



R E G I O N



AQUITAINE

Modélisation des effets du réchauffement climatique, de l'hypoxie et de la pollution sur la dynamique de la population d'esturgeon européen en Gironde

Patrick LAMBERT, Maxime VAUGEOIS
IRSTEA, Unité Ecosystèmes aquatiques et changements globaux

Magalie BAUDRIMONT
Univ. Bordeaux EPOC4

Avec la participation de
Marie-Laure ACOLAS, Jérôme CACHOT, Patrick CHEVRE, Nicolas DELAGE, Charline GESSET, Philippe JATTEAU, Eric QUINTON, Christel LEFRANÇOIS, Eric ROCHARD

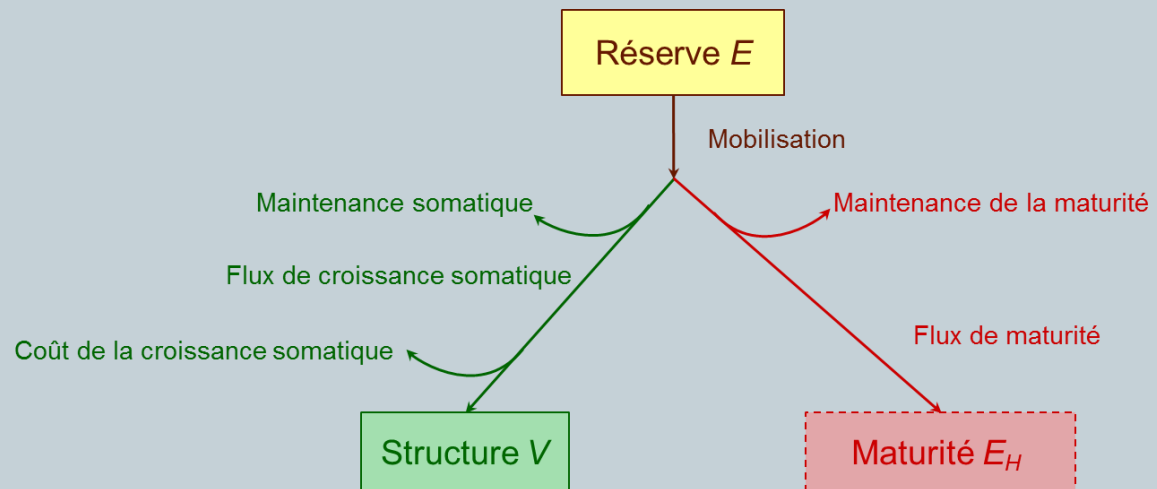


Modélisation de la physiologie d'un individu au travers de la simulation des flux d'énergie

2

- Théorie du bilan dynamique d'énergie (Dynamic Energy Budget, Kooijman 2010)

Embryon DEB

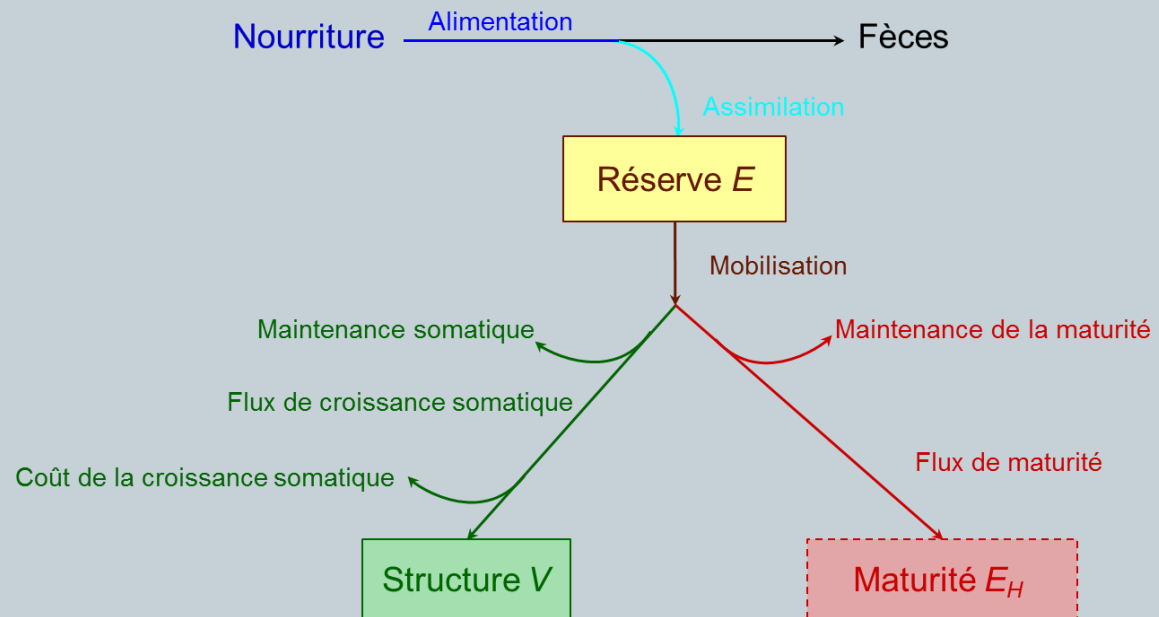


Modélisation de la physiologie d'un individu au travers de la simulation des flux d'énergie

3

- Théorie du bilan dynamique d'énergie (Dynamic Energy Budget, Kooijman 2010)

