



**Contribution à l'étude de mélange pétrole - dispersants
sur une espèce tempérée le bar *Dicentrarchus labrax* :
application à une espèce d'eau froide.**

Matthieu DUSSAUZE

**Karine Pichavant-Rafini, Michaël Theron, Philippe Lemaire,
Lionel Camus et Stéphane Le Floch**

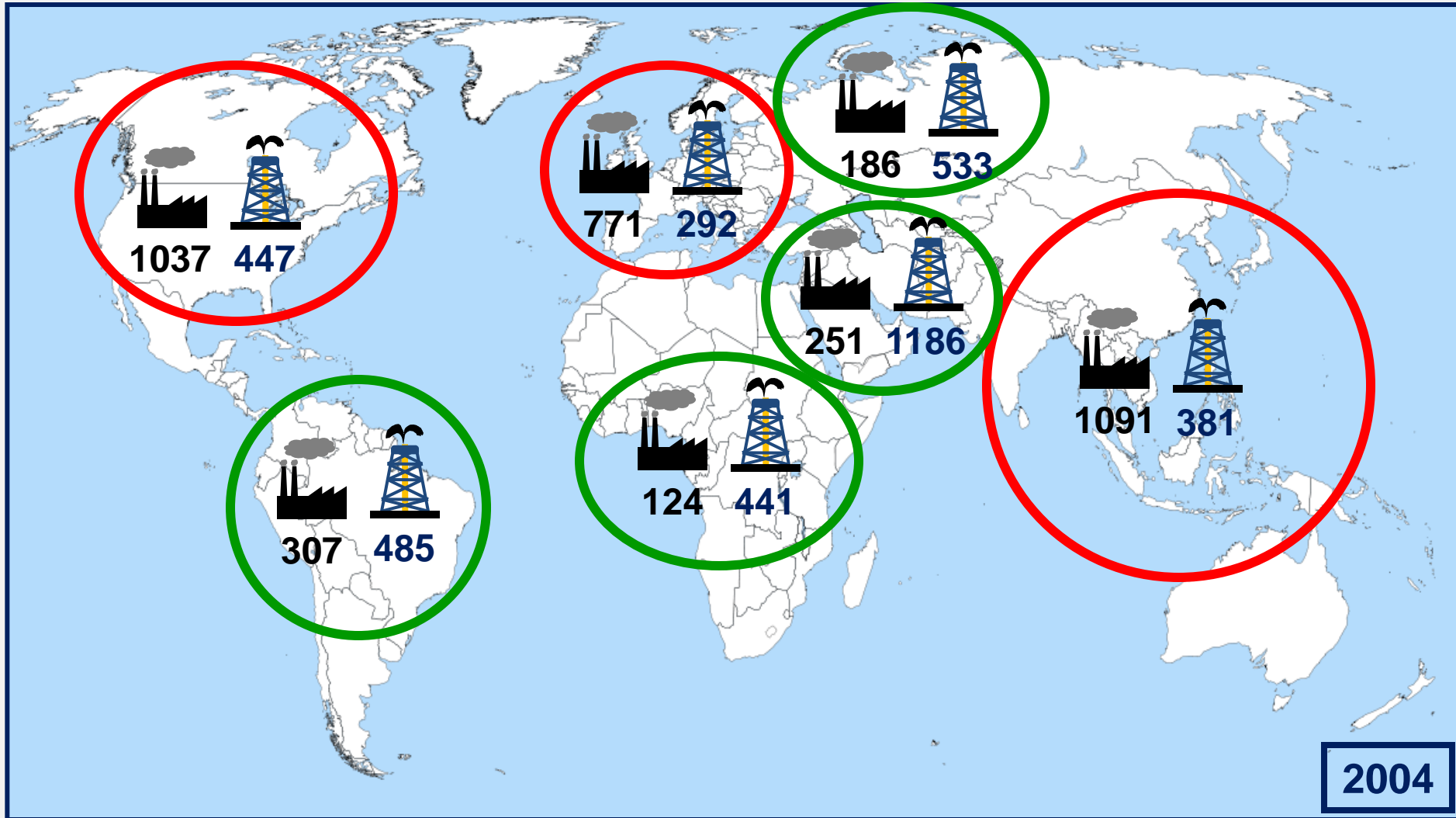
Journée technique du Cedre

13 novembre 2014



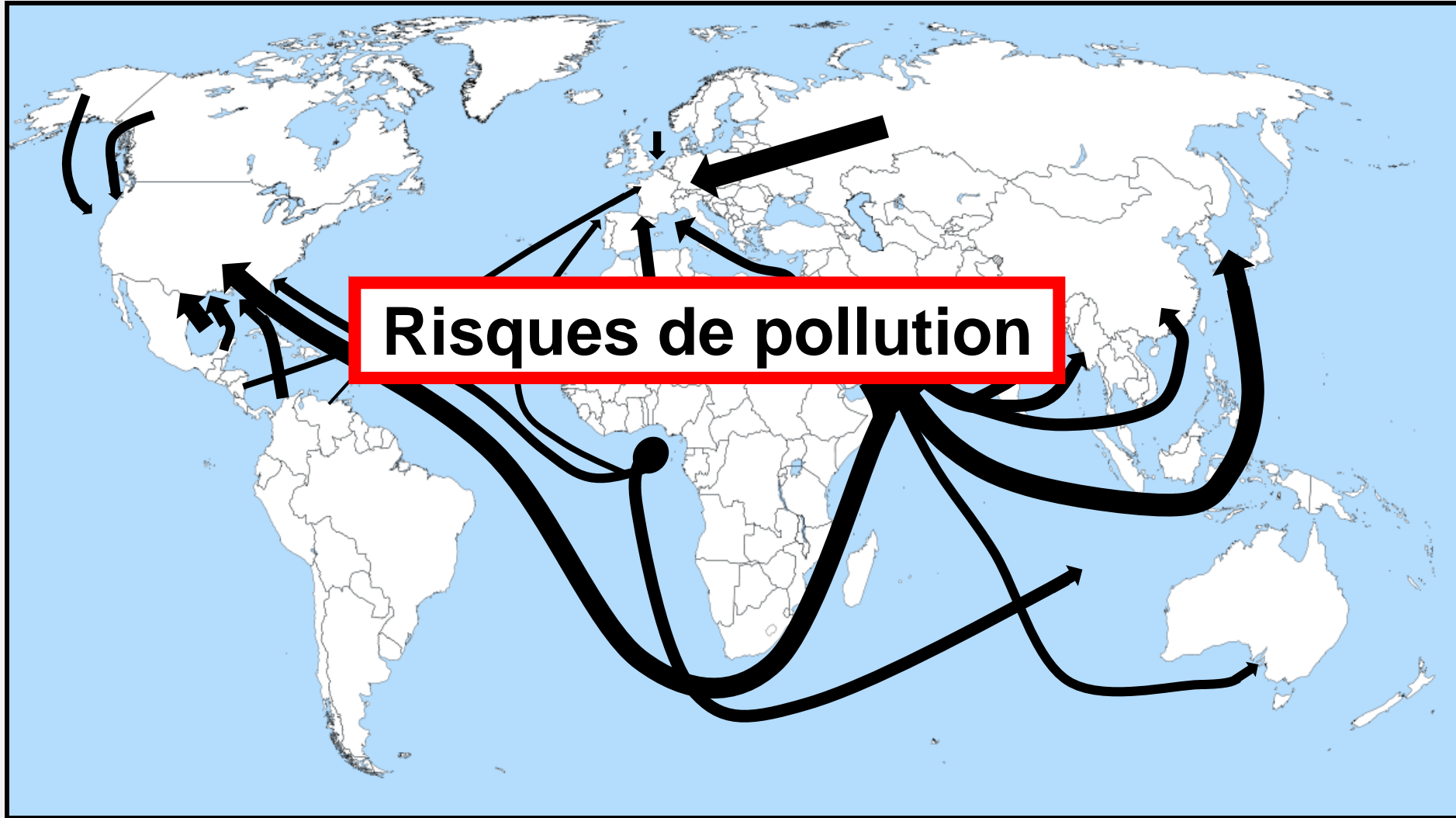
Introduction

Principales zones de consommation et de production du pétrole



Introduction

Transport du pétrole



Introduction

- Pollutions aux hydrocarbures en mer
 - Rejet chronique
 - Rejet accidentel : Marée noire

- Coût environnemental
 - Toxicité
 - Zone impactée



Introduction

Réponses opérationnelles à une marée noire

**Confinement et
récupération**

***In situ* burning**

Dispersion chimique

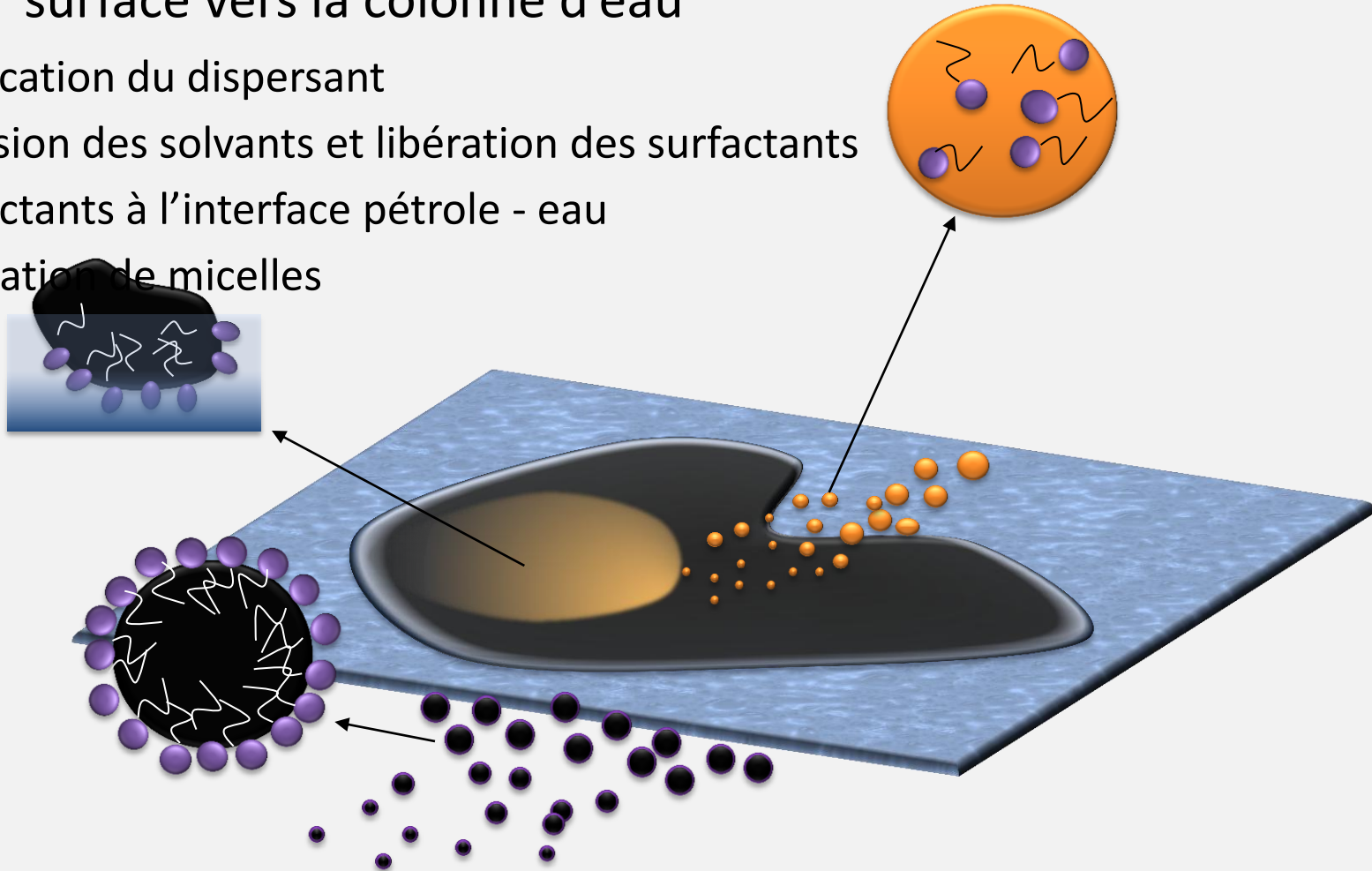


Introduction

Utilisation de la dispersion chimique

↳ Fractionner et transférer la nappe de pétrole de la surface vers la colonne d'eau

- Application du dispersant
- Diffusion des solvants et libération des surfactants
- Surfactants à l'interface pétrole - eau
- Formation de micelles



Introduction

Avantages

- Prévenir l'échouement
- Diluer
- Accélérer la biodégradation
- Limiter l'impact biologique
- Conditions météorologiques

?

Limites

- Zone offshore
- Fenêtre d'action limitée
- Pétrole non retiré
- Ajout d'une substance chimique
- Augmentation concentration en pétrole dans la colonne d'eau

Introduction

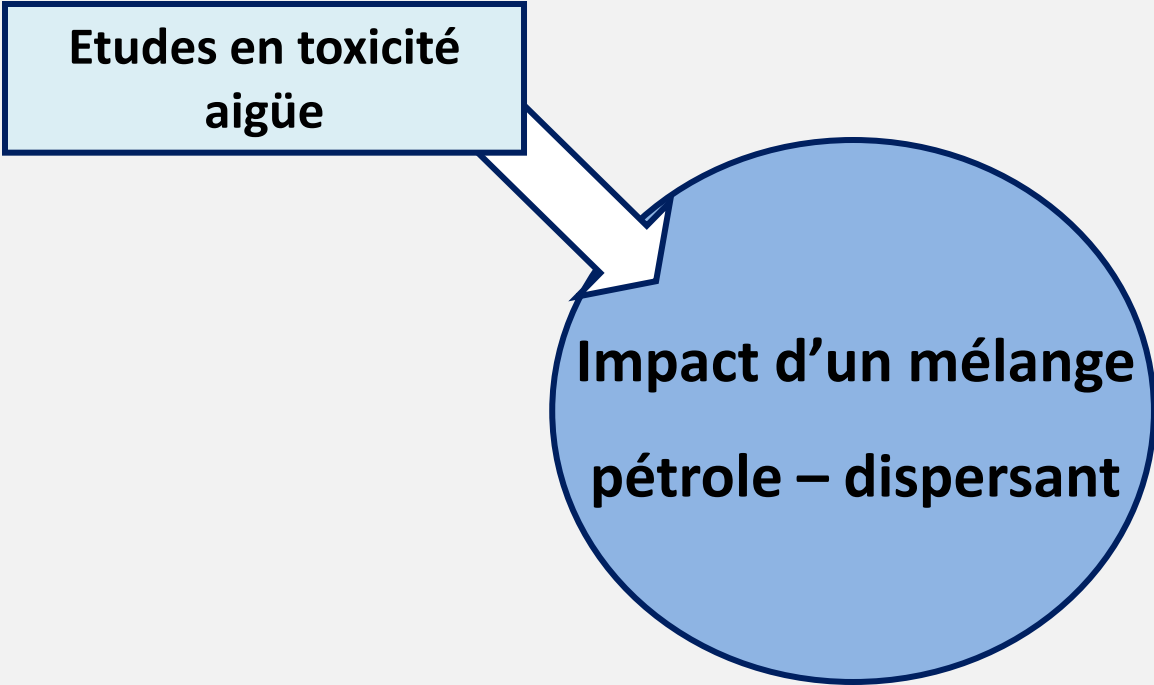
- Le dispersant augmente-t-il la toxicité du pétrole ?
- Les différents dispersants ont-ils la même toxicité ?
- Qu'en est-il des effets biologiques à court ou à long terme ?
- Les nouvelles zones exploration/production ?
 - Ecosystème arctique
 - Milieu profond (*DeepWater Horizon*)



Introduction

Comment évaluer ces impacts environnementaux ?

**Etudes en toxicité
aigüe**



```
graph LR; A[Etudes en toxicité aigüe] --> B((Impact d'un mélange pétrole - dispersant))
```

**Impact d'un mélange
pétrole - dispersant**

Introduction

Comment évaluer ces impacts environnementaux ?

**Etudes en toxicité
aigüe**



- Préférence des autorités et de l'industrie
- Tests normalisés et reproductibles
- Temps
- Urgence opérationnelle

un mélange
dispersant

Introduction

Comment évaluer ces impacts environnementaux ?

Etudes en toxicité aigüe



- Préférence des autorités et de l'industrie
- Tests normalisés et reproductibles
- Temps
- Urgence opérationnelle

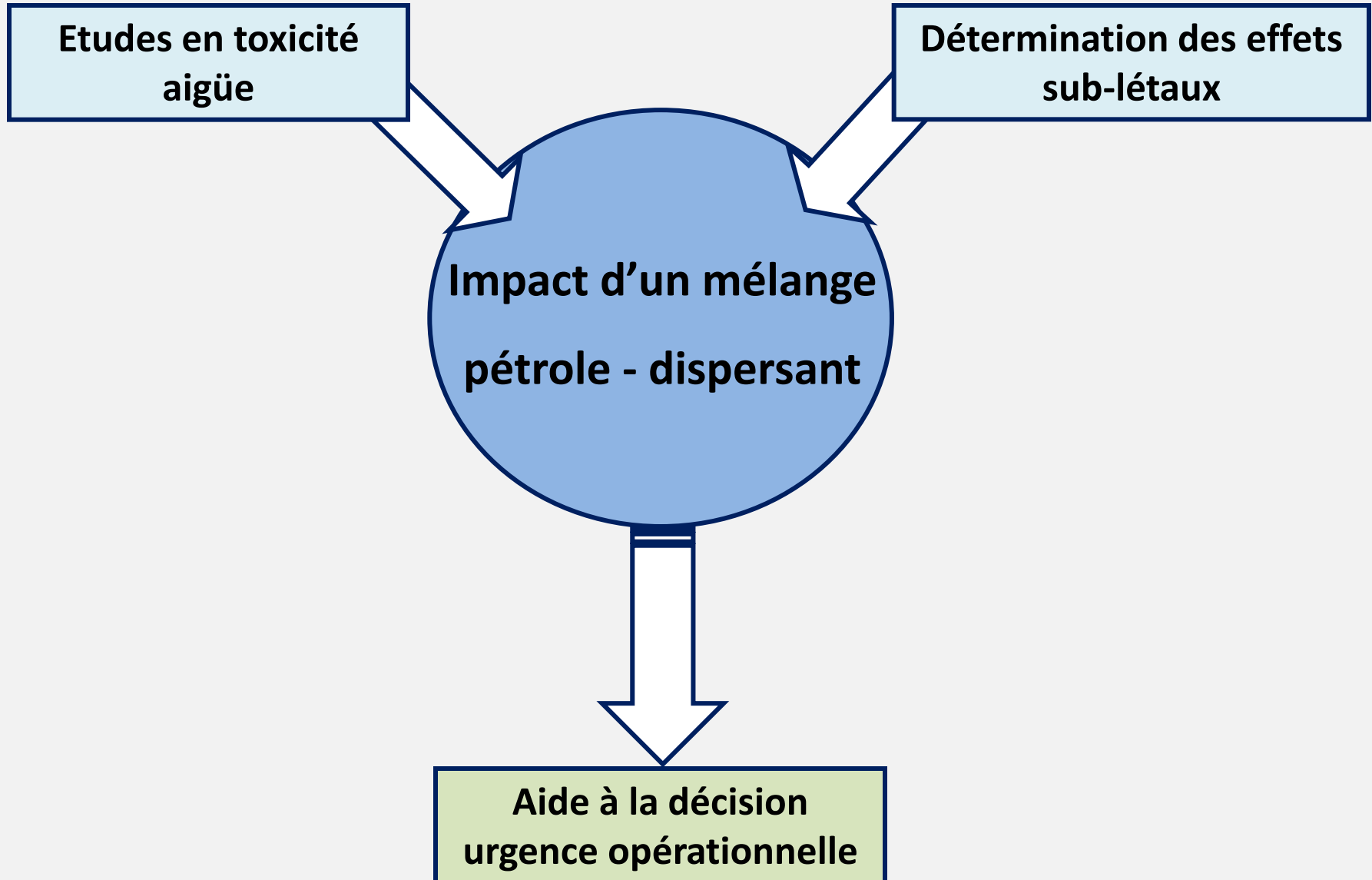
Détermination des effets sub-létaux



- Travailler à des concentrations réalistes
- Etudier différents niveaux d'intégration
- Etudier une fonction
- Du court au long terme

