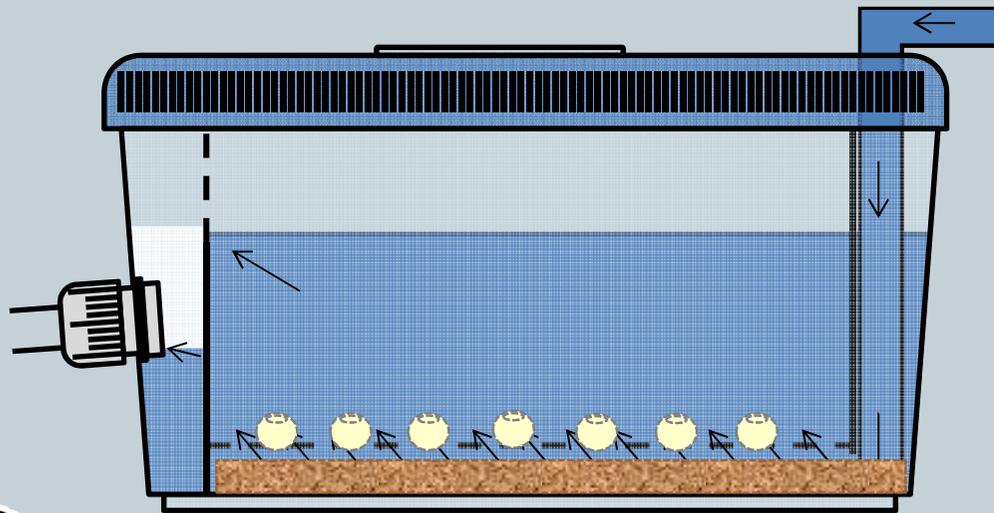


Œufs juste
fécondés

Exposition à un cocktail de polluants
pendant tout le développement
embryo-larvaire



Larve en fin de
résorption du
sac vitellin



Conditions expérimentales

12

| Traitements | Conditions d'exposition | Critères de toxicité |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Non exposé 20°C- Témoin solvant 20°C- Mix polluants 0,3X 20°C- Mix polluants 1X 20°C- Mix polluants 3X 20°C- Témoin solvant 23°C- Mix polluants 1X 23°C | <ul style="list-style-type: none">• 150 embryos/unit• Trois réplicats /condition• Eau déchlorée• Flux continu (renouvellement 100% 2 fois/jour• 12h/12h jour/nuit• pH 8,0• 90% saturation O₂ | <ul style="list-style-type: none">• Mortalité embryolaire• Taux d'éclosion• Durée de développement• Malformations• Histopathologie• Activité natatoire• Dommage à l'ADN, méthylation, expression génique, expression protéique |