Juvénile DEB

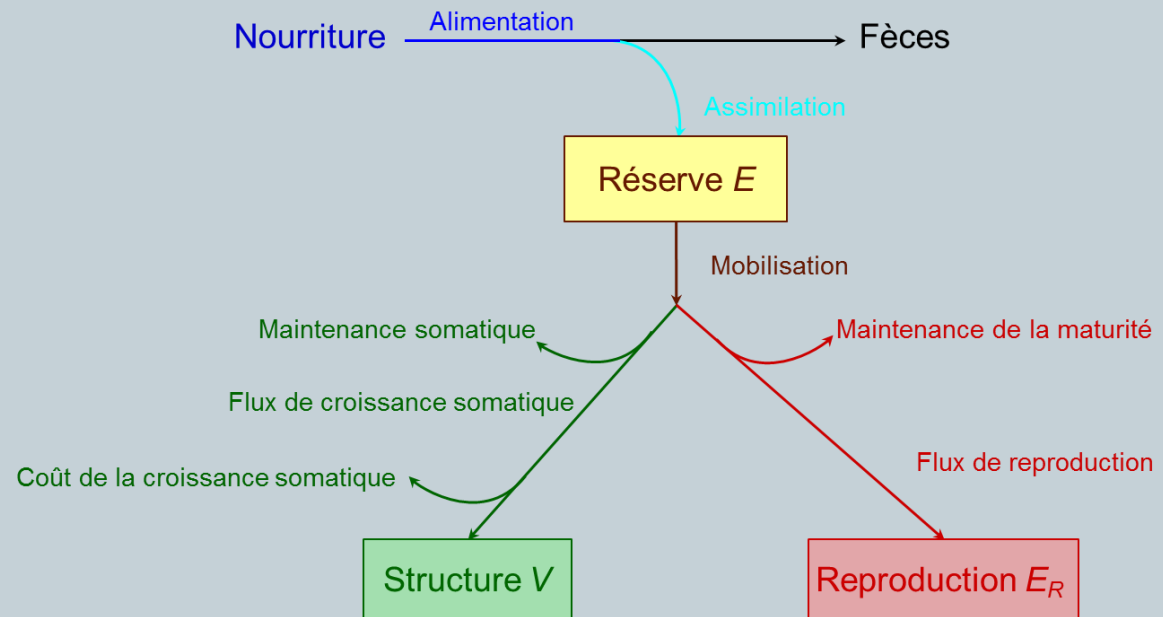


Modélisation de la physiologie d'un individu au travers de la simulation des flux d'énergie

4

- Théorie du bilan dynamique d'énergie (Dynamic Energy Budget, Kooijman 2010)

Adulte DEB

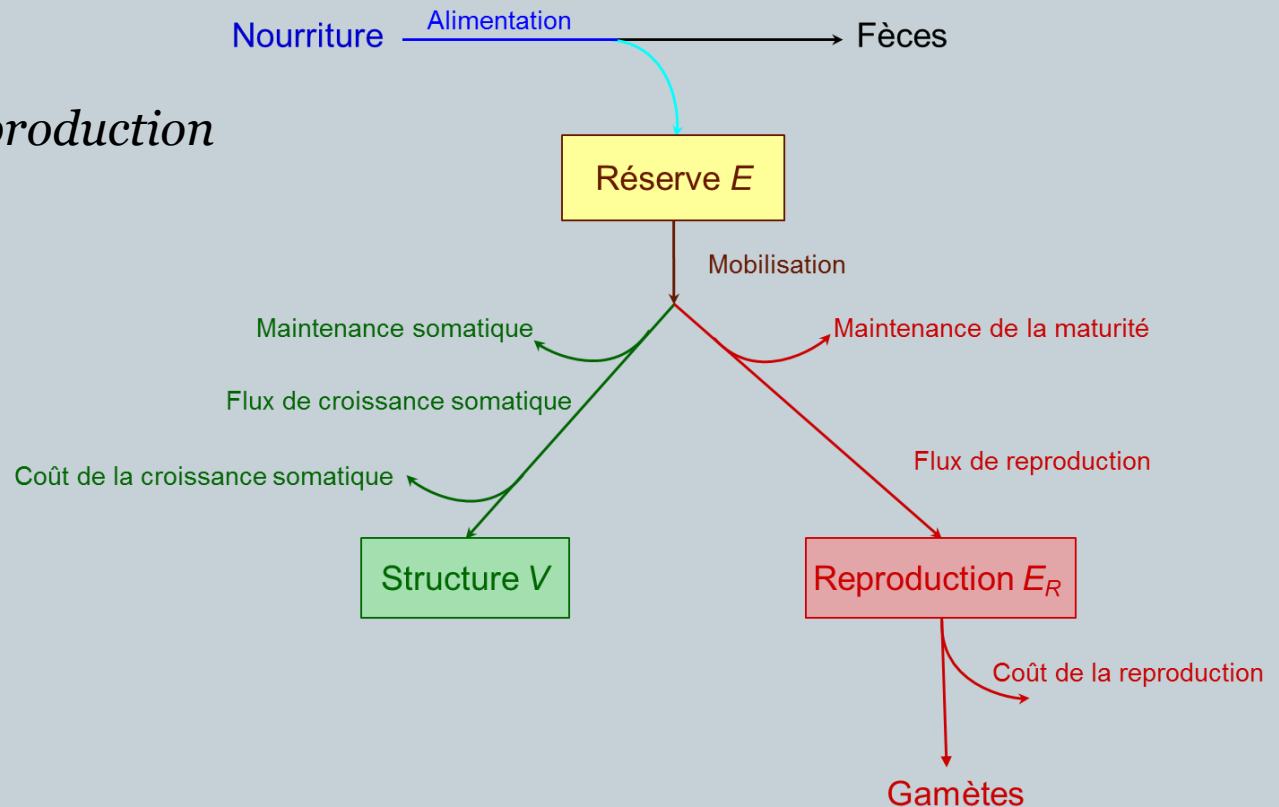


Modélisation de la physiologie d'un individu au travers de la simulation des flux d'énergie