Introduction

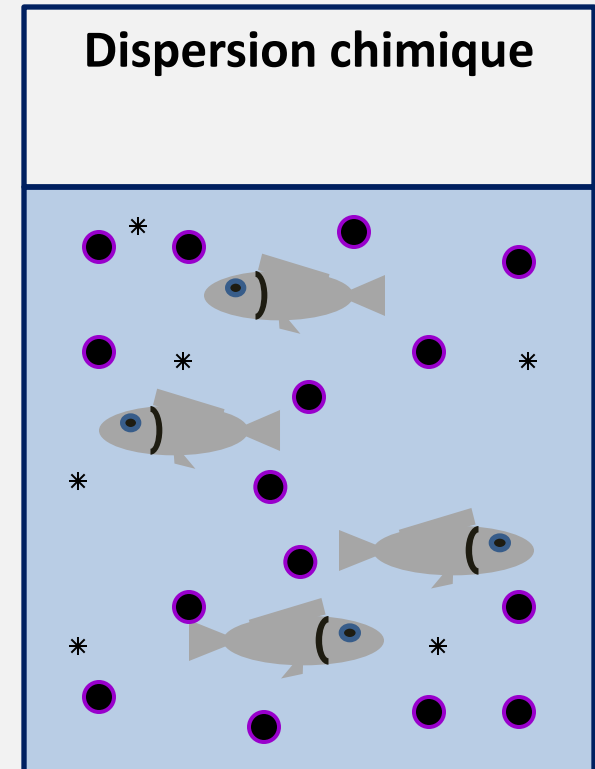
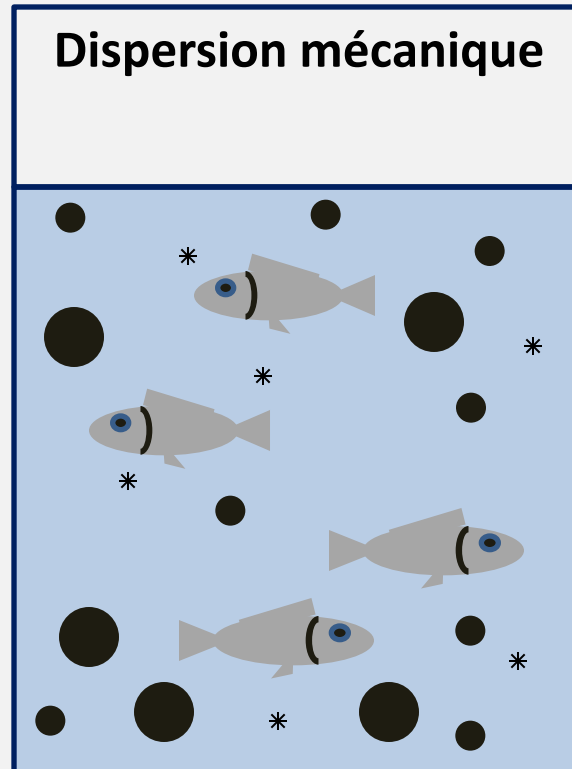
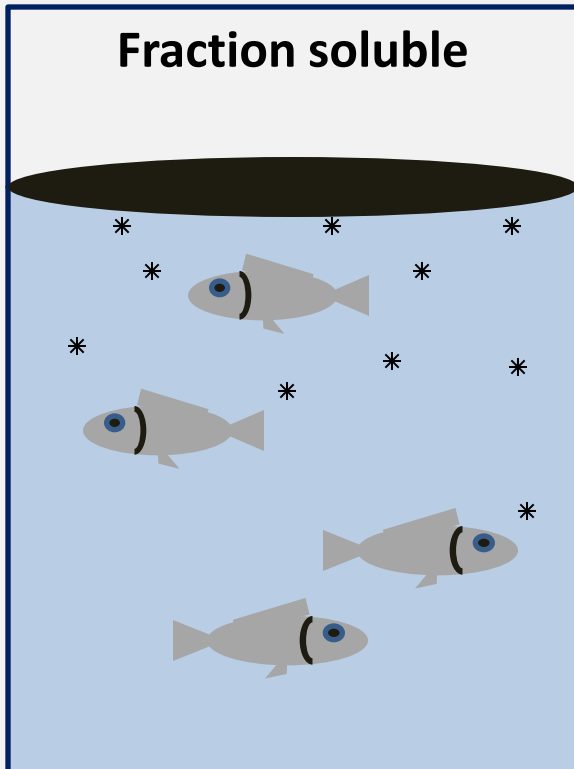
Comment évaluer ces impacts environnementaux ?



Introduction

Comment évaluer ces impacts environnementaux ?

- A quel type d'exposition un organisme est-il soumis pendant une marée noire ?

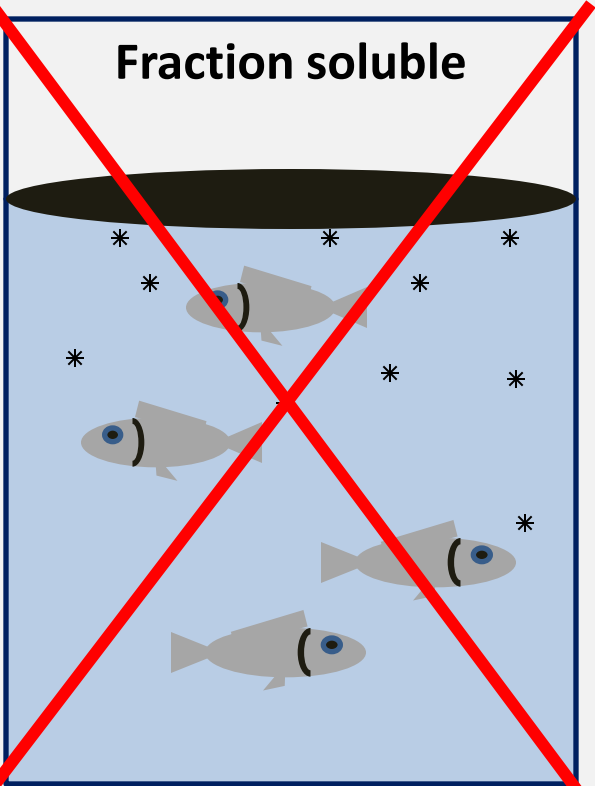


Introduction

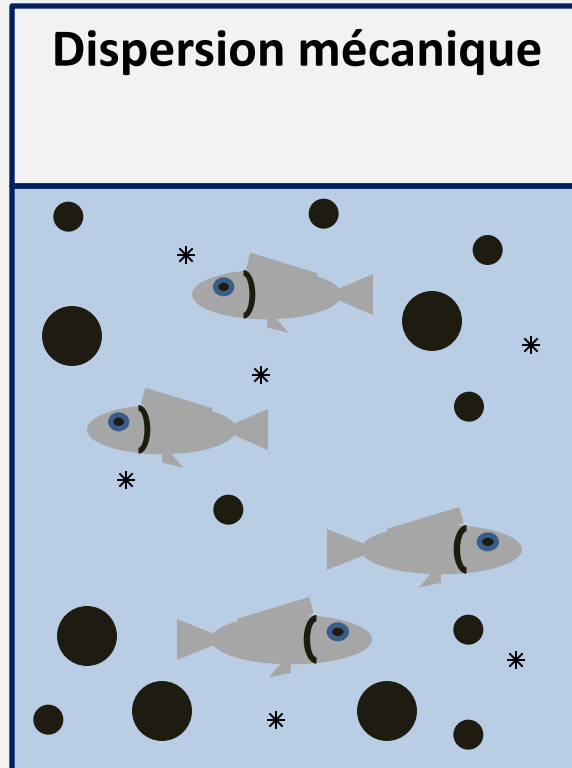
Comment évaluer ces impacts environnementaux ?

- A quel type d'exposition un organisme est-il soumis pendant une marée noire ?

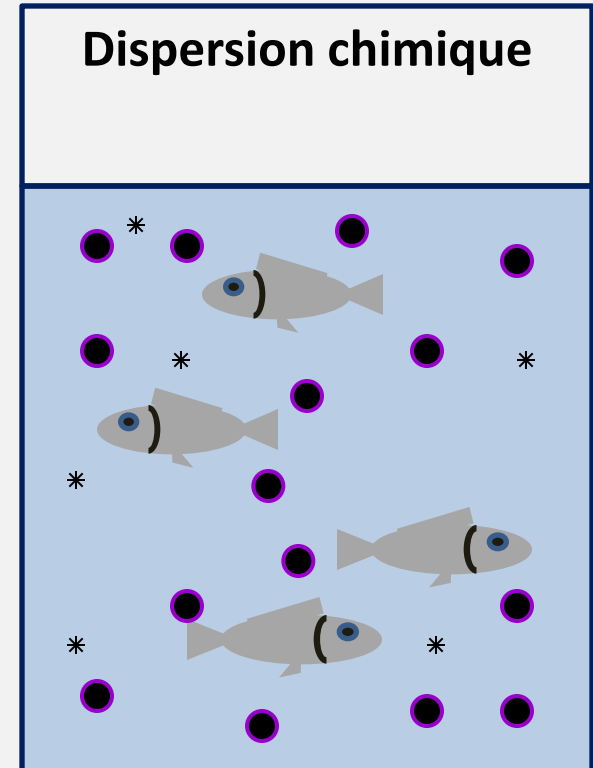
Fraction soluble



Dispersion mécanique

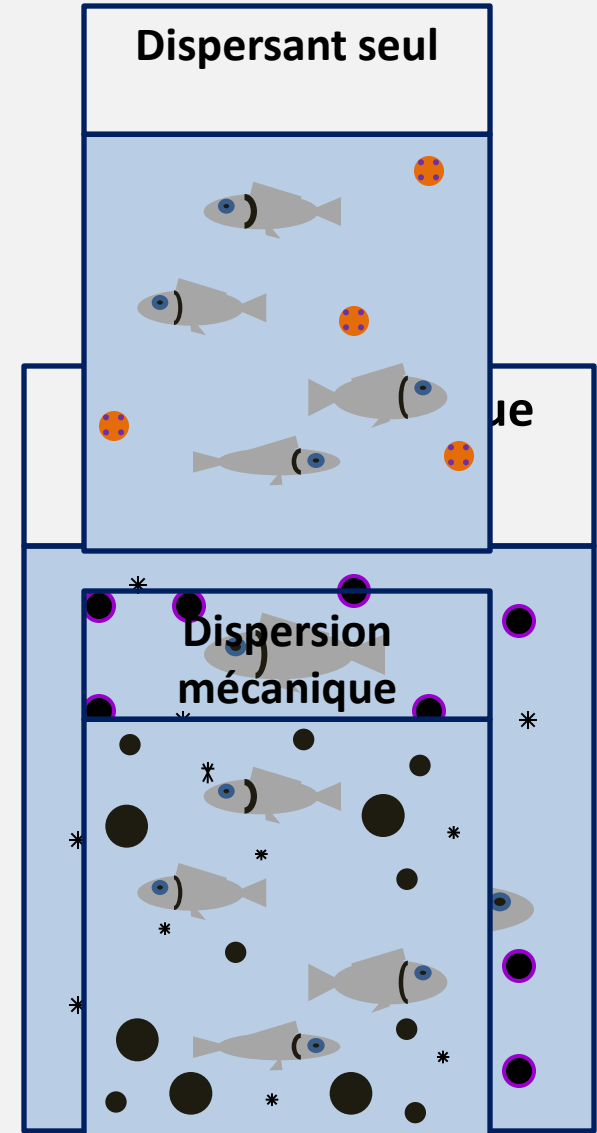
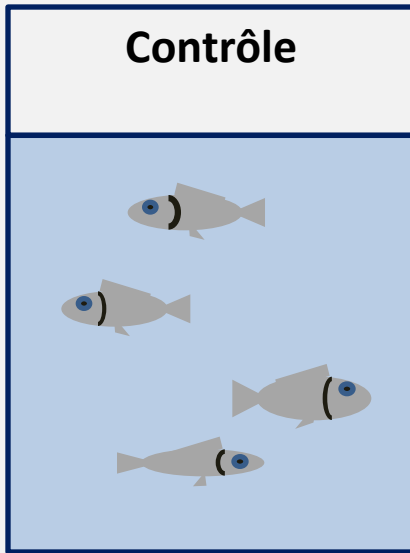


Dispersion chimique



Introduction

Comment évaluer ces impacts environnementaux ?



Introduction

Pétrole :

Brut Arabian Light (BAL)

Dispersants :

Finasol OSR 52

Corexit 9500

INIPOL IP 90

DASIC Slickgone NS

Espèces :

Bar

Dicentrarchus labrax

Morue polaire

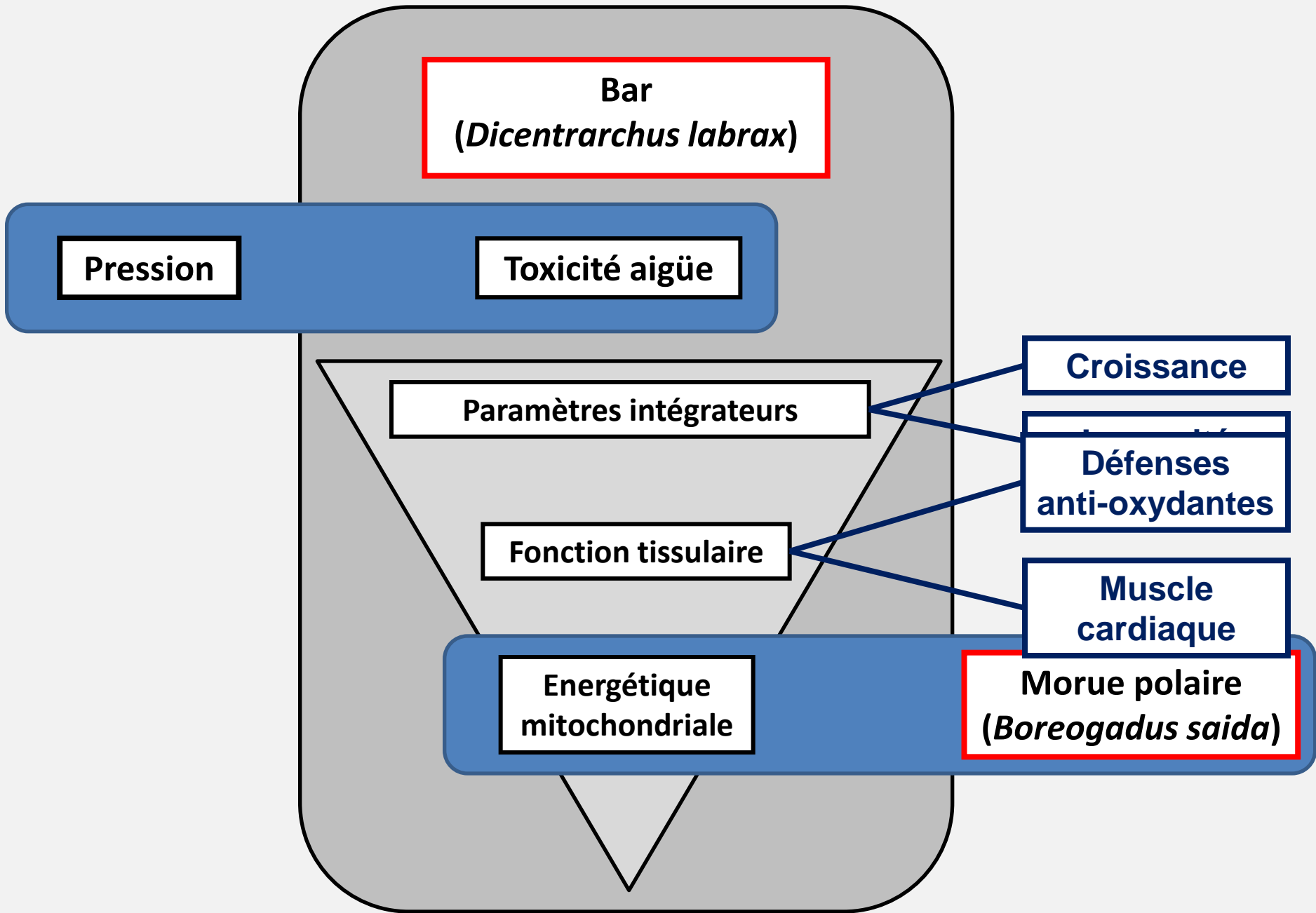
Boreogadus saida

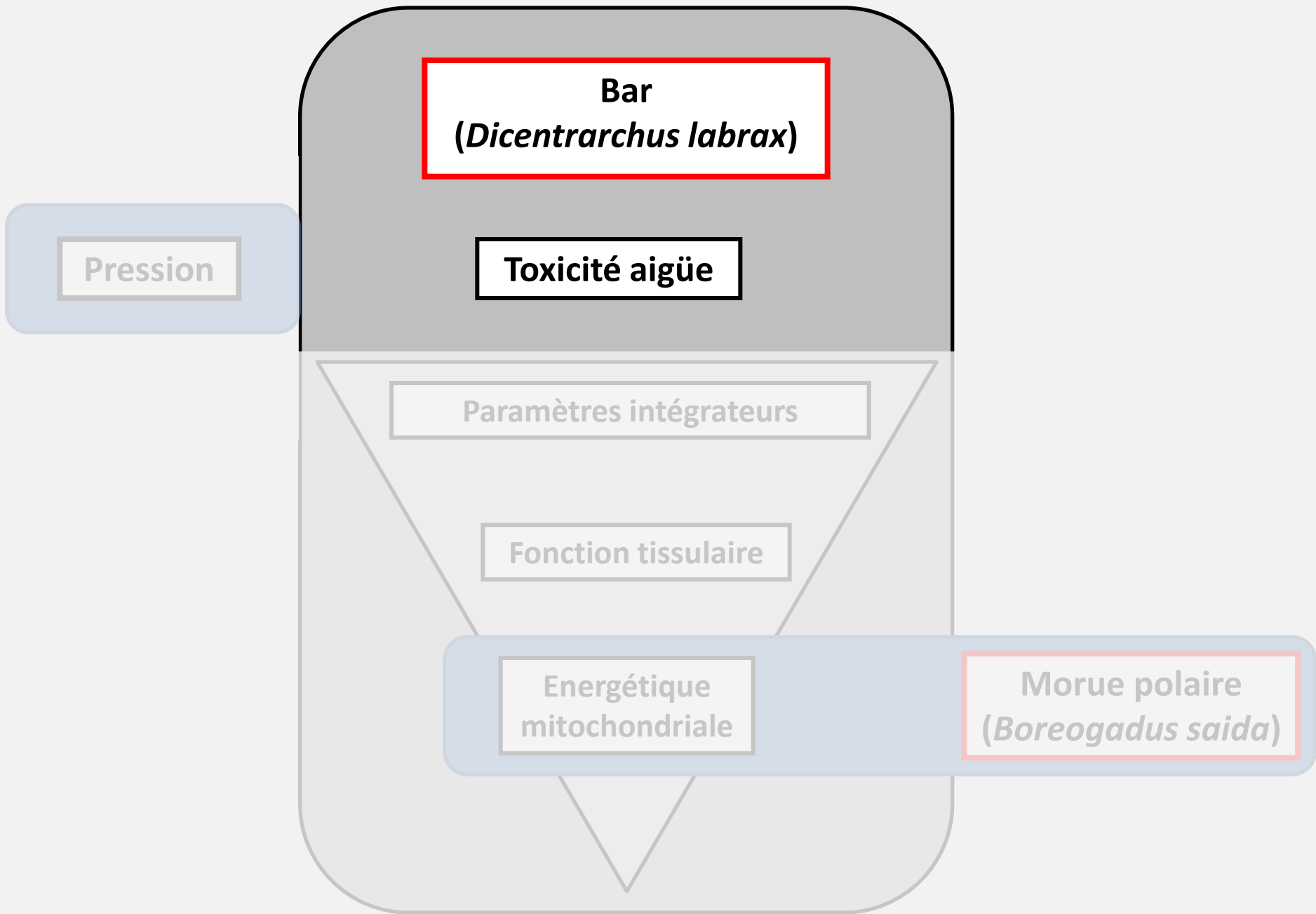
Pétrole utilisé
en écotoxicologie

Dispersants enregistrés
dans le plus grand
nombre de pays

Espèces modèles des
écosystèmes tempéré et
arctique







Bar
(Dicentrarchus labrax)

