



Les paysages marins de l'océanographie opérationnelle aux cartes d'aide à la décision

Emilie Tew-Kai, Marie Cachera et Martial Boutet

6^{ème}
Journée océanographie
-20 avril 2018

A thick blue arc is positioned above the title text.

L'OCÉAN
UN SYSTÈME DIVERSIFIÉ ET COMPLEXE
À COMPRENDRE

A thick blue arc is positioned below the title text.

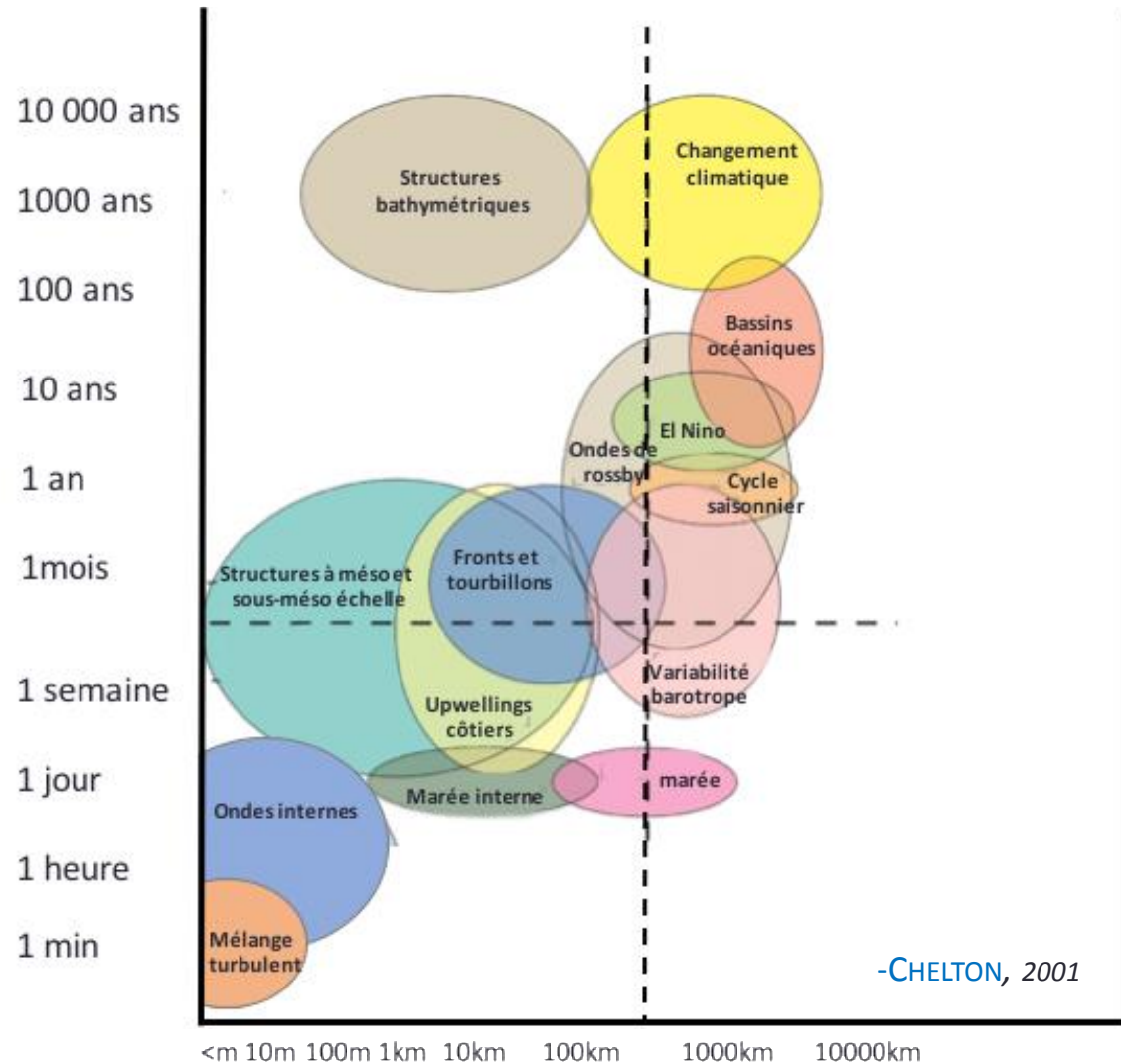
L'océan est riche de diversité de processus physiques

L'**hydrogéo-diversité** intègre la diversité

- géologique,
- géomorphologique,
- hydrologique et
- hydrodynamique océanique,

incluant la colonne d'eau, le fond de l'océan et le sous-sol.

Inspiré du concept de géodiversité - GRAY, 2004



-CHELTON, 2001

HYDROGÉODIVERSITÉ FILTRE ENVIRONNEMENTAL

L'océan est riche de diversité
de processus physiques
associés à des processus
écologiques

COMMUNAUTÉ



POPULATION



ORGANISME



CELLULE



10 000 ans

1000 ans

100 ans

10 ans

1 an

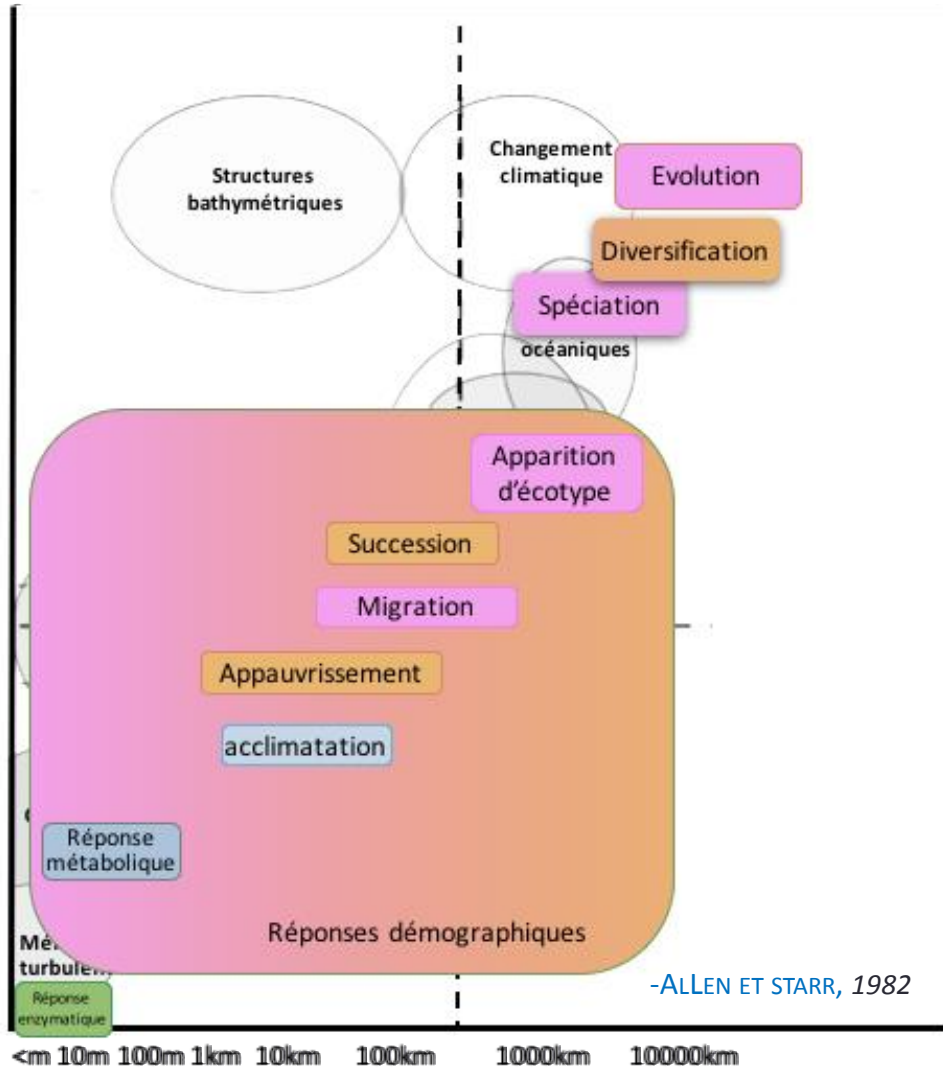
1 mois

1 semaine

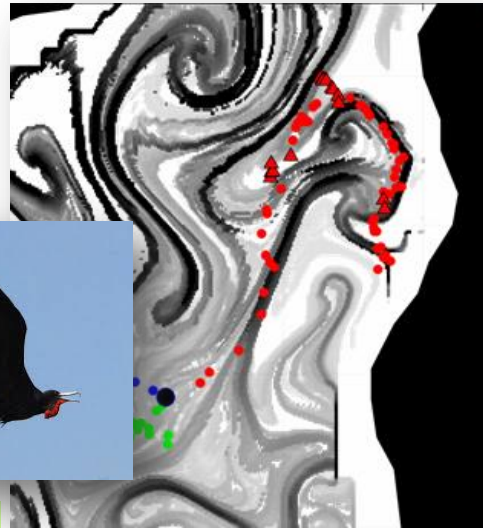
1 jour

1 heure

1 min



IMPACT DE L'HYDROGÉODIVERSITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS



-TEW KAI ET AL. *PNAS*, 2009

Structuration spatiale

 Distributions spatiales

IMPACT DE L'HYDROGÉODIVERSITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

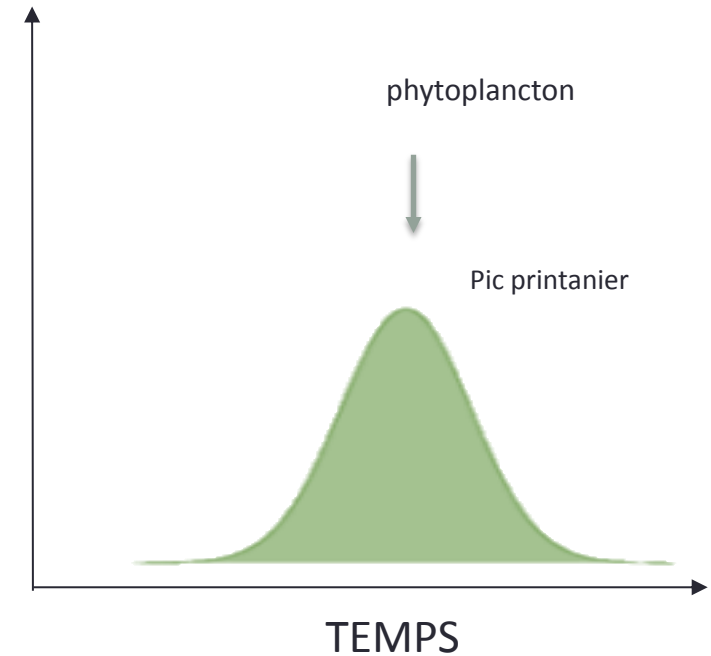
Distributions spatiales

Phénologie

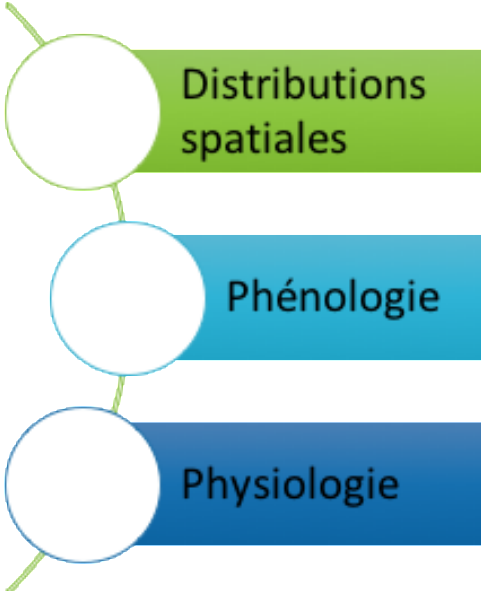
« calendrier des événements saisonniers des animaux et des plantes »