5

- Théorie du bilan dynamique d'énergie (Dynamic Energy Budget, Kooijman 2010)

Adulte DEB en reproduction



Modélisation de la physiologie d'un individu au travers de la simulation des flux d'énergie

6

● Théorie du bilan dynamique d'énergie (Dynamic Energy Budget, Kooijman 2010)

○ Calibration (Lika et al. 2011) avec



- ✦ Le suivi du stock ex-situ à Saint-Seurin
- ✦ Les suivis dans l'estuaire de la Gironde
- ✦ Les expériences



Primary parameters			
$[\dot{p}_M]$	45.1361	$J \cdot cm^{-3} \cdot d^{-1}$	Volume-specific somatic maintenance rate
$\{\dot{p}_T\}$	0	$J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$	Surface-area-specific somatic maintenance rate
$[E_G]$	4791.1	$J \cdot cm^{-3}$	Volume-specific cost for structure
$\dot{\psi}$	0.0317	$cm \cdot d^{-1}$	Energy conductance
κ	0.8911		Fraction reserve used for growth + maintenance
\dot{k}_J	0.002	d^{-1}	Maturity maintenance rate coefficient
E_H^b	1.8467	J	Maturity threshold at birth
E_H^p	4226800	J	Maturity threshold at puberty
κ_R	0.95		Fraction of the reproduction buffer fixed into eggs
Auxiliary and compound parameters			
T_A	4470	K	Arrhenius temperature
T_{ref}	273.15	K	Temperature
δ_M	0.0970		shape coefficient

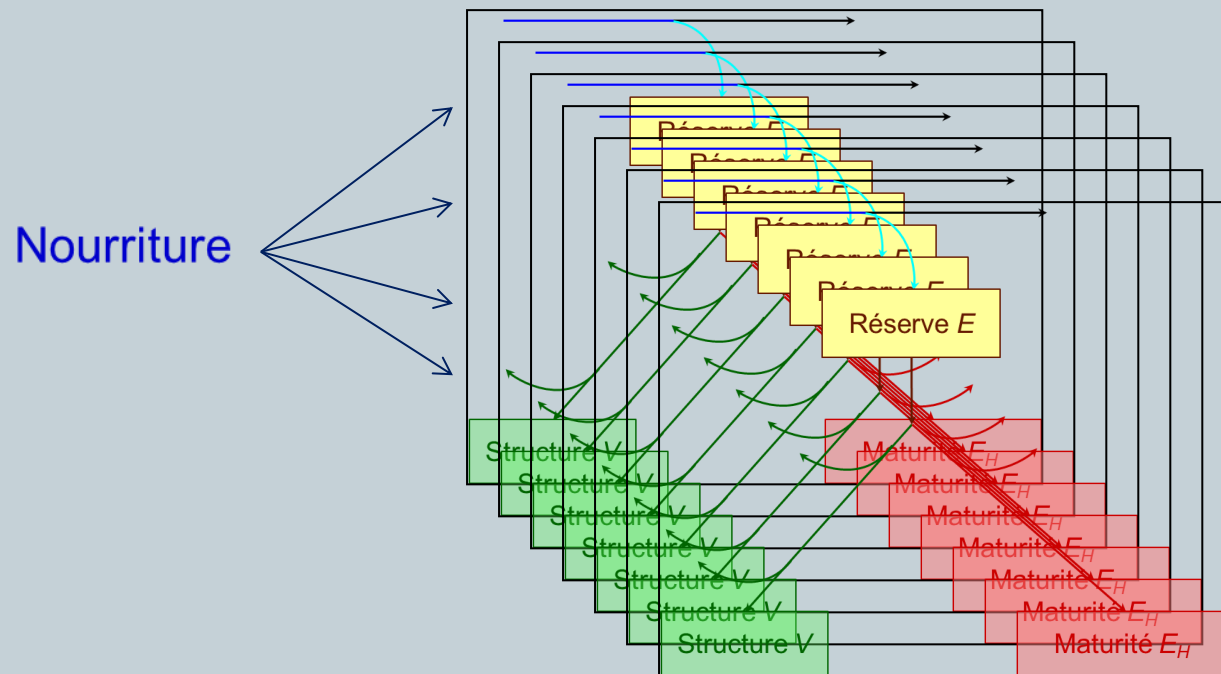
Data	(unit)	Value	Modeled
Age at birth at 12°C	(d)	10.61	11.98
Age at birth at 16°C	(d)	7.31	7.76
Age at birth at 20°C	(d)	6.58	5.78
Age at birth at 23°C	(d)	5.84	8.15
Age at birth at 18°C	(d)	16	
Age at puberty	(y)	11	9.5
Weight at hatching at 20°C	(g)	0.023	0.0257
Weight at birth at 20°C	(g)	0.031	0.0251
Weight at death	(g)	104000	72800
Length at hatching at 20°C	(cm)	0.93	0.63
Length at birth at 20°C	(cm)	1.65	1.5
Length at death	(cm)	215	213.5
Number of egg per day	(#/d)	271	3211
Initial amount of energy in egg	(J)	159.1	118.8
Initial egg weight	(g)	0.015	0.0258
Dioxygen consumption at 12°C	(mg O2/h/kg)	29.4	30.29
Dioxygen consumption at 16°C	(mg O2/h/kg)	48.95	47.3
Dioxygen consumption at 20°C	(mg O2/h/kg)	59.86	62.74
Dioxygen consumption at 23°C	(mg O2/h/kg)	34.11	44.5



Modélisation du fonctionnement d'une population au travers d'une collection d'individus en interaction

7

- **Modèle individu-centré** (Grimm et Railsback, 2005, Martin et al., 2012)



