



**HAL**  
open science

# Évaluation des effets des stratégies de dispersion sur la résilience et la persistance d'une métapopulation de saumon Atlantique (*Salmo salar*)

Mathieu Buoro, Amaia Lamarins

► **To cite this version:**

Mathieu Buoro, Amaia Lamarins. Évaluation des effets des stratégies de dispersion sur la résilience et la persistance d'une métapopulation de saumon Atlantique (*Salmo salar*). [0] Fiche synthèse, OFB; INRAE; UPPA; Agrocampus Ouest. 2019, 5 p. hal-03119944

**HAL Id: hal-03119944**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03119944>**

Submitted on 25 Jan 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Évaluation des effets des stratégies de dispersion sur la résilience et la persistance d'une métapopulation de saumon Atlantique (*Salmo salar*)

2019

Mathieu BUORO (INRAE, UMR Ecobiop, Pôle MIAME)  
Amaïa LAMARINS (INRAE, UMR Ecobiop, Pôle MIAME)

## Chapeau

Il existe une forte demande d'évaluer les conséquences des changements climatiques sur la conservation et l'exploitation des espèces de salmonidés. Cette question est particulièrement pressante pour les populations situées à la limite sud de leur aire de répartition, comme le saumon atlantique (*Salmo salar*) en France. Pour cela il est vital de mieux comprendre les processus écologiques et évolutifs à l'oeuvre qui favorise la stabilité, la résilience et l'adaptation des populations face aux pressions qu'elles subissent. Dans ce projet nous explorons le rôle d'un de ces processus, la dispersion (i.e. migration vers une autre population en vue de la reproduction), sur le fonctionnement des populations de saumon atlantique, du gène à un ensemble de populations interconnectées (métapopulation).

## Introduction

La structure génétique des populations françaises de saumons révèle des flux relativement importants entre des populations voisines et localisées dans des zones géographiques aux caractéristiques proches. Il est en effet fréquent que des individus d'une population donnée dispersent spatialement pour se reproduire dans d'autres populations. Un ensemble de populations interconnectées forme ce que l'on appelle une métapopulation. On peut ainsi distinguer 5 métapopulations en France dont les plus importantes sont actuellement en Bretagne et dans le bassin de l'Adour.

Dans la perspective d'une préservation des populations de

saumons face au changement global, il est vital de mieux comprendre le rôle de la connectivité entre populations via la dispersion. Le fonctionnement en métapopulation et ses conséquences démographiques et génétiques sur les populations aussi bien que pour leur gestion sont encore peu ou pas explorés.

Ce projet a pour objectif le développement d'un simulateur de populations de saumon Atlantique dans un cadre métapopulationnel. Il doit simuler des échanges d'individus entre populations, permettant d'évaluer des scénarios de dispersion entre populations, de changement environnementaux et d'exploitation par la pêche.

L'enjeu étant de démontrer l'importance de la dispersion sur le fonctionnement des populations et leur gestion. Nous évaluons alors le fonctionnement en métapopulation en fonction des flux migratoires et des caractéristiques des populations introduites dans le simulateur. Puis, nous évaluons les conséquences démographiques, phénotypiques (i.e. Taille, poids,...) et génétiques (i.e. Seuils génétique pour la maturation) de ces flux entre populations. Enfin, nous explorons comment un ensemble de populations diversifiées et interconnectées favorisent la stabilité des populations.

# Le simulateur

L'identification de la structure et du fonctionnement en métapopulation dans les populations naturelles de saumon reste un défi. Elle requiert de connaître le flux d'individus entre les populations et donc l'origine spatiale des adultes anadromes lors de leur retour en rivière. Ces informations n'étant pas disponibles à l'heure actuelle, nous avons opté pour des expérimentations virtuelles.

