

2018 -
2019

TD 9 - Aménagement

SCIENCES DE L'EAU

GAËLLE-ANNE BEYET

BENOIT GUYRAD-MALAPERT

THEO PICCIOLI

Partie I : Hydrologie – Traitement statistique d'un échantillon de max annuels

Q1.1)

Une série de débits moyens journaliers n'est pas une information suffisante pour caractériser les crues sur un tronçon. En effet, la crue dépend également des conditions du milieu à l'instant du pic. Par exemple, un pic de pluie après une longue période de sécheresse n'aura pas les mêmes conséquences sur une crue que ce même pic en saison de pluie régulière. De plus, il peut y avoir un pic de précipitations dans la journée qui mène à une crue sans que pour autant le débit ne soit élevé.

Ainsi, il est nécessaire de connaître les débits instantanés ainsi que les débits minimaux et maximaux.

Q1.2)

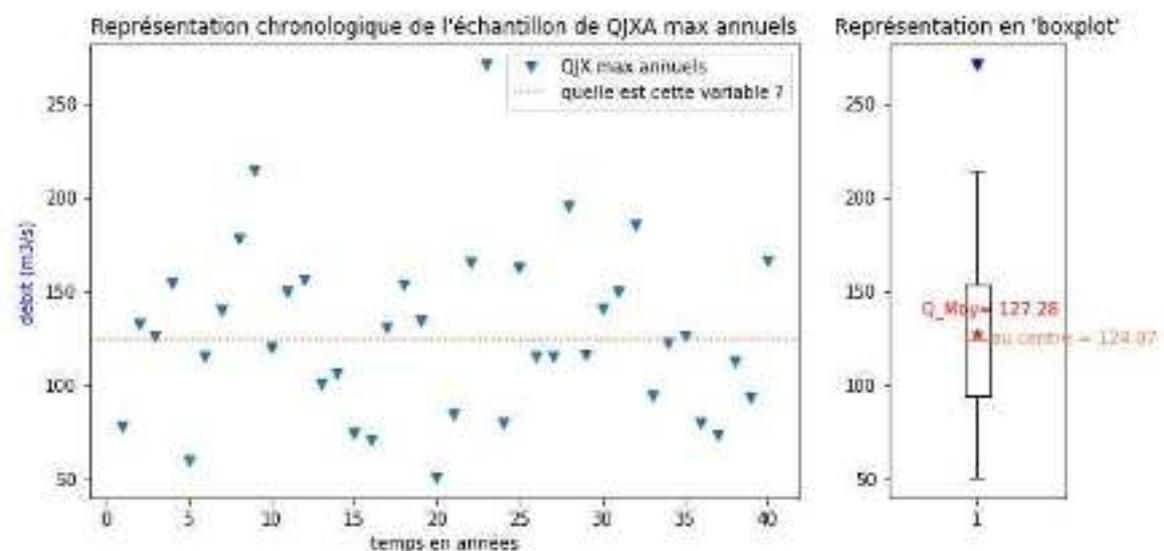
Un quantile correspond à la répartition des données en deux sous-ensembles contenant chacune une partie des valeurs de la série statistique. Par exemple, le quantile d'ordre 1/4 divise la série en deux sous-ensembles contenant 25% et 75% des données.

Une période de retour est le nombre d'années séparant une crue de hauteur donnée d'une seconde d'une hauteur égale ou supérieure.

Q1.3)

En-tête du fichier : Crues max annuelles

Point orange sur le boxplot : valeur =124.067



La « Boîte à moustache » est une représentation graphique des données suivantes :

