



Dévalaison sur la Dronne : un vrai parcours du combattant



Frédérique BAU^{1,2}, Nicolas DELIGNE^{1,2}, Alain ALRIC², Peggy GOMES²,
Philippe BARAN², Pierre SAGNES² & Hilaire DROUINEAU^{1,2}

1 - Irstea, UR EABX Ecosystèmes aquatiques et changements globaux, F-33612 Cestas, France

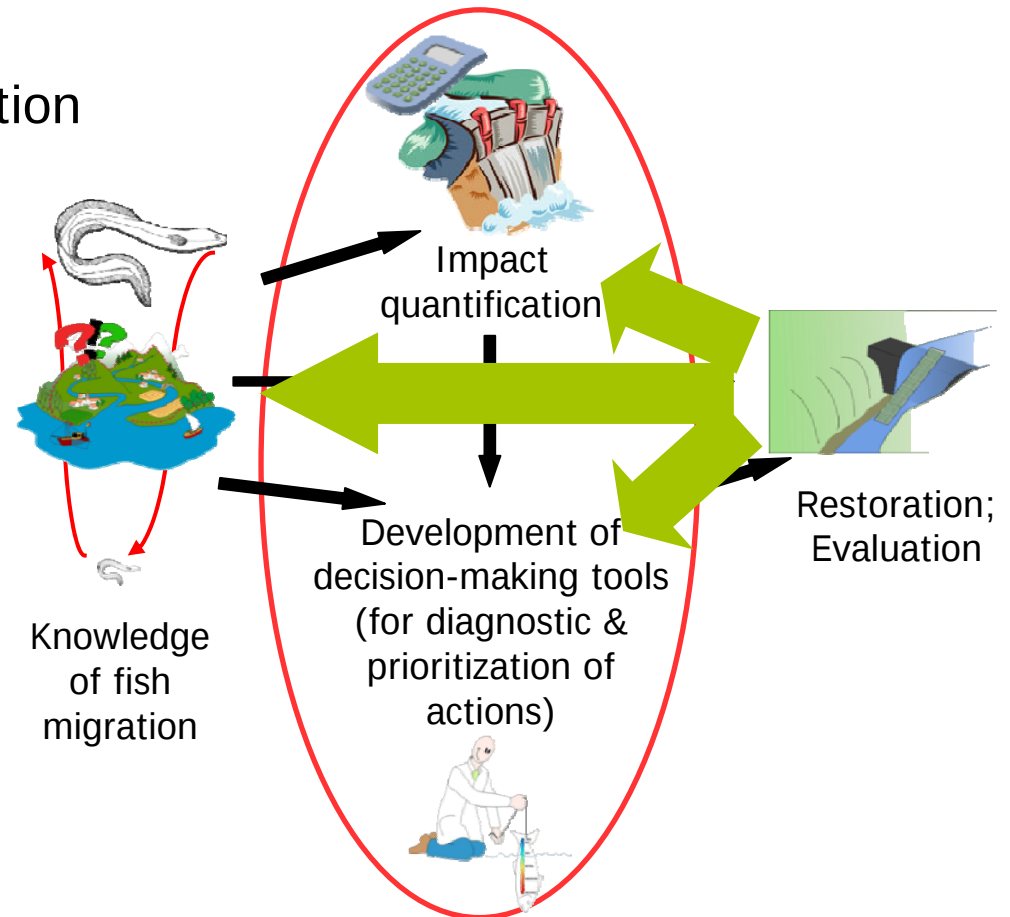
2 - Pôle Écohydraulique ONEMA-Irstea-INP, F-31400 Toulouse, France