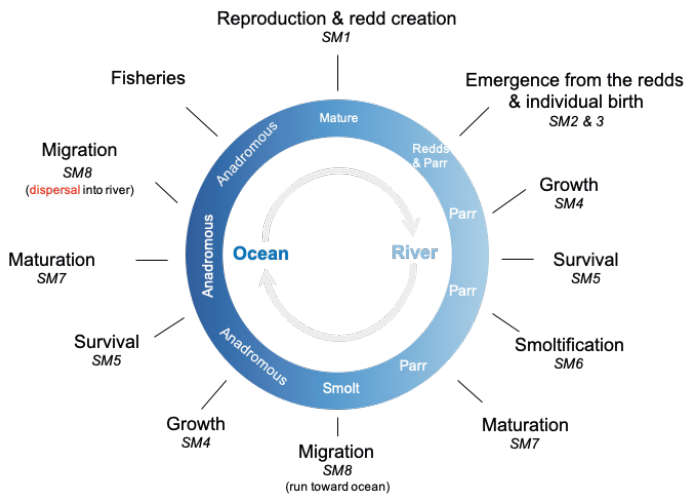


Figure 1 : Représentation schématique du modèle

IBASAM intégrant différents modules (par ex.

croissance, ...) correspondant aux différentes étapes du cycle biologique de l'espèce. MetaIBASAM incorpore un processus de dispersion (en rouge) dans le module de

Les expériences virtuelles sont un outil puissant et le seul moyen de simuler le fonctionnement d'un système biologique complexe, de projeter à long terme les impacts des perturbations environnementales et de fournir ensuite une aide précieuse à la décision sans affecter les organismes vulnérables tel que le saumon. Il permet d'explorer divers scénarios (changement climatique et gestion des pêches), y compris ceux qui n'ont pas été observés dans le passé (comme les scénarios de CC), ou qui sont difficile à évaluer dans la nature.

L'outil de simulation numérique a ainsi été utilisé pour conduire des expérimentations virtuelles combinant flux entre populations, changement climatique et exploitation par la pêche.

L'UMR INRAE-UPPA Ecobiop a développé, dans le cadre du pôle MIAME, un modèle de simulation informatique de population de sauvage de saumon atlantique dédié à l'étude des effets du changement climatique, dénommé IBASAM (Individual BAsed SALmon Model).

Ce modèle est dit individu-centré car chaque individu

d'une population est représenté explicitement et suivi au cours de sa vie depuis sa naissance jusqu'à sa mort, en incluant sa reproduction pour le passage de témoin entre les générations. Il intègre beaucoup de connaissances disponibles, ainsi que des hypothèses, sur la biologie et l'écologie de cette espèce.

IBASAM permet d'évaluer l'effet des facteurs de stress potentiels sur la démographie évolutive du saumon. Il comprend une structure démogénétique couplée à la représentation explicite de la variabilité individuelle et des cycles biologiques complexes. Dans ce projet, nous l'avons étendu dans un cadre métapopulationnel (MetaIBASAM) en ajoutant un sous-modèle de dispersion pour connecter plusieurs populations entre elles (figure 1).

## Les scénarios

Nous avons évalué plusieurs scénarios de dispersion correspondant à des taux de philopatrie (i.e. retour dans leur rivière natale aussi appelé « homing ») de 100% (i.e. pas de dispersion, populations indépendantes) à 0% (pas de homing). Autrement dit, de 100% à 0% des adultes anadromes tendent à retourner dans leur rivière natale. Les autres individus (de 0 à 100% donc) dispersent alors vers les autres populations.

Le choix de la population de destination est fonction de la distance à la rivière natale et de l'aire de production de juvéniles disponible de la rivière d'accueil. Ainsi les adultes « dispersants » tendent à migrer vers des rivières proches de leur rivière natale et les rivières les plus importantes (i.e. débit plus important et effectifs de juvéniles plus importants).



Figure 2 : Carte des populations simulées inspirées des rivières bretonnes. Le type de chaque population a été défini en fonction du ratio Immigrants/Emigrants issu des populations voisines. Nous avons choisi de représenter 15 populations de saumons qui constituent la métapopulation de Bretagne (Figure 2). Il est important de noter que

notre simulateur ne prétend pas représenter fidèlement les populations en question, mais plutôt de s'inspirer de celles-ci et des informations disponibles pour nos simulations.

Pour chaque scénario de dispersion, nous avons simulé la dynamique des populations sur 50 ans en conservant des conditions environnementales (régimes hydrauliques et thermiques) similaires entre rivières. Nous avons évalué la stabilité de la métapopulation via l'effet portfolio (PE). Un  $PE > 1$  indique que la métapopulation est plus stable qu'attendue, alors que si  $PE=1$  la métapopulation se comporte comme une unique population. PE peut être  $<1$  si le fonctionnement en métapopulation exacerbe la variabilité. Cela peut se produire lorsqu'il existe une forte synchronie entre les dynamiques des populations.

