

Analyse de tendance et classification spectrale couplée à un modèle de Markov caché

Lefebvre A.¹, Devreker D.¹, Grassi K.^{1,2}, Poisson-Caillault E.^{1,3}

¹ Ifremer, Laboratoire Environnement et Ressources, 62321, Boulogne sur Mer, France

² WeatherForce, 31000 Toulouse, France

³ LISIC, EA 4491, Université du Littoral Côte d'Opale, 62228 Calais, France.

Contexte

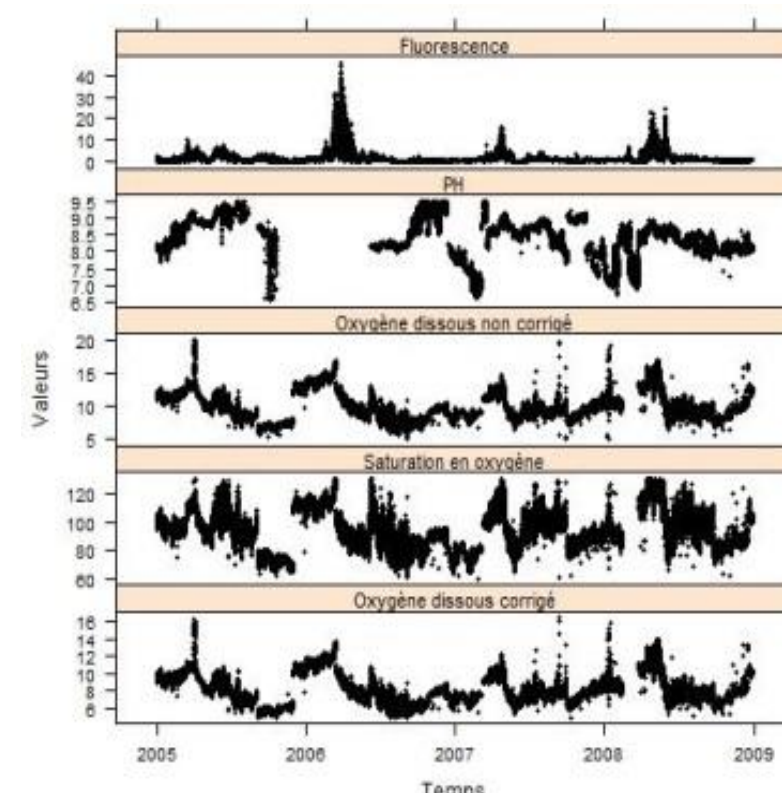
Observation, Surveillance et Recherche en Environnement Marin

- Systèmes conventionnels de mesures à **Basse Fréquence (BF)**
- Systèmes instrumentés, automatisés de mesures à **Haute Fréquence (HF)**



Données

- Données BF et HF
- Séries à long-terme
- Séries non régulières
- Séries avec données manquantes (Ex: pannes, maintenance)
- Séries à forte variabilité spatiale
- Séries à forte variabilité temporelle



Problématiques

- Comment traiter cette **quantité importante de données**?
- Comment **optimiser le traitement** en fonction des stratégies d'échantillonnages, des valeurs manquantes... ?
- Comment **détecter et caractériser des états environnementaux** dans des séries temporelles multi-paramètres ?
- Comment **identifier des événements** fréquents, rares ou extrêmes et leurs dynamiques dans ces séries ?

