

UR AFPA  
UNITÉ DE RECHERCHE  
ANIMAL & FONCTIONNALITÉS  
DES PRODUITS  
ANIMAUX  
Equipe Diversification en Aquaculture Continentale

Nancy-Université

INRA

## MODELISATION SYSTEMIQUE EN AQUACULTURE

Jean-Noël Gardeur

La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

## L'Aquaculture: quelques spécificités...

- Très ancienne activité mais...
- essor récent:

Encore peu de modélisation systémique ... <=>

Aquaculture : production de poisson

1970 1980 1990 2000 2010

croissance = 3 fois autres PA

Jean-Noël Gardeur

La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

## L'Aquaculture: quelques spécificités...

- 31500 espèces! (fishbase) quelques unes élevées  
=> Potentiel DIVERSIFICATION; besoin DOMESTICATION
- espèces à Tx Lipides très ≠ :

Besoins nutritionnels différents... <=>

Taux lipides chair de poisson

Jean-Noël Gardeur

La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

## L'Aquaculture: quelques spécificités...

- Poissons: des particularités biologiques:

> ectothermie =>

Maîtrise de la température de l'eau... <=>

Jean-Noël Gardeur

La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

## L'Aquaculture: quelques spécificités...

- Poissons: des particularités biologiques:

> croissance indéterminée

Figure 1 Typical growth trajectory of (a) terrestrial animals and (b) fish Dumas et al. 2010

=> Modèles de croissance spécifiques ...

Jean-Noël Gardeur

La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

## L'Aquaculture: quelques spécificités...

- Poissons: des particularités environnementales:

> milieu de vie spécifique :

Maîtrise de la qualité de l'eau... <=>  
Difficulté mesures physiologiques

Jean-Noël Gardeur

La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

### L'Aquaculture: quelques spécificités...

- Poissons: des particularités environnementales:
  - milieu de vie diversifié:

⇒ **Systèmes d'élevage variés ...**



UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

### L'Aquaculture: quelques spécificités...

- Poissons: des particularités environnementales:
  - vie en population à nombre élevé:

Interactions sociales <=

- Cannibalisme
- Prédation
- Dominance
- Hétérogénéité de croissance ...



UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

### L'Aquaculture: quelques spécificités... Modélisation en aquaculture...

- Modélisation de la croissance:

➢ Quelques modèles simples de croissance couramment utilisés :

✓ **TCS ou SGR** : Taux de Croissance Spécifique ou Specific Growth Rate

$$TCS = [\ln(P_t) - \ln(P_0)] / (t)$$

$$\Rightarrow P_k = P_0 \cdot \text{Exp}^{(TCS \cdot t)}$$

⇒ calculer une croissance, peu pour prédire:

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

### L'Aquaculture: quelques spécificités... Modélisation en aquaculture...

- Modélisation de la croissance:

➢ Quelques modèles simples de croissance couramment utilisés :

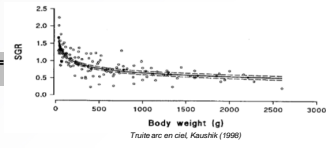
**TCS** :

Problème:

basé sur croissance continue mais exponentielle...

réalité: TCS ↘

Domaine de validité étroit  
Pas de prise en compte température...



UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

### L'Aquaculture: quelques spécificités... Modélisation en aquaculture...

- Modélisation de la croissance:

➢ Quelques modèles simples de croissance couramment utilisés :

**TGC** : Thermal Growth Coefficient

$$TGC = (P_t^{1/3} - P_0^{1/3}) / (SDJ)$$

$$\Rightarrow P_k = [P_0^{1/3} + (TGC \cdot SDJ)]^3$$

TB estimations courbes croissance  
(truite, saumon à ≠ températures, Cho & bureau (1998))

⇒ constant pour une espèce, un génotype et conditions environnementales définies...

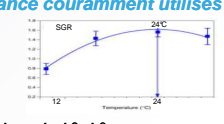
UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

### L'Aquaculture: quelques spécificités... Modélisation en aquaculture...

- Modélisation de la croissance:

➢ Quelques modèles simples de croissance couramment utilisés :

**TGC** : Thermal Growth Coefficient



1- non linéarité: poids f(temp)

2- HYP: Loi des carrés et des cubes: L, L<sup>2</sup>, L<sup>3</sup>, (Gallée...)

