



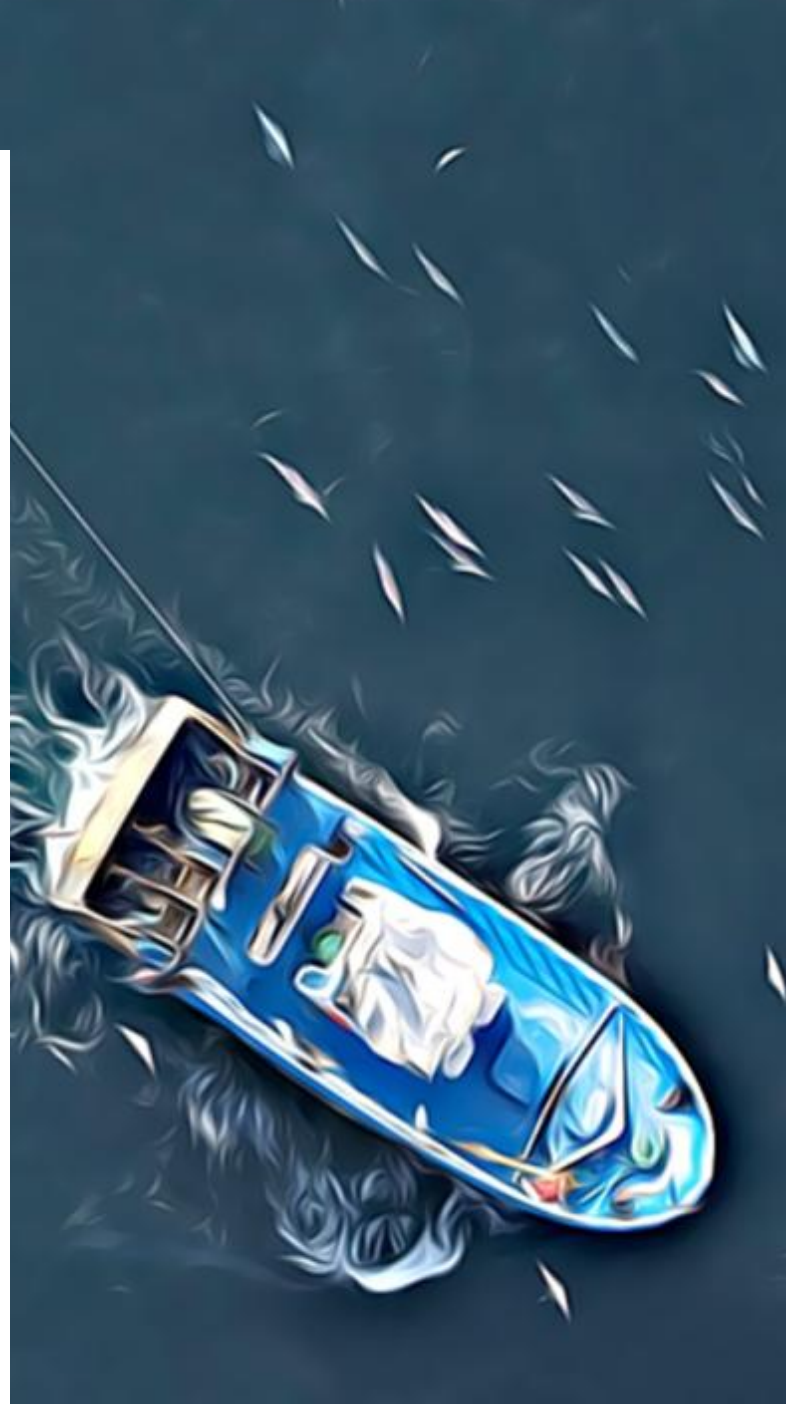
# DELphinus MOuvements GESTion

---

Janvier 2025

---

Cartes des zones de co-occurrence  
des dauphins et de leurs  
principales proies dans le golfe de  
Gascogne





**Durée du projet** : 3 ans

**Date de lancement** : 01/03/2022

**Date de fin** : 30/06/2025

**Coordinateurs de projet** : Clara Ulrich, Pierre Petitgas, Jérôme Spitz, Marion Pillet.

**Site web** : <https://delmoges.recherche.univ-lr.fr>

## Livrable

**WP concerné** : WP2

**Responsables du WP** : Doray, Mathieu (Ifremer) ; Authier, Matthieu (LRUniv).

**Livrable L.2.31**

**Date de production** : 31 Janvier 2025

**Titre** : Cartes des zones de co-occurrence des dauphins et de leurs principales proies dans le golfe de Gascogne

**Auteurs** : Authier, Matthieu (LRUniv) ; Ballutaud, Marine (LRUniv) ; Brevet, Mathieu (Ifremer) ; Chero, Guillaume (LRUniv) ; Doray, Mathieu (Ifremer) ; Dubroca, Laurent (Ifremer) ; Genu, Mathieu (LRUniv).

## Résumé

Depuis les années 1990, la France connaît régulièrement des épisodes de mortalités importantes de dauphins, qui entraînent des pics d'échouages sur le littoral Atlantique en hiver. Depuis 2016, les échouages de petits cétacés dans le golfe de Gascogne présentant des traces de capture, atteignent des niveaux inédits. Si les données scientifiques actuelles permettent d'évaluer globalement le risque induit par ces captures accidentelles pour la conservation de la population de dauphins communs, elles sont toutefois trop lacunaires pour comprendre les déterminants écosystémiques et halieutiques à l'origine de ces captures. En concertation avec l'Office français de la biodiversité, les professionnels de la pêche et l'Etat, La Rochelle Université-CNRS et l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) ont construit le projet Delmoges (*Delphinus Mouvements Gestion*). Il vise, dans un premier temps, à combler ces lacunes en allant chercher des nouvelles données sur les habitats des dauphins, sur leurs interactions trophiques dans l'écosystème et leurs interactions techniques avec les engins de pêche. Ensuite, le projet propose d'intégrer les connaissances sur l'ensemble du socio-écosystème pour envisager une diversité de scénarios de diminution des captures accidentelles incluant des solutions technologiques et, enfin, d'en évaluer les conséquences biologiques et socio-économiques.

