

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2017

Toute documentation permise

Calculatrices : modèles autorisés seulement

Durée de l'examen : 3 heures

14-BR-A6 HYDROLOGIE

Question 1 (20 points)

Le bassin versant de la rivière Noire a vécu un incendie de forêt majeur en 1970 qui aurait affecté le régime hydrologique du bassin versant. En effet, plusieurs citoyens de la ville de St-Jean-des-Sources remarquent que les inondations dans la ville semblent plus fréquentes et demandent aux élus de prendre des moyens pour réduire les risques d'inondation. La ville décide dans un premier temps de confier à un ingénieur de procéder à une analyse des débits maximums annuels. Les données suivantes sont disponibles :

Débits avant l'incendie de forêt		Débits après l'incendie de forêt	
Année	Débit (m ³ /s)	Année	Débit (m ³ /s)
1956	780	1971	1590
1957	2100	1972	2040
1958	1522	1973	2300
1959	1350	1974	2041
1960	1780	1975	2460
1961	661	1976	2890
1962	1690	1977	2540
1963	798	1978	3700
1964	1510	1979	1240
1965	2071	1980	3166
1966	1680	1981	2200
1967	1370	1982	2540
1968	1181	1983	1800
1969	2400	1984	2930
1970	1720	1985	1380

- a) En supposant que chaque série obéit à la loi de distribution de Gumbel (voir le tableau en page suivante), calculer le débit Q_{100} avant et après l'incendie (8 points)

- b) On désire construire des digues qui vont protéger la ville de manière à ce que la probabilité de défaillance des digues soit de 0,01 sur la durée de vie prévue de celles-ci, soit 50 ans. Les digues seront construites avec quelle période de retour? (5 points)
- c) Calculer le débit de design correspondant à la période de retour obtenue en b) en supposant que les débits maximum annuels obéissent à la loi lognormale. Note : si vous n'avez pas répondu à b), prendre $T=4000$ ans. (7 points)

Taille de l'échantillon	Intervalle de récurrence (années)								
	5	10	15	20	25	50	75	100	1000
15	0,967	1,703	2,117	2,410	2,632	3,321	3,721	4,005	6,265
20	0,919	1,625	2,023	2,312	2,517	3,179	3,563	3,836	6,006
25	0,888	1,575	1,963	2,235	2,444	3,088	3,463	3,729	5,842
30	0,866	1,541	1,922	2,188	2,393	3,026	3,393	3,653	5,727
35	0,851	1,516	1,891	2,152	2,354	2,979	3,341	3,598	5,576
40	0,838	1,485	1,866	2,126	2,326	2,943	3,301	3,554	
45	0,829	1,478	1,847	2,104	2,303	2,913	3,268	3,520	5,478
50	0,820	1,466	1,831	2,086	2,283	2,889	3,241	3,491	
55	0,813	1,455	1,818	2,071	2,267	2,869	3,219	3,467	
60	0,807	1,446	1,806	2,059	2,253	2,852	3,200	3,446	5,359
65	0,801	1,437	1,796	2,048	2,241	2,837	3,183	3,429	
70	0,797	1,430	1,788	2,038	2,230	2,824	3,169	3,413	
75	0,792	1,423	1,780	2,029	2,220	2,812	3,155	3,400	
80	0,788	1,417	1,773	2,020	2,212	2,802	3,145	3,387	
85	0,785	1,413	1,767	2,013	2,205	2,793	3,135	3,376	
90	0,782	1,409	1,762	2,007	2,198	2,785	3,125	3,367	5,261
95	0,780	1,405	1,757	2,002	2,193	2,777	3,116	3,357	
100	0,779	1,401	1,752	1,998	2,187	2,770	3,109	3,349	