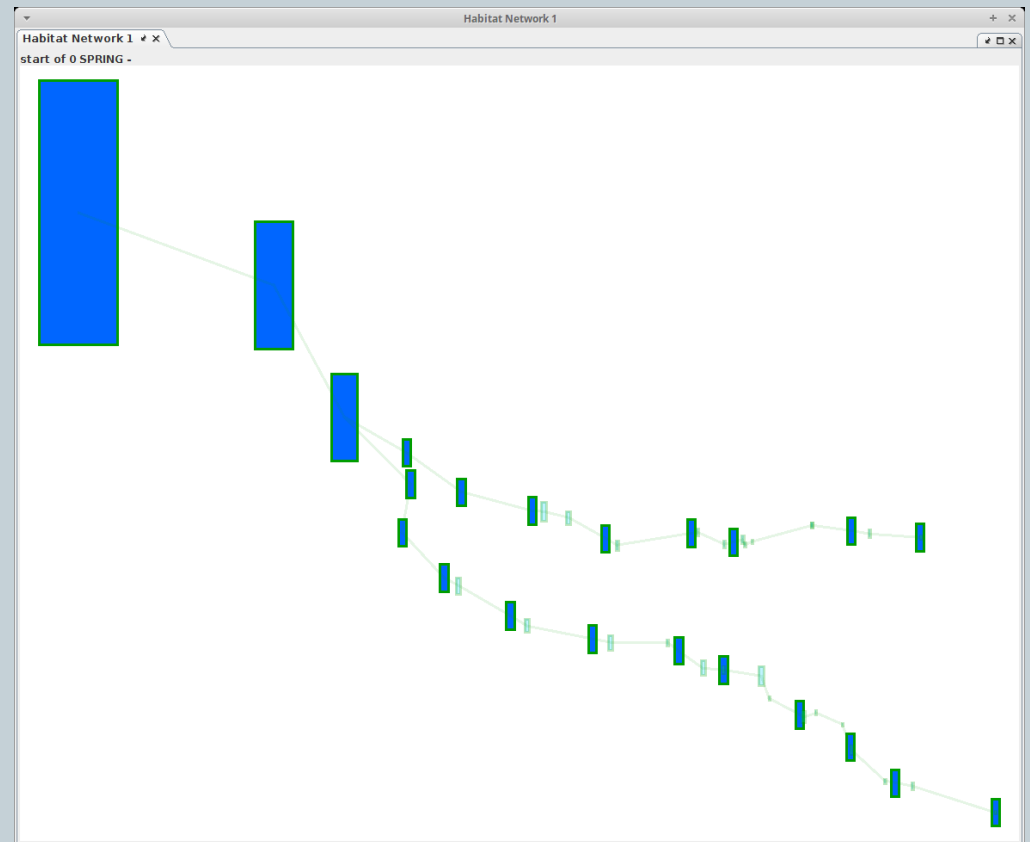
Développé avec **SimAquaLife** (Dumoulin, 2007) en 

Modélisation du fonctionnement d'une population dans l'environnement de la Gironde Garonne Dordogne

8

● Réseau d'habitat fonctionnels (Jego et al, 2012)

- 1 zone de croissance marine
- 2 zones de croissance estuarienne
- 20 zones de croissance fluviale
- 27 zones de frayères

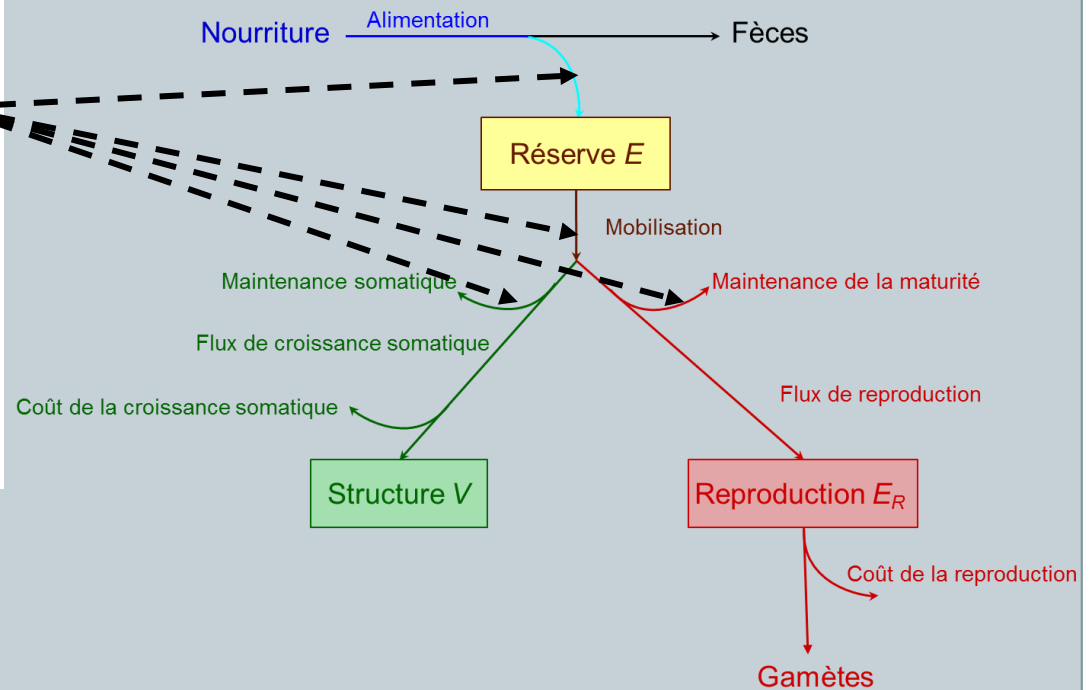
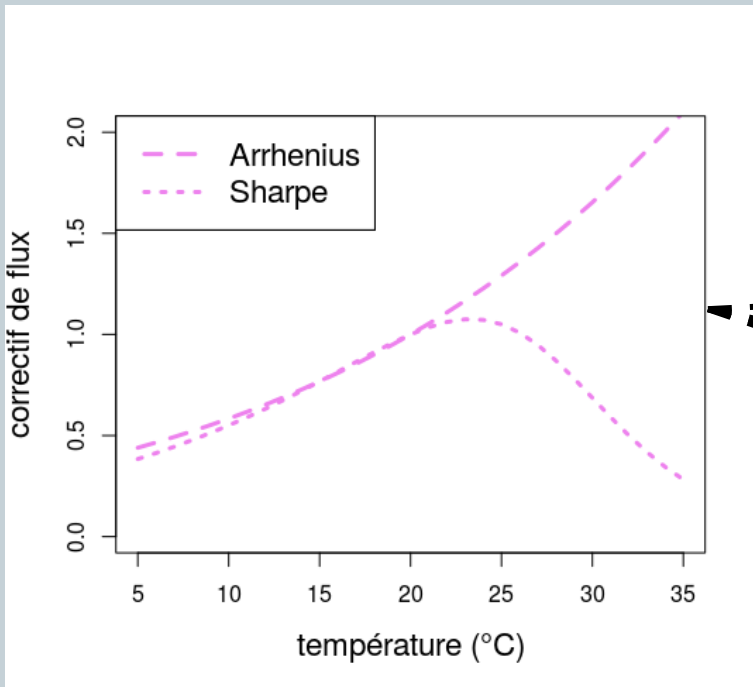