## Les résultats

En simulant la dispersion de saumons entre populations, sous différents scénarios de homing, nos analyses montrent un fonctionnement en métapopulation de type source-puits. Des populations reçoivent plus d'immigrants venant de populations "sources" qu'elles n'en donnent (puits). La contribution des dispersants aux populations locales peut être très importante pour certaines populations (par exemple  $> 30\%$  avec un taux de philopatrie de  $80\%$ ).

À l'échelle régionale, nos analyses révèlent que la stabilité de la métapopulation est optimale pour des valeurs de dispersion de  $10$  à  $20\%$  c'est-à-dire des taux de  $90\%$  à  $80\%$  de homing (Figure 3). La dispersion permet le « sauvetage » démographique des petites populations, c'est-à-dire le maintien des

effectifs grâce à l'apport des migrants d'autres populations.

En revanche, au-delà de  $30\%$  la dispersion semble affecter la stabilité de la métapopulation. Pour des taux supérieurs à  $50\%$ , l'effet portfolio se rapproche de  $1$  ce qui signifie que les populations se comportent comme une seule et unique population.

En effet, la dispersion d'individus entre populations tend à synchroniser les populations ce qui réduit l'effet de sauvetage démographique lié à la dispersion et les rend plus sensible à des événements catastrophiques.

À l'échelle populationnelle, nos résultats confirment que la dispersion est vitale pour le fonctionnement et le maintien des petites populations. Une forte dispersion tend en revanche à affecter les populations « donneuses » (sources).

Nos résultats mettent également en évidence des conséquences de la dispersion sur la diversité phénotypique et génétique. La taille des juvéniles (tacons et smolts) diminue avec la dispersion pour les populations dites « puits » (receveuses) alors qu'elle augmente pour les populations « sources » (donneuses) (Figure 4). Cela a pour conséquence une augmentation de la proportion des anadromes de plusieurs hiver en mer dans les populations puits, puisque ces derniers doivent passer plus de temps en mer pour franchir le seuil (génétique) de maturation.

Nous observons également une diminution du succès reproducteur des tacons qui mûrent précocement dans les populations puits, induisant des changements génétiques avec l'augmentation du seuil de maturation précoce (Figure 4). Cela s'explique par une diminution de la taille des tacons associée à un renforcement de la