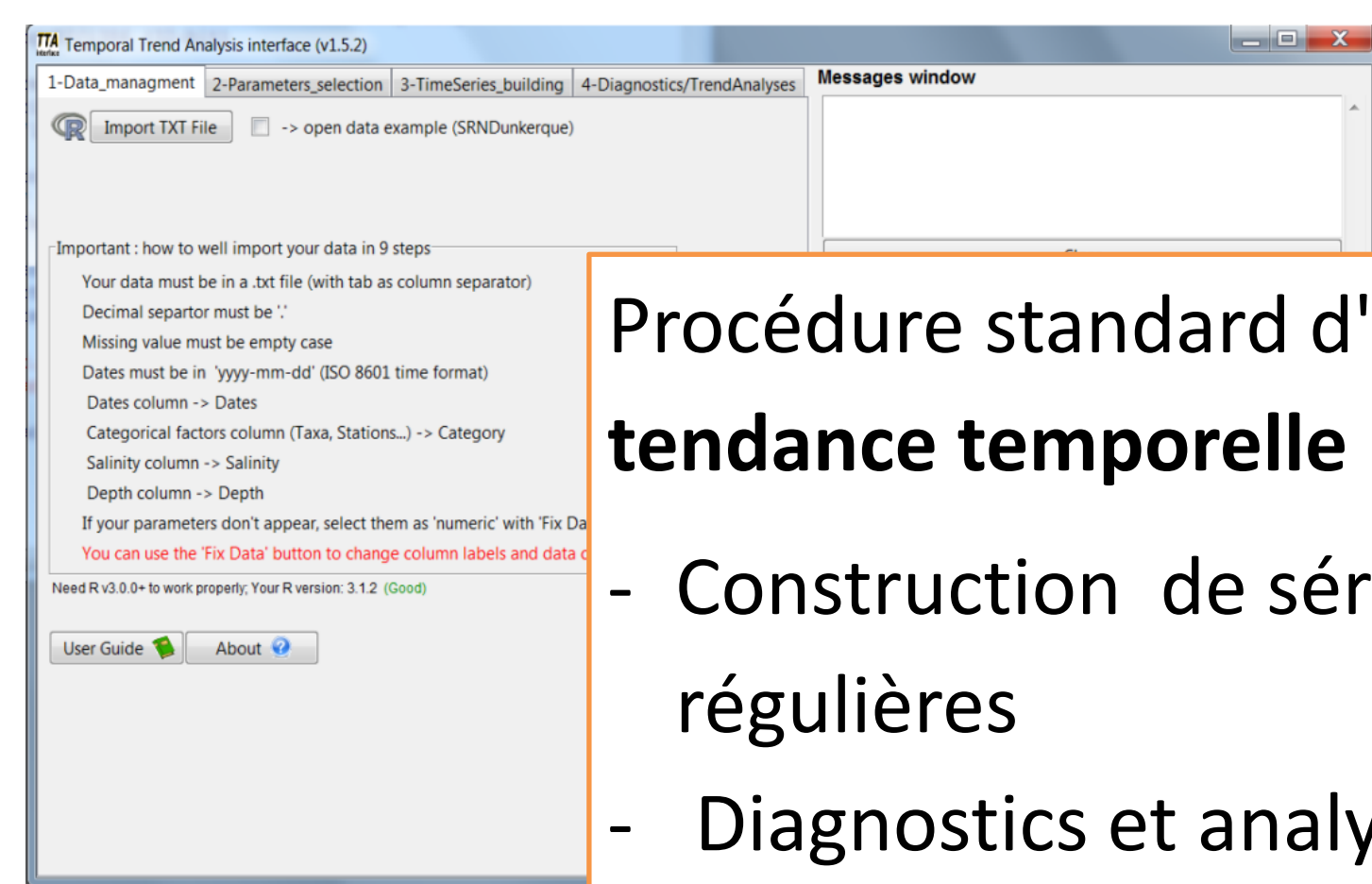
Outils traitements

Exploration de séries temporelles

Classification modélisation

Apprentissage (en Développement)

Package TTA² : Temporal Trend Analysis Graphical Interface



Procédure standard d'analyse de la **tendance temporelle** :

