

# Valorisation de la digitalisation des séries pluviographiques anciennes. Apport pour l'estimation des précipitations extrêmes en France

Jean-Michel SOUBEYROUX<sup>1</sup>, François BORCHI<sup>1</sup>, Nathalie COLOMBON<sup>1</sup>, Martine BAILLON<sup>1</sup>,  
Jean-Michel VEYSSEIRE<sup>1</sup>, Sylvie JOURDAIN<sup>1</sup>, Anne-Laure GIBELIN<sup>1</sup>, Annick AUFRAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Météo-France, Direction de la Climatologie, 42 avenue Coriolis, 31057 Toulouse Cedex, [prenom.nom@meteo.fr](mailto:prenom.nom@meteo.fr)

<sup>2</sup>Météo-France, Direction Interrégionale Centre Est, Avenue L Mouillard, 69500 Lyon Bron, [prenom.nom@meteo.fr](mailto:prenom.nom@meteo.fr)

**RÉSUMÉ.** – Les séries pluviométriques infra-quotidiennes disponibles dans la base de données climatologiques de Météo-France sont généralement de durée assez courte pour l'estimation locale des valeurs extrêmes (moins de 20 ans) tandis que d'importants fonds documentaires au format papier existent dans les archives des Centres Départementaux et des différents gestionnaires de réseau.

Dans le cadre du projet EXTRAFL0, subventionné par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), Météo-France a validé en contexte opérationnel, un outil moderne de digitalisation des pluviogrammes, nommé Digitalise. Des actions de digitalisation de plusieurs longues séries ont été engagées pour évaluer leur apport pour la connaissance des valeurs extrêmes. Après avoir vérifié les conditions d'utilisation de la méthode, une procédure de validation des données a été définie. La comparaison des données pluviographiques anciennes aux observations quotidiennes des pluviomètres met en évidence quelques biais significatifs dans les différentes gammes d'intensité, bien corrélées avec le type d'instrument utilisé.

Ces nouvelles séries présentent toutefois un grand intérêt pour l'estimation des extrêmes pluviométriques notamment aux pas de temps infra quotidien, avec une réduction significative des intervalles de confiance liée à l'allongement des chroniques

Sur la base de ces résultats, un programme de saisie de séries pluviographiques anciennes est en cours de définition avec les services régionaux de Météo-France et pourra être étendu aux partenaires intéressés pouvant bénéficier de la mise à disposition gracieuse du logiciel Digitalise.

Mots-clés : analyses climatologiques, précipitations extrêmes, données anciennes, digitalisation

## Digitalizing of ancient pluviographic time-series for assessing precipitation extreme values

**ABSTRACT.** – The daily pluviographic time-series, available from the climate database at Meteo-France, are in general too short for local estimation of extreme values (less than 20 years), nevertheless longer logs exist in archives from Departmental Centers or others.

Under the EXTRAFL0 project, funded by the Agence Nationale de la Recherche (ANR), Meteo-France has developed operationally, a modern tool for digitizing pluviographic records, called « Digitalise ». Digitizing of several long time-series has been accomplished in order to assess their contribution to the understanding of precipitation extreme values. After double checking the method, guidelines for the data validation were established. The comparison with daily observations from accumulation rain gauges has highlighted significant biases concerning the intensity ranges, well correlated with the type of equipment used.

Despite these drawbacks, time-series digitizing have proved its robustness in estimating extreme rainfall values and could reduce significantly confidence intervals, at below daily time step. Based on these results, an ancient series digitizing program is being developed with regional services at Meteo-France, and may be distributed to interested partners benefiting free ware access to Digitalise software.

Key-words : climatological analysis, extreme rain fall, data rescue, digitalization

### I. INTRODUCTION

La disponibilité de longues séries de données est particulièrement importante en climatologie, tant pour l'analyse des évolutions du climat que pour la connaissance des valeurs extrêmes. La mise en valeur des observations météorologiques anciennes fait l'objet, depuis plus d'une décennie de programmes d'actions importants, baptisés sous le nom générique de Data Rescue en anglais, comprenant la recherche des sources documentaires, leur inventaire détaillé,

leur numérisation, la saisie numérique des données, leur insertion dans les bases climatologiques [1], ainsi que toutes les actions de contrôle élémentaires sur les données. Ces chroniques reconstituées, critiquées par les techniques d'homogénéisation, pourront constituer ensuite les séries de référence pour l'étude du climat passé[2].

La connaissance historique de la mise en place et de l'évolution des différents réseaux de mesure est un point de départ essentiel pour organiser la recherche de l'information. En France, l'apparition des premiers pluviomètres remonte à

la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, avec la création de l'Observatoire de Paris, tandis que les premiers réseaux structurés de mesure de pluie quotidienne ont été activés au cours de la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle [3]. La situation est différente pour les pluviographes [4], mesurant les intensités pluviométriques, utilisés notamment pour le suivi et la connaissance des précipitations à pas de temps fin [5]. En effet, si les premiers appareils sont apparus vers 1875, l'utilisation climatologique des données pluviographiques est restée limitée jusqu'au développement des stations automatiques, plus d'un siècle plus tard, du fait des différents problèmes liés à l'exploitation de ces instruments (réglage des appareils, dépouillement et archivage des données).

Dans les années 1970, un pas important a été franchi avec la mise au point d'une méthode automatique d'exploitation des pluviogrammes par digitalisation, développée par l'ORSTOM [6] puis adaptée par le CTGREF pour le réseau pluviométrique de l'Agence de l'Eau de Seine Normandie. Cette approche a été adoptée quelques années plus tard par les services de la Météorologie Nationale qui l'ont appliquée aux séries pluviographiques des stations principales professionnelles (quelques dizaines) sur la période 1960 à 1980. Cette chaîne de traitement a été stoppée en 1990 avec la généralisation des stations automatiques, implémentant dans les calculateurs les méthodes de traitement développées pour les dépouillements manuels [7].

