Variations de la distribution du recrutement de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) : influence de conditions océaniques ?

16/06/26 – JST Pôle MIAME, Rennes

Mathilde BÉNÉZECH[1], Hilaire DROUINEAU[2,3], Laurent BEAULATON[3,4]

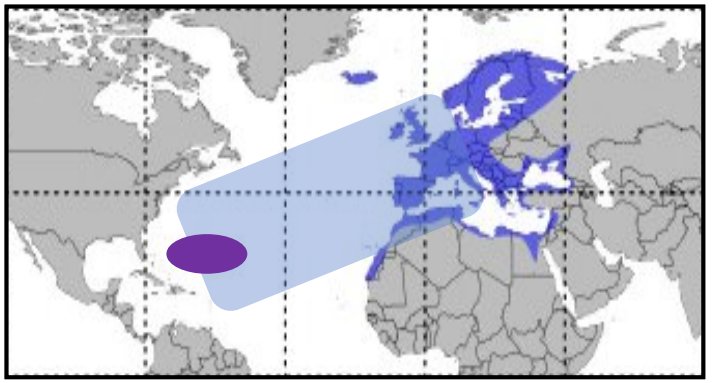
[1] UMR ECOBIOP, INRAE, Saint-Pée-sur-Nivelle
[2] UR EABX, INRAE, Cestas
[3] Pôle OFB-INRAE-Institut Agro-UPPA - Pôle MIAME
[4] Service Conservation et Gestion Durable des Espèces Exploitées, OFB, Rennes

Financements de thèse : Région Nouvelle-Aquitaine et Pôle MIAME

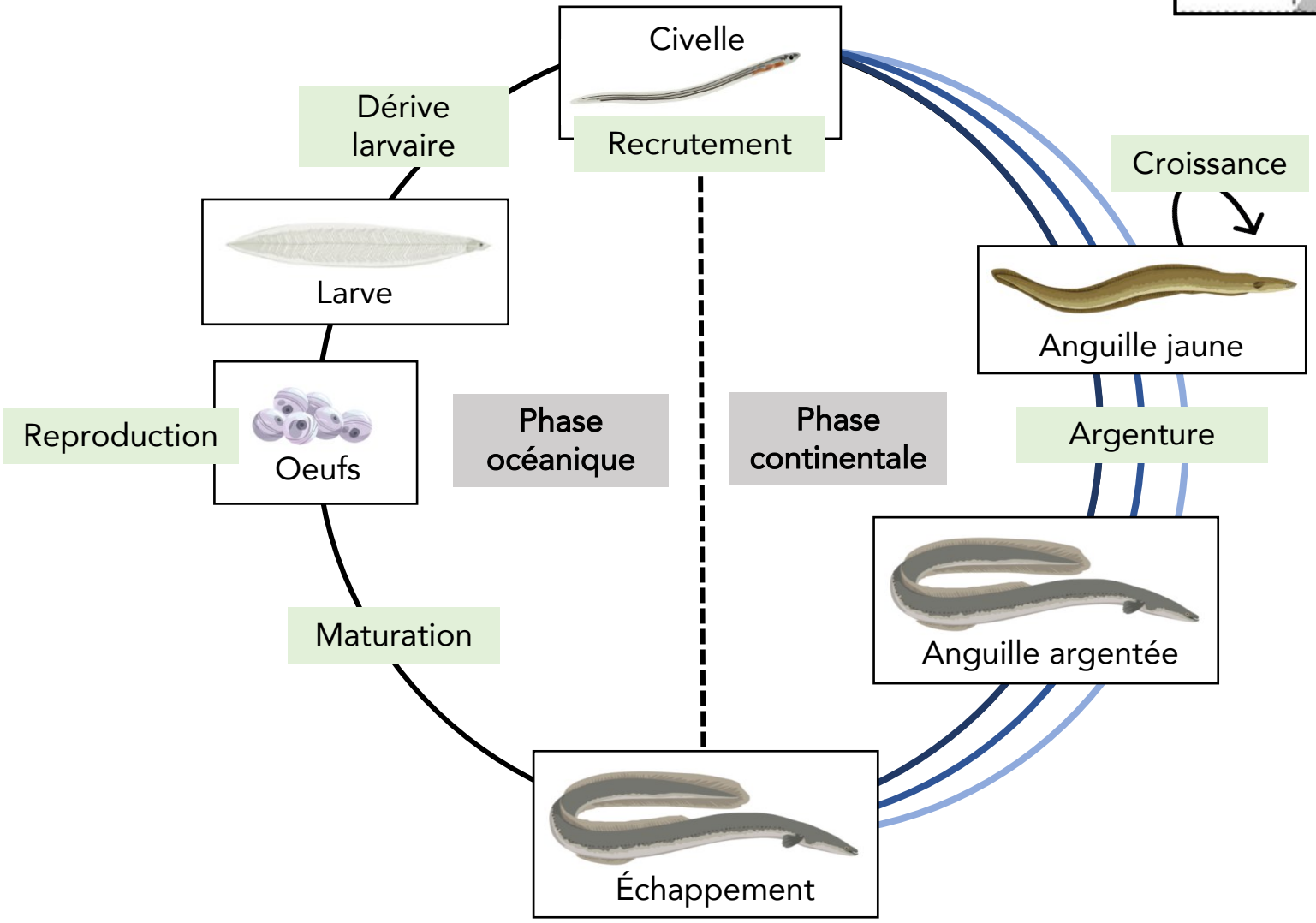
Introduction

➢ Cycle de vie

- Catadrome (Tesch, 2003)
- Panmixie (Als et al., 2011)
- Large aire de distribution continentale (Tesch, 2003)



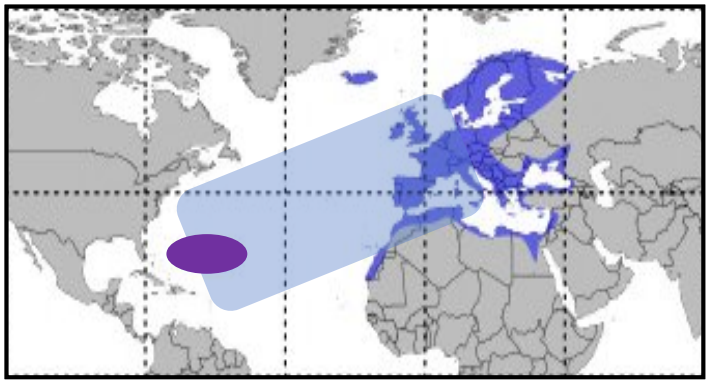
(Drouineau et al., 2018; Miller et al., 2015; Tesch, 2003)



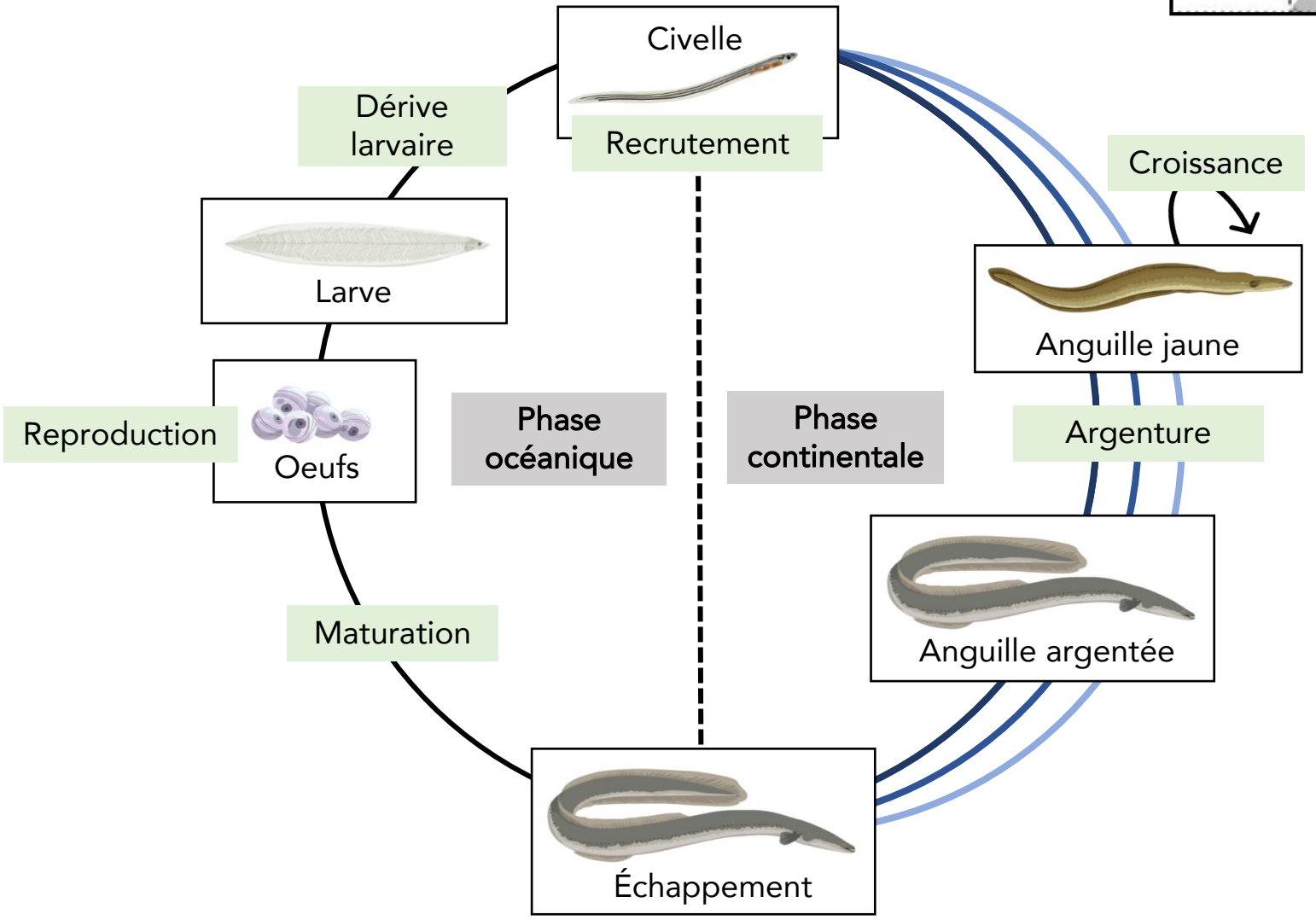
Introduction

➢ Cycle de vie

- Catadrome (Tesch, 2003)
- Panmixie (Als et al., 2011)
- Large aire de distribution continentale (Tesch, 2003)



(Drouineau et al., 2018; Miller et al., 2015; Tesch, 2003)

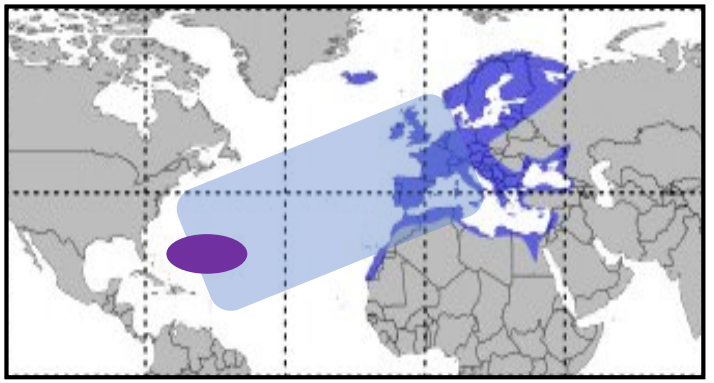


(Drouineau et al., 2018)

