

Réunion SOCLIM, 26 mai 2015



SOUTHERN OCEAN AND CLIMATE
FIELD STUDIES WITH INNOVATIVE TOOLS

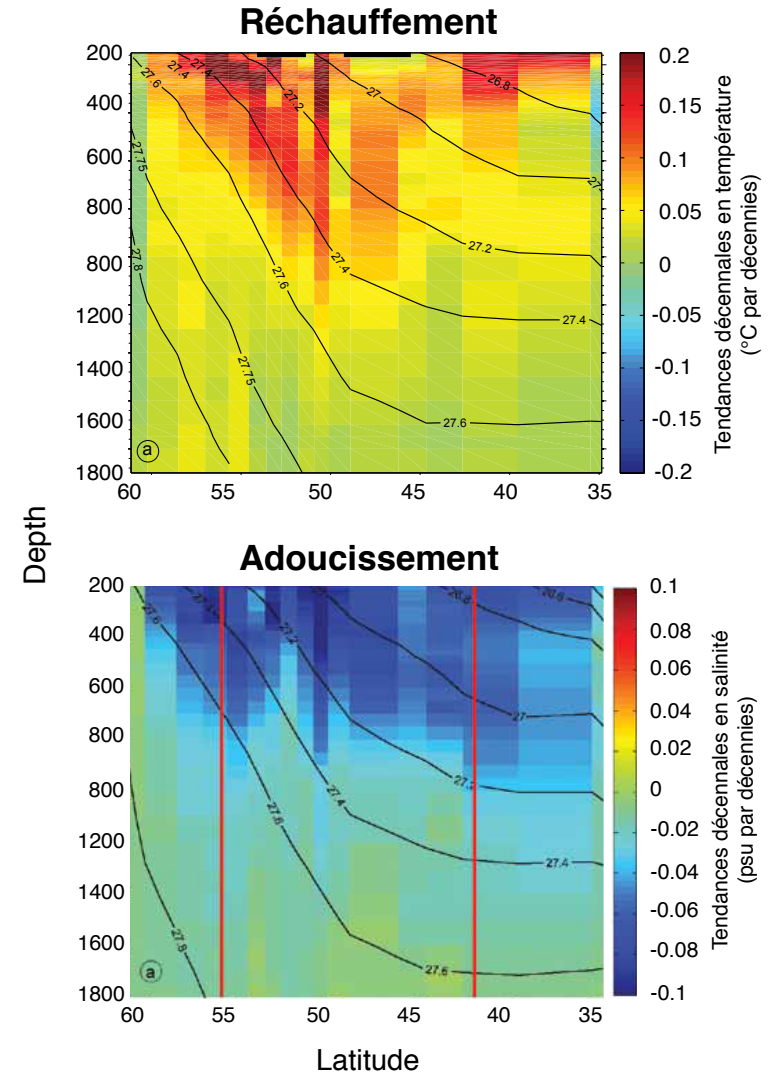
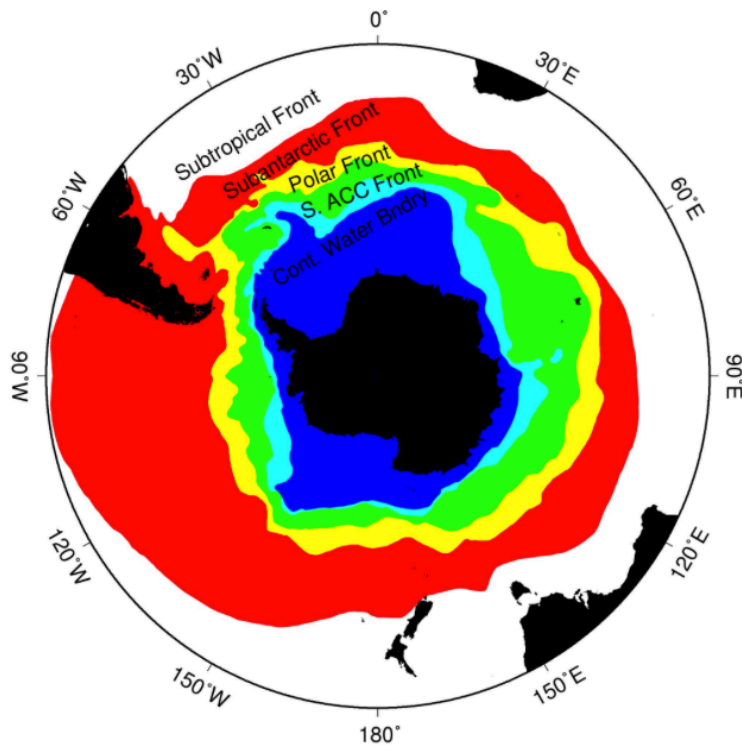
Biogéographie et spécificités bio-optiques de
l'océan Austral :
Couplage des satellites aux flotteurs Bio-Argo

Mathieu Ardyna, Hervé Claustre, Bernard Gentili...
Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV)



L'OCÉAN AUSTRAL: SENTINELLE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

1. Réchauffement et adoucissement de la colonne d'eau (1960-2006)



L'OCÉAN AUSTRAL: SENTINELLE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

1. Réchauffement et adoucissement de la colonne d'eau (1960-2006; Gille 2008, Sokolov and Rintoul, 2009).
2. Changement dans la distribution spatiale des espèces phytoplanctoniques, telles que la migration vers le sud des coccolithophores (Cubillos et al. 2008, Winter 2013)

L'OCÉAN AUSTRAL: SENTINELLE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

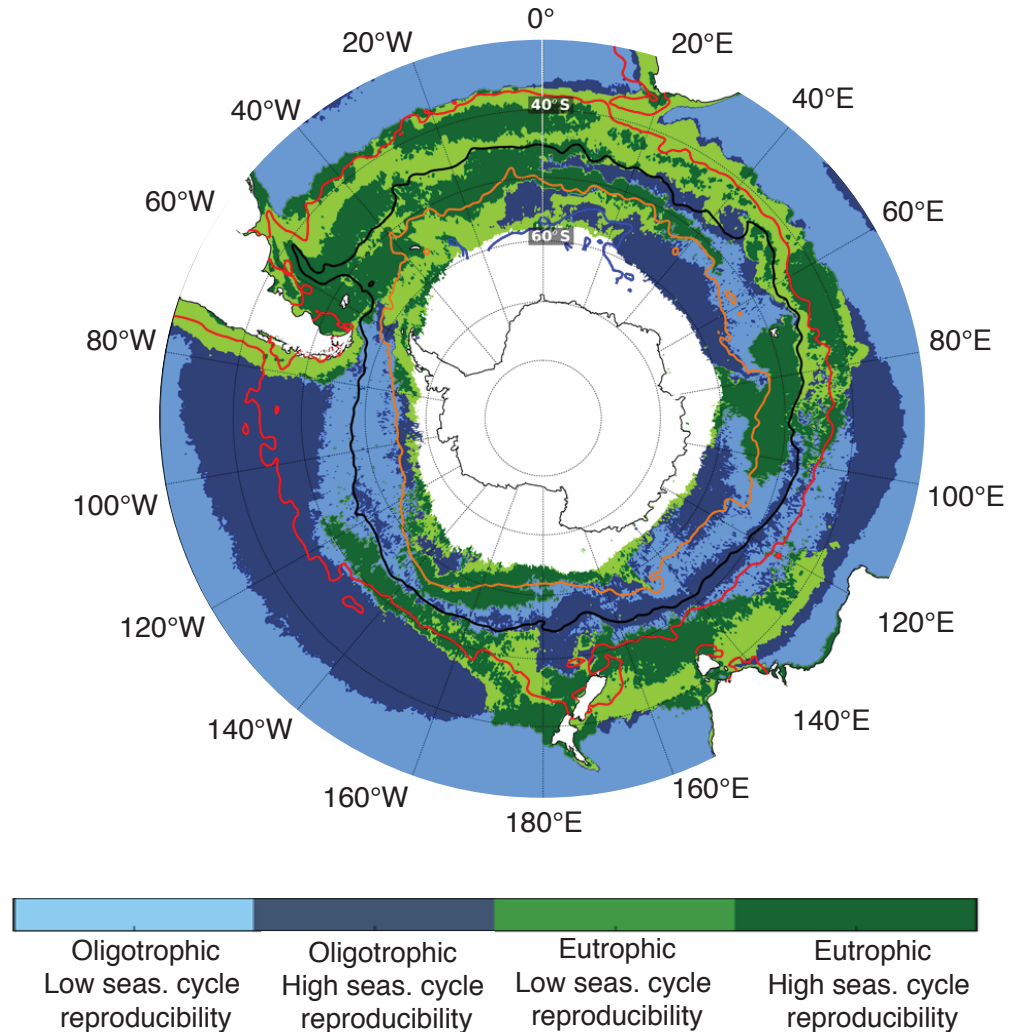
1. Réchauffement et adoucissement de la colonne d'eau (1960-2006; Gille 2008, Sokolov and Rintoul, 2009).
2. Changement dans la distribution spatiale des espèces phytoplanctoniques, telles que la migration vers le sud des coccolithophores (Cubillos et al. 2008, Winter 2013)
3. Prédications futures de l'efficacité de l'océan Austral à capter le carbone atmosphérique (Le Queré et al. 2007, Zickfeld et al. 2008, Takahashi et al., 2012).