Structuration temporelle

ABONDANCE



IMPACT DE L'HYDROGÉODIVERSITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS



Distributions
spatiales

Phénologie

« calendrier des évènements
saisonniers des animaux et des
plantes »

Physiologie

Ex. température optimale
pour la croissance des larves

IMPACT DE L'HYDROGÉODIVERSITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

Distributions spatiales

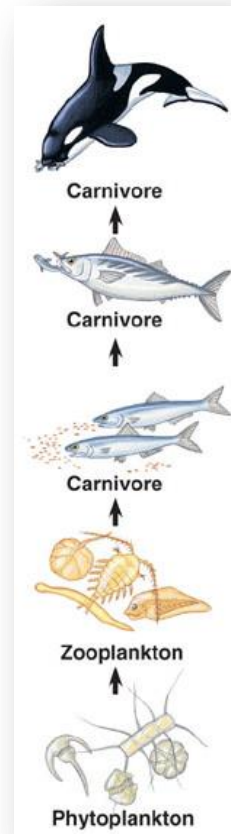
Phénologie

Physiologie

« calendrier des événements saisonniers des animaux et des plantes »

Ex. température optimale pour la survie

Effets sur le réseau trophique

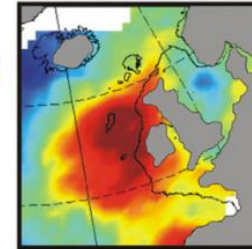


IMPACT DE L'HYDROGÉODIVERSITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

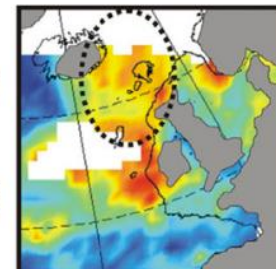


Copépodes
d'eaux tempérées
à froides

1958
à
1981

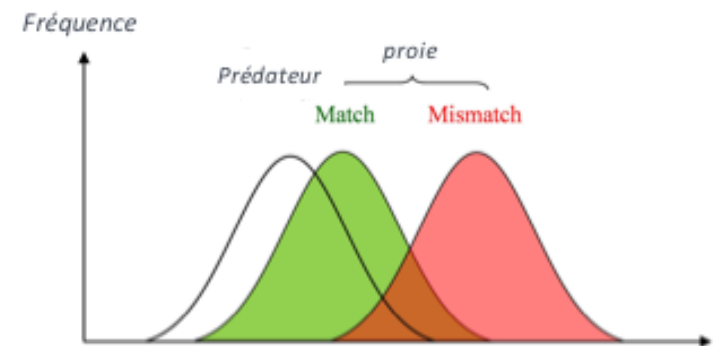
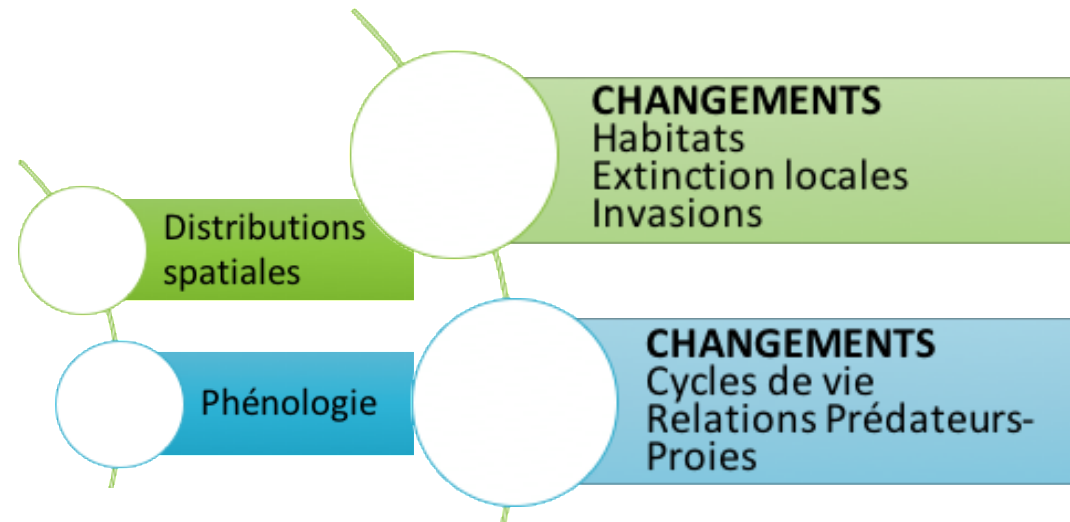


2003
à
2005



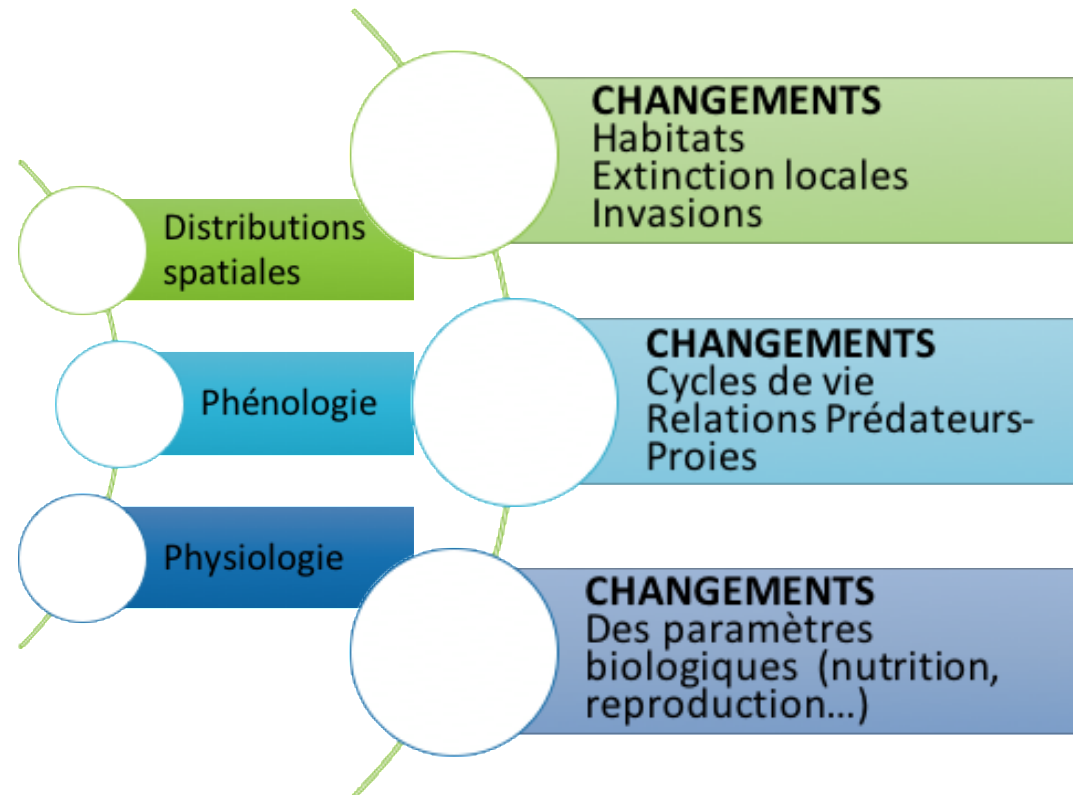
-BEAUGRAND ET AL, *Global Change Biology* ,2009b

IMPACT DE L'HYDROGÉODIVERSITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

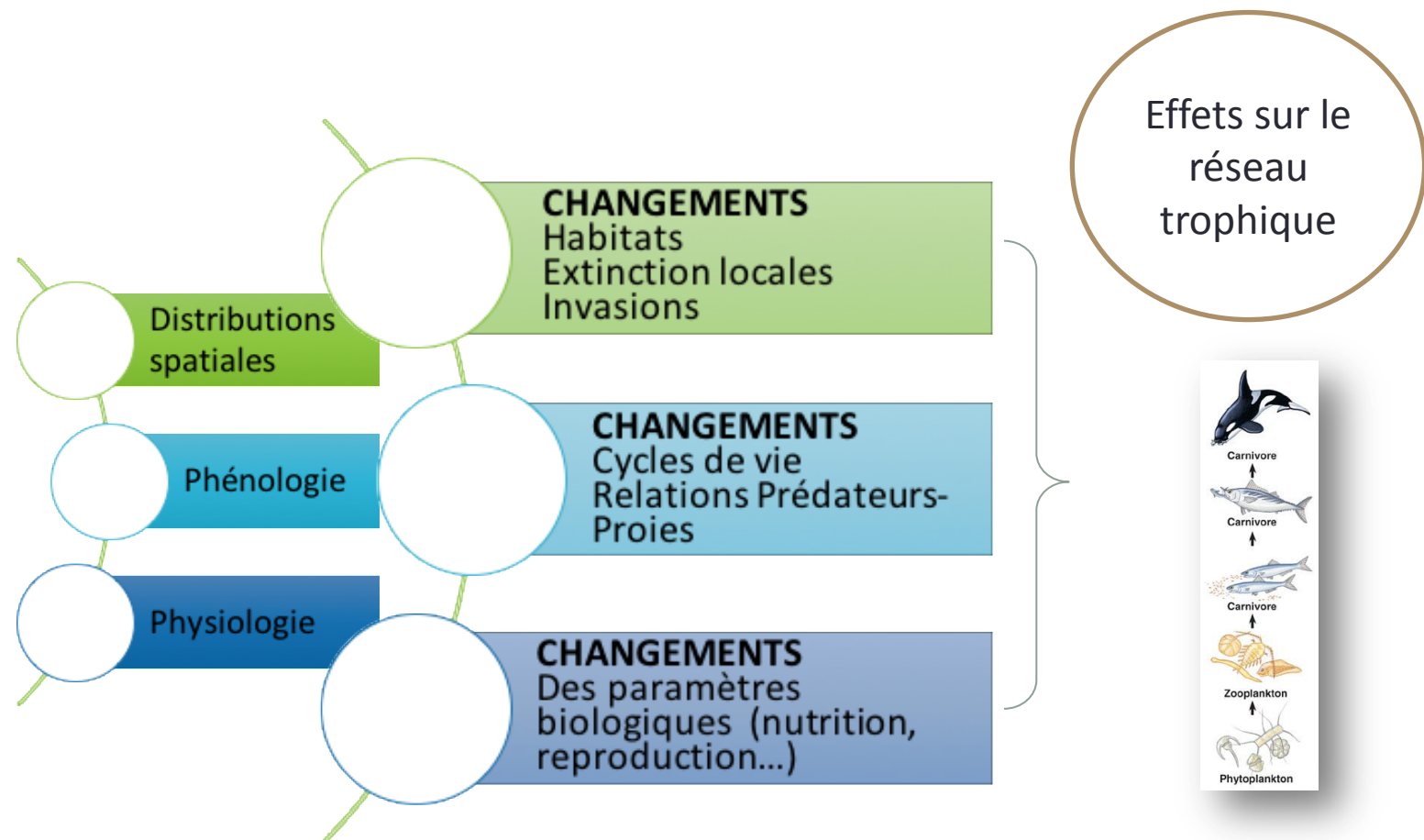


-CUSHING, *J Cons Int Explor Me*, 1969

IMPACT DE L'HYDROGÉODIVERSITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS



IMPACT DE L'HYDROGÉODIVERSITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS



- Assemblage d'espèces
- Productivité
- Résilience (régime shift)

A thick, light blue arc is positioned above the title text.