Le choix du format pour l'enregistrement numérique de ces données est aussi une question importante avec deux possibilités principales : fichier d'intensité constante et pas de temps variable dénommé PRECIP [8] ou cumul de précipitations sur des pas de temps fixes, inférieurs à 10 minutes. Longtemps, les fichiers à pas de temps fixes n'ont pu être traités, du fait des capacités limitées des systèmes informatiques pour la transmission et l'archivage des données. Ainsi, dans la base de données climatologique (Bdclim) gérée par Météo-France, les données pluviométriques au pas de temps fixe 6 minutes ne sont disponibles que depuis 2005 et les données 1 minute ont commencé à être archivées en 2008. Les séries PRECIP des stations météorologiques professionnelles, issues de digitalisation ou de codage automatique, débutent souvent par contre dans les années 1980. Ces enregistrements ont permis aussi de générer des données de dépassement de seuil aux différents pas de temps de 6 mn à 24 heures (date et valeur de chaque épisode pluviométrique supérieur à des seuils définis pour chaque pas de temps) qui complètent l'inventaire numérique disponible pour les stations météorologiques professionnelles, parfois à partir des années 1960.

Au-delà des archives de Météo-France, une action d'identification des séries pluviométriques à pas de temps fin des différents producteurs de données a été lancée en 2010 via le Conseil Supérieur de la Météorologie (CSM) et le Comité Consultatif des Réseaux d'Observation Météorologique (CCROM). Il apparaît notamment que plusieurs collectivités territoriales, ayant mis en place, dès les années 1980, des stations météorologiques automatiques pour la supervision de leur réseau d'assainissement disposent à ce jour de longues séries pluviométriques à pas de temps fin, exploitables en hydrologie urbaine [9]. Mais il apparaît aussi que cet inventaire numérique ne représente qu'une petite partie du volume total des archives existantes dans les fonds documentaires des différents gestionnaires de réseau. Ainsi, dans le cadre des travaux de l'Observatoire Hydro-Météorologique Cévennes Vivarais (OHMCV), Météo-France a identifié dans ses propres archives, plus de 500 années stations d'enregistrements papier, issus des réseaux météorologiques ou

hydrologiques (annonce des crues) sur seulement sept départements étudiés, avec un historique remontant aux années 1960. De même, l'inventaire des données pluviométriques de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de Midi Pyrénées, mené en 2009 avec le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui aux Inondations (SCHAPI), a dénombré plus de mille années stations d'enregistrement pour soixante dix pluviographes ayant fonctionné pendant une trentaine d'années. Les inventaires des archives des Centres Départementaux de la Météorologie menés actuellement, mettent en évidence régulièrement l'existence de nouvelles séries pluviographiques anciennes, souvent mal identifiées jusqu'à ces dernières années, en l'absence d'exploitation régulière de ces données.

Le besoin de valorisation d'un réseau dense et ancien de pluviographes manuels, a poussé le Centre Météorologique de la Réunion à remettre au goût du jour une chaîne de traitement informatique de digitalisation [10]. Ce logiciel, nommé « Digitalise », permet par numérisation des pluviogrammes de recréer des chroniques de pluie à pas de temps fin. Ces derniers mois dans le cadre du projet ANR/Extraflo (2009-2013), la Direction de la Climatologie a validé et testé ce logiciel, notamment pour la connaissance des précipitations extrêmes.

Cet article vise à faire le point sur les différents traitements et valorisations des données digitalisées pour la connaissance des précipitations extrêmes. Les différents types de données anciennes pluviographiques disponibles, ainsi que les fonctionnalités du nouveau logiciel « Digitalise » sont détaillées en section II. Les contrôles et la validation spécifique des données digitalisées, nécessaires à leur exploitation, sont discutés dans la section III. Finalement, la section IV montrera l'intérêt potentiel de ces nouvelles séries pour l'estimation des précipitations extrêmes.

## II. LA DIGITALISATION DES PLUVIOGRAMMES

### II.1. Appareils de mesure et support d'enregistrement

La connaissance des métadonnées météorologiques, notamment du lieu de mesure, du type d'appareil et de support d'enregistrement, est un élément essentiel du dépouillement des données pluviographiques. Les pluviographes sont de forme, de dimension et de conception très variées [11]. On peut regrouper les différents instruments selon les trois principes météorologiques utilisés : les pluviographes à flotteur, les pluviographes à balance et les pluviographes à augets.

Pour les pluviographes à flotteur (ou siphon), l'eau de pluie est recueillie dans un vase cylindrique renfermant un flotteur qui met en action un stylet. Le mouvement du flotteur transcrit sur un diagramme les hauteurs de pluie correspondantes. Lorsque le stylet arrive en bout de course sur le diagramme, l'eau contenue dans le récipient se vidange par un système de siphon.

Le fonctionnement des pluviographes à balance et à augets est très différent. Ces instruments sont basés sur des augets qui se remplissent à tour de rôle avec l'eau de pluie et se vident automatiquement par un mouvement de bascule, parce que le poids ou le volume maximum est atteint. Pour les pluviographes à balance, les augets reposent par une tige verticale sur le fléau d'une balance, équilibrée par un contrepoids, ce qui n'est pas le cas des pluviographes à augets.

Au sein des réseaux météorologiques nationaux, les premiers pluviographes installés ont été de type à siphon (ou siphon), exploité dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle selon le modèle Helmann-Fuess (figure 1). Ces pluviographes sont encore parfois en service chez nos voisins, notamment en Belgique [12]. Pour le poste de Lyon Bron, dont la série est étudiée plus spécifiquement dans le cadre du projet Extraflo, ce type d'appareil a été installé au début des années 1920 et a fait l'objet d'une exploitation régulière jusqu'au début des années 1960, avec plusieurs versions successives d'enregistrement, hebdomadaire puis quotidien.



**Figure 1 :** Pluviographe à siphon de type Helmann-Fuess exploité à Uccle (Belgique) depuis 1898.

Ces appareils, très difficiles à régler [13], ont été progressivement remplacés en France, après la seconde guerre mondiale, par des pluviographes à augets, toujours utilisés aujourd'hui en opérationnel dans des versions modernes.

