

## **Les catastrophes hydrométéorologiques du Rhône aval sont-elles des événements géographiques ?**

Downstream Rhône River hydro-meteorological disasters are they geographical events?

Quentin Hénaff<sup>1,2</sup>, Gilles Arnaud-Fassetta<sup>1,2</sup> et Gérard Beltrando<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Université Paris Diderot, 5 rue Thomas Mann 75013 Paris (correspondance : quentin.henaff@etu.univ-paris-diderot.fr) <sup>2</sup> UMR 8586 PRODIG CNRS, 2 rue Valette 75005 Paris

### **RÉSUMÉ**

L'objectif de l'étude est d'étudier la dimension géographique des événements hydrométéorologiques catastrophiques de la basse vallée du Rhône de 1993 à 2003. Dans un premier temps l'auto-corrélation spatiale globale des distributions pluviométriques événementielles est évaluée par le calcul de l'indice de Moran, à l'échelle du bassin versant du Rhône aval puis suivant différentes fenêtres de voisinage.

Ensuite, les extractions des cumuls pluviométriques par unité spatiale (17 sous-bassins versants) et par unité temporelle (12 événements catastrophiques) sont intégrées dans une matrice à deux dimensions (espace/temps). L'objectif est alors de mener une co-classification des lignes (espace) et des colonnes pour aboutir à des co-classes géo-événementielles des cumuls pluviométriques catastrophiques. Ces résultats de co-classification devraient être de potentiels éléments de typologie hydroclimatique des catastrophes hydrométéorologiques dans la basse vallée du Rhône.

### **ABSTRACT**

The objective of the study is to investigate the geographical dimension of downstream Rhône River catastrophic hydro-meteorological events from 1993 to 2003. Initially the spatial autocorrelation of event rainfall distributions is evaluated by the Global Moran index, at the Rhône River catchment scale and for different distance clusters.

Then the extractions of rainfall per spatial unit (17 sub-catchments) and per time unit (12 catastrophic events) are integrated in a two-dimensional matrix (space/time). The objective is to lead a co-clustering of lines (space) and columns to achieve geo-event co-clustering. These co-clustering results should be potential elements for a typology of downstream Rhône River hydro-meteorological disasters.

### **MOTS CLES**

Catastrophe hydrométéorologique, événement géographique, cumul pluviométrique, géostatistique, Rhône aval

## 1 INTRODUCTION

Les crues catastrophiques du Rhône aval ont démontré la vulnérabilité des territoires de la basse vallée face aux inondations fluviales. Caractérisé par l'influence du climat méditerranéen, le régime hydrologique du Rhône aval est sensible à la variabilité hydrométéorologique de ses sous-bassins versants affluents. Ses extrêmes hydrologiques sont notamment commandés par l'addition des pics de crue de ses affluents (Provansal *et al.*, 2012).

L'étude s'intéresse à la mesure de la dimension géographique des événements hydro-météorologiques catastrophiques du Rhône aval de 1993 à 2003. Les cumuls pluviométriques sont analysés par l'exploration statistique de leur distribution à la fois dans les dimensions spatiale et temporelle.

## 2 MÉTHODE

La méthode proposée consiste d'une part à mesurer l'auto-corrélation spatiale des cumuls pluviométriques des événements catastrophiques recensés et d'autre part d'explorer la structure spatio-temporelle de ces cumuls pluviométriques.

### 2.1 Auto-corrélation spatiale des distributions pluviométriques

#### 2.1.1 Indice d'auto-corrélation spatiale globale de Moran

L'indice global de Moran évalue l'auto-corrélation spatiale d'une distribution par la mesure simultanée de la valeur attributive de l'objet géographique (ici, le cumul pluviométrique de l'événement catastrophique) et de sa localisation (Mitchell, 2005) :

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2},$$

où  $z_i$  et  $z_j$  sont les écarts à la moyenne,  $w_{i,j}$  est la matrice de pondération spatiale entre  $i$  et  $j$ ,  $n$  est égal au nombre d'individus, et  $S_0$  est la somme des pondérations spatiales :

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j}.$$

La valeur calculée de l'indice de Moran varie dans l'intervalle [-1 ; +1] correspondant à des motifs de dispersion ( $I < 0$ ) ou d'agrégation ( $I > 0$ ). Une valeur nulle reflétant une distribution spatiale purement aléatoire. L'indice de Moran est calculé pour chaque événement avec une matrice de pondération inverse à la distance appliquée sur l'ensemble du bassin versant du Rhône aval.

#### 2.1.2 Corrélogrammes de Moran

La variabilité d'échelle de l'auto-corrélation spatiale globale est évaluée par itération du calcul de l'indice de Moran pour différents seuils de voisinage de la matrice de pondération initiale.

### 2.2 Exploration de données géo-événementielles

#### 2.2.1 Unité spatiale hydrosystémique

L'unité spatiale de base de l'analyse géostatistique est le système de sous-bassins versants affluents du Rhône aval (17 unités).

#### 2.2.2 Unité temporelle événementielle

L'unité temporelle se rapporte à la nature événementielle de la catastrophe hydrométéorologique : chaque cumul d'événement est intégré dans la base de données s'il a donné lieu à une reconnaissance d'état de catastrophe naturelle dans la basse vallée (12 unités).