L'OCÉAN, UN TERRITOIRE DYNAMIQUE À GÉRER DURABLEMENT

A thick, light blue arc is positioned below the title text.

VERS UNE GESTION INTÉGRÉE DU MILIEU MARIN



OBJECTIF DÉVELOPPEMENT DURABLE 14



PROGRAMME DES NATIONS
UNIES POUR LE
DÉVELOPPEMENT

Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines



VERS UNE GESTION INTÉGRÉE DU MILIEU MARIN



OBJECTIF DÉVELOPPEMENT DURABLE 14



PROGRAMME DES NATIONS
UNIES POUR LE
DÉVELOPPEMENT



Politique Maritime Intégrée

- Renforcer le développement durable
- Renforcer l'économie maritime
- Mieux protéger le milieu marin

Croissance bleue

Bon état
écologique

Planification de
l'espace maritime

Thèmes d'intervention *(articles L 2191 et R 219-1-1 du Code de l'Environnement)*

- Protection des milieux, des ressources
- Prévention des risques et la gestion du trait de côte
- Connaissance, la recherche et l'innovation, éducation et la formation aux métiers de la mer
- Développement durable des activités économiques maritimes et littorales et valorisation des ressources naturelles minérales, biologiques et énergétiques

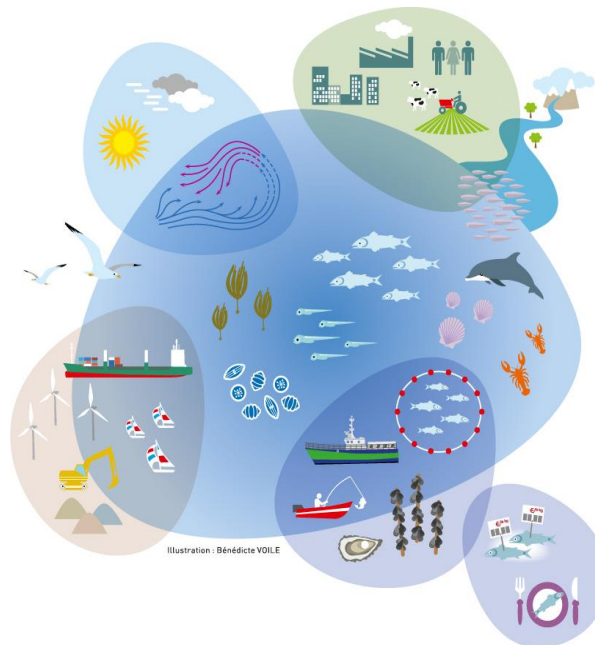


Le paradigme écosystémique

L'Approche Ecosystémique représente une **stratégie de gestion intégrée des terres, de l'eau et des ressources biologiques** qui vise à favoriser la conservation et une utilisation viable des ressources de façon à assurer une exploitation équitable (Convention sur la biodiversité biologique)

Elle intègre l'ensemble des facteurs **écologiques**, **économiques** et **sociaux**

Elle constitue un outil transversal et nécessaire pour la gestion

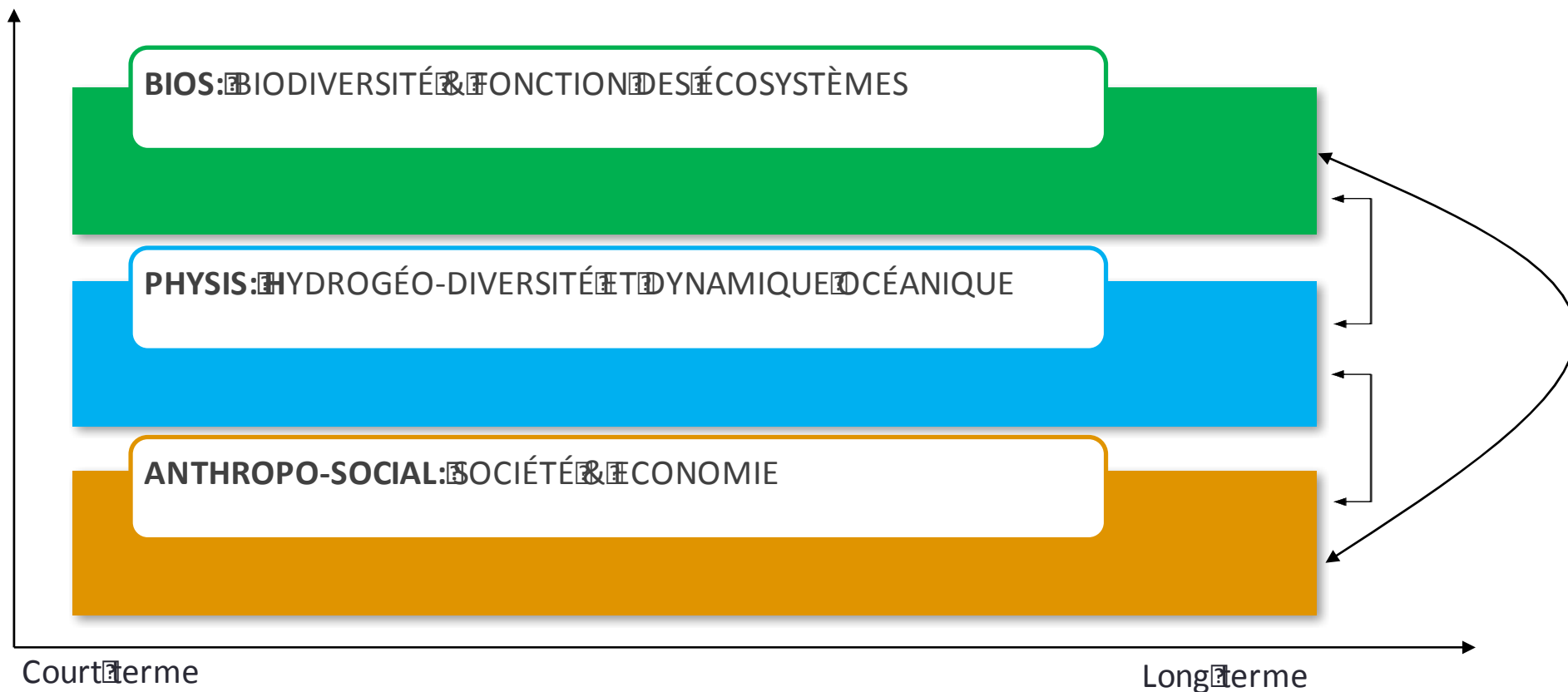


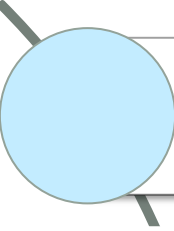
LE MILIEU MARIN

UN ECO-COMPLEXE INTERCONNECTÉ

Eco-Complexe: "ASSEMBLAGE D'ÉCOSYSTÈMES PARTAGEANT UNE HISTOIRE ÉCOLOGIQUE ET HUMAINE COMMUNE"

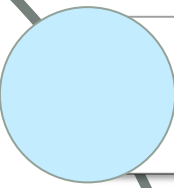
-BLANDIN, 1992



A light blue circle with a grey line passing through it, positioned to the left of the text box.

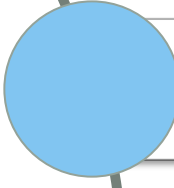
Les interfaces « sont des sites où l'énergie du système physique devient selon les cas propice à l'augmentation de l'énergie trophique des systèmes biologiques »

- BAKUN, 2006



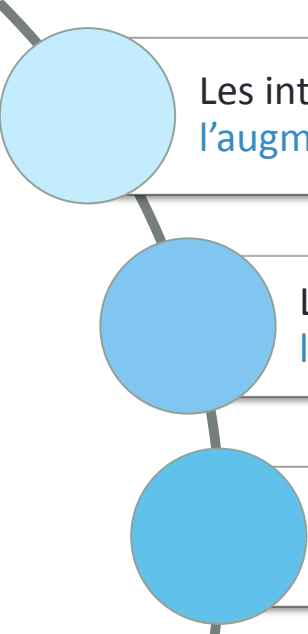
Les interfaces « sont des sites où l'énergie du système physique devient selon les cas propice à l'augmentation de l'énergie trophique des systèmes biologiques »

- BAKUN, 2006



L'approche écosystémique définit une gestion des écosystèmes à l'intérieur des limites de leur dynamique

-BETTY QUEFFELEC, UMR AMURE, 2013

A vertical line connects three blue circles of increasing size from top to bottom. The top circle is light blue, the middle one is medium blue, and the bottom one is dark blue. Each circle is connected to a text box on the right.

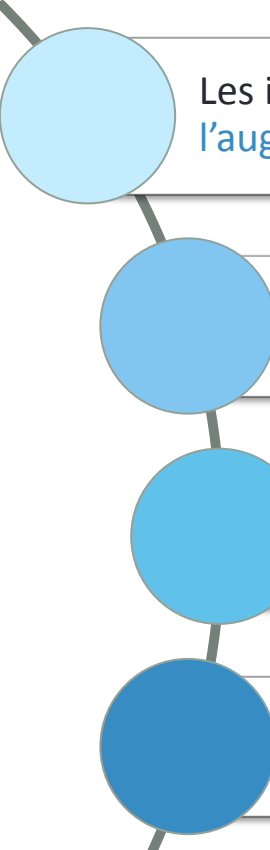
Les interfaces « sont des sites où l'énergie du système physique devient selon les cas propice à l'augmentation de l'énergie trophique des systèmes biologiques »

- BAKUN, 2006

L'approche écosystémique définit une gestion des écosystèmes à l'intérieur des limites de leur dynamique

-BETTY QUEFFELEC, UMR AMURE, 2013

Ce sont des frontières naturelles difficiles à appréhender



Les interfaces « sont des sites où l'énergie du système physique devient selon les cas propice à l'augmentation de l'énergie trophique des systèmes biologiques »

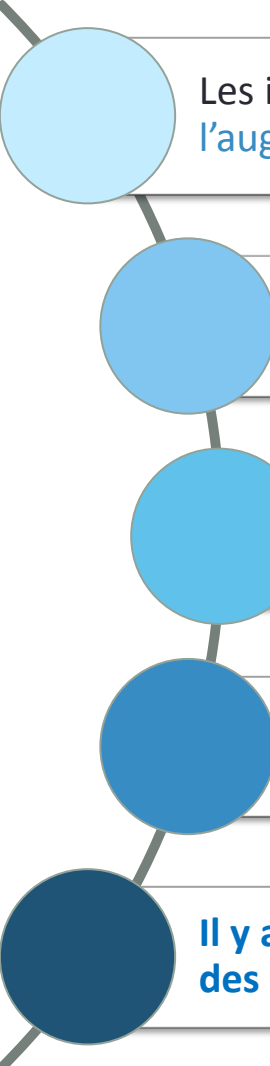
- BAKUN, 2006

L'approche écosystémique définit une gestion des écosystèmes à l'intérieur des limites de leur dynamique

-BETTY QUEFFELEC, UMR AMURE, 2013

Ce sont des frontières naturelles difficiles à appréhender

L'océan est un espace hétérogène et dynamique à partager et gérer durablement

A vertical sequence of five circles of increasing size and decreasing lightness, connected by a dark grey line that starts from the top left and ends at the bottom left. The circles are light blue, medium blue, dark blue, and the largest one at the bottom is a very dark blue.