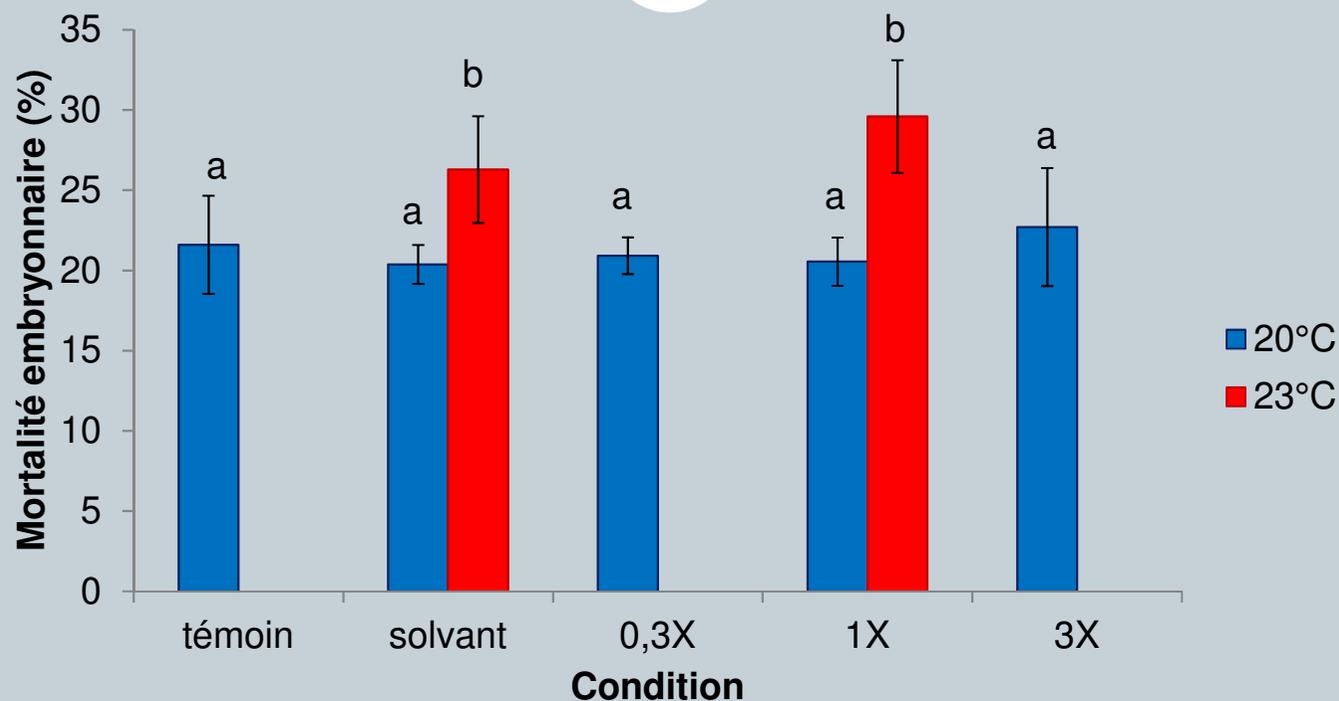


Cocktails de polluants testés

| | Polluants | | Concentrations nominales | | | |
|--------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|------|-------|-----------|
| | | | 0.3X | 1X | 3X | Garonne |
| Hydrophobes | PAH | Naphtalene (ng/L) | 6.67 | 20 | 60 | 19 |
| | | Phénanthrene (ng/L) | 28.33 | 85 | 255 | 83 |
| | | Fluoranthene (ng/L) | 46.67 | 140 | 420 | 138 |
| | | Pyrene (ng/L) | 35.00 | 105 | 315 | 105 |
| | | Benzo[a]pyrene (ng/L) | 25.00 | 75 | 225 | 76 |
| | | Benzo[x]Fluoranthène (ng/L) | 43.33 | 130 | 390 | 131 |
| | | Indéno(1,2,3,c,d)pyrène (ng/L) | 20.00 | 60 | 180 | 58 |
| | | Méthyl-phénanthrène (ng/L) | 18.33 | 55 | 165 | 56 |
| | PCB | PCB153 (ng/L) | 4.67 | 14 | 42 | 14.3 |
| | OCP | DDT (ng/L) | 1.33 | 4 | 12 | 4.1 |
| Hydrophiles | metal | Zn (µg/L) | 21.67 | 65 | 195 | 0.39-66.6 |
| | | Ni (µg/L) | 0.67 | 2 | 6 | 0.24-1.9 |
| | | Pb (µg/L) | 2.67 | 8 | 24 | 0-8.6 |
| | | Cu (µg/L) | 0.67 | 2 | 6 | 0.59-1.8 |
| | | As (µg/L) | 1.33 | 4 | 12 | 1.51-4.5 |
| | | Cd (µg/L) | 0.13 | 0.40 | 1.2 | 0.01-0.4 |
| | | Ag (µg/L) | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0-0.01 |
| | Herbicide | S-métolachlore (ng/L) | 433.33 | 1300 | 3900 | 110-1300 |
| | | Glyphosate (ng/L) | 116.67 | 350 | 1050 | 310-360 |
| | Insecticide | Imidaclopride (ng/L) | 76.67 | 230 | 690 | 230.00 |
| Fongicide | Tebuconazole (ng/L) | 11.33 | 34 | 102 | 32-34 | |

Mortalité embryonnaire

14

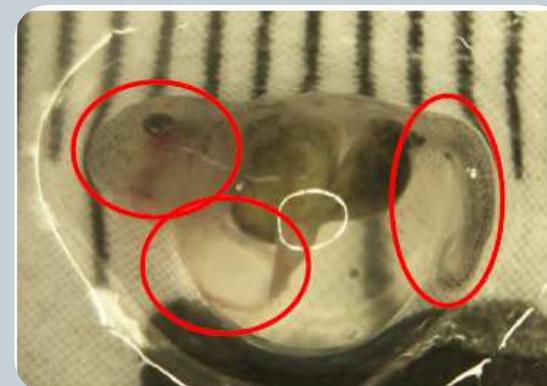
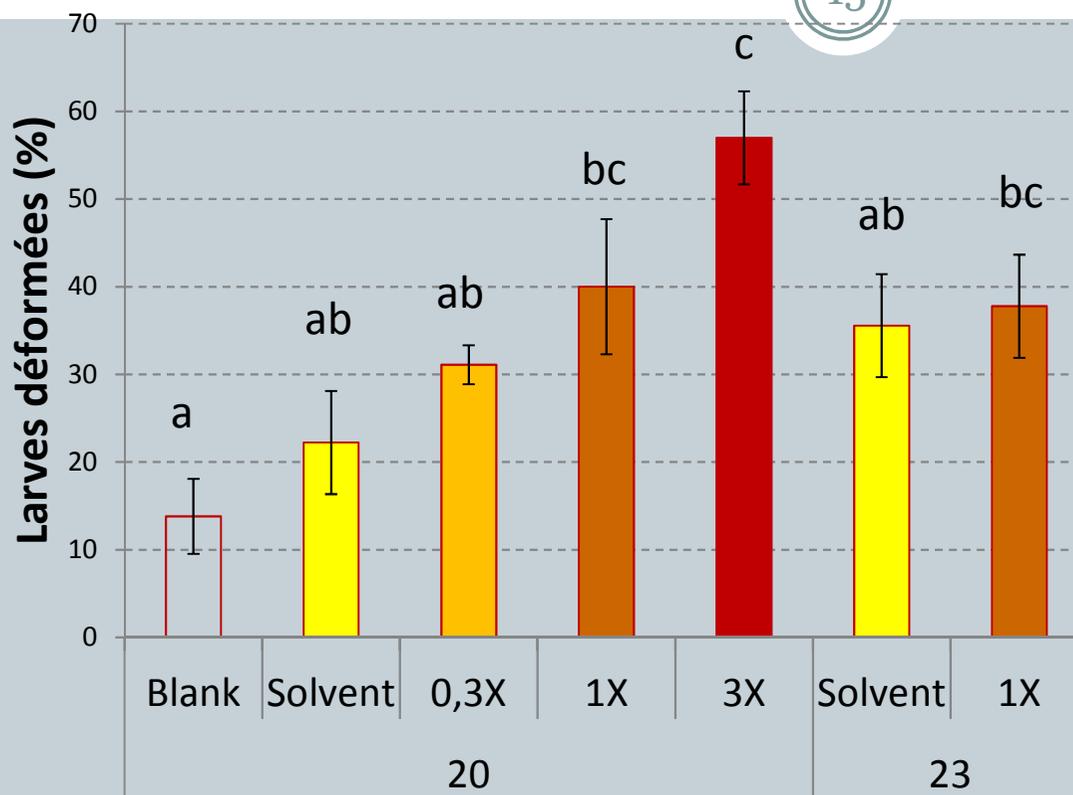