Contexte général

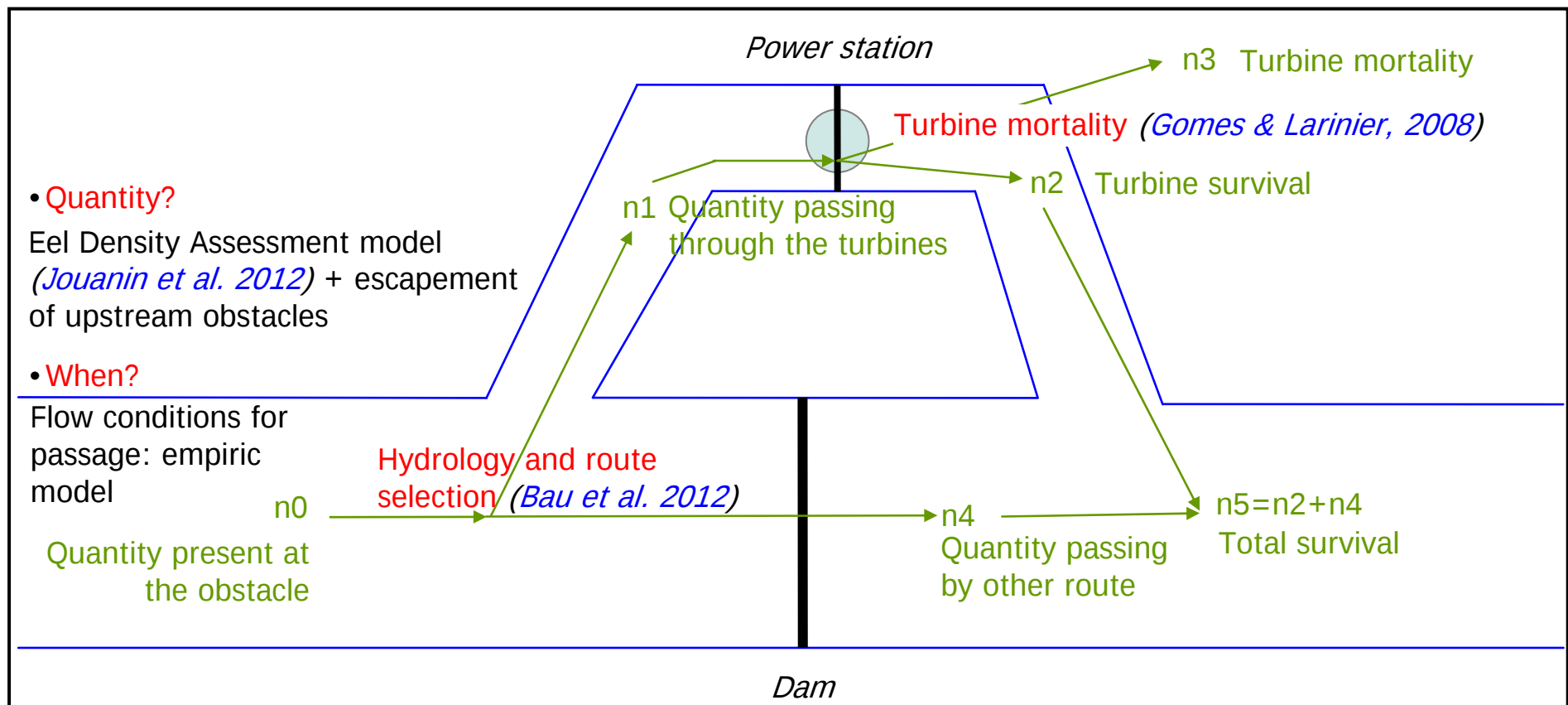
- Un déclin des stocks d'anguilles européennes qui nécessite la mise en place de plans de gestion (*EU Reg. 1100/2007*) afin de réduire toutes les mortalités anthropogéniques, incluant celles liées à l'hydroélectricité
- Dernier reporting du plan de gestion français (*2012*) :

→ quantification des impacts des ouvrages hydroélectriques sur la migration de dévalaison de l'anguille argentée en utilisant l'approche Sea-Hope (*Jouanin et al. 2012*) basée sur le couplage de **4 modèles prédictifs**



L'approche Sea-Hope

- (i) Répartition ang. jaunes & proportions annuelles dévalantes
- (ii) Hydrologie & dynamique de dévalaison
- (iii) Hydrologie & voies de passage aux ouvrages
- (iv) Caractéristiques turbines & taux de survie



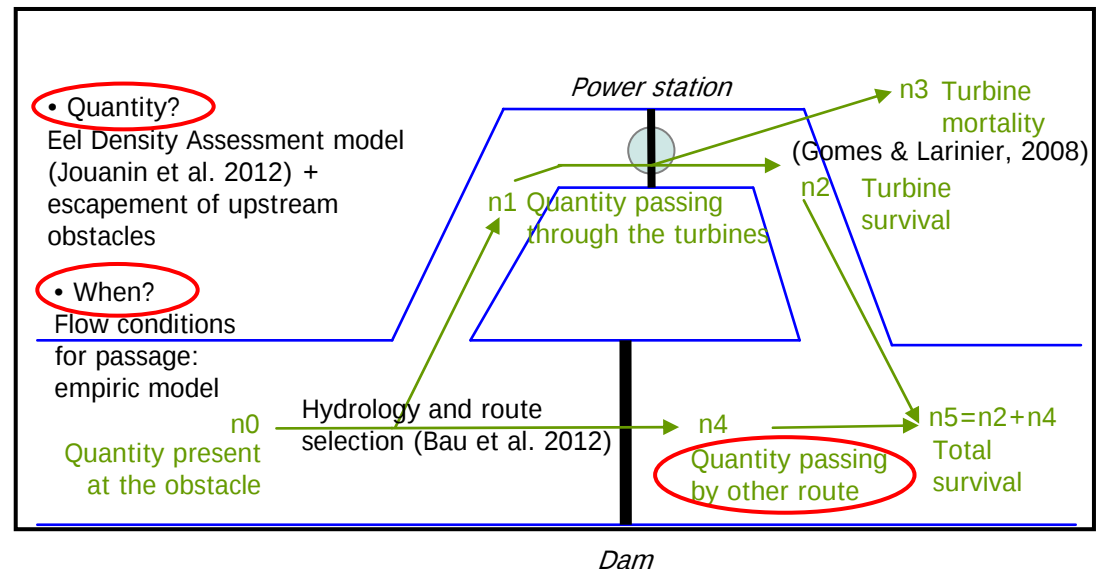
Nouveaux objectifs : raffiner Sea Hope GRISAM-Ang. 2015

• Quand ?

