

Estimation du nombre de reproducteurs efficaces : un nouvel indicateur de l'état des populations

Olivier Lepais, Cecile Bacles, Frédéric Lange, Aurélie Manicki
UMR ECOBIOP | INRA, Univ. Pau & Pays Adour

12 06 2019



Pôle R&D pour la gestion des migrateurs amphihalins dans leur environnement

Pourquoi s'intéresser à la taille efficace des populations ?

Nombre d'individus participant à la reproduction et leur contribution relative à la génération suivante

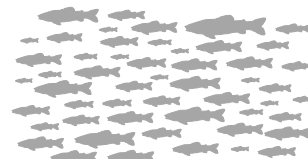
→ viabilité de la population à long terme

Combien d'individus ont contribué à la descendance lors d'une saison de reproduction donnée?

Reproducteurs potentiels



Juvéniles de l'année (0+)



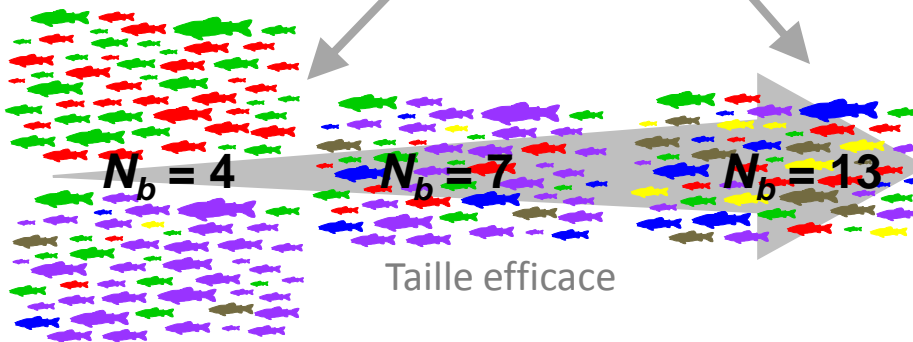
Quelle a été la **contribution de chacun** ?



Maintien de la diversité génétique et des capacités d'adaptation



Dépression de consanguinité, réduction de la diversité génétique et des capacités d'adaptation aux changements.



- Nombre de reproducteurs efficaces (N_b) < nombre d'individus (N_c) : caractéristiques du système de reproduction et du succès reproducteur des individus (fécondité et survie des juvéniles)
- Information sur les processus écologiques et évolutifs se déroulant dans les populations.

Suivi des populations de poissons migrateurs

Importance du suivi des petites populations pour la conservation

- Rôles importants pour
 - la connectivité entre grandes populations
 - la continuité de l'aire de distribution
- Risque extirpation exacerbé
- Mais moyens limités pour leur suivi



Le saumon Atlantique (*Salmo salar*)

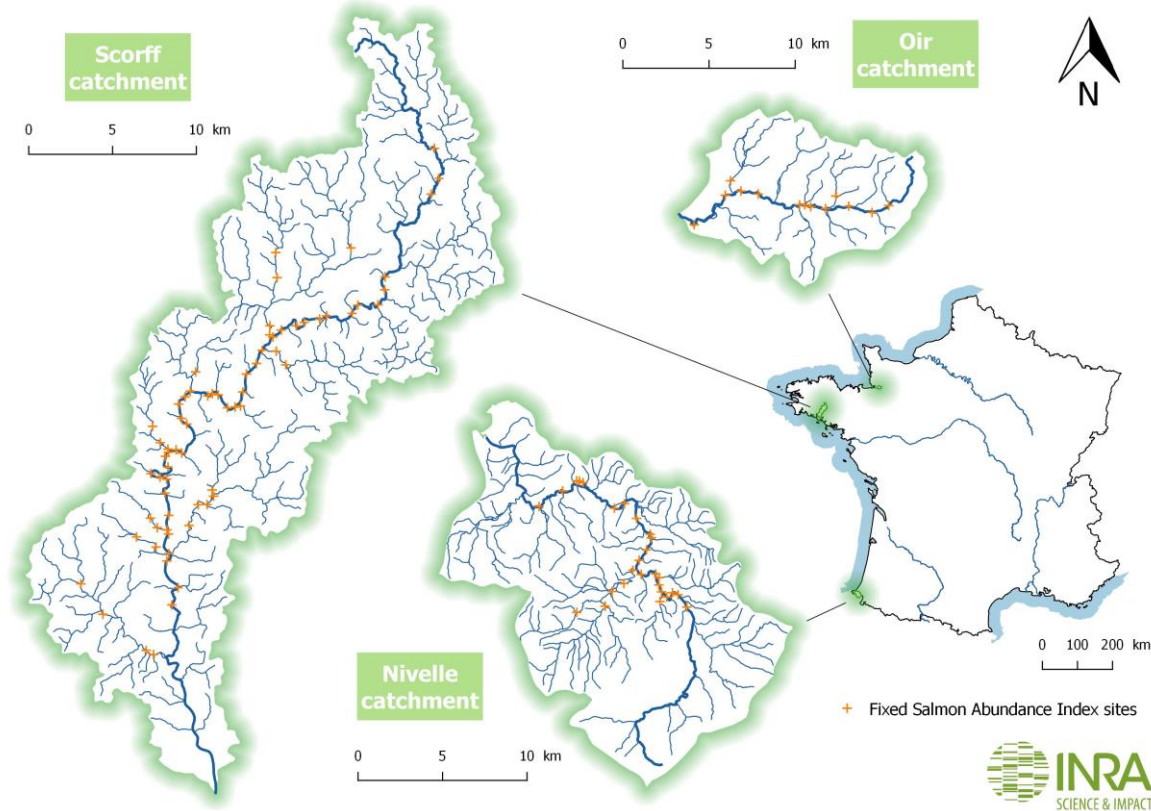
- Espèce en déclin depuis les années 1970
- Suivi : évaluation du statut de conservation et des pratiques de gestion
- Utilisation des outils de la génétique des populations pour le suivi ?