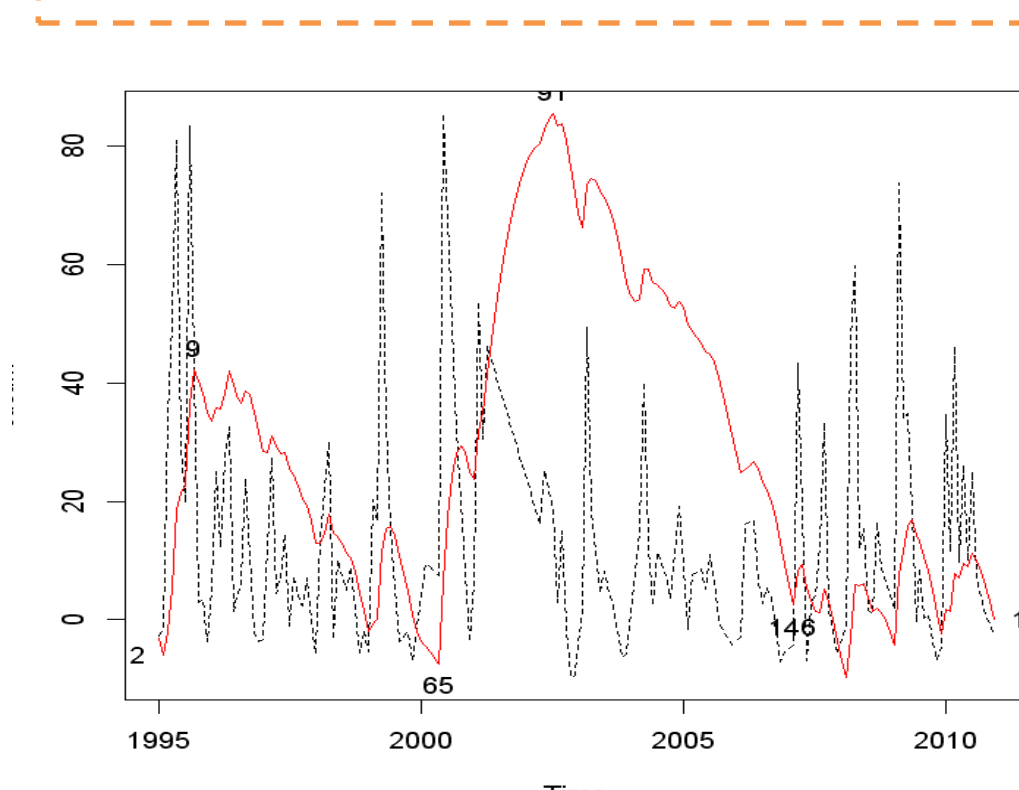
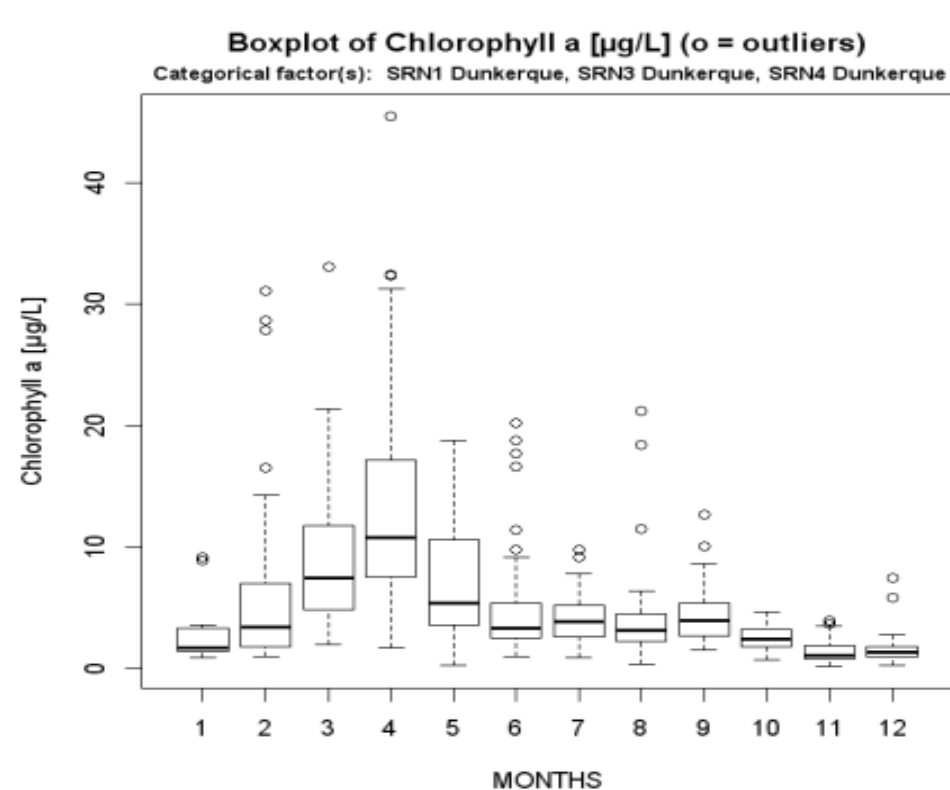
- Construction de séries temporelles régulières
- Diagnostics et analyses statistiques de tendance temporelle