- ✓ Pas d'effet de la contamination mais accroissement de la mortalité embryonnaire et larvaire avec la température



Malformations larvaires

15



Malformations multiples chez une larve de *A. sturio*
(Cliché N. Delage)

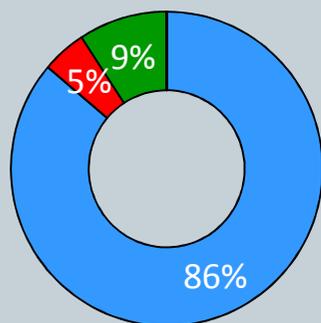
- ✓ Accroissement dose-dépendant de la fréquence des anomalies larvaires à 20°C
- ✓ Peu d'effet de la température sur le taux d'anomalies larvaires



Spectre de malformations

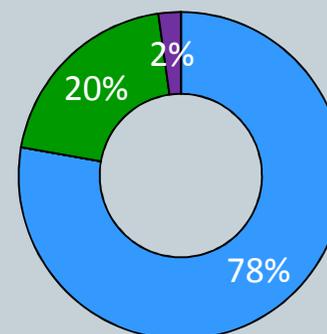
16

Larves non exposées à 20°C

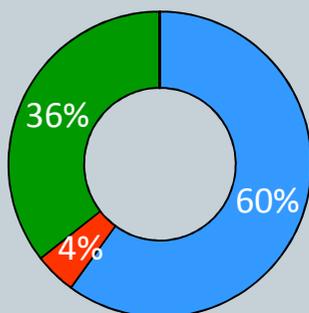


- Non deformed
- Œdemata
- Spinal deformities
- Craniofacial malformations

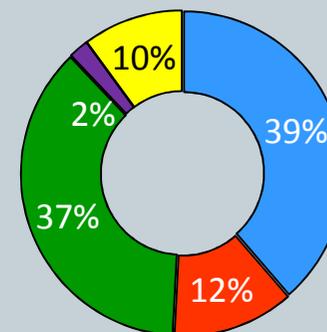
Larves exposées au solvant à 20°C



Larves exposées au mélange 1X de polluants à 20°C



Larves exposées au mélange 3X de polluants à 20°C



✓ Accroissement très marqué des déformations de la colonne vertébrale, des malformations cardio-vasculaires et des œdèmes



Bilan des réponses obtenues chez des embryons et larves de *A. sturio* exposés à des mélanges environnementaux de polluants

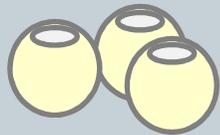
| | 20°C | | | | 23°C | |
|-----------------------|------|------|----|----|------|----|
| | 0X | 0,3X | 1X | 3X | 0X | 1X |
| Mortalité embryons | - | - | - | - | ↑ | ↑ |
| Mortalité larves | - | - | - | - | ↑ | ↑ |
| Taux éclosion | - | - | - | - | - | ↓ |
| Durée dévelop. | - | - | - | - | ↓ | ↓ |
| Malformations | - | - | - | ↑ | - | - |
| Conso. O ₂ | - | - | - | - | - | ↑ |
| Vitesse nage | - | - | - | - | - | - |
| Domage ADN | - | - | - | - | - | - |
| Méthylation | - | - | - | - | - | - |

Sensibilité à la qualité des sédiments de frayère



Conditions expérimentales

19



Œufs juste fécondés

Exposition pendant tout le développement embryo-larvaire 14 j



Larve en fin de résorption vitellus

Traitements

- Sans sédiment
- Sédiment Témoin Marcenac
- Séd. Pessac-sur-Dordogne
- Séd. Bergerac
- Séd. La Réole
- Séd. Beauregard

Conditions

- 200 embryons/unités
- 3 réplicats/condition
- Eau déchlorée
- Flux continu
- 12h/12h jour/nuit
- pH 8,0
- 90% saturation O₂
- 20°C