Ce livrable rassemble les cartes de distribution de dauphins communs estimées à partir des données de campagnes par observations visuelles (campagnes aériennes et campagnes PELGAS). Ces cartes sont stockées dans un package R sous la forme de données pouvant être mobilisées pour de la cartographie et des analyses de co-occurrence (par exemple via le calcul d'indices spatiaux à partir de fonctions encodées dans le package). Les analyses de ces données font l'objet des livrables L232 et L233.

## Dissémination

**Type de livrable** : Package analytique

**Public** : Oui

**Lieux de stockage** : site web Delmoges

# Consortium scientifique



La Rochelle Université  
23 avenue Albert Einstein  
BP 33060  
17031 La Rochelle

<https://www.univ-larochelle.fr/>



Centre national de la recherche scientifique (CNRS)  
3, rue Michel-Ange  
75794 Paris cedex 16

<https://www.cnrs.fr/fr>



Institut Français pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer)  
1625 route de Sainte-Anne - CS 10070  
29280 Plouzané

[wwwz.ifremer.fr/](http://wwwz.ifremer.fr/)



Université  
de Bretagne  
Occidentale

Université de Bretagne Occidentale (UBO)  
3 rue des Archives  
CS93837  
29238 Brest cedex 3

<https://nouveau.univ-brest.fr/>



COMITÉ NATIONAL  
DES PÊCHES MARITIMES  
ET DES ÉLEVAGES MARINS

Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages  
Marins (CNP MEM)  
134 avenue de Malakoff  
75116 Paris

<https://www.comite-peches.fr/>

# Table des matières

1	Contexte .....	5
1.1	Contexte environnemental et scientifique.....	5
1.2	Rôle du livrable .....	5
1.3	Structure du document .....	5
1.4	Acronymes et abréviations.....	5
2	Installation et utilisation du package .....	6
3	Bibliographie .....	14
4	Annexes .....	15

# 1 Contexte

## 1.1 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET SCIENTIFIQUE

Ce livrable vise à mettre en œuvre la reproductibilité d’une partie des analyses statistiques réalisées dans le cadre du WP2. La reproductibilité est importante pour garantir la qualité des résultats obtenus et permettre des ré-analyses ou de nouvelles analyses avec l’acquisition de nouvelles données.

## 1.2 ROLE DU LIVRABLE

Le livrable est un package à installer et utiliser avec le langage de programmation R (R Core Team 2022). Dans sa version 0.2.0, le package *pelarrp* permet de réaliser des cartographies (distribution des dauphins et de leurs proies à partir des données collectées lors des campagnes PELGAS) et de calculer des indices de recouvrements entre distributions. Ce package est évolutif et intégrera de nouvelles fonctions d’ici la fin du projet Delmoges. Le calcul des indices et leur interprétation est l’objet d’un autre livrable. Le présent livrable permet la reproductibilité des résultats.

## 1.3 STRUCTURE DU DOCUMENT

Ce document décrit brièvement les travaux techniques menés pour bancariser et visualiser les distributions de dauphins communs et de leurs proies principales dans le golfe de Gascogne. Le package *pelarrp* inclut un ensemble de fonctions et de jeux de données pouvant être mobilisés pour analyses et cartographies.

## 1.4 ACRONYMES ET ABREVIATIONS

PELGAS	Campagne Halieutique printanière visant à évaluer la biomasse et distribution des petits poissons pélagiques dans le golfe de Gascogne
Soap Smooth Film	Object mathématique permettant de tenir compte de bordures (e.g. le trait de côte) lors de la modélisation

## 2 Installation et utilisation du package

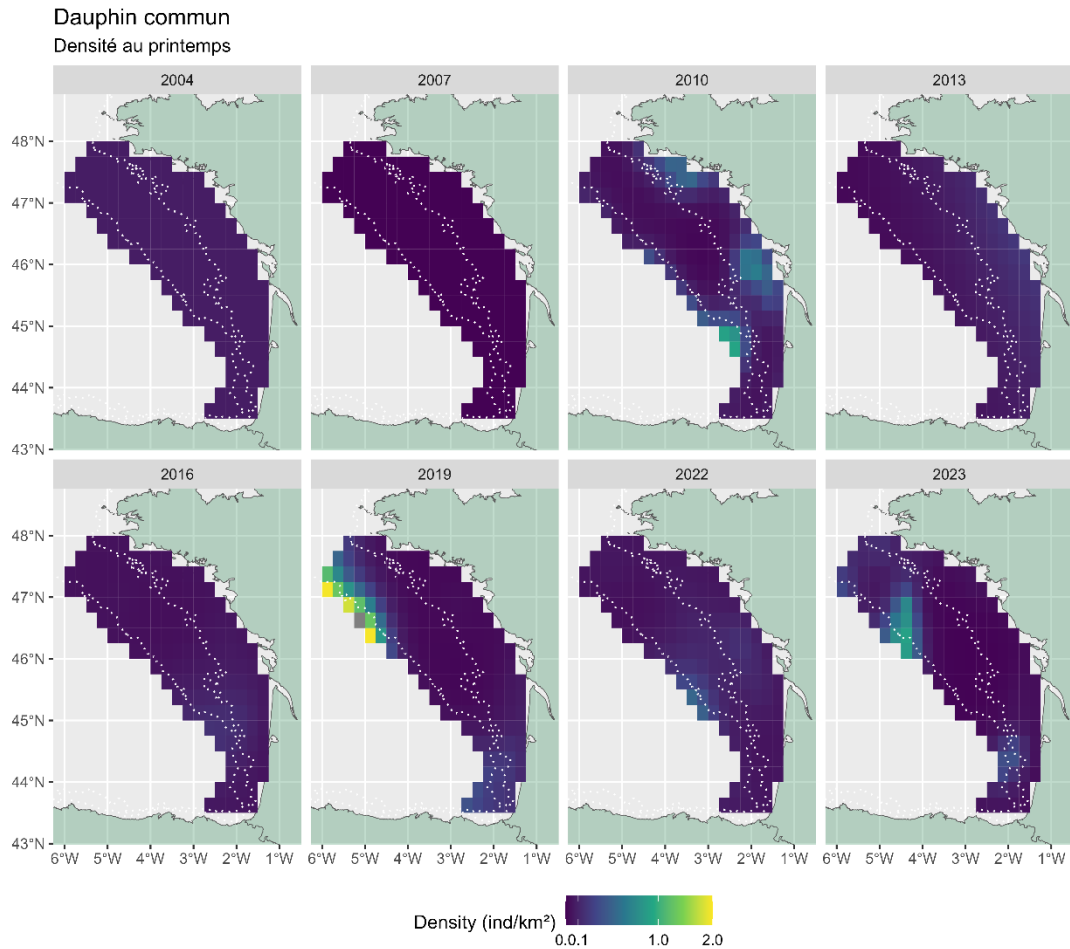
Le package *pelarrp* est compilé en un fichier zip à installer depuis une console R (R Core Team 2024). Il est hébergé à l'adresse suivante :

