

Modélisation par IA des phénomènes de cascade d'eau dense côtière via données atmosphériques dans le Golfe du Lion (1940-2024)

Geoffrey Dureau, Xavier Durrieu de Madron, Sébastien Pinel (2024)

geof.dureau@gmail.com

La Rochelle Université



Introduction

Le Golfe du Lion (GOL), situé en Méditerranée du nord-ouest, est une zone clé pour l'étude des cascades d'eau dense côtière (dense water shelf cascading, DSWC), un processus crucial où des eaux denses formées sur le plateau en hiver plongent profondément sur la pente continentale en étant canalisées par les canyons sous-marins. Avec le changement climatique menaçant ces dynamiques, dans un contexte d'accélération de l'oligotrophisation de la Méditerranée, modéliser le DSWC devient essentiel pour anticiper les impacts environnementaux futurs. L'utilisation de machine learning est donc un outil intéressant dans la tentative de modélisation des événements de DSWC depuis 1940 dans le GOL.

Zone et sujet d'étude

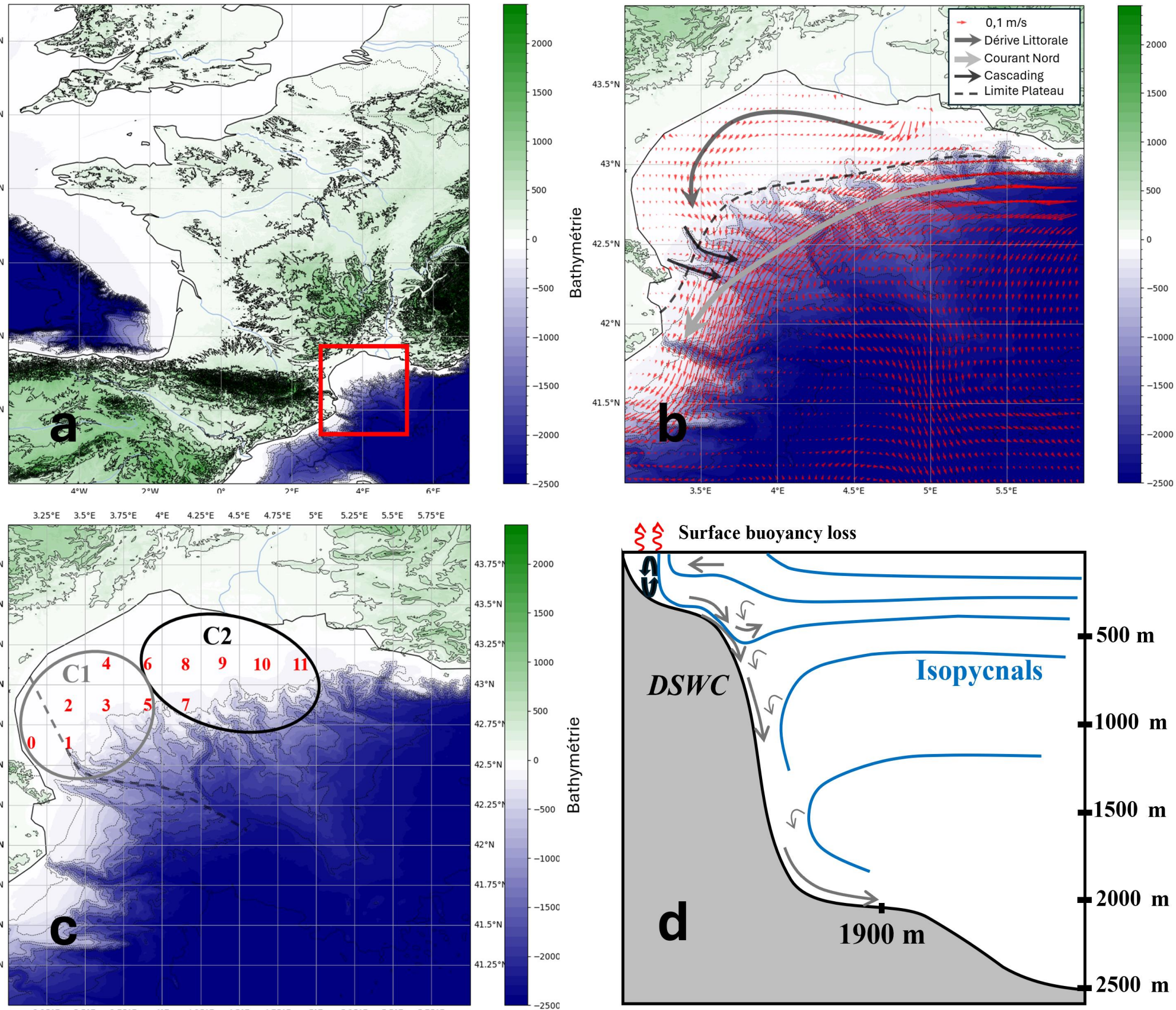


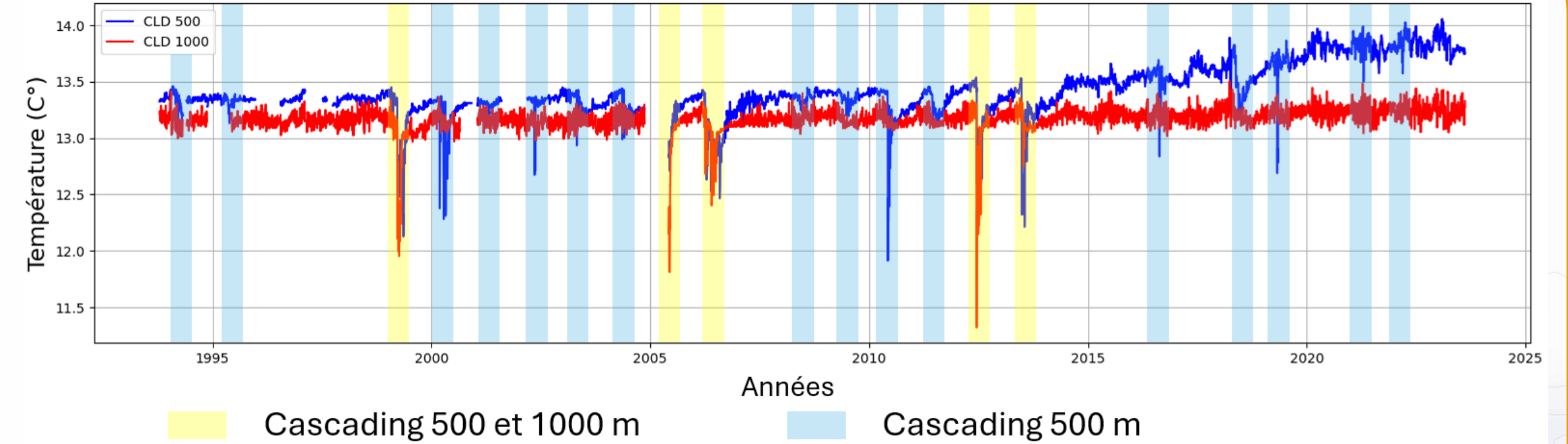
Figure 1 : Cartes : (a) France avec identification du Golfe du Lion, (b) DSWC générale et des différents courants du GOL, (c) différenciation des douze points géographiques des données ERA5 séparées en 2 clusters (C1 et C2) avec la coupe transversale en (d) représentation schématique de la formation et de l'impact de DSWC en fonction du fond.

Données et traitements

Figure 2 : Graphique des températures dans le CLD à 500 et 1000 m. Les événements de DSWC sont mis en évidence.



Données utilisées :
Température 500 m (T500)
Température 1000 m (T1000)