#### 2.2.3 Co-partitionnement simple des cumuls pluviométriques

Les distributions pluviométriques sont intégrées dans une matrice géo-événementielle à deux dimensions : (1) cumul par sous-bassin versant et (2) cumul par événement. Cette matrice fait l'objet d'un co-partitionnement simple opéré à la fois sur ses lignes (bassins versants) et sur ses colonnes (événements) par classification ascendante hiérarchique avec la méthode de Ward appliquée sur la mesure des distances euclidiennes (Saporta, 2011).

### 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 Conceptualisation de l'événement hydro-météorologique catastrophique

Le calcul, pour chaque événement, de l'indice de Moran démontre la tendance à l'agrégation de la distribution spatiale des cumuls pluviométrique dont le test statistique (score z et valeur p) relève l'évidence statistique d'improbabilité de motifs spatiaux aléatoires. Les corrélogrammes de Moran analysent la variabilité spatiale de distribution pluviométrique : d'une part la structure de l'événement pluviométrique (simple/complexe) et d'autre part son échelle (localisée/étendue) (figure 1).

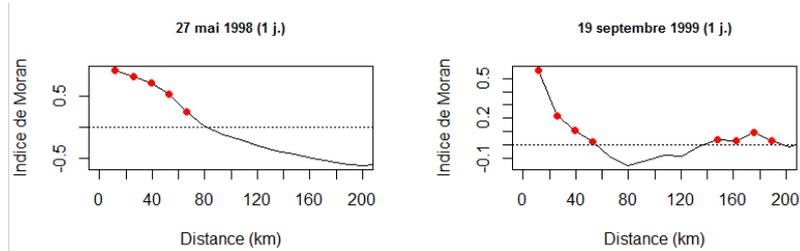


Figure 1 : corrélogrammes de Moran pour les catastrophes de 1998 (g.) et 1999 (d.)

#### 3.2 Cartes de co-classification géo-événementielle

Le co-partitionnement de la matrice géo-événementielle permet d'obtenir deux cartes de co-classification présentant la même co-classification des lignes et des colonnes mais sur deux distributions différentes : (1) une distribution centrée-réduite des cumuls par bassin versant (en ligne) et (2) centrée-réduite en colonne (événement). Ces deux cartes de co-classification sont complémentaires pour définir des co-classes géo-événementielle de cumul pluviométrique (figure 2).

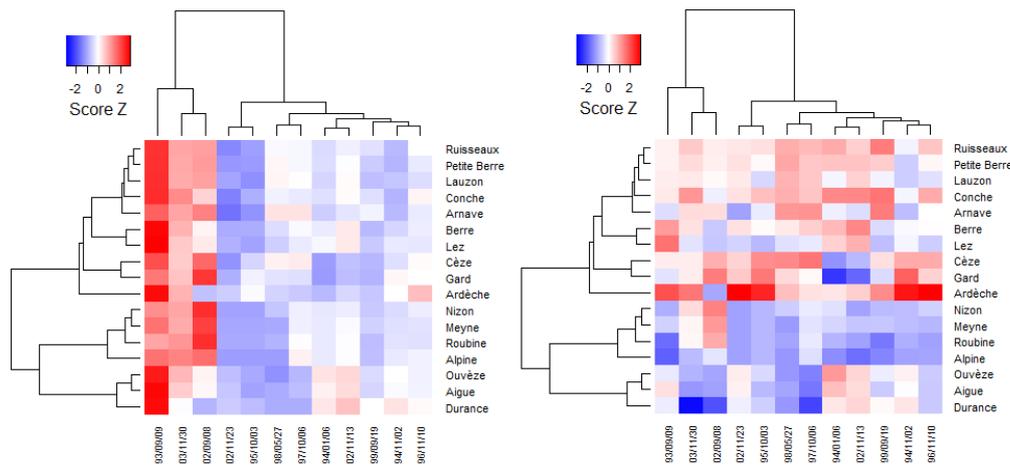


Figure 2 : Cartes de co-classification standardisées par bassin versant (g.) et par événement (d.)

#### 3.3 Vers une typologie hydroclimatique des régimes de crue du Rhône aval

Les principales limites de l'analyse reposent (1) sur les données en entrée : la période 1993-2003 semble trop courte pour proposer une typologie hydroclimatique des événements (2) sur l'algorithme de co-classification qui ne permet pas d'obtenir des bi-classes (espace-événement) simultanées.

### 4 CONCLUSION

La dimension géographique des événements catastrophiques peut être évaluée par la mesure de l'auto-corrélation spatiale des distributions pluviométriques. Ces distributions peuvent alors être co-classées pour aboutir à une typologie géo-événementielle des catastrophes du Rhône aval.

### 5 BIBLIOGRAPHIE

- Mitchell, A. (2005). *The Esri Guide to GIS Analysis*, Vol. 2, ESRI Press, 252 p.
- Provansal, M., Radakovitch, O., Sabatier, F. et Clémens, A. (dir.) (2012). *Le Rhône aval en 21 questions*, Ed. GRAIE, Lyon, 55 p.
- Saporta, G. (2011). *Probabilités, analyse des données et statistique*, 3<sup>e</sup> éd., Ed. Technip, 656 p.