

0. Contexte

Les précipitations sont un des points clefs de nombreuses études scientifiques du fait de leur importance dans de nombreux domaines (agriculture, urbanisme, assainissement, etc...). On rapporte souvent que l'une des caractéristique majeure des champs de pluie, est leur forte variabilité dans l'espace et dans le temps

La comparaison des séries de précipitations mesurées avec des pluviomètres placés à des endroits différents est du fait de cette variabilité difficile.

L'objectif de la méthode présentée dans ce poster, est de quantifier et mesurer cette variabilité des précipitations.

1. l'impuissance des méthodes classiques

Il existe deux principales approches pour comparer deux séries chronologiques des précipitations :

- Comparaison après extraction des paramètres (valeurs max, hauteur d'eau, contour vertical,...)
- Comparaison globale des séries (Similarité : Cross-corrélation, Distance : distance euclidienne, tests...)

En plus de l'absence d'une liste communément acceptée par la communauté, la première approche, bien que souvent utilisée, engendre une perte d'information sur la variabilité (ex: on peut trouver deux séries différentes ayant la même valeur max).

La deuxième, bien qu'efficace pour les séries à résolution temporelle grossière, elle perd toute son efficacité face à des séries à fine résolution sujette à des transformation(ex: décalages temporels)

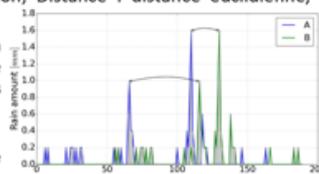


Fig. 1 : exemple de Cross-corrélation appliquée à deux séries à la résolution de 6 min

=> nécessité de développer une méthode qui détecte les transformations (ex: décalages temporels, distorsion,...)

2. Iterative Downscaling Dynamic Time Warping(IDDTW)

Fig 2: La DTW est une méthode qui mesure la dissimilarité entre deux séries temporelles en cherchant l'appariement optimal entre deux séries temporelles, sous certaines restrictions.

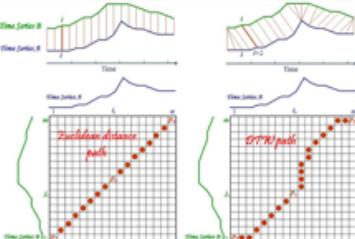
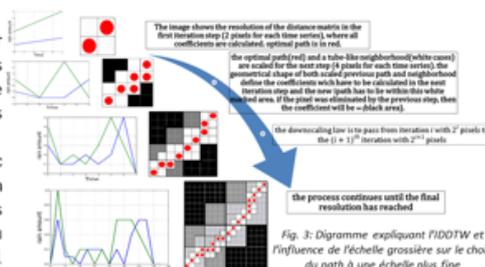


Fig. 2 : fonctionnement de la dynamique time warping (DTW) comparé à la distance euclidienne

Amélioration(Fig.3): appliquer la DTW à différentes échelles temporelles (une descente d'échelles -de la grossière vers la plus fine-).

La méthode est donc hiérarchique et itérative: le path de l'échelle i définit des contraintes sur la recherche du path optimal à l'échelle $i + 1$ suivante par descente



Pour la suite, on note: $-d_{IDDTW}(S_{i+1}, S_i)$ la dissimilarité mesurée par IDDTW

$-A(S_{i+1}, S_i)$ l'appariement optimal détecté par IDDTW

3. Application : cas d'étude

Fig 4. Pour tester l'IDDTW, une série temporelle de précipitations (A) correspondant à une période de 10 jours mesurées sur Trappes à la résolution de 6min a été transformée (des décalages aléatoires, modification des valeurs).

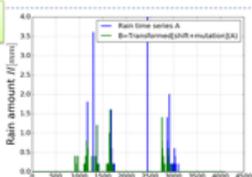


Fig. 4 : la série d'origine + la série transformée

Fig 5. malgré la modification des valeurs:

Décalage trouvé = Décalage appliqué
L'évènement isolé à l'instant 2500 n'a pas été associé à un évènement de l'autre série.

=> l'IDDTW fait bien la différence entre inter et intra-event-time

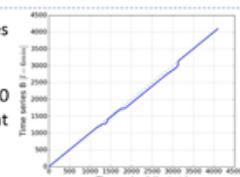


Fig. 5.a : le chemin optimal obtenu par l'IDDTW

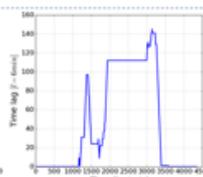


Fig. 5.b : les retards calculés à partir du chemin (5.a)

4. Application en Ile de France

Fig 6. Pour caractériser l'hétérogénéité des précipitations en île de France, l'IDDTW a été appliquée aux données des 26 stations prises deux à deux et mesurées en 2015 à la résolution de 6 min.