Pression

Toxicité aigüe

Paramètres intégrateurs

Fonction tissulaire

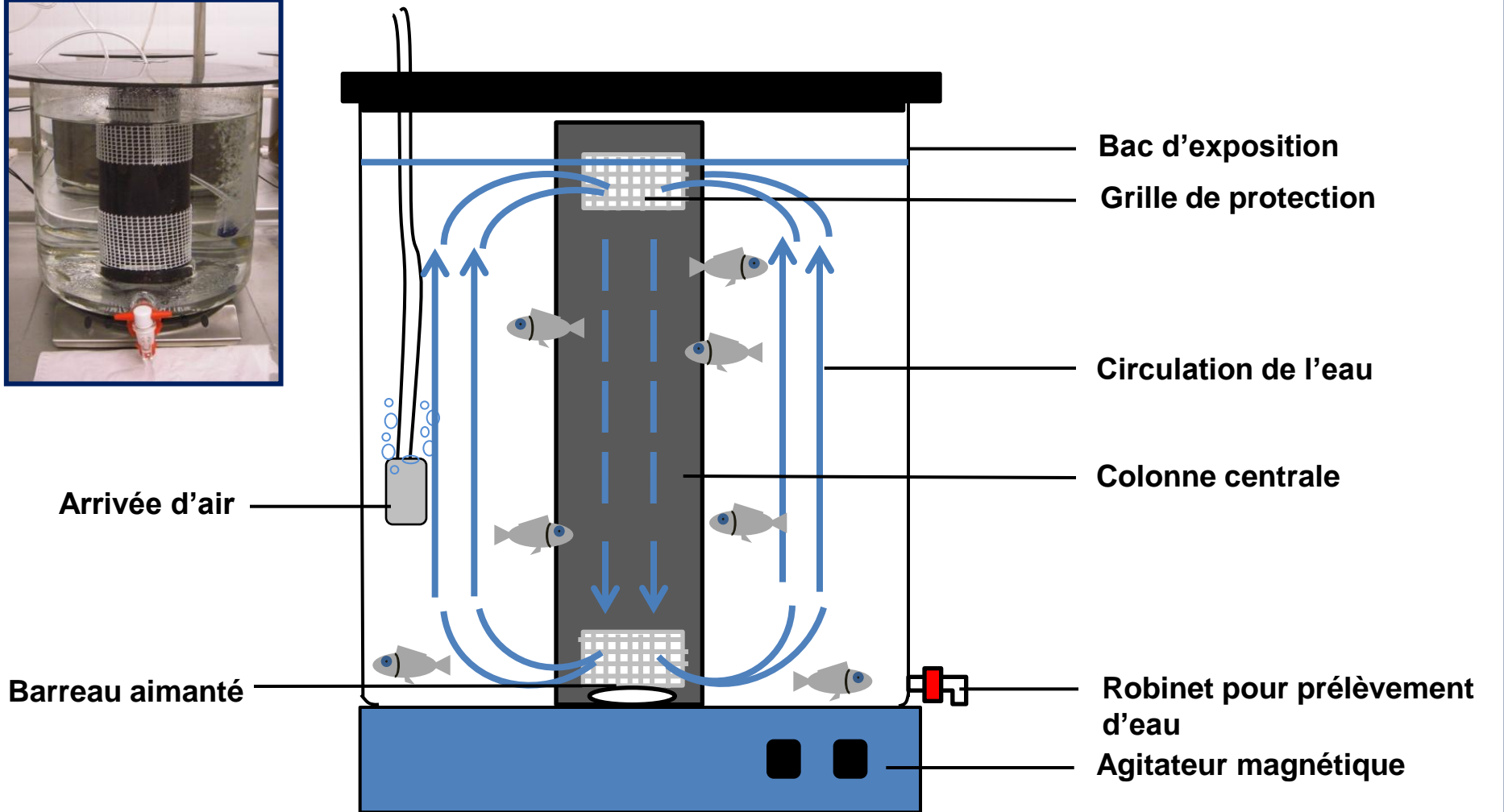
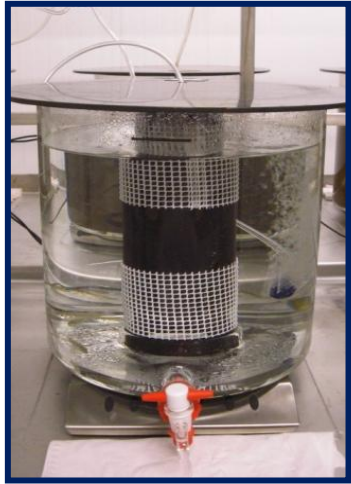
Energétique mitochondriale

Morue polaire
(Boreogadus saida)

Toxicité aigüe

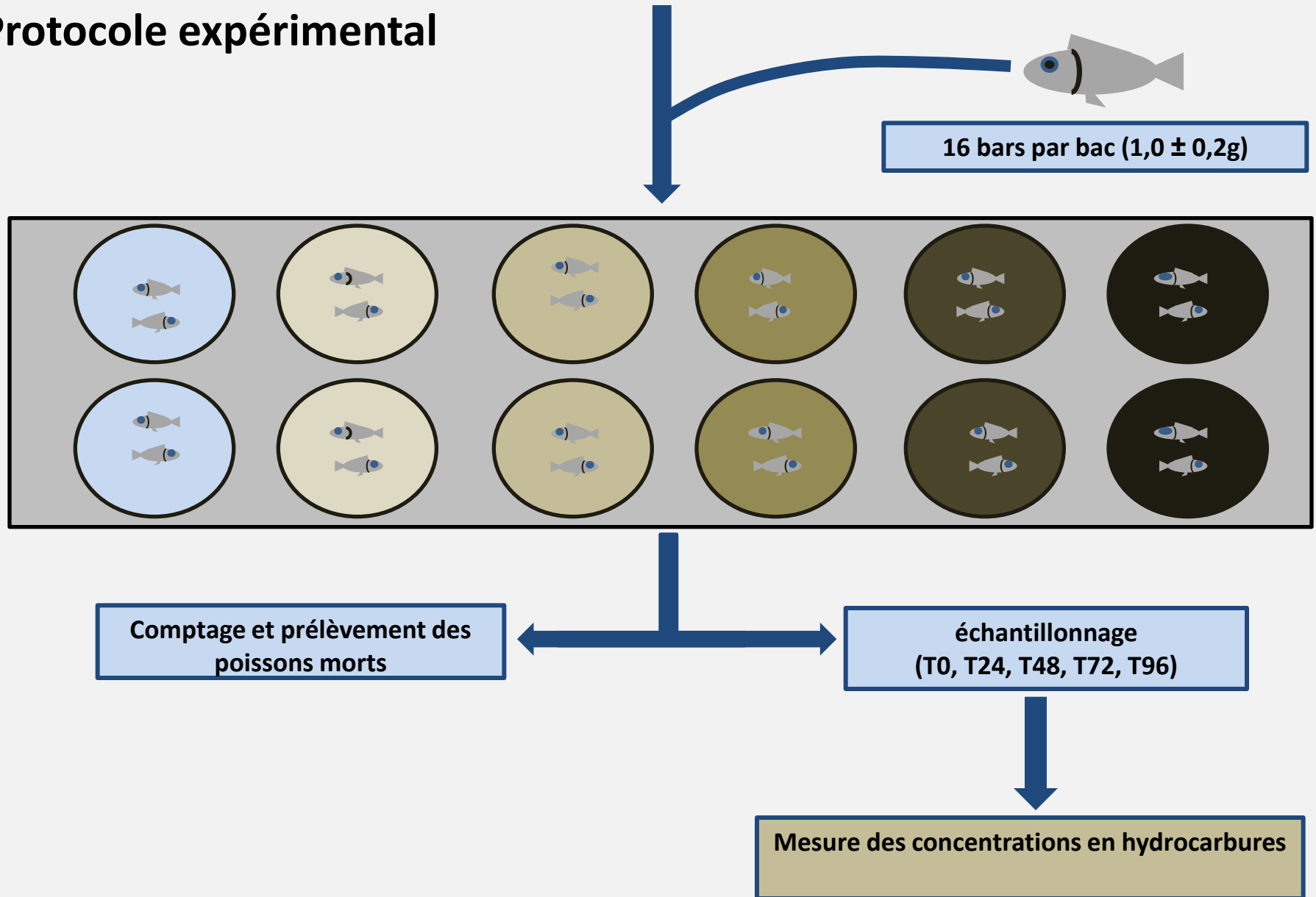
- Dispersant augmente toxicité à court terme
- Effet synergique du mélange pétrole - dispersant ?
- Augmentation des concentrations en hydrocarbures ?
- Deux types d'analyse de mortalité :
 - Concentrations nominales → Kaplan Meier
 - Concentrations mesurées → Concentrations létales

Toxicité aigüe - Exposition



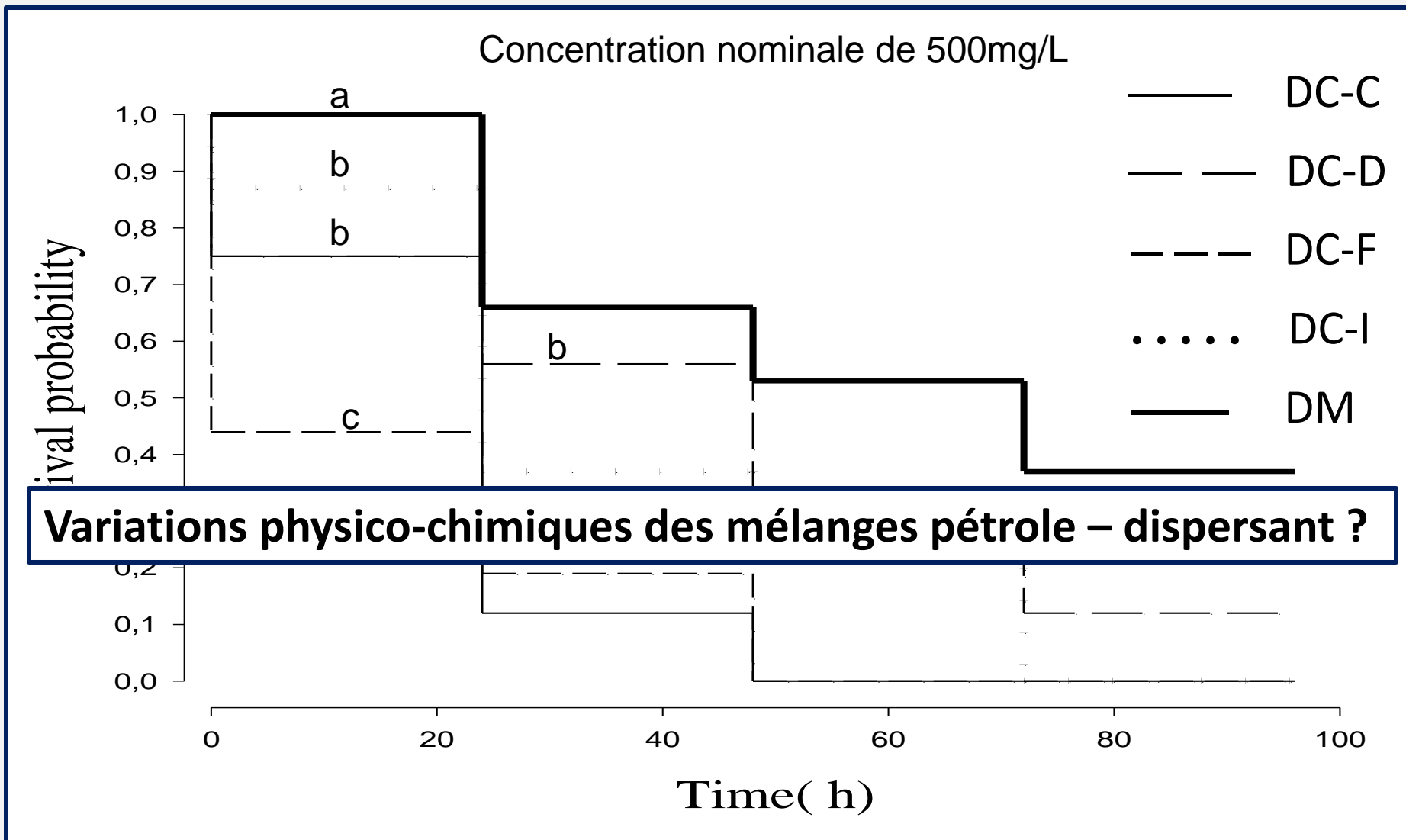
Toxicité aigüe - Exposition

Protocole expérimental



Toxicité aigüe - Résultats

Analyse de survie (Kaplan Meier)



Toxicité aigüe - Résultats

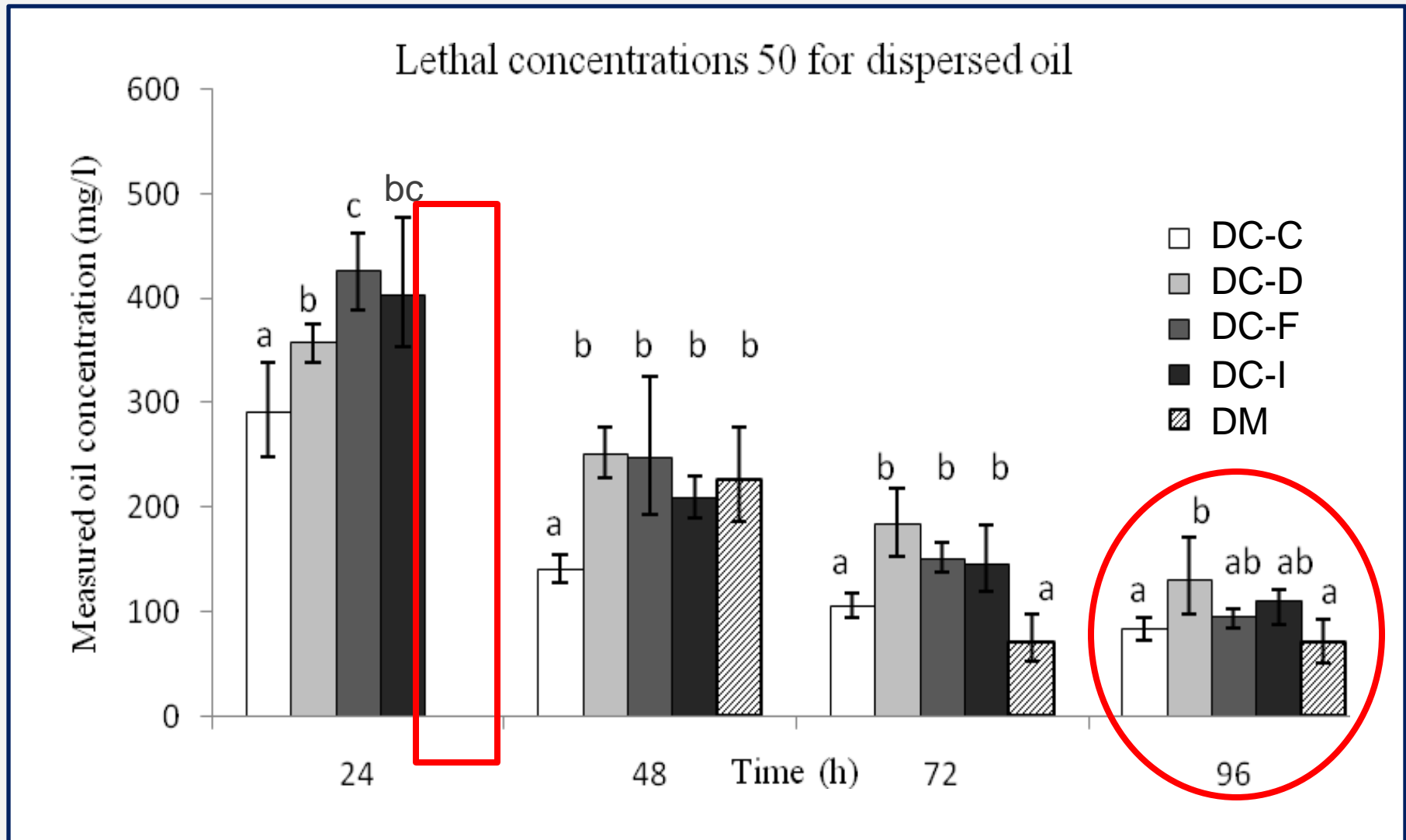
Taille des gouttes

	DC-C	DC-D	DC-F	DC-I	DM
médiane	$17,9 \pm 0,0^{a,b}$	$42,3 \pm 0,3^c$	$25,0 \pm 0,2^{a,c}$	$14,0 \pm 0,0^b$	non déterminé

Pas de corrélation entre taille des gouttes et variations de mortalité observées

Toxicité aigüe - Résultats

Concentrations létales



Toxicité aigüe - Conclusion

- Concentrations nominales : Dispersion chimique augmente la toxicité du pétrole
- Concentrations mesurées : Pas de différence entre Dispersion mécanique et Dispersions chimiques à 96h

 **Pas d'effets synergiques du pétrole et du dispersant sur la toxicité**

 **Différences de toxicité sont dues aux concentrations en hydrocarbures**

Bar
(Dicentrarchus labrax)