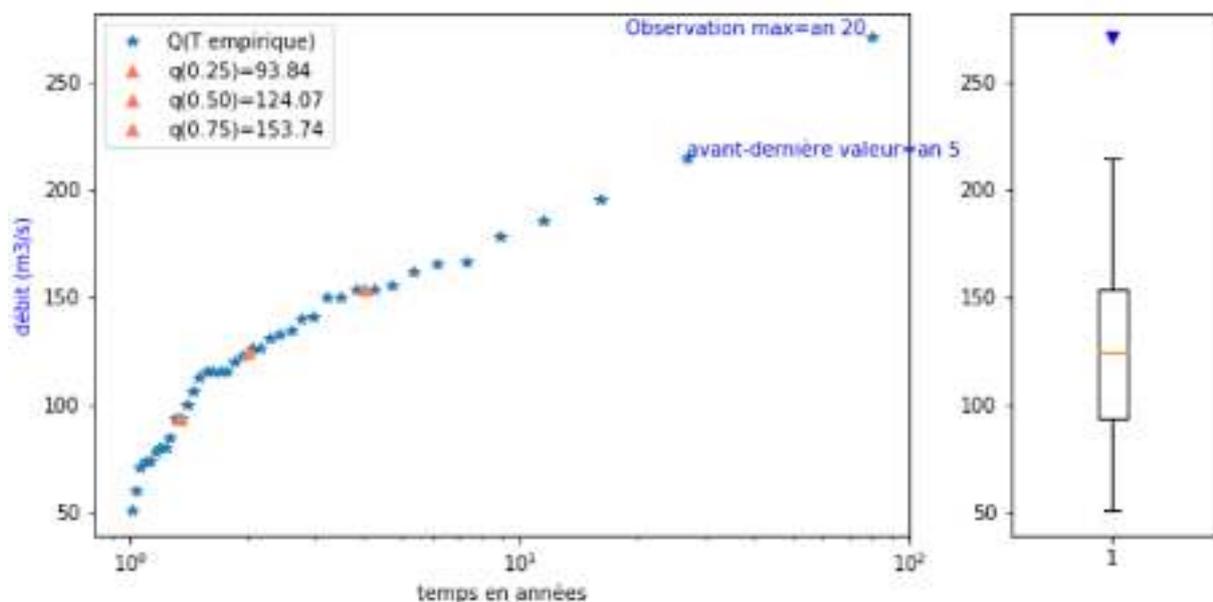
- Le rectangle délimite le premier quartile et le troisième quartile (soit le quantile d'ordre 25% et le quantile d'ordre 75%).
- La valeur au milieu représente la médiane (droite pointillée orange)
- L'extrémité basse (respectivement haute) représente la valeur minimale (respectivement la valeur maximale).

On observe que le débit médian est de 124.07 m³/s et le débit moyen est de 127.28 m³/s

Grâce à la chronique de l'échantillon de QJXA max annuels, on peut estimer la fréquence estimée des crues rares (si la période de temps en années est suffisamment longue). Toutefois, la boxplot ne nous permet pas de l'estimer.

Q1.4)

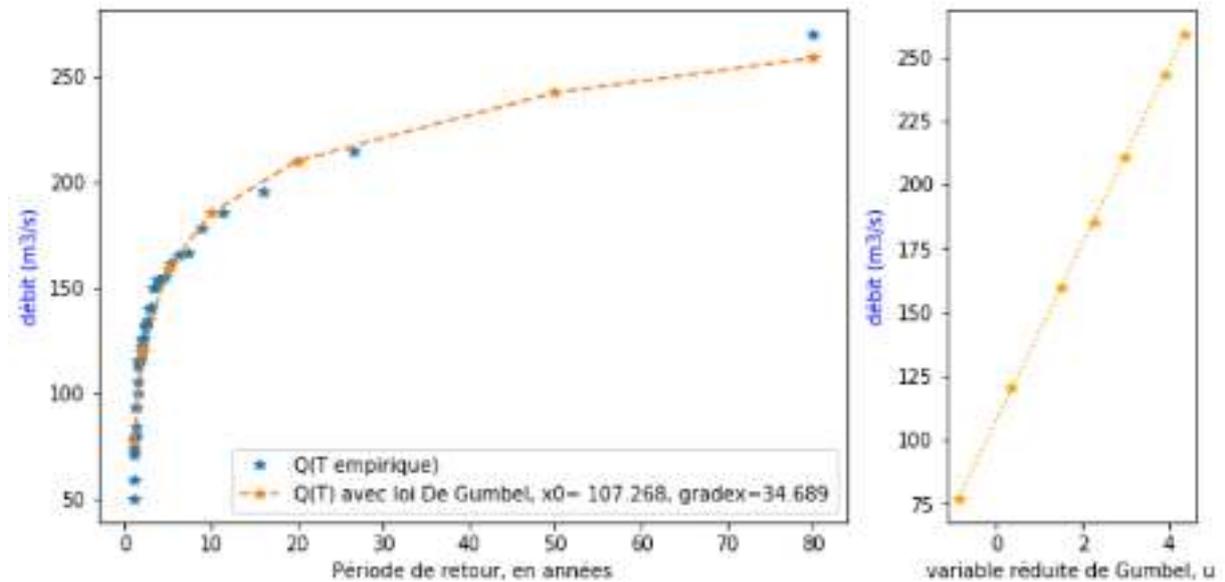
On obtient désormais les quartiles suivants :



Les données obtenues sont proches des valeurs de la question précédente. Toutefois, les valeurs des données sont plus précises.

