

**Rapport sur le mémoire de thèse de doctorat de Mathieu LUCAS intitulé**  
***Comment valoriser les données anciennes pour l'analyse fréquentielle des crues : application***  
***au Rhône à Beaucaire de 1500 à 2020***  
**présenté en vue de l'obtention du grade de docteur en Mécanique, énergétique, génie civil,**  
**acoustique (MEGA), discipline : Hydrologie, de l' L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD**  
**LYON 1**  
**et dirigé par Michel Lang (IRSTEA)**

### **EVALUATION GENERALE**

Par comparaison avec des thèses de doctorat récentes soutenues dans la discipline ou dont j'ai eu connaissance personnellement, cette thèse est à mon avis **digne d'être soutenue en vue du doctorat** avec modifications mineures **après** la soutenance.

### **ANALYSE CRITIQUE ET REMARQUES**

#### **1. Sur le thème traité**

Le thème développé dans le cadre de la thèse est d'absolue actualité. L'inondation est le risque naturel le plus important en Europe, et le 6<sup>ème</sup> rapport du WGII/IPCC (2022) aussi que d'autres publications récents (Bloschl et al., 2022 ; MedECC, 2021) ont montré l'importance d'étudier longues séries pour mieux connaître les différences entre les impacts du changement climatique sur les inondations et la variabilité qu'on pourrait nommer « naturelle ». En attendant que les séries d'observations historiques du débit ou de la hauteur de l'eau puissent arriver seulement jusqu'au siècle XIX, la seule solution c'est compléter cette information avec proxy data. Le groupe dirigé par Michel Lang, directeur de cette thèse, est un des pionniers en ce type d'étude, facteur qui lui donnera une qualité exceptionnelle à la thèse de M. Lucas.

La thèse part de la base de données de débits pour une période de 78 années et une chronique continue de hauteurs d'eau reconstituée depuis 1816 à Beaucaire. Dans cette façon il a complété la période 1816-2020 pour lequel il a analysé les différentes sources d'incertitude et sa

contribution dans l'incertitude totale des quantiles pour différentes périodes. Cette base de données a été élargie jusqu'au XVI<sup>e</sup> siècle grâce à la base de données HISTRHÔNE, de laquelle il a recensé ces événements qu'il a considérés utiles pour le développement de la thèse. On ne peut pas mélanger cette information avec celle de la période 1816-2020 parce qu'elles représentent des approches différentes : la première est « top-down » et elle est référée à l'aléa d'inondations, maintenant que la deuxième est « bottom-up » et est référée au risque d'inondations, où l'aléa, et la vulnérabilité sont incluses. L'auteur, conscient de cette différence, analyse la classification existante et fait la modélisation hydraulique pour estimer les débits de ces événements anciens et identifier ceux qui se trouvent supérieures à un seuil de perception supérieure déterminée par l'auteur.

Cette dernière analyse permet alors de construire une série fréquentielle mixte pour toute la période 1500-2020 et comparer les résultats pour différents échantillons de crues. Ce point constitue un défi important pour mieux comprendre l'évolution temporelle des crues de Rhône à Beaucaire, mais aussi pour estimer les périodes de retour les plus longues. À la fin de toute la thèse l'auteur analyse les limites et avantages des différentes approches aussi qu'il l'accompagne d'une réflexion continue sur les méthodologies, critères et résultats.

Le dernier chapitre avec les perspectives est très intéressant et bien discuté. J'invite le doctorant à continuer avec cette recherche.

Je me pose une question sur la bibliographie et le développement de la thèse. Il n'y a pas d'article déjà publié ou l'auteur a contribué. Il y a seulement un article signé par l'auteur de la thèse en première position, présenté au chapitre 2, mais qui n'a pas encore été publié. Dans notre programme doctoral est obligatoire d'avoir un minimum de trois publications menées par le doctorant. Je dois dire que je ne sais pas si il existe une condition sur la publication d'articles au programme d'Hydrologie, de l'Université Claude Bernard Lyon 1.

## **2. Sur la méthodologie**

La méthodologie proposée est très rigoureuse et pour chaque point la décision prise est bien analysée et discutée. Mais la thèse est très dense, et il est difficile de distinguer quels modèles utilisés dans les différentes étapes sont déjà existants ou développés au cours de la thèse. Le doctorant montre une connaissance approfondie des problèmes liés aux différentes sources d'incertitude et à sa propagation dans l'estimation des lois de fréquence.

Il montre également une maîtrise des mathématiques appliquées à la modélisation stochastique.