Pression

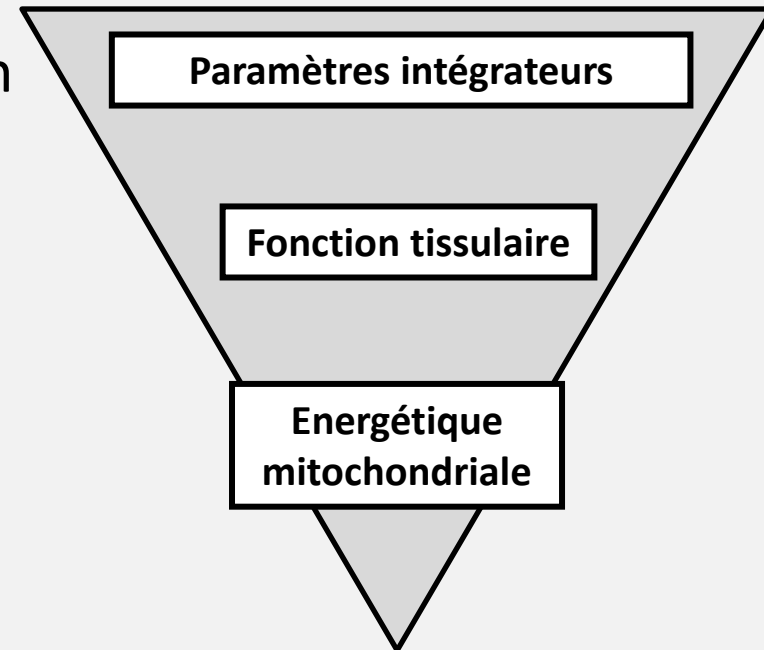
Toxicité aigüe

Effets sub-létaux

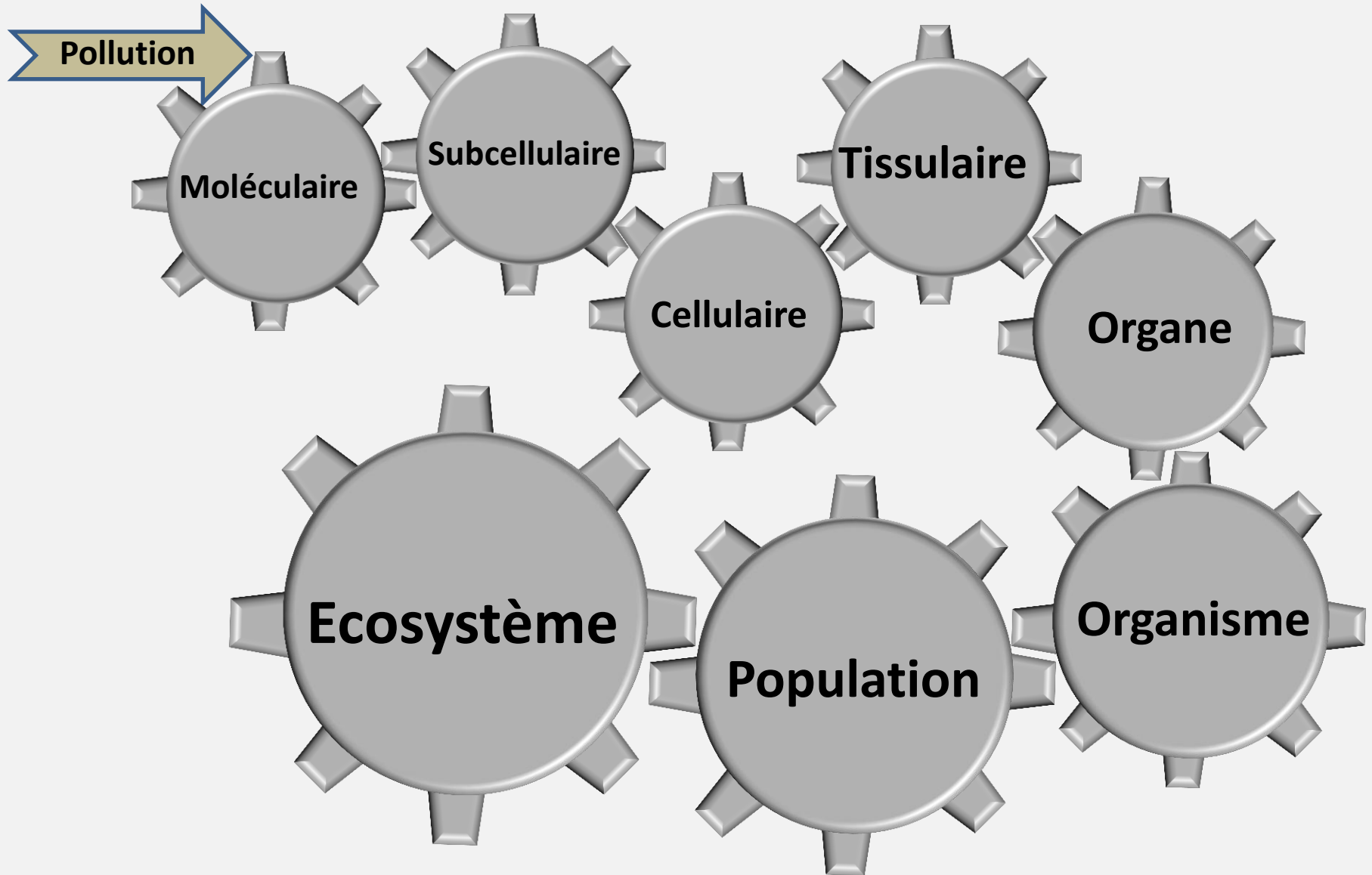
Morue polaire
(Boreogadus saida)

Effets sub-létaux

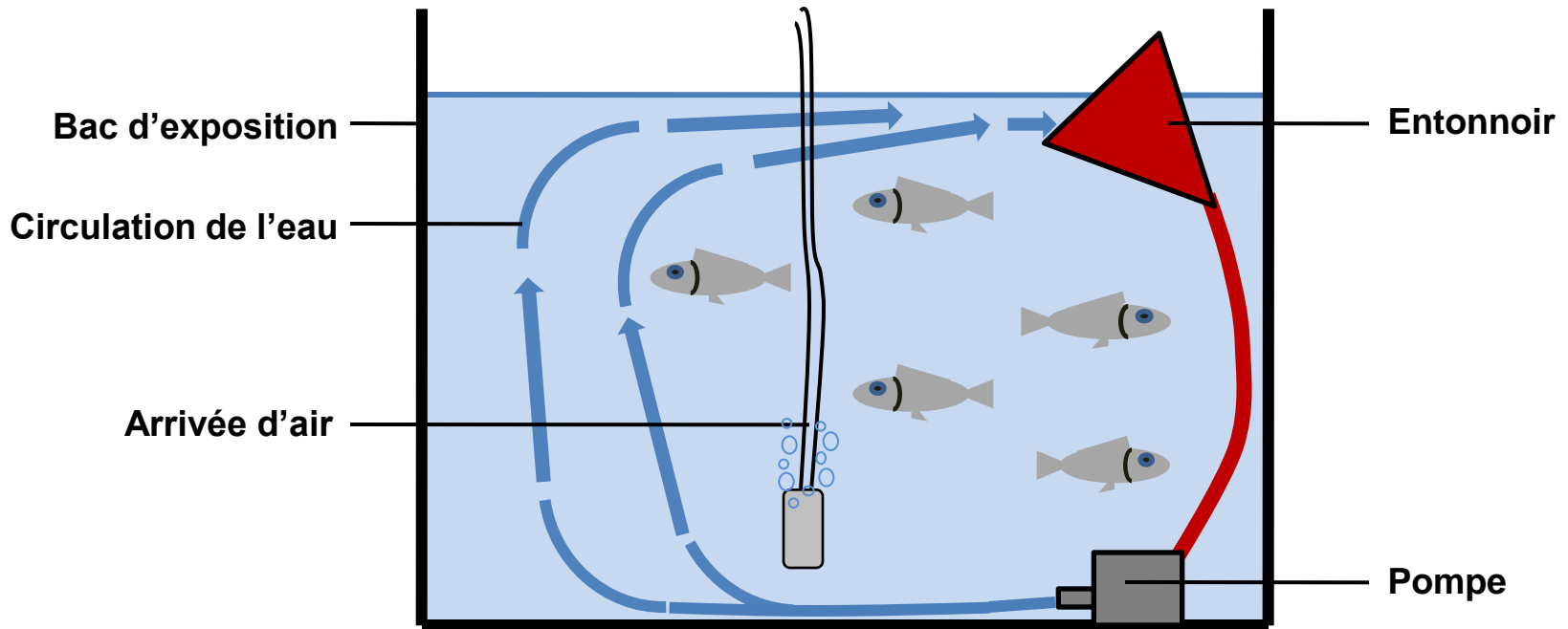
- Expositions aux hydrocarbures → Peu de mortalité directe
- Effets sub-létaux :
 - Réduction/Perte de capacités adaptatives
 - Diminution des probabilités de survie
- Etude à différents niveaux d'intégration



Effets sub-létaux



Effets sub-létaux - Exposition



Effets sub-létaux - Exposition

- Etude sur des juvéniles et des individus matures
- 48h d'exposition en condition statique
- 4 conditions expérimentales
 - Contrôle (**C**)
 - Dispersant seul (**D**)
 - Dispersion chimique du pétrole (**DC**)
 - Dispersion mécanique du pétrole (**DM**)



Biomarqueur d'exposition

- D'après littérature:
 - Activité EROD dans le foie
 - ↳ **Induction du cytochrome P450**
 - Fluorescence fixe de la bile
 - ↳ **Voie d'excrétion majoritaire des HAPs biotransformés**
- Résultats: 2 groupes distincts
 - C et D: pas de réponses aux biomarqueurs d'exposition
 - DC et DM: réponses importantes aux biomarqueurs d'exposition

Bar
(Dicentrarchus labrax)

Pression

Toxicité aigüe

Paramètres intégrateurs

Fonction tissulaire

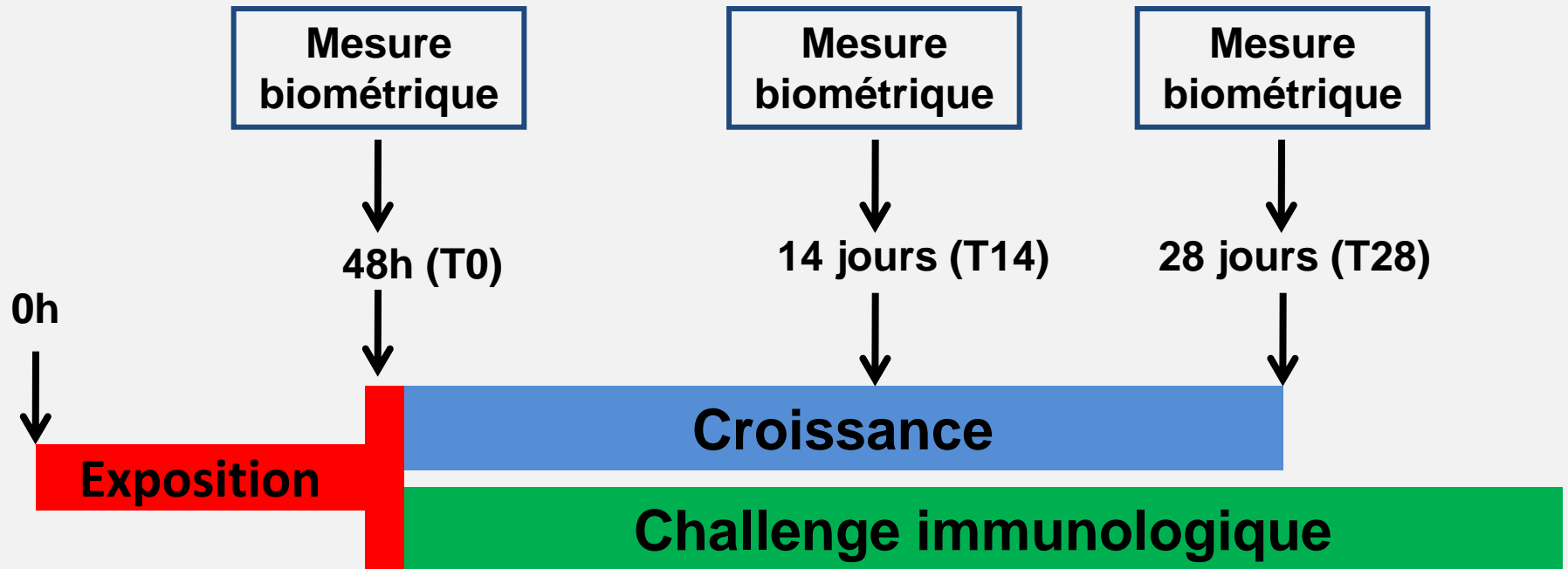
Energétique
mitochondriale

Morue polaire
(Boreogadus saida)

Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs

- Indicateurs de l'état de santé
- Croissance
 - Renouvellement de la population
- Immunité
 - Ligne de défense de l'organisme
- Bibliographie → Impact des hydrocarbures sur la croissance et l'immunité

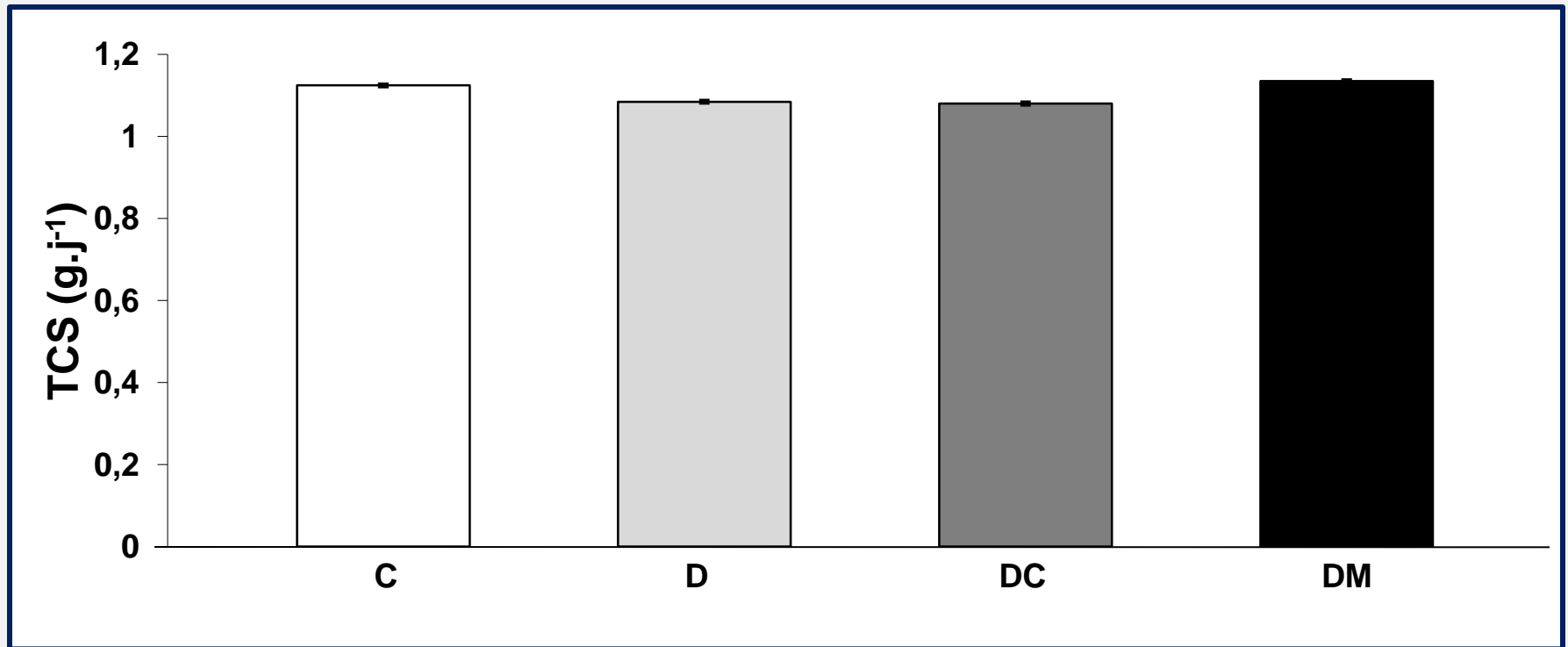
Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs



Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs

Croissance

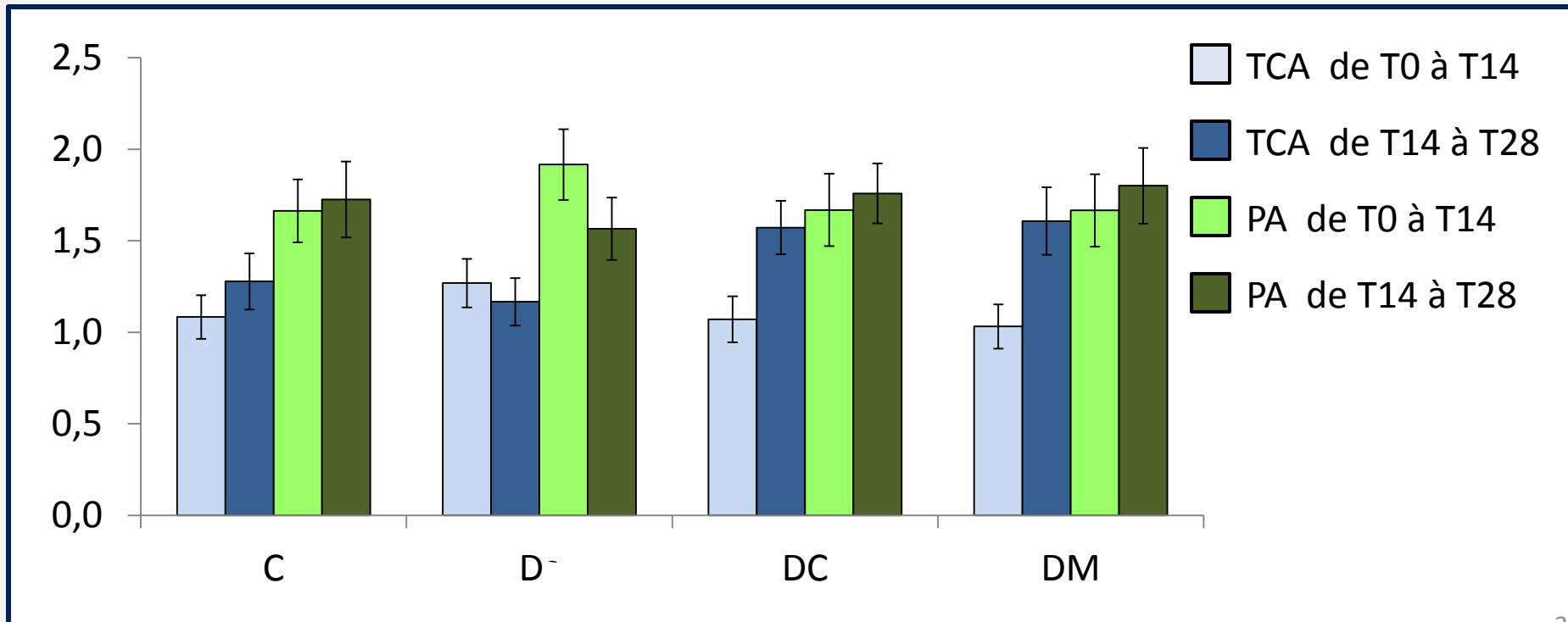
- Taux de croissance spécifique (TCS)