Développé avec  (Dumoulin, 2007) en 

Modélisation de la physiologie d'un individu

effet de la température

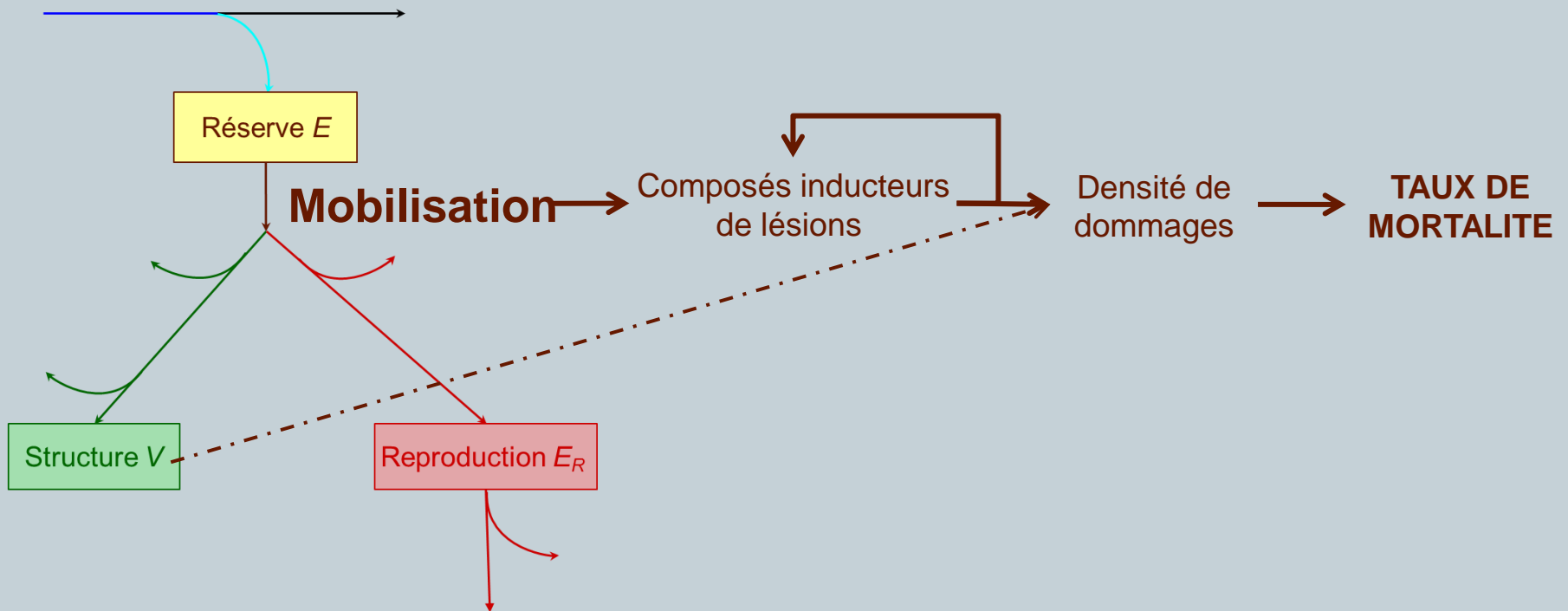
9



Modélisation de la physiologie d'un individu

mortalité due au vieillissement

10



Exploration de migration de dévalaison

Modélisation orientée par les patterns (Grimm et al. 1996)

11

- Test de deux hypothèses comportementales
 - « l'animal bouge quand la nourriture dans la zone où il est est en dessous d'un seuil » (Gross 1987)
 - « l'animal bouge à partir du moment où il a atteint un seuil de développement (maturité) » (Pequerie et al 2011)



Exploration de migration de dévalaison

Modélisation orientée par les patterns (Grimm et al. 1996)