### 3. Sur les résultats

Les résultats obtenus sont robustes, très intéressants et utiles pour l'amélioration de l'estimation des lois de fréquence et périodes de retour. Ils apportent information nouvelle et ils ouvrent aussi des nouveaux chemins pour développer un travail futur. Mais je dois dire, aussi, que je regrette que les résultats n'aient pas été appliqués à la série complète 1500-2020 du Rhône pour montrer les différents périodes de retour pour tous les différents seuils de perception, la variabilité de la série et la tendance.

### 4. Sur la présentation

La présentation est correcte, les figures sont très claires et bien numérotées, la rédaction est claire. Cependant, il s'agit d'une thèse hybride, dans laquelle le chapitre 2 apparaît écrit en anglais puisqu'il profite d'un article qui a été envoyé pour publication. Cela implique non seulement un changement de langage, mais aussi de discours et de narration, ce qui rend difficile le suivi correct de la thèse.

Malgré la rédaction est très correcte, C'est une thèse très dense. Inclure des exemples et des illustrations aurait pu être utile pour faciliter le suivi. Par exemple, la liste des inondations utilisés n'est jamais affichée, ce qui aurait été bien utile.

### 5. Observations spécifiques à considérer dans la version corrigée

Les observations que j'inclus ci-dessous sont destinées au doctorant pour qu'il considère s'il est nécessaire de changer quelque chose dans le texte de la thèse afin que certaines questions trouvent une réponse. Dans certains cas, ils lancent également une réflexion pour le débat de soutenance.

Page 32 : Il est le premier fois qu'apparaît le terme « Crues de type océanique ». Il serait nécessaire d'ajouter une définition de ce type de crue.

Page 55 : On parle des crues générales et des crues cévenoles, mais il n'y a aucune définition sur ces types de crues : je vous propose d'introduire au chapitre 1, la classification des types d'inondation avec quelques références pour chaque type.

Page 75 : L'auteur dit « *A set of 244 gaugings from 1840 to 1967 has been compiled at Pont de Beaucaire* ». Tous ces pluviomètres ont été installés dans la même place ? Le

nombre de pluviomètres est très grand, est-ce que vous pouvez justifier cette quantité ? Si sont placés dans différentes localisations, est-ce que vous pourrez montrer sa localisation sur une carte ?

Page 90 : Le deuxième paragraphe commence par « Le cas idéal, décrit dans le chapitre 2, illustre la possibilité d'exhumer des enregistrements continus, antérieurs aux données disponibles dans les bases de données. » Après lire le chapitre 2, je ne comprends pas cette affirmation. Le chapitre 2 analyse les sources d'incertitude pour les séries historiques de données de débits ou pluviométriques, concrètement pour la période de 205 années de données instrumentales. Peut-être je n'ai pas très bien compris ce chapitre ?

Page 90. Algorithmes MCMC ? Est-ce que on peut écrire le signifié de cet acronyme ou exprimer synthétiquement ce que sont ces algorithmes ?

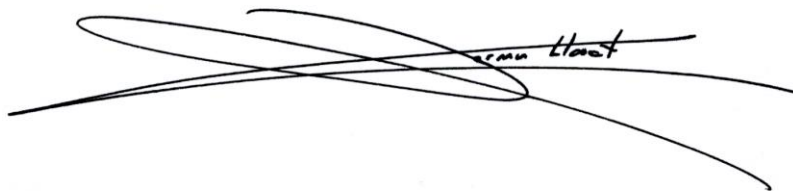
Page 96. Pourquoi le seuil S3 correspond aux crues C3 et C4, mais le seuil S4 correspond aux crues C4 seulement ? Ne serait-il mieux que le S3 corresponde aux crues C3 ?

Page 97. Dans le premier paragraphe de la section 3.3.2 on dit que quand « la distribution des crues ne change pas dans le temps et qu'une même distribution peut être utilisée pour modéliser les crues du XVI<sup>ème</sup> et du XXI<sup>ème</sup> siècle. » la série est homogène. Mais cette condition implique que la série soit stationnaire.

Page 100. Pourquoi dans la table 3.1., il y a des périodes qui se terminent en 1969 ?

Page 114. La période de retour que Payraastre et al. (2011) ont estimée est correcte (environ 50 années), mais je crois que 15 ans pour le débit correspondant au seuil de perception S4 est très bas. D'autre côté je crois qu'on doit parler « de la période de retour du débit correspondant au seuil de perception S4 ».

Signé en Barcelone, le 11 juin 2023



Prof. Maria del Carmen Llasat  
Coordinatrice du Groupe de Météorologie  
Université de Barcelone