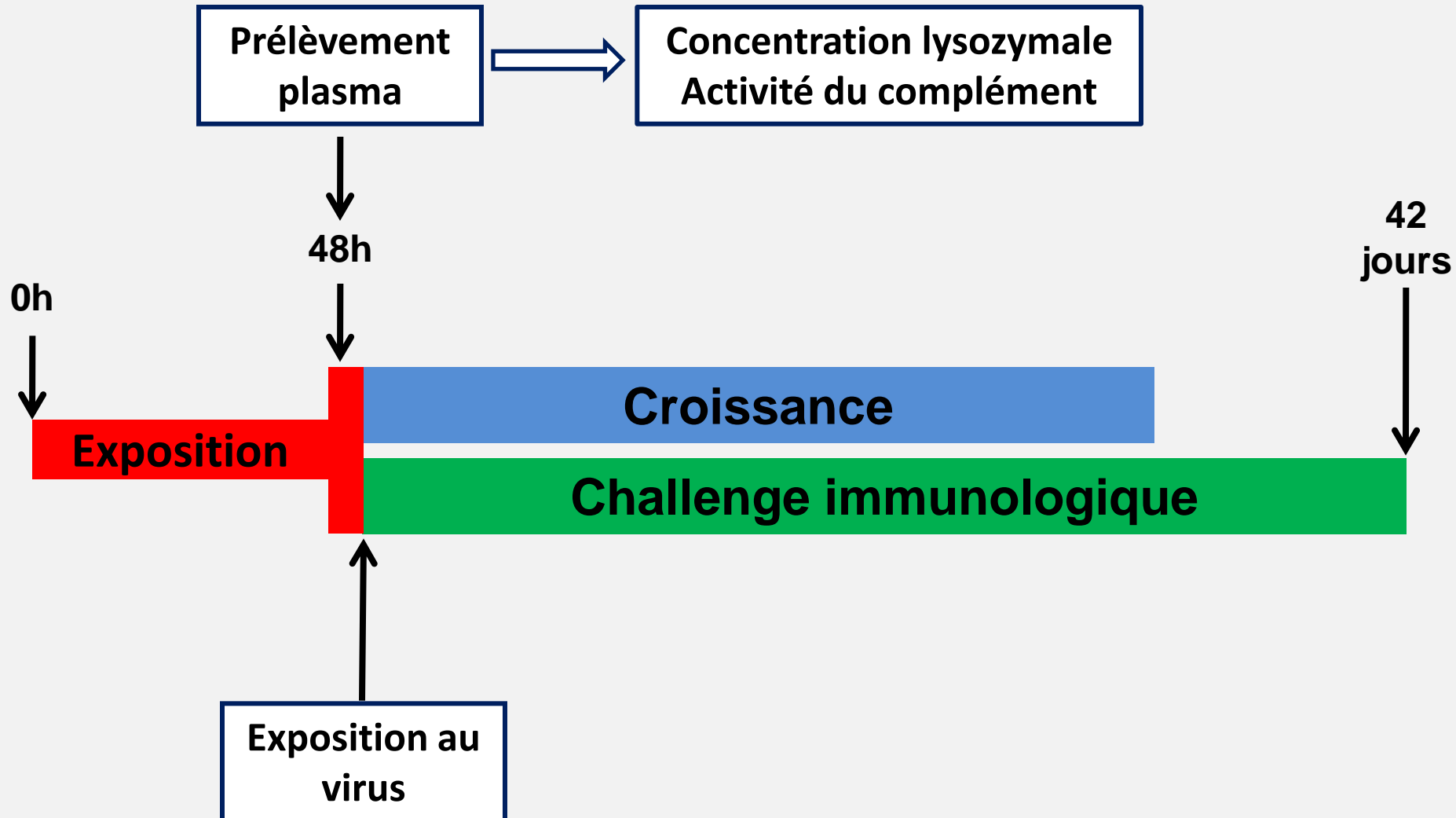
Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs

Croissance

- Taux de conversion alimentaire (**TCA**)
- Prise alimentaire (**PA**)



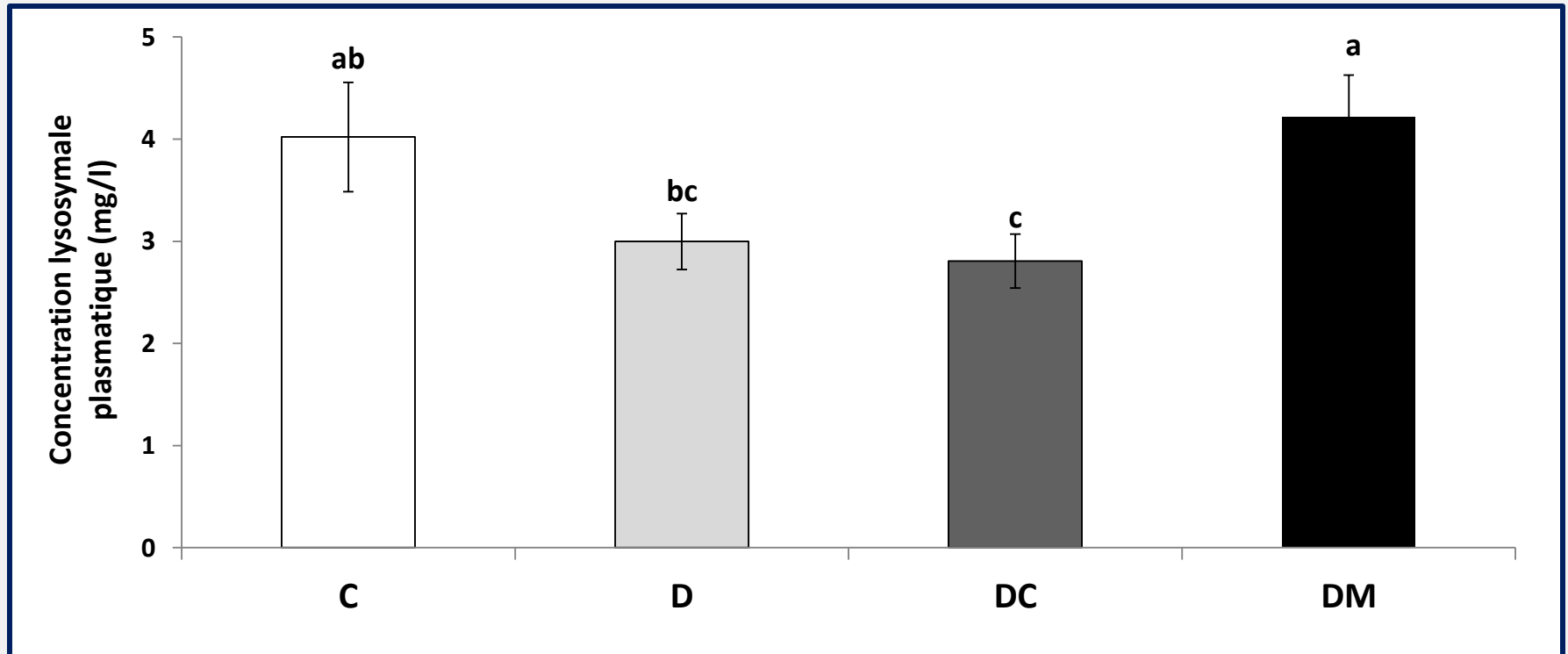
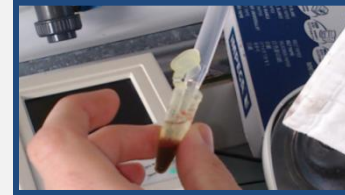
Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs



Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs

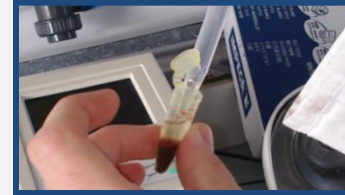
Immunité

- Concentration en lysozyme plasmatique

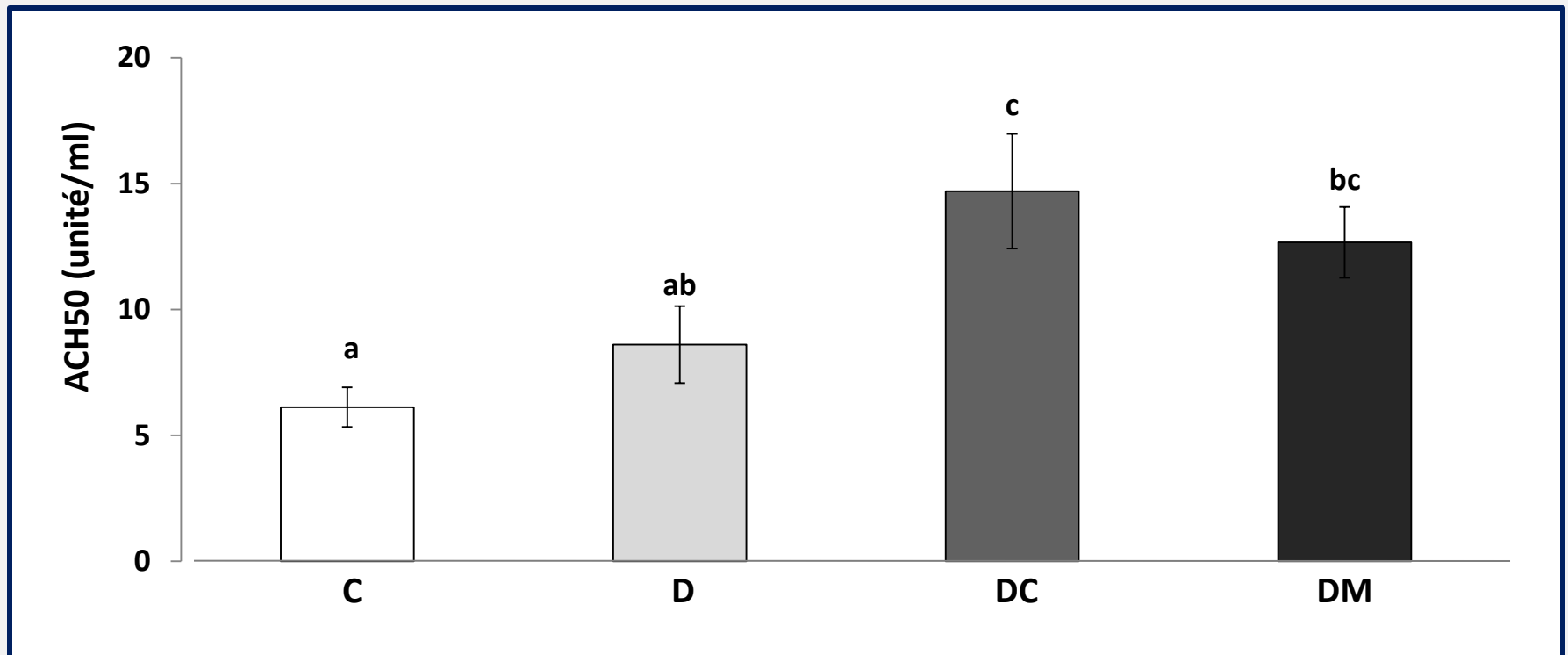


Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs

Immunité



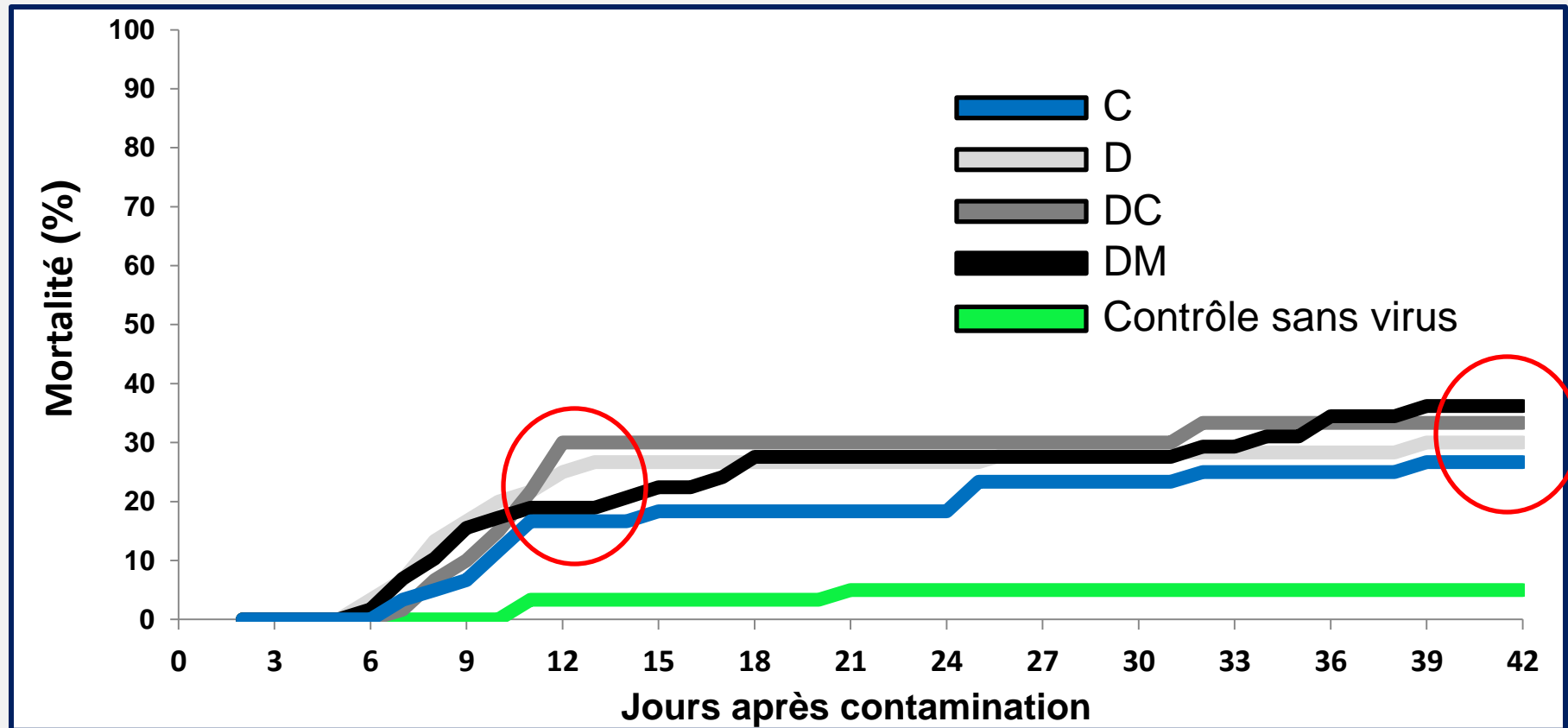
- Activité hémolytique du complément de la voie alterne dans le plasma



Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs

Immunité

- Challenge immunologique



Effets sub-létaux – Paramètres intégrateurs

- Pas d'effet à moyen terme
 - Croissance
 - ↳ **Si contraintes supplémentaires ?**
 - Immunité
 - ↳ **Phénomène de compensation**

Bar
(Dicentrarchus labrax)

Pression

Toxicité aigüe

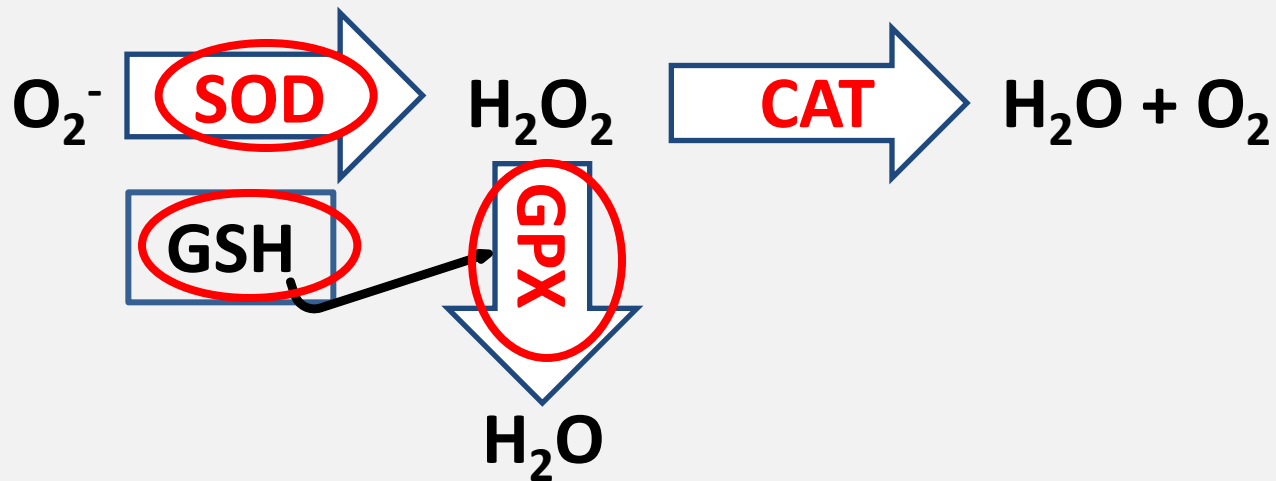
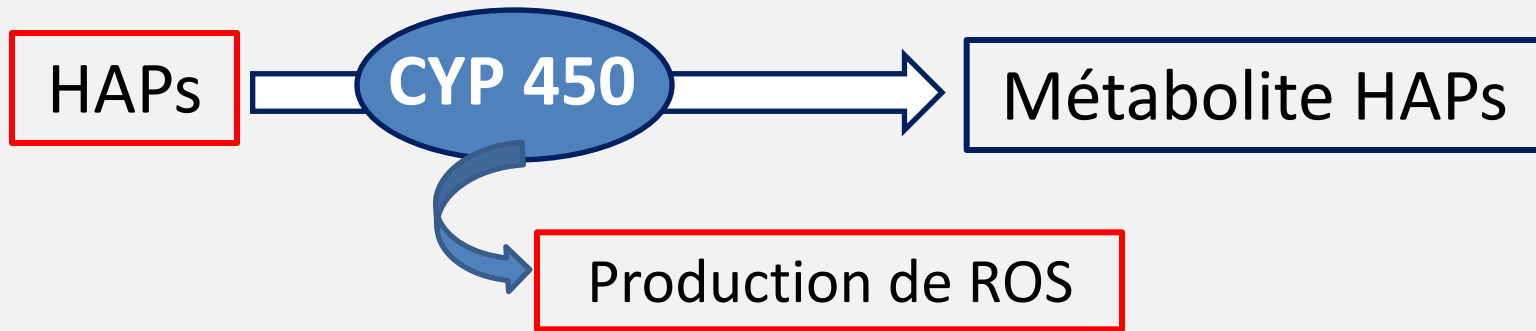
Paramètres intégrateurs

