

Exercice 16

ESTIMATION SOMMAIRE DES CRUES DE PROJET SUR L'ALGERIE DU NORD

L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques a confié une étude générale des crues du Nord de l'Algérie au groupement ENHYD – STUCKY Ingénieurs Conseils avec l'appui scientifique de l'Université de Nice - Sophia Antipolis. L'ANRH dispose ainsi des moyens d'évaluer rapidement les caractéristiques des crues de période de retour de 2 à 1000 ans en tout point du Nord de l'Algérie. Cette démarche valorise toute l'information disponible car elle s'appuie sur les mesures faites sur plus de **120 stations de jaugeage**, de **140 pluviographes** et **1400 pluviomètres** et sur un modèle numérique de terrain de la zone d'étude. Le rapport a été remis en janvier 2009 à l'ANRH, où il est consultable. Nous présentons ici un document Excel synthétisant les principaux résultats de ce travail et permettant une estimation sommaire des crues de projet sur les bassins non jaugeés de l'Algérie du Nord.

Soit à répondre à la problématique suivante : quelles peuvent être les caractéristiques d'une crue de projet pour des périodes de retour 100 ans et 500 ans sur un bassin versant de 145 km² situé au nord d'El Kantara dans les Aurès et avec une pente longitudinale de 1.5%. Il vous suffit d'ouvrir de document *Crues de projet d'Algérie.xlsx* situé dans le dossier *Hydrolab2016* et la feuille *Evaluation de la Crue*.

Cette feuille est destinée à recevoir les informations indispensables à l'évaluation de la crue de projet. Ces informations sont à inscrire dans les cellules surlignées de jaune. Elles sont au nombre de 6 au minimum :

1. La surface du bassin versant (en km²) ;
2. La pente longitudinale du thalweg principal (sans unité) ;
3. La pluie journalière décennale
4. Le gradex des pluies journalières
5. Un coefficient correctif régional
6. La période de retour T de la crue à estimer

Une fois ces valeurs introduites les résultats apparaitront dans les cellules surlignées de vert et dans les graphiques.

Corrigé :

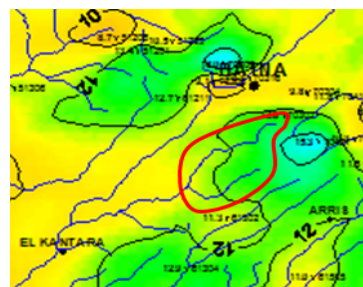
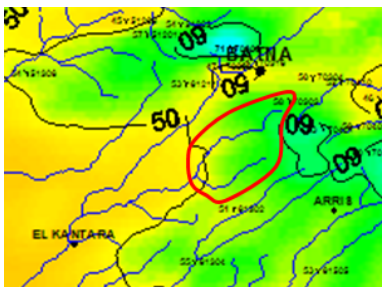
A l'ouverture de la feuille vous pourrez indiquer la surface, la pente et la période de retour désirée :

Caractéristiques du bassin versant	
Surface:	<input type="text" value="140"/> (km ²) Renseignez cette case
Pentes:	<input type="text" value="0.015"/> (sans unité) Renseignez cette case
Paramètres pluviométriques moyens sur le bassin	
Pj(10):	<input type="text" value="55"/> (mm/j) Renseignez cette case
g:	<input type="text" value="12"/> (mm/j) Renseignez cette case
Quels sont éventuellement les correction locales ?	
fg-fac:	<input type="text" value=""/> (sans unité) <i>Ne renseignez cette case qu'en cas de bassin</i>
Période de retour de la crue de projet	
T:	<input type="text" value="100"/> (en années) Renseignez cette case

Caractéristiques du bassin versant	
Surface:	<input type="text" value="140"/> (km ²)
Pentes:	<input type="text" value="0.015"/> (sans unité)
Paramètres pluviométriques moyens sur le bassin	
Pj(10):	<input type="text" value="55"/> (mm/j)
g:	<input type="text" value="12"/> (mm/j)
Quels sont éventuellement les correction locales ?	
fg-fac:	<input type="text" value=""/> (sans unité)
Période de retour de la crue de projet	
T:	<input type="text" value="100"/> (en années)

Vous remarquerez bien la façon d'introduire la pente 0.015.