Objectifs du projet :

Estimation du nombre de reproducteurs efficaces comme outils de suivi?

- **Evaluer** les conditions d'application et émettre des **recommandations**
 - Echantillonnage de juvéniles par pêche à l'électricité sont-elles adaptées?
 - Combien de juvéniles doivent être échantillonnés?
 - Effet des caractéristiques des populations (taille, configuration spatiale...)?
- **Comparer** l'information apportée par la taille efficace et différentes variables démographiques sur une population suivie sur le long terme.

Observatoire de recherche en environnement sur les poissons diadromes dans les fleuves côtiers (ORE DiaFC) : 3 sites de test



Marchand et al., *Biodiversity Data Journal*, 2017

Nivelle (10 années) :

- 2550 juvéniles 0+ IA
- 734 adultes
- 3028 juvéniles 0+ (Tentelier et al., *The Nature of Science & CJFAS*, 2016)

Scorff (3 années) :

- 1950 juvéniles 0+ IA

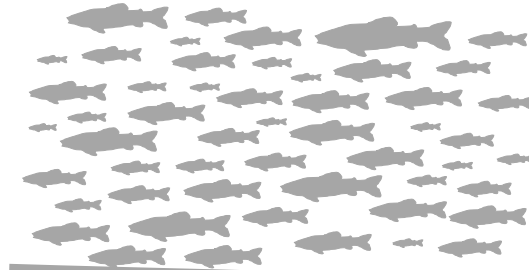
La Roche (1 année) :

- Montorio, Le cor, Nevoux Evanno, non publié
- 600 juvéniles 0+
 - 130 adultes

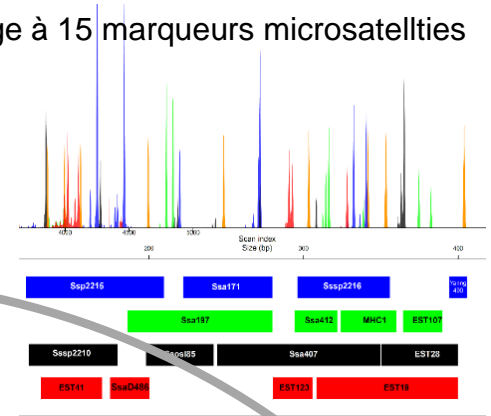
- Sites de pêche à l'électricité fixes, échantillonnage protocolé, échantillons disponibles
- Indices démographiques estimés, populations aux tailles et de configurations variées

Estimation de la taille efficace à partir de juveniles 0+

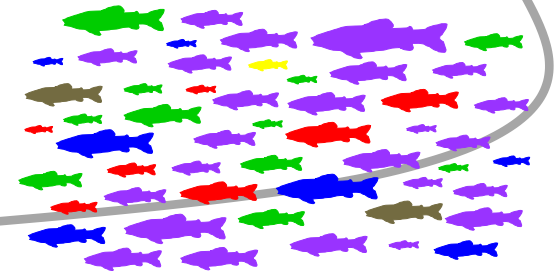
Pêche à l'électricité de juveniles 0+



Génotypage à 15 marqueurs microsatellites



Reconstruction génétique des fratries



Estimation de la taille efficace

$$\frac{1}{N_b} = \frac{1 + 3\alpha}{4} (Q_1 + Q_2 + 2Q_3) - \frac{\alpha}{2} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)$$