BIOGÉOGRAPHIE COMPLEXE DE L'OCÉAN AUSTRAL

Nécessité de :

Documenter la **biogéographie complexe** de l'OA pour palier à ces incertitudes.

Développer de **nouvelles approches d'observation**, à cause l'éloignement du OA, pour étudier l'étude des **changements potentiels du cycle du carbone**.



OBJECTIFS

Biogéographie et spécificités bio-optiques de l'océan Austral : *Couplage des satellites aux flottes Bio-Argo*

1. Définir une **bio-régionalisation de l'OA** basée sur des variables satellitaires environnementales et biologiques.

OBJECTIFS

Biogéographie et spécificités bio-optiques de l'océan Austral : *Couplage des satellites aux flottes Bio-Argo*

1. Définir une **bio-régionalisation de l'OA** basée sur des variables satellitaires environnementales et biologiques.
2. Développer des **paramétrisations spécifiques à l'OA** reliant les **propriétés biogéochimiques de surface** à leur **distribution verticale**.

OBJECTIFS

Biogéographie et spécificités bio-optiques de l'océan Austral : *Couplage des satellites aux flottes Bio-Argo*

1. Définir une **bio-régionalisation de l'OA** basée sur des variables satellitaires environnementales et biologiques.
2. Développer des **paramétrisations spécifiques à l'OA** reliant les **propriétés biogéochimiques de surface** à leur distribution verticale.
3. Affiner les paramétrisations des **modèles actuels satellitaires de la PP et de l'export de carbone** en documentant **les spécificités régionales**

1. BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL

BOTTOM APPROACH:

Variables environnementales satellitales

Variable	Période	Source
PAR	2003-2014	Globcolour
CDOM	2003-2014	Globcolour
Kd	2003-2014	Globcolour
Salinité	2010-2014	SMOS
Température	2003-2014	MODIS
Glace de mer	2003-2014	NSIDC
Hauteur de la mer	2003-2014	AVISO
Courant	2003-2014	AVISO
Stress éolien	2003-2014	Quicksat/...
Flux de chaleur	Model	ECMWF
Couche de mélange	Climatologie	MIMOC
Bathymétrie	-	GEBCO

1. BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL

BOTTOM APPROACH:

Variables environnementales satellitales

Variable	Période	Source
PAR	2003-2014	Globcolour
CDOM	2003-2014	Globcolour
Kd	2003-2014	Globcolour
Salinité	2010-2014	SMOS
Température	2003-2014	MODIS
Glace de mer	2003-2014	NSIDC
Hauteur de la mer	2003-2014	AVISO
Courant	2003-2014	AVISO
Stress éolien	2003-2014	Quicksat/...
Flux de chaleur	Model	ECMWF
Couche de mélange	Climatologie	MIMOC
Bathymétrie	-	GEBCO

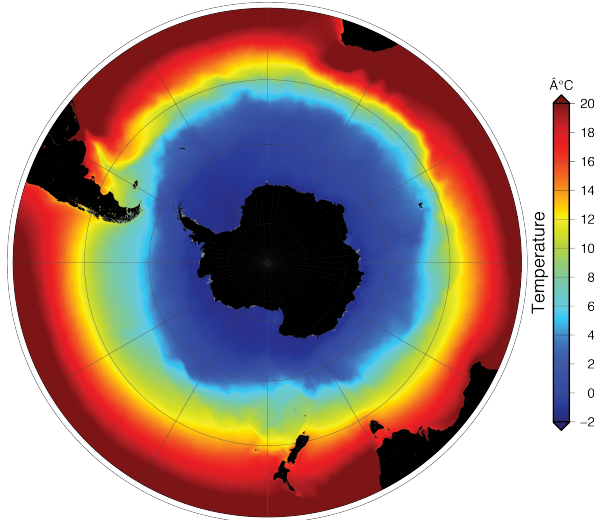
Plusieurs méthodes pour définir des bio-régions :

- *Fuzzy logic*
- *Analyse spatiale des composantes principales*
- *K means*
- **SOM (Self organizing map; Réseau de neurones).**

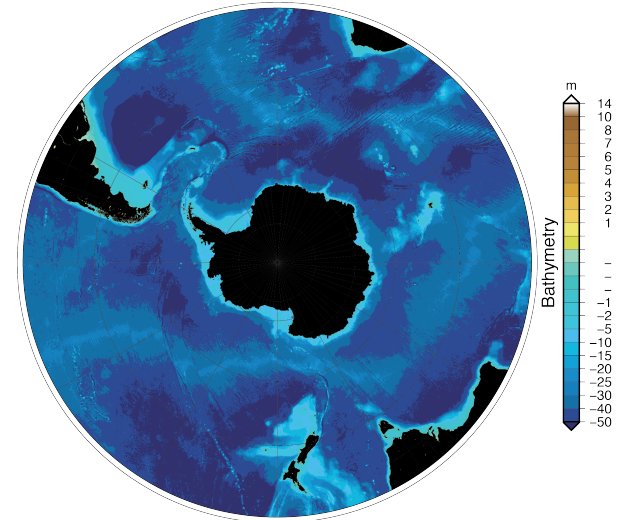
(IOCCG report 9)

1. BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL : RÉGIMES HYDROGRAPHIQUES

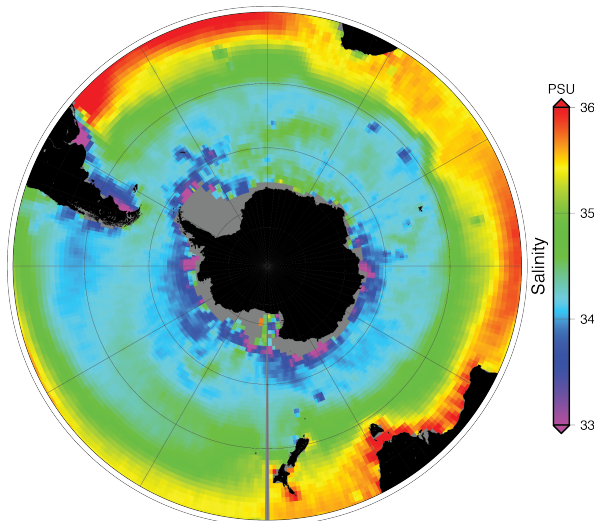
Température (°C)