Pour connaître la pluie journalière décennale sur le bassin, il suffit d'ouvrir la feuille Carte des Pj10 et d'y consulter la position de bassin. En supposant que le bassin a le contour rouge, on estime que la pluie journalière décennale y est d'environ 55 mm (entre les courbes 50 et 60).



De même pour connaître le gradex des pluies journalières sur le bassin, il suffit d'ouvrir la feuille Carte des Gradex et d'y consulter la position de bassin. En supposant que le bassin a le contour rouge, on estime que le gradex y est d'environ 12 mm.

Après avoir introduit ces deux valeurs, vous aurez les estimations suivantes pour la crue de projet.

Caractéristiques du bassin versant

Surface= 110 (km²)
Pente= 0,015 (sans unité)

Paramètres pluviométriques moyens sur le bassin

Pj(10)= 55 (mm/j)

g_{BV}= 12 (mm/j)

Quels sont éventuellement les correction locales ?

r₀=r₀: (sans unité) *Ne soustraire cette case en son cas de bassin*

Période de retour de la crue de projet

T= 100 (en années)

Paramètres pluviométriques dérivés

K_{ab}= 0,92 (sans unité)

Pj(10)_{BV}= 50 (mm/j)

g_{BV}= 11 (mm/j)

Pj(100)_{BV}= 76 (mm/j)

Paramètres pour les crues extrêmes

S₀= 14 (mm)

S= 124 (mm)

A_{ex}= 4,4 (sans unité)

Q_j(10)= 8 (mm/j) 14 (m³/s)

Q_d(10)= 37 (mm/j) 60 (m³/s)

Caractéristiques de la crue de période de retour T = 100 ans

Qj(100)= 21 (mm/j) Qj(100)= 34 (m³/s)

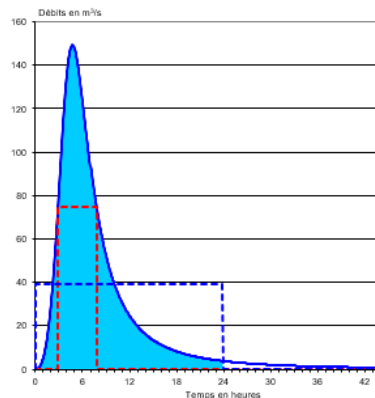
Qj(100)= 92 (mm/j) **Qj(100)= 149 (m³/s)**

D= 4,8 (heures) V24(100)= 3 377 654 (m³)

tm= 4,8 (heures) **Vtotal(100)= 3 565 329 (m³)**

ou: **2,73**

(sans unité, de préférence 2,73 et à choisir entre 1,5 et 5,3)



• Caractéristiques essentielles de la crue centennale

Les paramètres essentiels figurent en gras : une crue centennale atteignant en pointe 149 m³/s et représentant un volume de l'ordre de 3.5 millions de m³. La forme la plus probable de l'hydrogramme est celle donnée sur le graphique.

La précision est de l'ordre de 80% de chance pour que le rapport r= Q(T) vrai inconnu /Q(T) estimé, soit compris entre 0.5 et 2 et 50% de chance pour que r soit compris entre 2/3 et 3/2.

D'autres résultats intermédiaires permettent de mieux cerner la démarche.

• Paramètres pluviométriques dérivés

Pour les paramètres pluviométriques dérivés, on n'estime que le coefficient d'abattement K_{ab}. est de l'ordre de 0.92 (K(S)=1-0.007 √S avec S en km²). La pluie journalière décennale sur le bassin Pj(10)_{BV} est donc de 50 mm (55*0.92) et le gradex de bassin g_{BV} est de 11 mm (12*0.92). Enfin la pluie journalière centennale sur le bassin Pj(100)_{BV} est de 76 mm.

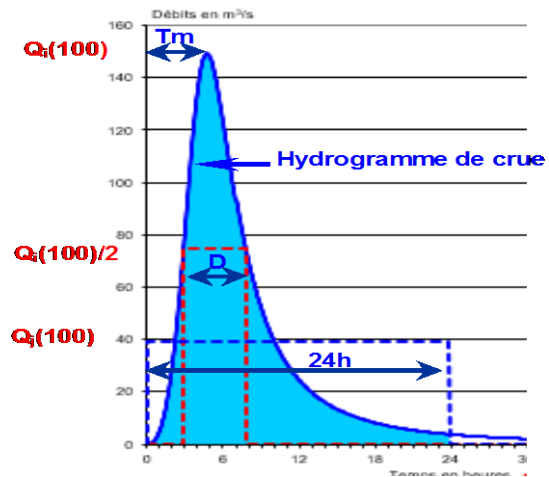
• Paramètres pour les pluies extrêmes

Le passage de la pluie au ruissellement est caractérisé par une fonction de production du S.C.S avec une interception initiale S₀ de 14 mm et une interception totale maximale S de 124 mm. Ainsi l'écoulement moyen journalier décennal Q_j(10) est de 8 mm, soit 14 m³/s.