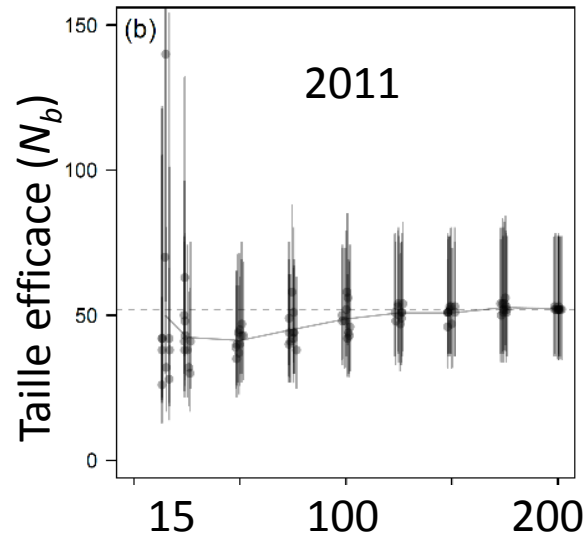
$$N_b = 7 \text{ (4-14)}$$

- Estimation réalisée avec le logiciel libre Colony (Wang, *Genetics*, 2004; Wang, *Genetics*, 2012)
- Ensemble de la **procédure détaillée dans le rapport de projet** (annexes techniques)

Faisabilité 1 : nombre de juvéniles 0+ nécessaires

Sous-échantillonnage d'un nombre croissant de juvéniles 0+ utilisés

Nivelle : exemple pour 3 années



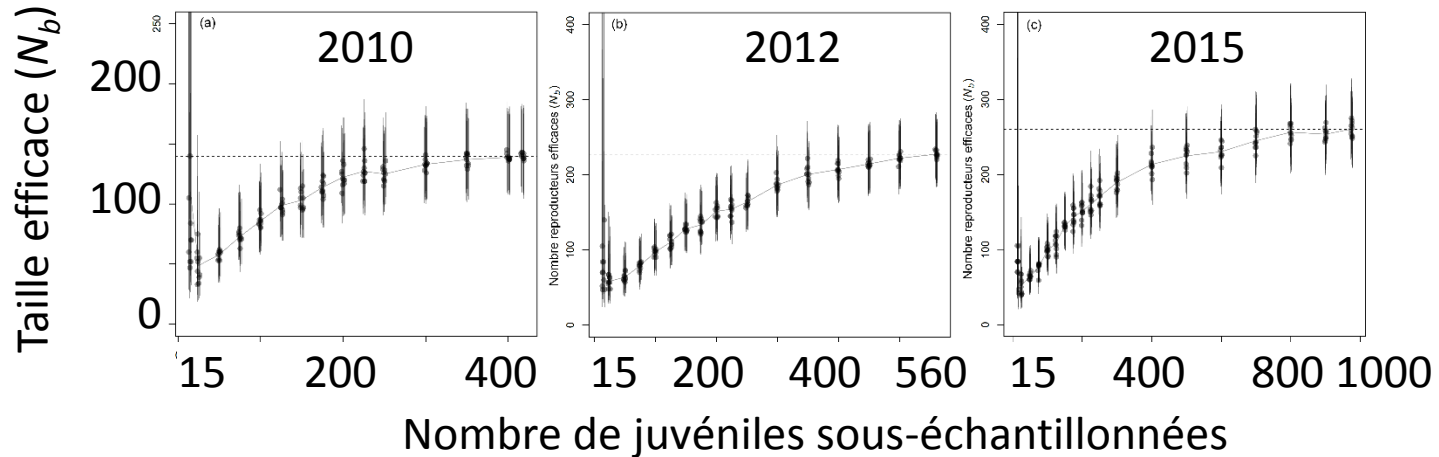
Nombre de juvéniles sous-échantillonnées

- **Au minimum $2 \times N_b$** (ou \sim nombre d'adultes anadromes (N_c)) juvéniles
- Réaliste dans une petite population telle que la Nivelle

Faisabilité 2 : étude d'une plus grande population

Scorff : exemple pour 3 années contrastées

Année	Nombre d'adultes anadromes estimé (N_a)	Nombre de juvéniles 0+ génotypés
2009-2010	376	417
2011-2012	603	560
2014-2015	868	975