Lx2 ⇒ Sx4, Vx8      facteur de condition: K = 100.P.L<sup>3</sup> (Fulton 1904)

relation P-L pas toujours vérifiée... (Ex: croissance compensatrice, ...)

⇒ TGC pour prédiction à utiliser dans mêmes conditions que les observations ...

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèles BioEnergétiques:**

➤ **Cas général chez le poisson**  
(Bureau et al. 2002)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèles BioEnergétiques:**

➤ **Modèle énergétique simplifié: Scope For Growth (SFG)**

$$d\text{Poids}/dt = \alpha \text{Poids}^\beta - \gamma \text{Poids}^\delta$$

où  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  sont des paramètres.

$E$  assimilée       $E$  catabolisme (respiration, excrétion)

(Widdows & Staff 1997)

(Sous certaines conditions  $\alpha, \beta, \gamma, \delta \Rightarrow$  SGR ou TGC ou Von B.)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèles BioEnergétiques:**

➤ **SFG :**

Etude réponses physiologiques:  
Impact contaminants, pollution, toxicologie, ....

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèles BioEnergétiques:**

➤ **Un modèle générique: Dynamic Energy Budget (DEB) (Kooijman, 2000)**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèles BioEnergétiques:**

➤ **DEB:**

base = Surface / Volume

+ **Compartment reproduction** => modélisation sur cycle de vie

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèles BioEnergétiques:**

✓ **Nombreux modèles développés...**

**Ex: programme Fish-PrFEQ** (Cho & Bureau 1998)

- Prédiction croissance
- Réentions E, N, P
- Rejets effluents
- Contamination, bioaccumulation, ...

✓ **Limites:** (Jobling 1995, Dumas et al. 2010, ...)

- Relation énergie fixée et gain de poids variable selon cycle de vie et stades physiologiques
- Utilisation des nutriments
- Utilisation énergie pour croissance = f(utilisation protéines)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

**- Modèles Nutritionnels:**

- ✓ **approche mécaniste**  
→ Prédiction croissance, ingestion, digestion, composition corporelle
- ✓ **approche + récente chez les poissons**

Dumas et al. 2010 → règles de partitionnement des nutriments chez poissons selon :

- Composition corporelle
- Ingestion protéines
- Cinétique de saturation biochimique

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

**- Modèles Nutritionnels:**

Poissons:

$T_x Prot f(Poids)$   
 $T_x Lip et H_2O + lié au Poids$

**- Modèles BioEnergétiques et Nutritionnels:**

Difficultés des mesures : complexes, peu précises, stressantes  
Méthodes classiques de budget E, Digestibilité, Métabolisme  
=> Non adaptées poissons (Belal 2005)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

**- Modèles Bio Energétiques et Nutritionnels:**

Beaucoup d'études: estimation croissance et ingestion  
évaluation impact prédateurs, et facteurs sur la croissance  
espèces captives ou commercialement importantes  
sur jeunes, en activité de croissance  
espèces carnivores

Mais mesures :

Quantification pour animaux en milieu naturel ?  
=> télémétrie peut apporter des info (relation dépenses énergétiques et activité)

Problème majeur précision = estimation ingéré  
=> radiographie permettent améliorer (populations sauvages ?)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

**- Modèles Bio Energétiques et Nutritionnels:**

Autre limitation: informations individuelles? et cause des variations intra et inter groupe??

Anabolisme et catabolisme tissulaire? contrôle hormonal ? intégration métabolites

Analyses de sensibilité à développer (impact des paramètres des modèles)  
Précisions à améliorer pour améliorer production et efficacité alimentaire

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

**- Une approche systémique factorielle**

Modélisation empirique Boîte Noire:

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

**- Une approche systémique factorielle**

Auteurs	Espèce	Nombre de facteurs testés	Nature des facteurs	Variabes dépendantes
Faergemand et al. (1995)	truite	5	alimentaire	Qualité chair
Babiak et al. (2000)	Carpe	5	conditionnement échantillons	cryoconservation sperme
Waagbø et al. (2003)	saumon	7	alimentaire	Cataracte
Hanne et al. (2004)	saumon	7	alimentaire	croissance et qualité filets
Torstensen et al. (2004)	saumon	7	alimentaire	Qualité chair
Wang et al. (2006)	Perche	8	environnement alimentaire	Induction cycle reproduction
Gardeur et al. (2007)	Perche	12	environnement alimentaire	croissance qualité chair
Mairesse et al. (2007)	Perche	4	environnement alimentaire	croissance qualité chair
Blanchard et al. (2008)	Perche	12	environnement alimentaire	ultrastructure hépatocytes
Teletchea et al. (2009)	Sandre	4	environnement alimentaire	qualité sperme

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- Une approche systémique factorielle (Gardeur et al. 2007)

➤ Intérêt de la démarche: Ex: effet 12 facteurs / Croissance et QLT

**12 facteurs à tester**

- Température 16 / 23°C
- Taux rationnement Max / Opt
- Taux Lipides 17 / 21%
- Nature Protéines P / P+V
- Nature Lipides P / P+V
- Anti Oxydant 0 / 0.4%
- Densité Finale 4 / 12kg.m<sup>-3</sup>
- Mode distribution Continu / 2repas
- CV Poids initial 15 / 30%
- Photophase 8 / 16H
- Spectre Violet / Blanc
- Jours alimentation 6 / 7

Plan d'expériences fractionnaire

**L24 2<sup>12</sup>**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- Une approche systémique factorielle (Gardeur et al. 2007)

➤ Intérêt de la démarche: Ex: effet 12 facteurs / Croissance et QLT

Plan d'expériences fractionnaire

de RESOLUTION IV

PLAN FACTORIEL FRACTIONNAIRE =>

Estimation des paramètres:

- moyenne
- effets principaux } *Estimés individuellement*
- effets d'interaction de degré 2 : *Estimés en groupes (11x6)*
- effets d'interaction de degré 3 et + *H<sub>0</sub>*

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- Une approche systémique factorielle (Gardeur et al. 2007)

➤ Intérêt de la démarche: Ex: effet 12 facteurs / Croissance et QLT

**Matrice expérimentale:**

Combi	Temp	TR	Lip	NP	NL	PI	De	Mo	Ph	Spe	Ja	
1	23°	Opt	21	P+V	P	0	4	C	15	16	Vio	6
2	16°	Opt	21	P	P+V	0	12	C	15	8	Ind	6
3	23°	Max	21	P	P+V	T	12	2	15	8	Vio	6
4	16°	Opt	17	P+V	P	0	12	2	30	8	Vio	6
5	16°	Max	21	P	P+V	0	4	2	30	16	Vio	6
6	16°	Max	21	P+V	P+V	T	12	C	30	16	Ind	6
7	23°	Max	17	P+V	P+V	0	12	2	15	16	Ind	6
8	23°	Opt	21	P+V	P	T	4	2	30	8	Ind	6
9	23°	Opt	17	P	P+V	T	12	C	30	16	Vio	6
10	16°	Opt	17	P	P	T	4	2	15	16	Ind	6
11	23°	Max	17	P	P+V	0	4	C	30	8	Ind	6
12	16°	Max	17	P+V	P	T	4	C	15	8	Vio	6
13	16°	Max	17	P	P+V	T	12	2	30	8	Ind	7
14	23°	Max	17	P+V	P+V	T	4	C	15	8	Ind	7
15	16°	Opt	17	P+V	P+V	0	4	C	30	16	Ind	7
16	23°	Max	21	P	P	T	4	C	15	16	Ind	7
17	23°	Opt	17	P+V	P+V	T	12	2	30	16	Vio	7
18	23°	Opt	17	P	P	0	4	2	15	8	Vio	7
19	16°	Opt	21	P	P	T	4	C	30	8	Vio	7
20	16°	Max	17	P	P+V	0	12	C	15	16	Vio	7
21	16°	Max	21	P+V	P	0	4	2	15	8	Ind	7
22	23°	Max	21	P+V	P+V	0	12	C	30	8	Vio	7
23	16°	Opt	21	P	P	T	12	2	15	16	Vio	7
24	23°	Opt	21	P	P	0	12	2	30	16	Ind	7