Analyses exploratoires

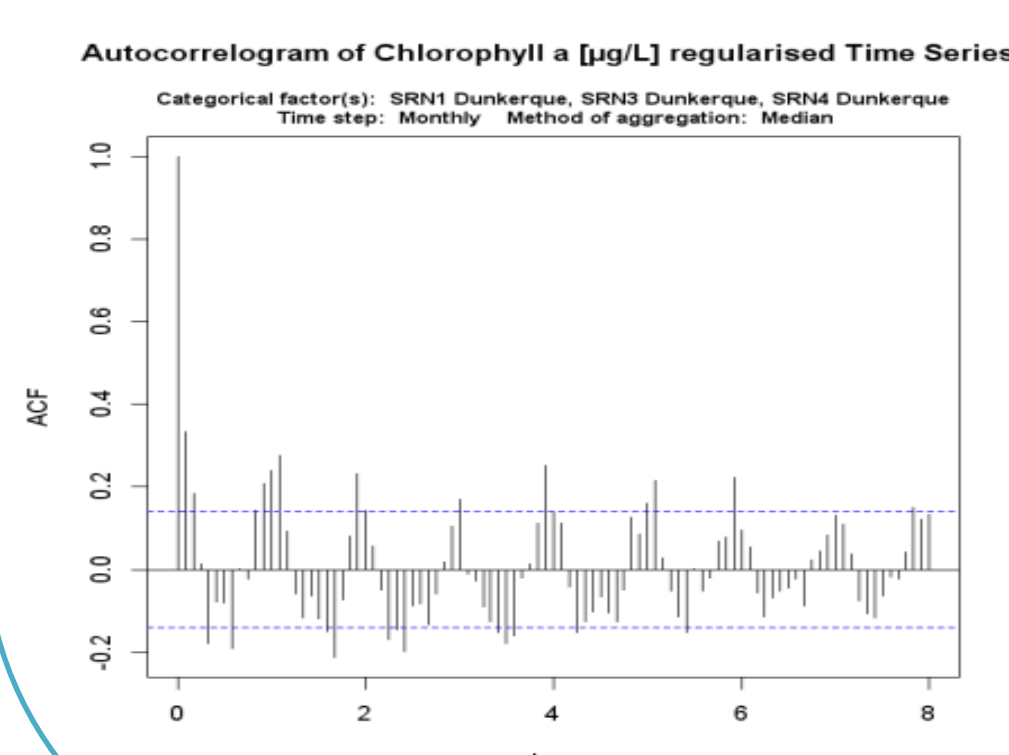
Ex: Boîte à moustache

Tendances, ruptures ...