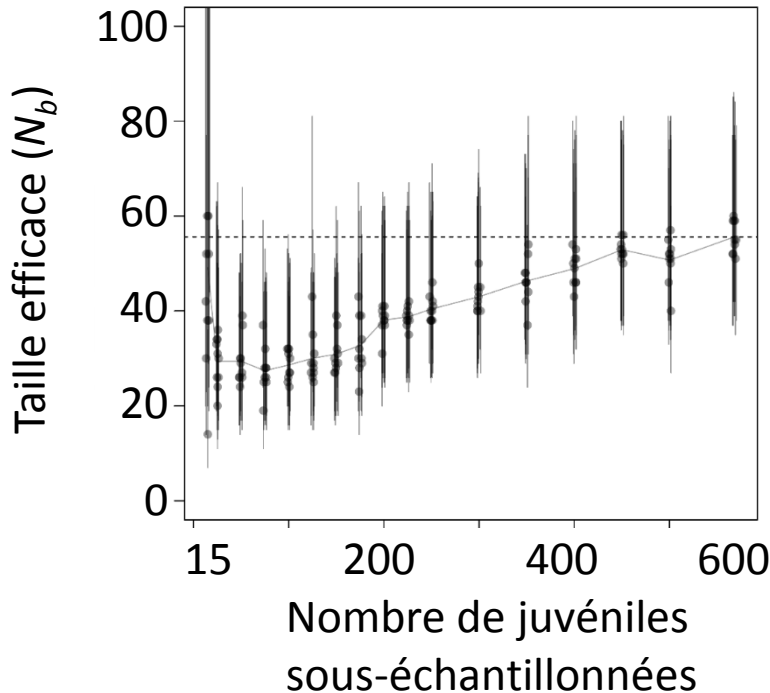
- La recommandation d'échantillonner N_c juvéniles tient
- Méthode **applicable pour des populations de taille petite à moyenne**

Faisabilité 3 : application à une portion de rivière

Le ruisseau de La Roche ($N_c \sim 100$) : affluent de 3 km de la rivière Oir dans la basin de la Sélune

0 5 10 km

Oir
catchme



- Pas de plateau même avec 600 juvéniles 0+
/!\ **Population ouverte**
➔ mouvements depuis l'Oir et vers l'extérieur :
 - de juvéniles depuis l'éclosion
 - d'adultes lors de la reproduction

➔ Structure de fratrie complexe ne permettant pas d'estimer la taille efficace du ruisseau

➔ **Limite** de la méthode : application difficile dans le **cas de population ouverte**

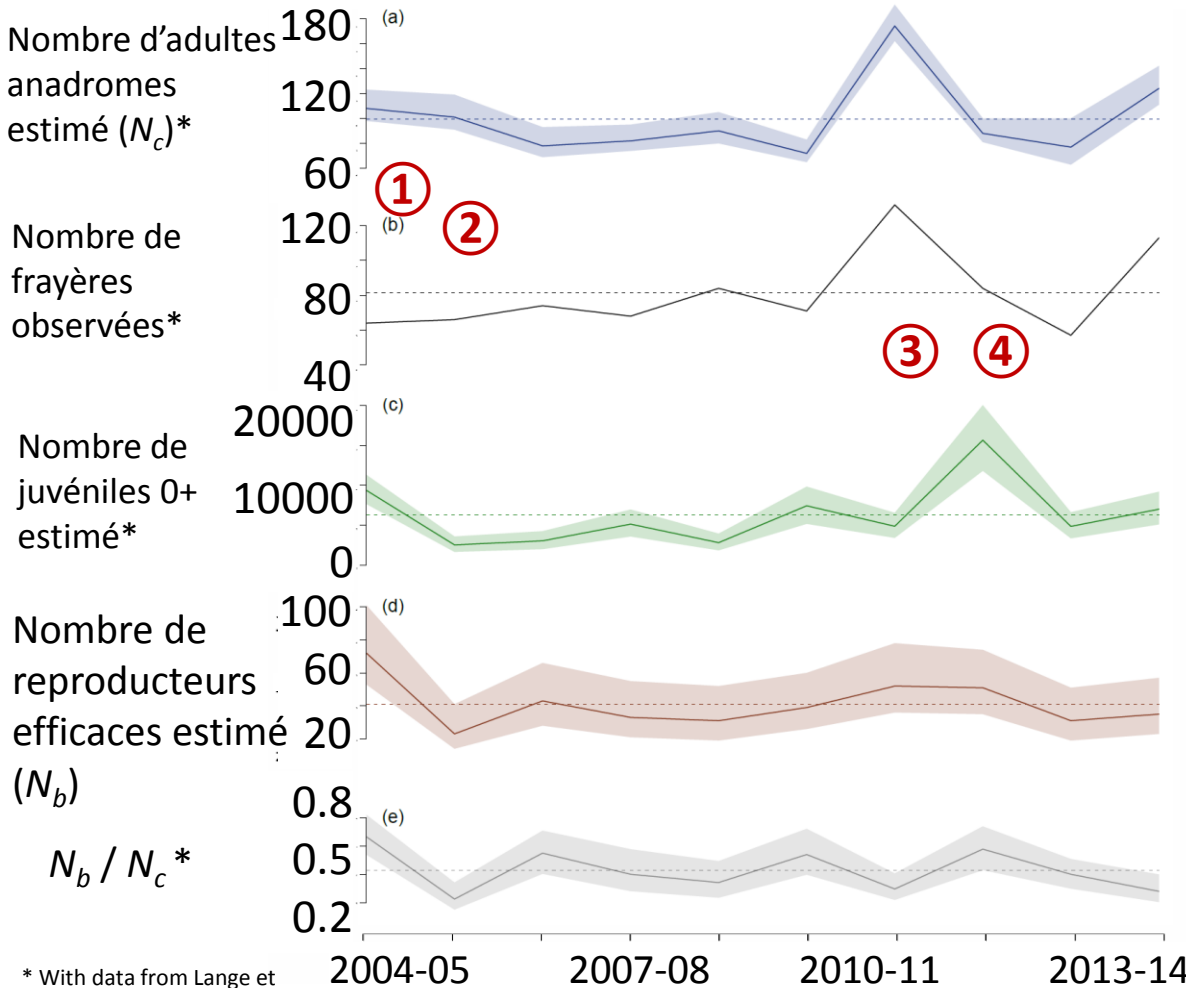
Quelle information apporte le nombre de reproducteurs efficaces?