12

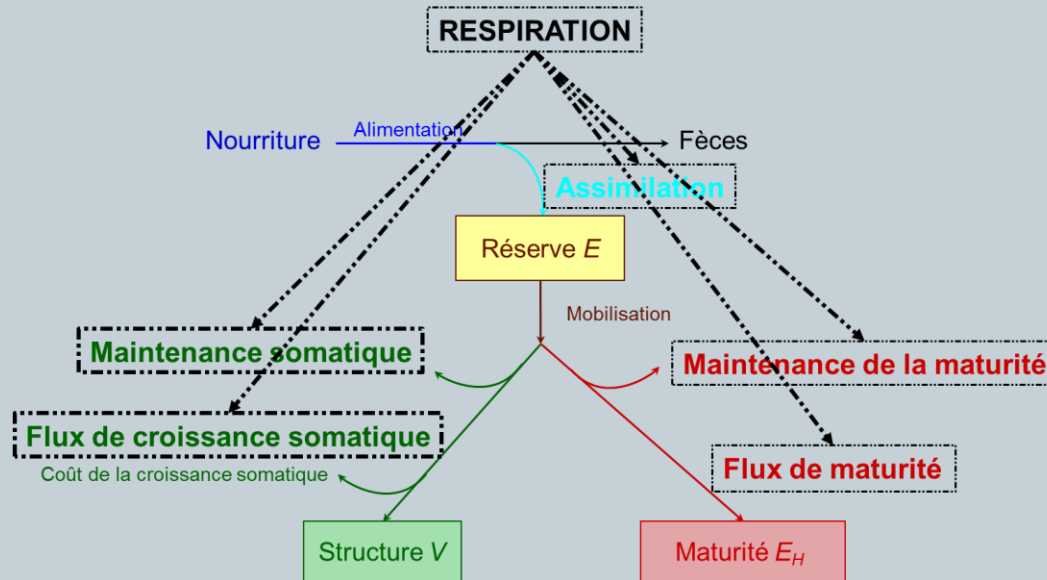
- Test de deux hypothèses comportementales
 - « l'animal bouge quand la nourriture dans la zone où il est est en dessous d'un seuil » (Gross 1987)
 - ✦ Pb : il y a encore des individus en rivière après 5 ans
 - « l'animal bouge à partir du moment où il a atteint un seuil de développement (maturité) » (Pequerie et al 2011)
 - ✦ PB : les animaux migrent quasiment simultanément
 - ✦ PB : les animaux meurent beaucoup
- Solution : combinaison des deux hypothèses...



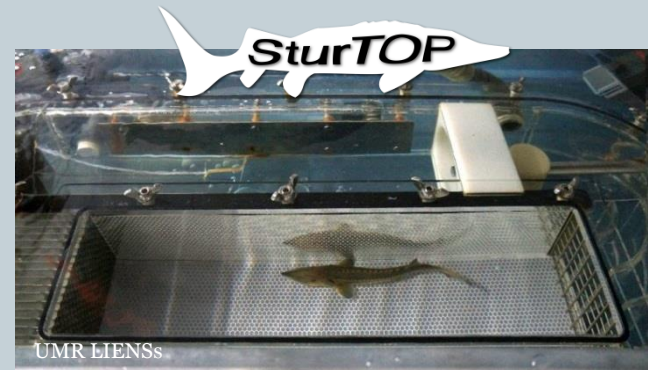
Perspectives

Modélisation de la respiration (Kooijman 2010)

13



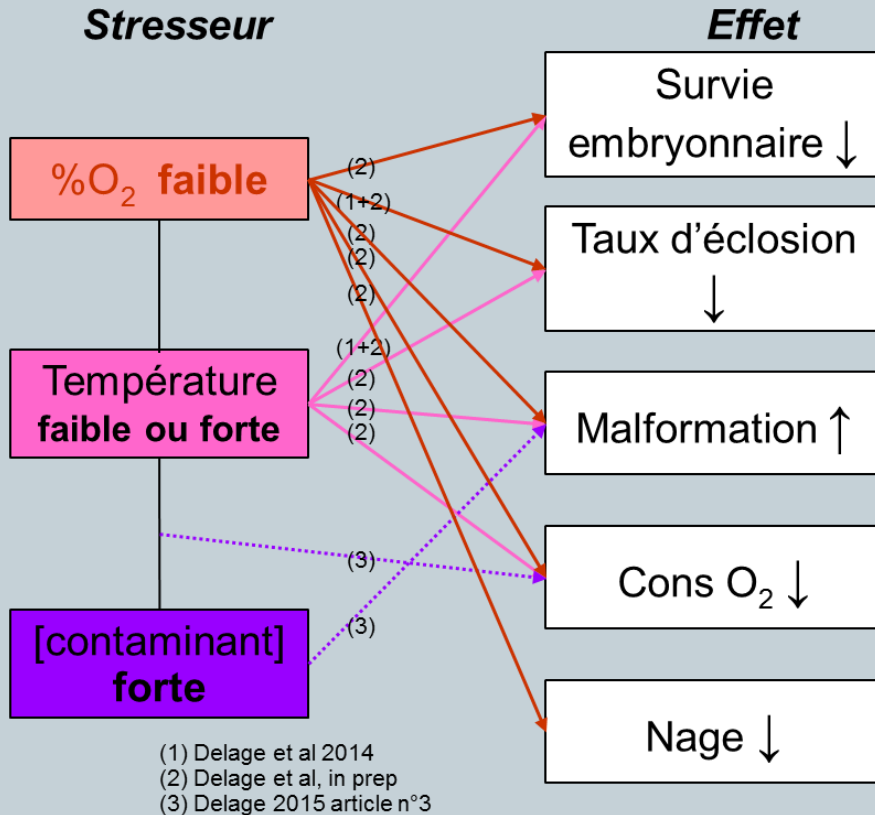
Lien avec le métabolisme basal (SMR) et actif (AMR) (Claireaux et Lefrançois 2007)