Le support d'enregistrement, nommé pluviogramme, est un élément essentiel de la mémoire de la mesure. Le pluviogramme (figure 2) est une bande papier de format variable où les épisodes secs sont représentés par des lignes horizontales et les épisodes pluvieux par des lignes obliques, plus ou moins verticales selon l'intensité de la pluie. On peut repérer ainsi le début et la fin de pluie, ainsi que la hauteur de précipitation et en déduire son intensité. Une difficulté du dépouillement des données est liée à l'existence de différents modèles de pluviogrammes, selon la fréquence du relevé (quotidien, hebdomadaire, mensuel) et le type d'instrument.

La qualité et la rigueur des conditions passées d'exploitation de ces instruments, tant pour le réglage des appareils (vidange, étalonnage, débouchage) et de leur système d'enregistrement (stylet, encre), que pour la conservation des relevés (documentation sur les problèmes d'exploitation, classement), sont les déterminants d'une possible valorisation de nos jours.

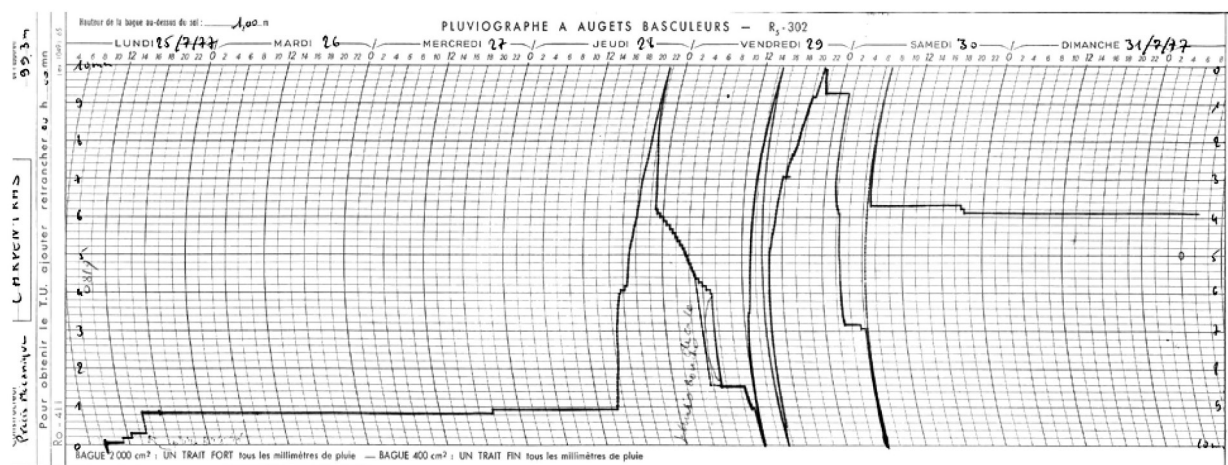
## II.2. L'outil de digitalisation « Digitalise »

Le dépouillement des pluviogrammes peut s'avérer être une opération longue et fastidieuse sans l'aide d'un outil adapté. Le logiciel « Digitalise », développé en interne par Météo France au début des années 2000, permet la connexion d'un PC à une table à digitaliser. Ce logiciel permet de saisir les données de précipitations en décomposant le tracé en une succession de paliers de durée variable. On obtient ainsi une ligne brisée dont les sommets, appelés points caractéristiques, sont choisis par l'opérateur suivant une technique équivalente aux traitements manuels des années 1980. Lorsque le pluviogramme a été digitalisé, le logiciel affiche les points saisis à l'aide de la souris de la table à digitaliser, effectue les calculs de durées et de quantités de précipitation, indique la valeur quotidienne trouvée (en mm). Il affiche, en correspondance du jour, la valeur (en mm) issue de la base de données et enfin permet de visualiser le pluviogramme pour contrôler les résultats (figure 3). Plusieurs formats de fichier peuvent être obtenus en sortie, sur des pas de temps fixes (quotidien, horaire) ou variables (PRECIP).

Parmi les fonctionnalités les plus importantes, il convient de noter la comparaison en temps réel avec les données externes disponibles (poste pluviométrique de référence), permettant d'identifier les erreurs potentielles liées aux conditions de fonctionnement de l'appareil (pluviomètre bouché, effets de la neige ou d'un autre hydrométéore).

Ce logiciel, utilisé en opérationnel depuis plusieurs années sur l'île de la Réunion, a été validé par la Direction de la Climatologie en 2009. Il peut être installé sur tout PC dans l'environnement Windows. Une documentation utilisateur a été rédigée et ce logiciel fera l'objet d'une diffusion libre dans le cadre du projet ANR/Extraflo (<https://extraflo.cemagref.fr/>).

Différentes opérations de saisie ont été lancées par Météo-France ces derniers mois, au niveau national et régional. Elles visent à permettre la valorisation des séries



**Figure 2 :** Pluviogramme hebdomadaire à CARPENTRAS pour la semaine du 25 au 31 juillet 1977.

régionales les plus intéressantes (séries de Rennes depuis 1969 ou Dijon depuis 1955) mais aussi à assurer la préservation de ces données, parfois en danger comme celles de la station de La Rochelle, partiellement endommagées par les effets de l'inondation consécutive à la tempête Xynthia en 2010.

### III. VALIDATION DES DONNÉES DIGITALISEES

#### III.1. Sélection des pluviogrammes pour la digitalisation

Dans le cadre du projet Extraflo, une opération spécifique de digitalisation a été engagée, afin d'évaluer son intérêt dans l'étude des précipitations extrêmes. Les données digitalisées ont été sélectionnées à partir de l'inventaire effectué à la demande de l'OHMCV, complété par la station professionnelle de Lyon Bron. Cette station a permis d'allonger la série pluviographique numérisée de 1921 à 1960, en complément de données quotidiennes déjà disponibles pour les contrôles. Six autres séries du Sud-Est de la France ont été complétées ou créées dans le cadre de cette opération : La Grand-Combe (30), Lussan-Prat (30), Pompignan (30), Saint Christol les Alès (30), Montpellier (34) et Saint Martin de Londres (34).