Les interfaces « sont des sites où l'énergie du système physique devient selon les cas propice à l'augmentation de l'énergie trophique des systèmes biologiques »

- BAKUN, 2006

L'approche écosystémique définit une gestion des écosystèmes à l'intérieur des limites de leur dynamique

-BETTY QUEFFELEC, UMR AMURE, 2013

Ce sont des frontières naturelles difficiles à appréhender

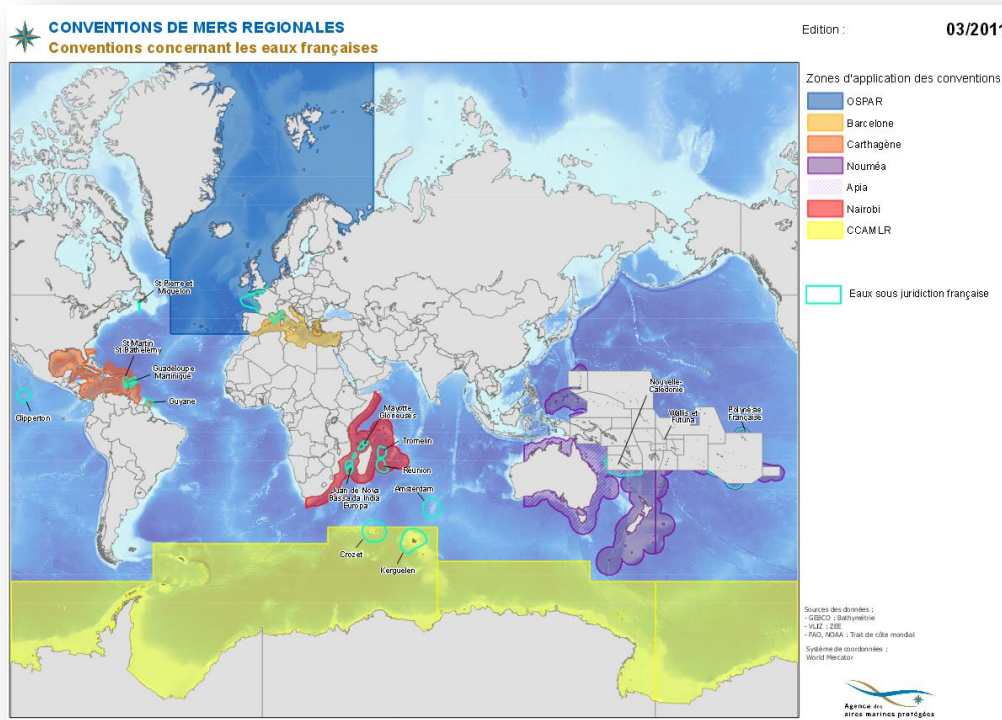
L'océan est un espace hétérogène et dynamique à partager et gérer durablement

Il y a donc nécessité à élaborer des outils opérationnels spatialisés et dynamiques au service des gouvernances pour une exploitation durable et équitable de la ressource marine

DIFFÉRENTES APPROCHES DE ZONATION

Droit de la mer (Convention de Montego Bay) 1982
entrée en vigueur 1994 : Zone Economique Exclusive

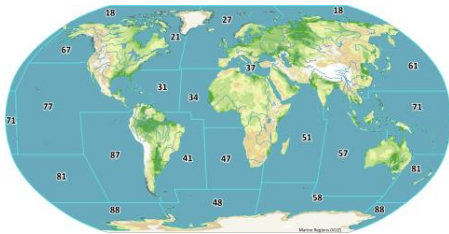
1974: **programme des mers régionales** mis en place par le programme des nations unies pour l'environnement (PNUE) couvre dix-huit régions marines du monde



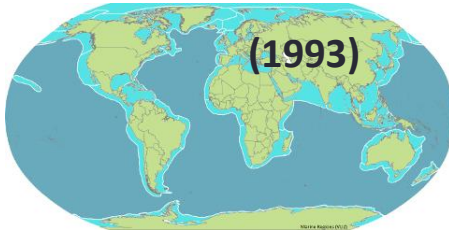
POURQUOI?

Parce que l'environnement socio-économique et politique spécifique ainsi que les enjeux environnementaux particuliers varient selon chaque mer

DIFFÉRENTES APPROCHES DE ZONATION POUR DES USAGES MULTIPLES



FAO: zones de pêche



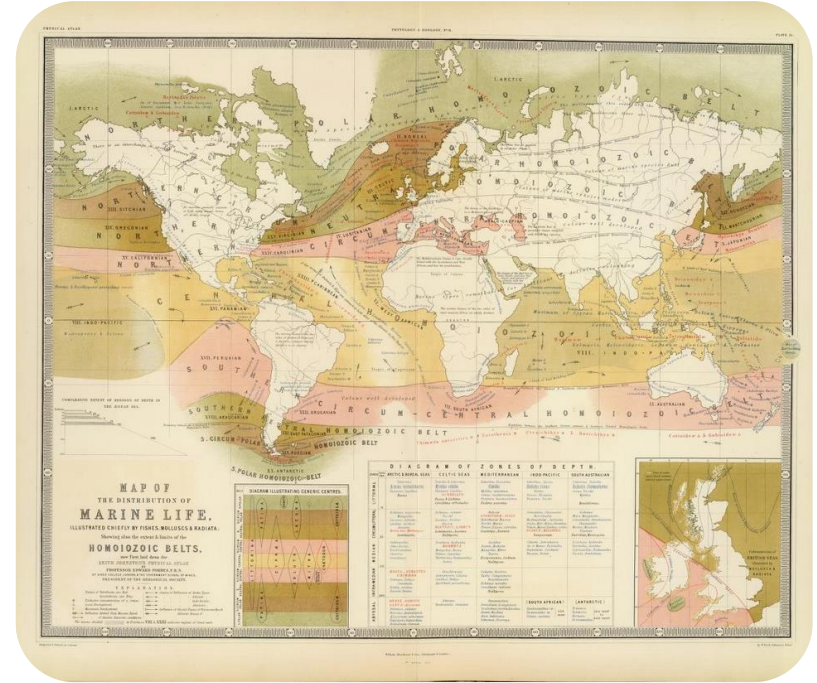
Large Marine Ecosystem Program NOAA-
Fisheries Narragansett Laboratory
Narragansett, R.I. 02882
(www.lme.noaa.gov).



VLIZ (2009). Longhurst Biogeographical
Provinces. Available online at
<http://www.marineregions.org/>. Consulted on
2018-03-15.



Spalding, M. D. Fox, H. E. Allen, G. R. Davidson,
N. Ferdana, Z. A. Finlayson, M. Halpern, B. S.
Jorge, M. A. Lombana, A. Lourie, S. A., (2007).
Marine Ecoregions of the World: A
Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas.
Bioscience 2007, VOL 57; numb 7, pages 573-
584. doi: 10.1641/B570707



Forbes, 1856

1^{ère} Zonation biogéographique de l'océan
1856

DU LARGE VERS LA CÔTE

Provinces biogéographiques de Longhurst

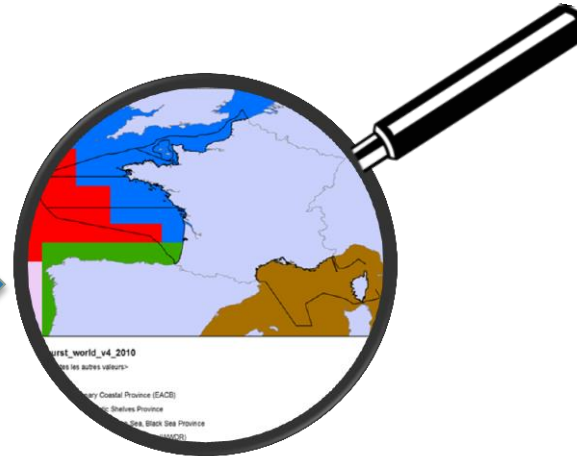
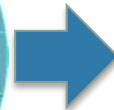


FAO: zones de pêche

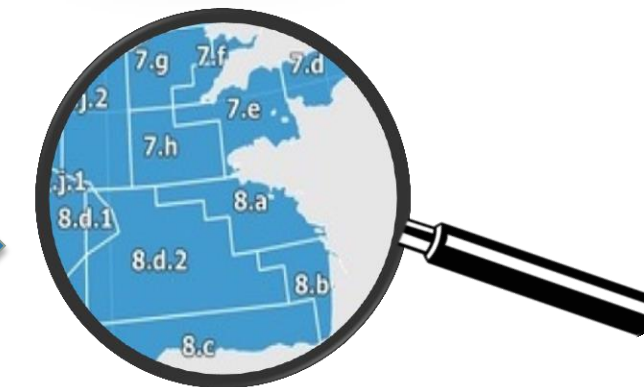


DU LARGE VERS LA CÔTE

Provinces biogéographiques de Longhurst

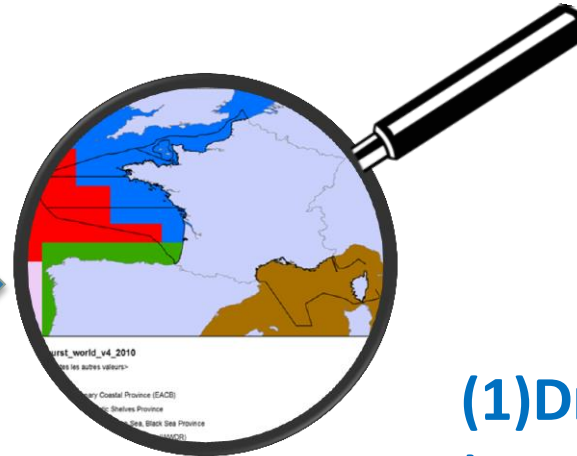
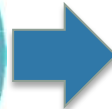