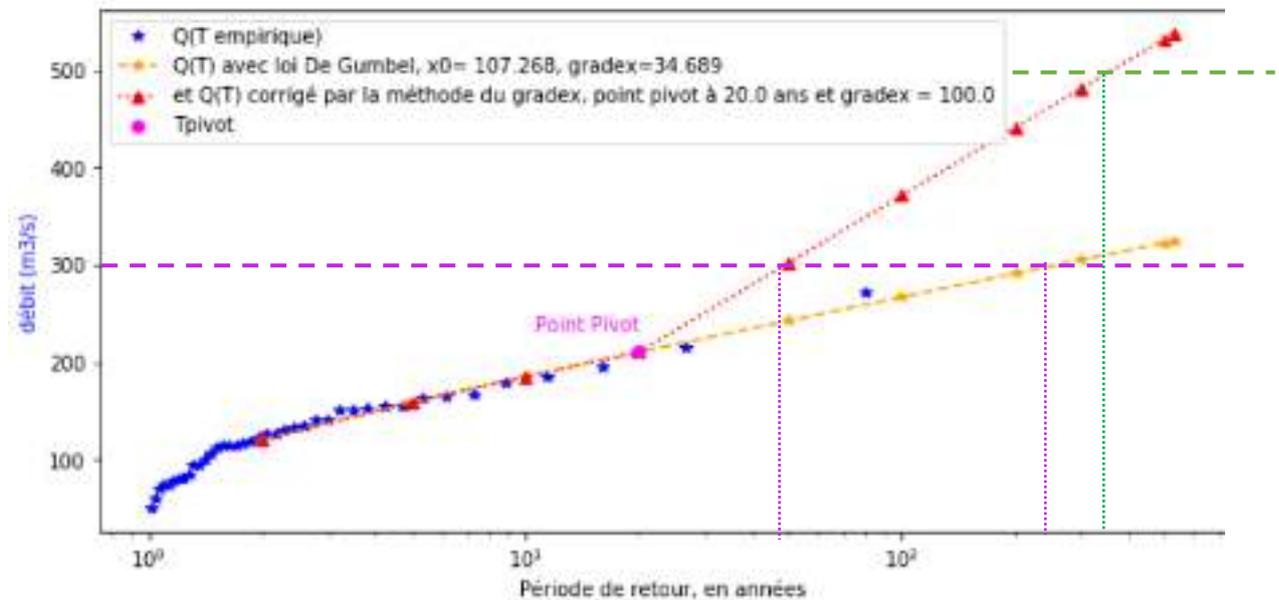
De plus, l'ajustement empirique permet de classer les données selon leur valeur. Cela permet donc de voir une courbe de tendance se dégager.

Q1.5)



Loi de Gumbel ajustée sur l'échantillon et représentation empirique de l'échantillon

Comparaison de Q(T) avec et sans correction par le gradex des pluies



On remarque grâce aux graphiques précédents que la méthode de Gumbel est bonne pour de relativement faibles valeurs de débits. Mais à partir d'une certaine valeur pivot, l'eau ne s'infiltré plus et le modèle n'est plus valable. On corrige donc celui-ci par la méthode du Gradex (inventée par EDF).

Dans le cadre de la méthode du Gradex, le point pivot correspond au débit seuil à partir duquel on considère le sol saturé en eau. Ici, il correspond à une période de retour de 20 ans pour un débit de

200 m³/s. Ainsi, la méthode du Gradex prend en compte la saturation des sols et donc l'augmentation du débit à la suite de celle-ci tandis que Gumbel ne prend pas ce paramètre en compte. Cette méthode permet donc d'avoir des résultats plus cohérents avec la réalité.

Ainsi, l'estimation de la période de retour d'une crue de 300 m³/s est de 47 ans pour la méthode du Gradex et de 240 ans pour la méthode de Gumbel.