Cette action de digitalisation a nécessité six mois de travail pour plus de 150 années stations numérisées (rythme mensuel moyen de 25 années pour 1 station). D'autres données précédemment digitalisées (Carpentras 1977-1990) ont été utilisées pour consolider les résultats des analyses.

La phase de sélection des séries à digitaliser s'est avérée une étape particulièrement importante pour la réussite de l'opération. La disponibilité de l'ensemble des archives

visées est vérifiée (examen du contenu des différents cartons et classeurs) ainsi que la qualité des données (échantillonnage sur quelques journées test). Ces tests ont été menés pour les événements pluvieux les plus importants, en comparant les données digitalisées avec les données quotidiennes des postes climatologiques de référence.

#### III.2. Précision de la méthode

Les différentes sources d'incertitudes de la méthode de digitalisation concernent les comptages des basculements, la précision temporelle et les erreurs de lecture [8]. Pour les fortes intensités (supérieures à 50mm/h), les risques d'erreur de lecture prédominent. En effet, l'œil humain est incapable de distinguer des variations de quelques degrés sur une droite oblique. Cette source d'erreur peut atteindre 25 % pour les pas de temps les plus courts, lisibles sur les différents enregistrements.

Une vérification de ces résultats avec les sorties du logiciel DIGITALISE a été menée avec un double dépouillement des archives pluviographiques sur cinq années de la série de Lyon Bron, pour la période entre 1960 et 1964. Les tests ont concerné les événements de plus forte intensité aux pas de temps courts de 6 minutes à 2 heures, détectables à partir de pluviogrammes au format quotidien (environ vingt épisodes par pas de temps). La figure 4 montre que la dispersion (rapport de l'écart type sur la valeur moyenne) diminue fortement avec le pas de temps, et se stabilise à partir du pas de temps horaire à des valeurs comprises entre 2 et 3 %, inférieures aux incertitudes de mesure.

Ce résultat confirme la possibilité d'utilisation des données issues de digitalisation de pluviogramme quotidien pour les intensités les plus fortes à partir du pas de temps horaire.

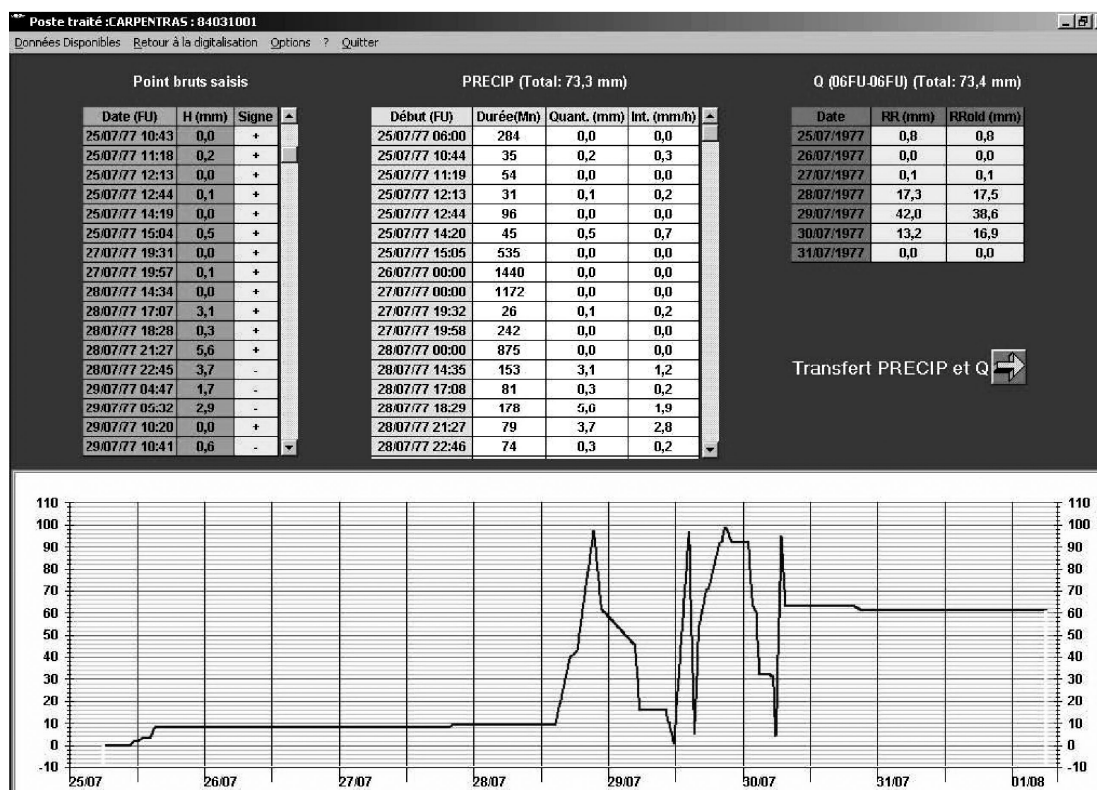
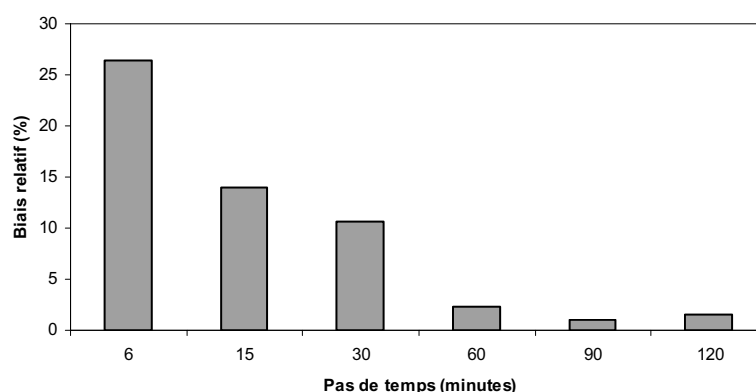


Figure 3 : Interface du logiciel Digitalise – exemple du pluviogramme digitalisé pour Carpentras.