FAO: zones de pêche



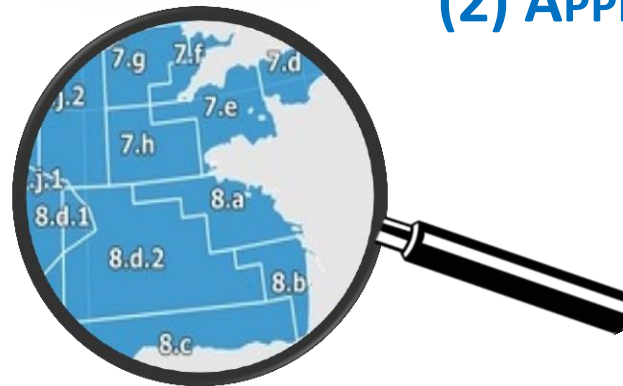
DU LARGE VERS LA CÔTE

Provinces biogéographiques de Longhurst



(1) DÉFICIT DE ZONATION
À LA CÔTE

FAO: zones de pêche



(2) APPROCHE STATIQUE



LES PAYSAGES MARINS

DE L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE AUX OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION



VERS UNE ZONATION INTÉGRÉE DU LARGE VERS LA CÔTE



Demandes sociétales croissantes sur la description et la prévision de l'état physique, biogéochimique et des écosystèmes de l'océan du large à la cote, l'analyse rétrospective et les études de scénarii

VERS UNE ZONATION INTÉGRÉE DU LARGE VERS LA CÔTE



Demandes sociétales croissantes sur la description et la prévision de l'état physique, biogéochimique et des écosystèmes de l'océan du large à la cote, l'analyse rétrospective et les études de scénarii

Océanographie Opérationnelle

« l'océan qu'il a fait », « l'océan qu'il fait » et « l'océan qu'il fera » demain

(P.Bahurel, 2013, l'océanographie opérationnelle, fiche institut océanographique)

VERS UNE ZONATION INTÉGRÉE DU LARGE VERS LA CÔTE

Demandes sociétales croissantes sur la description et la prévision de l'état physique, biogéochimique et des écosystèmes de l'océan du large à la cote, l'analyse rétrospective et les études de scénarii

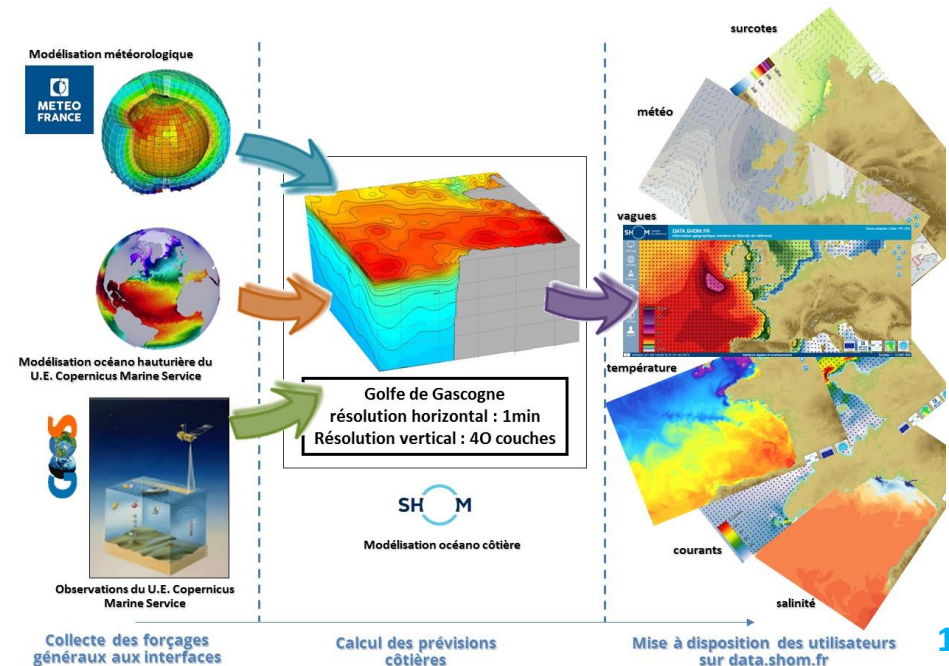
OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE

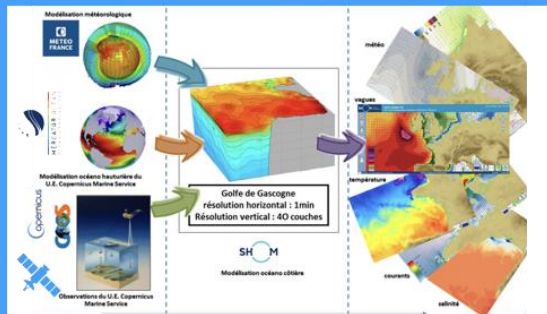
« l'océan qu'il a fait », « l'océan qu'il fait » et « l'océan qu'il fera » demain

(P.Bahurel, 2013, l'océanographie opérationnelle, fiche institut océanographique)

Dispositif intégré qui repose sur 3 socles :

- Des moyens de modélisation numérique
- Des moyens d'observation spatiale et
- Des moyens *in situ*





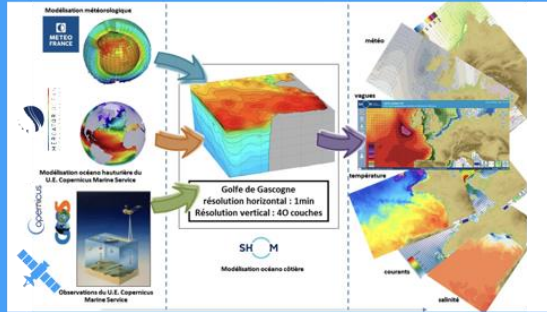
Comment extraire les informations utiles et exploitables à partir d'une masse immense de données dans une perspective opérationnelle d'outil d'aide à la décision pour la zonation de physique de l'espace maritime de la côte vers le large?

15 Tera octet

~

1,5 millions
de Photos HD de 10Mo

Données Horaires, en 3D
(40 niveaux sur la
profondeur) de 2012 à
2016



Information utile et exploitable

VARIABLES PHYSIQUES D'IMPORTANCE POUR LES ÉCOSYSTÈMES



Température de surface



Salinité de surface



Stratification de la colonne d'eau



Profondeur de la couche de mélange



Courants



Energie cinétique, fronts



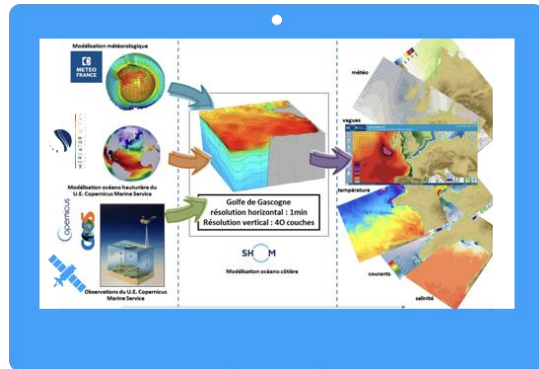
Tourbillons

Distributions spatiales

Phénologie

Physiologie

ANALYSES COMPLEXES DE DONNÉES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES

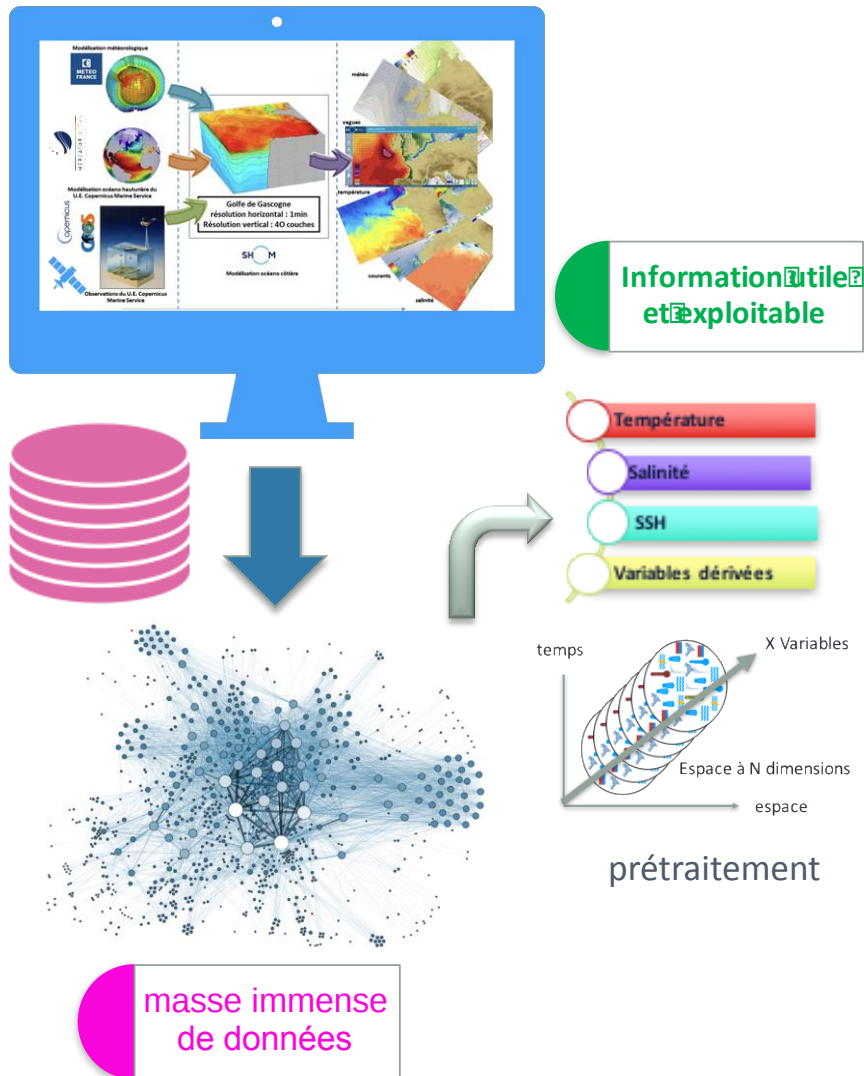


masse immense
de données

Extraction de connaissances à partir des données

pour faire émerger des structures physiques typiques, intégrées sur la colonne d'eau