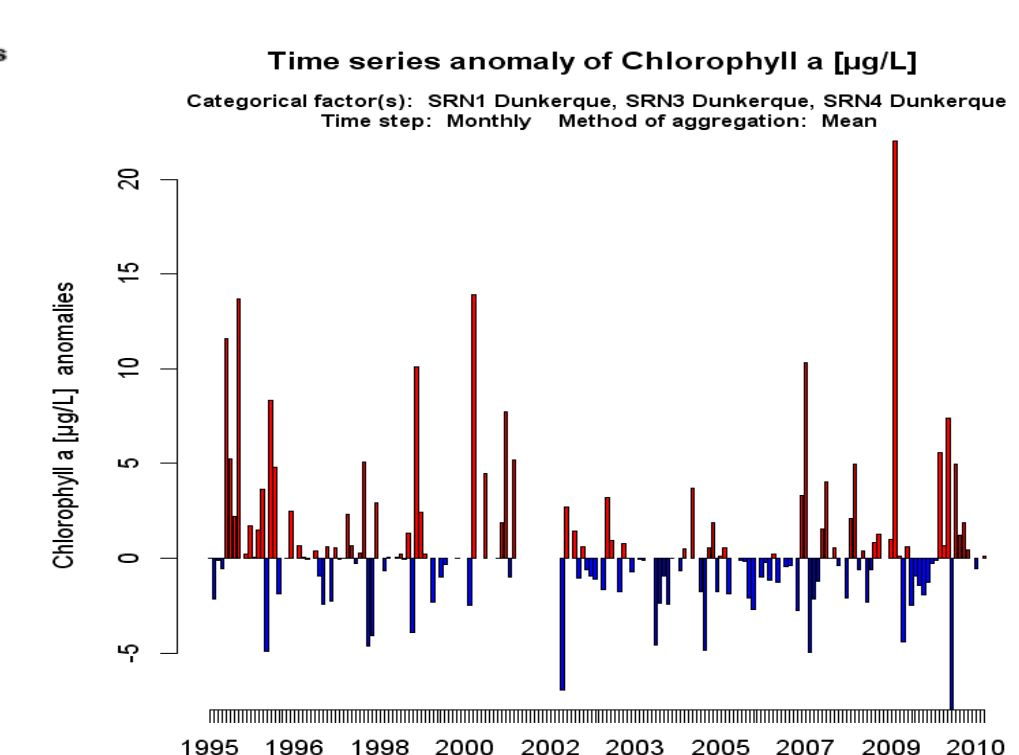
Ex: Somme cumulée, Test de Mann-Kendall



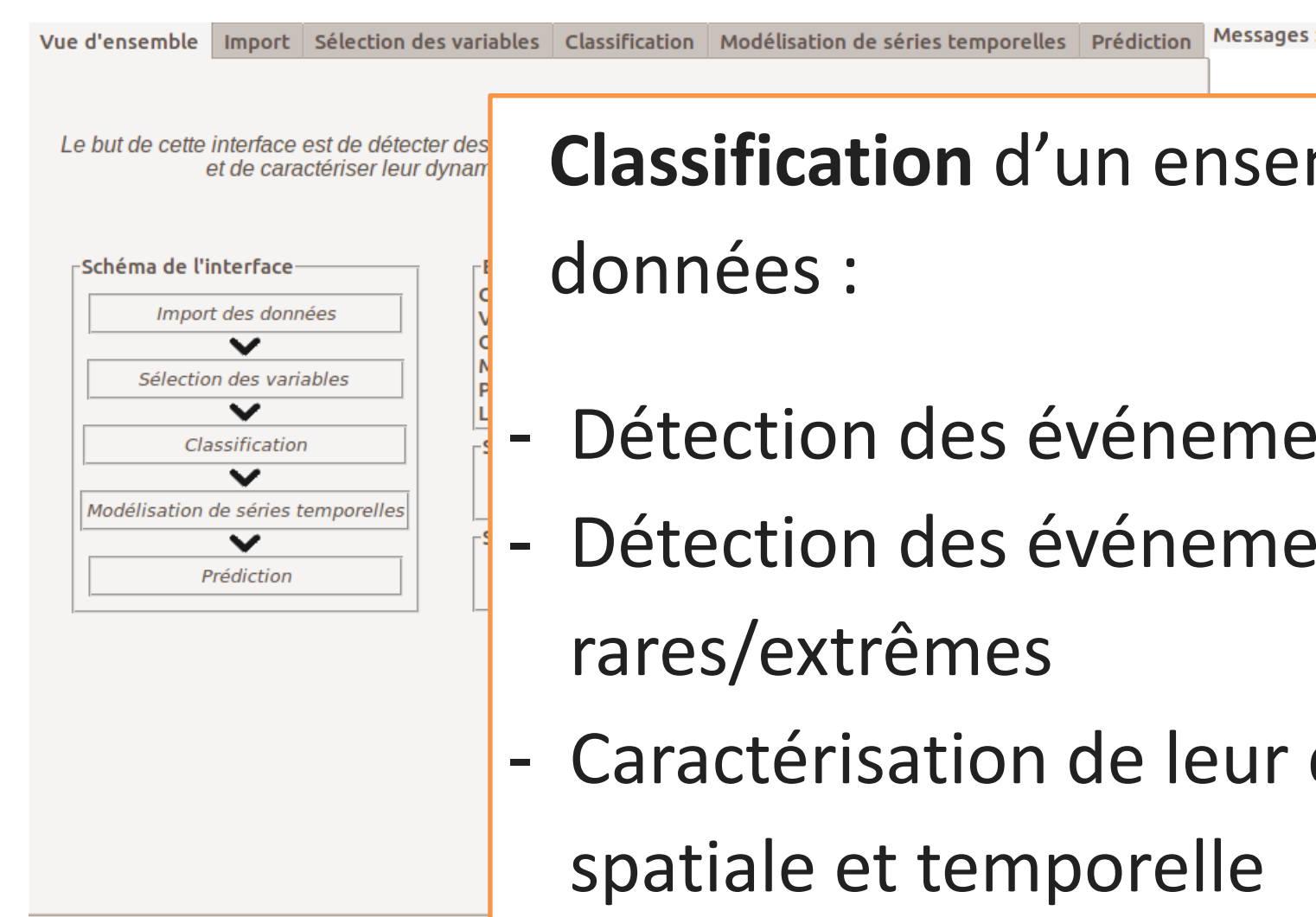
Autocorrélation



Anomalies



Package uHMM³ : Unsupervised Hidden Markov Model

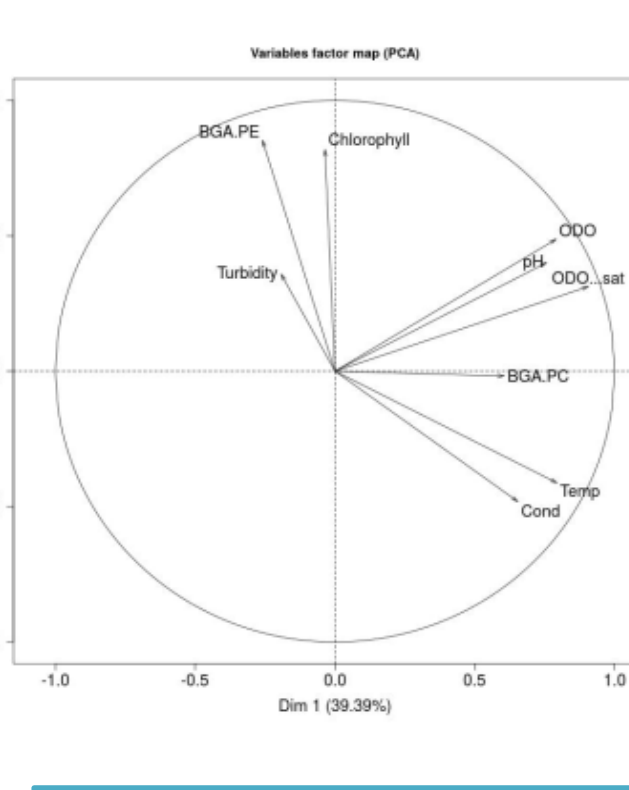
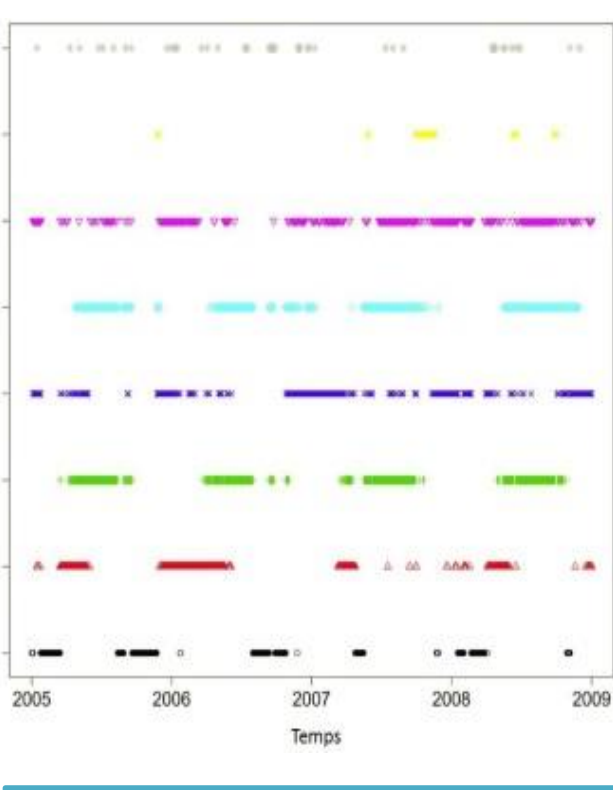