<https://gitlab.univ-lr.fr/pelaverse/pelarrp>

Le dépôt associé au package *pelarrp* est devenu public au 03 février 2025. La version actuelle reste expérimentale (version 0.2.0) et d'autres fonctionnalités sont à intégrer au package.

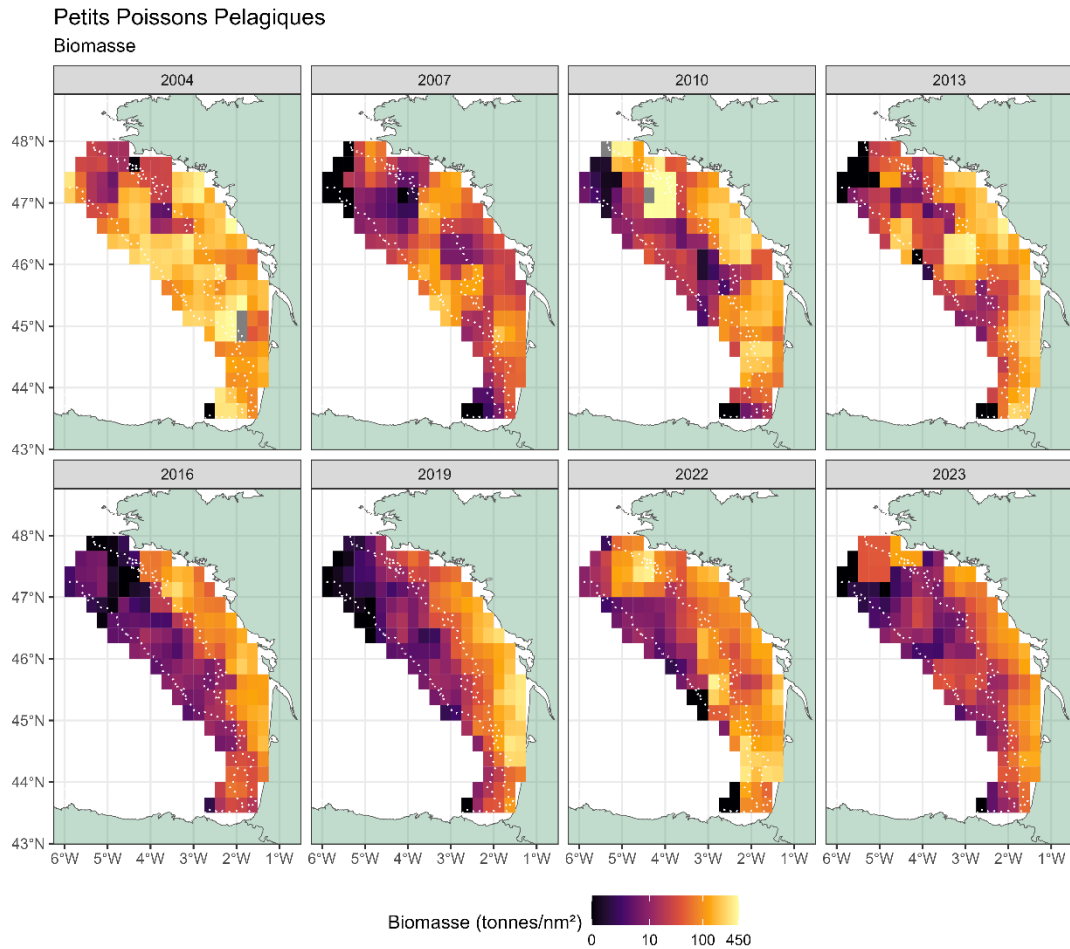
Dans sa version 0.2.0, le package permet d'accéder aux données de distribution de dauphins communs (*Delphinus delphis*) et de leur proies principales (petits poissons pélagiques : anchois *Engraulis encrasicolus*, sardine *Sardina pilchardus*, sprat *Sprattus sprattus* et chinchard *Trachurus trachurus*).

La densité de dauphins communs (en nombre d'individus par kilomètres carrés) est estimée à l'aide de modèles additifs généralisés. Une fonction de détection demi-normale est ajustée sur l'ensemble des détections de dauphins réalisées lors de la campagne PELGAS de 2004 à 2023. Cette fonction intègre l'effet de l'état de la mer (échelle Beaufort) et de la hauteur d'observation sur la détection des animaux afin d'estimer la largeur effective des transects. Les données collectées chaque année sont analysées de manière indépendante (c'est-à-dire un modèle par année) avec une fonction de lissage « soap smooth film » qui permet de tenir compte de l'autocorrélation spatiale et du trait de côte (Wood *et al.* 2008). Les distributions des dauphins communs au printemps sont représentées sur le graphique 1. Le code pour obtenir ce graphique à partir du package *pelarrp* est en annexe.



Graphique 1 : Distribution des dauphins communs sur le plateau du golfe de Gascogne au printemps. Les lignes pointillées blanches matérialisent les isobathes des 100 et 200 mètres. La légende est sur une échelle racine carrée. Une sélection de 8 années entre 2004 et 2023 est représentée.

La biomasse des principales proies des dauphins communs dans le golfe de Gascogne est également disponible (Graphique 2).