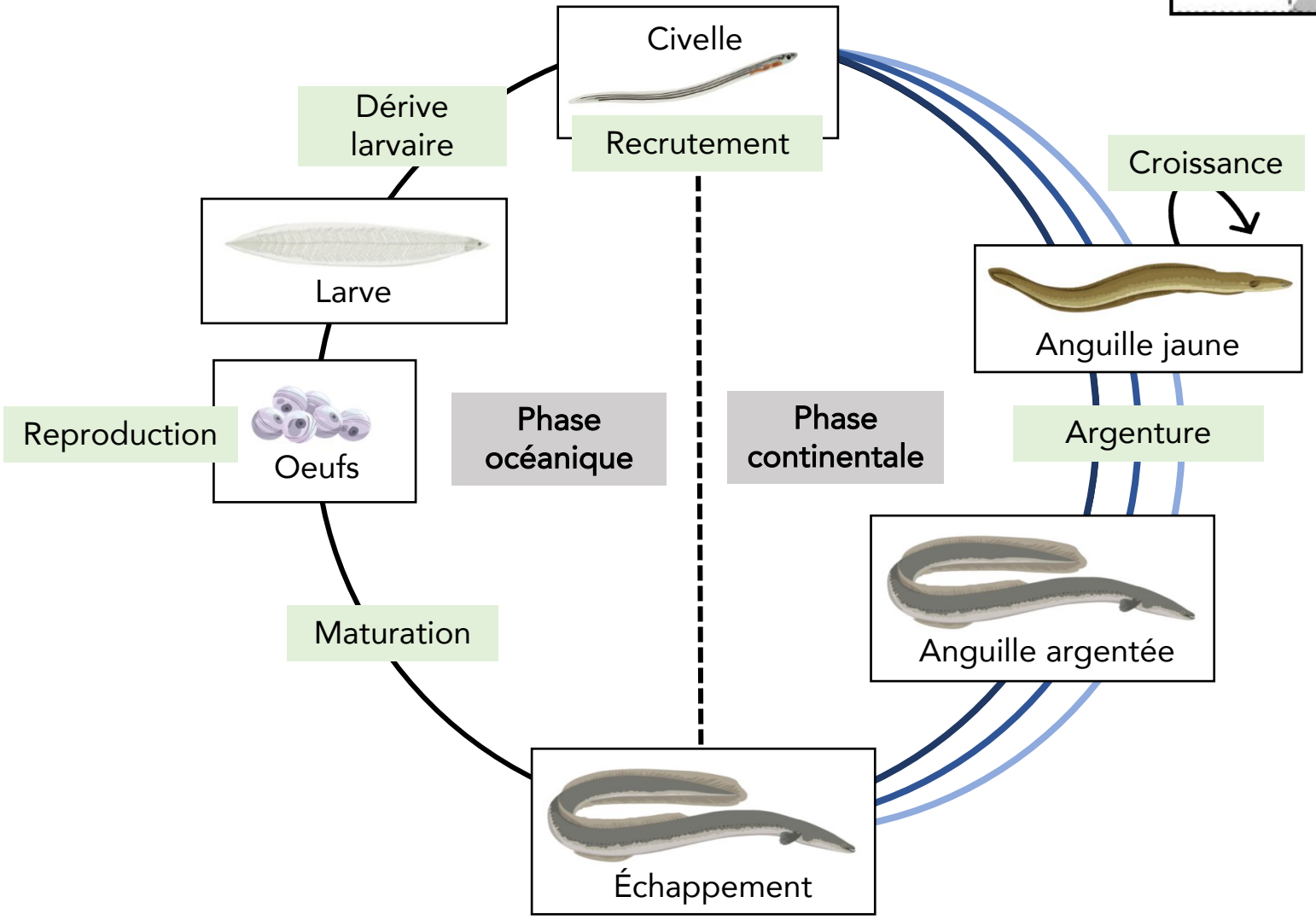
Introduction

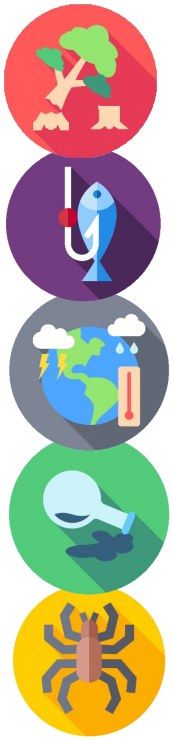
➢ Cycle de vie

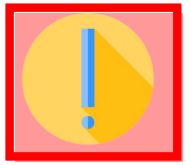
- Catadrome (Tesch, 2003)
- Panmixie (Als et al., 2011)
- Large aire de distribution continentale (Tesch, 2003)



(Drouineau et al., 2018; Miller et al., 2015; Tesch, 2003)





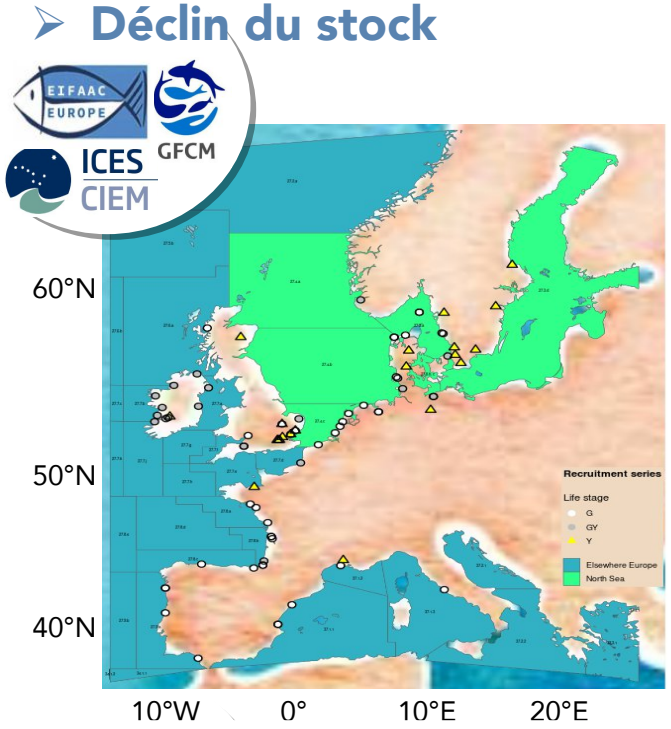


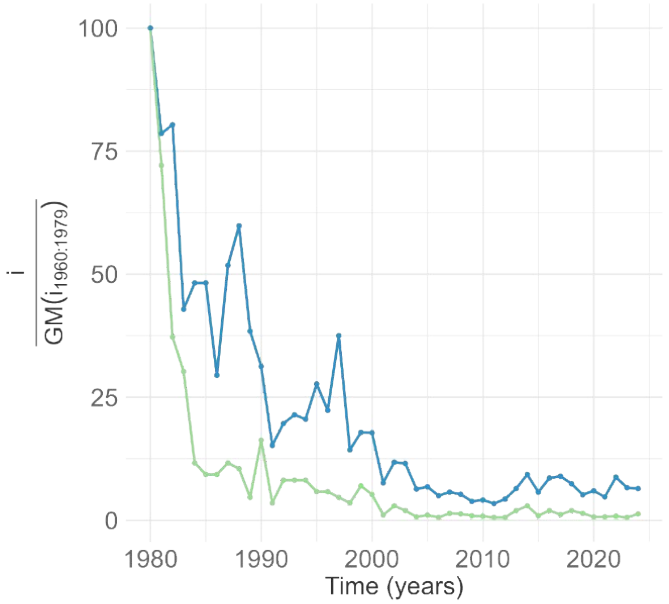
(ICES, 2024)

(Drouineau et al., 2018)

Introduction

➢ Déclin du stock

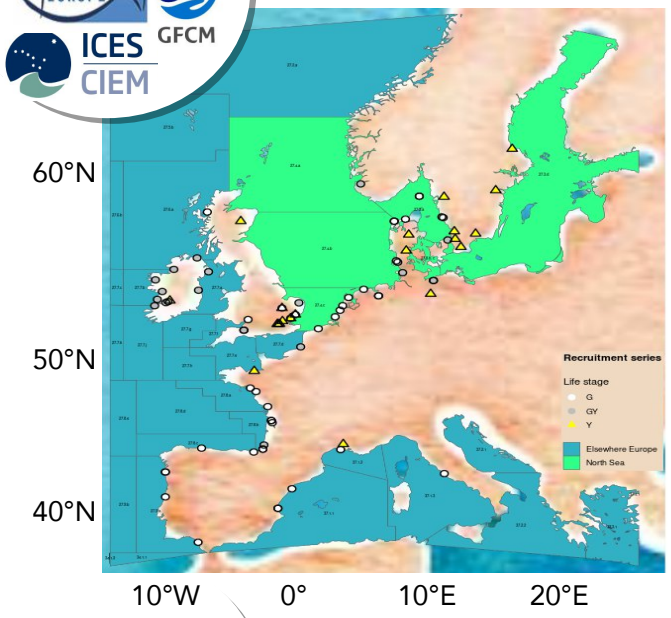


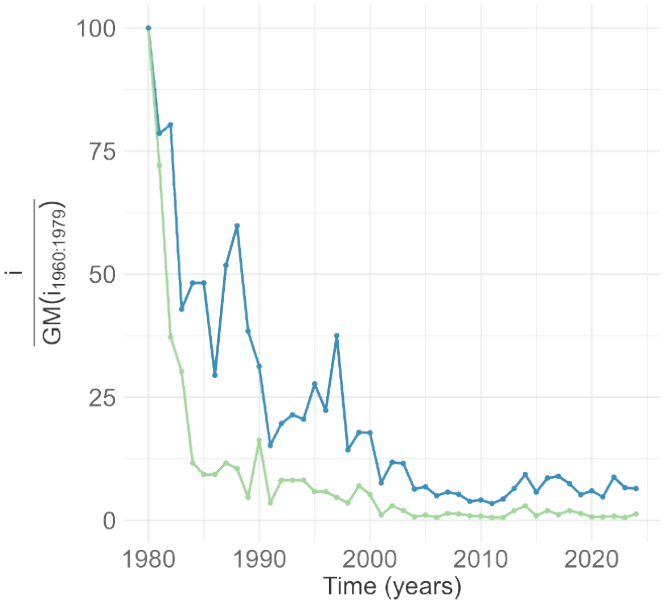


- Working Group on Eels
- A l'échelle de l'intégralité de l'aire de distribution
- Indices de recrutement (ICES, 2024)

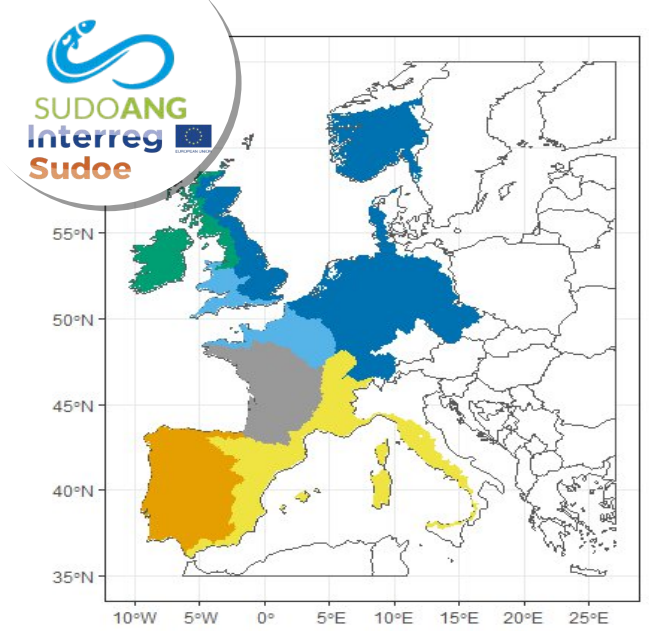
Introduction

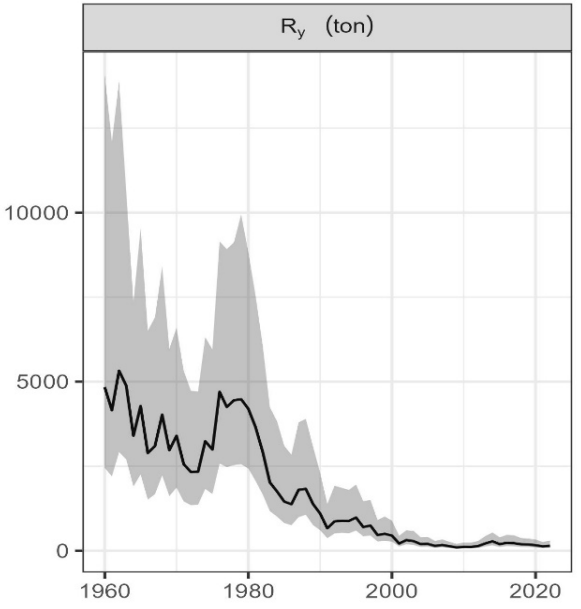
➢ Déclin du stock





- Working Group on Eels
- A l'échelle de l'intégralité de l'aire de distribution
- Indices de recrutement (ICES, 2024)

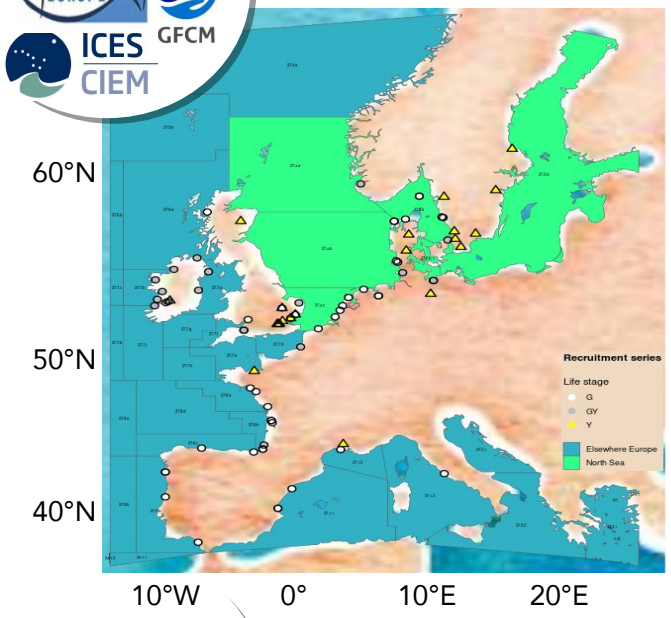


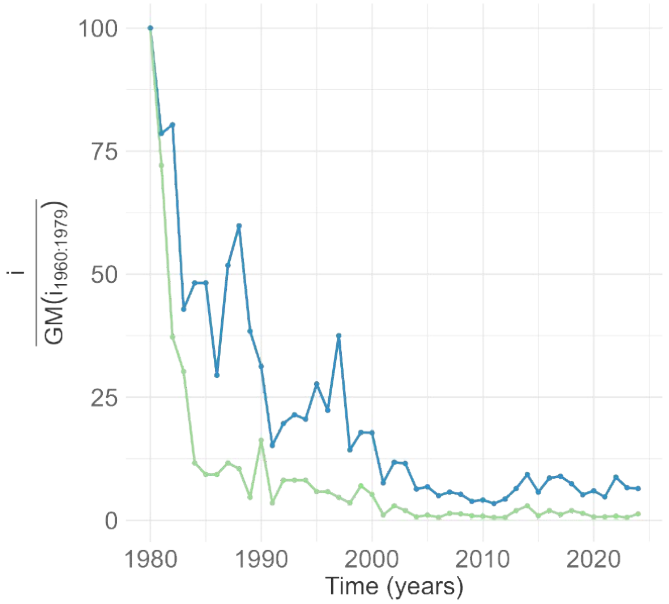


- Glass Eel Recruitment Estimation Model (GEREM) (Bornarel et al., 2018; Drouineau et al., 2016)
- Recrutement absolu

