

# DYNAMIQUE ATMOSPHÉRIQUE MULTISCALEAIRE SUR LE SECTEUR EURO-ATLANTIQUE ET CONDITIONS THERMIQUES RÉGIONALES : VARIABILITÉ CONTEMPORAINE (1950-2022)

Erika COLLET, Albin ULLMANN

Centre de Recherches de Climatologie, UMR 6282 Biogeoscience, CNRS, Université de Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France, erika.collet@u-bourgogne.fr

## Multiscalar atmospheric dynamics over the Euro-Atlantic domain and regional thermal conditions : contemporary variability (1950-2022)

**Mots-clés :** self-organizing maps, températures, Euro-Atlantique, changement climatique

**Keywords:** self-organizing maps, temperatures, Euro-atlantic, climate change

### Introduction

La problématique du changement climatique et de ses impacts environnementaux demeure une préoccupation sociétale majeure. Ces dernières années, de nombreuses études ont été menées, et ont permis de montrer les principales conséquences lui étant associées. Notamment, celles observées sur les températures (Alexander, 2016).

Sur le domaine Euro-Atlantique, la circulation atmosphérique de large échelle représente le principal facteur d'influence du climat. Or, dans le contexte du changement climatique, cette circulation a vu ses caractéristiques moyennes évoluer, notamment en termes de configurations barométriques (Ullmann *et al.*, 2013). Ce qui nous amène alors à nous interroger, sur les conséquences de ces modifications de large-échelle sur les conditions climatiques aux échelles plus fines, notamment synoptiques, et comment ces changements de dynamique s'expriment en termes de variabilité spatiale et temporelle des conditions climatiques aux échelles régionales en France.

Afin d'investiguer l'impact des changements de cette dynamique atmosphérique, on déterminera dans un premier temps les régimes de circulation (Weather Regimes en anglais -WRs), définis comme étant des configurations barométriques de très larges-échelles, stables, récurrentes et redondantes typiques des grands états préférentiels de l'atmosphère à l'échelle quasi-hémisphérique (Cassou *et al.*, 2004). Pour cela, on appliquera la méthode des k-means à des anomalies journalières de champs de pression de surface pour la période de 1950 à 2022, définissant ainsi 5 grands types de circulation agissant à l'échelle Euro-Atlantique. Ensuite, les conditions synoptiques seront examinées spécifiquement pour chaque WR afin de déterminer comment les WRs renseignent les principaux flux atmosphériques d'échelles synoptiques de notre domaine. Suivant cet objectif, une classification des anomalies barométriques des jours appartenant respectivement à chaque WR sera réalisée en utilisant la méthode des Self Organizing Maps (SOMs). Cette approche, capable de discerner les structures barométriques tout en respectant le continuum des états de l'atmosphère, permettra ainsi une meilleure appréhension de la circulation atmosphérique d'échelle synoptique (Philippopoulos *et al.*, 2014).

Enfin, il s'agira d'étudier comment ces interactions d'échelles spatio-temporelles dans la circulation atmosphérique du domaine Euro-Atlantique, ainsi que leurs potentielles modifications, renseignent la variabilité multi-décennale à intra-saisonnière des températures à l'échelle de la France sur la période 1950-2022. Notamment en termes d'épisodes chauds et de gelées tardives au printemps, en vue de mieux comprendre les liens entre la circulation atmosphérique et le risque de gel sur les cultures sensibles.

### 1. Données et méthodes

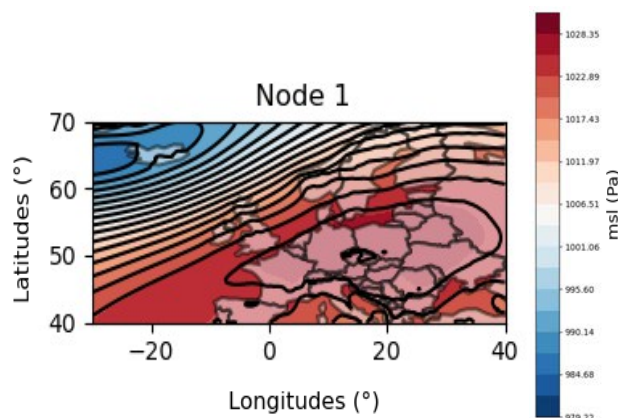
Les données utilisées pour les pressions de surface sont des réanalyses ERA5 avec une résolution temporelle horaire, sur la période de 1950-2022. Ces données proviennent du Centre Européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (ECMWF), avec une résolution spatiale de 0.25°. Les données de températures sont des données journalières issues de l'interpolation de séries d'observations de stations météorologiques, effectuées sur la même période, avec une résolution spatiale de 0.1°. Elles proviennent de l'ensemble de données climatiques E-OBS, développé par l'European Climate Assessment and Dataset.