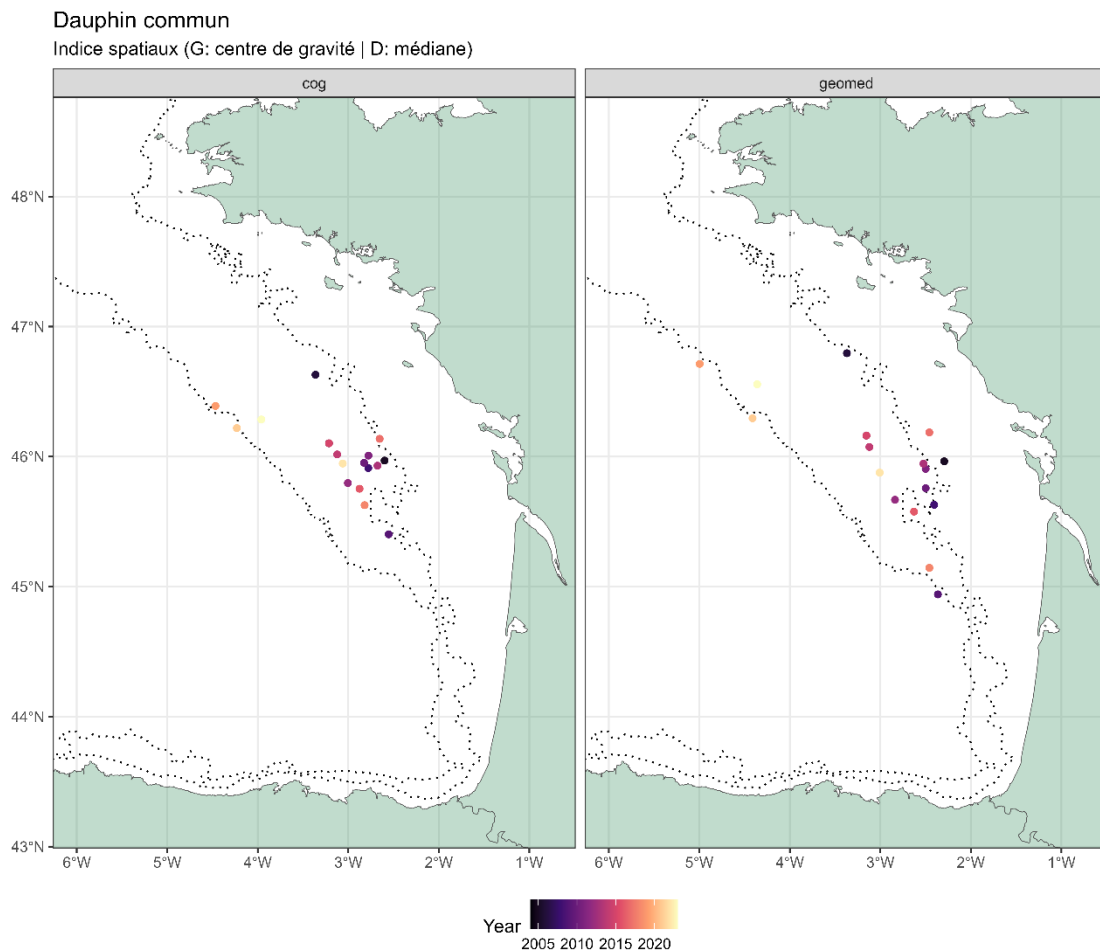
Graphique 2 : Distribution des petits poissons pélagiques sur le plateau du golfe de Gascogne au printemps. Les lignes pointillées blanches matérialisent les isobathes des 100 et 200 mètres. La légende est sur une échelle logarithmique. Une sélection de 8 années entre 2004 et 2023 est représentée.



Le package *pelarrp* inclus des fonctions pour calculer un certain nombre d'indice à partir des distributions (Tableau 1).

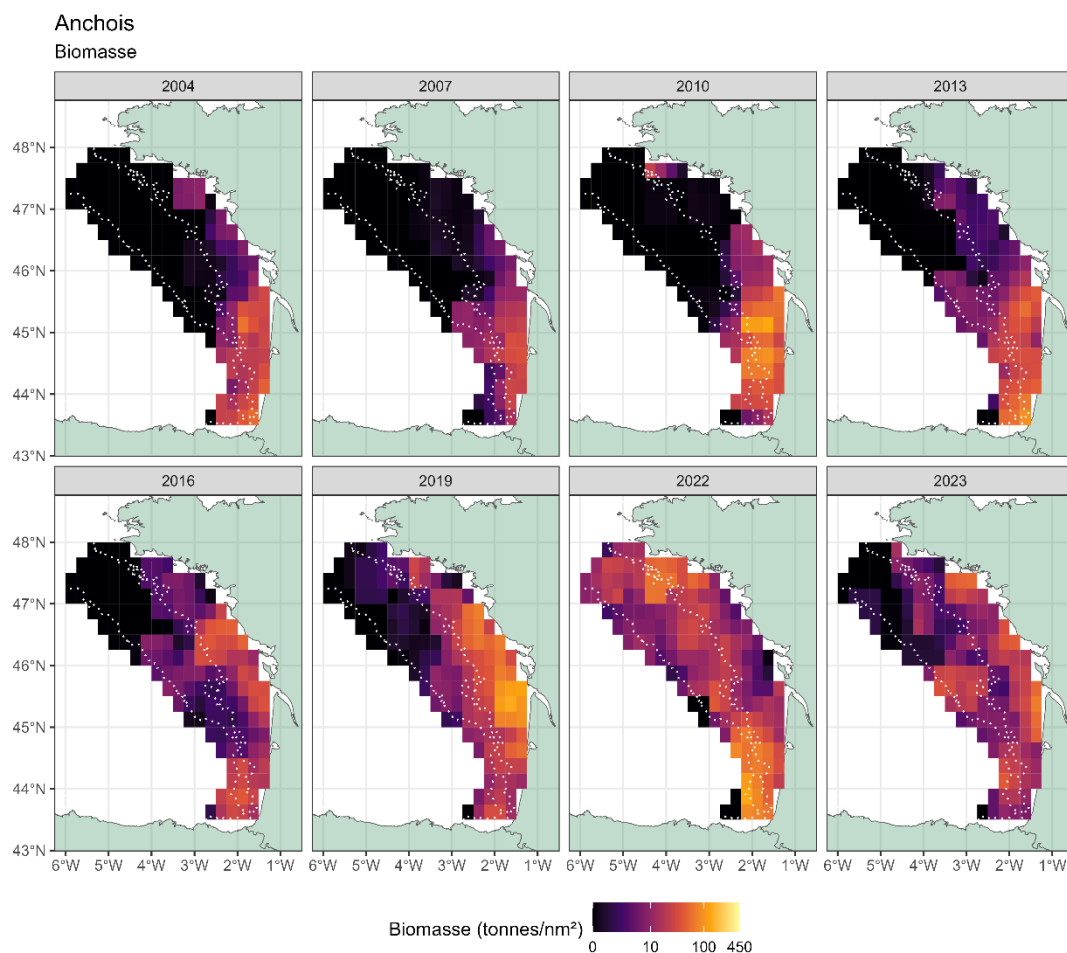
Tableau 1 : Fonctions disponibles dans le package *pelarrp* pour calculer des indices spatiaux. Le format requis est celui d'objet *sf* (Pebesma 2018).