Le passage du débit moyen journalier au débit de pointe correspond à un coefficient multiplicatif A_e de 4.4, ainsi le débit de pointe de crue décennal sera de $60 \text{ m}^3/\text{s}$. (soit 37 mm/j).

- **Autres caractéristiques de la crue centennale**

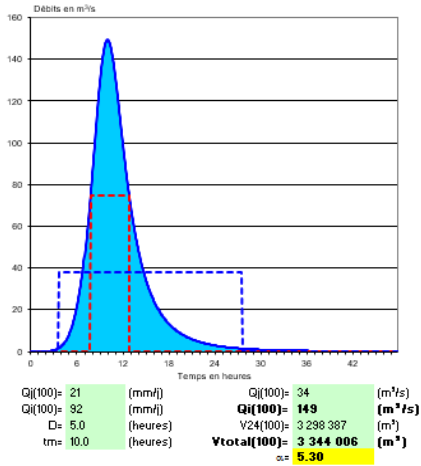
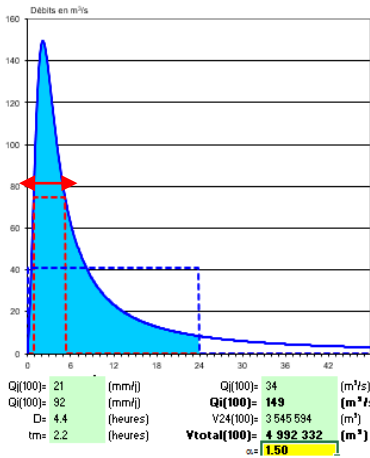
Le débit moyen journalier centennial $Q_j(100)$ est de l'ordre de 21 mm/j soit de $34 \text{ m}^3/\text{s}$. Le débit instantané de pointe centennale $Q_i(100)$ est de l'ordre de 92 mm/j soit de $149 \text{ m}^3/\text{s}$. On constate que le temps de montée t_m est d'environ 4.8 h , et qu'il en est de même du temps caractéristique D . Ce temps représente la durée pendant laquelle le débit est resté à une valeur supérieure à la moitié du débit de pointe. Enfin, cette crue représente un apport total de $3\,565\,000 \text{ m}^3$ dont $3\,377\,000 \text{ m}^3$ écoulés en 24 h .



Cette forme d'hydrogramme est celle que l'on rencontre le plus souvent sur les 120 bassins versants ayant servi au calage. Ceci correspond à un coefficient de forme α de 2.73 (coefficient de l'hydrogramme de Nash).

Cependant, on a rencontré des valeurs de comprises entre 1.5 et 5.3 sans qu'il soit possible d'en identifier l'explication.

Il vous est possible de modifier le coefficient α de façon à visualiser ce que pourrait être la forme de l'hydrogramme.

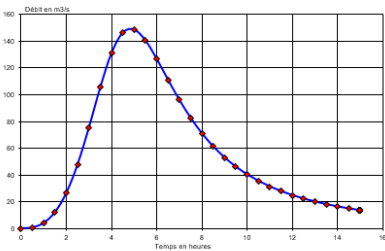


Voici les hydrogrammes extrêmes que l'on est susceptible de rencontrer. Ceci est important si l'on veut étudier le laminage de la crue.

A cet effet, il est possible d'exporter les résultats en choisissant le pas de temps et la durée. Comme le montre cet exemple on a extrait l'ensemble des résultats pour un pas de temps de 0.5 h et pour une durée totale de 15h. Il suffit de recopier les valeurs surlignées de vert pour les exporter vers n'importe quel logiciel de laminage, ou vers une autre feuille Excel pour pouvoir comparer différentes hypothèses.