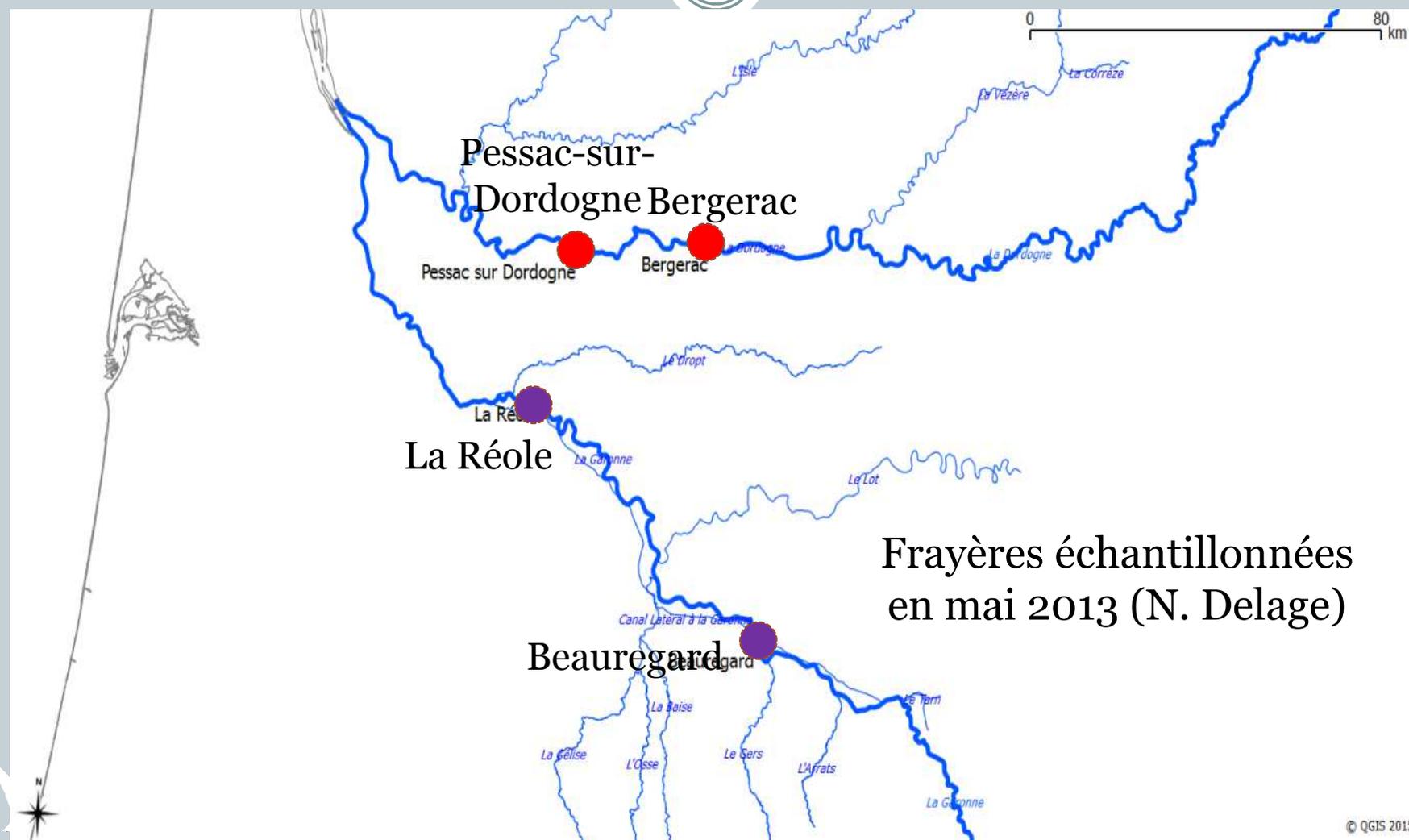
Critères de toxicité

- Mortalité embryo-larvaire
- Taux d'éclosion
- Durée de développement
- Malformations
- Histopathologie
- Activité natatoire
- Dommage à l'ADN