**Figure 4 :** Dispersion suivant l'opérateur des données digitalisées pour des événements pluvieux intenses à Lyon Bron entre 1960 et 1964.

### III.3. Contrôles des données

#### a) Contrôles élémentaires :

Différents types de contrôle ont été testés sur les séries digitalisées et notamment les séries de Lyon Bron (1921-1964) et Carpentras (1963-1978), pour lesquelles des données quotidiennes de référence sont disponibles dans la Bdclim.

La première étape de contrôle visuel de la qualité des archives a conduit à éliminer les deux premières années de la série de Lyon Bron (1920 et 1921). En effet, certains tracés se superposaient et l'encre était partiellement effacée. De même, un nombre important d'archives manquantes ont été identifiées entre 1935 et 1947, rappelant le poids de l'histoire dans les séries climatologiques.

Au cours de la digitalisation, la comparaison avec les données quotidiennes de la Bdclim a permis d'identifier des journées ayant connu des problèmes d'exploitation du pluvio-

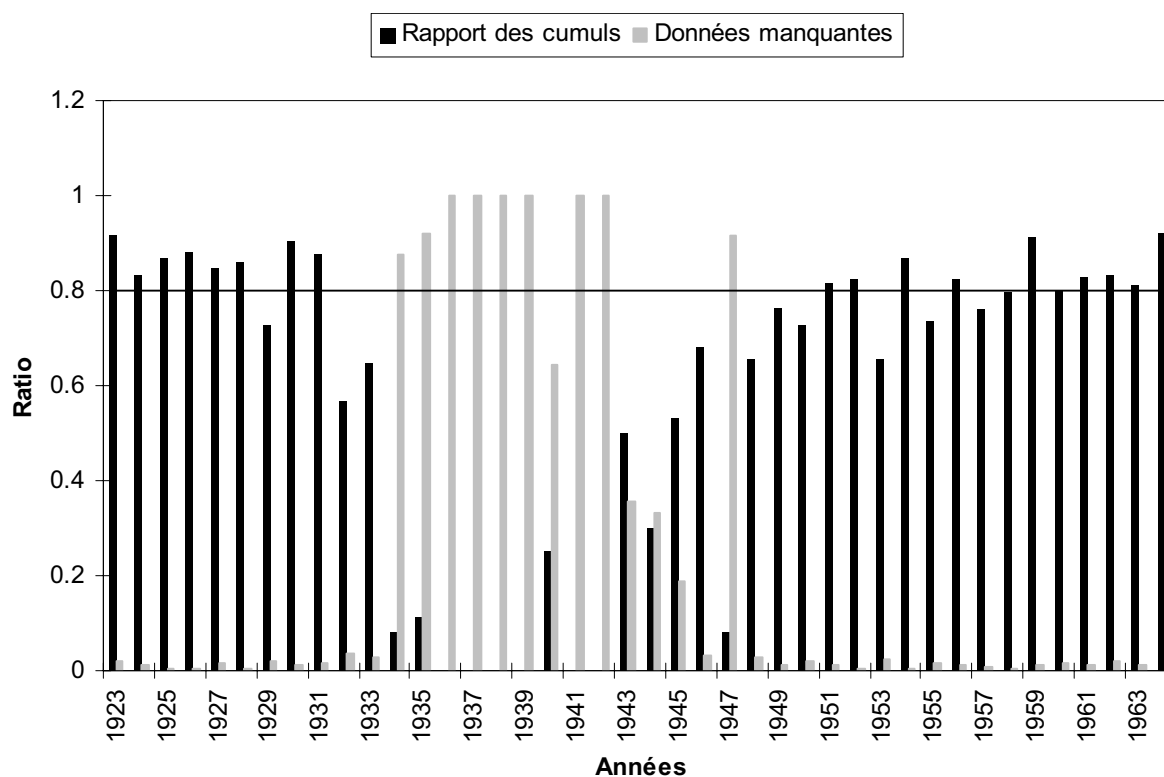
graphe (panne du capteur, pluviomètre bouché, neige). Ces journées représentent environ 2 % des chroniques totales pour la série de Lyon et moins de 1 % pour la série de Carpentras.

#### b) Evaluation de la qualité des données

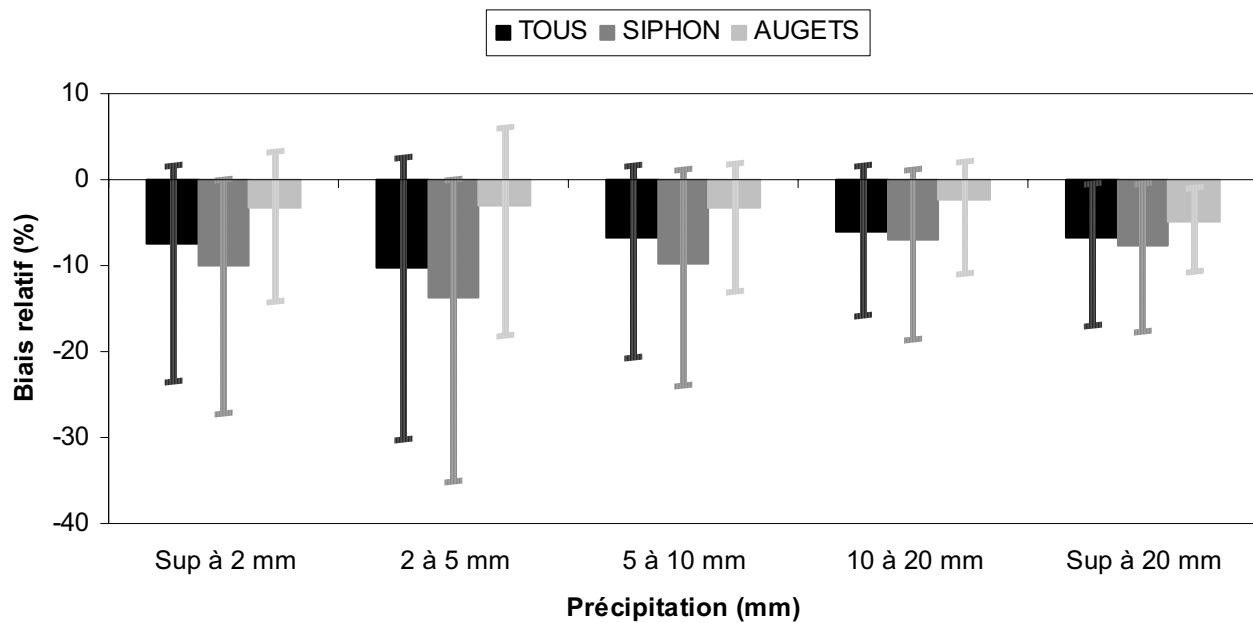
Ces contrôles élémentaires, portant sur la présence des données et leur vraisemblance, restent cependant insuffisants pour évaluer correctement la qualité de ces séries. Plusieurs tests ont complété notre diagnostic.