- Tester la transférabilité du modèle (ii) pour d'autres régimes de débits
- Nouvelle étude par **radio télémétrie** sur la Dronne, rivière index du PNGA

Comment ?

- Raffiner le modèle (iv) "taux de survie & caractéristiques obstacles"
- Impact? des obstacles non hydro-électriques & effets indirects (*coûts énergétiques*) en utilisant des **radio émetteurs électromyogrammes**



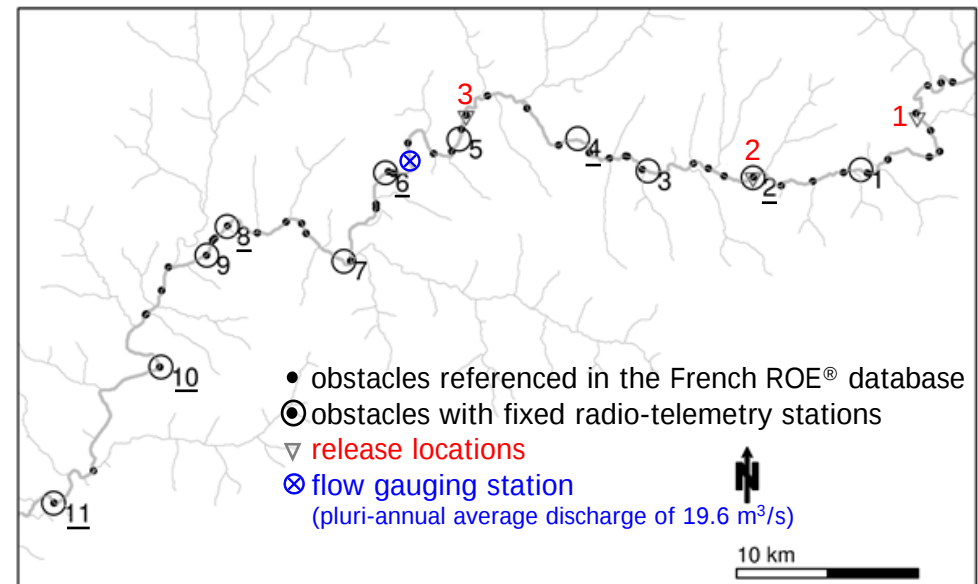
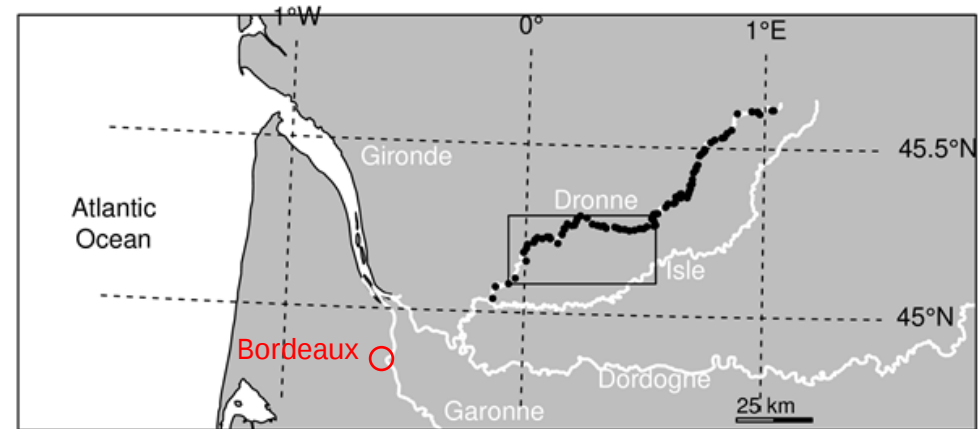
• Combien ?

- Raffiner le modèle (i) en travaillant sur le lien entre stades jaune/argenté en utilisant une **nouvelle approche méthodologique en télémétrie PIT-tag**

Quand & Comment ?