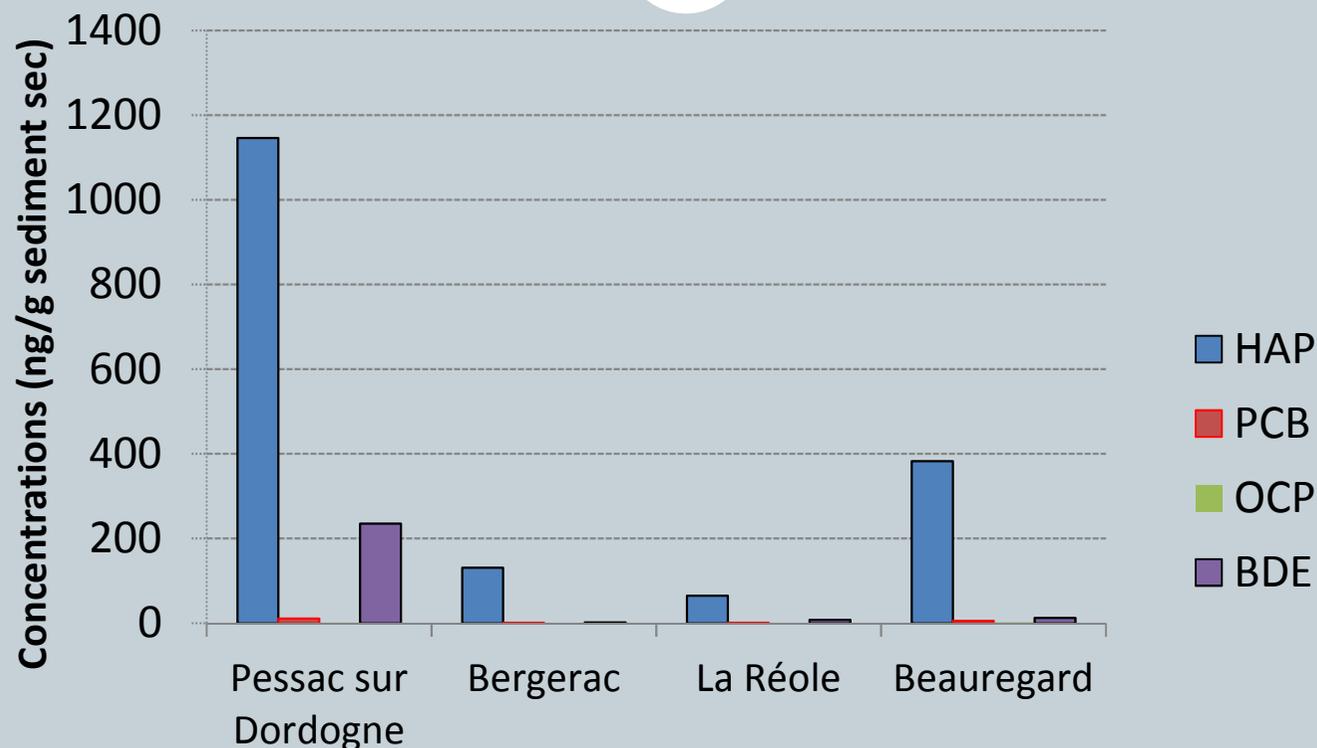
Conditions expérimentales

20



Contamination organique des sédiments

21

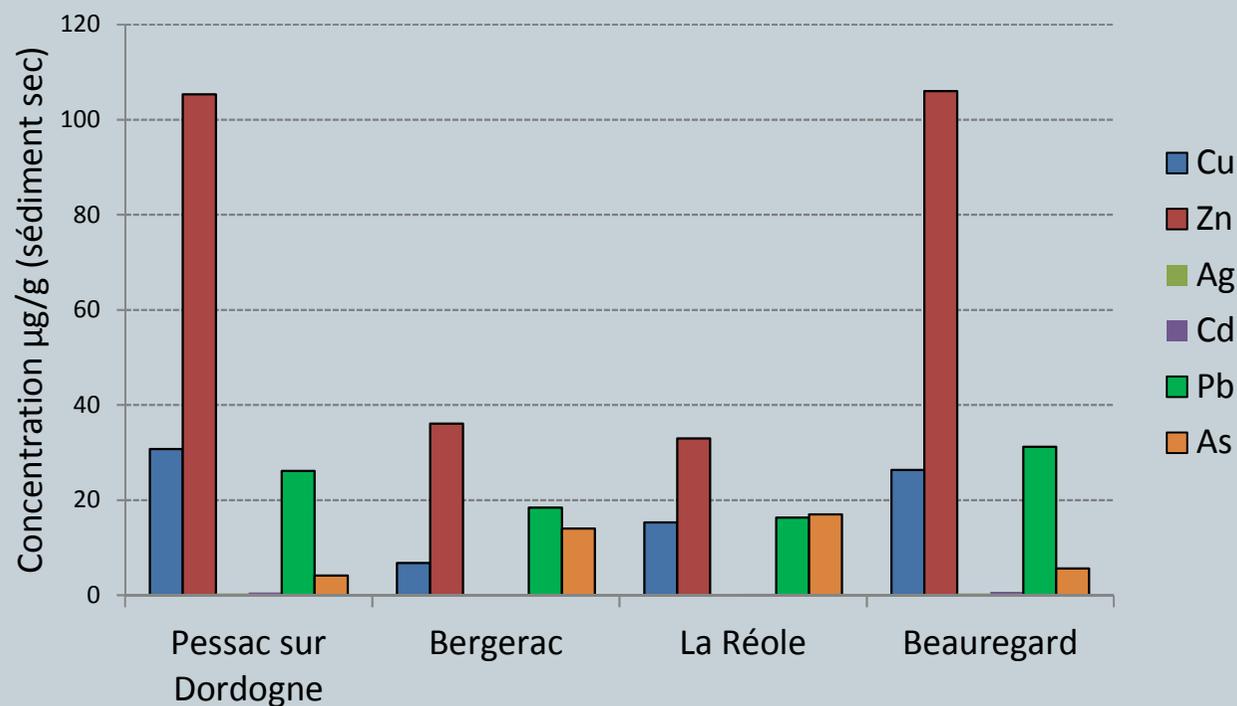


- ✓ Contamination plus marquée du sédiment de Pessac-sur-Dordogne en HAP et BDE (PBDE 209 très bien représenté)
- ✓ Faible contamination en OCP et PCB dans les sédiments des deux fleuves.



