

**ETUDE DE L'INFLUENCE DU MODE DE REPRESENTATION DE
LA PLUVIOMETRIE SUR LES DEBITS D'ECOULEMENT D'UN
COURS D'EAU.
CAS DU BASSIN VERSANT DE « BOUGOUS »**

M. Cherrared., A. Sellaoui**

Université A. Mira. Faculté des Sciences de l'ingénieur. Département
d'Hydraulique. Route de Terga Ouzemour. Bejaia. 06000. Algérie

Tel : (038) –21-43-33 à 35

Fax : (038) – 21 – 43 –32

Telex : 83908 CUB – DZ

E-mail : adel_sellaoui@yahoo.fr

RESUME

L'étude des écoulements à l'exutoire d'un grand bassin versant hydrologique nécessite souvent une masse d'information (débits et / ou pluies - débits) assez importante. L'absence ou le manque de ces mesures sur les deux échelles spatiales (pour les pluies notamment) et temporelle impose à l'hydrologue de faire appel à des modèles mathématiques spécifiques, souvent stochastiques, capables d'une part de générer l'information absente ou manquante (non mesurée ou refusée) et d'autre part de simplifier (unifier) la représentation spatiale des phénomènes étudiés (pluie notamment) moyennant une série moyenne la plus représentative possible. L'intérêt de ce deuxième aspect du problème est, entre autres, de faciliter la modélisation des séries de mesures en supprimant l'influence de la variation spatiale.

L'objet de cette étude consiste à étudier, sur la base des mesures réalisées sur trois (03) stations pluviométriques et une station hydrométrique, entre 1947 et 1992, la relation pluie – débit du bassin versant de BOUGOUS, avec différentes variantes au niveau des données pluviométriques et selon trois aspects, étude du rapport débit-pluie, modélisation de la relation pluie-débit et l'étude fréquentielle.

Mots clés : Pluviométrie – débit d'écoulement – bassin versant – régression – modélisation.

INTRODUCTION

Le passage des précipitations aux débits est très complexe puisqu'il dépend de plusieurs paramètres : structure de la pluie, nature du bassin versant, état de la végétation, capacité d'évaporation, etc. Ayant étudié ce

passage, on pourra soit étendre la série de débits à partir de celle de la pluie, soit, le plus souvent, évaluer la crue de fréquence rare F à partir de la pluie de même fréquence F que l'on présume être à son origine. Afin de mettre en évidence les différents aspects de cette relation (précipitation - ruissellement) on a procédé comme suit ;

Dans un premier temps on a étudié la relation du rapport débit / pluie pour mieux cerner la notion de régularité et d'homogénéité de cette relation en fonction du temps. Dans un second temps on a eu recours à des modèles de régression afin de rechercher les lois mathématiques les mieux adaptées. En dernier lieu, on a fait une étude fréquentielle afin d'étudier la relation entre les fréquences des pluies et celle des débits à différentes périodes d'apparition.

Pour répondre à tous ces objectifs, on a procédé par un traitement des données pluviométriques, des trois stations, afin de ressortir une série moyenne représentative de bassin versant (§ 3.1) à partir de laquelle plusieurs variantes d'échelles de temps et de pas de calcul ont été déduites (§ 3.2.1).

1. SITE DE L'ETUDE ET DONNEES DISPONIBLES

Le bassin versant de BOUGOUS occupe au Nord Est algérien une superficie d'environ 236 Km^2 . Il est caractérisé par une forme assez allongée ($K_c = 1.46$), un relief assez fort ($I_g = 0.022 \text{ m/Km}$), un réseau hydrographique moins dense, un sol peu perméable et une couverture végétale dense (boisé à 78%).

Afin de répondre aux objectifs de l'étude, une (01) station hydrométrique et trois (03) stations pluviométriques de mesures mensuelles sont sélectionnés dont les périodes d'observation sont assez longues et homogènes allant de 1947 à 1992, soit 552 mois.

2. METHODOLOGIE ET RESULTATS

La méthodologie de cette étude est schématisée par l'organigramme donné en figure 1.

2.1 Série pluviométrique représentative du bassin versant

Différentes méthodes peuvent être utilisées (Isohyètes, moyenne arithmétique, Thiessen ...). Dans notre étude, l'approche adoptée tient compte de l'influence de l'altitude, méthode utilisée dans le cadre de cette étude spécifiquement.

Le principe de cette méthode consiste à déterminer des coefficients de pondération à partir des écarts de pluie correspondant aux différences d'altitude des stations deux à deux (figure 2).

C_{12} : coefficient de pondération entre station 1 et station 2.

C_{13} : coefficient de pondération entre station 1 et station 3.

C_{23} : coefficient de pondération entre station 2 et station 3.

On a :

$$C_{ij} = (p_i - p_j) / \Delta Z_{ij}$$

P_i : précipitation moyenne de la station la plus haute i.

P_j : précipitation moyenne de la station la plus basse j.

ΔZ_{ij} : différence d'altitude entre les stations la plus haute et la plus basse.