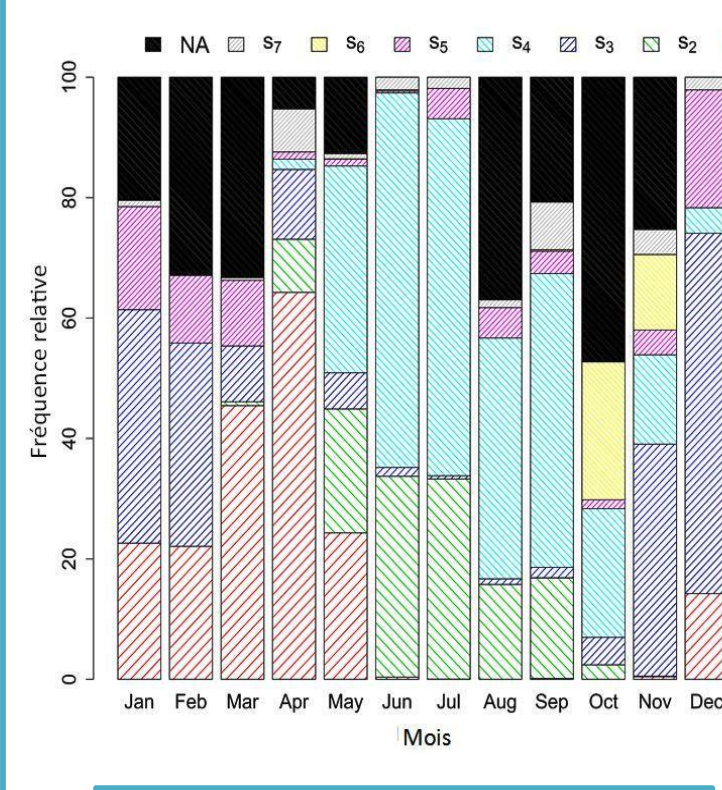


Classification d'un ensemble de données :

- Détection des événements usuels
- Détection des événements rares/extrêmes
- Caractérisation de leur dynamique spatiale et temporelle
- Modélisation → Prédiction