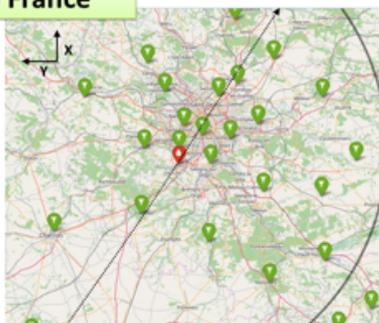


Fig. 6. positions des 26 stations(pluviomètres) météo France

Résultats: 325 paths (décalages temporels) et une matrice des dissimilarités 26x26

Fig. 7. La flèche en points noirs représente l'axe le plus représentatif de la variation de la d_{IDDTW} , il est obtenu par maximisation de la corrélation entre son vecteur unitaire que nous appelons V et la d_{IDDTW} , il sert par la suite de référence pour repérer les orientations (angles), Hypothèse en court de vérification: La flèche montre la direction du vent dominant.

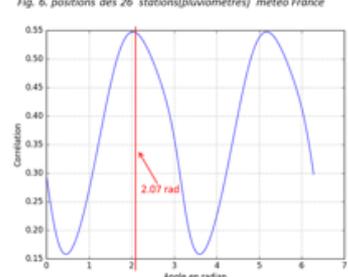


Fig. 7. corrélation entre la dissimilarité d_{IDDTW} et la distance projetée sur un axe en fonction de l'angle de rotation

Fig 8. la dissimilarité

$$d_{IDDTW} \nearrow \text{ quand } \rho \nearrow$$

Si $\rho \searrow$, le positionnement (angle de rotation) par rapport à l'axe V n'a pas d'importance.

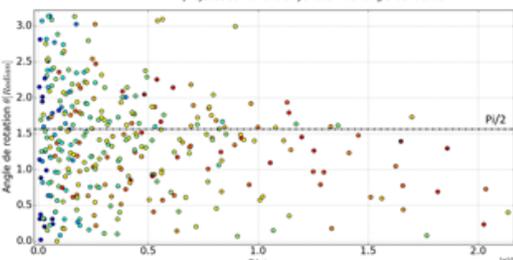


Fig. 8. variation de la dissimilarité d_{IDDTW} (couleurs) en fonction des coordonnées polaires des paires de stations

Fig 9. (a) Les appariements temporels entre Villacoublay et Trappes A(Trappes, Villacoublay) varient entre $\pm 3,5$ heures et correspondent aux retards avec un mode $m_t \cong 18min$ (temps de déplacement de Trappes à Villacoublay équivalent à une vitesse du vent $v \cong 16m/s$)
=>La dissimilarité d_{IDDTW} dans ce cas quantifie la déformation d'un évènement pluvieux dans le temps et les appariement représentent les retards estimés

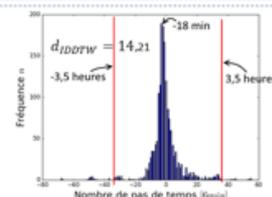


Fig. 9.a histogramme des décalages (retards) estimés entre Trappes et Villacoublay

Fig 9. (b) Les appariements temporels entre Sens et Trappes A(Trappes, Sens) varient entre -1 jour et 16 heures. Les motifs comparés ne correspondent pas aux mêmes évènements pluvieux.
=>la dissimilarité d_{IDDTW} quantifie la variabilité spatiale des précipitations et les Appariements ne sont pas associés aux retard mais aux formes des évènements.

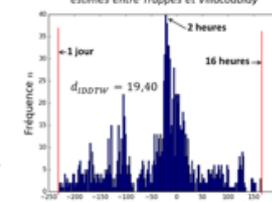


Fig. 9.b histogramme des décalages (retards) estimés entre Trappes Sens

Fig. 9:La valeur modale des appariements temporels est proportionnelle à la distance géographique.

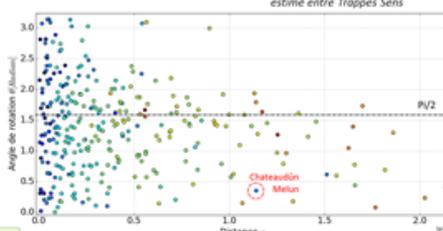


Fig. 10. variation de l'abs(mode) (valeur probable) des correspondances temporelles en fonction des coordonnées polaires des paires de stations

5. Conclusion

- L'IDDTW est un Outils d'analyse des séries chronologiques de précipitations.
- L'application sur 26 stations d'île de France de l'année 2015 donne des résultats cohérents.

Intérêt:

- Analyse et inter-comparaison des séries chronologiques indépendamment de l'échelle d'obs.
- Analyse de la variabilité spatiale des précipitations en île de France par classe d'évènements
- Inter-comparaison des instruments.

=> Extension à une mesure de dissimilarité des champs de pluie (2D)(à venir)