Contamination métallique des sédiments

22

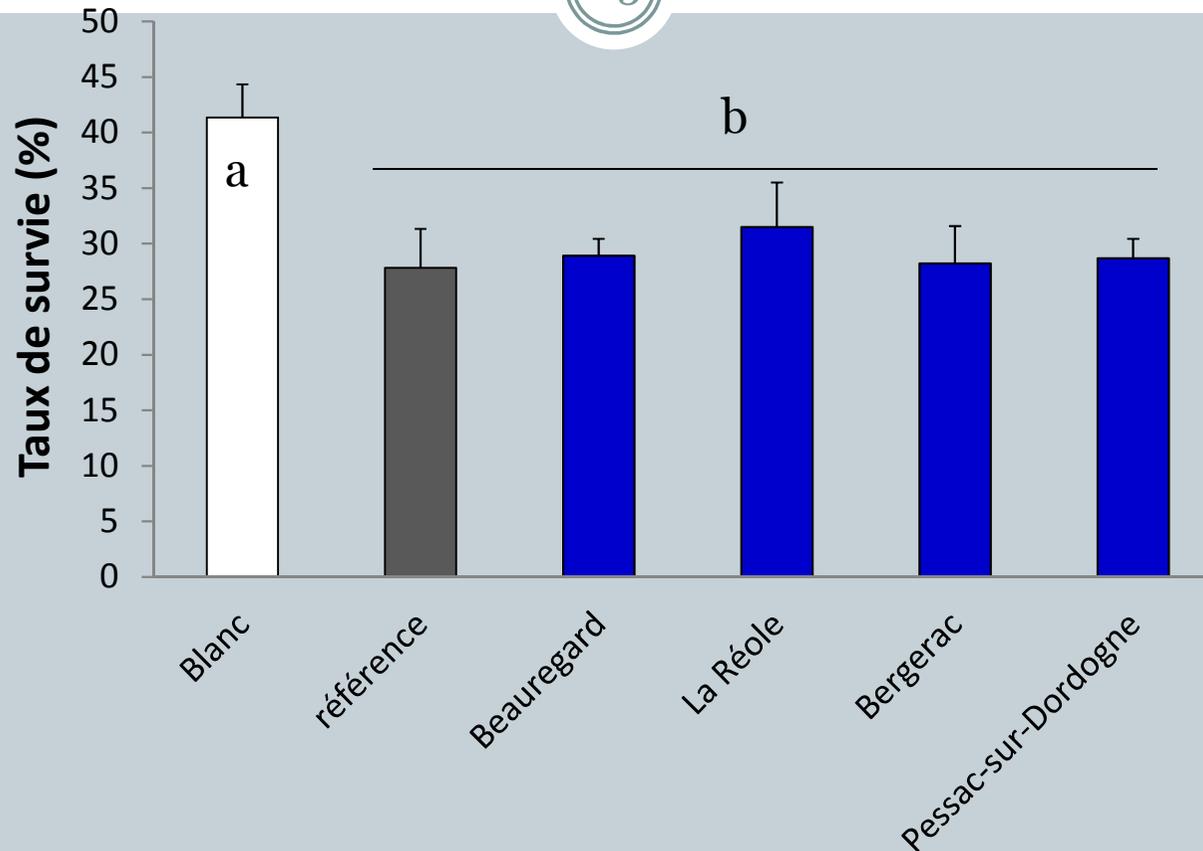


- ✓ Contamination plus marquée en métaux Zn, le Cu et le Pb, Ag et Cd à Pessac et à Beauregard
- ✓ Contamination plus marquée à l'As à Bergerac et La Réole