Nom de la fonction	signification	Référence
ab_ratio	AB ratio	Greer & Woodson 2016
centre_of_gravity	Centre de gravité	Woillez <i>et al.</i> 2007
geomedian	Médiane géographique	Bech & Sabach 2015
gloc	Global collocation index	Woillez <i>et al.</i> 2007
inertia	Inertie	Woillez <i>et al.</i> 2007
schoe	Indice de Schoener	Schoener 1970

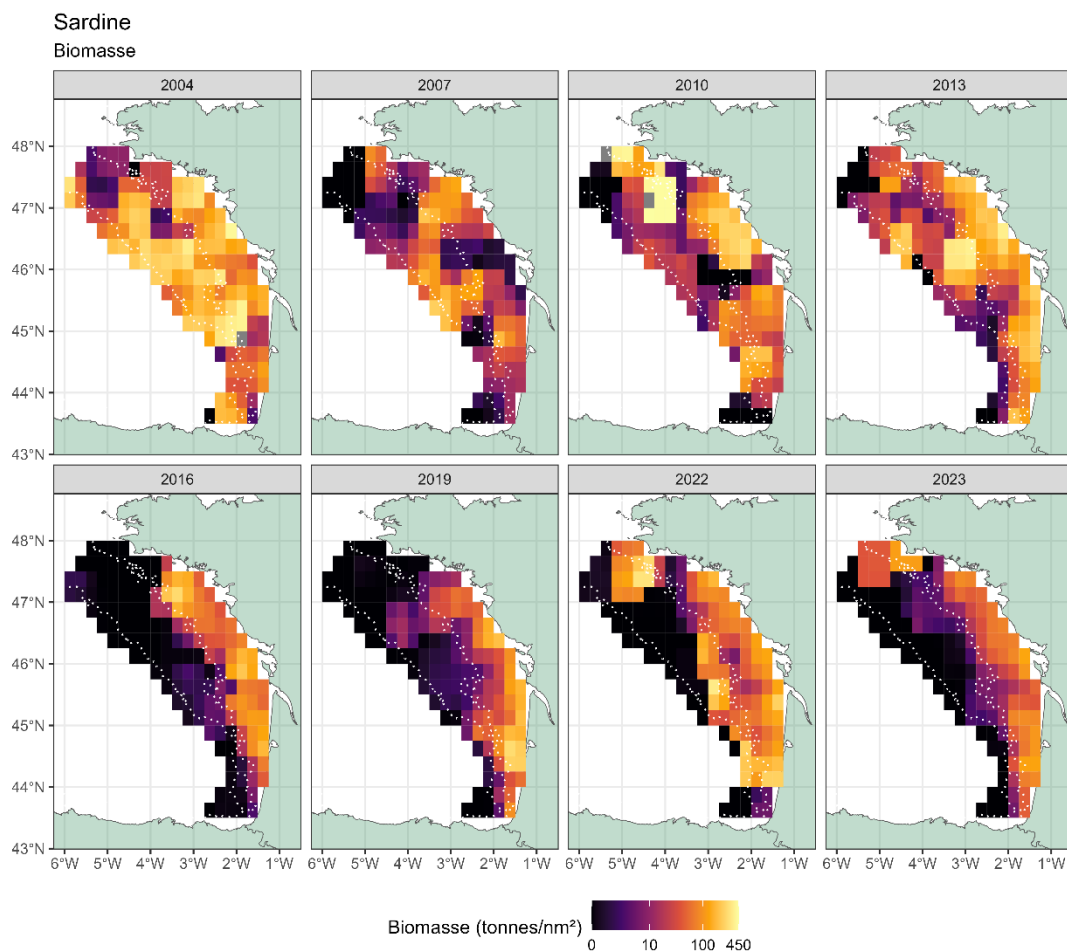


Graphique 3: Indice spatiaux de la distribution des dauphins communs au printemps (campagne PELGAS). Le centre de gravité ('cog', à gauche) et la médiane géographique ('geomed', à droite) sont représentés. Les lignes pointillées noires matérialisent les isobathes des 100 et 200 mètres.