Site d'étude : la Dronne

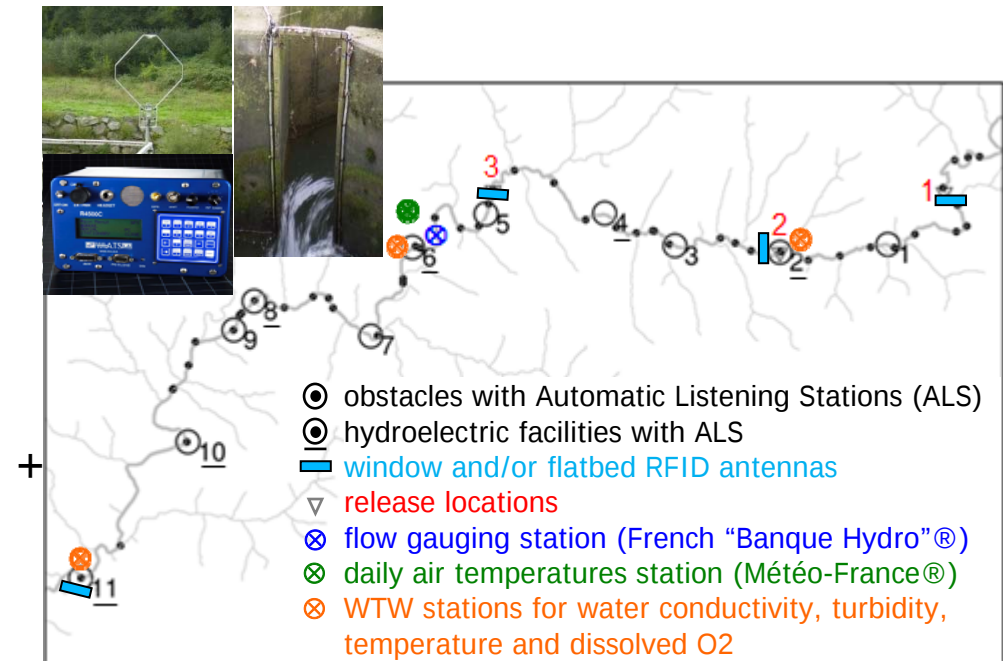
- Rivière de basse plaine (*SW France*) de 200km de long, avec un régime de débit pluvial représentatif des contextes hydrographiques de la façade atlantique
- Zone d'étude : derniers 90km de la partie aval fortement fragmentée (*un obstacle tous les 2.1 km*)
- 7 des 43 obstacles localisés dans la zone d'étude servent encore à la production d'hydroélectricité



Quand & Comment ?

Méthode : télémétrie

- Suivis fixes et mobiles par télémétrie radio & RFID durant trois saisons consécutives de dévalaison (2011/2012 to 2013/2014)
- 11 obstacles avec ATS® R4500C monitoring environnemental
- Double marquage (*radio & PIT-tag*) de 97 ang. argentées (LT_{moy} 790mm)

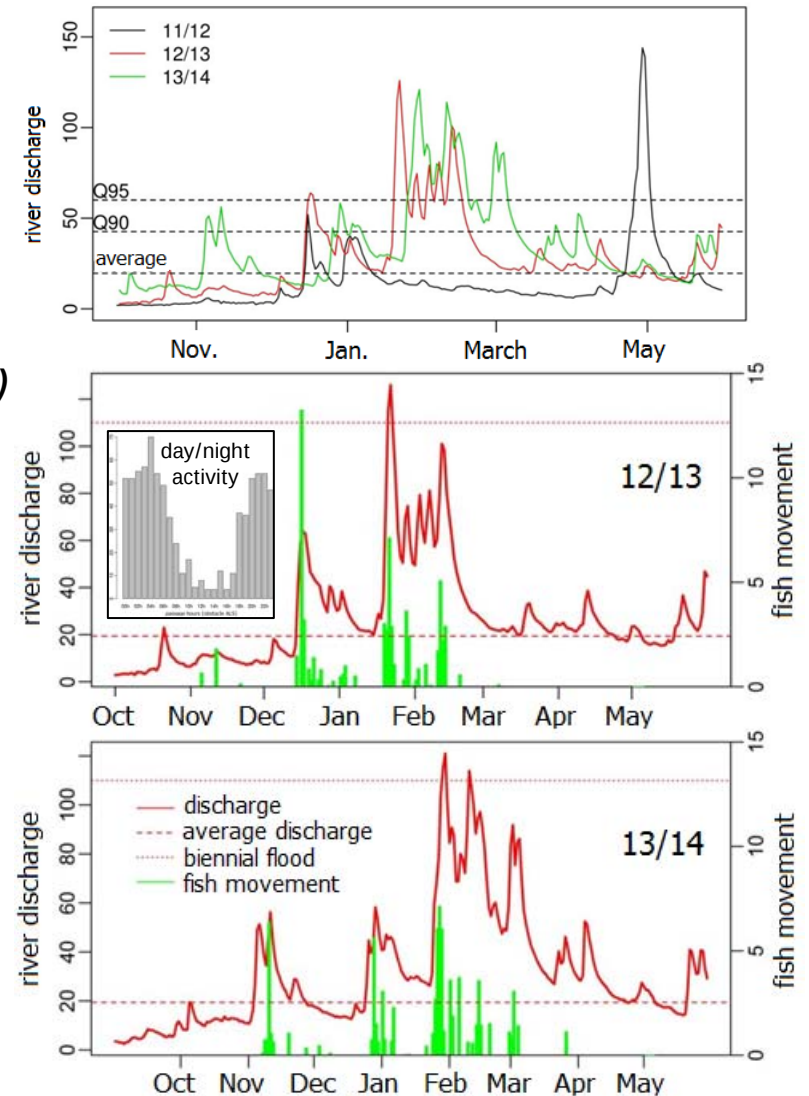


Quand & Comment ?