En premier lieu, nous avons comparé systématiquement les cumuls annuels des séries digitalisées aux séries quotidiennes de référence disponibles, issues de mesures réalisées par un pluviomètre totalisateur.

Ce test a mis en évidence la qualité irrégulière des données de la série de Lyon Bron (figure 5), indépendamment du taux de valeurs manquantes. L'utilisation du ratio entre les cumuls annuels quotidiens et digitalisés est nécessaire :



**Figure 5 :** Taux annuel de données de digitalisation manquantes et ratio des cumuls annuels entre digitalisation et données quotidiennes à Lyon Bron (1923-1964) : un objectif minimum de 80 % (ratio de 0,8) est défini en mode opérationnel pour sélectionner les années utilisables de la chronique.



**Figure 6 :** Distribution de l'écart relatif (médiane, 1<sup>er</sup> et 4<sup>e</sup> quintile) entre les données digitalisées et celles quotidiennes à Lyon entre 1923 et 1964, selon le type de pluviographe.

certaines années présentent des ratios de l'ordre de 0,6 non explicables par un taux significatif de valeurs manquantes. En mode opérationnel, seules les années présentant des ratios supérieurs à 0,8 sont prises en compte.

Les évaluations des données de digitalisation ont été menées également pour les différentes gammes d'intensité des événements pluvieux (en coïncidence de date pour toutes précipitations supérieures à 2 mm). La figure 6, toujours à Lyon Bron, montre ainsi un biais négatif important de la série digitalisée par rapport aux données quotidiennes (médiane des écarts de -7,5 %). Ce biais se retrouve dans toutes les gammes d'intensité. Par contre, ce biais se réduit à 3,5 % pour la période de fonctionnement du pluviographe à augets. On note toutefois que la précision du pluviographe à augets diminue légèrement avec l'intensité, conformément aux résultats d'autres études [14]. La série de Carpentras présente de meilleures performances : biais médian inférieur à 2 %, restant inférieur à 3 % pour les plus fortes intensités.

Ces différents résultats confirment l'importance de la connaissance des métadonnées des séries anciennes, lors des actions de digitalisation.

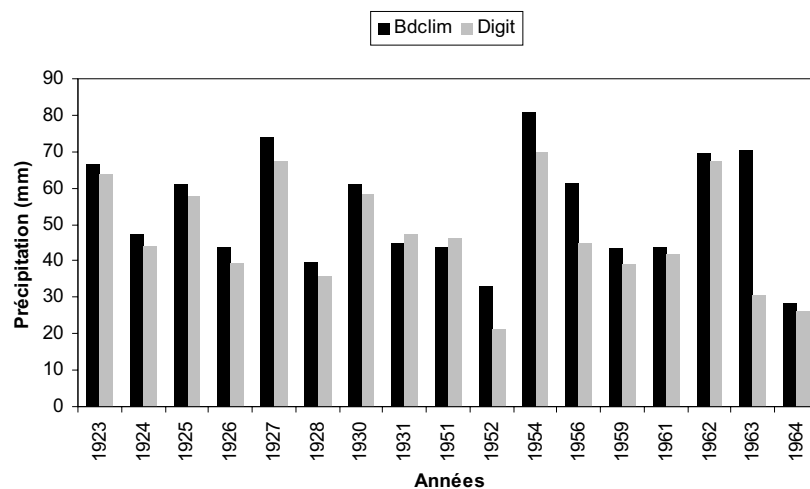
#### IV. APPLICATION AUX VALEURS EXTREMES

Les données digitalisées présentent un intérêt potentiel très fort pour l'étude des précipitations extrêmes à des pas de temps quotidiens et surtout infra-quotidiens pour lesquels les séries actuelles disponibles restent assez courtes. La digitalisation peut ainsi permettre la création de nouvelles séries densifiant la couverture spatiale des longues séries mais aussi le prolongement de séries actuelles disposant d'archives anciennes.

##### IV.1. Evaluation au pas de temps quotidien

Nous avons comparé l'estimation des valeurs extrêmes issue des séries digitalisées à celles des séries quotidiennes de référence de la Bdclim à Lyon et Carpentras.

Sur les maxima annuels (figure 7), on retrouve l'effet de sous-estimation des valeurs maximales, ainsi que l'impact des années manquantes. Ainsi, le record historique de pluie quotidienne à Lyon a été observé en 1935 (97 mm en octobre) sur une période où les archives pluviographiques ne sont pas



**Figure 7 :** Comparaison des maxima quotidiens annuels des séries digitalisées avec celles de la Bdclim, à Lyon Bron (1923-1964).

disponibles. Le biais relatif moyen entre les maxima annuels de la série digitalisée et celle de la Bdclim est de 9 % pour les événements en coïncidence de dates. Les résultats s'avèrent légèrement moins sensibles pour les dépassements de seuil (événements quotidiens supérieurs à 34 mm), que pour les maxima annuels, avec un biais relatif moyen en coïncidence de date de 6,5 %. Mais le nombre total d'événements obtenus avec les données digitalisées est fortement réduit par rapport à la série complète de la Bdclim (39 événements au lieu de 110).