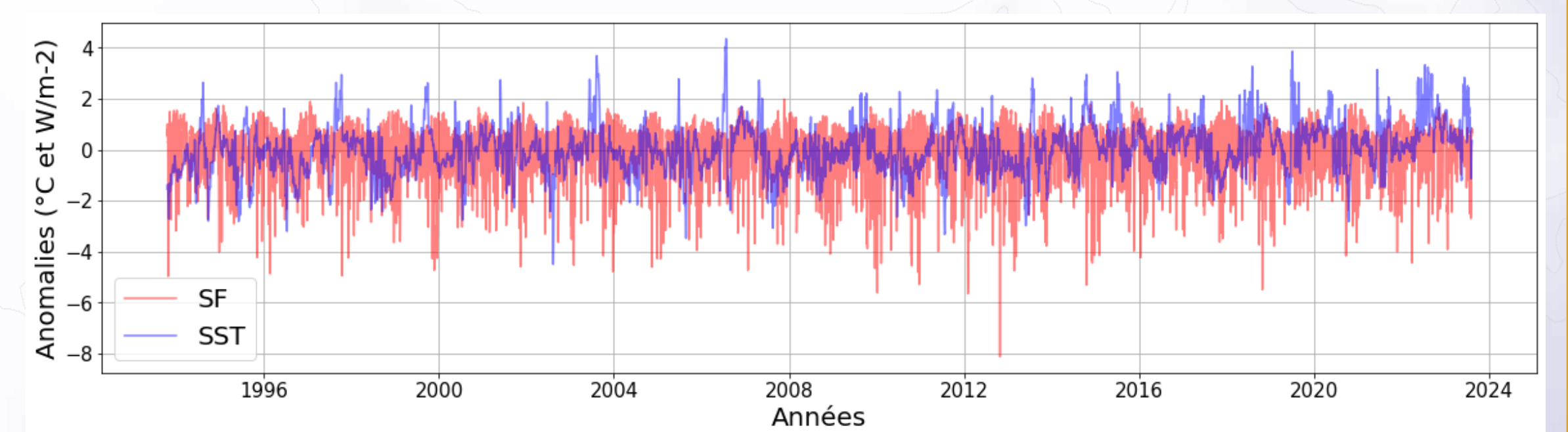


Données utilisées :
2 Metre Dewpoint Temperature (D2M)
2 Metre Temperature (T2M)
Evaporation (E)
Sea Surface Temperature (SST)
Somme Flux (SF)
Eastward Turbulent Surface Stress (EWSS)
Northward Turbulent Surface Stress (NSSS)

Traitements :

- Analyse exploratoire des données
- Clustering sur données : regroupement spatial des données ERA5
- Standardisation : retrait de la tendance et normalisation
- Augmentation de données : Initialisation d'un décalage de -365 à +365 jours pour tous les paramètres.
- Objectif : Mettre en adéquation les données d'entrée (Inputs) ERA 5 avec les sorties à modéliser (Outputs) T500 et T1000

Figure 3: Graphique SST et de SF de 1993 à 2023 sur le plateau du GOL.