1. Résultats télémétrie

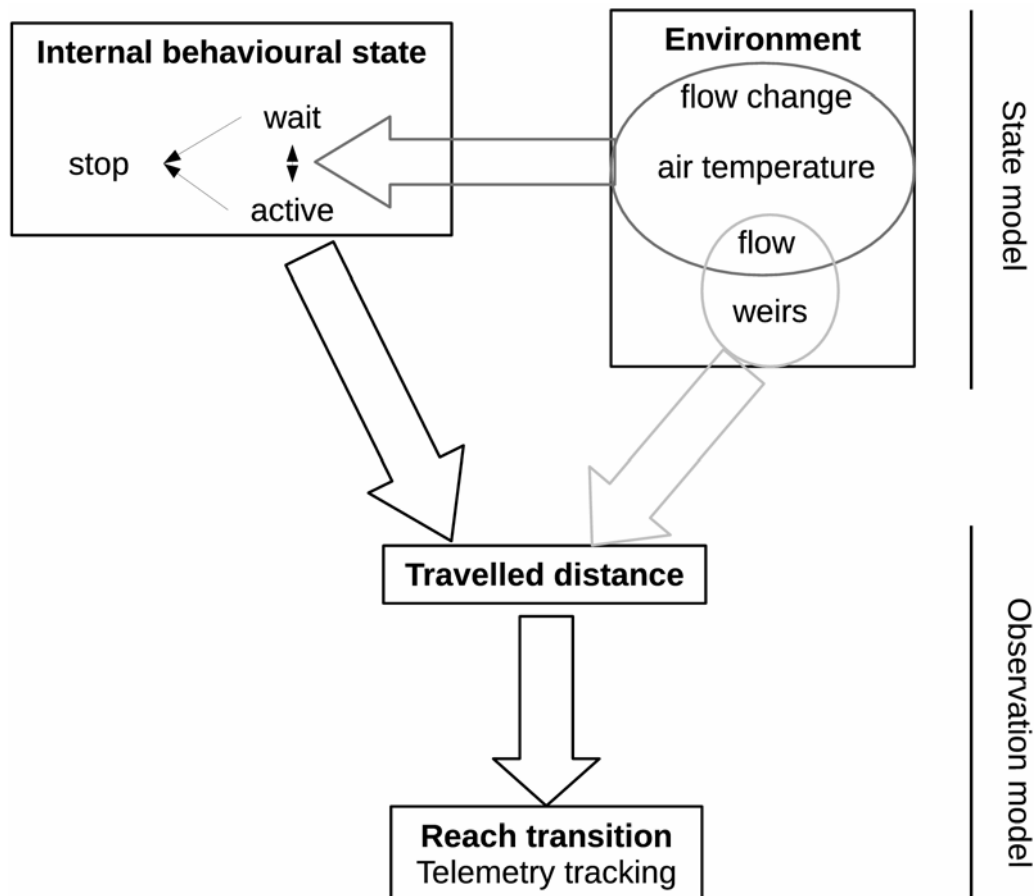
Un fort contraste hydrologique résultant en :

- Des taux variables d'échappement global
(0% en 11/12 vs. 54%-59% pour les 2 autres saisons)
- De plus forts taux d'activité migratoire (*vitesse, distance parcourue*), surtout en phase montante du débit, lors des 2 saisons à forte hydrologie
- Forte rythmicité jour/nuit : 75% nocturne
- Beaucoup plus d'arrêts de migration (*blocage, retard*) lors de conditions environnementales défavorables et d'autres, après quelques kms suivant le passage par des ouvrages hydro-électriques



Quand & Comment ?

- Modèle bayésien espace-état pour analyser **simultanément** les effets des facteurs envtx sur le déclenchement de la migration, l'influence du débit sur la distance parcourue & l'impact des obstacles sur l'échappement