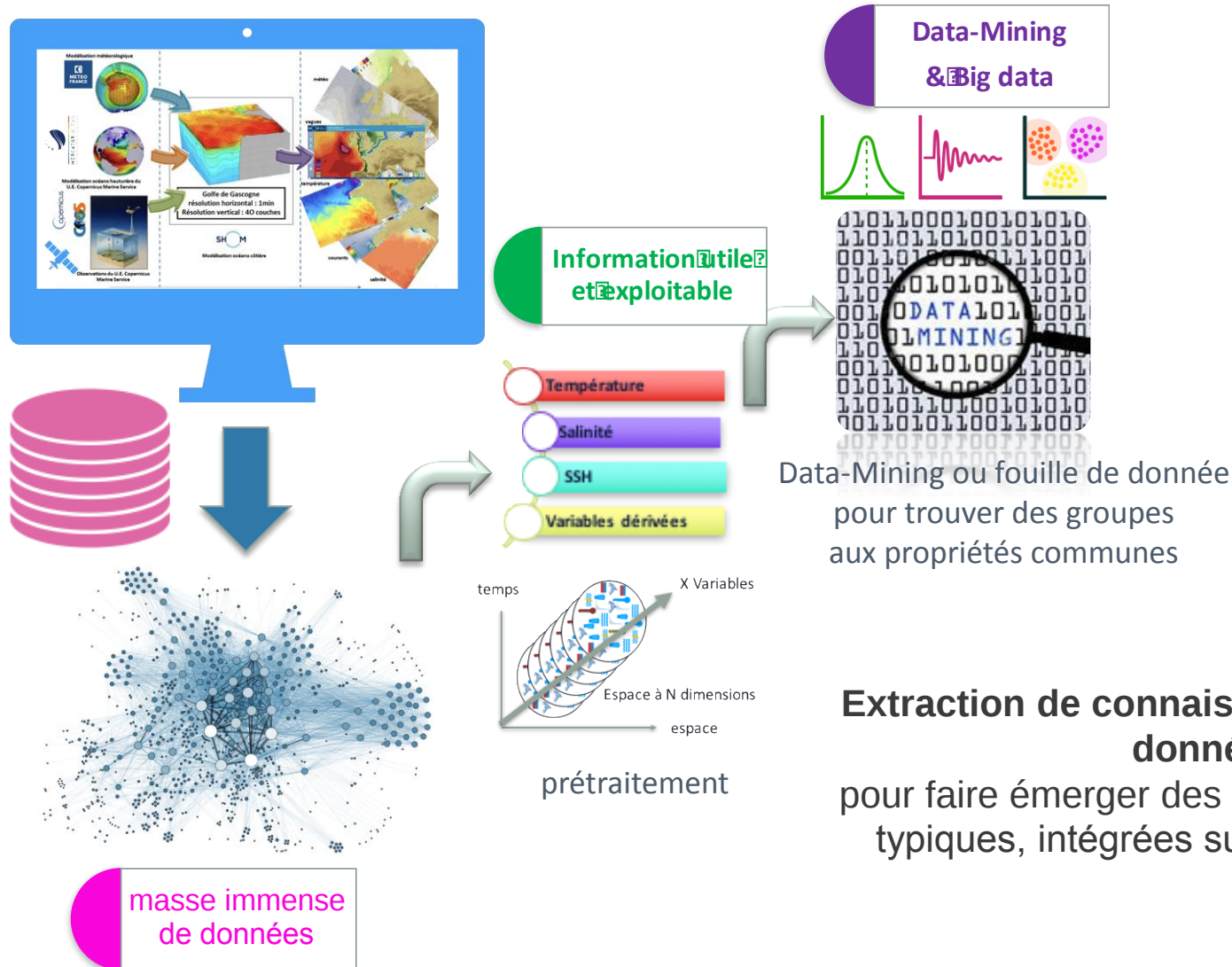
ANALYSES COMPLEXES DE DONNÉES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES



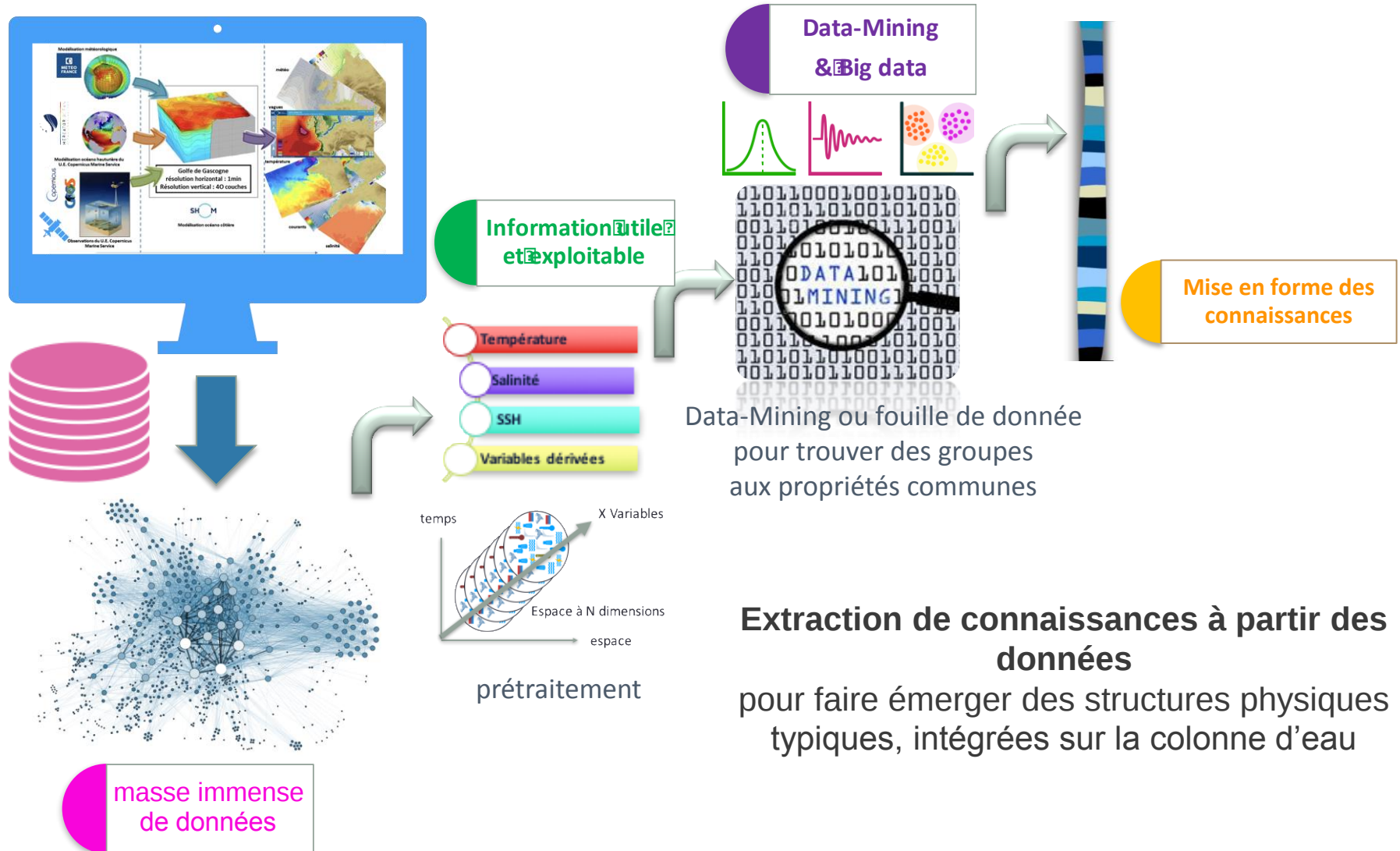
Extraction de connaissances à partir des données

pour faire émerger des structures physiques typiques, intégrées sur la colonne d'eau

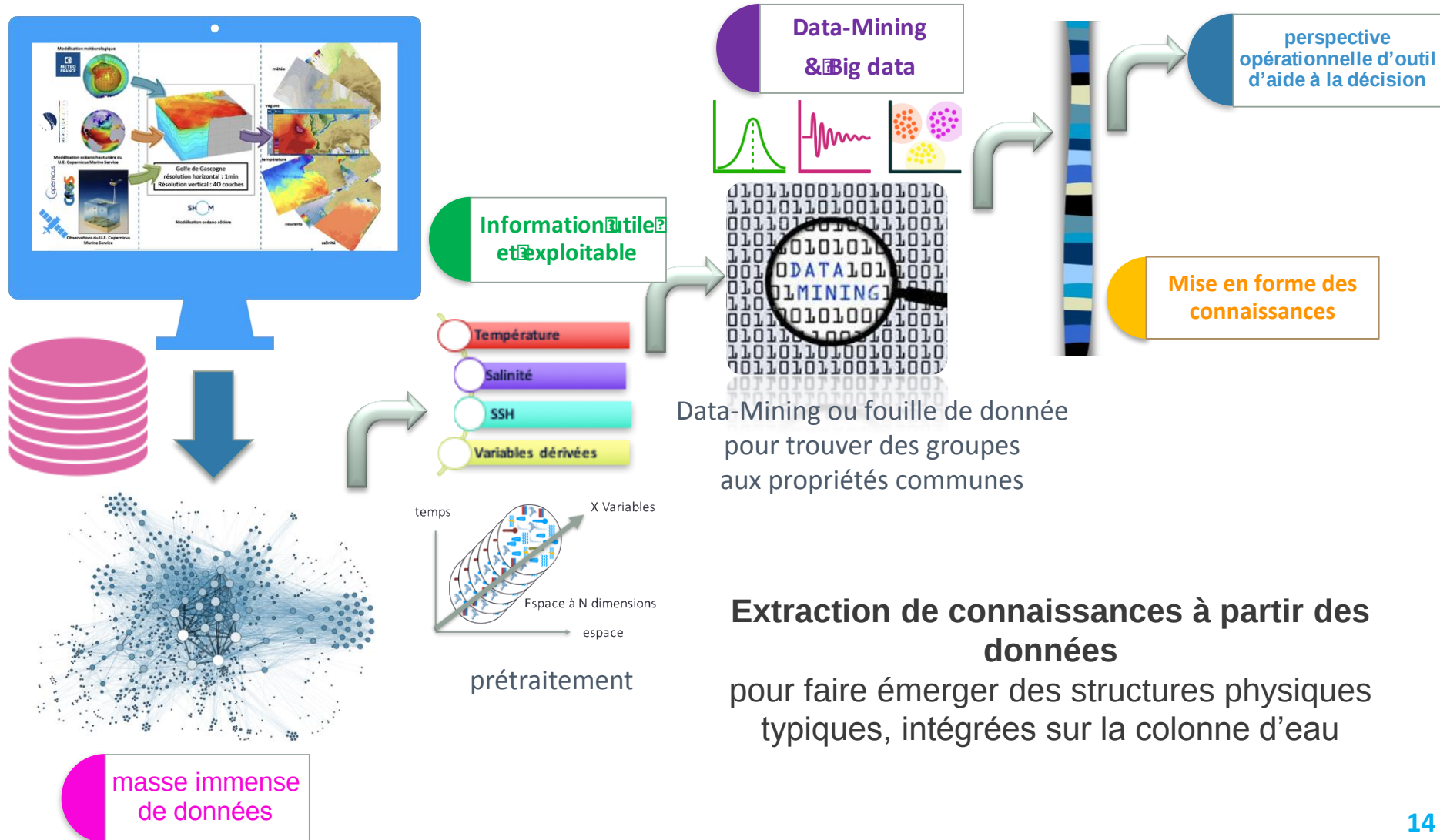
ANALYSES COMPLEXES DE DONNÉES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES



ANALYSES COMPLEXES DE DONNÉES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES

