

## Analyse de forme en 3D des otolithes pour mieux délimiter les stocks du rouget barbet de vase en utilisant l'asymétrie des côtés de l'oreille interne

Nicolas Andrialovanirina<sup>1,2</sup>, Émilie Poisson Caillault<sup>1</sup>, Sébastien Couette<sup>3</sup>, Rémi Laffont<sup>3,4</sup>, Lauriane Poloni<sup>3</sup>, Camille Lutet-Toti<sup>4,5</sup>, Kélig Mahé<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université du Littoral Côte d'Opale, UR 4491, LISIC, Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale, F-62100 Calais, France

<sup>2</sup> Ifremer, Laboratoire Ressources Halieutiques, 62321 Boulogne-sur-Mer, France

<sup>3</sup> Ecole Pratique des Hautes Etudes, PSL Université, 75014, Paris, France

<sup>4</sup> CNRS, Biogéosciences, UMR 6282, Université de Bourgogne, 21000 Dijon, France

<sup>5</sup> Alma Mater, Studiorum –Università di Bologna, 40126 Bologna, Italie

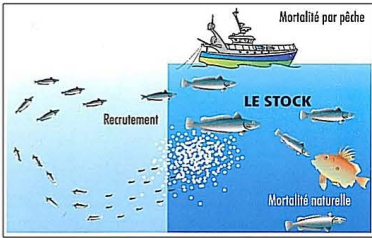


### Contexte

33 % des stocks de poissons surexploités

Besoin croissant en protéines > + 9 milliards d'habitants en 2050 (source : FAO)

### Gestion durable des ressources halieutiques



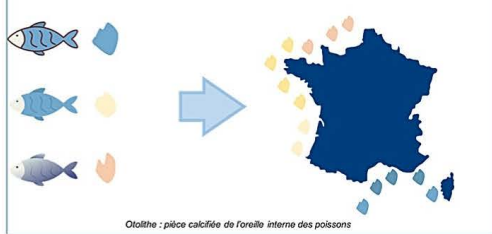
### Délimitation des unités de gestion (stocks)

### Méthodes utilisées [1,2]

### Forme de l'otolithe

Microchimie de l'otolithe, Marqueur génétique, Marqueur naturel (parasite...)

Forme externe de l'otolithe = Génétique + Environnement



### Problématique

- Forme de l'otolithe extraite des images 2D [3]
- Image 2D = 1 plan de projection d'un objet 3D
- Un biais potentiel peut exister en raison de la position de l'objet lors de l'acquisition en 2D.

### L'analyse en 3D de la forme de l'otolithe apporte-t-elle plus de précision et d'information à l'identification de stock ?

### Objectifs

- Tester le biais potentiel des différences de côté de l'oreille interne en comparant la forme de l'otolithe de l'oreille interne gauche et droite entre les approches 2D et 3D
- Comparer la variation morphologique des otolithes en fonction de la localisation (c.-à-d. les limites des unités de stock)

### Méthodologie



Rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*)

Poisson benthique d'intérêt commercial

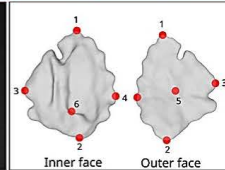


82 poissons : 29 mer Adriatique (18c), 30 mer Egée (22b), 23 bassin du Levant (27b)

### Projection 2D



### Projection 3D



### Acquisition : scanner otolithe en 2D



### Standardisation (ratio, couleur, rotation)



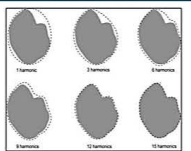
### Acquisition : Microtomographie à rayons X (Skyscan 1174)



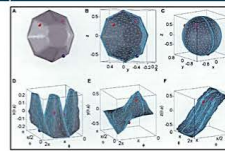
### Reconstruction : 3D à partir de plusieurs coupes virtuelles (NRecon)

### Segmentation : sélection des otolithes par seuillage (3DSlicer)

### Fourier 2D



### Fourier 3D



Utilisant les coordonnées x, y

Forme d'un objet 3D décrite par trois fonctions sphériques  $x(\theta, \phi)$ ,  $y(\theta, \phi)$  et  $z(\theta, \phi)$  [4]

### Modèle mixte

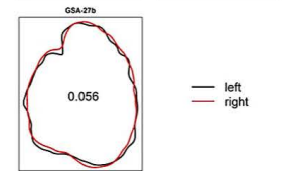
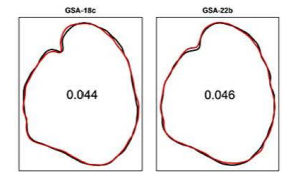
$$O \sim \alpha_0 + \alpha_1 SI + \alpha_2 GSA + \alpha_3 SI.GSA$$

O: Forme de l'otolithe  
SI: Côté de l'otolithe (oreille gauche ou droite)  
GSA: Localisation (geographical sub-areas)

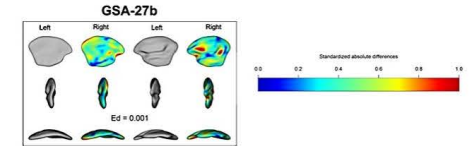
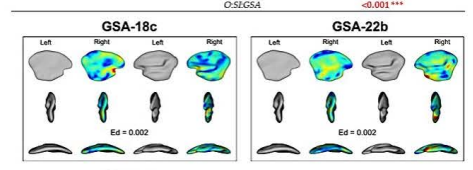
### Résultats

\*\*\* effet très significatif

Type of Data	Response Variable	Explanatory Variable	p-Values
2D	O	O	<0.001***
		O-SI	0.250
		O-GSA	<0.001***
		O-SI.GSA	0.087



Type of Data	Response Variable	Explanatory Variable	p-Values
3D	O	O	0.134
		O-SI	<0.001***
		O-GSA	<0.001***
		O-SI.GSA	<0.001***



### Conclusion

- 3D montre une différence significative entre les otolithes gauche et droit des mêmes individus
- La Méditerranée Est (27b) se distingue du reste (18c et 22b) par la forme de l'otolithe en 2D et en 3D
- 3D plus précis que le 2D, montre des différences non observables en 2D
- Une étude à plus large échelle géographique est en cours de réalisation

### Références

[1] Cadrin, S.; Kerr, L.; Mariani, S. Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science, 2nd ed.; Elsevier Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2014; ISBN 978-0-12-397258-3  
[2] ICES. Stock Identification Methods Working Group (SIMWG). ICES Sci. Rep. 2022, 4, 66. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.20937001>  
[3] Bird, J.L.; Eppler, D.T.; Checkley, D.M., Jr. Comparisons of Herring Otoliths Using Fourier Series Shape Analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1986, 43, 1228-1234. <https://doi.org/10.1139/f86-152>  
[4] Shen, L.; Farid, H.; McPeck, M.A. Modeling Three-Dimensional Morphological Structures Using Spherical Harmonics. Evolution 2009, 63, 1003-1016. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00557.x>

Article référence : <https://doi.org/10.3390/sym15051067>

### Financiers