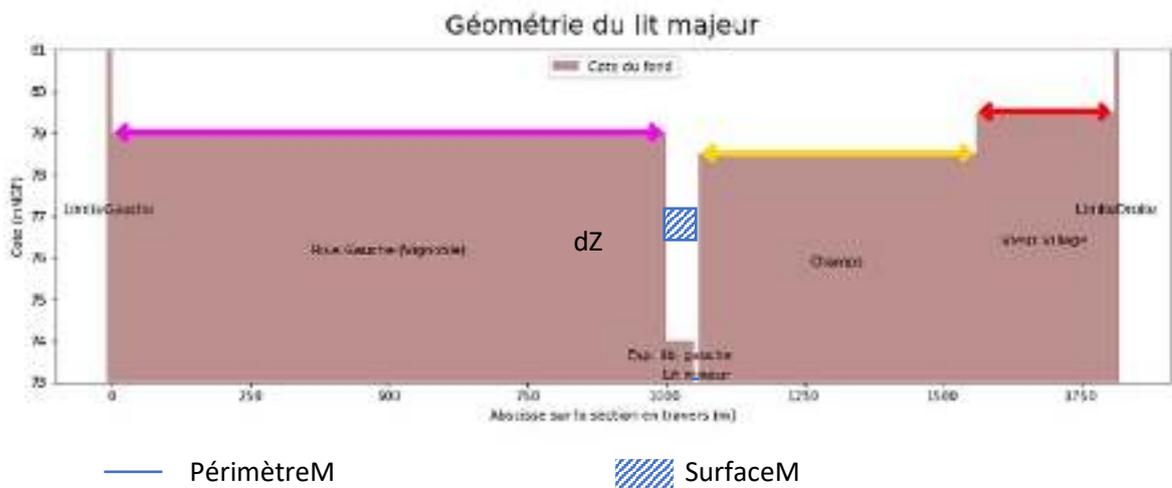
De même, l'estimation de la période de retour d'une crue de 500 m³/s est de 350 ans pour la méthode du Gradex et infinie pour la méthode de Gumbel.

Partie II : Hydraulique – Etablissement de la courbe de tarage Q(Zeau)

Q2.1)

On remarque que la largeur du cours d'eau est largement supérieure à la profondeur du lit ; on peut donc appliquer la formule de Manning Strickler. Pour ces raisons, on est bien dans le domaine de validité.

Q2.2)

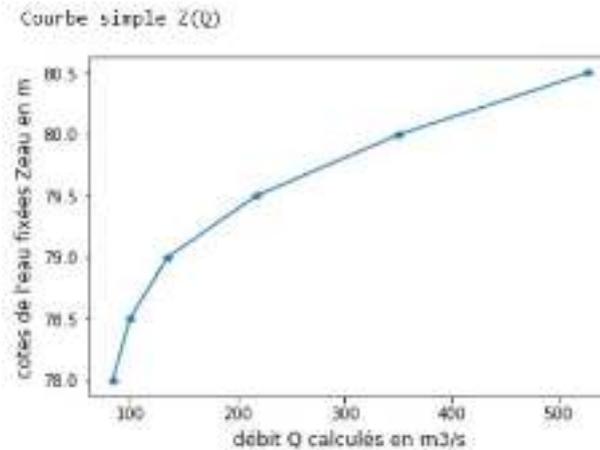


Q2.3)

La liste ne comporte que 6 points, une précision plus importante permettrait d'obtenir une courbe plus réaliste. Cependant ceci n'est pas forcément nécessaire.

En effet on observe avec ces résultats l'évolution générale du débit ce qui permet de conclure. Plus la hauteur d'eau choisie sera importante, plus le débit global augmente mais de manière non linéaire. Ceci signifie que les variations de débits à de grandes hauteurs d'eau (i.e. là où on atteint le lit majeur et où les « sections » de courant sont importantes) sont importantes. En revanche, à faible hauteur d'eau, dans le lit mineur, le débit n'augmente pas trop du fait de la faible largeur du cours d'eau.

Ces résultats sont tout à fait cohérents avec le fait que les grandes crues qui inondent des surfaces très vastes sont extrêmement rares.



Q2.4)

Au regard des résultats fournis par les débits en fonction de la hauteur d'eau incidente à la zone d'étude et en prenant en compte les temps de retour fournis il vient les résultats suivants :

Zone	Altitude inondation min	Hauteur d'eau minimale	Période de retour Minimale
Lit Mineur	74	1	Tout le temps inondé
Champs	78,5	5,5	1,4
Rive Gauche (Vignoble)	79	6	2,7
Vieux Village	79,5	6,5	21,4

Partie III : Estimation des dommages – Etablissement de courbes

Q3.1)

On remarque tout d'abord, chose logique, que les coûts liés aux inondations sont plus importants avec la montée des eaux. Ceux-ci s'accompagnent comme vu précédemment d'une raréfaction du phénomène et donc une fréquence très faible de dommages. Ainsi, le vieux village, situé le plus en hauteur est inondé environ tous les 21 ans. Cependant les coûts liés à cette inondation sont très importants et atteignent les 800 000 euros. Rapporté à l'année, le montant est plus faible (quoique cela reste la source de dépense la plus importante).