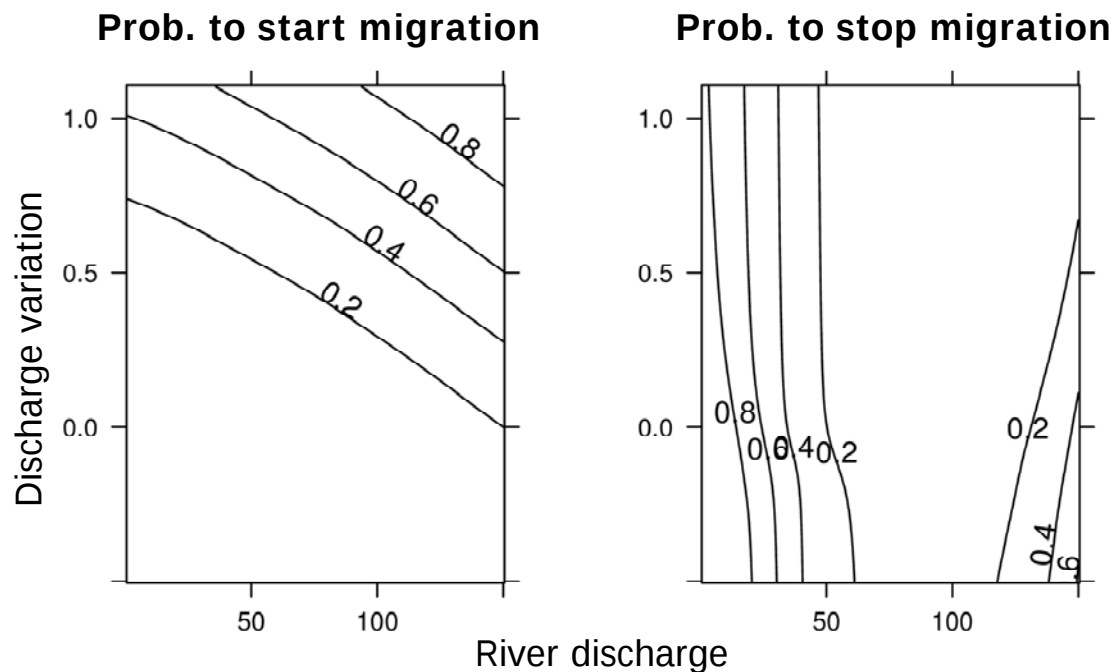
Interaction entre état interne individuel et environnement abordée par l'analyse des mouvements (*Nathan et al., 2008*)

Structure du modèle illustrant l'influence des conditions environnementales sur l'état comportemental interne et leurs liens avec les mouvements d'anguilles et les observations résultantes

Quand & Comment ?

2. Résultats modélisation

- Impact du débit & variations de débit sur déclenchement de la migration



States transition probabilities predicted by the model at different levels of average daily flow and relative variation of daily flow

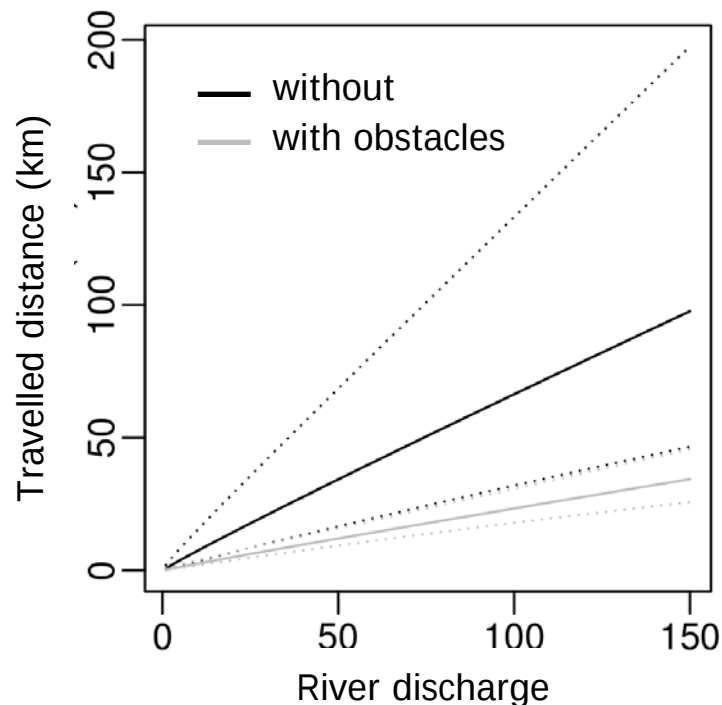
- Probabilité d'arrêt augmente avec la baisse du débit
- Probabilité de déclenchement liée à forte variation du débit (même à faible débit)
- Maintien en migration dépend du débit

Fenêtre environnementale favorable à la dévalaison assez limitée dans le système étudié

Quand & Comment ?

2. Résultats modélisation (suite)

- Impact du débit et des obstacles sur la distance parcourue



Theoretical distance travelled by active eel in 24h without any obstacle (black line) and mean distance effectively travelled given the weirs density in the Dronne (grey line)

- Effet positif du débit (et des variations de débit) sur la distance parcourue par l'anguille
- Impact négatif significatif des obstacles sur la distance parcourue
 - distance couverte en 24h par un migrant actif divisée par 2.86 (en moyenne, mais forts e.c.) à cause des obstacles

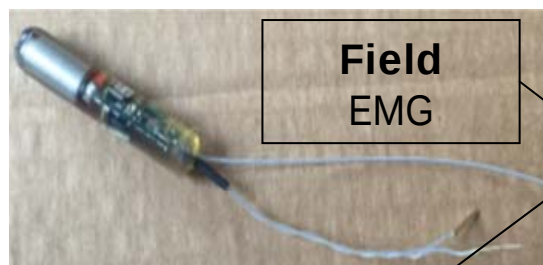
Tous types d'obstacles peuvent retarder la dévalaison et compromettre l'échappement, étant donné l'étroite fenêtre environnementale favorable à la migration

Comment ? Dans quel état ?