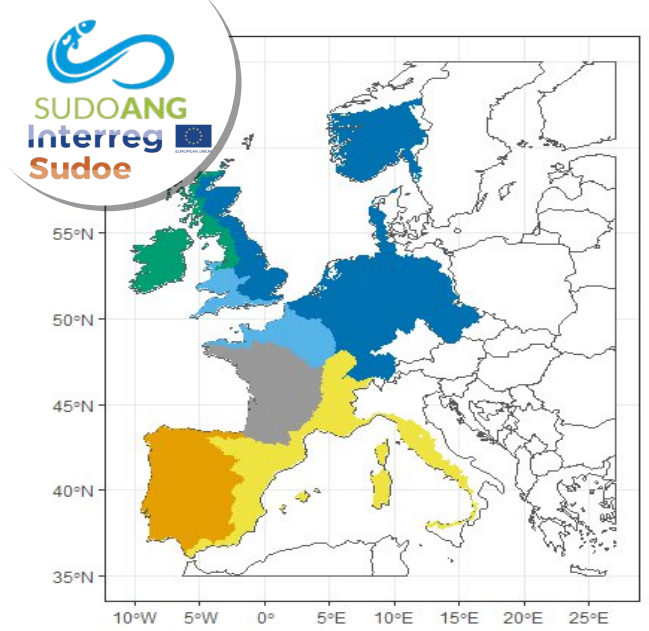
Introduction

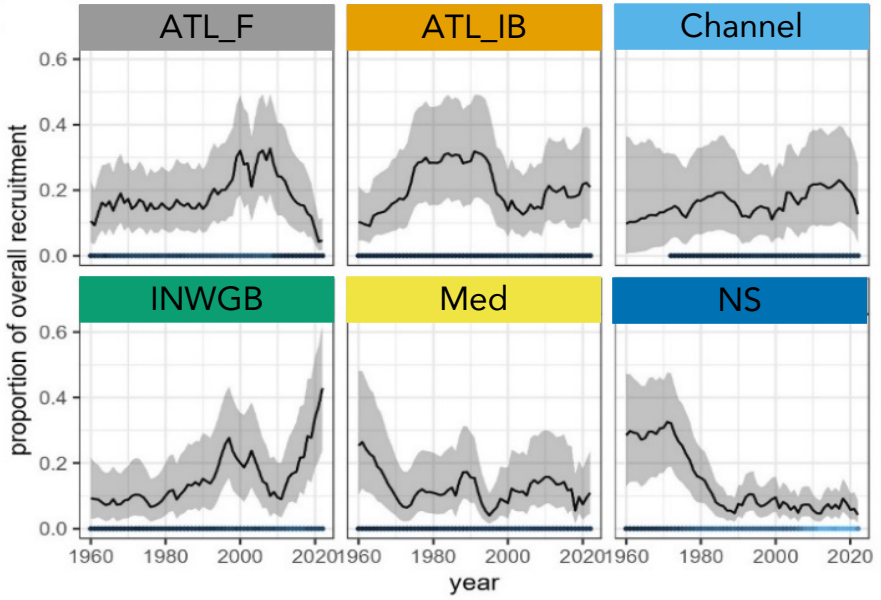
➢ Déclin du stock





- Working Group on Eels
- A l'échelle de l'intégralité de l'aire de distribution
- Indices de recrutement (ICES, 2024)



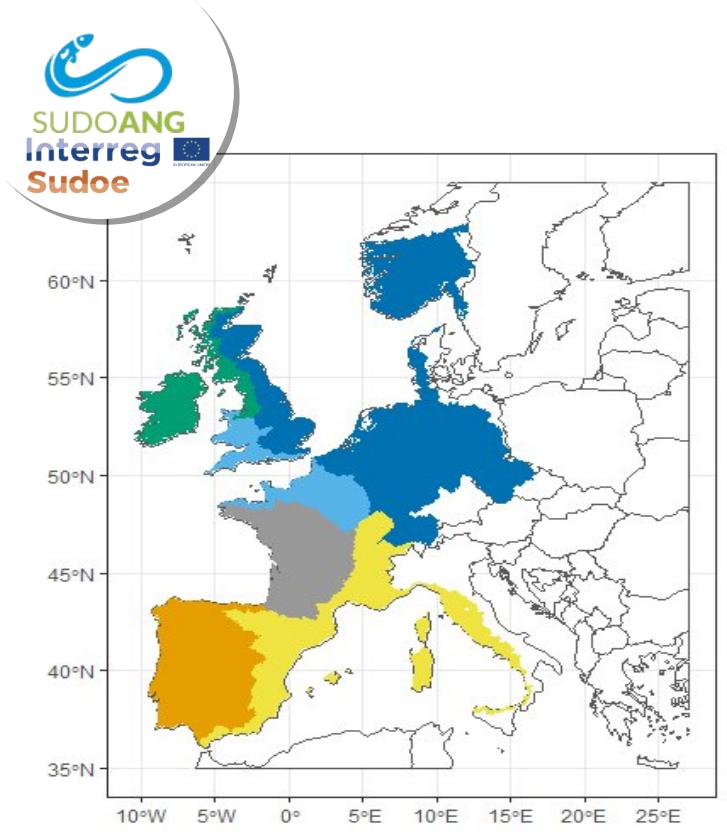


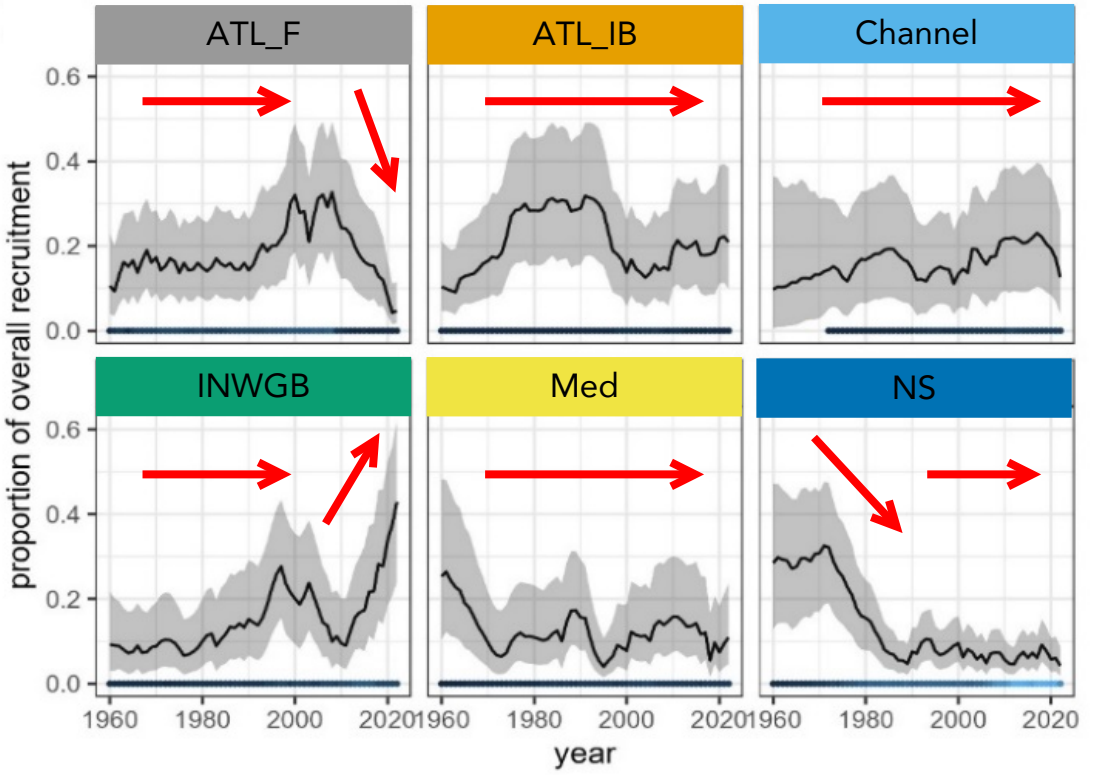
- Glass Eel Recruitment Estimation Model (GEREM) (Bornarel et al., 2018; Drouineau et al., 2016)
- Proportions régionales de recrutement

Introduction

➢ Variations récentes dans la distribution du recrutement ?

(Bornarel et al., 2018; Drouineau et al., 2016)

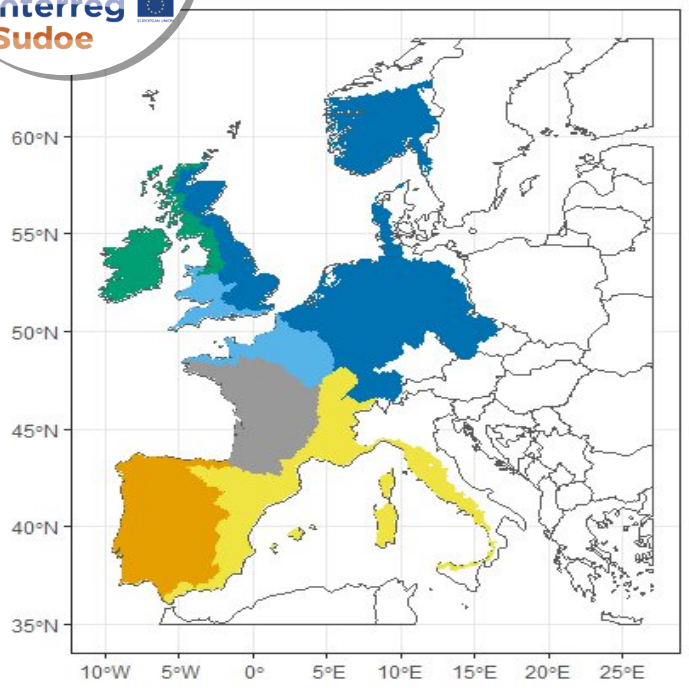


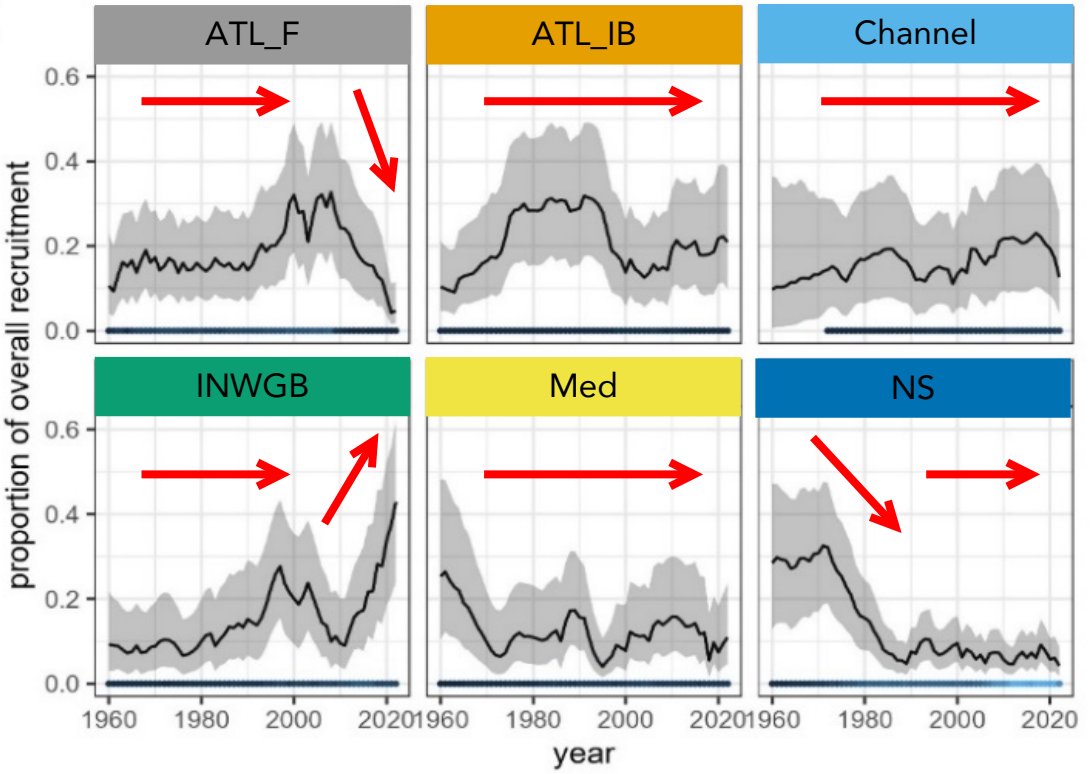


Introduction

➢ Variations récentes dans la distribution du recrutement ?

(Bornarel et al., 2018; Drouineau et al., 2016)





Dynamique spatiale du recrutement ?