A l'inverse, l'inondation des champs est beaucoup plus fréquente mais les dégâts coutent bien moins cher à chaque inondation (quelques dizaines de milliers d'euros au maximum). Pourtant, rapportés à l'année, les dégâts coutent presque autant que ceux associés au village. Les vignobles de la Rive Gauche évoluent selon le même modèle que celui des champs avec des coûts sensiblement plus importants et une fréquence plus faible.

Avec le scénario d'urbanisation, on ne change pas les débits arrivant dans la zone et les temps de retour des crues importantes. Cependant, l'urbanisation de la zone inclut les zones d'altitude moins élevées que le village, anciennement les champs et vignobles. Donc, cette zone urbanisée, quand elle est inondée, coûte bien plus cher et représente même la source de dépense la plus importante. On cumule en effet tous les facteurs pour avoir un coût important : une zone à risque, une zone avec des installations coûteuses et une grande surface où les dégâts peuvent survenir.

Q3.2)

Les DMA (Dommages Moyens Annualisés) sont calculés à partir des dégâts causés par la montée des eaux (dépendent de la hauteur d'eau et du type d'aménagement : urbain ou champs), pondérés par leur fréquence.

Ceci nous donne une estimation des dégâts annuels, ce que doivent prévoir financièrement les privés et administrations pour réparer les dégâts causés. Cela permet de comparer les coûts des différents scénarios.

Question Etape 4)

En réalité, à partir de 50 cm au-dessus de l'altitude du village, l'eau se déverse également sur la rive gauche, dépassant ainsi la digue de 80 cm. Donc la hauteur d'eau ne diminue pas en réalité, mais c'est seulement le débit qui diminue. Le village est tout aussi inondé qu'avant, sauf que la rive gauche l'est aussi.

Pause Question 4)

Q4.1)

En regardant les coûts sur le graphique 4.4, on s'aperçoit que les coûts annuels sont plus élevés lorsqu'il y a une digue que lorsqu'il n'y en a pas. En effet, la somme totale est d'environ 123 000 millions d'euros par an avec présence de la digue tandis qu'elle n'est que de 350 000 euros par an en son absence.

(Il semble toutefois que l'indication d'un axe des ordonnées en millions d'euros sur le deuxième graphe soit erroné. En effet, cela paraît être un coût incohérent par rapport au coût sans digue. Un axe en euros serait plus cohérent.)

Ainsi, l'effet de la digue sur les DMA est d'augmenter les dommages puisque les zones sont quand même inondées.

Q4.2)

Cette digue ne semble donc pas être une bonne solution : les champs restent inondés de la même manière mais le vieux village et la rive gauche deviennent inondés en sa présence en raison du déversement.

Question de réflexion B

Nous proposons en alternative la construction d'un lac qui aura la fonction de réservoir et permettra ainsi d'éviter les inondations. Celui-ci se situerait en amont du village, et aurait une capacité de stockage deux fois plus élevée que lorsque nous ne sommes pas en période de crue.

Le lac se situerait sur le tracé d'un canal reliant l'amont du cours d'eau à l'aval en évitant le village et les zones agricoles. En effet, les crues du cours d'eau arrivent en moyenne tous les 21 ans dans le vieux village d'après les questions antérieures. De plus, même la construction d'une digue ne répond pas aux besoins de protection du village.

La mise en place de ce procédé permettra à une partie de l'eau de se déverser dans le canal puis dans le lac, diminuant ainsi le débit du cours d'eau.

D'après la formule de Manning-Strickler : $V = K_S R_h^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$: le débit est relié à la hauteur d'eau.

Avec V la vitesse moyenne de la section transversale (m/s)

K_S le coefficient de Strickler

R_h le rayon hydraulique (m)

i la pente hydraulique (m/m)

Or $R_h = \frac{S}{P}$ représente la hauteur d'eau avec S la section transversale de l'écoulement et P le périmètre mouillé.

Dès lors le débit V serait divisé par 2 par exemple, avec la dimension du canal égale à environ la moitié de la largeur du cours d'eau. En effet, le lac jouera le rôle de réservoir en diminuant le débit. Ceci permet ainsi de diminuer le nombre de crues engendrant des dégâts sur les installations urbaines et permet également, en cas de trop grosses crues, de prévenir les populations et de laisser le temps aux habitants d'évacuer les lieux.

Cependant il n'est pas possible de modéliser notre situation, l'algorithme ne s'exécutant pas bien.

De plus nous pouvons ajouter qu'un tel projet demande de gros moyens financiers et nous ne connaissons pas la géographie des lieux pour estimer le budget de la commune et les coûts précis des travaux.