Machine Learning

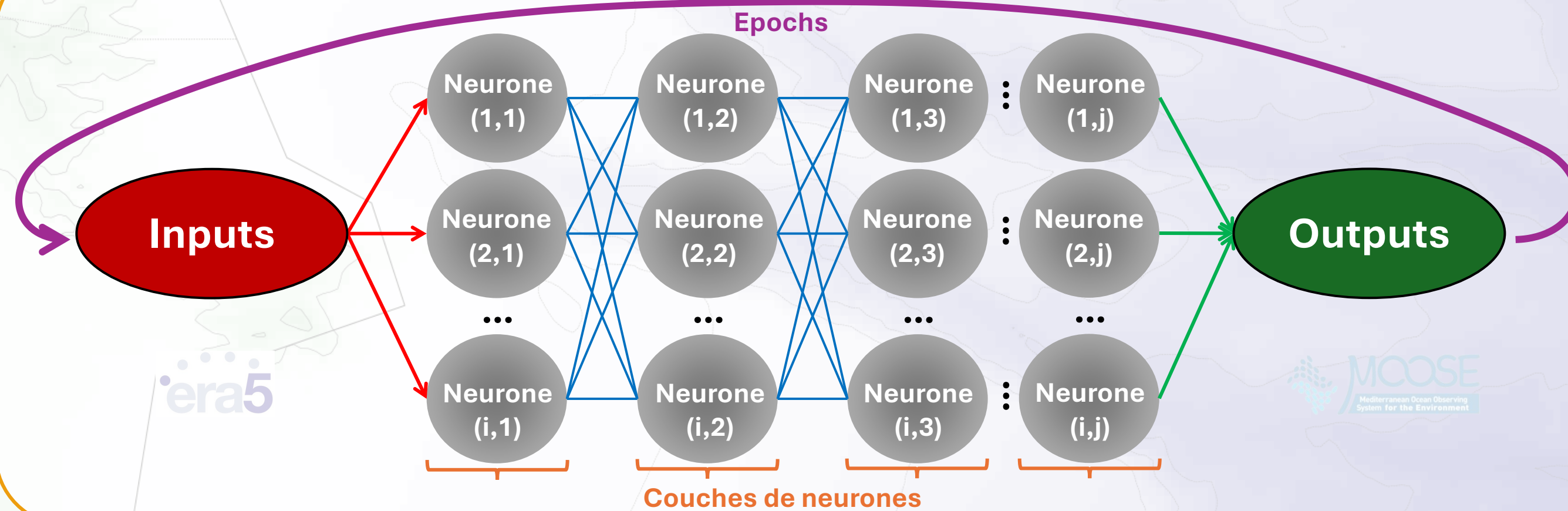


Figure 4 : Schéma d'un réseau de neurones basique.

Utilisation de 4 algorithmes

- Réseaux de neurones de type LSTM (Long Short-Time Memory)
- Réseaux de neurones de type GRU (Gated Recurrent Unit)
- Réseaux de neurones de type ANN (Artificial Neural Network)
- Statistique à arbres de décisions de type RF (Random Forest)

Stacking des différentes prédictions

- Objectif : Avoir plusieurs modèles pour faire une moyenne des prédictions
- Lisse les erreurs, accentue les similitudes

Modélisation 1993-2023

Modélisation :

- Erreurs significatives sur périodes de Test
- Un modèle réalisé par période d'entraînement

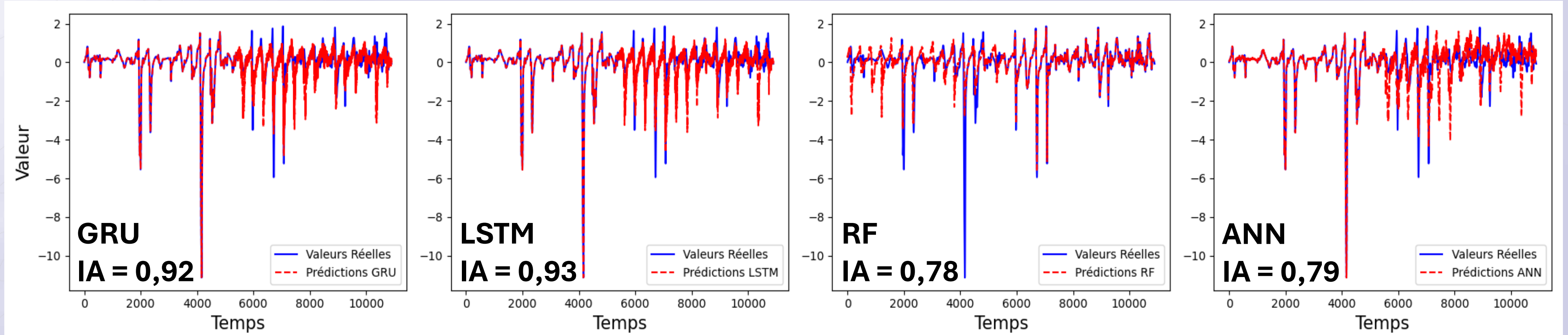
Résultats :

- Bonnes prédictions sur les périodes entraînées, moins bonnes périodes tests
- Métrique Index of Agreement de 0 à 1
- Meilleur sur période d'entraînement 1993-2008

Conclusion :

- Deux prédictions pour algorithme
- 8 prédictions réalisées obtenues par profondeurs

Figure 5 : Modélisation de 1993 à 2023 à 500 m avec algorithme ANN, (a) train 1993-2008 et (b) train 2008-2023.