Survie embryonnaire

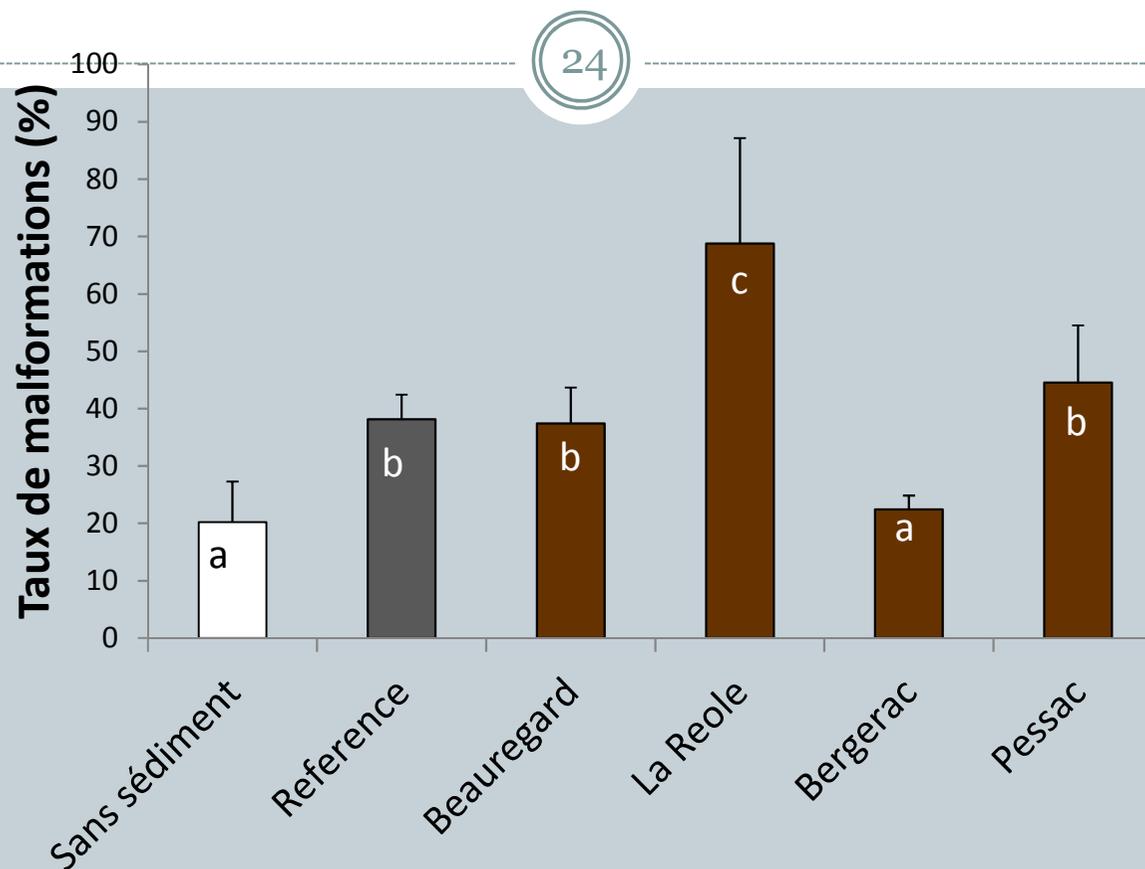
23



✓ Pas de surmortalité embryo-larvaire pour les différents sédiments de frayère testés



Malformations embryonnaires

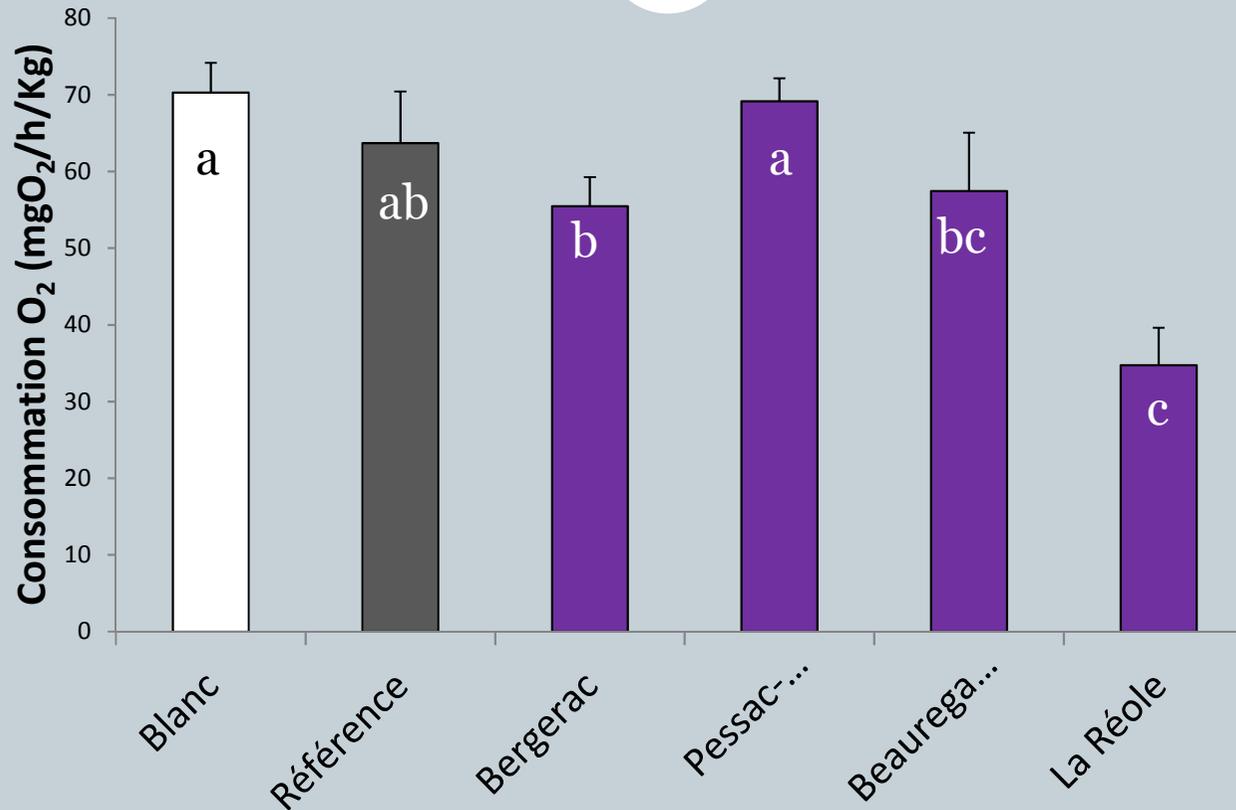


- ✓ L'exposition au sédiment de la Réole accroît significativement la fréquence des larves malformées