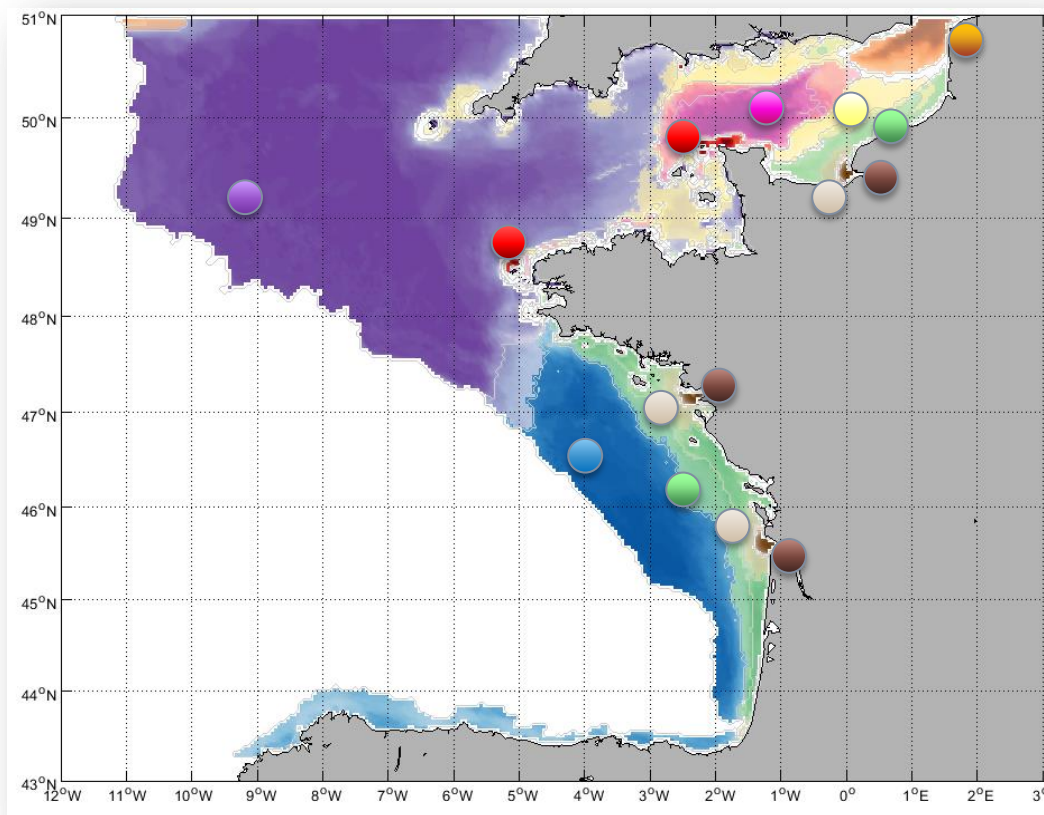


ANALYSES COMPLEXES DE DONNÉES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES



Cartographie de synthèse

9 Paysages marins redondants en Atlantique



Mise en forme des connaissances

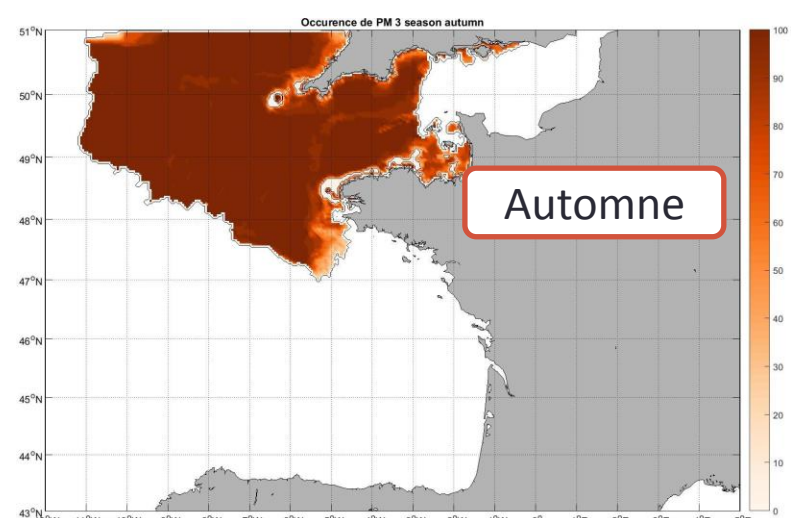
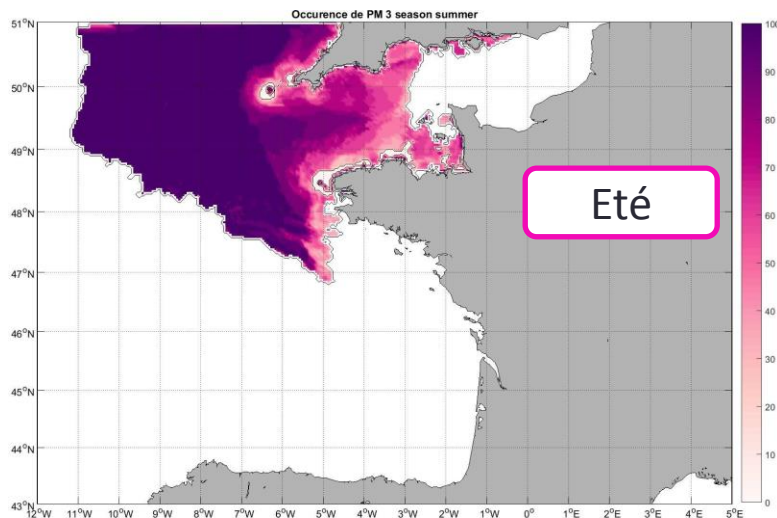
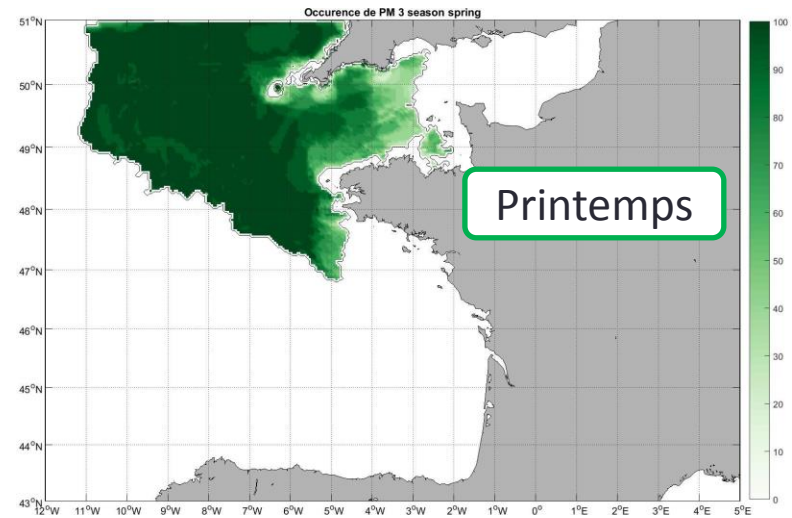
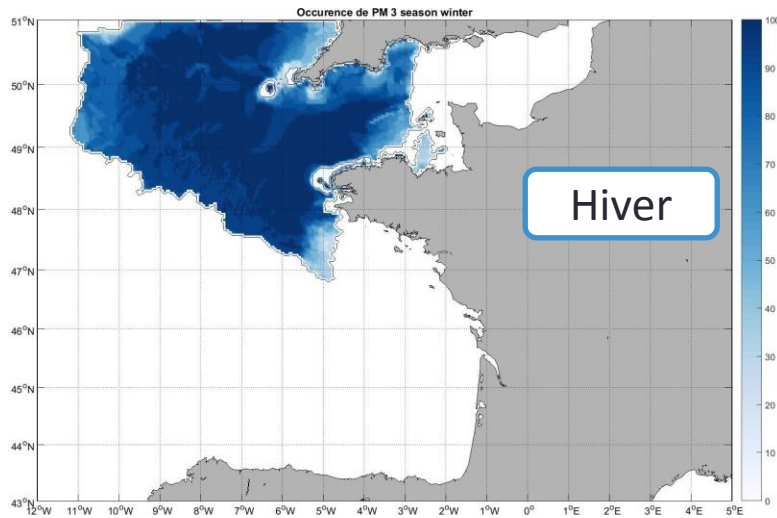
-  *Courant nord*
-  *Panache étendu*
-  *Zone soumise à la marée*
-  *Zone plateau côtier*
-  *Zone large MC + front d'Ouessant*
-  *Sortie d'estuaire*
-  *Zone soumise à la marée (2)*
-  *Zone très énergétique*
-  *Plateau GdG Large*

AUX PAYSAGES MARINS

VERS UNE COMPRÉHENSION INTÉGRÉE DU MILIEU MARIN

Zone large MC + front d'Ouessant

Mise en forme des connaissances



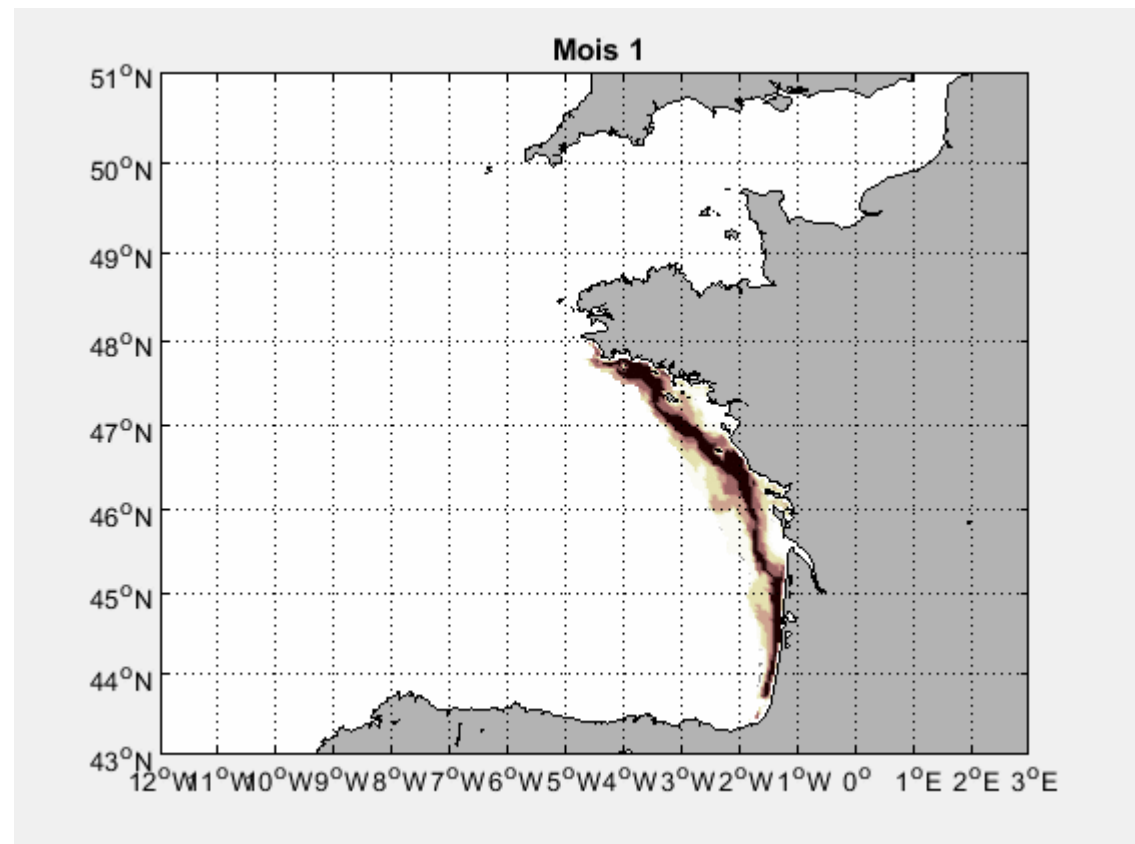
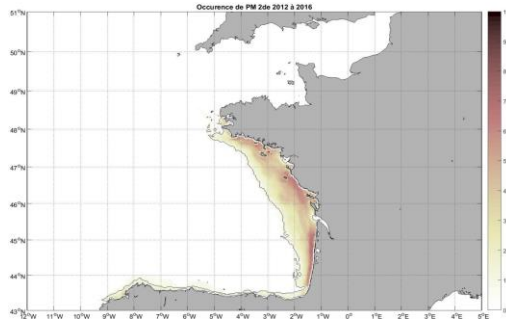
AUX PAYSAGES MARINS