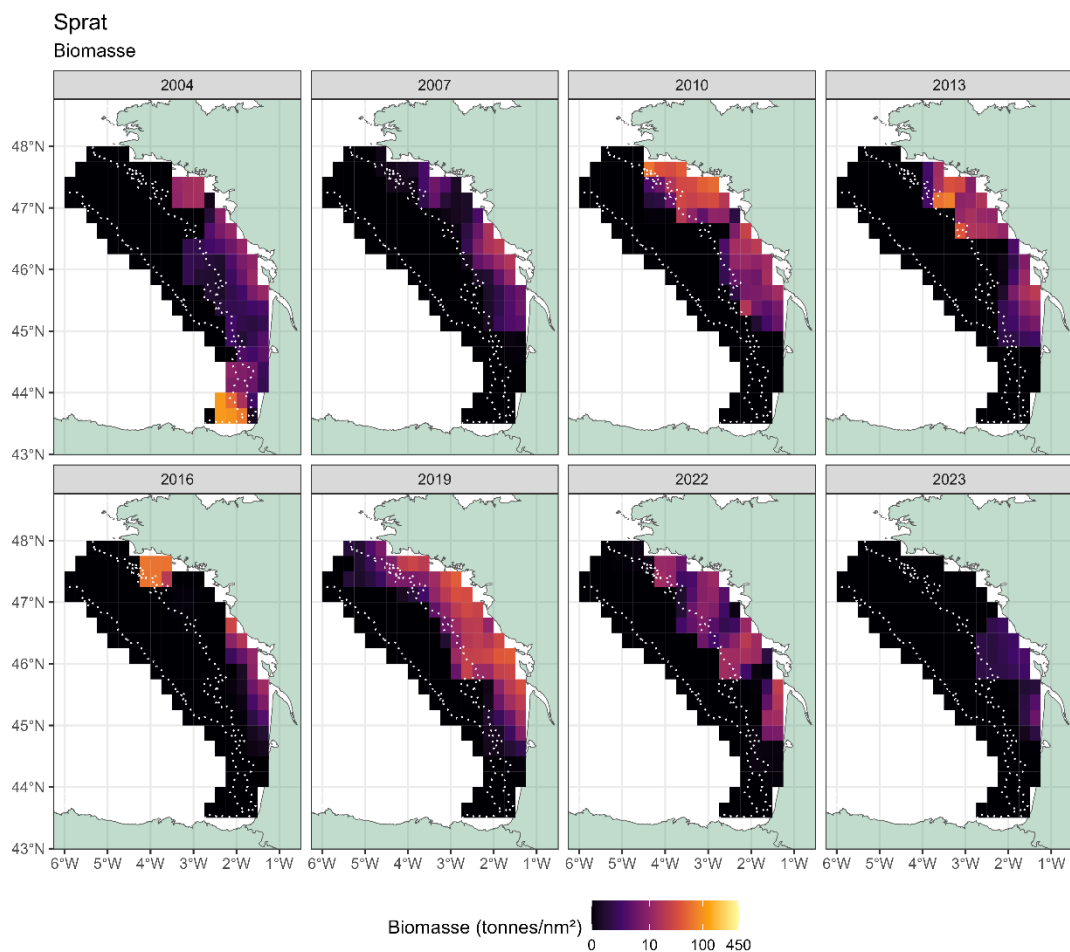
Les cartes de distributions des différentes espèces de petits poissons pélagiques sont représentées sur les graphiques 4 à 7.



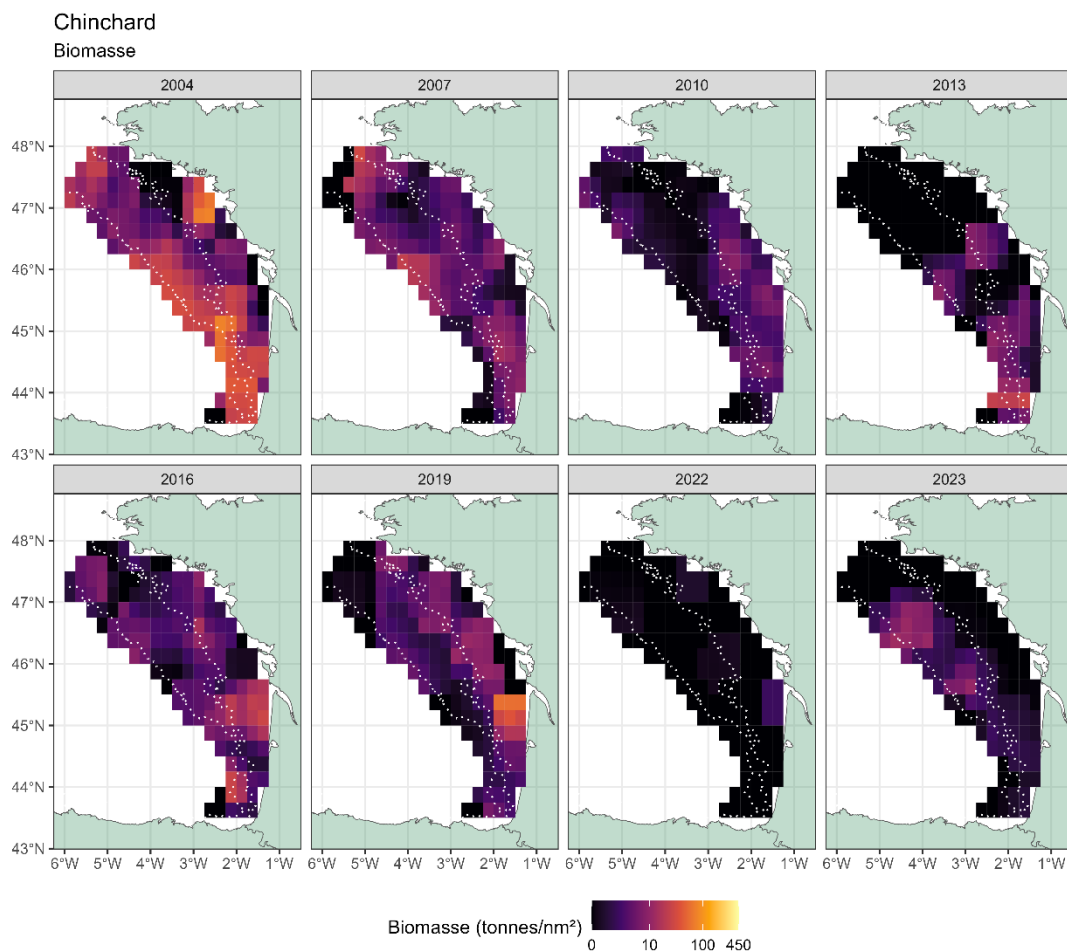
Graphique 4 : Distribution des anchois sur le plateau du golfe de Gascogne au printemps. Les lignes pointillées blanches matérialisent les isobathes des 100 et 200 mètres. La légende est sur une échelle logarithmique. Une sélection de 8 années entre 2004 et 2023 est représentée.



Graphique 5 : Distribution des sardines sur le plateau du golfe de Gascogne au printemps. Les lignes pointillées blanches matérialisent les isobathes des 100 et 200 mètres. La légende est sur une échelle logarithmique. Une sélection de 8 années entre 2004 et 2023 est représentée.