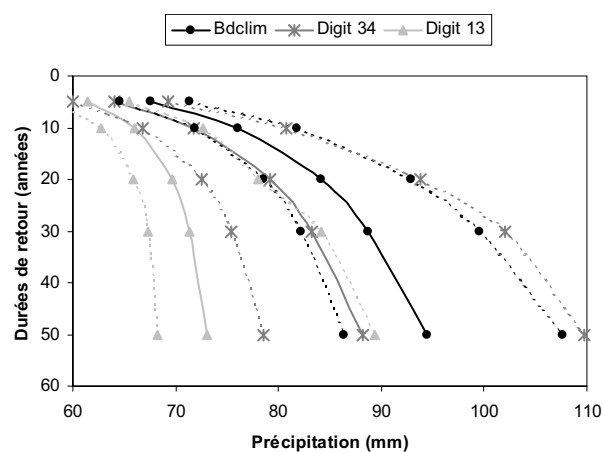
Pour l'estimation des quantiles, nous avons comparé les résultats des deux méthodes statistiques couramment utilisées pour l'extrapolation des valeurs extrêmes [15] : la Generalized Extreme Values (GEV) s'appuyant sur les maxima annuels, et la Generalized Pareto Distribution (GPD) à partir des dépassements de seuil. L'application de ces deux méthodes a nécessité en premier lieu de définir les règles de sélection des années à prendre en compte en contexte de données manquantes et de biais instrumental.

Trois règles ont été successivement envisagées à partir des années disposant de moins de 10 % de valeurs manquantes (34 années), possédant un rapport des cumuls annuels, entre données digitalisées et celles quotidiennes de la Bdclim, supérieur à 80 % (13 années disponibles), ou celles correspondant aux mesures de meilleure qualité, obtenues à partir de pluviographes à augets. Dans le dernier cas, la période disponible (10 années entre 1955 à 1964) s'avère trop courte pour l'utilisation des lois extrêmes.

Au final, pour les lois GPD et GEV, ajustées selon la méthode du maximum de vraisemblance, le maintien d'un nombre important d'événements dans la série s'avère plus important que la représentativité individuelle de chacun. Pour la série de 34 années, le biais moyen de l'estimation des quantiles est du même ordre de grandeur que celui obtenu à partir des dépassements de seuil, soit 6 % pour la loi GPD (figure 8). Les intervalles de confiance à 70 % s'élargissent avec la réduction de la longueur de la série, mais conservent dans tous les cas une plage de valeurs communes. La série de 13 années s'avère pénalisée par des effets d'échantillonnage la privant des valeurs observées les plus fortes.

#### IV.2. Apport aux pas de temps infra-quotidiens

En l'absence de série de référence, l'apport des valeurs digitalisées au pas horaire a été évalué par l'effet de la pro-



**Figure 8 :** Comparaison des ajustements à Lyon Bron (1923-1964) à partir de la loi GPD (hauteur moyenne en trait plein et intervalle de confiance à 70 % en pointillé) entre les séries digitalisées (34 ou 13 années) et celle de la Bdclim.

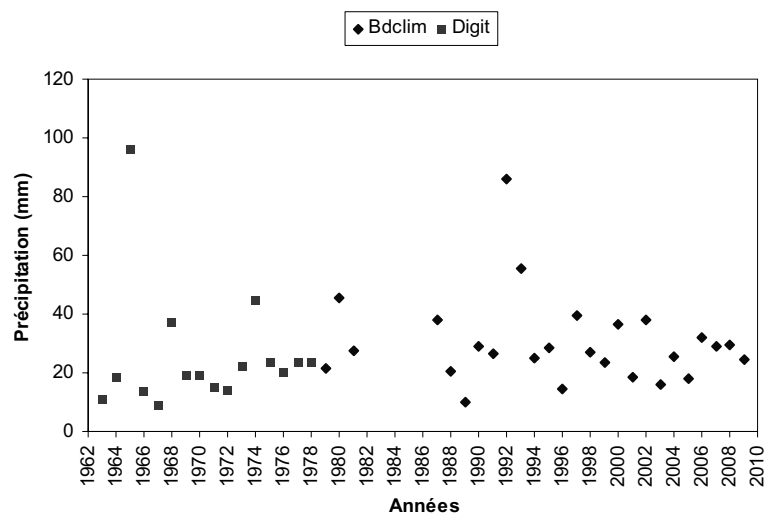
longation sur la série existante. L'exemple présenté concerne la série horaire de Carpentras, d'une durée initiale de 30 ans dans la Bdclim (1978-2009), étendue par 16 années supplémentaires issues des données digitalisées. On appelle MIX la nouvelle série créée.

Le complément par digitalisation des pluies horaires maximales depuis 1963 (figure 9) permet d'améliorer le record de la série Bdclim avec 96 mm le 22/08/1965. Par contre, les maxima annuels entre 1963 et 1978, présentent une moyenne inférieure de près de 3 mm à ceux de la période de 1978 à nos jours, sans que l'on puisse identifier de problèmes liés à l'instrumentation, *a priori* inchangée.

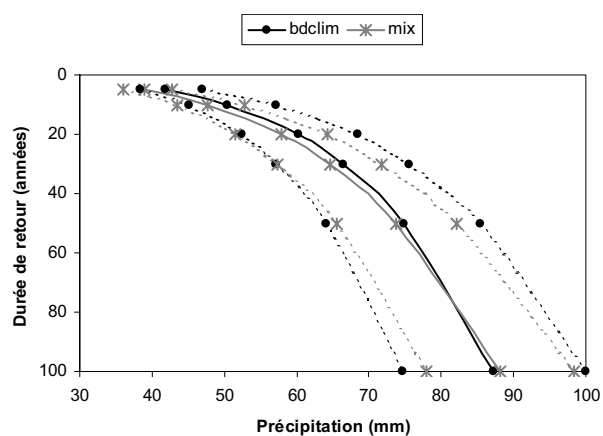
A partir de la loi GPD (figure 10), l'estimation des quantiles inférieurs à 50 ans de la nouvelle série MIX est légèrement inférieure à celle de la série Bdclim (de 1 à 5 %). Par contre, l'allongement de la série MIX permet de réduire de plus de 20 % les intervalles de confiance associés à la méthode.

