

---

## **L'APPORT DE L'ANALYSE EN COMPOSANTES INDÉPENDANTES (ACI) ET DE L'ANALYSE EN FACTEURS INDÉPENDANTS (AFI) DANS L'IDENTIFICATION DE SIGNAUX ISSUS DE SÉRIES TEMPORELLES**

*Bruno DARDAILLON (\*), Frédéric GRESSELIN (\*\*), Faïcel CHAMROUKHI (\*\*\*)*

*(\*) DREAL Normandie, Laboratoire Mathématiques Nicolas Oresme, Université de Caen Normandie*

*(\*\*) DREAL Normandie, Laboratoire Morphodynamique Continentale et Côtière UMR 6143 Université de Caen Normandie*

*(\*\*\*) Laboratoire Mathématiques Nicolas Oresme, Université de Caen Normandie*

[bruno.dardaillon@developpement-durable.gouv.fr](mailto:bruno.dardaillon@developpement-durable.gouv.fr)

**Mots-clés :** *Analyse en Composantes Indépendantes (ACI), Analyse en Facteurs Indépendants (AFI), Identification de signaux, Température des cours d'eaux normands*

**Domaine concerné :** *Séries temporelles, Analyse de données*

---

### **Résumé**

La température est un paramètre essentiel de l'écologie d'un cours d'eau qui agit tant sur les organismes vivants que sur les usages. Dans cette optique, la Dreal de Normandie a équipé plusieurs cours d'eau normands de sondes thermiques pour approfondir notamment la connaissance globale des écosystèmes fluviaux de Normandie.

À partir de ces enregistrements dont les données bi-horaires s'échelonnent de mai 2013 à octobre 2018, F. Gresselin et al. [1] ont identifié les principaux facteurs qui contrôlent la thermie de la rivière de la *Touques*, qui coule à Lisieux, et leur rôle respectif. Leur étude repose sur l'analyse en composantes indépendantes (ACI). Celle-ci a notamment permis d'extraire les différentes composantes élémentaires indépendantes qui constituent les séries initiales. Ainsi, des quatre sondes thermiques de la *Touques*, ont pu être extraits des signaux saisonniers, journaliers et diurnes ainsi que l'influence de la nappe phréatique et du ruissellement.

En étudiant la thermie des rivières de l'*Odon* – affluent de l'*Orne* - et de la *Sélune* – fleuve normand qui se jette dans la baie du Mont Saint-Michel - aux comportements a priori différents, l'enjeu de ce papier sera double.

D'une part, approfondir les premiers résultats de F. Gresselin et al. en identifiant les facteurs de contrôle naturels du régime thermique de ces cours d'eau. La présence de plusieurs sondes sur ces cours d'eau rendrait possible par ailleurs l'identification de nouveaux signaux

spécifiques à ces bassins versants. Par exemple, l'effet des barrages sur la *Sélune* de Veziens et la Roche-qui-boit, pourrait être identifié par l'ACI [2] en plus des signaux saisonniers, journaliers ou phréatiques. En outre, le rôle d'événements météorologiques particuliers (épisodes neigeux par exemple ou de canicule) pourrait également être testé en intégrant à l'analyse les données de Météo-France.

D'autre part, ces résultats pourront être consolidés grâce à une analyse en facteurs indépendants (AFI). L'AFI, introduite dans [3,4], est une spécialisation de l'ACI dans laquelle les densités marginales des sources latentes sont modélisées par des modèles de mélanges de Gaussiennes (McLachlan 2006), plutôt que par une densité unimodale. L'AFI permet ainsi d'approcher des sources plus complexes et à distribution quasi-arbitraire, étant donné la capacité d'approximation universelle de densités par mélanges de Gaussiennes. L'estimation des différents paramètres du modèle, i.e matrice de démixage et paramètres des mélanges de gaussiennes représentant les sources, peut alors s'effectuer par une stratégie de maximisation conjointe de la vraisemblance par rapport à tous les paramètres à l'aide de l'algorithme EM [5]. On alterne ainsi la mise à jour des sources en maximisant la vraisemblance par rapport aux paramètres des densités des sources, pour une matrice de mixage fixée, par l'algorithme EM, et une montée de gradient pour optimiser la log-vraisemblance par rapport aux paramètres (matrice) de démixage, lorsque les paramètres sources sont fixés.

## Bibliographie

[1] Gresselin F., Dardaillon B., Bordier C., Parais F., Kauffmann F., « Use of statistical methods to characterise the influence of groundwater on the thermal regime of rivers in Normandy (France): comparison between the highly permeable, chalk catchment of the Touques river and the low permeability, crystalline rock catchment of the Orne river », *Geological Society, London, Special Publications*, 517, 2021.

[2] Poirel A., Gailhard J., Capra H., « Influence des barrages-réservoirs sur la température de l'eau : exemple d'application au bassin versant de l'Ain », *La Houille Blanche*, n°4, 72-79.

[3] E. Moulines, J. Cardoso et E. Cassiat. Maximum likelihood for blind separation and deconvolution of noisy signals using mixture models. Dans *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, volume 5, pages 3617–3620, 1997.

[4] H. Attias. Independent factor analysis. *Neural Computation*, 11(4):803–851, 1999.

[5] Dempster, A. P., Laird, N. M., & Rubin, D. B. (1977). Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society B*, 39, 1–38.