Coûts énergétiques induits par les obstacles

- Effets directs mais aussi *indirects* : surprédation, surpêche, stress, maladies ou coûts énergétiques accrus
- Grave ? → Est-ce que les coûts énergétiques engendrés par les passages successifs d'obstacles peuvent entraîner des échecs de migration ?

Feasibility test for implantation of Lotek CEMG2-R11-18 transmitter



**Field
EMG**

Swim tunnel respirometer
EMG ↔ O₂ ↔ energy

Assessment
energy cost
of obstacle

Field / Lab.
measures of
energy reserves

Assessment
global energy
budget

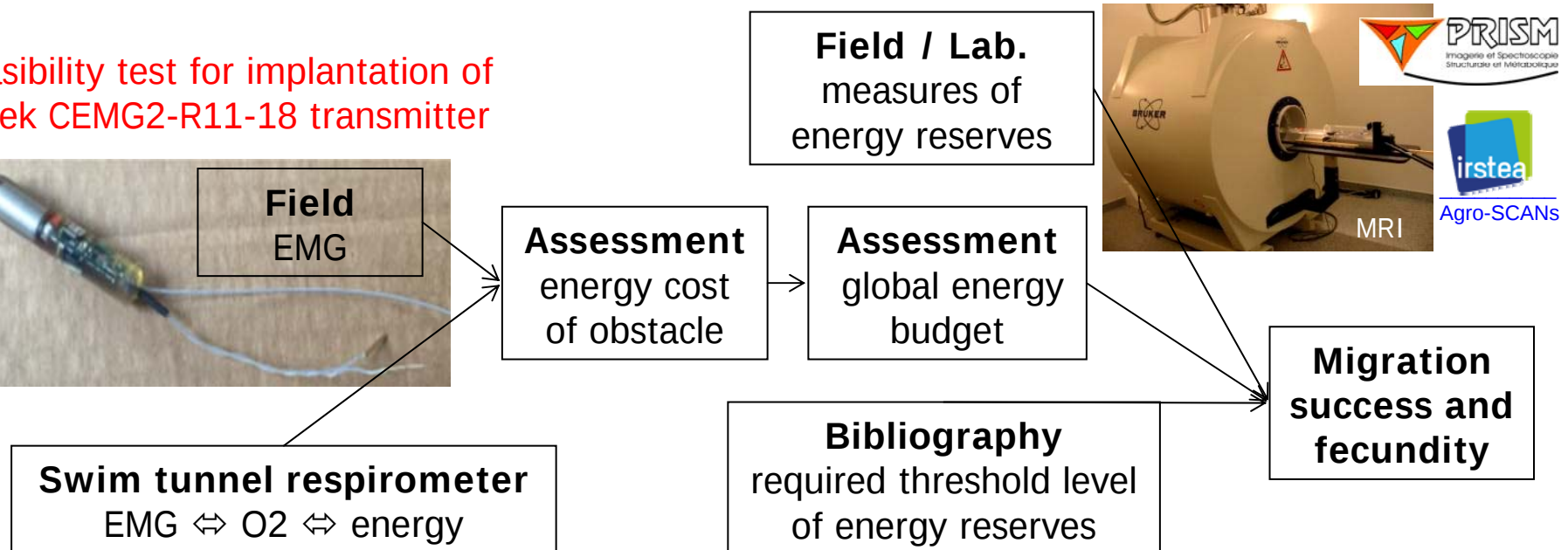
Bibliography
required threshold level
of energy reserves



PRISM
Imagerie et Spectroscopie
Structurale et Métabolique

irstea
Agro-SCANs

**Migration
success and
fecundity**



Comment ? Dans quel état ?

Coûts énergétiques induits par les obstacles

- Effets directs mais aussi *indirects* : maladies ou coûts énergétiques
- Grave ? → Est-ce que les coûts successifs d'obstacles peuvent