Classification non supervisée⁴

Statistiques de base / Classification spectrale / Analyses multivariées



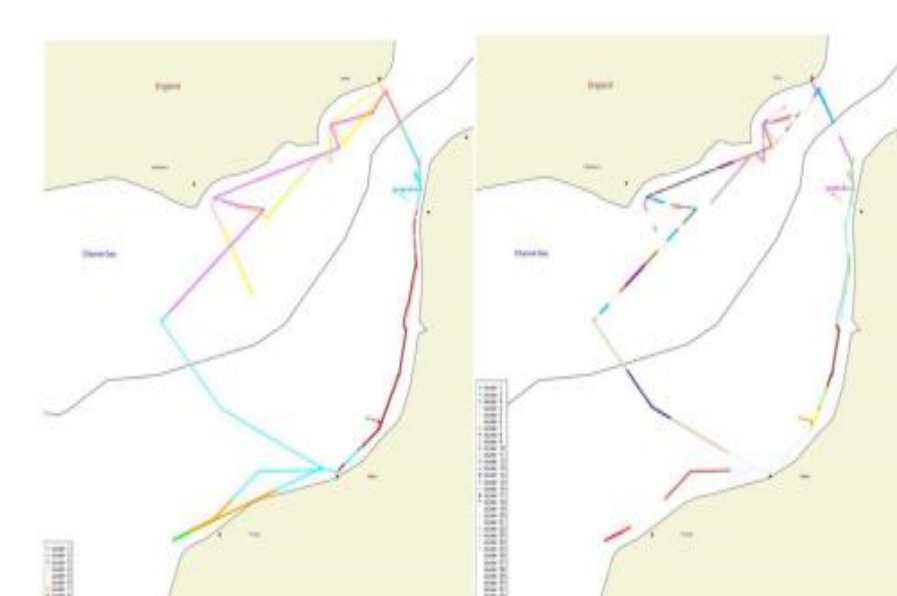
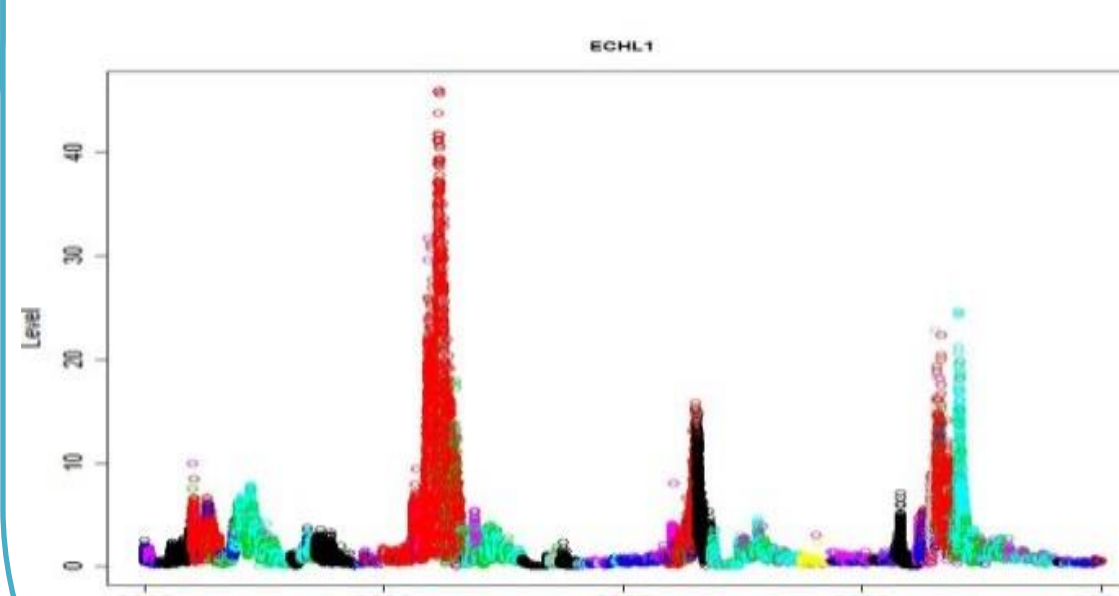
Fréquence des événements