Graphique 6 : Distribution des sprats sur le plateau du golfe de Gascogne au printemps. Les lignes pointillées blanches matérialisent les isobathes des 100 et 200 mètres. La légende est sur une échelle logarithmique. Une sélection de 8 années entre 2004 et 2023 est représentée.



Graphique 7 : Distribution des chinchards sur le plateau du golfe de Gascogne au printemps. Les lignes pointillées blanches matérialisent les isobathes des 100 et 200 mètres. La légende est sur une échelle logarithmique. Une sélection de 8 années sur entre 2004 et 2023 est représentée.

### 3 Bibliographie

Beck, A. & Sabach, S. (2015) Weiszfeld's method: Old and new results. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 164, 1–40

Greer, A. T. & Woodson, C. B. (2016). Application of a predator–prey overlap metric to determine the impact of sub-grid scale feeding dynamics on ecosystem productivity. *ICES Journal of Marine Science*, 73, 1051–1061. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw001>

Pebesma, E. (2018) Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal* 10 (1), 439-446, <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>

R Core Team (2024) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Schoener, T. W. (1970). Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology*, 51, 408–418.

Wuillez, M., Poulard, J.-C., Rivoirard, J., Petitgas, P., Bez, N. (2007) Indices for Capturing Spatial Patterns and their Evolution in Time, with Application to European Hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, Vol. 64, No. 3, p. 537-550

Wood, S. N., Bravington, M. V., Hedley, S. L. (2008) Soap film smoothing. *J. R. Statist. Soc. B* 70, Part 5, pp. 931–955

## 4 Annexes

*Annexe 1 : Code R pour générer les graphiques du livrable*

```
##-----
## SCRIPT : Showcasing the pelarrp package (2)
##
## Authors : Matthieu Authier
## Last update : 2025-01-31
##
## R version 4.4.1 (2024-06-14 ucrt) -- "Race for Your Life"
## Copyright (C) 2024 The R Foundation for Statistical Computing
## Platform: x86_64-w64-mingw32/x64
##-----

lapply(c("tidyverse", "lubridate", "skimr", "mvtnorm", "sf", "rstan", "loo", "pelarrp"),
       library, character.only = TRUE
    )

# Dolphin distribution
?pelgasDdel

# need a regular grid on the Bay of Biscay
data(pelgasGrid)

shelf <- pelgasGrid %>%
  select(id, shelf) %>%
  distinct()

pelgasGrid <- pelgasGrid %>%
  st_as_sf(coords = c("X", "Y"), crs = 4326) %>%
  group_by(L1, L2) %>%
  summarise(do_union = FALSE) %>%
  mutate(id = 1:n()) %>%
  st_cast("POLYGON") %>%
  ungroup() %>%
  select(-L1, -L2) %>%
  left_join(.,
           shelf
           ) %>%
  st_cast()
rm(shelf)

data(pelgasDdel)
pelgasDdel <- pelgasDdel %>%
  filter(!is.na(dolphin_density)) %>%
  left_join(.,
           pelgasGrid
           ) %>%
  st_as_sf() %>%
  filter(shelf == 1)
```

```

# add isobath
data(isobath)
contour_name <- isobath %>%
  select(L1, Contour) %>%
  distinct()

isobath <- isobath %>%
  st_as_sf(coords = c("X", "Y"), crs = 4326) %>%
  group_by(L1) %>%
  summarise(do_union = FALSE) %>%
  st_cast("LINESTRING") %>%
  ungroup() %>%
  left_join(.,
    contour_name
  ) %>%
  select(-L1) %>%
  st_cast()
rm(contour_name)

pelgasDdel %>%
  filter(preying == first(preying)) %>%
  select(year, dolphin_density, geometry) %>%
  filter(year %in% c(2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019, 2022, 2023)) %>%
  st_cast() %>%
  ggplot() +
  geom_sf(aes(fill = dolphin_density, color = NA) +
  geom_sf(data = isobath,
    aes(), color = "white", linetype = "dotted"
  ) +
  facet_wrap(~ year, ncol = 4) +
  scale_fill_viridis_c(name = "Densité (ind/km²)", trans = "log1p",
    breaks = c(0, 0.1, 1, 2),
    limits = c(0, 2)
  ) +
  coord_sf(xlim = c(-6, -0.75), ylim = c(43.25, 48.50)) +
  theme(legend.position = "bottom") +
  labs(title = "Dauphin commun",
    subtitle = "Densité au printemps"
  )

```



```

### compute the cog
dd_centralisation <- map_dfr(.x = c(2004:2019, 2021:2023),
  .f = function(y) {
    centre_of_gravity(sfdf = pelgasDdel %>%
      filter(year == y) %>%
      distinct() %>%
      select(year, dolphin_density, geometry) %>%
      st_cast(),
      weight = "dolphin_density"
    )
  }) %>%
mutate(metrics = "cog") %>%
rbind(.,
  map_dfr(.x = c(2004:2019, 2021:2023),
    .f = function(y) {
      geomedian(sfdf = pelgasDdel %>%
        filter(year == y) %>%
        distinct() %>%
        select(year, dolphin_density, geometry),
        weight = "dolphin_density"
      )
    }) %>%
  mutate(metrics = "geomed")
) %>%
mutate(year = rep(c(2004:2019, 2021:2023), 2)) %>%
st_cast()

theme_set(theme_bw())
dd_centralisation %>%
ggplot() +
geom_sf(data = isobath,
  aes(), color = "black", linetype = "dotted"
) +
geom_sf(aes(color = year)) +
facet_wrap(~ metrics) +
coord_sf(xlim = c(-6, -0.75), ylim = c(43.25, 48.50)) +
scale_color_viridis_c(name = "Year",
  option = "magma"
) +
theme(legend.position = "bottom") +
labs(title = "Dauphin commun",
  subtitle = "Indice spatiaux (G: centre de gravité | D: médiane)"
)