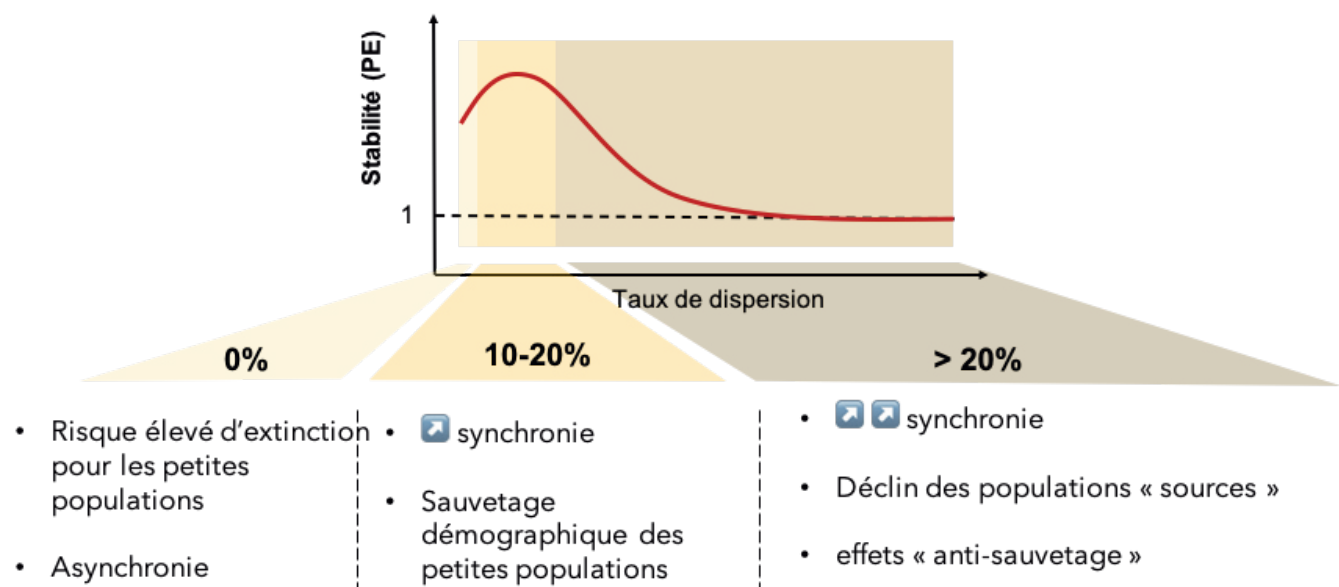


Figure 3 : Simulation de la stabilité de la métapopulation (mesuré via l'effet portfolio PE) pour différents taux de

compétition sexuelle avec les anadromes (en augmentation avec la dispersion). De manière générale, nos résultats montrent que les changements phénotypiques et génétiques observés ici sont le résultat d'effet de densité-dépendance induite par le renforcement de la compétition intra-spécifique (Figure 4).