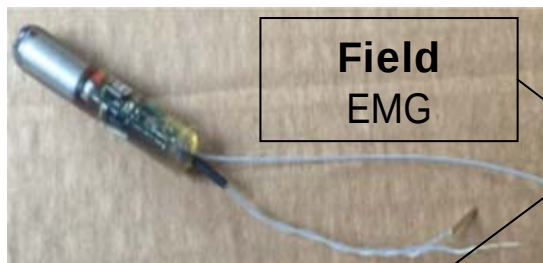
Example of ID + EMG data

DATE	TIME	PWR	ANT	CODE	SENSOR TYPE	VALUE
18/03/15	14:35:57	239	AH0	12	EMG	2
18/03/15	14:36:02	235	AH0	12	EMG	1
18/03/15	14:36:07	222	AH0	12	EMG	1
18/03/15	14:36:12	255	AH0	12	EMG	1
18/03/15	14:36:17	205	AH0	12	EMG	2
18/03/15	14:36:22	255	AH0	12	EMG	2
18/03/15	14:36:27	255	AH0	12	EMG	2
18/03/15	14:36:32	220	AH0	12	EMG	3
18/03/15	14:36:37	218	AH0	12	EMG	4
18/03/15	14:36:42	222	AH0	12	EMG	4
18/03/15	14:36:48	214	AH0	12	EMG	3
18/03/15	14:36:53	247	AH0	12	EMG	17
18/03/15	14:36:58	233	AH0	12	EMG	12
18/03/15	14:37:03	233	AH0	12	EMG	19
18/03/15	14:37:08	253	AH0	12	EMG	37
18/03/15	14:37:14	254	AH0	12	EMG	46
18/03/15	14:37:19	251	AH0	12	EMG	45
18/03/15	14:37:24	226	AH0	12	EMG	26
18/03/15	14:37:29	227	AH0	12	EMG	10
18/03/15	14:37:34	140	AH0	12	EMG	44
18/03/15	14:37:40	121	AH0	12	EMG	25
18/03/15	14:37:45	137	AH0	12	EMG	5
18/03/15	14:37:50	178	AH0	12	EMG	4
18/03/15	14:37:55	170	AH0	12	EMG	1
18/03/15	14:38:00	173	AH0	12	EMG	1
18/03/15	14:38:06	118	AH0	12	EMG	1
18/03/15	14:38:11	131	AH0	12	EMG	1

Baseline
EMG values
after release
in still water
zone

Increased
EMG values
during
movements
in running
water zone

Feasibility test for implantation of
Lotek CEMG2-R11-18 transmitter



Field
EMG

Asses
energ
of ob

Swim tunnel respirometer
EMG ↔ O2 ↔ energy



Combien ?

Transition stade jaune/argenté : acquisition de l'argenture et proportion annuelle de dévalants

- Suivis long-terme jusqu'à l'argenture impliquant un changement de méthodologie (*limites actuelles de la radio, i.e. taille & durée de vie de l'émetteur*)
- Utilisation de la Radio Frequency Identification en technologie HDX
- Besoin de développer de **larges antennes RFID flatbed** faciles à installer en travers de cours d'eau et avec une capacité de détection suffisante pour suivre la migration par des barrières RFID successives
- Test de faisabilité technique basé sur l'expérience norvégienne
- Installation de 2 antennes flatbed de 18m de long
fonction dans la Dronne depuis plus d'un an

Combien ? Une solution RFID...

Site amont
antenne 18m x 1m



Double validation : pit mouchard
(ttes les 30 min) + antenne radio

- 81% du temps en fonction
- Distance de détection
75-**90cm** (32-mm pit-tag)
50-60cm (23-mm pit-tag)
- Efficacité de détection
100% des argentées marquées
75% des jaunes marquées (*au moins*)



Combien ? Une solution RFID...



- Site aval

A1 : 18 m x 1.2 m

A2 : 23 m x 1.2 m

- Distance de détection

A1: 93-**110cm**, A2: 75-**90cm**

A1: 60-68cm, A2: 45-55cm

Seule A1 installée

- 83% du temps en fonction

- Efficacité de détection

100% des argentées marquées

(8 + 7 étude rivière index) dont 4
passées entre 11/07 et 6/08



Conclusions/Perspectives

Silver eel downstream migration in fragmented rivers: When obstacles appear

Drouineau H., Bau F., Alric A., Deligne N., Gomes P., Sagnes P.
(submitted to Can. J. Fish. Aquat. Sci.)

- Sur la Dronne, fenêtre environnementale restreinte pour la dévalaison & retards de migration liés aux obstacles qui peuvent impacter l'échappement
→ **Constat permettant d'envisager sur le cours d'eau des mesures d'arrêts de turbinage ...** sous réserve de prédire les débits-seuils suffisamment à l'avance (12h à 24h) (avec des modèles pluies-débits au pas de temps journalier)
- Le modèle développé (traitant déclenchement et cinétique en simultané & impact des obstacles) pourrait être une première étape pour déterminer des seuils de débit appropriés pour des arrêts ciblés opérationnels
- Réaliser une méta-analyse des différentes études par radio télémétrie sur la migration de l'argentée serait un moyen pertinent pour identifier des invariants entre cours d'eau
- Continuer l'étude EMG avec d'autres enregistrements de passages sur différents types d'ouvrages et des tests de calibration pour relier aux dépenses énergétiques
- Continuer l'étude RFID en multipliant les barrières de détection sur l'axe (n=5)
(associé à un marquage en masse de jaunes)