Consommation en oxygène

25

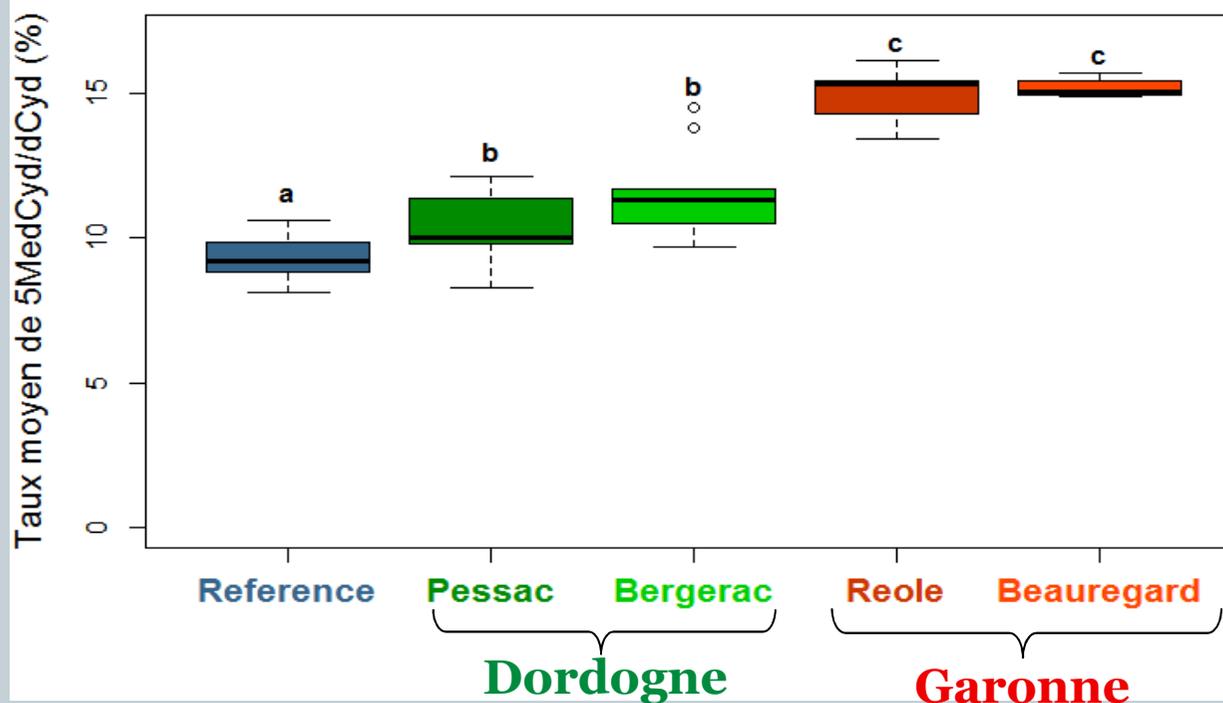


- ✓ L'exposition au sédiment de La Réole affecte significativement le métabolisme aérobie des larves



Taux de méthylation de l'ADN

26



- ✓ Taux de méthylation basal élevé chez les larves de *A. sturio*
- ✓ Hyperméthylation des larves exposées aux sédiments de Garonne > Dordogne > Référence



Bilan des réponses obtenues chez les embryons et larves de *A. sturio* exposés à des sédiments de frayère

| | Sédiments de frayère | | | | |
|-----------------------|----------------------|------------|---------------------|----------|--------------------|
| | La Réole | Beauregard | Pessac-sur-Dordogne | Bergerac | Référence Marcenac |
| Mortalité embryons | - | - | - | - | - |
| Mortalité larvaire | - | - | - | - | - |
| Taux éclosion | - | - | - | - | - |
| Malformations | ↑ | - | - | - | - |
| Conso. O ₂ | ↓ | - | - | ↓ | - |
| Vitesse de nage | - | - | - | - | - |
| Domage ADN | - | - | - | - | - |
| Méthylation ADN | ↑↑ | ↑↑ | ↑ | ↑ | - |

Conclusions

28

- **Très grande sensibilité des stades embryo-larvaire de *A. sturio* à la température** et de façon moindre à l'hypoxie.
- Sensibilité modérée de ces mêmes stades aux polluants organiques et métalliques.
- **Des températures élevées accroissent la sensibilité des embryons et larves de *A. sturio* à la pollution.**
- **Les embryons de *A. sturio* sont sensibles à la qualité physico-chimique des sédiments de frayères.** La qualité du substrat à La Réole apparaît peu propice au développement embryo-larvaire de *A. sturio*.



Remerciements

29

Merci pour votre attention



Frayère potentielle
de l'esturgeon
européen à Pessac-
sur-Dordogne
(Cliché Irstea)

<http://sturtop.irstea.fr>