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- Une approche systémique factorielle (Gardeur et al. 2007)

➤ Intérêt de la démarche: Ex: effet 12 facteurs RESULTATS

Combi	Temp	TR	Lip	NP	NL	PI	De	Mo	Ph	Spe	Ja	CV	Ref	Ea	los	Rf	pP	dN	Lf	aq	9%	DHM	n3n6		
24	23	Opt	21	P	P	0	12	2	30	16	Ind	7	134.1	42.7	2280	0.62	0.49	43.9	37.8	558	43.4	4.4	1.02	41.0	13.7
1	23	Opt	21	P+V	P	0	4	C	15	16	Mo	6	1238	28.5	1365	0.62	0.56	45.53	15.3	555	43	2.2	1.40	38.9	11.5
14	23	Max	17	P+V	P+V	T	4	2	30	16	Mo	7	116.9	39.3	1210	0.81	0.63	45.53	17.1	695	44	17.2	1.06	33.9	7.1
9	23	Opt	17	P	P+V	T	12	C	30	16	Mo	6	1128	23.4	1890	0.59	0.39	46.36	31.4	5	43	26.1	1.11	30.0	9.8
7	23	Max	17	P+V	P+V	0	12	2	15	16	Ind	6	106.5	34.5	1650	0.55	0.57	44.27	21.6	1035	44	9.1	1.16	36.7	8.3
18	23	Opt	17	P	P	0	4	2	15	8	Mo	7	103.2	23.0	916	0.40	1.48	47.26	37.2	200	43	2.3	1.47	42.8	13.2
Moyenne													66.7	26.1	1328	0.40	4.53	44.0	30.6	194	42.7	12.5	1.38	38.8	10.5

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

Sous système PERCHE en CIRCUIT FERME au STADE GROSSISSEMENT

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- Une approche systémique factorielle (Gardeur et al. 2007)

➤ Intérêt de la démarche: Ex: résultats

- 4 combinaisons à valider
- 5 effets principaux significatifs sur 12
- 14 groupes interactions ordre<sup>2</sup> significatifs sur 66
- Grande variabilité du déterminisme des variables (complexité HC...)

**= INFO EMERGENTES DE L' APPROCHE SYSTEMIQUE**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèle individus-centré IBM (Individual Based Model)**

➤ **Aquaculture: vie en population à nombre élevé => Interactions sociales...**

Grimm (1999): "modèles de simulation traitant l'individu comme entité unique ayant au moins un attribut"

Deffuant et al. (2003) "La caractéristique première du modèle individus-centré est de se fonder sur une représentation explicite de l'ensemble des individus du système ainsi que de leurs interactions"

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèle individus-centré**

➤ **Etude croissance individuelle**

✓ **Immsland et al., 1998 = 1<sup>er</sup> IBM => étude croissance individuelle des poissons (Juvéniles Turbot)**

$$Poids_{t+1} = Poids_t \times \exp^{(G(t)) \cdot X(t) \cdot Z(t)}$$

800 simulations / observations

⇒ **Variations taille expliquées par:**

- Effet génétique (tirage aléatoire) **OUI**
- Effet taille-dépendant **Non**
- Effet génétique + Inter. Soc **OUI**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèle individus-centré : Etude HC**

**Hétérogénéité de croissance (HC) = problème récurrent en aquaculture**

= très mal connu : causes ??? X facteurs...

Spécificité aquaculture : CVpoids=20-35% vs 7-10% autres filières Gjedarem (1997)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**INTERACTIONS SOCIALES**

= cœur de l'hétérogénéité de croissance

(répartition inégalitaire de l'ingéré)

(Jobling et Koskela, 1996, Adams et al. 1995, Greaves et Tuene, 2001)

⇒ **BASES DE LA MODELISATION**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**HETEROGENEITE DE CROISSANCE**

**Boucle de rétroaction**

Hierarchies sociales  
Accès différentiel aux ressources  
Effet poids / Rel. Soc.

Ethologie

"Taille" Interactions sociales

Affrontements → Taille ?  
Prise alimentaire ?