Fonction tissulaire

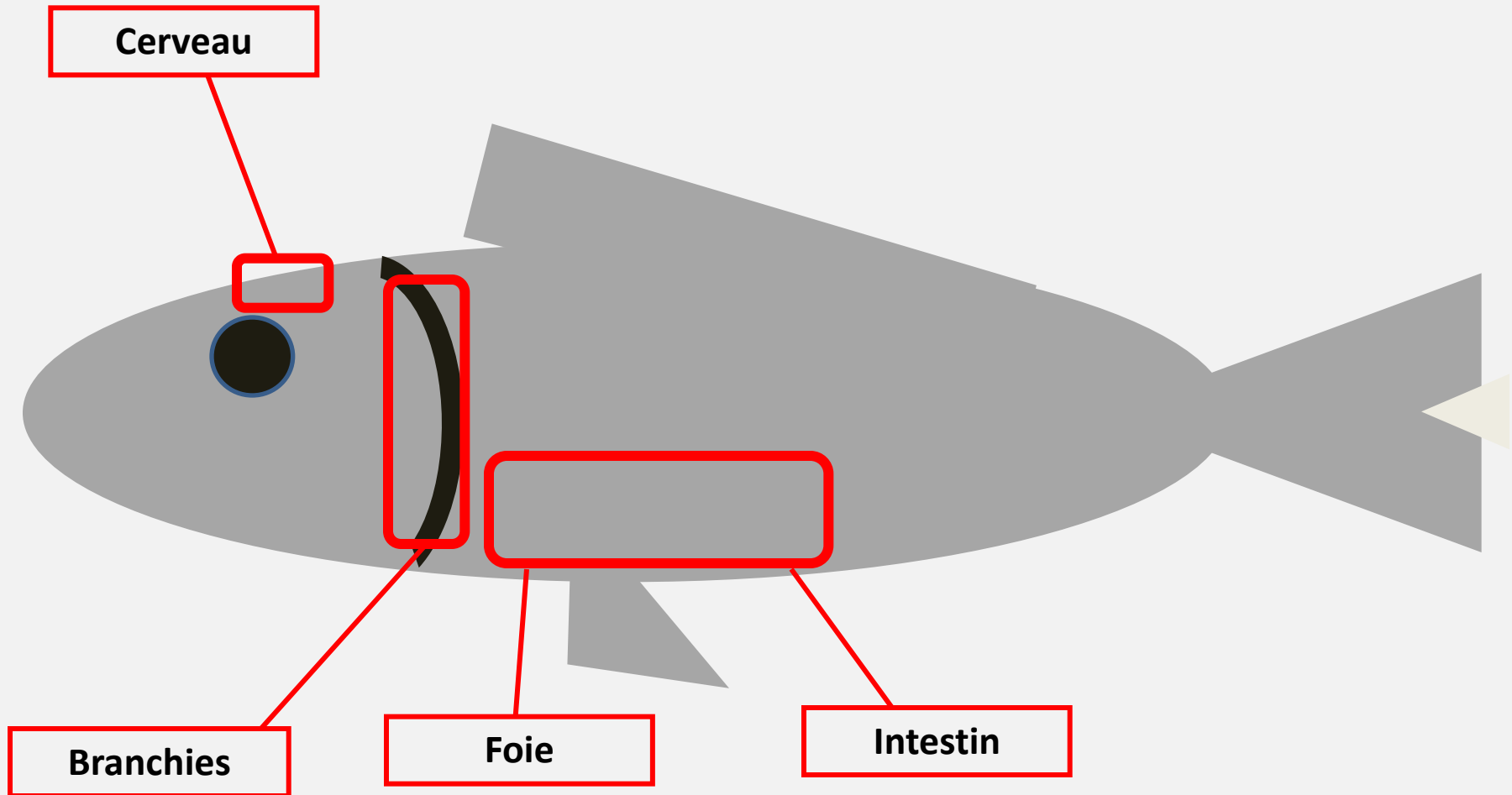
Energétique
mitochondriale

Morue polaire
(Boreogadus saida)

Effets sub-létaux – Fonction tissulaire



Défenses anti-oxydantes



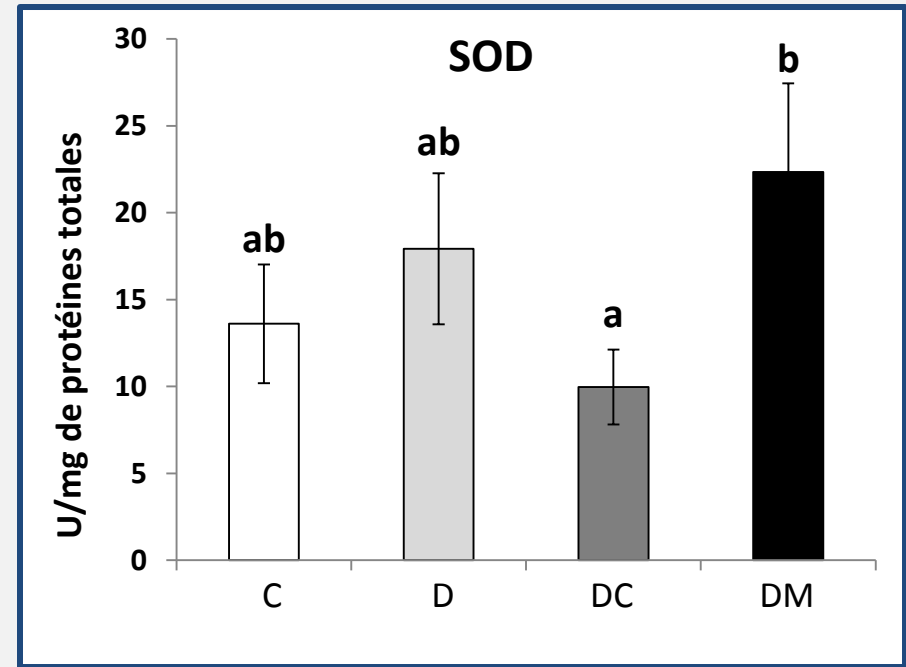
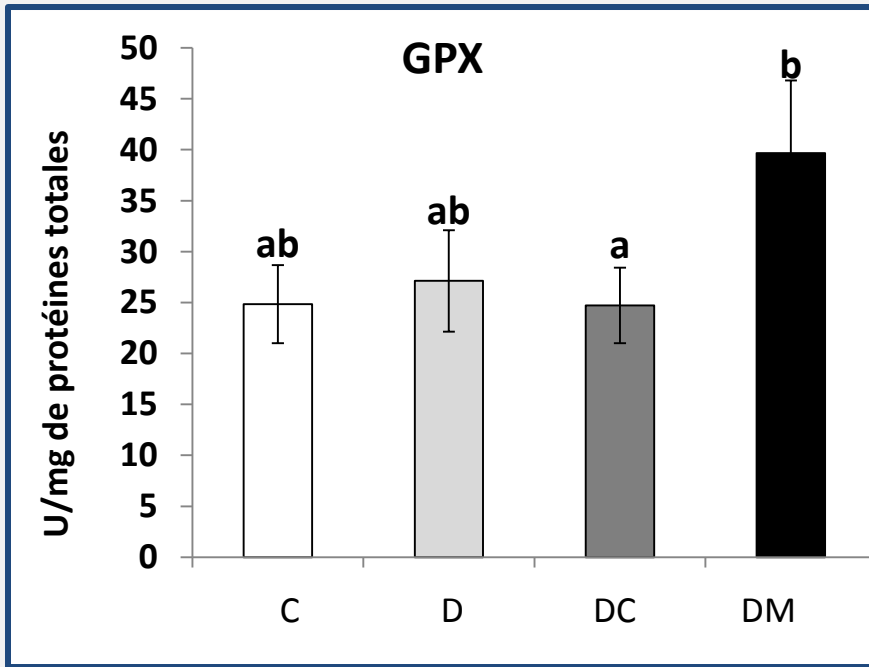
Effets sub-létaux – Fonction tissulaire

Défenses anti-oxydantes

Effets sub-létaux – Fonction tissulaire

Défenses anti-oxydantes

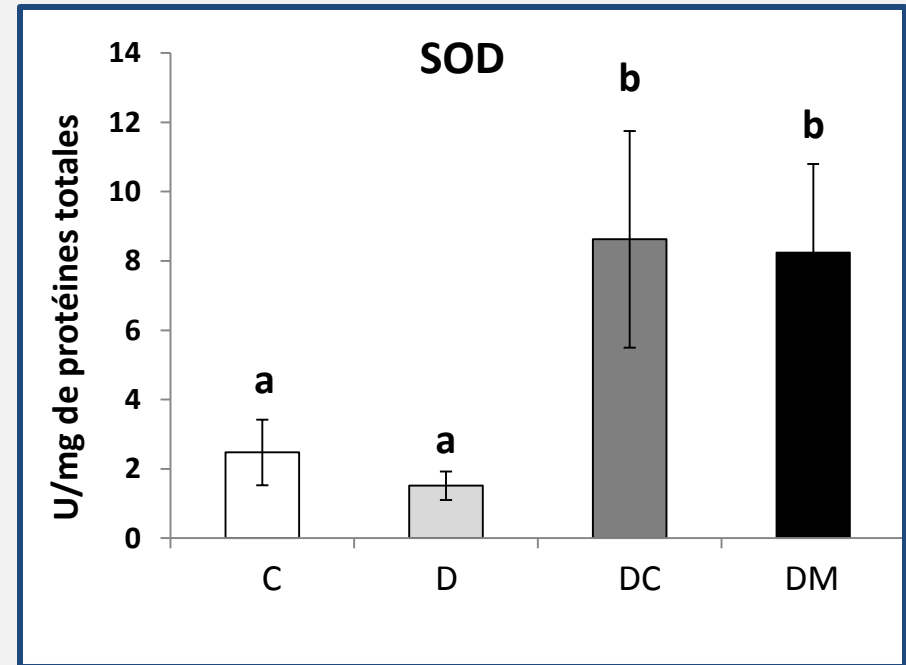
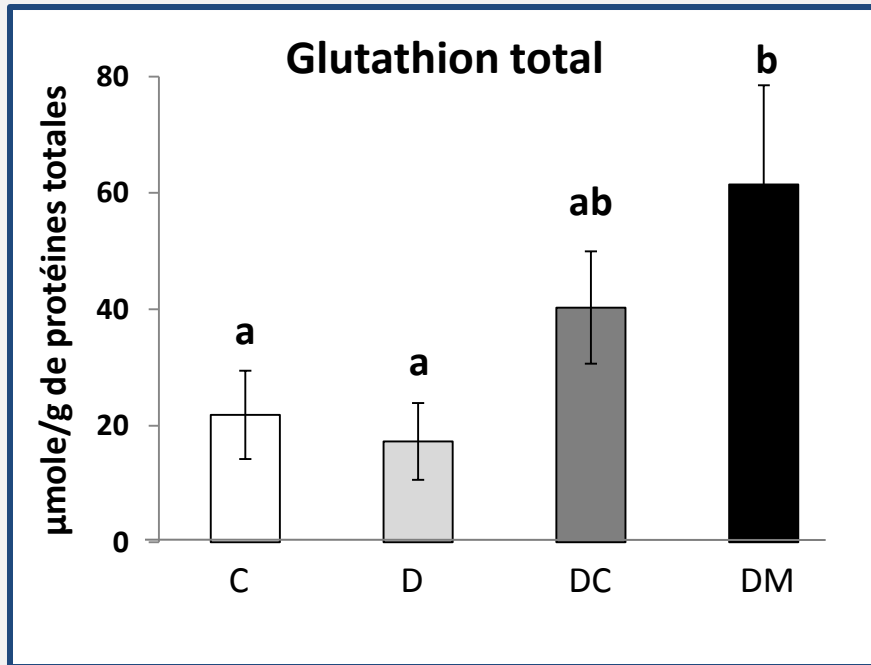
- Branchie



Effets sub-létaux – Fonction tissulaire

Défenses anti-oxydantes

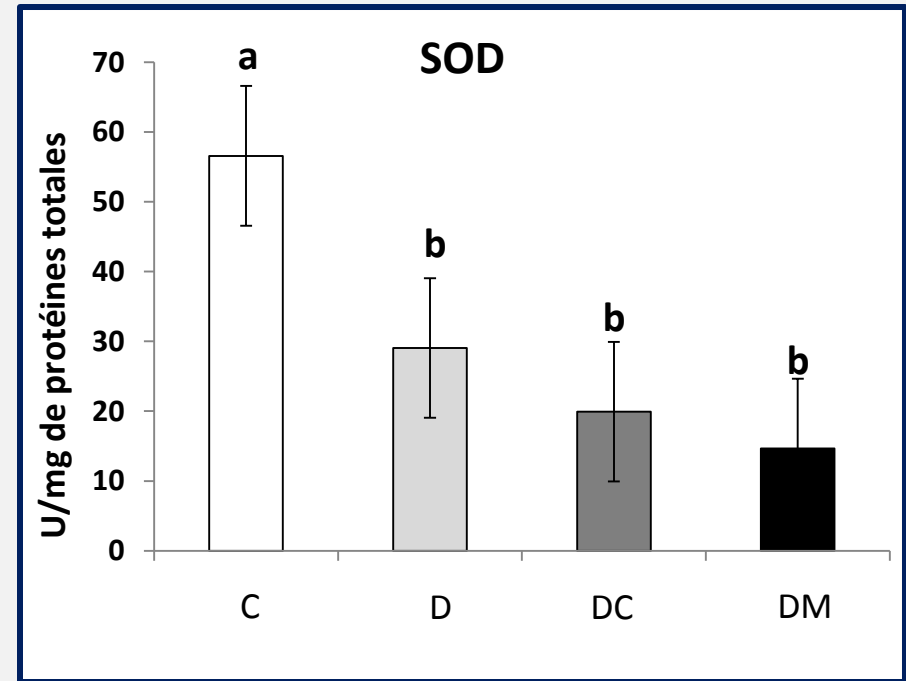
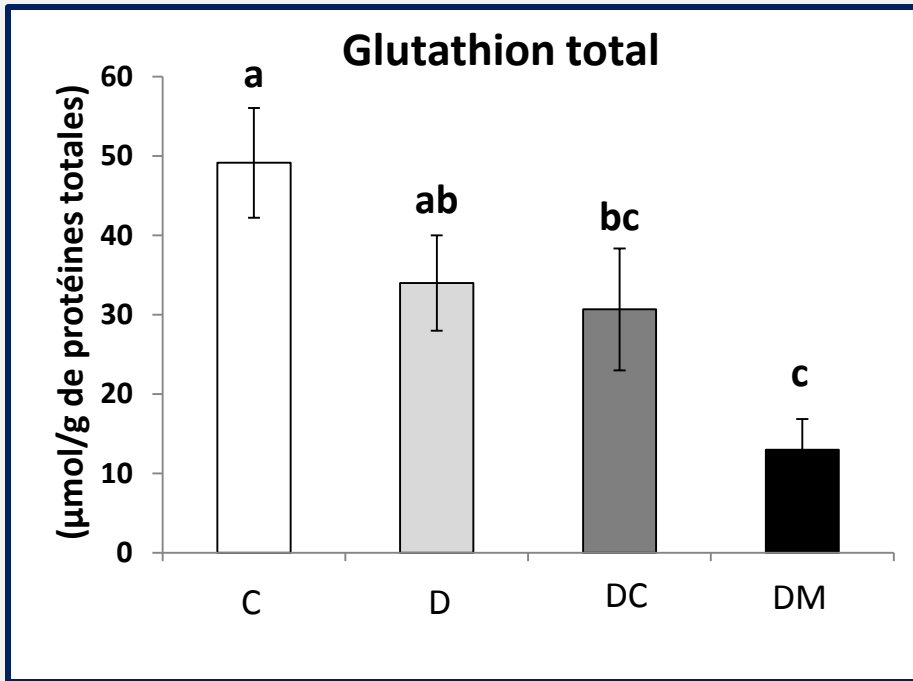
- Foie



Effets sub-létaux – Fonction tissulaire

Défenses anti-oxydantes

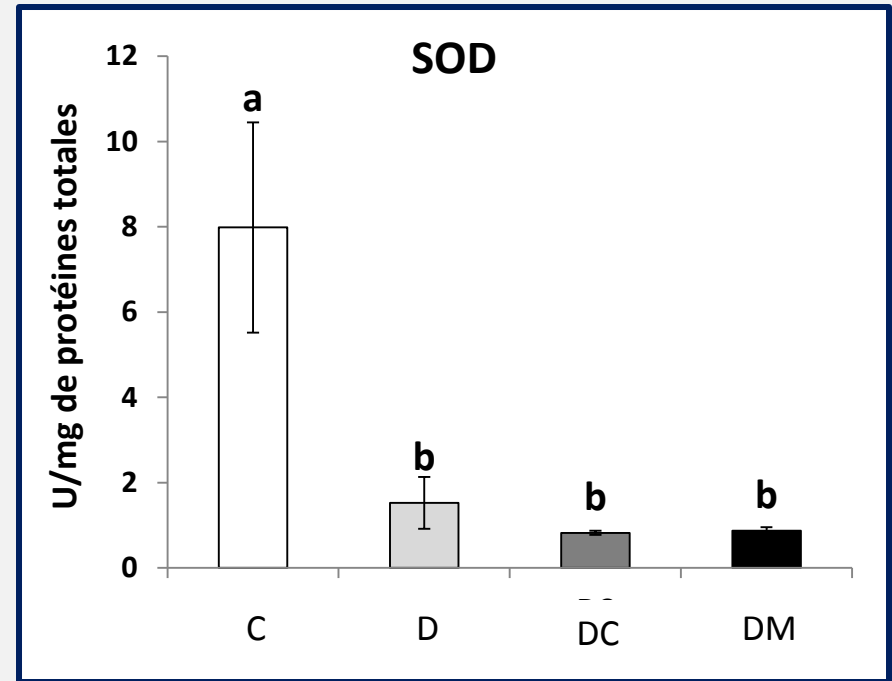
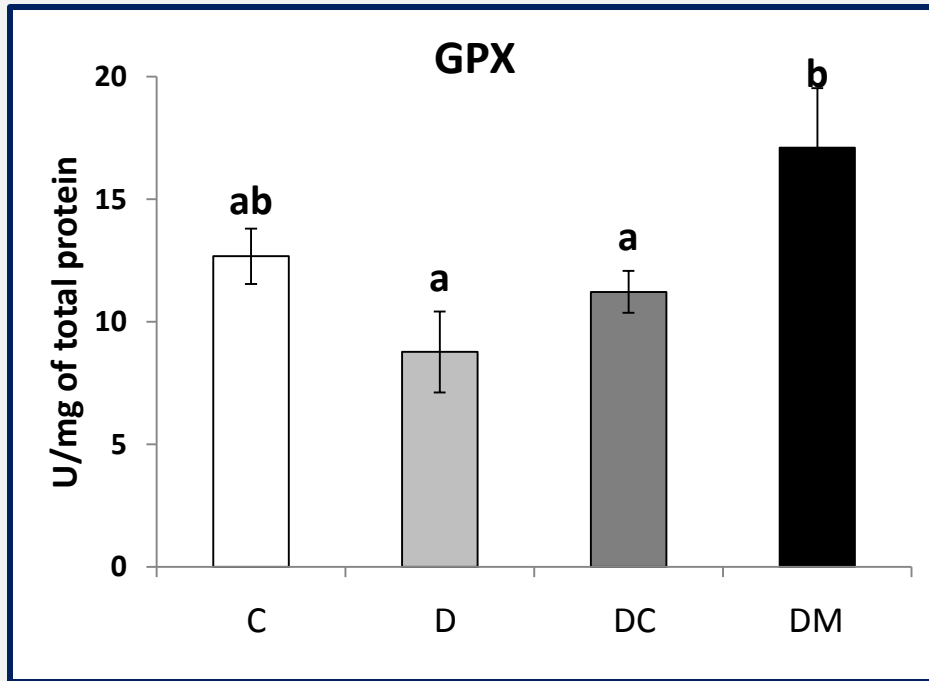
- Intestin



Effets sub-létaux – Fonction tissulaire

Défenses anti-oxydantes

- Cerveau



Effets sub-létaux – Fonction tissulaire

Conclusion		C		
		D	DC	DM
Branchies	SOD	=	=	=
	GPX	=	=	=
	GSH	=	=	=
Foie	SOD	=	↗	↗
	GPX	=	=	=
	GSH	=	=	↗
Intestin	SOD	↘	↘	↘
	GPX	=	=	=
	GSH	=	↘	↘
Cerveau	SOD	↘	↘	↘
	GPX	=	=	=
	GSH	=	=	=

Effets sub-létaux – Fonction tissulaire

Conclusion		C			DC
		D	DC	DM	DM
Branchies	SOD	=	=	=	↗
	GPX	=	=	=	↗
	GSH	=	=	=	=
Foie	SOD	=	↗	↗	=
	GPX	=	=	=	=
	GSH	=	=	↗	=
In	SOD	↘	↘	↘	-
	GSH	=	↘	↘	=
Cerveau	SOD	↘	↘	↘	=
	GPX	=	=	=	↗
	GSH	=	=	=	=