```

```

# small pelagic fish
pelgasDdel %>%
  group_by(year, geometry) %>%
  summarize(pre_y_biomass = sum(pre_y_biomass)) %>%
  ungroup() %>%
  filter(year %in% c(2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019, 2022, 2023)) %>%
  st_cast() %>%
  ggplot() +
  geom_sf(aes(fill = pre_y_biomass), color = NA) +
  geom_sf(data = isobath,
    aes(), color = "white", linetype = "dotted"
  ) +
  facet_wrap(~ year, ncol = 4) +
  scale_fill_viridis_c(name = "Biomasse (tonnes/nm²)", trans = "log1p",
    breaks = c(0, 10, 100, 450),
    limits = c(0, 450),
    option = "inferno"
  ) +
  coord_sf(xlim = c(-6, -0.75), ylim = c(43.25, 48.50)) +
  theme(legend.position = "bottom") +
  labs(title = "Petits Poissons Pelagiques",
    subtitle = "Biomasse"
  )

# anchovies
pelgasDdel %>%
  filter(pre_y_species == "ENGR-ENC") %>%
  group_by(year, geometry) %>%
  summarize(pre_y_biomass = sum(pre_y_biomass)) %>%
  ungroup() %>%
  filter(year %in% c(2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019, 2022, 2023)) %>%
  st_cast() %>%
  ggplot() +
  geom_sf(aes(fill = pre_y_biomass), color = NA) +
  geom_sf(data = isobath,
    aes(), color = "white", linetype = "dotted"
  ) +
  facet_wrap(~ year, ncol = 4) +
  scale_fill_viridis_c(name = "Biomasse (tonnes/nm²)", trans = "log1p",
    breaks = c(0, 10, 100, 450),
    limits = c(0, 450),
    option = "inferno"
  ) +
  coord_sf(xlim = c(-6, -0.75), ylim = c(43.25, 48.50)) +
  theme(legend.position = "bottom") +
  labs(title = "Anchois",
    subtitle = "Biomasse"
  )

```

```
# sardines
pelgasDdel %>%
  filter(preyspecies == "SARD-PIL") %>%
  group_by(year, geometry) %>%
  summarize(preyspecies = sum(preyspecies)) %>%
  ungroup() %>%
  filter(year %in% c(2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019, 2022, 2023)) %>%
  st_cast() %>%
  ggplot() +
  geom_sf(aes(fill = preyspecies, color = NA) +
  geom_sf(data = isobath,
    aes(), color = "white", linetype = "dotted"
  ) +
  facet_wrap(~ year, ncol = 4) +
  scale_fill_viridis_c(name = "Biomasse (tonnes/nm²)", trans = "log1p",
    breaks = c(0, 10, 100, 450),
    limits = c(0, 450),
    option = "inferno"
  ) +
  coord_sf(xlim = c(-6, -0.75), ylim = c(43.25, 48.50)) +
  theme(legend.position = "bottom") +
  labs(title = "Sardine",
    subtitle = "Biomasse"
  )

# horse mackerel
pelgasDdel %>%
  filter(preyspecies == "TRAC-TRS") %>%
  group_by(year, geometry) %>%
  summarize(preyspecies = sum(preyspecies)) %>%
  ungroup() %>%
  filter(year %in% c(2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019, 2022, 2023)) %>%
  st_cast() %>%
  ggplot() +
  geom_sf(data = NEA,
    aes(), fill = "seagreen", alpha = 0.3
  ) +
  geom_sf(aes(fill = preyspecies, color = NA) +
  geom_sf(data = isobath,
    aes(), color = "white", linetype = "dotted"
  ) +
  facet_wrap(~ year, ncol = 4) +
  scale_fill_viridis_c(name = "Biomasse (tonnes/nm²)", trans = "log1p",
    breaks = c(0, 10, 100, 450),
    limits = c(0, 450),
    option = "inferno"
  ) +
  coord_sf(xlim = c(-6, -0.75), ylim = c(43.25, 48.50)) +
  theme(legend.position = "bottom") +
  labs(title = "Chincharde",
    subtitle = "Biomasse"
  )
```

```
# sprat
pelgasDdel %>%
  filter(pre_y_species == "SPRA-SPR") %>%
  group_by(year, geometry) %>%
  summarize(pre_y_biomass = sum(pre_y_biomass)) %>%
  ungroup() %>%
  filter(year %in% c(2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019, 2022, 2023)) %>%
  st_cast() %>%
  ggplot() +
  geom_sf(aes(fill = pre_y_biomass, color = NA) +
  geom_sf(data = isobath,
    aes(), color = "white", linetype = "dotted"
  ) +
  facet_wrap(~ year, ncol = 4) +
  scale_fill_viridis_c(name = "Biomases (tonnes/nm²)", trans = "log1p",
    breaks = c(0, 10, 100, 450),
    limits = c(0, 450),
    option = "inferno"
  ) +
  coord_sf(xlim = c(-6, -0.75), ylim = c(43.25, 48.50)) +
  theme(legend.position = "bottom") +
  labs(title = "Sprat",
    subtitle = "Biomasse"
  )
)
```

```

### compute the global collocation index
combination <- pelgasDdel %>%
  st_drop_geometry() %>%
  select(year, prey_id, prey_species, prey_bodylength_cm, prey_location_in_water_column) %>%
  distinct()

collocation <- map2(.x = combination %>%
  pull(year),
  .y = combination %>%
  pull(preid),
  .f = function(x, y) {
    gloc(sfd1 = pelgasDdel %>%
      filter(year == x,
              prey_id == y
            ) %>%
      rename(response = prey_biomass) %>%
      select(year, response, geometry) %>%
      st_cast() %>%
      st_transform(crs = 2154),
      sfd2 = pelgasDdel %>%
      filter(year == x,
              prey_id == y
            ) %>%
      rename(response = dolphin_density) %>%
      select(year, response, geometry) %>%
      st_cast() %>%
      st_transform(crs = 2154),
      weight = "response"
    )
  }
)

combination <- combination %>%
  mutate(gloc = do.call('c', collocation))

rm(collocation)

theme_set(theme_bw())
combination %>%
  ggplot(aes(x = year, y = gloc, group = prey_id, color = prey_species)) +
  geom_line() +
  facet_grid(preid_location_in_water_column ~ prey_bodylength_cm) +
  scale_color_viridis_d(name = "Prey species") +
  scale_y_continuous(name = "Global index of collocation", limits = c(0, 1), breaks = seq(0, 1, 0.2)) +
  theme(legend.position = "bottom") +
  labs(title = "Global index of collocation",
        subtitle = "Densité de dauphins & Biomasse des petits poissons pélagiques"
  )

```