Dynamique des événements

Structuration des variables

Modèle de Markov caché⁴

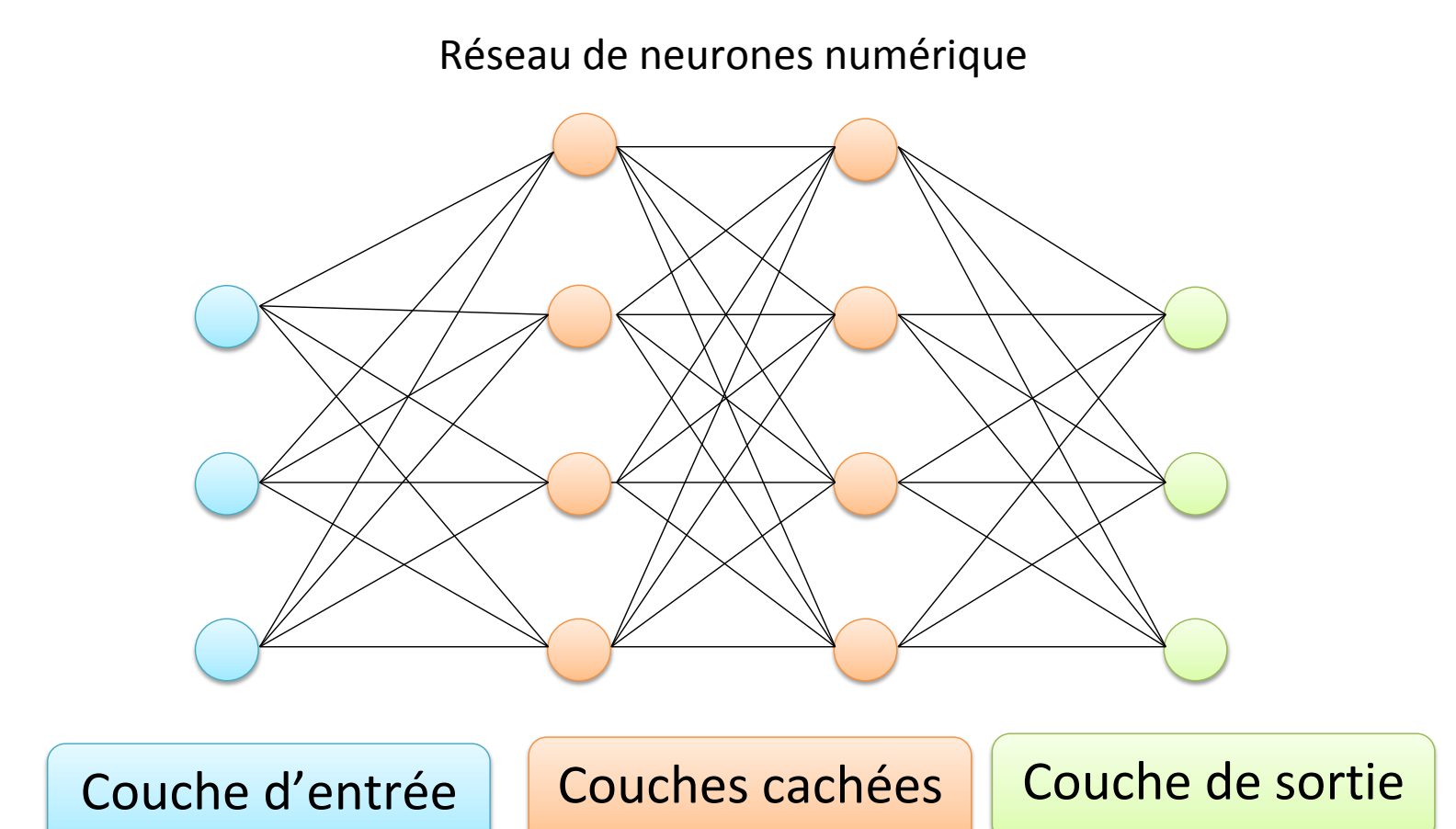
Dynamique du phytoplancton / Distribution spatiale du phytoplancton



Stations instrumentées

Système type FerryBox

Classification semi-supervisée par Deep Learning



Système d'apprentissage et de classification basé sur un réseau de neurones numérique capables de résoudre :

- des problèmes d'optimisation
- des tâches de classification et de reconnaissance

Objectifs

- Établir une typologie de la dynamique environnementale
- Étude des changements d'un système à long terme (Facteurs anthropiques vs facteurs naturels)
- Étude dans des écosystèmes contrastés avec intégration des sources de données BF/HF
- Systèmes d'alerte en temps quasi réel d'événements extrêmes

Références

- Schmitt, F. G., Lefebvre, A. "Mesures à haute résolution dans l'environnement marin côtier", CNRS éditions, Paris, 2016. ISBN:978-2-271-08592-4
- TTA: <https://cran.r-project.org/web/packages/TTAinterfaceTrendAnalysis/>
- hHMM: <https://cran.r-project.org/package=uHMM>
- Rousseuw, K., Poisson Caillault, E., Lefebvre, A., Hamad, D. "Hybrid Hidden Markov Model for Marine Environment Monitoring", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE, 2015, 8 (1), pp.204-213. <10.1109/ISTARS.2014.2341219>

Contacts

Alain.Lefebvre@ifremer.fr
David.Devreker@ifremer.fr
Emilie.Poisson@univ-littoral.fr
Kelly.Grassi@ifremer.fr

Ce travail a été co-financé par l'Etat et la Région Hauts-de-France dans le cadre du CPER 2014-2020 MARCO.

Ce projet a été co-financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne sous la référence JERICO Next n° 654410

La thèse de Kelly Grassi est financée par la société WeatherForce dans le cadre de son programme de R&D "Constitution d'un état initial de l'atmosphère aux normes météorologiques par agrégation de données non conventionnelles".