Pas d'effet synergique du mélange pétrole - dispersant

Bar
(Dicentrarchus labrax)

Pression

Toxicité aigüe

Paramètres intégrateurs

Fonction tissulaire

Energétique
mitochondriale

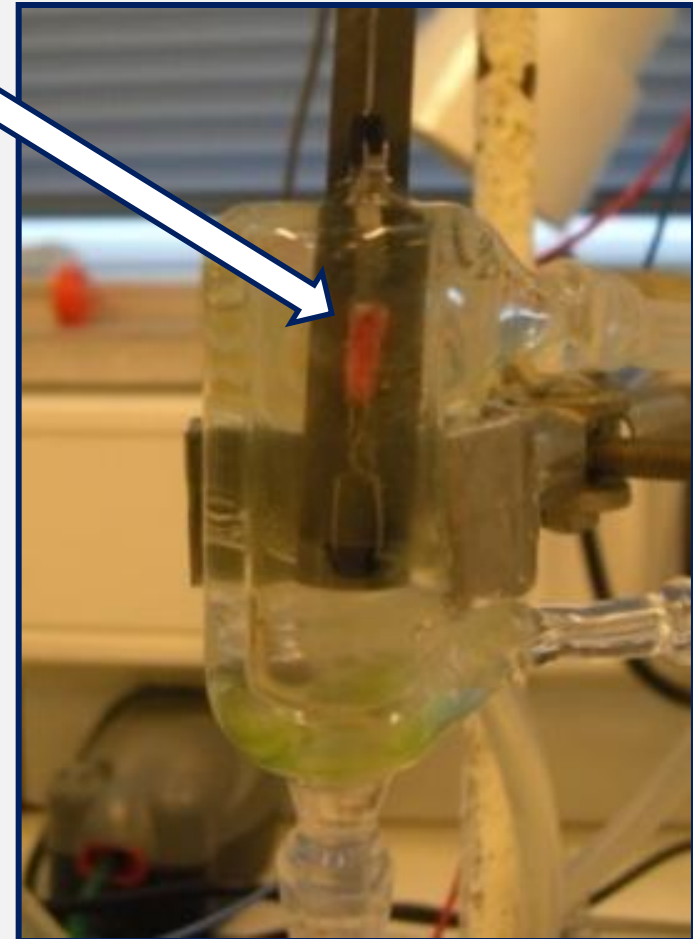
Morue polaire
(Boreogadus saida)

Effets sub-létaux – Fonction cardio-vasculaire

- Rôle central (physiologie et métabolisme)
- Indicateur sensible et pertinent
- Précédentes études → Hydrocarbures ont un impact sur le cœur

Fonctionnalité du cœur

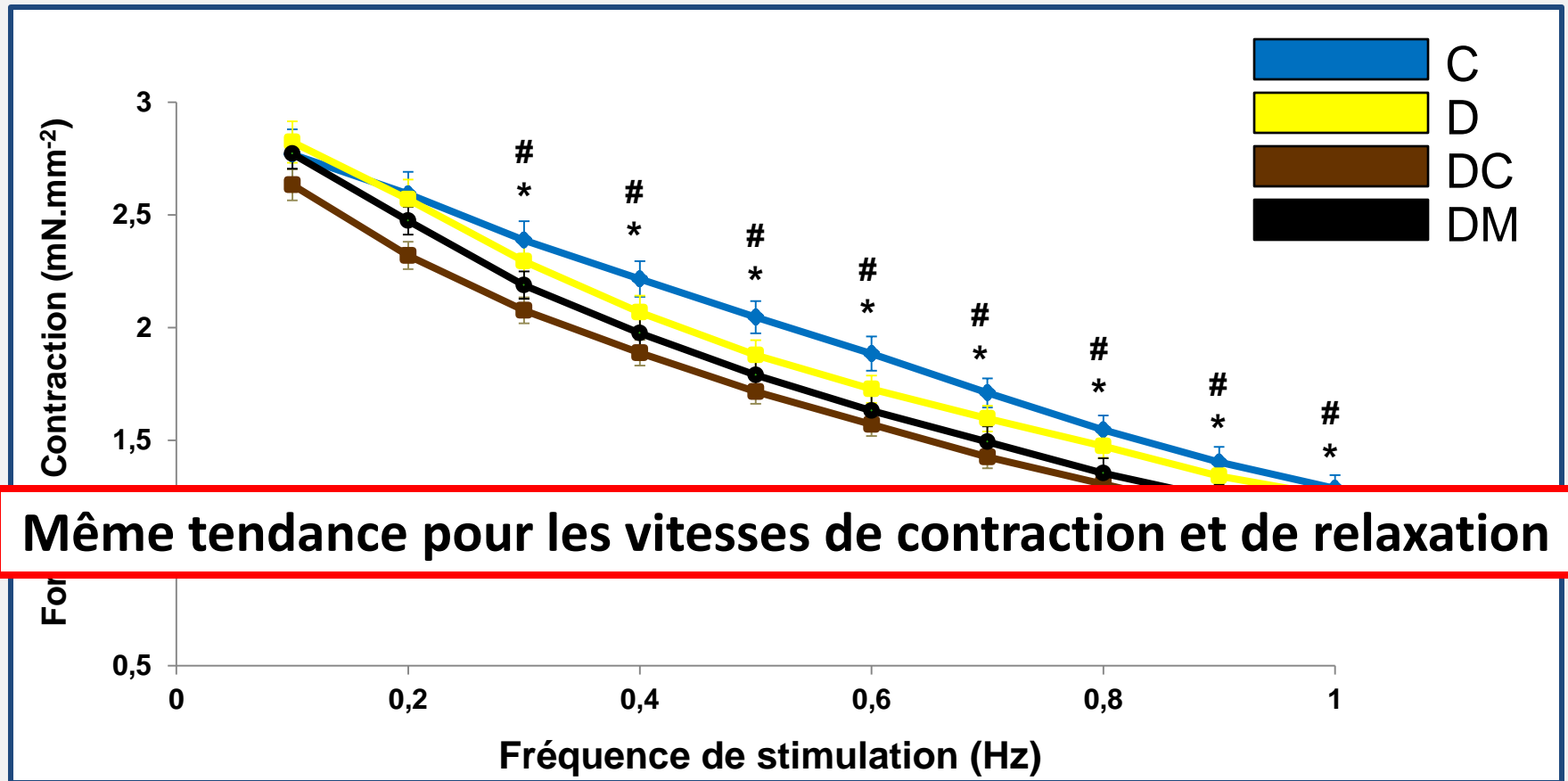
- Contractilité de lambeau de cœur:
 - Force de contraction
 - Vitesse de contraction
 - Vitesse de relaxation



Effets sub-létaux – Fonction cardio-vasculaire

Contractilité cardiaque

- Force de contraction



(*) C est différent de DC

(#) C est différent de DM

Effets sub-létaux – Fonction cardio-vasculaire

Contractilité cardiaque

- Pétrole réduit la force de contraction ainsi que la vitesse de contraction et de relaxation
- Dispersant n'augmente pas les effets du pétrole
 - ↳ **Pas d'effet synergique du mélange pétrole - dispersant**
- Problème d'apport en ATP ?
 - ↳ **Etude de la mitochondrie**



Bar
(Dicentrarchus labrax)

Pression

Toxicité aigüe

Paramètres intégrateurs

Fonction tissulaire

**Energétique
mitochondriale**

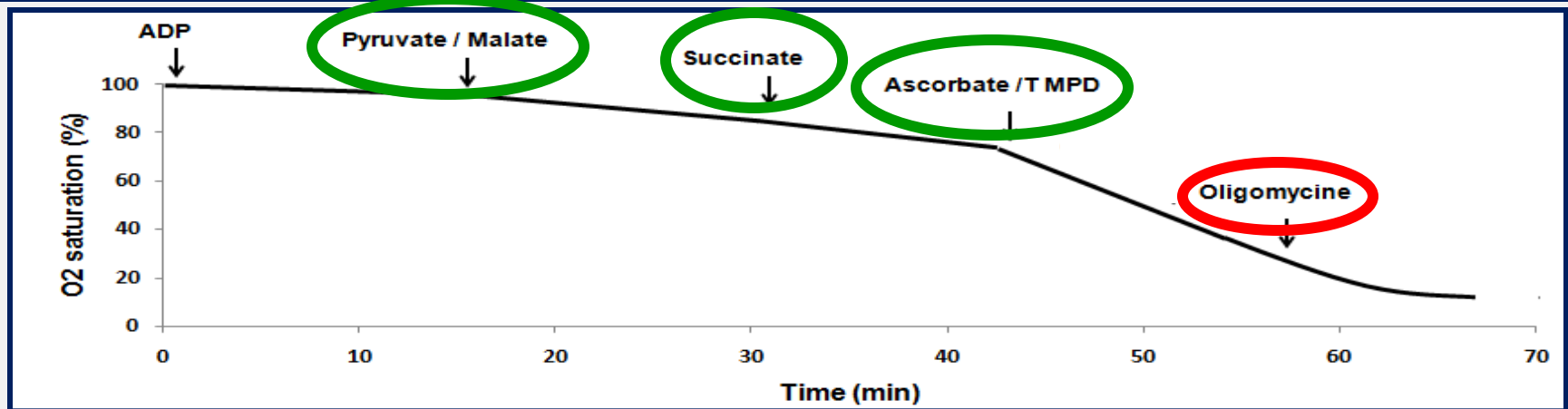
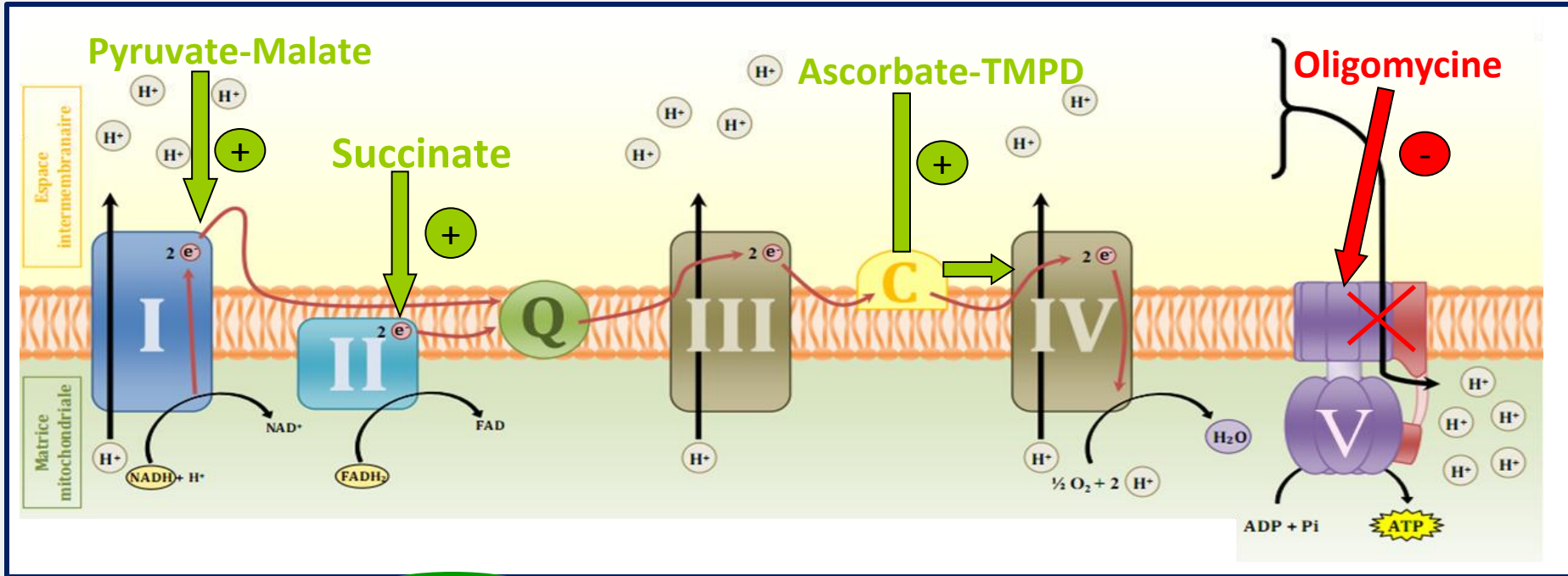
Morue polaire
(Boreogadus saida)

Energétique de la cellule cardiaque

- Mitochondries indispensables au métabolisme énergétique intracellulaire
- Technique des fibres perméabilisées :
 - Travailler sur des mitochondries *in situ*
 - Préserver interactions entre les compartiments cellulaires