Perspectives

Effet thermie, hypoxie et contamination (Delage 2015, Delage et al 2014)

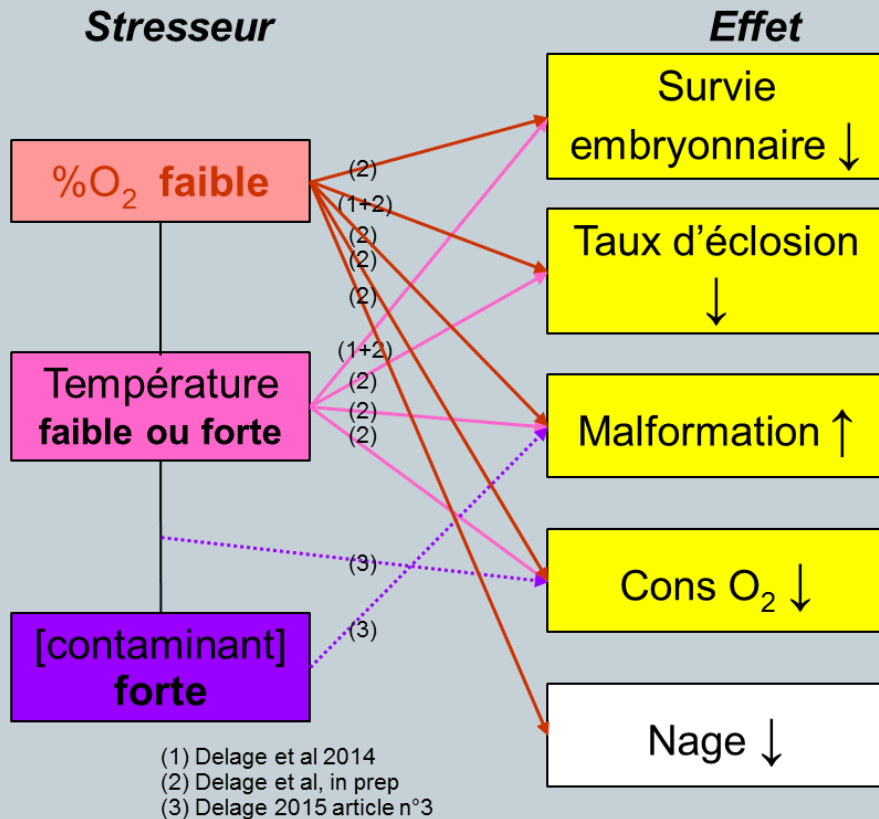
14



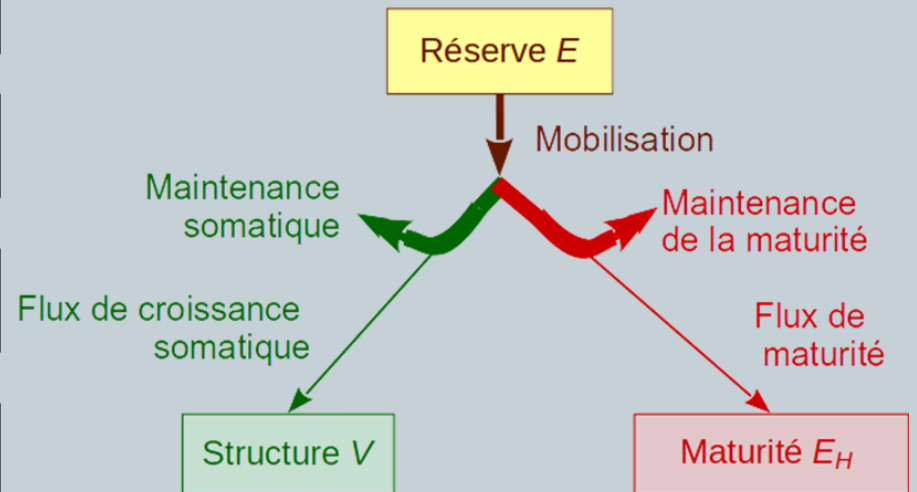
Perspectives

Effet thermie, hypoxie et contamination (Delage 2015, Delage et al 2014)