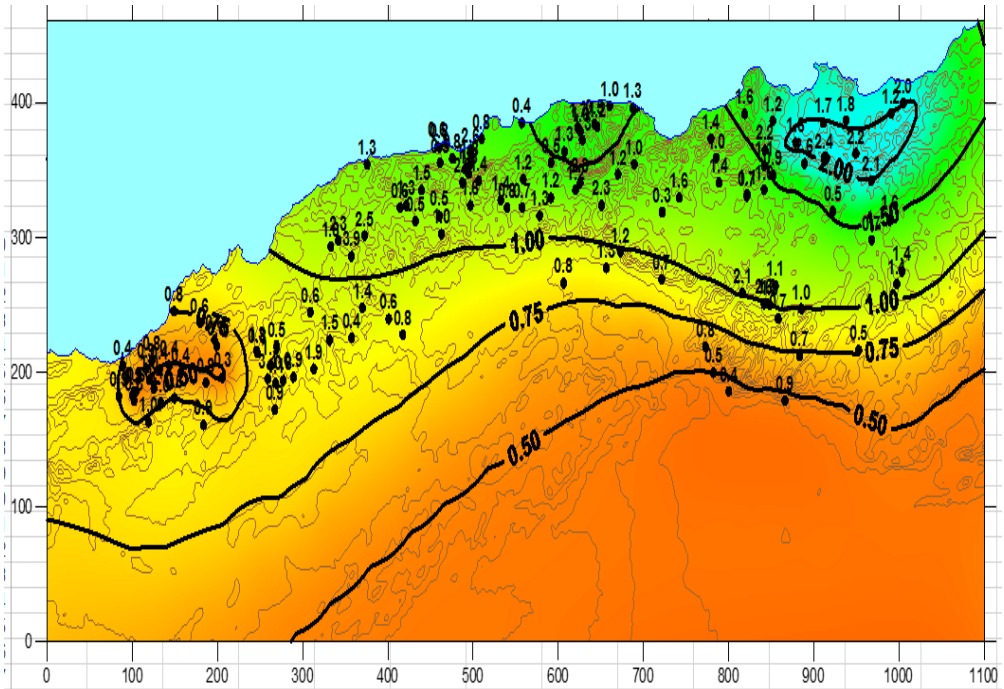
Hydrogramme de la crue pour T=100 ans

35	Pas de temps	0.5 (heure)
36	Durée de l'hydrogramme	15 (heure)
37	Surface	140 (km²)
38	Pente	0.015 (sans unité)
39	F(10)	55 (mm/l)
40	g	12 (mm/l)
41	T	100 (en années)
42	r _q *r _{av}	1 (sans unité)
43	α	2.73 (sans unité)
44	ébit de pointe	149.28 (m³/s)
45	Débit sur 24h	3 545 594 (m³)
46	VOLUME total	3 992 332 (m³)
47	Tm	5 (heures)
48	D	5 (heures)
49		
50	Temps(h)	Q (m³/s)
51	0	0
52	0.5	1
53	1	4
54	1.5	12
55	2	27
56	2.5	48
57	3	75
58	3.5	105
59	4	131
60	4.5	146
61	5	149
62	5.5	141
63	6	127
64	6.5	111
65	7	96
66	7.5	83
67	8	71
68	8.5	61
69	9	53
70	9.5	46
71	10	40
72	10.5	35
73	11	31
74	11.5	28
75	12	25
76	12.5	22
77	13	20
78	13.5	18
79	14	16
80	14.5	15
81	15	14
82		



- **Introduction d'une correction locale**

En ouvrant la feuille Carte des coefficients régionaux vous allez voir apparaitre tous les rapports $r = Q(T) \text{ vrai à la station} / Q(T) \text{ estimé}$.



On constate sur cette carte une tendance à surestimer, les crues dans la zone sud et l'ouest algérien, au contraire on sous-estime les crues dans le Nord-Est. Manifestement notre bassin est situé entre les courbes iso valeurs 1 et 1.5. On introduira donc un coefficient correctif d'environ 1.25 pour obtenir une estimation plus fiable :

Application des résultats de l'étude de synthèse des crues sur l'Algérie du Nord

Basée sur les valeurs numériques brutes de l'apex et le grade de base sur le carte topographique

Basée sur les valeurs de $Q(10)$ et gradée base sur les cartes géométriques.