1. Variations récentes de la distribution du recrutement ?

➢ Analyse de tendance

(Holt, 1957; Hyndman et al., 2008; Hyndman and Athanasopoulos, 2021)

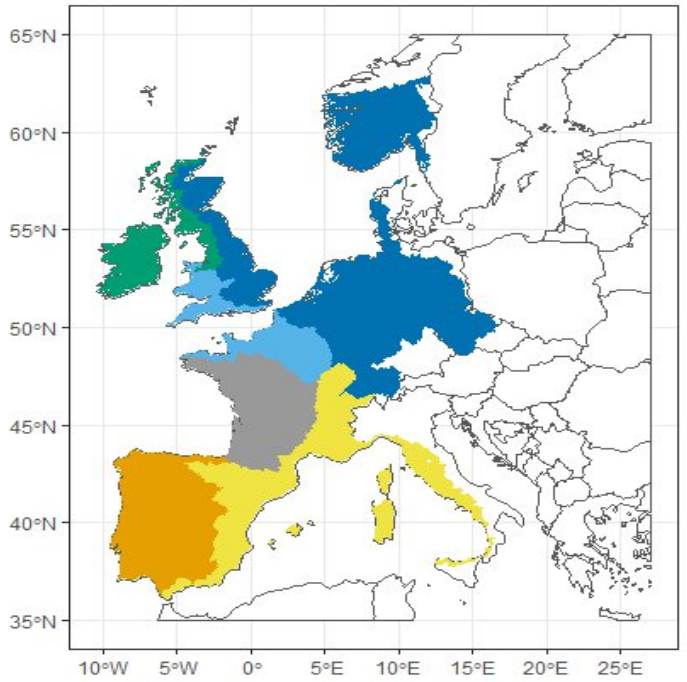
- Tendance : stable, baisse, hausse
- Coefficient annuel par région

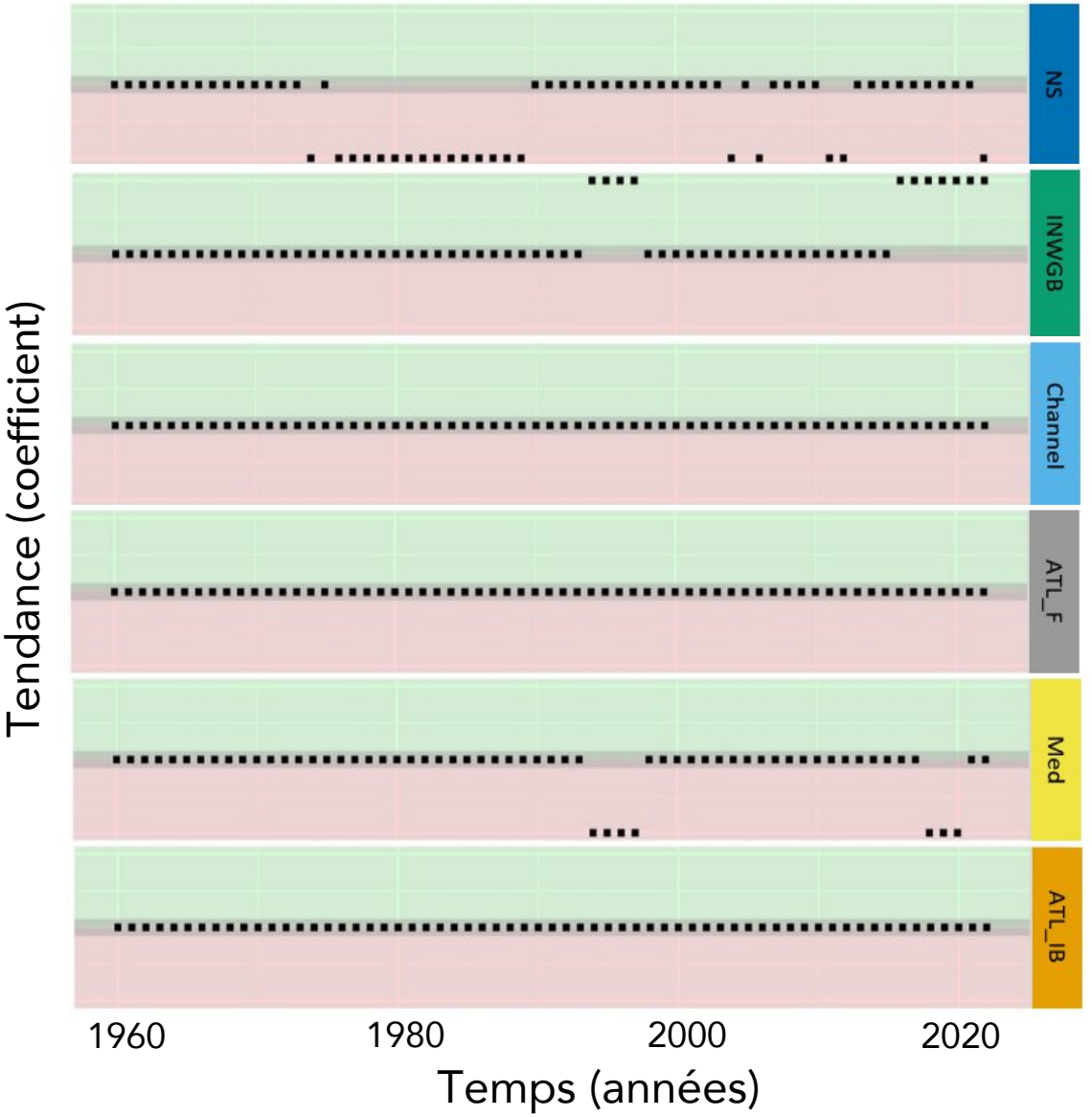
1. Variations récentes de la distribution du recrutement ?

➢ Analyse de tendance

(Holt, 1957; Hyndman et al., 2008; Hyndman and Athanasopoulos, 2021)

- Tendance : stable, baisse, hausse
- Coefficient annuel par région



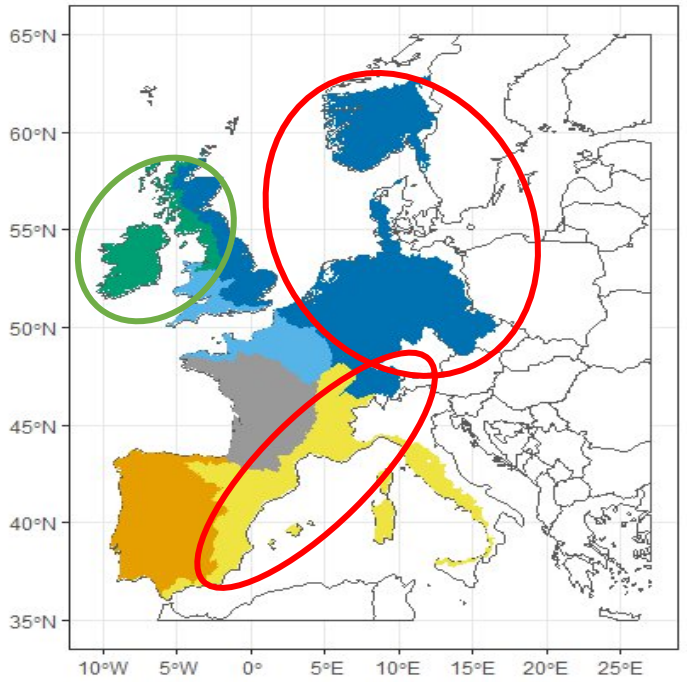


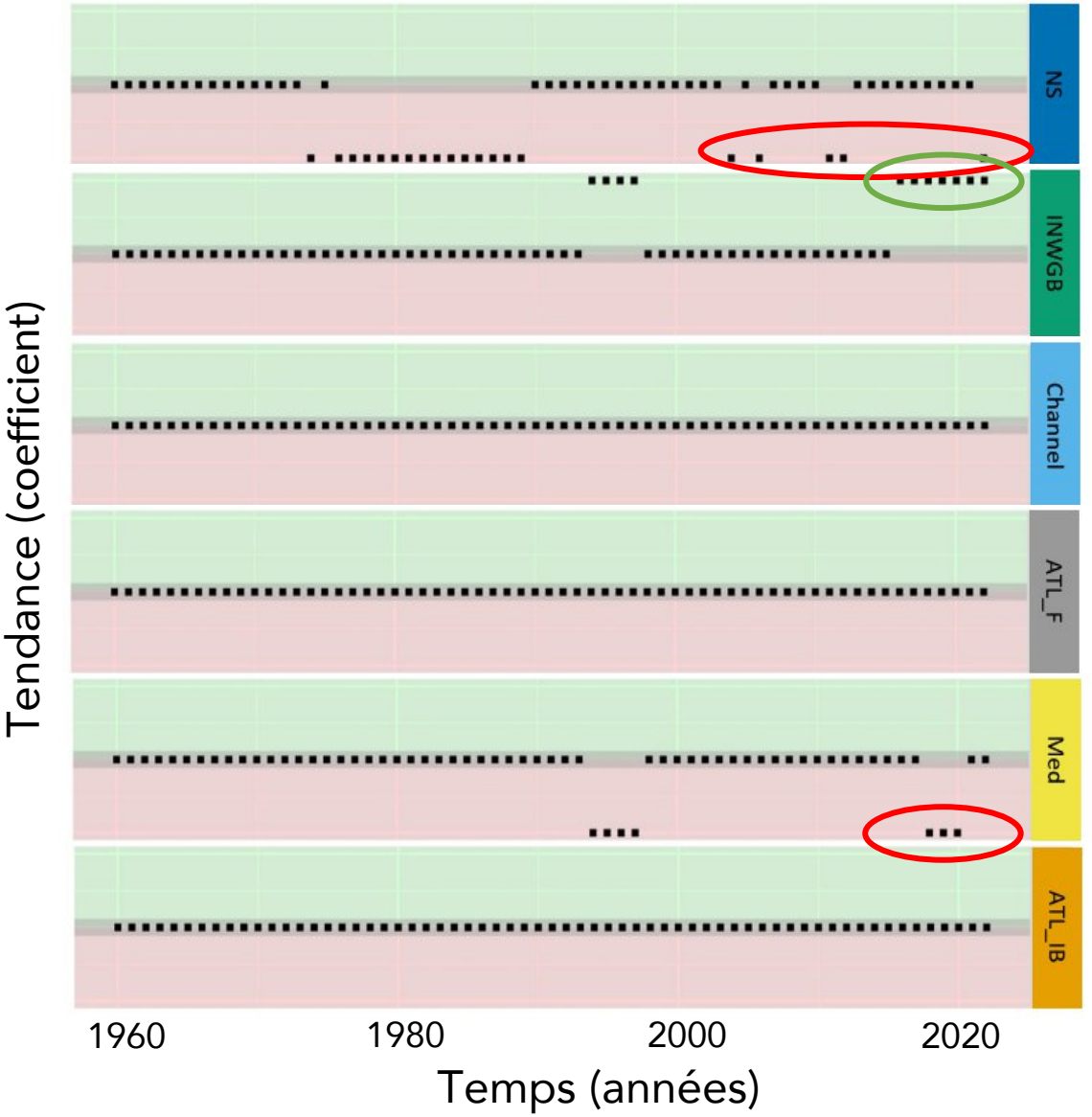
1. Variations récentes de la distribution du recrutement ?

➢ Analyse de tendance

(Holt, 1957; Hyndman et al., 2008; Hyndman and Athanasopoulos, 2021)