Prédictions 1942-2024

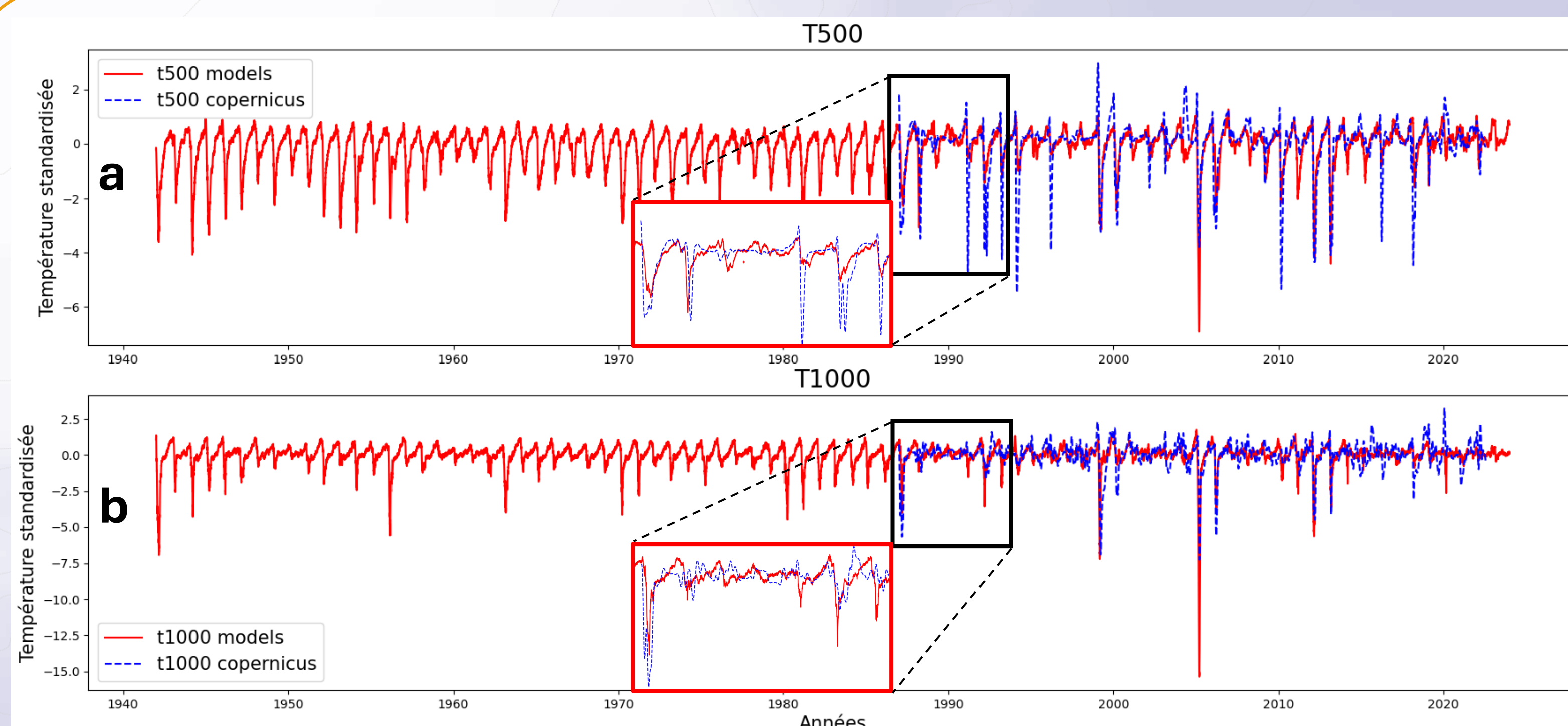


Figure 6 : Modélisation de 1942 à 2023 à 500 m (a) et 1000 m (b) avec températures issues de Copernicus (1987-2021). Zoom sur la période 1987-1993.



Utilisation de température issue de Copernicus pour validation

Prédictions

- T500 : Bonne similitude données Copernicus et modèle pour 1987-1993
- T1000 : Moyenne similitude données Copernicus et modèle pour 1987-1993
- Avec la température à 700 m de Copernicus, meilleure similitude pour t1000
- Condition présente mais cascading s'arrête entre 500 et 1000m ?

Observations

- Diminution intensité des événements de cascading
- Diminution récurrence des événements de cascading (1000 m notamment)

Conclusion

- Prédiction possible à partir de paramètres atmosphériques
- Manque de validation

- Forte diminution à disparition de la DSWC. Cause : réchauffement climatique ?
- Diminution du mélange couches d'eau. Une des causes de l'oligotrophisation ?