#### V. CONCLUSION

L'inventaire des données hydro-climatologiques anciennes en France met en évidence le gisement important d'enregis-



**Figure 9 :** Maxima de pluie horaire à Carpentras issue de la nouvelle série digitalisée (1963-1978) et de celle de la Bdclim (1978-2009).



**Figure 10 :** Comparaison des ajustements GPD pour la série horaire à Carpentras de la Bdclim (1978-2009) et de la nouvelle série complétée MIX (1963-2009).

trements pluviographiques, peu valorisés jusqu'à ce jour. Ces données présentent un grand intérêt potentiel pour les applications sur les extrêmes hydrologiques du fait des limites des séries numériques actuelles tant en nombre qu'en profondeur temporelle.

La numérisation des pluviogrammes est aujourd'hui facilitée, grâce au nouveau logiciel Digitalise, qui a été éprouvé dans l'environnement climatologique opérationnel. Les nouvelles séries digitalisées peuvent permettre de prolonger les séries existantes à pas de temps fin et d'en créer de nouvelles, dans une perspective d'amélioration de la connaissance de la variabilité spatiale des intensités pluviométriques.

Les évaluations menées dans le cadre du projet Extraflo ont permis de préciser les modalités générales d'utilisation de ces nouvelles données. En premier lieu, il a été montré que la digitalisation des pluviogrammes quotidiens présente des incertitudes fortes aux pas de temps infra-horaires. Par ailleurs, la difficulté de réglage et de suivi de fonctionnement des anciens pluviographes impose une grande rigueur dans la vérification de la qualité des séries anciennes. Les évaluations préalables devront s'appuyer sur la connaissance des métadonnées (type d'appareils) et s'appliquer aux différentes gammes d'intensité pluviométriques. En fonction des résultats des évaluations précédentes, l'estimation des quantiles pluviométriques extrêmes pourra être effectuée, en privilégiant le nombre d'années traitées dans les séries afin de limiter les effets liés au sous échantillonnage. Ainsi, la prolongation de séries existantes par des données digitalisées, peut permettre de réduire fortement les intervalles de confiances des ajustements : 20 % de réduction du quantile centennal pour un prolongement de 50 % de la longueur de la série.

Sur la base de ces résultats, un programme de valorisation de ces données anciennes est en cours de définition avec les services régionaux de Météo-France et pourra être étendu aux différents partenaires intéressés, avec la mise à disposition gracieuse du logiciel Digitalise.

A des pas de temps infra quotidiens, ces nouvelles séries pourraient présenter également un intérêt pour l'analyse des tendances climatiques sur les intensités maximales pluviométriques, possiblement à la hausse (rapport GIEC, 2007). Ce point fera l'objet de travaux ultérieurs dans le cadre du projet Extraflo.

## VI. REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), dans le cadre de la compréhension et la maîtrise des risques naturels, au travers du projet Extraflo (EXTreme RAInfall and FLOod estimation).

## VII. RÉFÉRENCES

- [1] MOISSELIN J.-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. (2002) — Changements climatiques en France au 20<sup>e</sup> siècle. Étude des longues séries de données homogénéisées françaises de précipitations et températures. *La Météorologie*. **38** 45-56
- [2] JOURDAIN S. ET BARAER F. (2010) — *Conserver La Mémoire du climat, Colloque AIC2010 Rennes*
- [3] LORTET (1849) — Notice sur la commission hydrométrique de Lyon. *Annuaire météorologique de la France pour 1849*. 362-368
- [4] BRANDSMA T. (2008) — Data Rescue And Digitalization : Tips And Tricks Resulting From The Dutch Experience. *MEDARE Proceedings of International Workshop on Data Rescue and Digitization of Climate records in Mediterranean Basin, WMO*. 48-55
- [5] MASSON J.M. (1980) — Analyse d'une longue série pluviographique Montpellier Bel Air 1920-1971. *La Météorologie*. **5(20-21)**
- [6] DUBREUIL P, L'HOTE (1971) — Utilisation d'un lecteur de courbes pour le dépouillement automatique des limnigrammes et des pluviogrammes. *Cahiers de L'orstom*. **III(3)**
- [7] DAVID P. ET LEROY M. (1983) — Recherche automatique des points caractéristiques d'une précipitation. *Note Du SETIM, Direction de la Météorologie*. **8** 21 p.
- [8] GROSSE J.Y. (1980) — Un mode d'enregistrement des intensités de précipitations : Le fichier à pas de temps variable. *La Météorologie, Numéro Spécial Précipitations et Hydrologie*. **VI(20)** 45-50
- [9] RENARD F. (2010) — *Le risque pluvial en milieu urbain. De la caractérisation de l'aléa à l'évaluation de la vulnérabilité : Le cas du Grand Lyon, Thèse, Université Jean Moulin Lyon III*. 527 p.
- [10] HAIE B. (2005) — Calcul de durées de retour de précipitations (Ile de la Réunion), à partir de la table PRECIP sur des pas de temps de 30 minutes à 96 heures
- [11] HARRANG C. (1970) — La Mesure des précipitations, direction de la Météorologie Nationale. Monographie de la Météorologie Nationale. **78**
- [12] BROUYAUX F. ET TICAUX C. (2006) — Etude en support au « Plan Pluies » pour la région de Bruxelles-Capitale, Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement. 69p
- [13] LABORDE J-P (2009) — Elements d'hydrologie de surface, Ecole Polytechnique de l'université de Nice. 202p
- [14] DUCHON C,E ET BIDDLE C.J. (2010) — Undercatch of Tipping-Bucket Gauges in High rain rate events. *Advances In Geosciences*. **25** 11-25
- [15] COLES S. (2001) — An Introduction to Statistical modeling of Extreme values, Springer-Verlag. 224p