- Tendance : stable, baisse, hausse
- Coefficient annuel par région



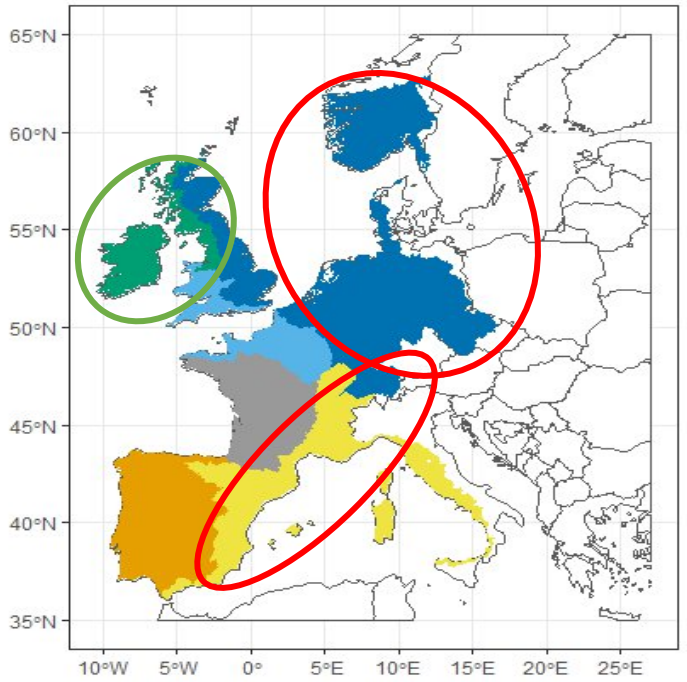


1. Variations récentes de la distribution du recrutement ?

➢ Analyse de tendance

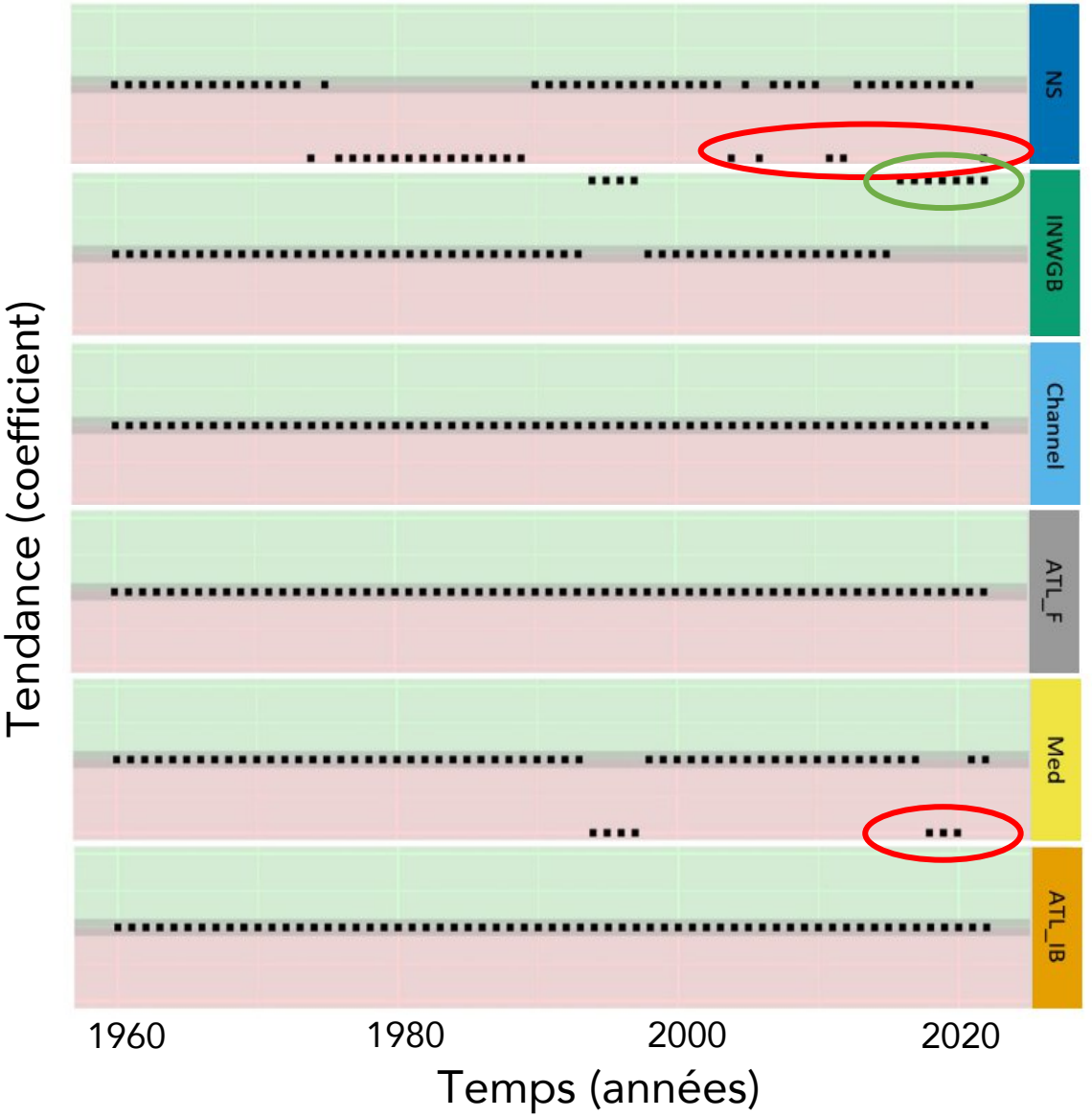
(Holt, 1957; Hyndman et al., 2008; Hyndman and Athanasopoulos, 2021)

- Tendance : stable, baisse, hausse
- Coefficient annuel par région



OUI :

Les tendances régionales diffèrent les unes des autres

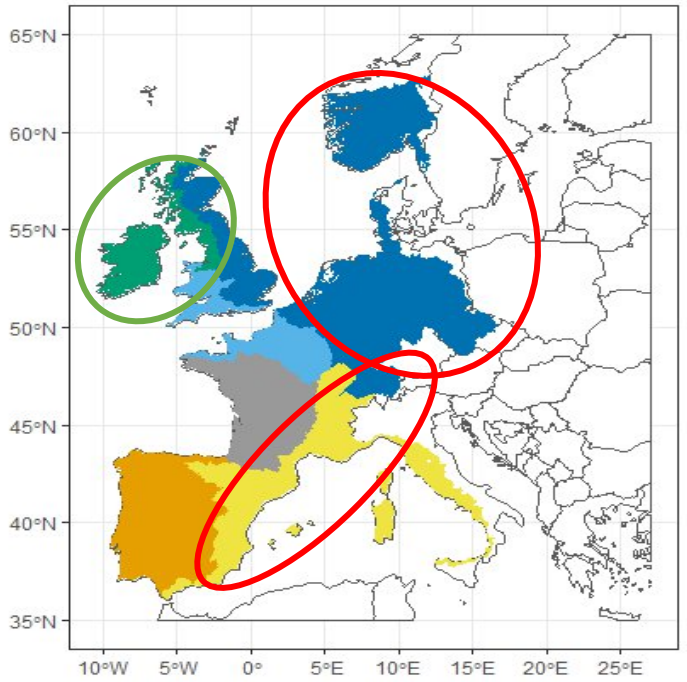


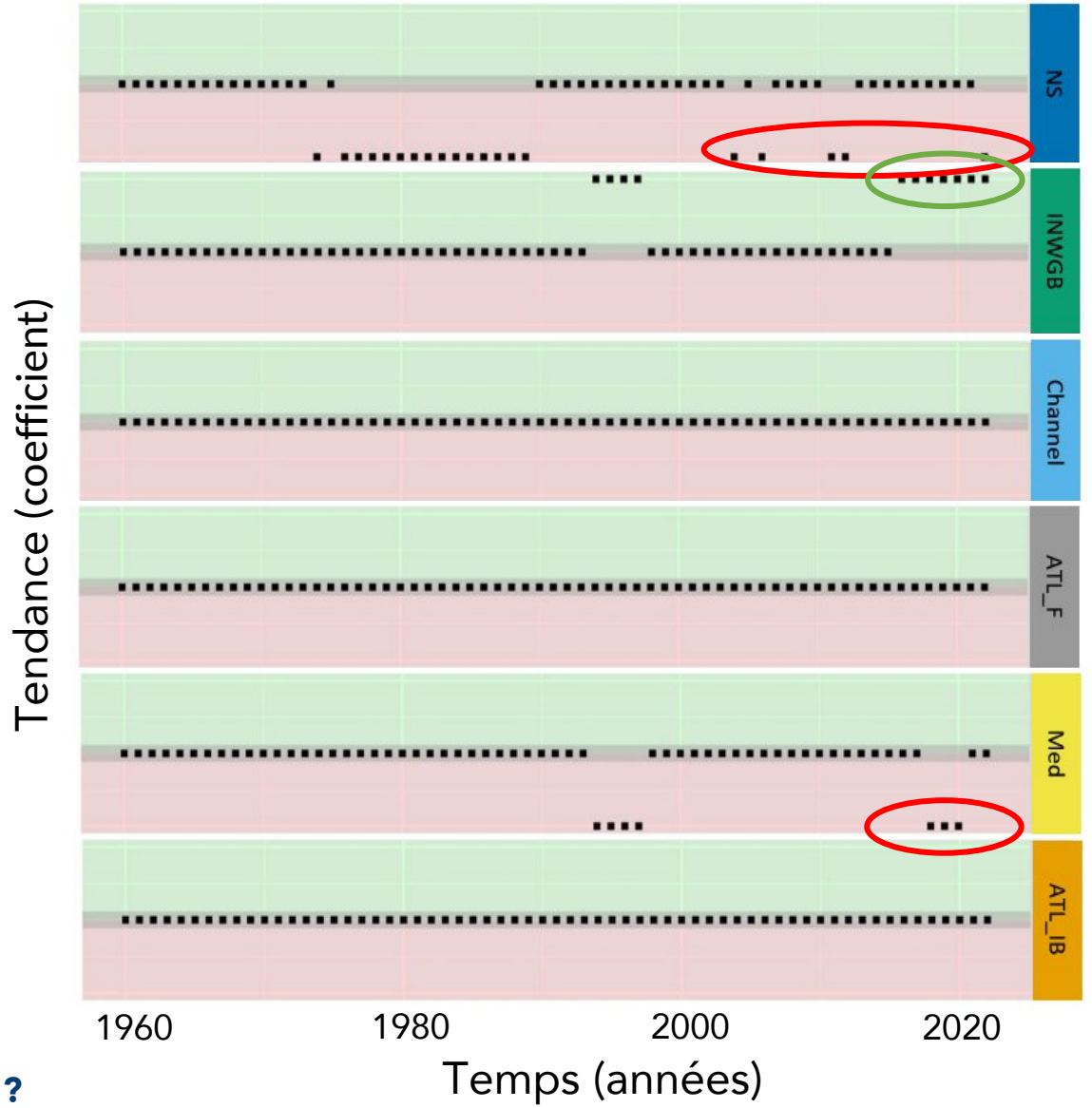
1. Variations récentes de la distribution du recrutement ?

➢ Analyse de tendance

(Holt, 1957; Hyndman et al., 2008; Hyndman and Athanasopoulos, 2021)

- Tendance : stable, baisse, hausse
- Coefficient annuel par région





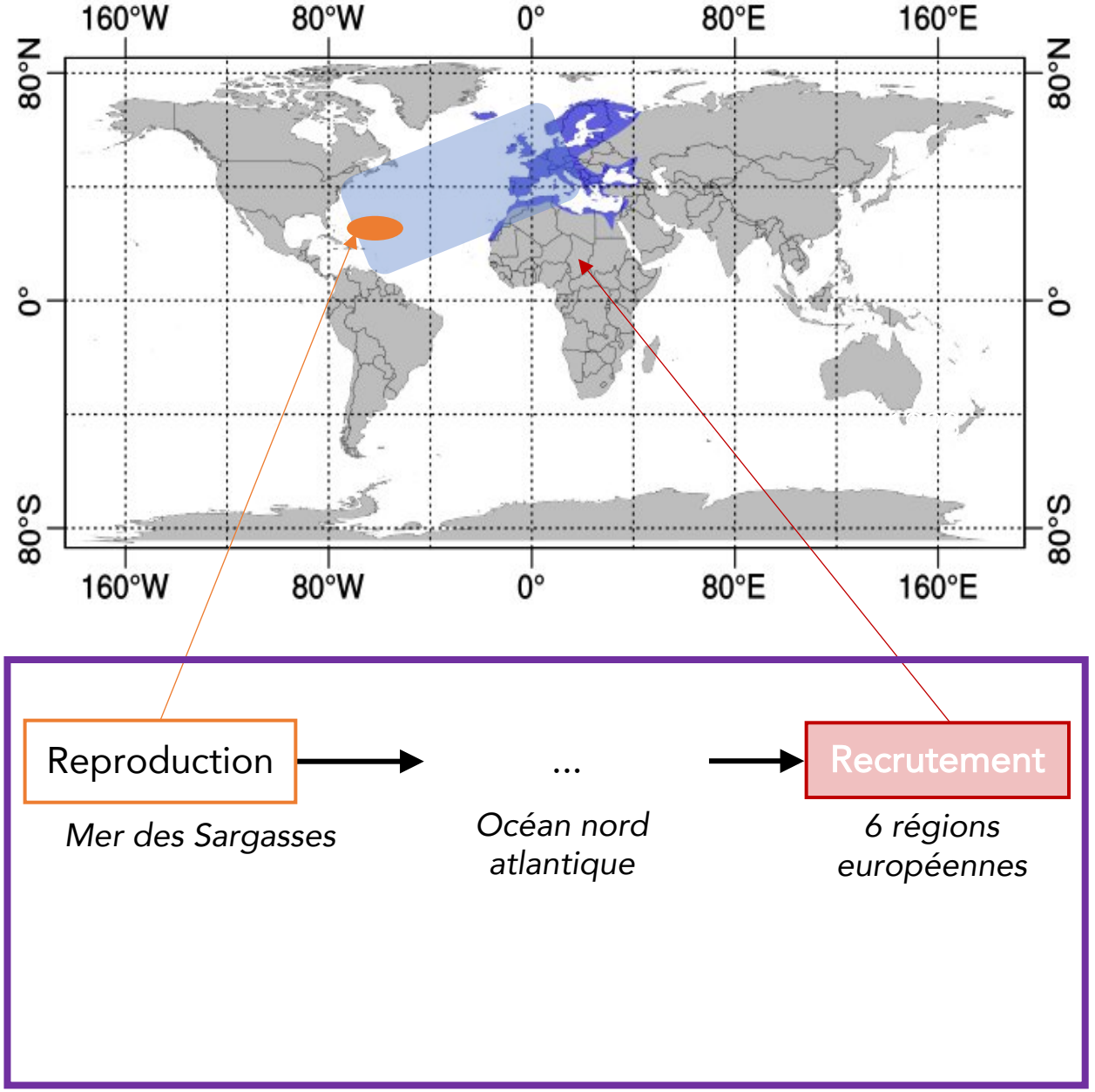
OUI :