## 1.1. K-means

L'algorithme des k-means (ou algorithmes des centres mobiles) est une technique d'apprentissage automatique non-supervisée issue du machine learning, qui permet de regrouper des données similaires en clusters. Pour notre échantillon, la meilleure partition a été déterminée par l'indice de classifiabilité de Michelangeli (Michelangeli *et al.*, 1995) et a été fixée au nombre de cinq clusters. Cette méthode, appliquée aux profils d'anomalies de pression de surface, débute par l'identification aléatoire d'un centroïde pour chaque cluster. Puis chaque profil est attribué au centroïde le plus proche, sur la base de la distance euclidienne. Le centroïde est ensuite mis à jour, en prenant pour valeur la moyenne de tous les profils appartenant à son cluster. En appliquant cette méthode à l'ensemble des profils d'anomalies de pression de surface, on sera ainsi en mesure de déterminer cinq grands états préférentiels de l'atmosphère très stables et différents, et de les catégoriser en WRs.

## 1.2. Self-organizing maps (SOM)

Outil de clustering, la SOM (Kohonen, 2013) est également une technique d'apprentissage automatique non-supervisée, qui permet d'avoir une meilleure visualisation des données de haute dimensionnalité en les projetant sur un espace 2D appelé carte. Chacun des neurones de la carte représente ainsi un cluster. Au cours d'un processus itératif, chaque profil d'anomalies de pression de surface sera associé au neurone le plus similaire : le vecteur d'entrée sera comparé au vecteur « poids » des différents neurones, afin de trouver celui pour lequel la distance euclidienne est minimale. Le neurone gagnant (Best Matching Unit) s'actualise alors pour ressembler davantage aux éléments de son cluster.



**Figure 1.** Exemple de cluster (node) de pression de surface obtenu avec la Self-Organizing map sur le domaine d'étude.

Ces étapes sont répétées jusqu'à obtenir une SOM stable, représentant différents états continus et variables de l'atmosphère. Ce qui rend cette méthode idéale pour étudier la variabilité synoptique intra-régime de circulation et donc comprendre les interactions d'échelles dans la dynamique de l'atmosphère. Appliquée à des profils d'anomalies de pression de surface issus des WRs, la SOM permet ainsi d'établir un continuum de l'atmosphère et produire une intra-classification objective de la circulation d'échelle synoptique sur le domaine de l'Euro-Atlantique. Une fois cette classification SOM effectuée, l'évolution et la variabilité thermique régionale peut-être étudiée en nous reportant aux dates associées à chaque cluster.

## 2. Résultats préliminaires et conclusion

Les résultats obtenus permettront d'observer la variabilité et l'évolution spatio-temporelle des conditions synoptiques à l'intérieur de chaque WRs, ainsi que ce que cela implique en termes de répartition des anomalies de températures aux échelles régionales de la France pour la période 1950-2022.

Cette méthodologie, initialement développée dans le cadre d'un projet de thèse afin d'investiguer le risque de gel sur la viticulture, est cependant tout à fait transposable à d'autres domaines, tels que l'agriculture et les vagues de chaleur.

## Bibliographie

- Alexander L. V., 2016: Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather and Climate Extremes*, **11**, 4-16.
- Cassou C., Terray L., Hurrell J. et Deser C., 2004 : North Atlantic climate regimes: spatial asymmetry, stationarity with time, and oceanic forcing. *J. Climate*, **17**, 1055–3363.
- Kohonen T., 2013 : Essentials of the self-organizing map. *Neural Netw.*, **37**, 52–65.
- Michelangeli P., Vautard R., et Legras B., 1995: Weather Regimes: Recurrence and Quasi Stationarity. *J. Atmos. Sci.*, **52**, 1237–1256.
- Philippopoulos K., Deligiorgi D. & Kouroupetroglou G., 2014 : Performance Comparison of Self-Organizing Maps and k-means Clustering Techniques for Atmospheric Circulation Classification. *International Journal of Energy and Environment*, **8**, 171-180.
- Ullmann A., Fontaine B. et Roucou P., 2013 : Euro-Atlantic weather regimes and Mediterranean rainfall patterns: present-day variability and expected changes under CMIP5 projections. *International Journal of Climatology*, **34**, 2634-2650.