Facteurs de fréquence K de la loi de distribution de Gumbel

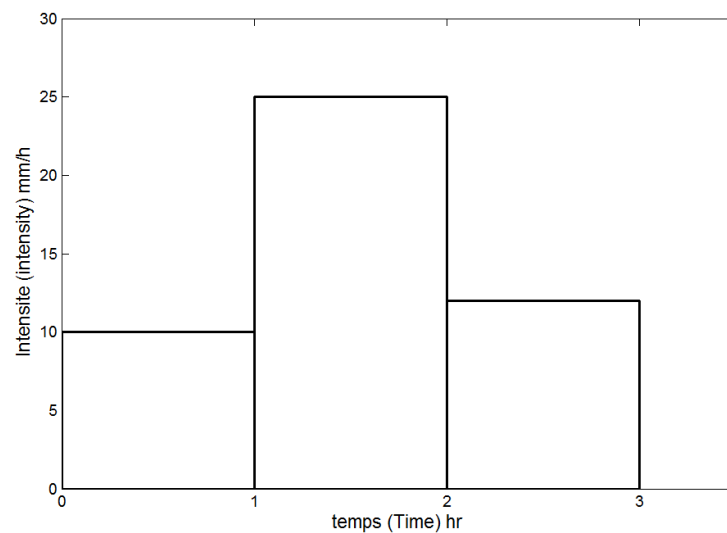
Question 2 (20 points)

Un petit bassin versant naturel possède les propriétés suivantes :

- 65% forêts, CN = 58
- 35% champs, CN = 86
- $C_a = 0,2$

Où CN est le 'Curve Number' et C_a est le coefficient de pertes initiales du bassin

En utilisant la méthode de calcul de ruissellement du Soil Conservation Service (SCS), déterminer le hyétogramme de pluie nette pour l'averse dont le hyétogramme de pluie totale est le suivant :



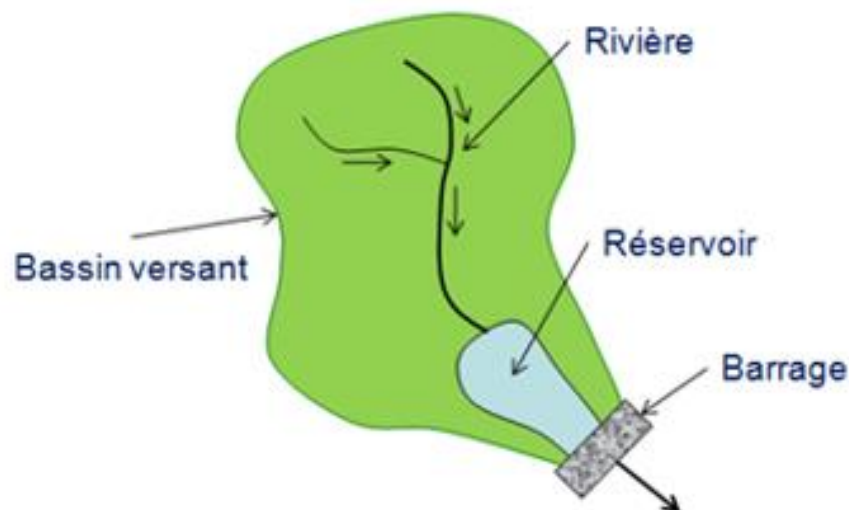
Question 3 (20 points)

Une agence de prévision des crues est propriétaire d'un barrage situé à l'exutoire du bassin versant des Grandes Fourches, voir la figure ci-dessous.

À 0h00 le 10 juillet 2016, le service météorologique annonce une averse importante de 80 mm qui va tomber entre 0h00 et 24h00 le 11 juillet. En prévision de cette averse, l'agence de prévision des crues décide d'abaisser le niveau d'eau de son réservoir, actuellement à la cote de 120.5 m, pour pouvoir mieux retenir la crue. Le débit maximum admissible à la sortie du réservoir est de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ pour empêcher des inondations en aval du barrage.