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

**- Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

⇒ **Modélisation de**

**LA CROISSANCE (modèle énergétique ic)**

et

**DES RELATIONS SOCIALES: DOMINANT / DOMINE (SMA)**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010



L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**MODELE DE CROISSANCE**  
= SFG individualisé

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**MODELE DE COMBAT**  
= Modélisation des INTERACTIONS SOCIALES

poles ordre de picorage =  $ct = f(\text{dominance})$  (Schjelderup-Ebbe, 1922)

=> **dominance = accès privilégié à ressource**  
(Drews, 1993)

(araignées, crabes, écrevisses, poissons, oiseaux, mammifères)  
(deCarvelo et al.; Briffa et Elwood, 2001; 2004; Avhenharu et Ruohonen, 2006); Cloutier et al., 1996; Thomas et al., 2002; Hemelrijk, 1996)

**dominance = f(combats)** Adams et al. (1998)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**Déterminants des combats:**

- **poids** : si  $\neq$  poids > 20% : dominance sans agression  
si  $\neq$  poids < 20% : combat  
(Beaugrand et al. 1996)
- **mémoire des combats**  
=> Effet de renforcement et d'Auto organisation des hiérarchies (Hsu et al., 2006).

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**Hypothèses fixes de structure :**

- il existe des **phases de combat** et des **phases de nourrissage**
- ingestion  $f(\text{poids}) = \text{capacité maximale d'ingestion}$
- **relations sociales => inhibition de l'ingéré**  
(modélisé par affrontements 2 à 2)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**Hypothèses modulables de structure :**

- **combats aléatoires** (même nb pour tous)  
Alternative : **dominants = +agressifs => +de combats**  
(Adams et al., 1995; Adams et Huntingford, 1996)
- **combats individus taille #**  
Alternative : **combats si tailles proches + escalade**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

### Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish SMA**

Agents du modèle : = représentation machine d'1 poisson

attributs : Poids  
Mémoire des combats

méthodes

- Défier (aléatoire ou dominants combattent +)
- Combattre (param\_évitement en f(poids; valeur\_combat en f(poids, effet mémoire, effet génétique)
- Manger (Rationnement\_théorique + Inhibition<sup>2/3</sup>)
- Grossir (procédure d'appel du modèle énergétique individualisé)
- Oublier (param\_rémanence x mémoire)

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individu-centré : Mo.B.I.Fish**

### Environnement du modèle

- variable **rationnement**
- variable **température**
- variable **photopériode**
- variable **energie\_aliment**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individu-centré : Mo.B.I.Fish**

### Fonctionnement du modèle

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individu-centré : Mo.B.I.Fish**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individu-centré**

**Mo.B.I.Fish**

Arnaud Campéas Doctorat INPL  
= 11 paramètres  
~ 35 équations  
Programmation sous R

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individu-centré : Mo.B.I.Fish**

### Calibration

données BAR : 4 bacs Expé effet  $CV_i = 9\%$  ou  $29\%$   
création données in silico : (100 j de croissance)

OBJ: recherche paramètres => comportement "réaliste"  
= CV stable ~ 20-30%  $\forall CV_i$ ;  $r_{sp} [0.7; 0.8]$

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individu-centré : Mo.B.I.Fish**

### Validation

données BAR : 4 autres bacs  $CV_i = 9\%$  ou  $29\%$

données individuelles BAR (123 i pit-tagés)  
self feeder + Xray + Vidéo

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010



L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**4 scénarios de calibration et validation**

déterminisme des combats :

- aléatoire V
- aléatoire + effet mémoire V
- aléatoire + effet taille X
- aléatoire + effet taille + effet mémoire X

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**Combat =**  
**effet mémoire**  
**+**  
**effet aléatoire**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**Validation externe : courbes individuelles d'ingestion**

Observé →   
 Simulé →

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

## Modélisation en aquaculture...

- **Modèle individus-centré : Mo.B.I.Fish**

**Conclusion**

**Convergence hétérogénéité facile à modéliser**

**Simulations réalistes des courbes individuelles de croissance**

**Effet mémoire => permet de simuler le désordre des poids (informations émergentes)**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

Modélisation en aquaculture...

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010

L'Aquaculture: quelques spécificités...

Modélisation en aquaculture...

**Merci pour votre attention...**

UR AFPA Jean-Noël Gardeur La journée de printemps de l'AFZ 23 avril 2010