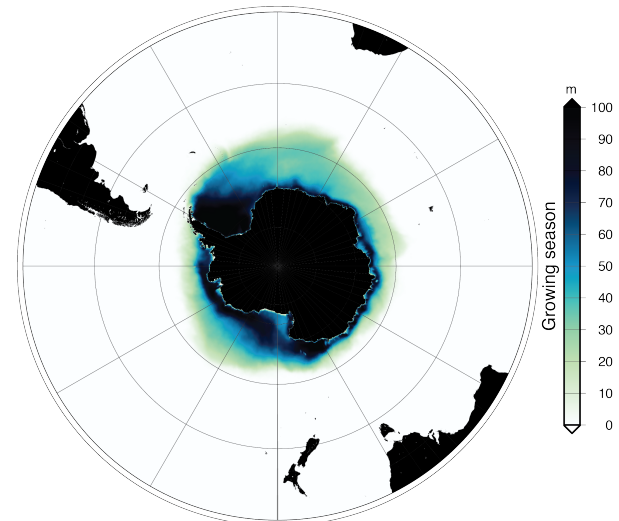
Bathymétrie (m)



Salinité (PSU)

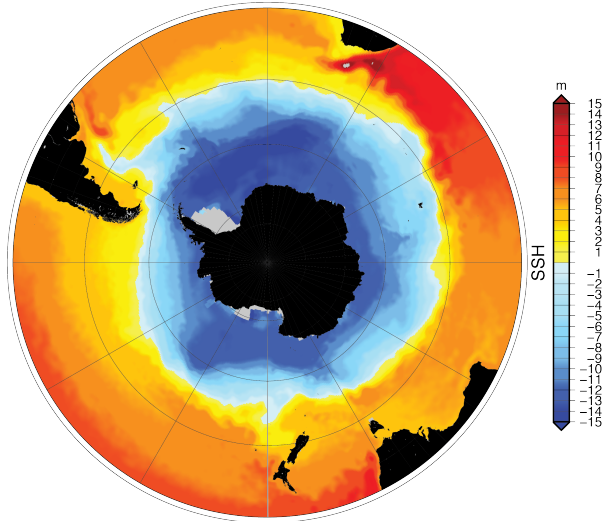


Glace de mer (%)

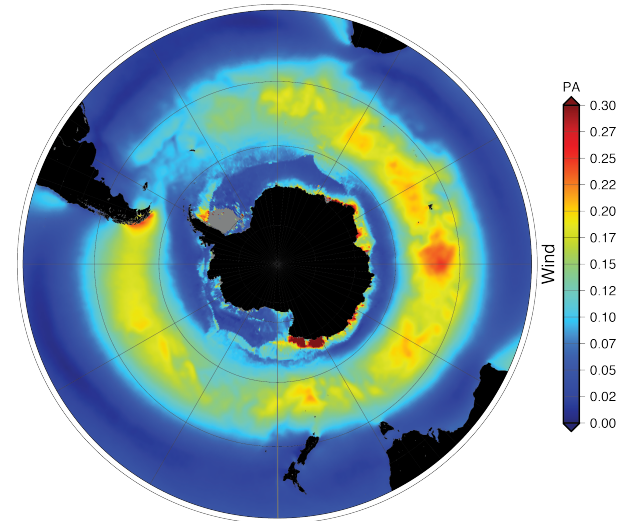


1. BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL : FORÇAGES ATMOSPHÉRIQUES

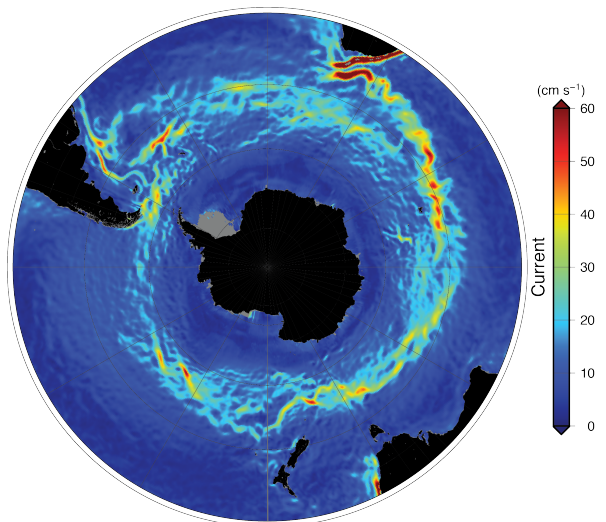
Hauteur de mer (m)



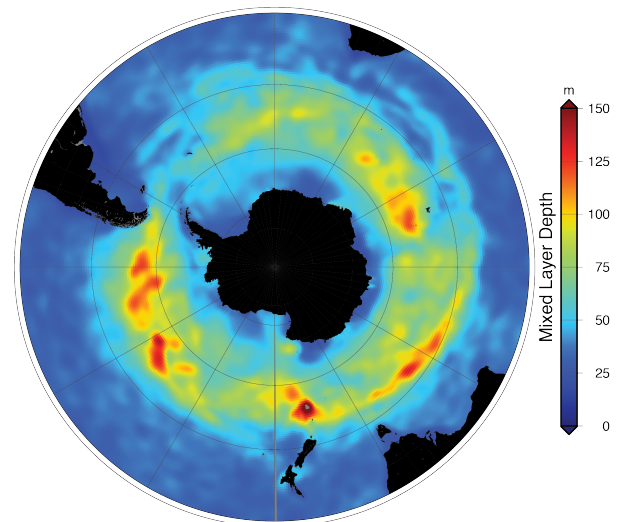
Stress éolien (N m^{-2})



Courant (cm s^{-1})

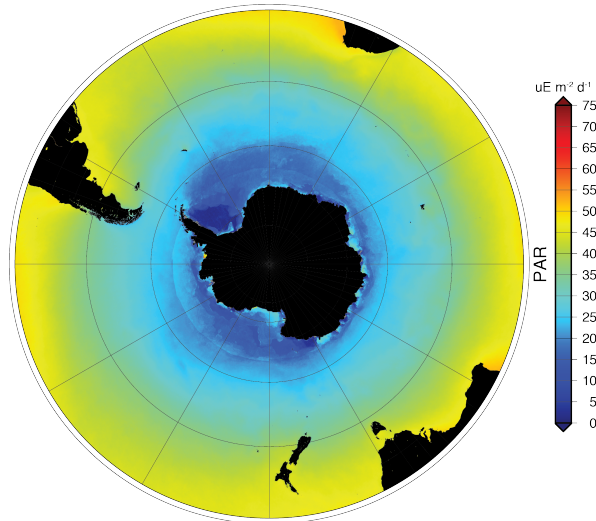


Couche de mélange (m)

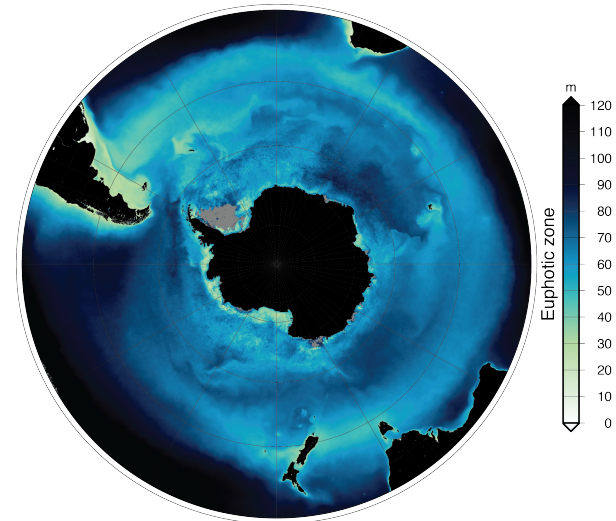


1. BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL : PROPRIÉTÉS BIO-OPTIQUES

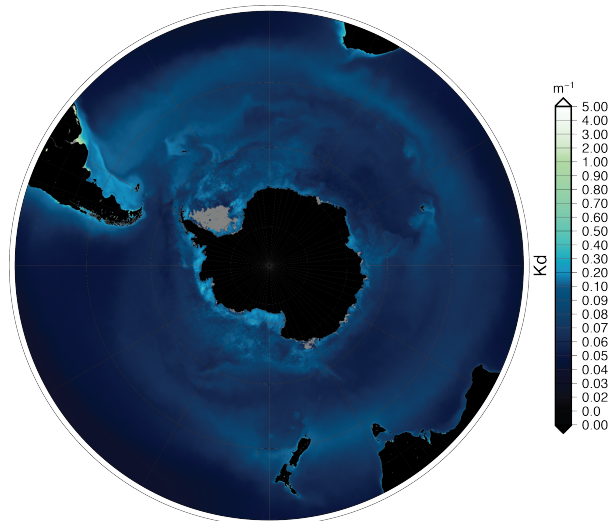
Éclairement ($E \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)