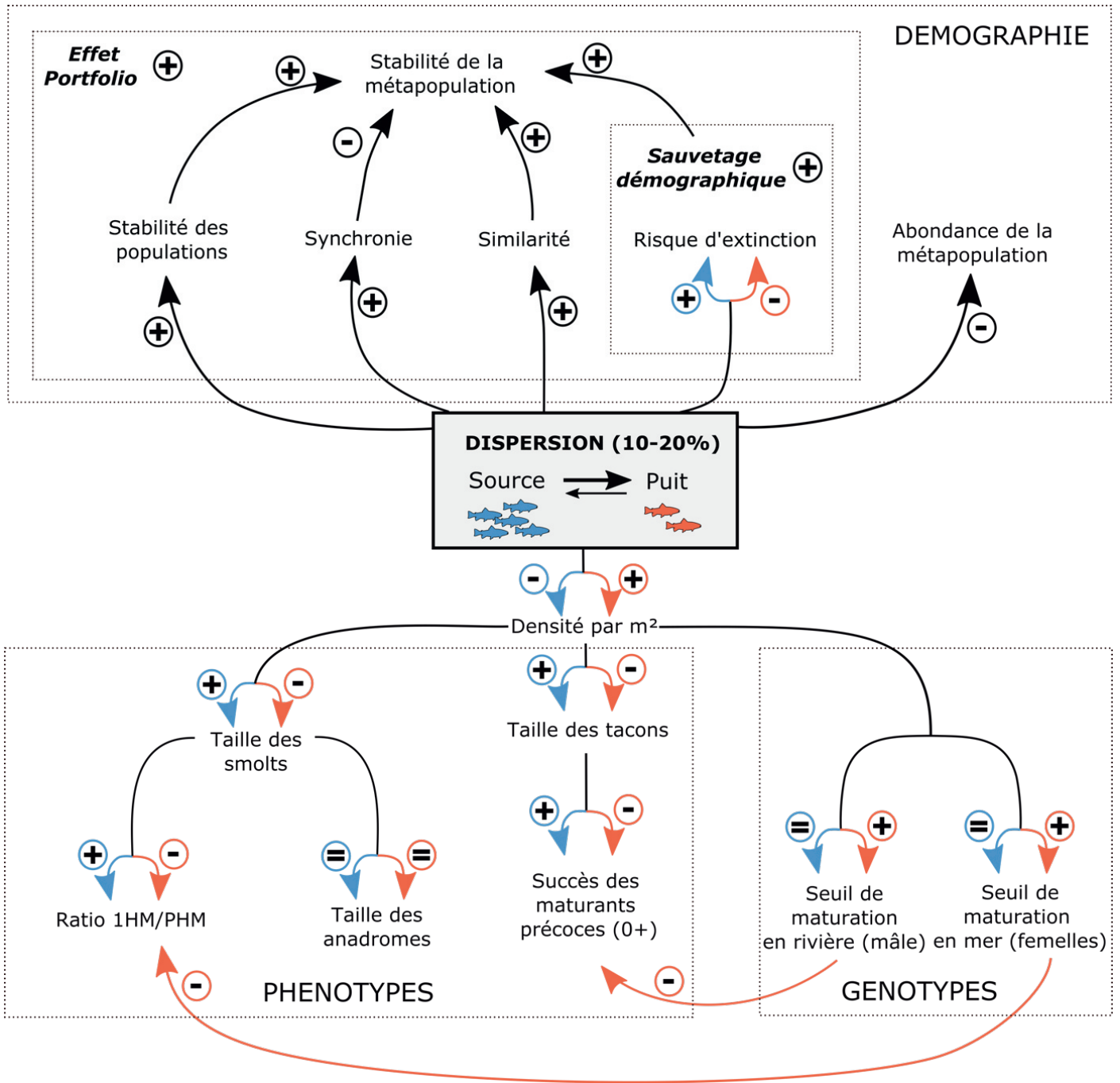


Figure 4 : Synthèse des conséquences démographiques, phénotypiques et génétiques de la dispersion (taux de dispersion de 10-20%) entre populations de saumon atlantique. On distingue deux types de populations : les populations dites « puits » (en rouge) qui reçoivent plus d'individus qu'elles en émettent, et les populations « sources » (en bleu) qui émettent plus d'individus qu'elles en reçoivent. 1HM : 1 Hiver de mer / PHM : Plusieurs Hivers de Mer.

## Conclusion opérationnelle

Notre étude montre que si les populations de saumons sont interconnectées par des échanges d'individus, alors les populations ne peuvent être considérées comme des entités isolées mais que leur dynamique et leurs caractéristiques phénotypiques et génétiques dépendent également de celles de la métapopulation. Elle met clairement en évidence l'importance de la dispersion pour favoriser le maintien des petites populations via le sauvetage démographique, et la stabilité de la métapopulation dans son ensemble via l'effet portfolio.

Elle démontre l'importance de mieux considérer la structuration spatiale dans la gestion des populations de poissons migrateurs, et le potentiel de définir des mesures de gestion en fonction de la structuration en métapopulation. Pour cela, il est nécessaire de réaliser une étude empirique de grande ampleur qui permette un suivi des flux migratoires contemporains entre populations et d'identifier la structure en métapopulation (i.e. comment les populations sont inter-connectées ? quelles sont les populations sources et puits ?) afin de mettre en place un plan de gestion qui puisse tenir compte du fonctionnement en métapopulation. Il est également nécessaire de pouvoir identifier l'origine spatiale des individus pour mieux déterminer la part d'immigrants dans les populations et leurs caractéristiques phénotypiques et génétiques.

## En savoir plus

**Buoro & Lamarins 2020. Évaluation des effets des stratégies de dispersion sur la résilience et la persistance d'une métapopulation de saumon Atlantique (*Salmo salar*). Rapport final. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03083949>**

## Valorisation

Ce projet a été en partie réalisé dans le cadre du stage de Master 2 de Amaïa Lamarins (rapport disponible en anglais) : <https://hal.inrae.fr/hal-02788029>

Le modèle est disponible sur une plateforme ouverte : <https://github.com/Ibasam/MetaIBASAM>.

Les premiers résultats de ces travaux ont été présentés à la journée technique de Bretagne Grand Migrateur (Pont-Scorff, 8 Octobre 2019 ; <https://hal.inrae.fr/hal-02453935>), et lors d'une conférence internationale (NoWPaS 2020, Laugarvatn, Iceland; <https://hal.inrae.fr/hal-02771781>).

## Les équipes impliquées

**UMR ECOBIOP, INRAE/UPPA, St Pée s/ Nivelle, France.**

**Carlson Lab, Université de Californie, Berkeley.**

**Contact :**  
**Mathieu Buoro, [mathieu.buoro@inrae.fr](mailto:mathieu.buoro@inrae.fr)**

## Remerciements

**Cyril Piou, CIRAD, Montpellier**  
**Stephanie Carlson, Université de Californie, Berkeley, USA**

## Soutiens financiers

**Projet financé par la convention de coopération OFB-INRAE-UPPA-Agrocampus Ouest**