Sachant que 65% de la pluie va s'infiltrer dans le bassin versant et que 35% va ruisseler vers la rivière et rejoindre le réservoir, calculer le débit moyen à la sortie du barrage durant l'averse si on veut limiter la montée du niveau d'eau du réservoir à la cote de 120.9 m pour empêcher que les riverains autour du réservoir ne soient inondés. Est-ce qu'il y aura inondation en aval du barrage ? On néglige les pertes par évaporation et évapotranspiration. On suppose que le ruissellement produit le 11 juillet se retrouve entièrement dans le réservoir durant la même journée. Le débit en rivière au 10 juillet est de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'aire du réservoir est de 50 km^2 et celui du bassin versant, incluant le réservoir, est de 1050 km^2 .



Bassin versant des Grandes Fourches

Question 4 (20 points)

Le tableau ci-dessous présente un hydrogramme unitaire de **1 cm** correspondant à une pluie nette d'une durée **D = 2 heures**.

temps (heures)	Débit (m ³ /sec)
0h00	0
2h00	50
4h00	80
6h00	120
8h00	180
10h00	80
12h00	0

- a) Déterminez le débit de pointe de l'hydrogramme résultant d'une précipitation totale donnée dans le tableau ci-dessous. On suppose que la capacité d'infiltration du sol est constante à 10 mm/heure pendant toute la durée de l'averse. Supposer un débit de base constant de 20 m³/s. Note : attention aux unités! (12 points)

Temps (heures)	Précipitation (mm/h)
0h00 – 2h00	5
2h00 – 4h00	16
4h00 – 6h00	28
6h00 – 8h00	9
8h00 – 10h00	18

- b) Déterminer l'hydrogramme unitaire de **1 mm** pour une pluie nette dont la durée est de 4 heures. (5 points)
- c) Quelle est l'aire du bassin versant, en km² ? (3 points)

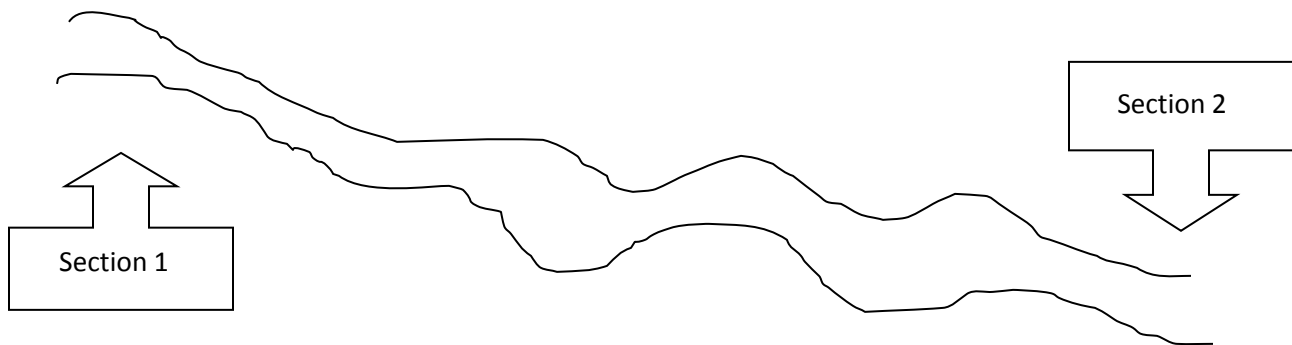
Question 5 (20 pts)

Une section de la rivière aux Sables est présentée à la figure ci-dessous. À la section 1, un hydrogramme d'entrée est mesuré et est présenté dans le tableau ci-dessous. Supposez un débit de sortie initial de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ à la section 2.

Les caractéristiques de la rivière ont permis d'établir que les coefficients K et x de Muskingum sont:

K=6 heures

X = 0.3



Tronçon de la rivière aux Sables

Hydrogramme à la section 1

Temps (h)	0	8	16	24	32	40	48	56
Débit (m^3/s)	60	80	120	175	135	115	80	60

- Calculer l'hydrogramme de sortie à la section 2 jusqu'à $t = 56 \text{ h}$. (15 pts)
- Quels seraient les effets d'une augmentation du coefficient de propagation K? Sans aucun calcul, présentez une brève explication avec l'aide de tracés d'hydrogramme de sortie en fonction de la valeur de K. (5 pts)