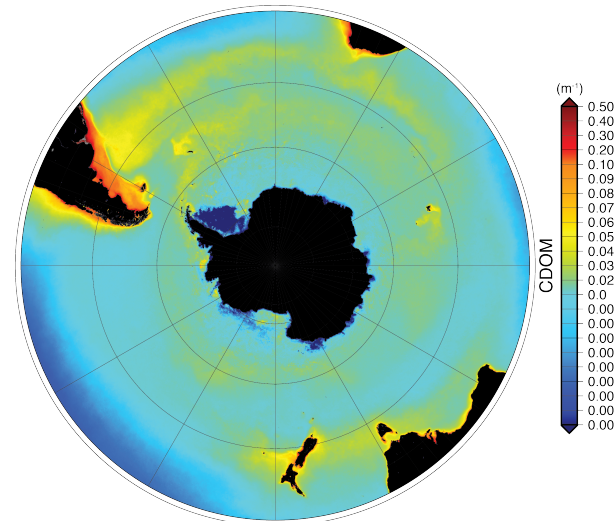
Zone euphotique (m)



Coefficient d'atténuation (m^{-1})

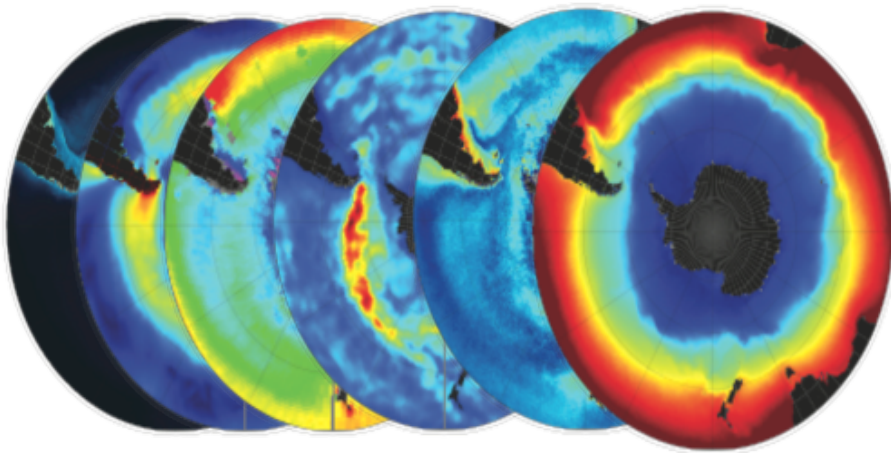


CDOM (m^{-1})



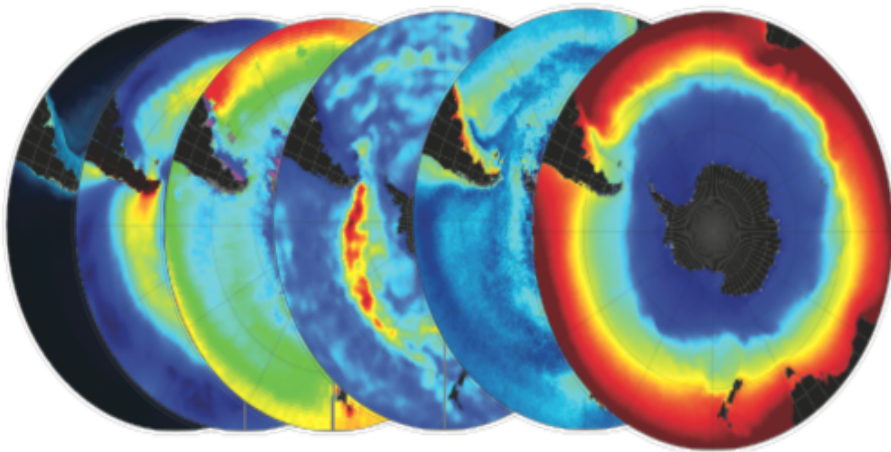
1. PRINCIPE DES SELF ORGANIZING MAP: RÉSEAU DE NEURONES

Chaque pixel défini par un ensemble
de variables environnementales



1. PRINCIPE DES SELF ORGANIZING MAP: RÉSEAU DE NEURONES

Chaque pixel défini par un ensemble de variables environnementales



Neuronal network (grid 25x25)

Chaque neurone représente un ensemble local de pixels avec des conditions environnementales similaires

Les neurones voisins ont des conditions environnementales relativement similaires, permettant de détecter des corrélations et structures dans l'environnement

1. PRINCIPE DES SELF ORGANIZING MAP: RÉSEAU DE NEURONES

Étape & Objectif

Sélection pertinente des variables
environnementales

Méthode & Statistique

Éviter la collinéarité des variables

1. PRINCIPE DES SELF ORGANIZING MAP: RÉSEAU DE NEURONES

Étape & Objectif

Sélection pertinente des variables environnementales



Détermination de la taille du réseau de neurones

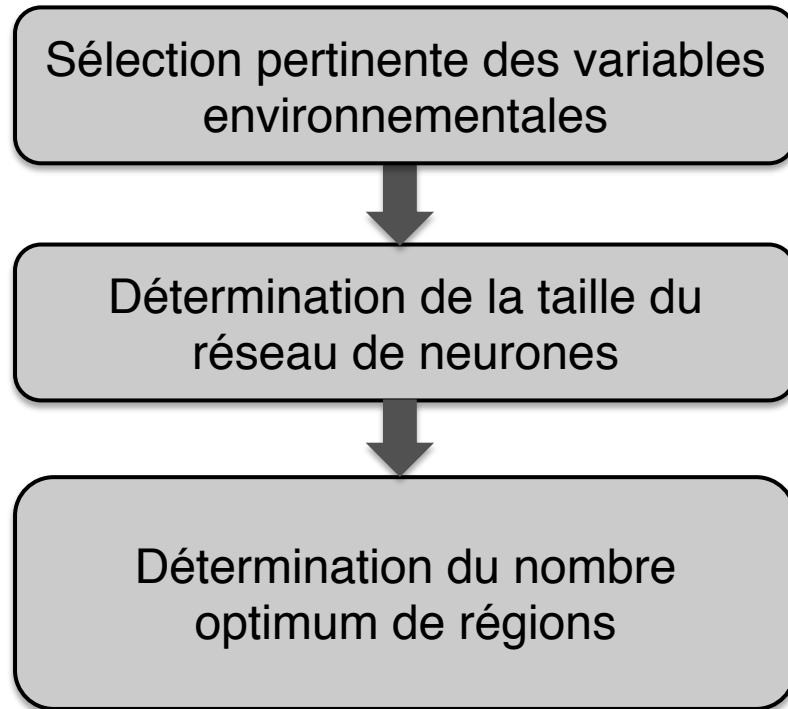
Méthode & Statistique

Éviter la collinéarité des variables

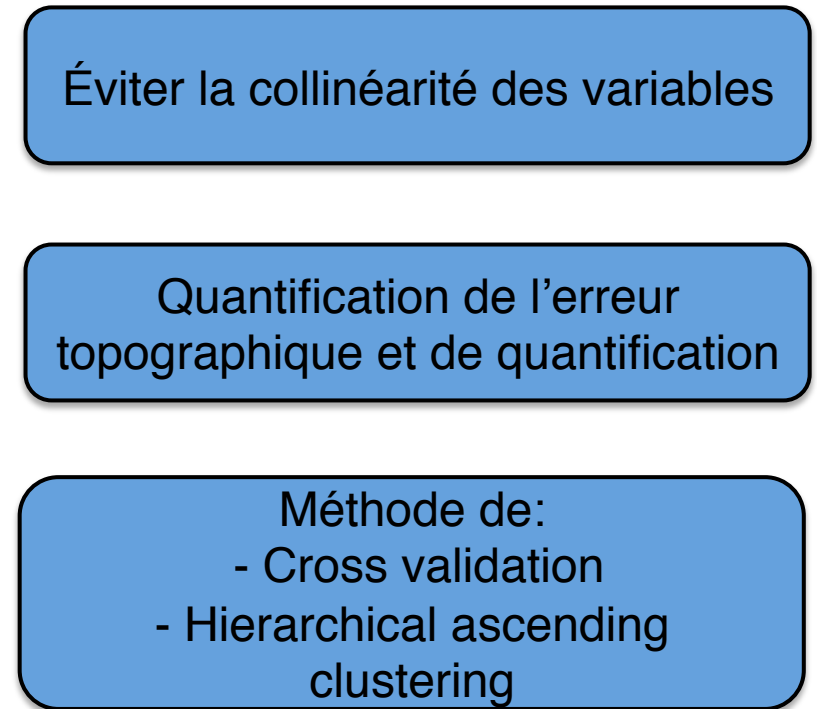
Quantification de l'erreur topographique et de quantification