Effets sub-létaux – Fonction cardio-vasculaire

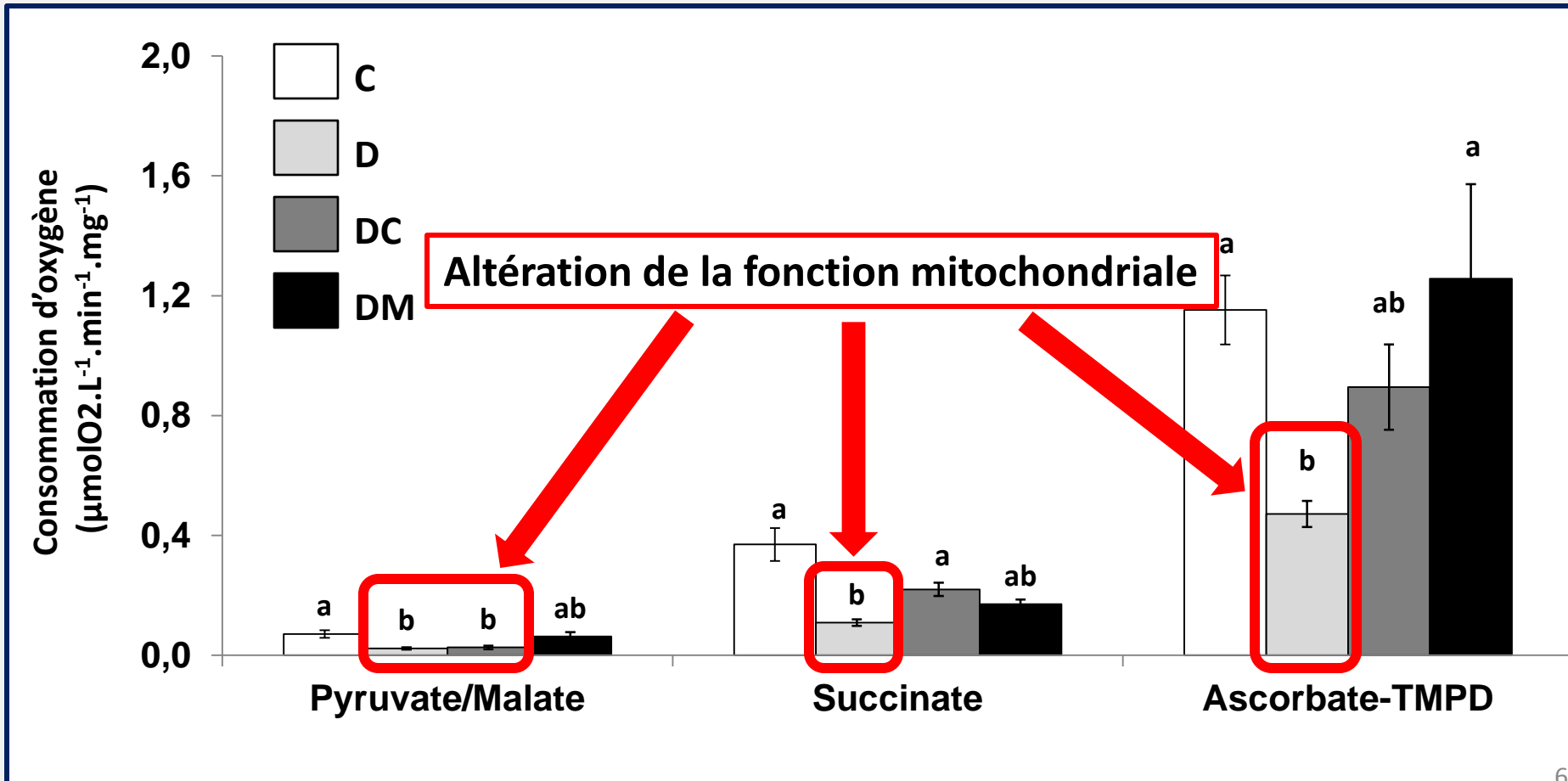
Energétique tissulaire



Effets sub-létaux – Fonction cardio-vasculaire

Energétique tissulaire

- Consommation d'O₂ de fibres cardiaques perméabilisées

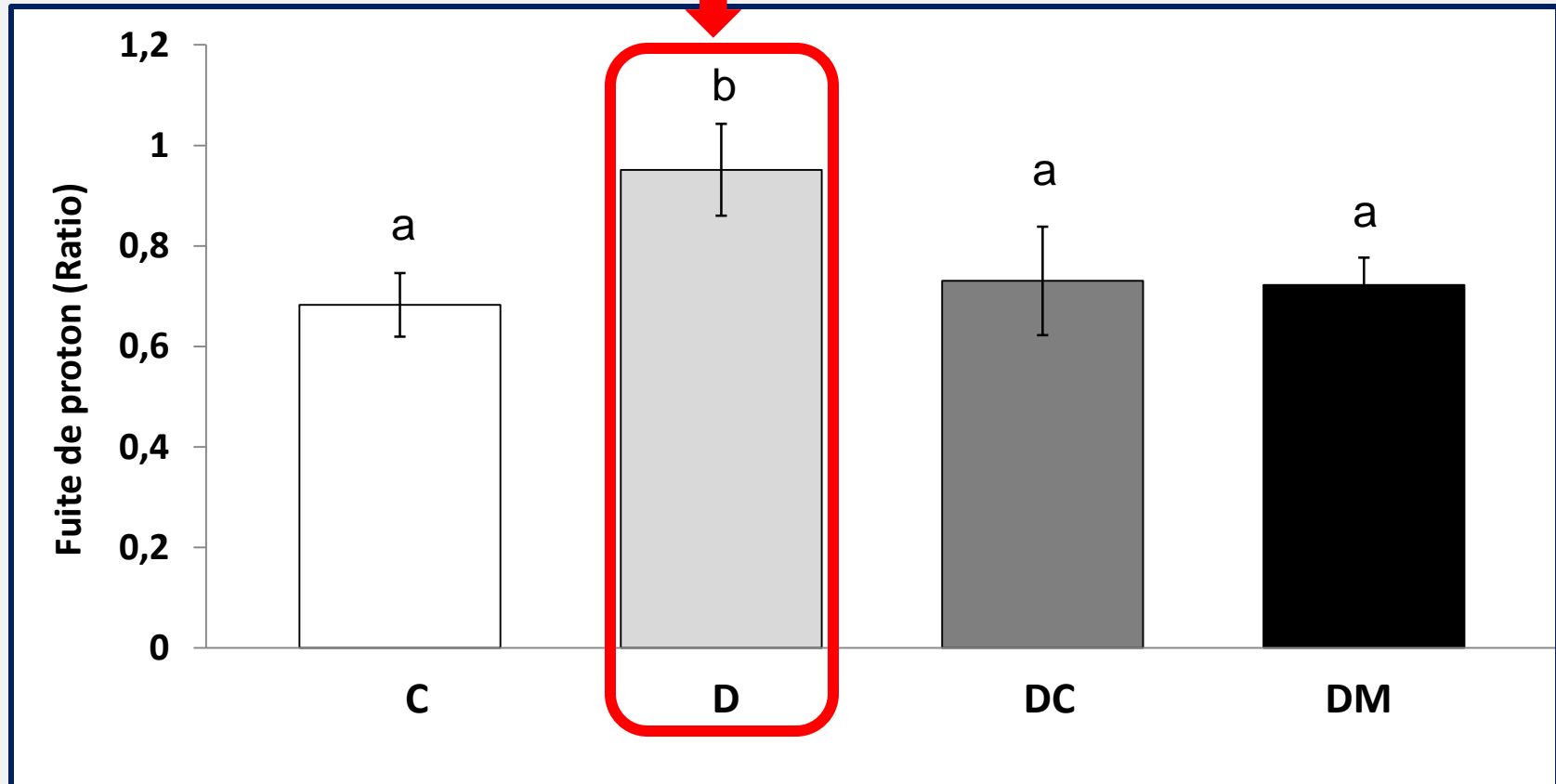


Effets sub-létaux – Fonction cardio-vasculaire

Energétique tissulaire

- Fuite de proton

Altération de la fonction mitochondriale



Effets sub-létaux – Fonction cardio-vasculaire

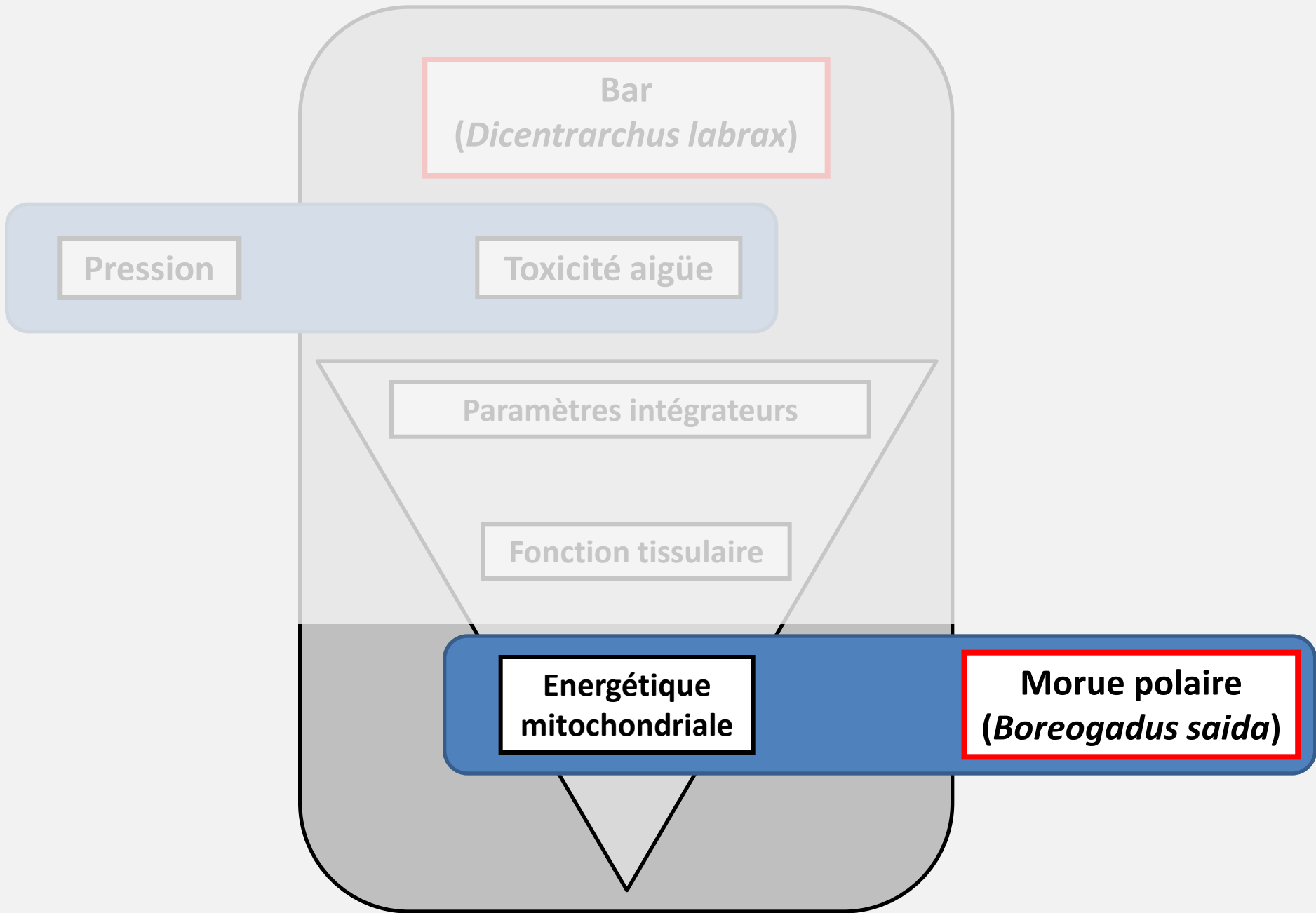
Conclusion

	C		
	D	DC	DM
Fonctionnalité	=	↓	↓
Mitochondrie	↓↓	↓	=

↳ Hypothèse problème d'apport en ATP est rejetée

Problème d'homéostasie calcique ?
Altérations des activités $\text{Ca}^{2+}\text{ATPase}$?

↳ Diminution des capacités métaboliques



Application à une espèce polaire

- Ouverture de nouvelles voies maritimes
- Exploration/Production
- Risques augmentent
- Morue polaire *Boreogadus saida*

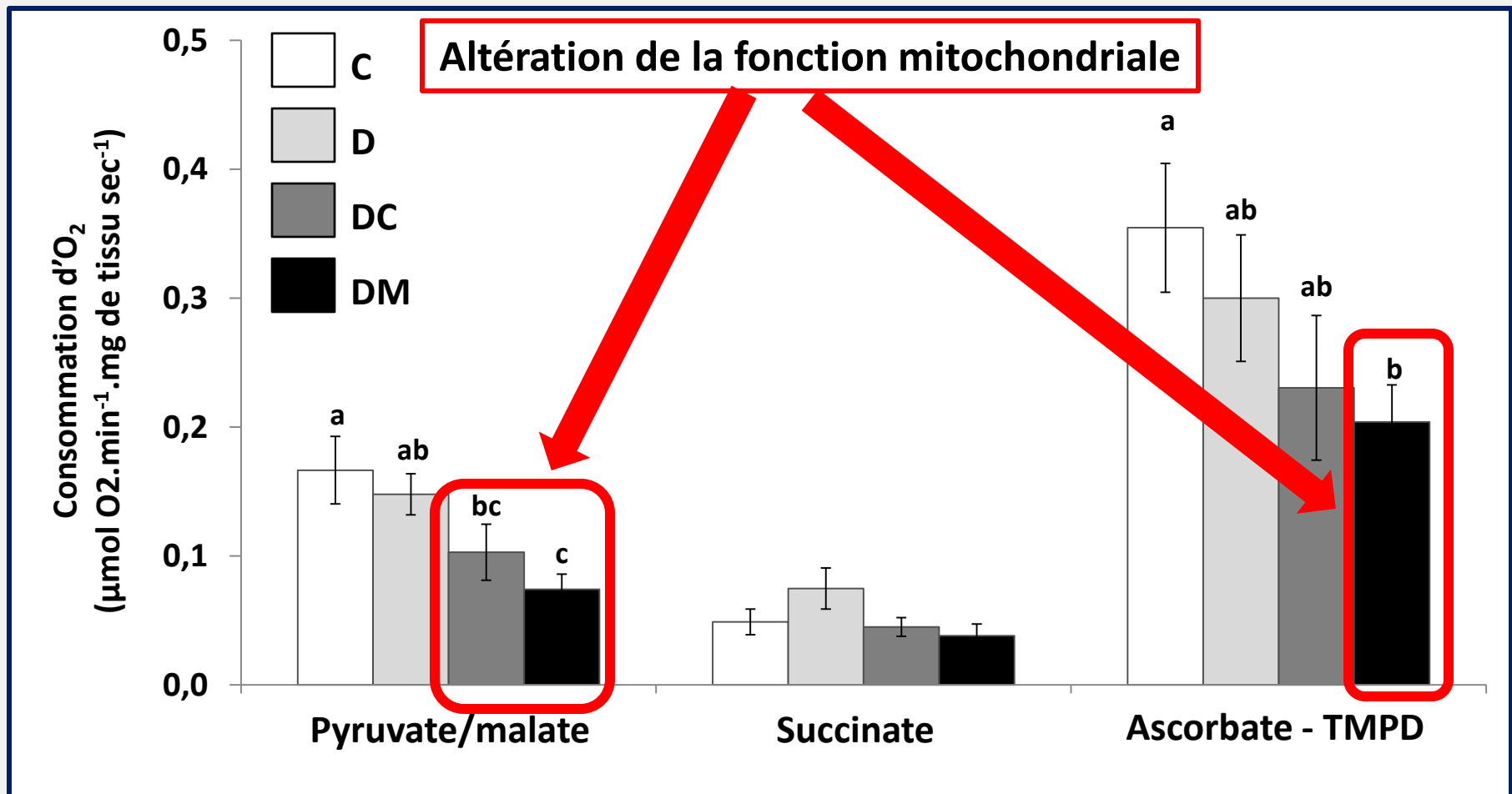


Application à une espèce polaire



Energétique tissulaire

- Consommation d'O₂ de fibres cardiaques perméabilisées

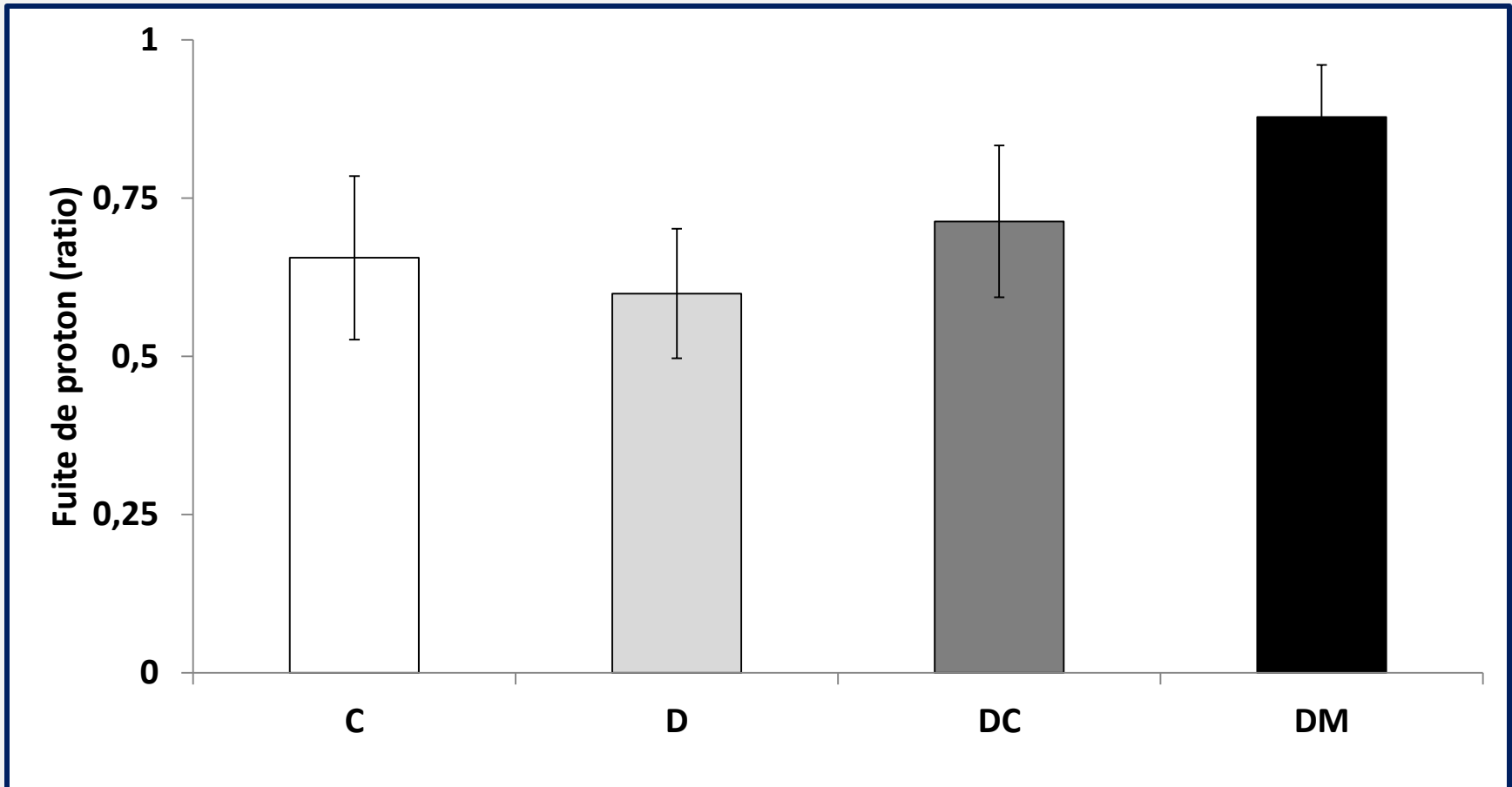


Application à une espèce polaire

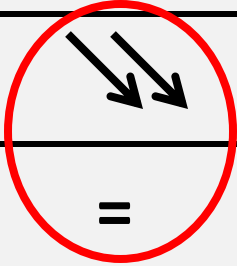

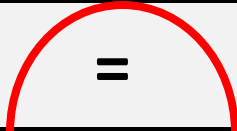



Energétique tissulaire



- Fuite de proton



Comparaison espèces tempérées/espèces arctiques

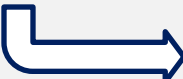
	C		
	D	DC	DM
Bar			
Morue polaire			

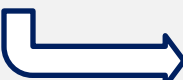
- Variation interspécifique
- Diminution des capacités métaboliques pour les deux espèces :
 - Mitochondries moins fonctionelles et/ou en nombre réduit?
 - Attaque radicalaire plus importante?

Comparaison espèces tempérées/espèces arctiques

Pourquoi cette variation interspécifique ?

- Adaptation au froid des membranes mitochondriales?

 Augmentation de l'indice d'insaturation des membranes mitochondriales.

 Insaturations sont des cibles préférentielles des attaques radicalaires.

- Modification des propriétés physico-chimiques du pétrole?

Comparaison espèces tempérées/espèces arctiques

- Ecosystèmes distincts → Réponses différentes

↳ Variation interspécifique

- Détermination de potentiels impacts environnementaux du pétrole dispersé

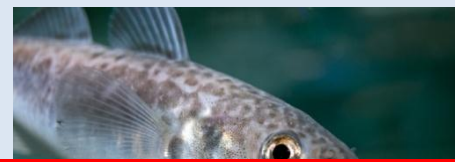
↳ Pas judicieux d'extrapoler les résultats d'une espèce arctique en se basant sur une espèce tempérée

Ecosystème tempéré



Dicentrarchus labrax

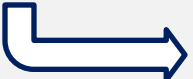
Ecosystème arctique



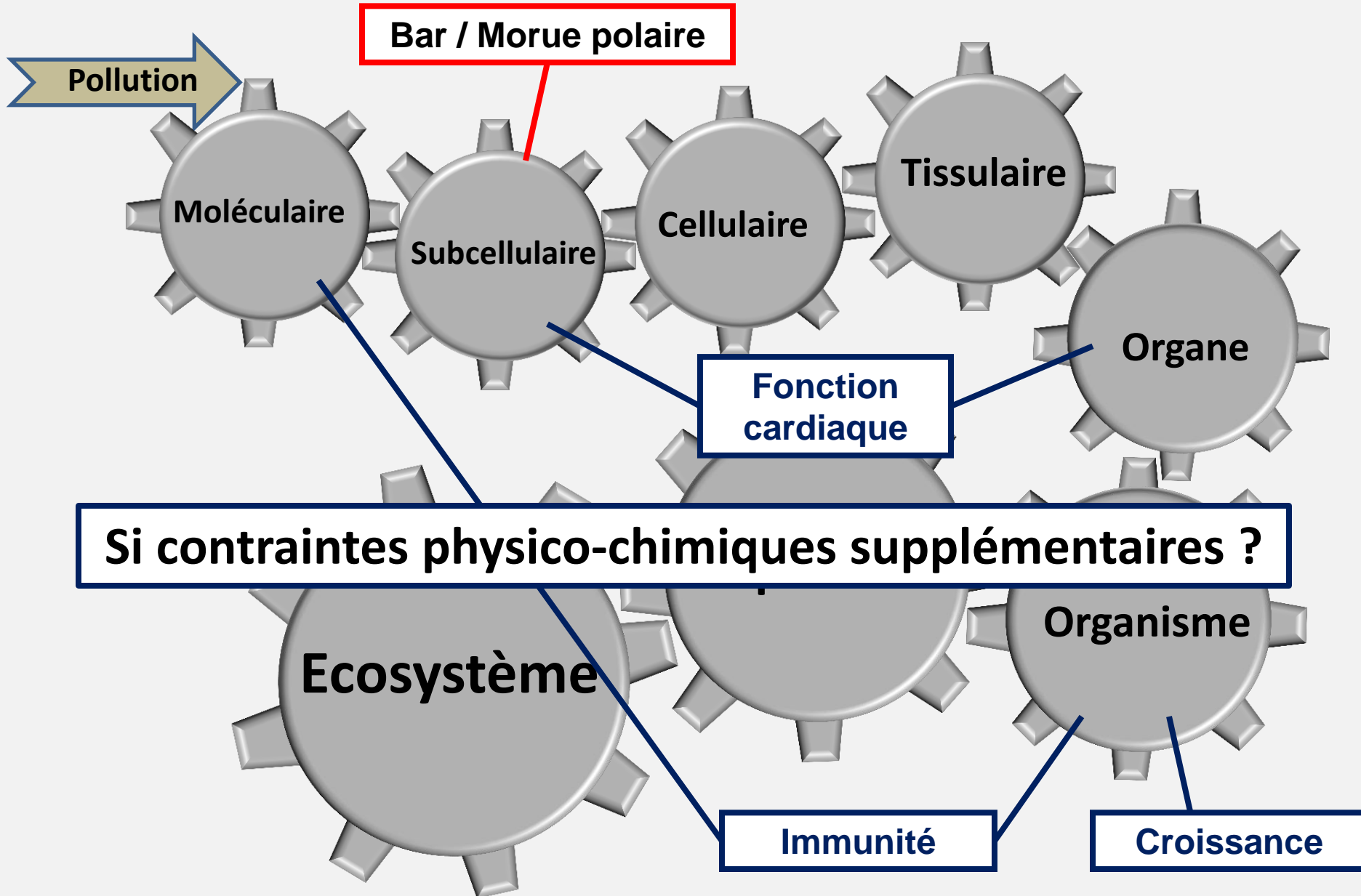
Boreogadus saida

Besoin de poursuivre des études en milieu polaire

Conclusions générales

- Différences de toxicité sont dues aux concentrations en hydrocarbures
- Dispersant n'aggrave pas les effets du pétrole
 **Pas d'effet synergique du pétrole et du dispersant**

Conclusions générales



Merci de votre attention.



**Contribution à l'étude de mélange pétrole - dispersants
sur une espèce tempérée le bar *Dicentrarchus labrax* :
application à une espèce d'eau froide.**

Matthieu DUSSAUZE

**Karine Pichavant-Rafini, Michaël Theron, Philippe Lemaire,
Lionel Camus et Stéphane Le Floch**

Journée technique du Cedre

13 novembre 2014