Nivelle : 10 années de suivi

- N_c élevée \neq N_b élevé
- Grande variabilité de N_b/N_c
- Nombre de reproducteurs efficaces (N_b) : reproduction et survie juvénile

① ② : différences de survie juvéniles
 ③ ④ : effet des facteurs environnementaux pour la reproduction ou la survie juvénile

Les **facteurs environnementaux** (qualité de l'habitat pour la reproduction et la survie des juvéniles) mais **pas les facteurs démographiques** (nombre d'anadromes adultes) semblent être les facteurs **limitant** dans la population



* With data from Lange et al., unpublished, 2015; Lange et al., unpublished, 2017; Marchand et al., *Biodiversity Data Journal*, 2017

Saisons de reproduction dans la Nivelle

Que retenir ?

- Nombre de reproducteurs efficaces (N_b) : **paramètre intégratif**, sensible, pertinent pour caractériser les processus écologiques se déroulant à échelle temporelle fine (une saison de reproduction)
- Possible outil de suivi pour des **populations fermées de taille petite / moyenne**
 - > mais **très sensible au plan d'échantillonnage**
- Applicable possible à d'**autres espèces**
- Si échantillons disponibles : **suivi rétrospectif**
- Pour en savoir plus :
 - **Rapport final et annexes techniques**, disponible en ligne :
ProdINRA : <https://prodinra.inra.fr/record/473059>
 - Article scientifique paru dans *Journal of Fish Biology* en 2018
<https://doi.org/10.1111/jfb.13537>
 - contact : olivier.lepais@inra.fr ; @olepais

Avec le soutien financier de

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



Estimation du nombre de reproducteurs efficaces : un nouvel indicateur de l'état des populations.

Rapport final

incluant un **Guide méthodologique** d'échantillonnage ainsi qu'un **Protocole** d'analyse génétique à destination des utilisateurs

Olivier LEPAIS (INRA ECOBIOP, pôle AFB-INRA Gest'Aqua)

Décembre 2017

Document élaboré dans le cadre de :
la convention AFB-INRA 2016-2018.

En partenariat avec :

INRA U3E

INRA ESE

Remerciements

Cécile Bacles, Frédéric Lange, Aurélie Manicki, Colin Bouchard,
Cédric Tentelier (INRA-UPPA, UMR ECOBIOP)

Frédéric Marchand, Nicolas Jeannot (INRA, UE U3E)

Lucie Montorio, Marie Nevoux, Guillaume Evanno (INRA, UMR ESE)

Etienne Prévost (INRA, UMR Ecobiop)

Laurent Beaulaton (AFB, Pôle AFB-INRA Gest'Aqua)

Plateforme Genome Transcriptome de Bordeaux (INRA UMR BIOGECO)

Plateforme Gentyane de Clermont-Ferrand (INRA UMR GDEC)

Mésocentre de Calcul Intensif Aquitain

Avec le soutien financier de :

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



contact : olivier.lepais@inra.fr ; @olepais