1. PRINCIPE DES SELF ORGANIZING MAP: RÉSEAU DE NEURONES

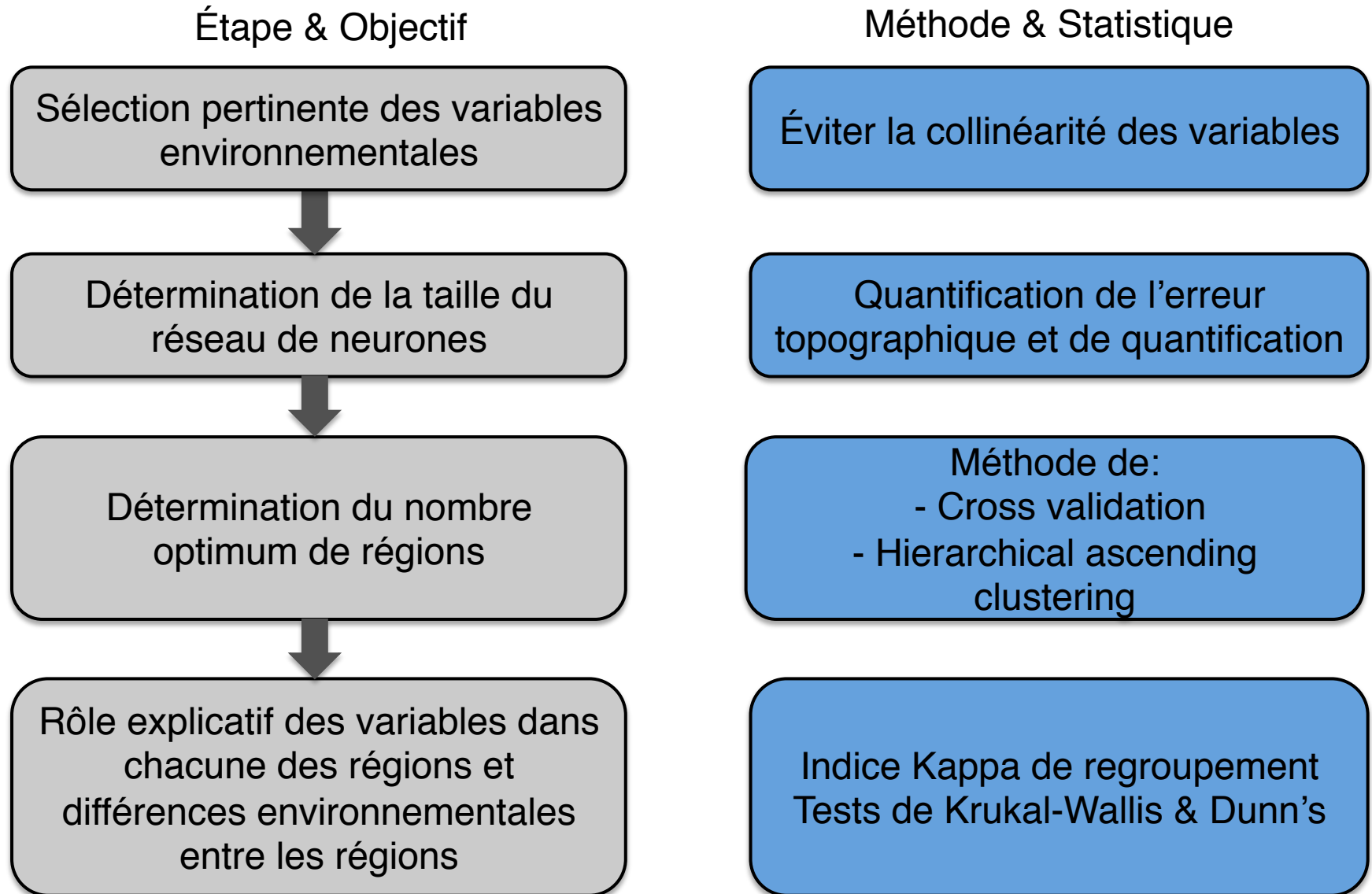
Étape & Objectif



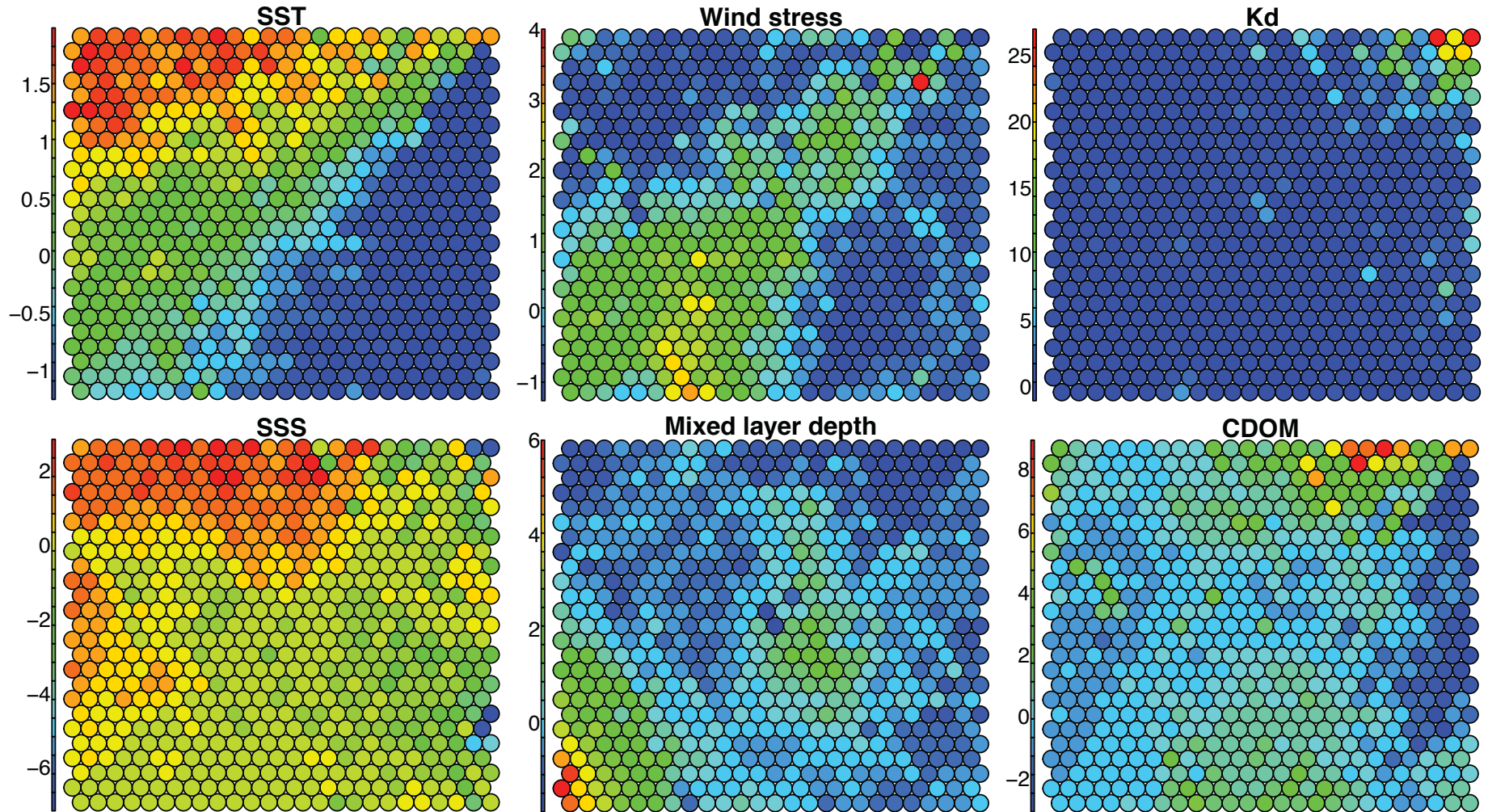
Méthode & Statistique



1. PRINCIPE DES SELF ORGANIZING MAP: RÉSEAU DE NEURONES