VERS UNE COMPRÉHENSION INTÉGRÉE DU MILIEU MARIN



Exemple de la dynamique sur le plateau côtier en Golfe de Gascogne

Mise en forme des connaissances

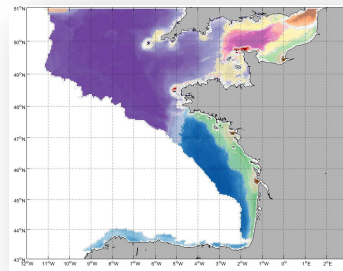


ZONATION DES HABITATS PHYSIQUES PÉLAGIQUES: UNITÉS GÉOGRAPHIQUES D'ÉVALUATION

Calcul d'indicateurs du bon état écologique

Evaluation Directive Cadre Stratégie Milieu Marin (DCSMM) 2018:

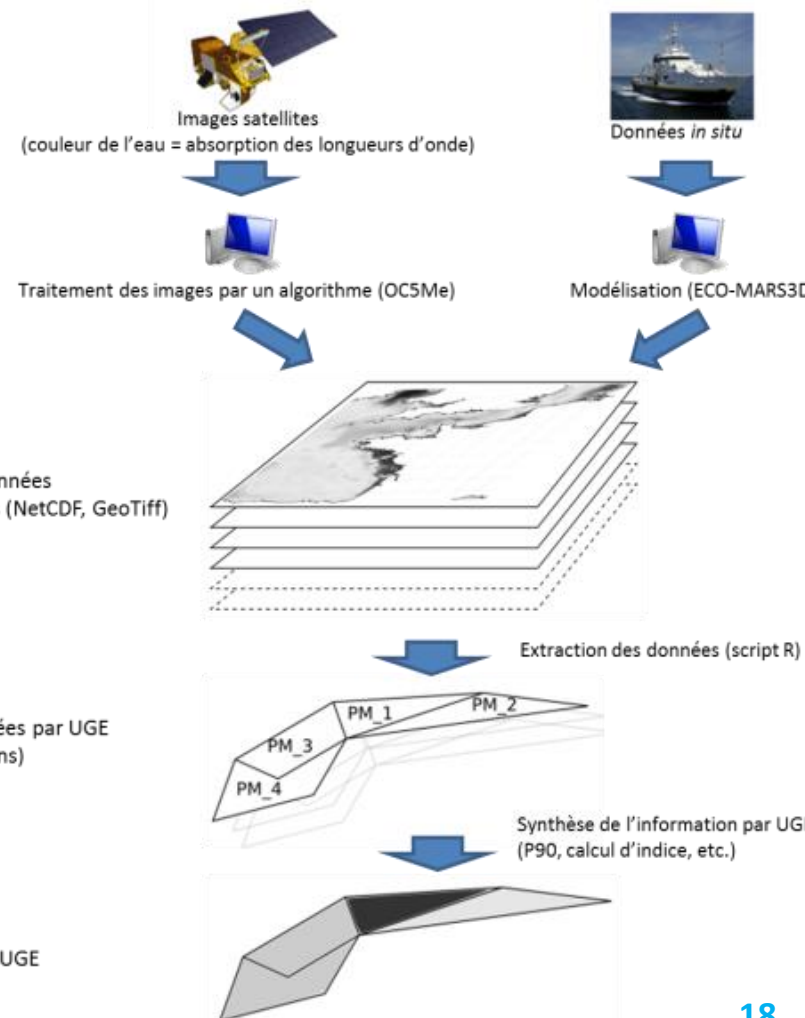
Calculs d'indicateurs écologiques sur l'état des habitats pélagiques basés sur les unités géographiques d'évaluation



Matrices de données géoréférencées (NetCDF, GeoTiff)

Séries de données par UGE (paysages marins)

Une valeur par UGE



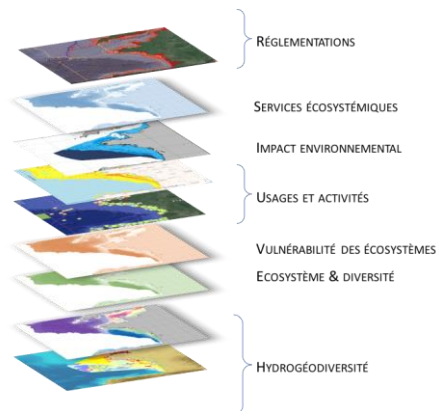
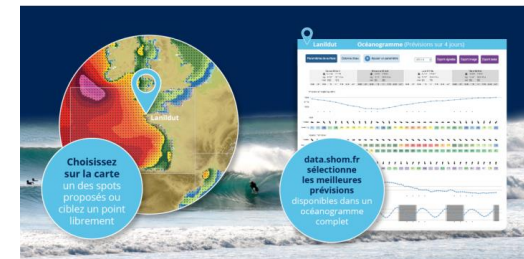
L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE ET L'INTELLIGENCE DE LA DONNÉE AU SERVICE DE LA SCIENCE, DE LA GOUVERNANCE ET DES PARTIES PRENANTES

perspective
opérationnelle d'outil
d'aide à la décision

- Construction d'indicateurs du Bon Etat Ecologique des eaux marines et littorales
- Optimisation de la surveillance
- Aide à la planification de l'espace marin
- Scenarii prédictifs
- Cartographies de synthèses (impacts, éco-complexe,...)

- Planification et gestion des projets type EMR, offshore
- Produits à valeur ajoutée

Services utilisables par tous



- Structures caractéristiques,
- Défis technologiques aux méthodes du big data
- Connaissance

L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE ET L'INTELLIGENCE DE LA DONNÉE AU SERVICE DE LA SCIENCE, DE LA GOUVERNANCE ET DES PARTIES PRENANTES

perspective
opérationnelle d'outil
d'aide à la décision



Importance de la production de donnée socle en environnement marin pour un corpus de données de référence

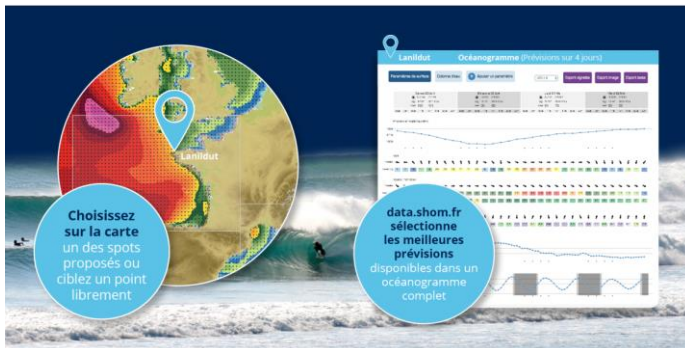
Nécessité des infrastructures de données

Stimulation de l'innovation, favorise les avancées scientifiques et le développement de nouvelles connaissances

Aide et support aux gouvernances

Services dédiés

Valorisation de la donnée publique



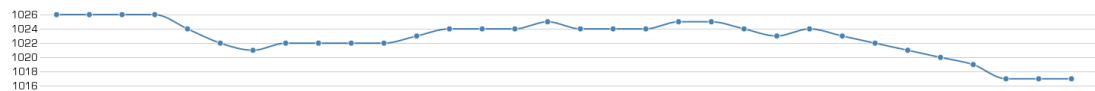
MERCI !

Océanogramme (Prévisions sur 4 jours)

Saint-Brieuc (48.5737° ; -2.6934°)

Mercredi 18 Avril								Jeudi 19 Avril								Vendredi 20 Avril								Samedi 21 Avril							
☀️								☀️								☀️								☀️							
9.8°								10.2°								10.8°								11.4°							
35.2 Psu								35.2 Psu								35.2 Psu								35.2 Psu							
Coëff 101 99								Coëff 96 92								Coëff 87 81								Coëff 75 68							
02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h

Pression atmosphérique (hPa)



Vent



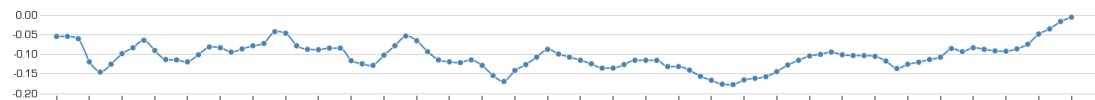
Vagues (mer totale)



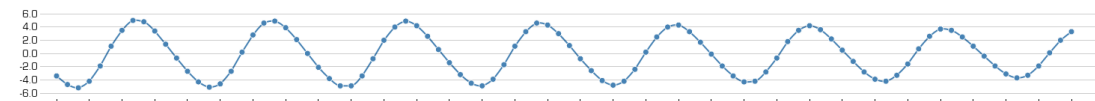
Courant de surface



Surcote météorologique (m)



Hauteur d'eau par rapport au niveau moyen (m)



Information sur les modèles utilisés

"Météo" [48.5737 -2.6934] : "METEO_ARPEGE_R1000_EURATO1-MER" [MAJ : 18/04/2018 00:00:00] - source : Météo-France
 "Vagues" [48.5737 -2.6934] : "VAGUES_WW3_R1121_ARMOR200M" [MAJ : 18/04/2018 00:00:00] - source : Shom et Météo France
 "Hydrodyn-surf" [48.5737 -2.6934] : "HYDRODYN-SURF_HYCOM3D-SURF_R1000_MANGASC60" [MAJ : 18/04/2018 00:00:00] - source : Shom
 "Niveaux" [48.5737 -2.6934] : "NIVEAUX_HYCOM2D_R1000_ATLCO" [MAJ : 18/04/2018 00:00:00] - source : Shom et Météo France
 "Hydrodyn-mj" [48.5737 -2.6934] : "HYDRODYN-MJ_HYCOM3D-MJ_R1000_MANGASC60" [MAJ : 18/04/2018 00:00:00] - source : Shom
 "Éphémérides" [48.5737 -2.6934] : <http://vo.imcce.fr> - source : IMCCE