Les tendances régionales diffèrent les unes des autres

2. Comment les facteurs environnementaux influencent-ils les proportions de recrutement ?

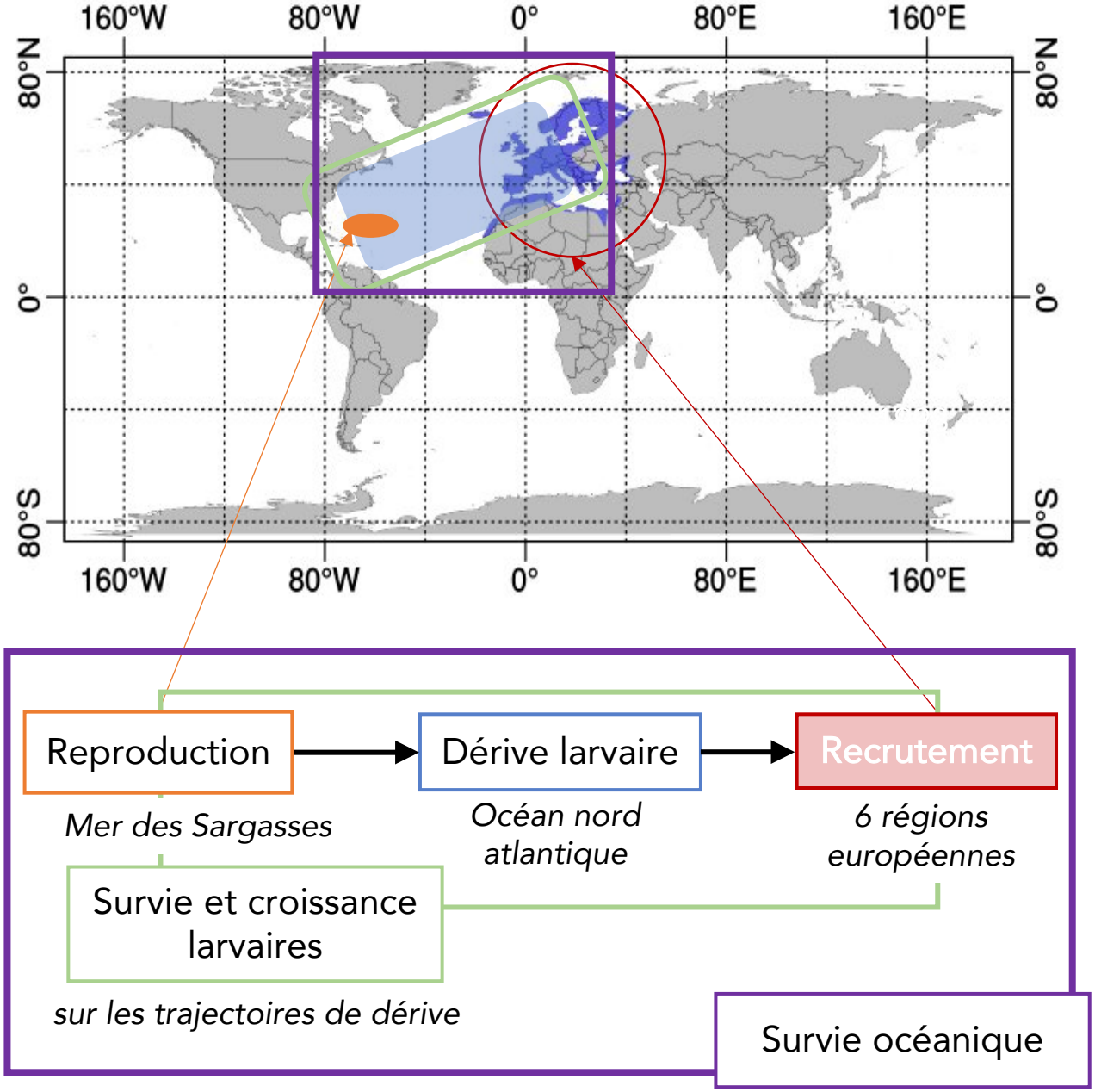
2. Influence de la phase océanique ?

➢ **Identification des processus écologiques précédant le recrutement**



2. Influence de la phase océanique ?

➢ Identification des processus écologiques précédant le recrutement



2. Influence de la phase océanique ?

- **Identification des processus écologiques précédant le recrutement**
- **Identification des variables environnementales**

Reproduction

Dérive larvaire

Survie et croissance larvaires

Survie océanique

2. Influence de la phase océanique ?

- **Identification des processus écologiques précédant le recrutement**
- **Identification des variables environnementales**

Reproduction

Dérive larvaire

Survie et croissance larvaires

Survie océanique

Changements dans la localisation de la zone de reproduction

2. Influence de la phase océanique ?

- **Identification des processus écologiques précédant le recrutement**
- **Identification des variables environnementales**

Reproduction

Changements dans la localisation de la zone de reproduction

Localisation du front nord de la zone de reproduction

Latitude de l'isotherme 22.5°C
(Friedland et al., 2007)
(sur la zone de reproduction, de mars à mai)
(Miller et al., 2015, 2019)

Dérive larvaire

Survie et croissance larvaires

Survie océanique

2. Influence de la phase océanique ?

- **Identification des processus écologiques précédant le recrutement**
- **Identification des variables environnementales**

Reproduction

Changements dans la localisation de la zone de reproduction

Localisation du front nord de la zone de reproduction

Latitude de l'isotherme 22.5°C
(Friedland et al., 2007)
(sur la zone de reproduction, de mars à mai)
(Miller et al., 2015, 2019)

Dérive larvaire

Modification de la dérive larvaire (trajectoire, durée...)

Survie et croissance larvaires

Modification des conditions de survie et de croissance des larves

Survie océanique

Modification des conditions océaniques à l'échelle de l'océan nord atlantique

2. Influence de la phase océanique ?

- **Identification des processus écologiques précédant le recrutement**
- **Identification des variables environnementales**

Reproduction	Dérive larvaire	Survie et croissance larvaires	Survie océanique
Changements dans la localisation de la zone de reproduction	Modification de la dérive larvaire (trajectoire, durée...)	Modification des conditions de survie et de croissance des larves	Modification des conditions océaniques à l'échelle de l'océan nord atlantique
Localisation du front nord de la zone de reproduction	**Variables de courantologie de l'océan nord atlantique**	**Variables influençant la survie et la croissance des larves**	**Variables représentant le climat au niveau de l'océan nord atlantique**
Latitude de l'isotherme 22.5°C (Friedland et al., 2007) (sur la zone de reproduction, de mars à mai) (Miller et al., 2015, 2019)	▪ Atlantic Meridional Overtuning Circulation (Frajka-Williams et al., 2019; Müller et al., 2015) ▪ SubPolar Gyre index (Berx and Payne, 2017) ▪ Gulf Stream index (Bonhommeau et al., 2008; Castonguay et al., 1994; Miller, 2009)	▪ Production primaire (Bonhommeau et al., 2008; Miller et al., 2009, 2016) ▪ Température de surface (Little et al., 2020; Politis et al., 2017) sur les routes potentielles de migrations (Miller et al., 2019, Frazão et al., 2022, Kettle and Haines, 2006)	▪ North Atlantic Oscillation (Hurrell, 1995; Shimura et al., 2013) ▪ East Atlantic pattern (Shimura et al., 2013) ▪ West Europe Pressure Anomaly (Castelle et al., 2017)

2. Influence de la phase océanique ?

- **Identification des processus écologiques précédant le recrutement**
- **Identification des variables environnementales**
- **Liens ?**

Reproduction

Latitude de l'isotherme 22.5°C
(Friedland et al., 2007)
(sur la zone de reproduction, de mars à mai)
(Miller et al., 2015, 2019)

?

Proportion de recrutement pour chaque région

Dérive larvaire

- Atlantic Meridional Overtuning Circulation (Frajka-Williams et al., 2019; Müller et al., 2015)
- SubPolar Gyre index (Berx and Payne, 2017)
- Gulf Stream index (Bonhommeau et al., 2008; Castonguay et al., 1994; Miller, 2009)

Survie et croissance larvaires

- Production primaire (Bonhommeau et al., 2008; Miller et al., 2009, 2016)
- Température de surface (Little et al., 2020; Politis et al., 2017)

sur les routes potentielles de migrations (Miller et al., 2019, Frazão et al., 2022, Kettle and Haines, 2006)

Survie océanique

- North Atlantic Oscillation (Hurrell, 1995; Shimura et al., 2013)
- East Atlantic pattern (Shimura et al., 2013)
- West Europe Pressure Anomaly (Castelle et al., 2017)

2. Influence de la phase océanique ?

- Identification des processus écologiques précédant le recrutement
- Identification des variables environnementales
- Liens ?

Reproduction

Latitude de l'isotherme 22.5°C
(Friedland et al., 2007)
(sur la zone de reproduction, de mars à mai)
(Miller et al., 2015, 2019)

Dérive larvaire

- Atlantic Meridional Overtuning Circulation (Frajka-Williams et al., 2019; Müller et al., 2015)
- SubPolar Gyre index (Berx and Payne, 2017)
- Gulf Stream index (Bonhommeau et al., 2008; Castonguay et al., 1994; Miller, 2009)

Survie et croissance larvaires

- Production primaire (Bonhommeau et al., 2008; Miller et al., 2009, 2016)
- Température de surface (Little et al., 2020; Politis et al., 2017)

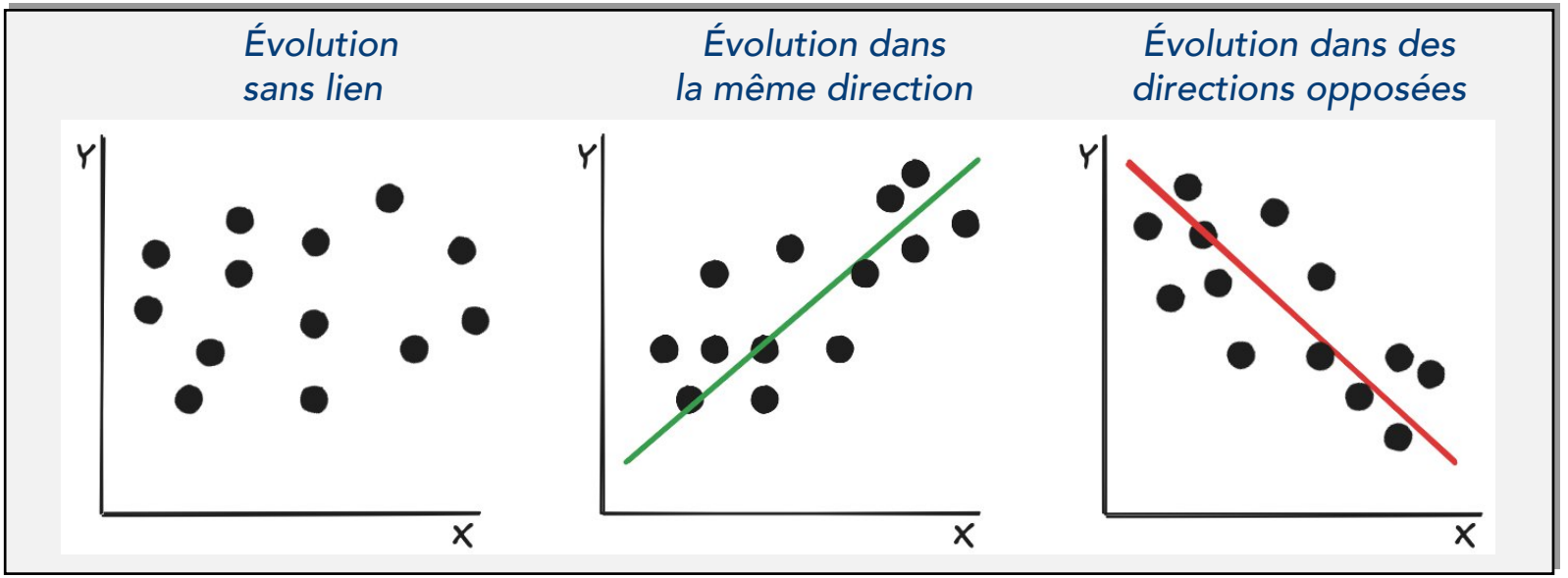
sur les routes potentielles de migrations (Miller et al., 2019, Frazão et al., 2022, Kettle and Haines, 2006)

Survie océanique

- North Atlantic Oscillation (Hurrell, 1995; Shimura et al., 2013)
- East Atlantic pattern (Shimura et al., 2013)
- West Europe Pressure Anomaly (Castelle et al., 2017)

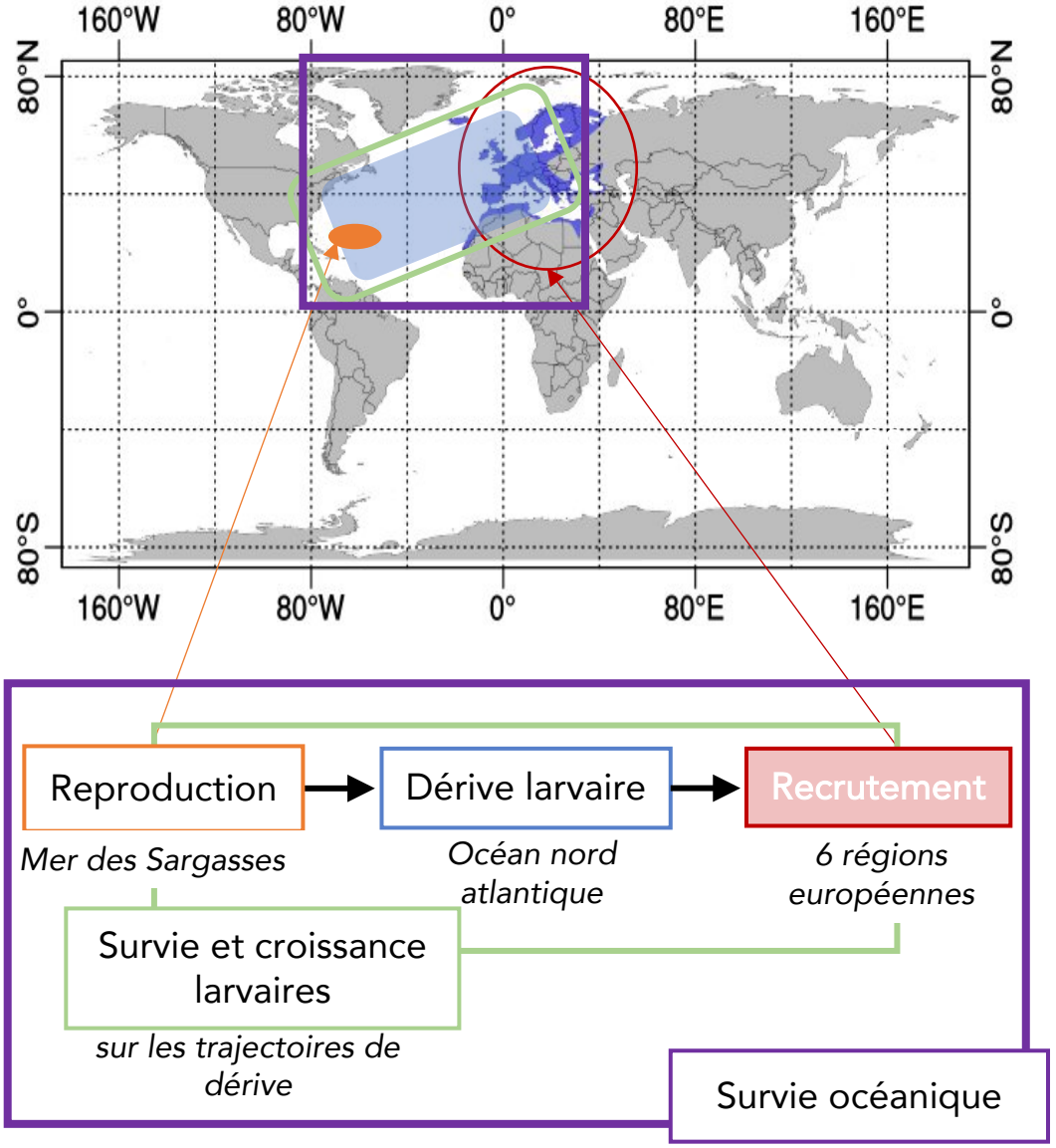
?