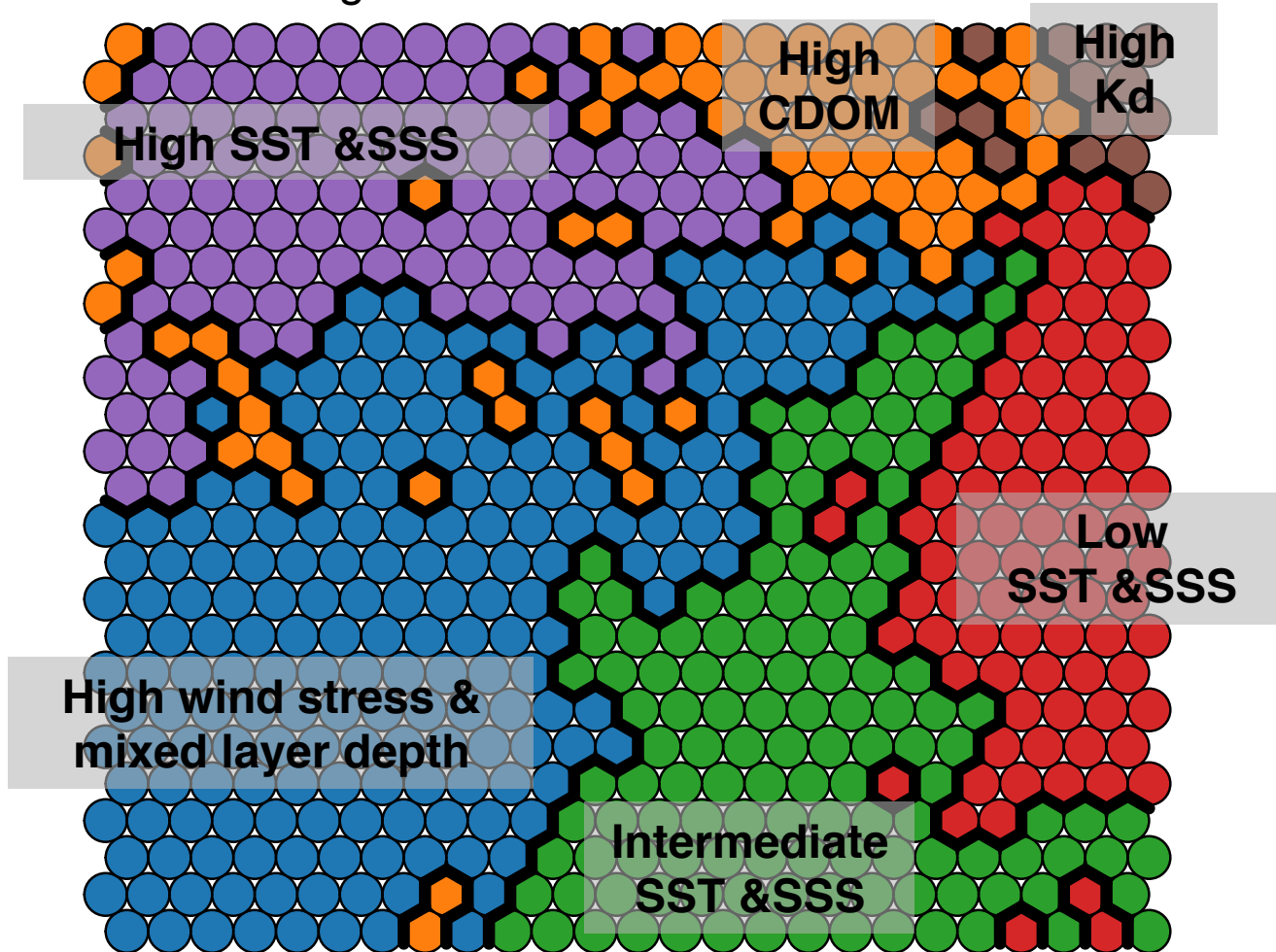
1. EXEMPLE DE BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL



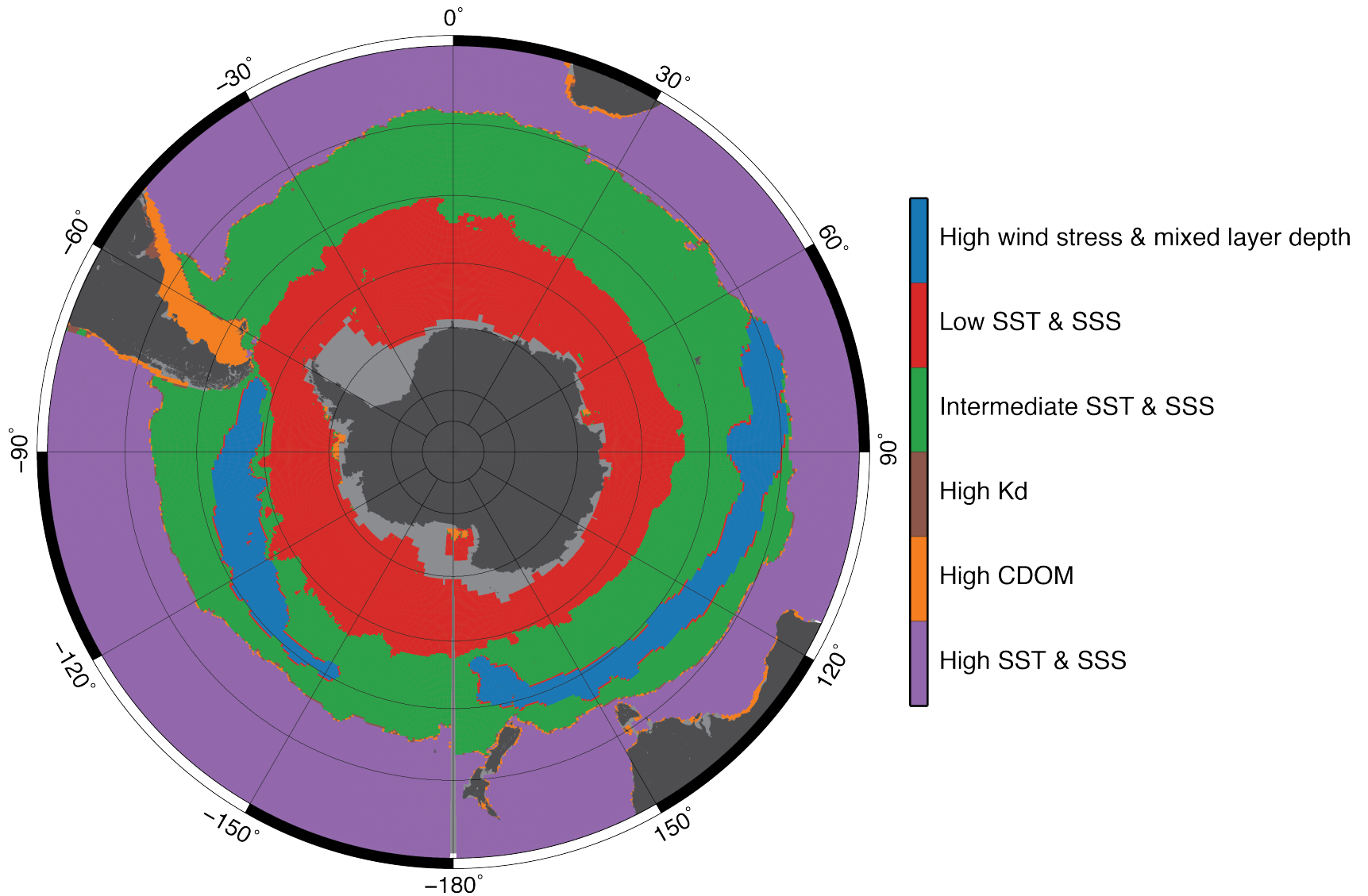
1. EXEMPLE DE BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL

Clustering (Ward-D method):

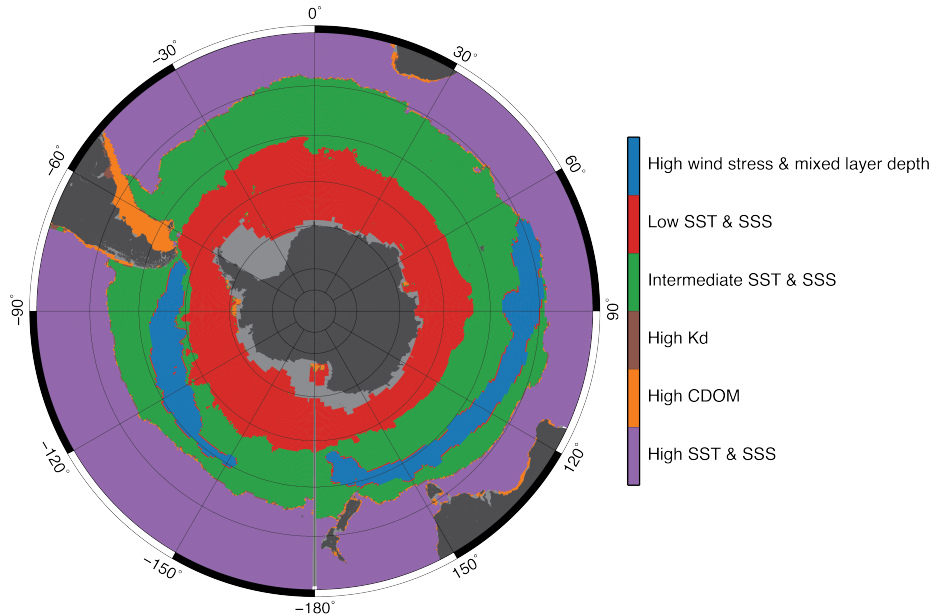
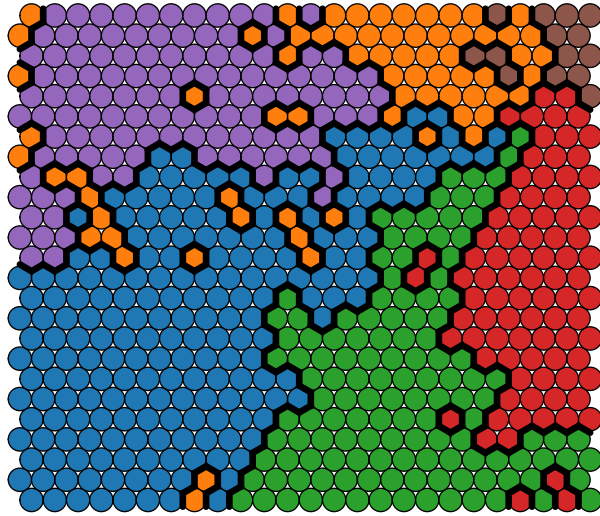
6 bio-regions distinctes dans l'océan Austral



1. EXEMPLE DE BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL



1. EXEMPLE DE BIO-RÉGIONALISATION DE L'OCÉAN AUSTRAL




Perspectives:

Biogéographie dynamique antérieure (2003-2014) et instantanée

Cohérence spatiale avec les régimes de productivité phytoplanctonique??

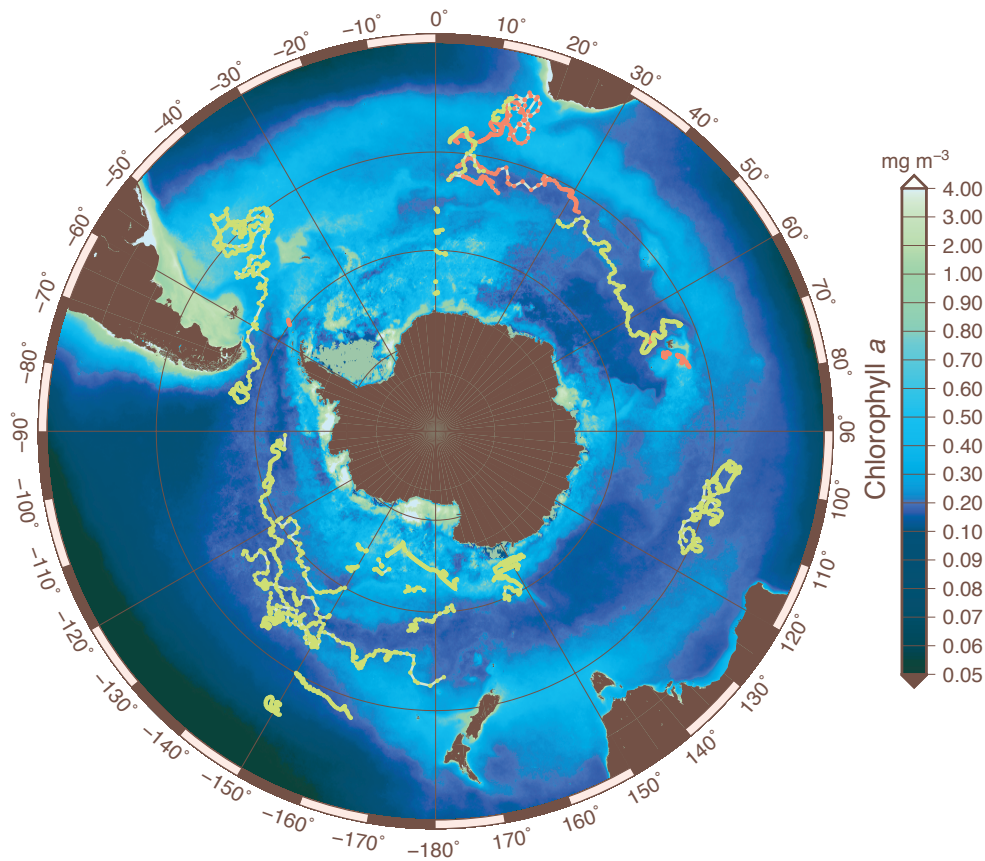
Étude de la variabilité latitudinale des fronts et indices climatiques (SAM & ENSO)

An aerial photograph of a mountainous region. A river flows through a valley, surrounded by brownish, rocky terrain. In the upper right, a large glacier is visible, with a smaller tributary glacier flowing into it. The overall scene is rugged and high-altitude.