(Le coefficient de correction de base est appliqué et se base sur les axes hydrologique de l'apex sur le terrain)

Caractéristiques du bassin versant

Surface- 100 [km²]
 Pente- 0,815 [m/m]

Paramètres pluviométriques moyen sur le bassin

$P(10)$ - 55 [mm/j]
 α - 12 [mm/j]

Quelle sont caractéristiques les caractéristiques du bassin ?

r_{100} - 1,25 [sans unité]

Période de retour de la crue de projet

T- 100 [ans]

Paramètres pluviométriques de base

K_k - 0,32 [sans unité]
 $P(10)$ - 58 [mm/j]
 α - 11 [mm/j]
 $P(10)D$ - 75 [mm/j]

Paramètres pour les axes calculés

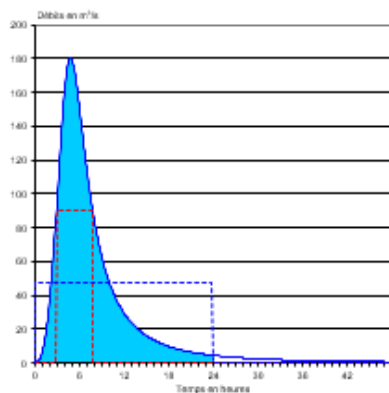
S_1 - 14 [m]
 S_2 - 32 [m]
 R_1 - 0,4 [sans unité]

$Q(10)$ - 11 [m³/s] 17 [m³/s]
 $Q(10)$ - 45 [m³/s] 75 [m³/s]

Caractéristiques de la crue de période de retour T = 100 ans

$Q(100)$ - 25 [m³/s] $Q(100)$ - 41 [m³/s]
 $Q(100)$ - 111 [m³/s] $Q(1000)$ - 300 [m³/s]
 D - 4,8 [heures] $V(4)(100)$ - 4300-450 [m³]
 W - 4,8 [heures] $V(10)(100)$ - 6300-650 [m³]
 α - 2,75

[sans unité, de préférence 1,75 et 2 obtenus par 1,5 et 1,5]



Hydrogramme de la crue de période de retour T=100 ans

Pied de lame- 0,5 [heures]
 Degré de l'hydrogramme- 35 [heures]

Surface- 100 [km²]
 Pente- 0,815 [m/m]
 $P(10)$ - 55 [mm/j]
 α - 12 [mm/j]
 T- 100 [ans]
 r_{100} - 1,25 [sans unité]
 α - 2,75 [sans unité]

Débit de pointe- 100,34 [m³/s]

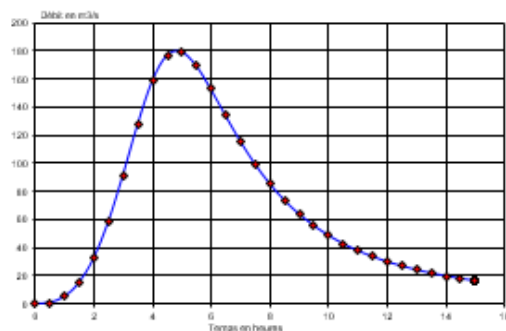
Débit sur 24h- 47,23 [m³/s]

Valeur (a) (a)- 4300-450 [m³]

T_1 - 5 [heures]

D - 5 [heures]

Temps [h]	Q [m ³ /s]
0	0
0,5	1
1	5
1,5	15
2	32
2,5	58
3	81
3,5	107
4	153
4,5	177
5	188
5,5	178
6	153
6,5	134
7	116
7,5	100
8	85
8,5	74
9	64
9,5	56
10	49
10,5	43
11	38
11,5	34
12	30
12,5	27
13	24
13,5	22
14	20
14,5	18
15	16



- **Conclusion et mise en garde**

Cette démarche ne prétend certainement pas remplacer une analyse hydrologique poussée.

Les incertitudes restent grandes :

- il y a de l'ordre de 80% de chance pour que le rapport $r = Q(T)_{\text{vrai}} / Q(T)_{\text{estimé}}$, soit compris entre 0.5 et 2
- il y a 50% de chance pour que r soit compris entre $2/3$ et $3/2$.

Cependant, cette démarche permet de :

- fixer rapidement les ordres de grandeurs des débits et volumes de crue ;
- tester différentes hypothèses et en quantifier les effets ;
- donner des extrapolations cohérentes jusqu'à des périodes de retour très grandes en valorisant l'information pluviométrique ;
- donner un hydrogramme de crue permettant de quantifier un laminage possible de la crue.
- Permettre une rapide comparaison avec les résultats obtenus sur toutes les stations hydrométriques algériennes utilisables.

&&&&&