15



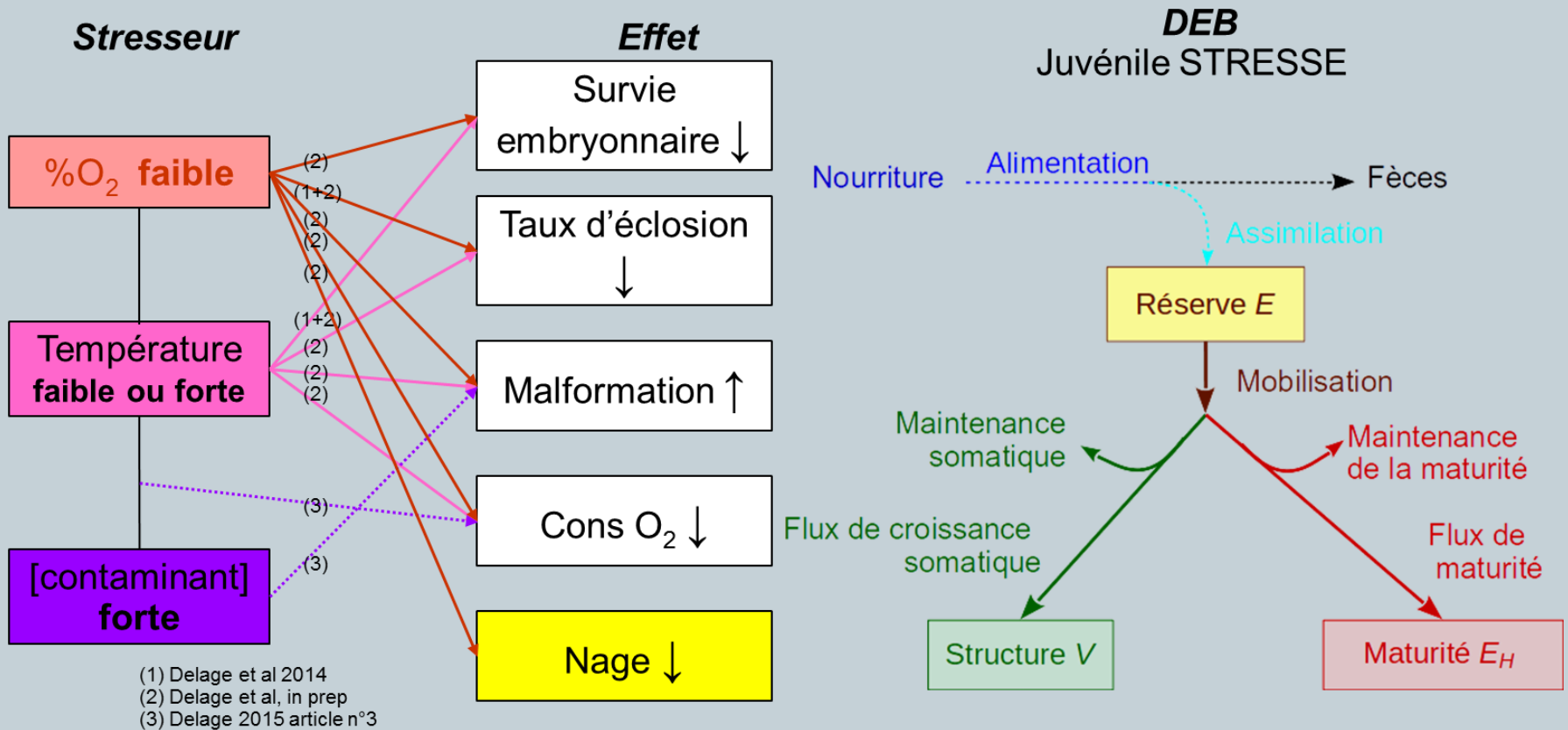
DEB Embryon STRESSE



Perspectives

Effet thermique, hypoxie et contamination (Delage 2015, Delage et al 2014)

16



Applications possibles pour l'aide à la gestion efficacité du soutien de population

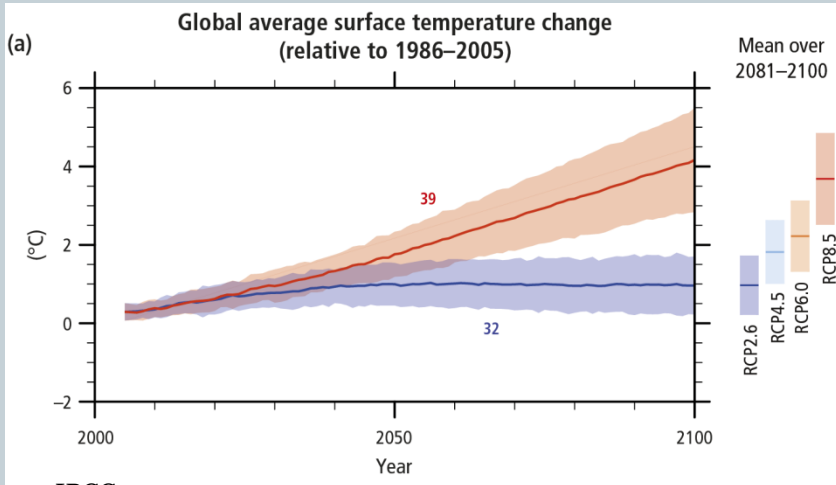
17

- Test du choix des stades de lâcher, du lieu de lâcher et du nombre lâchés
 - Définition de l'environnement
 - ✦ Identifier la fréquence des épisodes thermiques et hypoxiques
 - ✦ Affecter un niveau et une variabilité de pression multi-stress chimique à chaque frayère ;
 - ✦ Définir la durée du mode d'action (temps de l'exposition ↔ durée de vie de l'individu)
- Sortie du modèle
 - ✦ Nombre de larves produites par une cohorte
 - ✦ Probabilité de persistance à un horizon de 50 ans



Applications possibles pour l'aide à la gestion effet du changement climatique

18

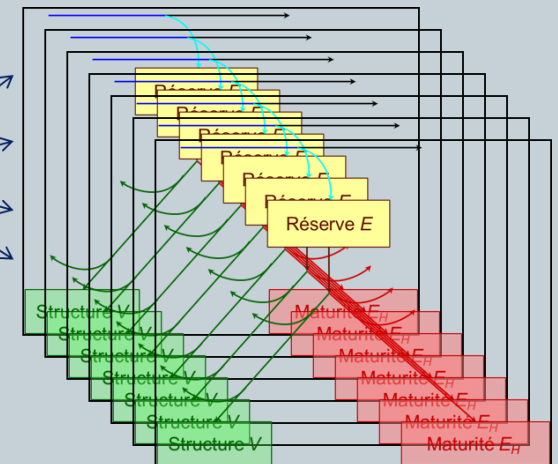


IPCC, 2014

Population d'esturgeon de la Gironde

Risque d'extinction de l'espèce ?

Nourriture



- **DEB , un modèle complexe**
 - Calibration laborieuse
 - Nécessite de compléter le modèle standard par des théories auxiliaires

- **Pour autant, un outil prometteur pour**
 - synthétiser des approches interdisciplinaires telles que celles de SturTOP
 - explorer des scénarios de gestion