Proportion de recrutement pour chaque région



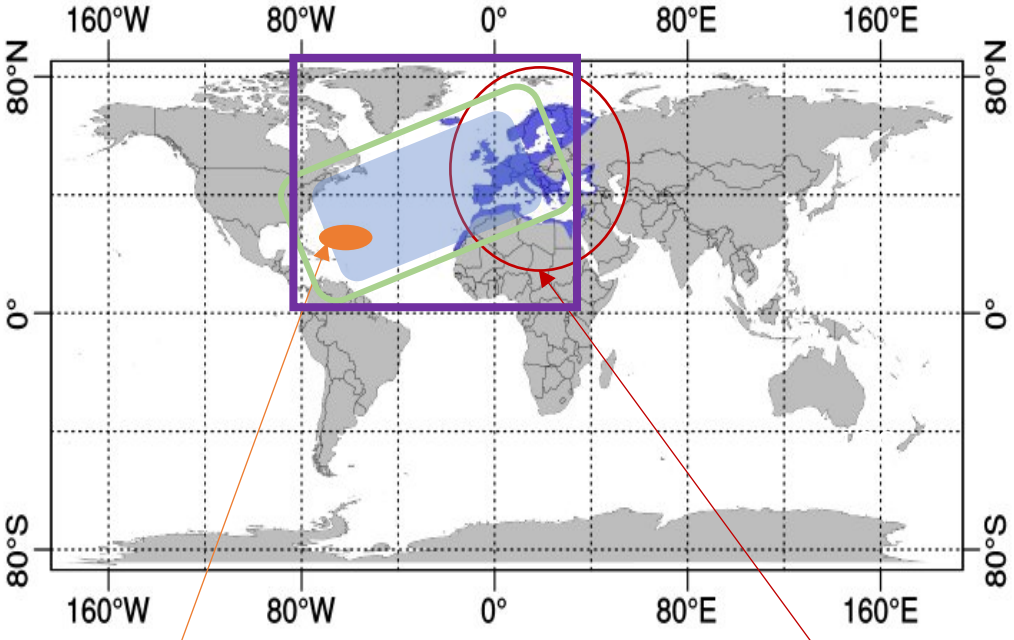
2. Influence de la phase océanique ?

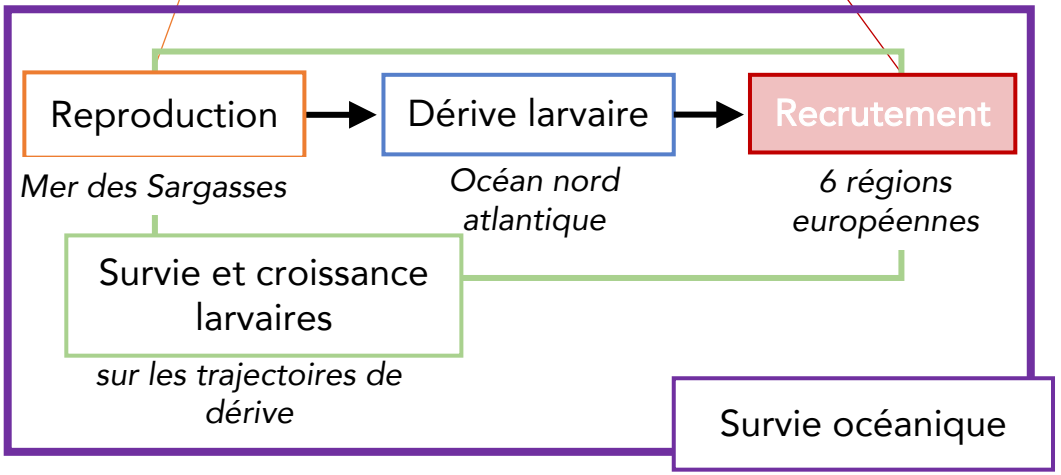
- Identification des processus écologiques précédant le recrutement
- Identification des variables environnementales
- Liens



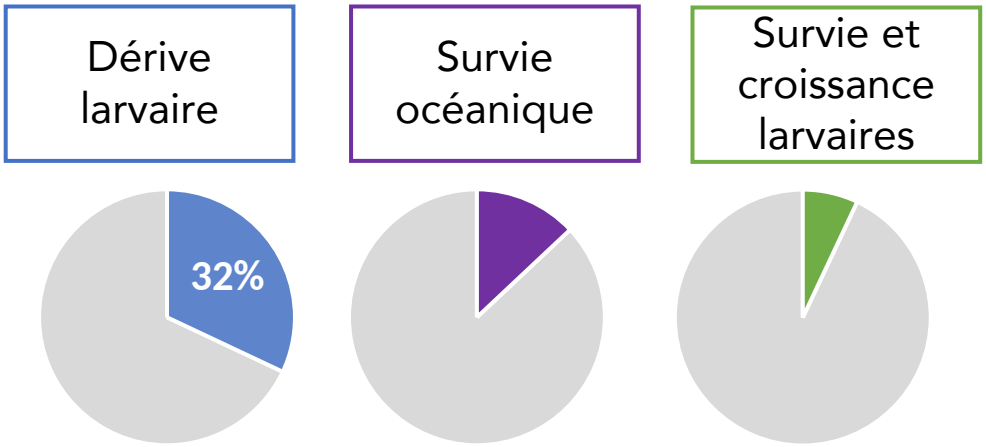
2. Influence de la phase océanique ?

- Identification des processus écologiques précédant le recrutement
- Identification des variables environnementales
- Liens



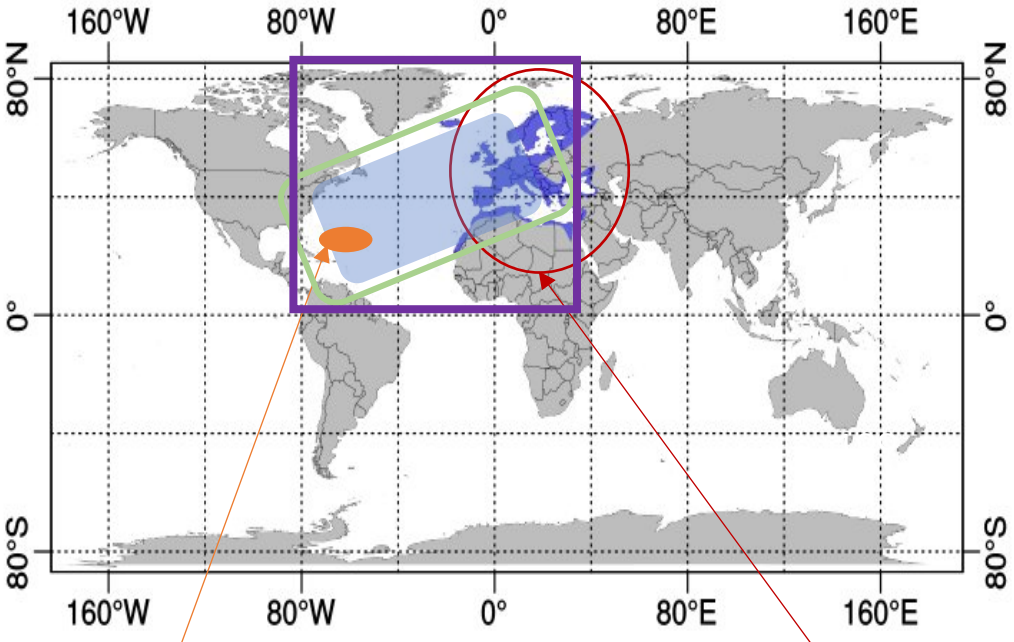


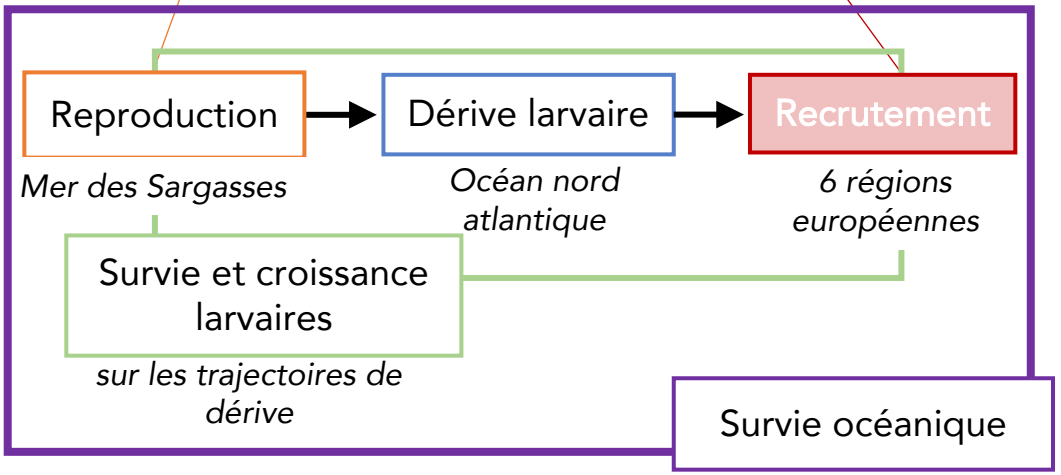
- Court terme



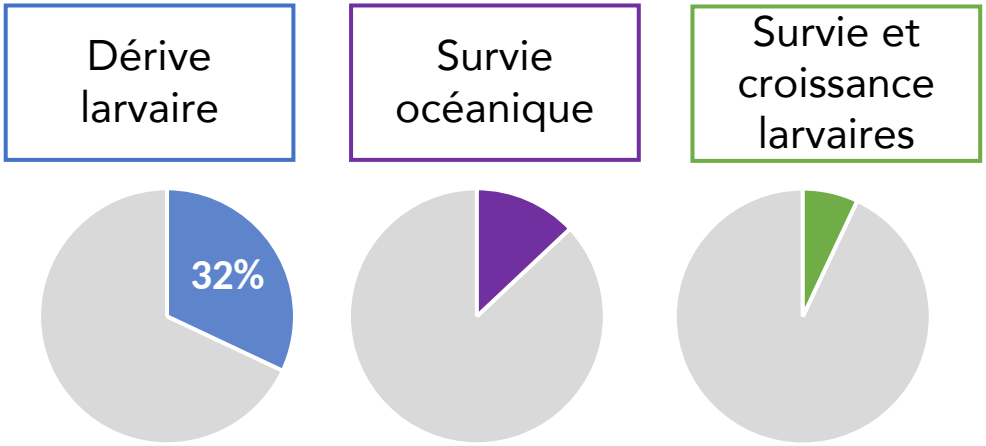
2. Influence de la phase océanique ?