Paramétriser les propriétés biogéochimiques de surface à leur distribution verticale

2. PARAMÉTRISATIONS : DE LA SURFACE À LA DISTRIBUTION VERTICALE

Climatologie de chlorophylle *a* (2003-2014)



■ LOV (remOcean)

■ U. Princeton (SOCCOM)

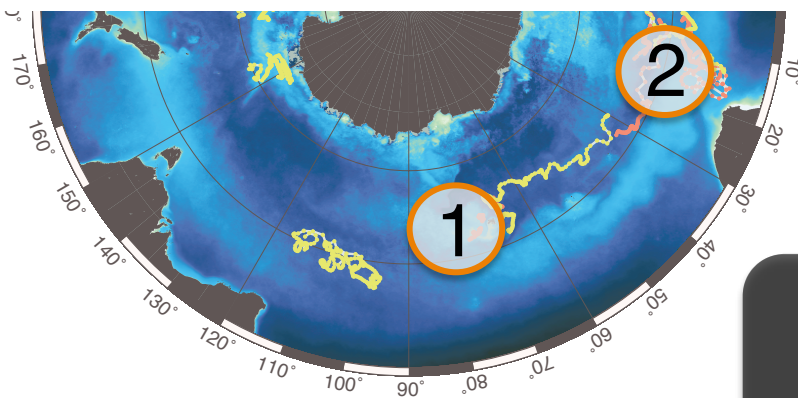
Dans le cadre de SOCLIM:

Évaluer la biogéographie précédemment établie.

Étudier la verticalité et la phénologie du phytoplancton à la sub-mésoéchelle

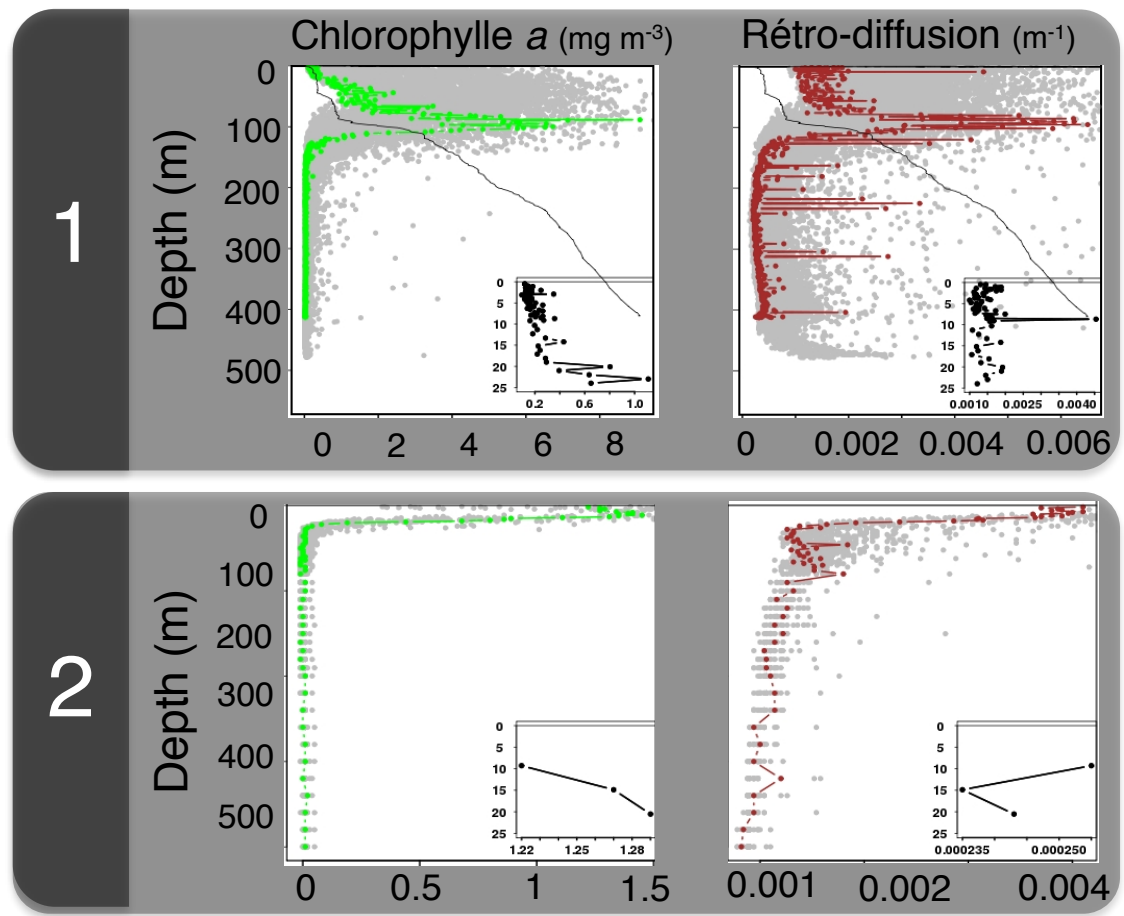
Opérationnalité du couplage des satellites aux flotteurs.

2. PARAMÉTRISATIONS : DE LA SURFACE À LA DISTRIBUTION VERTICALE



- ① Ile Kerguelen
- ② Radiale Good Hope

Variabilité spatiale: Incorporation de la verticalité



2. IMPORTANCE DES DONNÉES D'ALTIMÉTRIE : LA SUB/MÉSO-ÉCHELLE

Énergie cinétique des eddies (EKE, D'Ovidio et al., 2010, 2004).



Indicateur de l'intensité des eddies, relié à la production primaire (Lévy et al. 2012, 2014).

Critère d'Okubo–Weiss (Klein et al., 1998; Lapeyre et al., 1999)




Régions avec d'importants tourbillons (noyaux des tourbillons océaniques méso-échelle)

Exposant de Lyapunov (D'Ovidio et al., 2010, 2004)



Détection de structures cohérentes lagrangiennes d'intérêt écologique (Tew Kai et al. 2010, Cotté et al. 2014).

A satellite image of a mountainous region. The image shows a large glacier on the right side, a river flowing through the center, and a mountain range on the left. The terrain is rugged and rocky, with some snow patches. The river is a prominent feature, winding through the landscape. The overall scene is a high-altitude environment.

Affiner les paramétrisations des modèles actuels
satellites de la PP et de l'export de carbone

3. MODÈLES SATELLITAIRES DE PP ET D'EXPORT DE CARBONE

Modèle de production primaire (Arrigo et al., 2008)


$$PP(t, z) = \frac{C}{chl a} \int_{t=0}^{24h} \int_{z=0}^{100m} chl a(z) \times G_{\max}(t) \left(1 - \frac{-PUR(t, z)}{E_{kPUR}(z)} \right) dz dt$$


 Propriétés physiologiques phytoplanctoniques

3. MODÈLES SATELLITAIRES DE PP ET D'EXPORT DE CARBONE

Modèle de production primaire (Arrigo et al., 2008)

$$PP(t, z) = \frac{C}{chl a} \int_{t=0}^{24h} \int_{z=0}^{100m} chl a(z) \times G_{\max}(t) \left(1 - \frac{-PUR(t, z)}{E_{kPUR}(z)} \right) dz dt$$

 Propriétés physiologiques
phytoplanctoniques


 Contrôle environnemental
(Lumière, température)

3. MODÈLES SATELLITAIRES DE PP ET D'EXPORT DE CARBONE

Modèle de production primaire (Arrigo et al., 2008)

$$PP(t, z) = \frac{C}{chl a} \int_{t=0}^{24h} \int_{z=0}^{100m} chla(z) \times G_{\max}(t) \left(1 - \frac{-PUR(t, z)}{E_{kPUR}(z)} \right) dz dt$$

 Propriétés physiologiques phytoplanctoniques

 Contrôle environnemental (Lumière, température)

 Incorporation de la verticalité

3. MODÈLES SATELLITAIRES DE PP ET D'EXPORT DE CARBONE


Modèle de production primaire (Arrigo et al., 2008)

$$PP(t, z) = \frac{C}{chl a} \int_{t=0}^{24h} \int_{z=0}^{100m} chl a(z) \times G_{\max}(t) \left(1 - \frac{-PUR(t, z)}{E_{kPUR}(z)} \right) dz dt$$

Modèle d'export de carbone (Laws et al., 2011)

$$ef = 0.04756 \left(0.78 - \frac{0.43T}{30} \right) PP^{0.307}$$

 Propriétés physiologiques phytoplanctoniques

 Contrôle environnemental (Lumière, température)

 Incorporation de la verticalité

Réunion SOCLIM, 26 mai 2015

Questions ???