- Identification des processus écologiques précédant le recrutement
- Identification des variables environnementales
- Liens





➢ Court terme



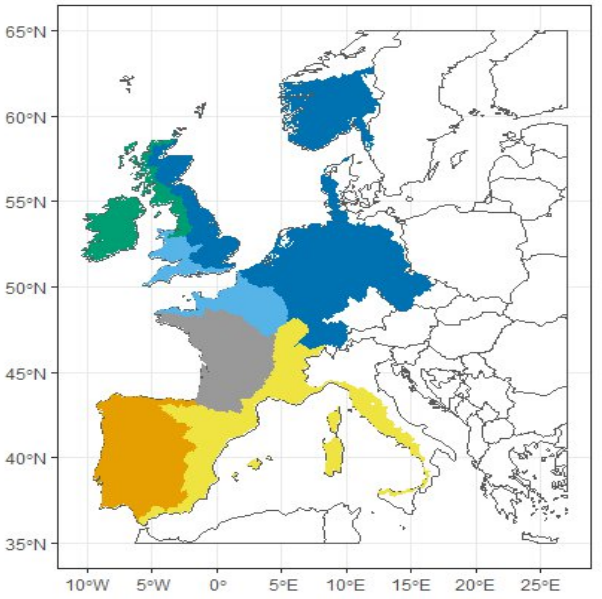
➢ Long terme

- Corrélations significatives moins nombreuses qu'à court terme
- Production primaire dans la mer des Sargasses : le plus grand nombre de corrélations
- INWGB : corrélations les plus nombreuses

Discussion

1. Variations récentes de la distribution du recrutement ?

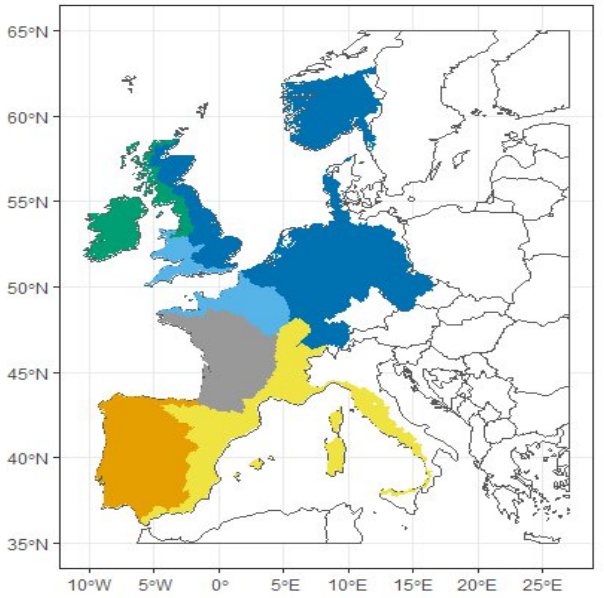
- Déplacement au nord (INWGB) : maintien dans le temps ?
- Questionne la division spatiale du CIEM (2 régions) (ICES, 2023) : vers quelque chose de plus fine échelle spatiale ?
- Effets cumulatifs du changement climatique sur les individus les plus au sud (Díaz et al., 2018) : quel devenir ?



Discussion

1. Variations récentes de la distribution du recrutement ?

- Déplacement au nord (INWGB) : maintien dans le temps ?
- Questionne la division spatiale du CIEM (2 régions) (ICES, 2023) : vers quelque chose de plus fine échelle spatiale ?
- Effets cumulatifs du changement climatique sur les individus les plus au sud (Díaz et al., 2018) : quel devenir ?



2. Influence de la phase océanique ?

Reproduction

Dérive larvaire

Un affaiblissement du Gulf Stream et de la circulation océanique méridionale (AMOC) ?
(Drijfhout et al., 2025; Madan et al., 2024; Piecuch and Beal, 2023)

Survie et croissance larvaires

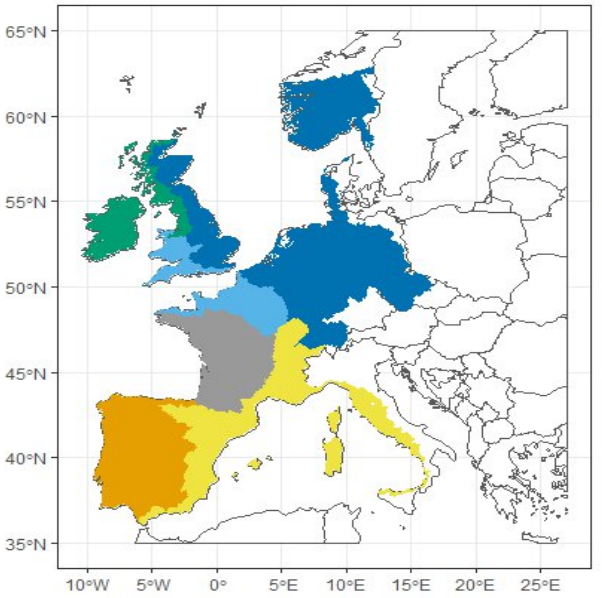
Communautés planctoniques ? Proliférations d'algues ?
(Beaugrand et al., 2014; Gower et al., 2013; Miller et al., 2016)

Survie océanique

Discussion

1. Variations récentes de la distribution du recrutement ?

- Déplacement au nord (INWGB) : maintien dans le temps ?
- Questionne la division spatiale du CIEM (2 régions) (ICES, 2023) : vers quelque chose de plus fine échelle spatiale ?
- Effets cumulatifs du changement climatique sur les individus les plus au sud (Díaz et al., 2018) : quel devenir ?



2. Influence de la phase océanique ?

- Corrélations ≠ cause-effet : modélisation de la dérive larvaire, modèles bioénergétiques ?
- Hypothèses ascendantes : approches descendantes et prédateurs larvaires potentiels dans la mer des Sargasses ? (Jensen et al., 2018)
- Reproduction : qualité/quantité des reproducteurs ? (Dekker, 2003; Belpaire et al., 2011) → vers une surveillance des œufs ? (Miller et al., 2019)
- Focus sur l'influence océanique : influence continentale ?

Merci de votre attention !

Bibliographie

Als, T.D., Hansen, M.M., Maes, G.E., Castonguay, M., Riemann, L., Aarestrup, K., Munk, P., Sparholt, H., Hanel, R., Bernatchez, L., 2011. All roads lead to home: panmixia of European eel in the Sargasso Sea. Mol. Ecol. 20, 1333–1346. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05011.x

Beaugrand, G., Harlay, X., Edwards, M., 2014. Detecting plankton shifts in the North Sea: a new abrupt ecosystem shift between 1996 and 2003. Mar. Ecol. Prog. Ser. 502, 85–104. https://doi.org/10.3354/meps10693

Berx, B., Payne, M.R., 2017. The Sub-Polar Gyre Index – a community data set for application in fisheries and environment research. Earth Syst. Sci. Data 9, 259–266. https://doi.org/10.5194/essd-9-259-2017

Bonhommeau, S., Chassot, E., Rivot, E., 2008b. Fluctuations in European eel (Anguilla anguilla) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso Sea. Fish. Oceanogr. 17, 32–44. https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2007.00453.x

Bornarel, V., Lambert, P., Briand, C., Antunes, C., Belpaire, C., Ciccotti, E., Diaz, E., Diserud, O., Doherty, D., Domingos, I., Evans, D., de Graaf, M., O'Leary, C., Pedersen, M., Poole, R., Walker, A., Wickström, H., Beaulaton, L., Drouineau, H., 2018. Modelling the recruitment of European eel (Anguilla anguilla) throughout its European range. ICES J. Mar. Sci. 75, 541–552. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx180

Castelle, B., Dodet, G., Masselink, G., Scott, T., 2017. A new climate index controlling winter wave activity along the Atlantic coast of Europe: The West Europe Pressure Anomaly. Geophys. Res. Lett. 44, 1384–1392. https://doi.org/10.1002/2016GL072379

Castonguay, M., Hodson, P.V., Moriarty, C., Drinkwater, K.F., Jessop, B.M., 1994. Is there a role of ocean environment in American and European eel decline? Fish. Oceanogr. 3, 197–203. https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.1994.tb00097.x

Díaz, E., Korta, M., Pórtoles, J., Monjo, R., Gaitán, E., Ribalaygua, J., Chust, G., 2018. Eels of southern Europe under future climate change. Revista de Investigación Marina 25, 46–49.

Drijfhout, S., Angevaare, J.R., Mecking, J., van Westen, R.M., Rahmstorf, S., 2025. Shutdown of northern Atlantic overturning after 2100 following deep mixing collapse in CMIP6 projections. Environ. Res. Lett. 20, 094062. https://doi.org/10.1088/1748-9326/adfa3b

Drouineau, H., Briand, C., Lambert, P., Beaulaton, L., 2016. GEREM (Glass Eel Recruitment Estimation Model): A model to estimate glass eel recruitment at different spatial scales. Fish. Res. 174, 68–80. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.09.003

Drouineau, H., Durif, C., Castonguay, M., Mateo, M., Rochard, E., Verreault, G., Yokouchi, K., Lambert, P., 2018. Freshwater eels: A symbol of the effects of global change. Fish Fish. 19, 903–930. https://doi.org/10.1111/faf.12300

Frajka-Williams, E., Ansorge, I.J., Baehr, J., Bryden, H.L., Chidichimo, M.P., Cunningham, S.A., Danabasoglu, G., Dong, S., Donohue, K.A., Elipot, S., Heimbach, P., Holliday, N.P., Hummels, R., Jackson, L.C., Karstensen, J., Lankhorst, M., Le Bras, I.A., Lozier, M.S., McDonagh, E.L., Meinen, C.S., Mercier, H., Moat, B.I., Perez, R.C., Piecuch, C.G., Rhein, M., Srokosz, M.A., Trenberth, K.E., Bacon, S., Forget, G., Goni, G., Kieke, D., Koelling, J., Lamont, T., McCarthy, G.D., Mertens, C., Send, U., Smeed, D.A., Speich, S., Van Den Berg, M., Volkov, D., Wilson, C., 2019. Atlantic Meridional Overturning Circulation: Observed Transport and Variability. Front. Mar. Sci. 6, 260. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00260

Frazão, H.C., Prien, R.D., Schulz-Bull, D.E., Seidov, D., Waniek, J.J., 2022. The Forgotten Azores Current: A Long-Term Perspective. Front. Mar. Sci. 9. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.842251Friedland, K.D., Miller, M.J., Knights, B., 2007. Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel. ICES J. Mar. Sci. 64, 519–530. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm022

Gower, J., Young, E., King, S., 2013. Satellite images suggest a new Sargassum source region in 2011. Remote Sens. Lett. 4, 764–773. https://doi.org/10.1080/2150704X.2013.796433

Holt, C.C., 1957. Forecasting trends and seasonals by exponentially wieghted moving averages. ONR Memorandum 52, 5–10.

Hurrell, J.W., 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. Science 269, 676–679. https://doi.org/10.1126/science.269.5224.676

Hyndman, R., Koehler, A.B., Ord, J.K., Snyder, R.D., 2008. Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach. Springer Science & Business Media.

Hyndman, R.J., Athanasopoulos, G., 2021. Forecasting: Principles and Practice (3rd ed).

ICES, 2023c. Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL) (report). ICES Scientific Reports. https://doi.org/10.17895/ices.pub.24420868.v1

ICES, 2024. Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL) (report). ICES Scientific Reports. https://doi.org/10.17895/ices.pub.27233457.v4

Kettle, A.J., Haines, K., 2006. How does the European eel (Anguilla anguilla) retain its population structure during its larval migration across the North Atlantic Ocean? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63, 90–106.https://doi.org/10.1139/f05-198

Little, A.G., Loughland, I., Seebacher, F., 2020. What do warming waters mean for fish physiology and fisheries? J. Fish Biol. 97, 328–340. https://doi.org/10.1111/jfb.14402

Madan, G., Gjermundsen, A., Iversen, S.C., LaCasce, J.H., 2024. The weakening AMOC under extreme climate change. Clim. Dyn. 62, 1291–1309. https://doi.org/10.1007/s00382-023-06957-7

Miller, M., 2009. Ecology of Anguilliform Leptocephali: Remarkable Transparent Fish Larvae of the Ocean Surface Layer. Aqua-Biosci. Monogr. 2. https://doi.org/10.5047/absm.2009.00204.0001

Miller, M., Kimura, S., Friedland, K., Knights, B., Kim, H., Jellyman, D., Tsukamoto, K., 2009. Review of Ocean-Atmospheric Factors in the Atlantic and Pacific Oceans Influencing Spawning and Recruitment of Anguillid Eels. Am. Fish. Soc. Symp. 69, 231–249.

Miller, M.J., Bonhommeau, S., Munk, P., Castonguay, M., Hanel, R., McCleave, J.D., 2015. A century of research on the larval distributions of the Atlantic eels: a re-examination of the data. Biol. Rev. 90, 1035–1064. https://doi.org/10.1111/brv.12144

Miller, M.J., Feunteun, E., Tsukamoto, K., 2016. Did a "perfect storm" of oceanic changes and continental anthropogenic impacts cause northern hemisphere anguillid recruitment reductions? ICES J. Mar. Sci. 73, 43–56. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv063

Miller, M.J., Westerberg, H., Sparholt, H., Wysujack, K., Sørensen, S.R., Marohn, L., Jacobsen, M.W., Freese, M., Ayala, D.J., Pohlmann, J.-D., Svendsen, J.C., Watanabe, S., Andersen, L., Møller, P.R., Tsukamoto, K., Munk, P., Hanel, R., 2019. Spawning by the European eel across 2000 km of the Sargasso Sea. Biol. Lett. 15, 20180835. https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0835

Müller, W.A., Matei, D., Bersch, M., Jungclaus, J.H., Haak, H., Lohmann, K., Compo, G.P., Sardeshmukh, P.D., Marotzke, J., 2015. A twentieth-century reanalysis forced ocean model to reconstruct the North Atlantic climate variation during the 1920s. Clim. Dyn. 44, 1935–1955. https://doi.org/10.1007/s00382-014-2267-5

Piecuch, C.G., Beal, L.M., 2023. Robust Weakening of the Gulf Stream During the Past Four Decades Observed in the Florida Straits. Geophys. Res. Lett. 50, e2023GL105170. https://doi.org/10.1029/2023GL105170

Politis S.N., Mazurais D., Servili A., Zambonino-Infante J.-L., Miest J.J., Sørensen S.R., Tomkiewicz J., Butts, I.A.E., 2017. Temperature effects on gene expression and morphological development of European eel, Anguilla anguilla larvae. PLoS ONE 12(8): e0182726. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0182726

Shimura, T., Mori, N., Mase, H., 2013. Ocean Waves and Teleconnection Patterns in the Northern Hemisphere. J. Clim. 26, 8654–8670. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00397.1