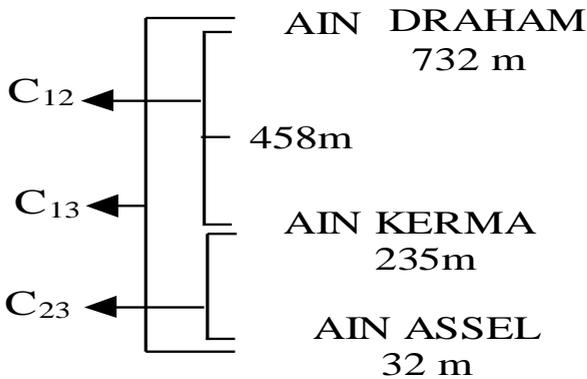


Fig.2 coefficients de pondération

Ensuite on calcule un coefficient de pondération moyen :

$$C_k = (C_{12} + C_{13} + C_{23}) / 3$$

D'où la précipitation moyenne :

$$P_k = C_k (Z_r - Z_3) + P_3$$

Avec :

P_k : pluie moyenne du mois k.(mm).

Z_r : altitude moyenne de référence (458 m).

Z_3 : altitude de la station de Ain Assal (32 m).

P_3 : pluie moyenne mensuelle de la station de Ain Assal (mm).

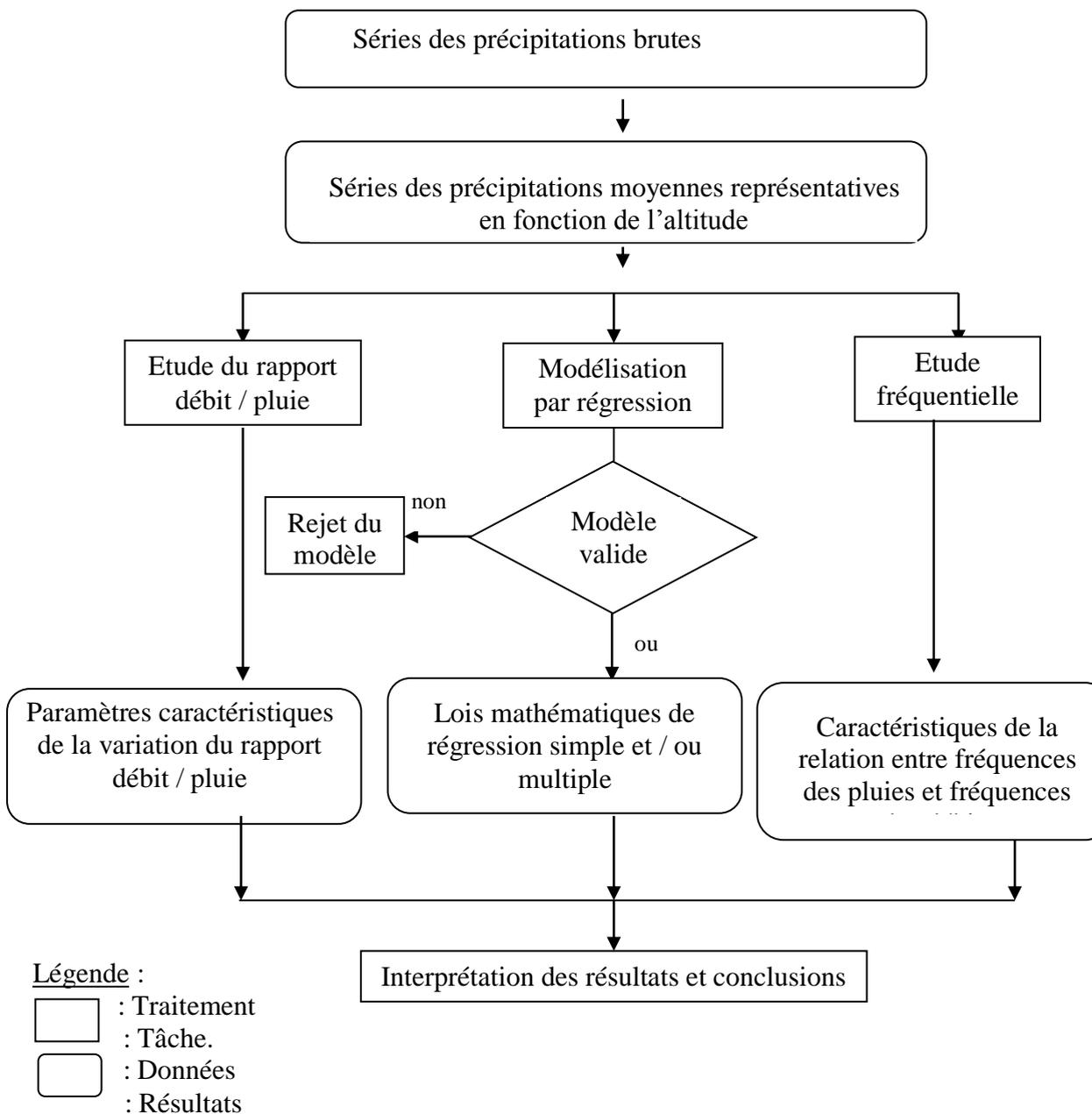


Fig. 1 Organigramme méthodologique de l'étude

2.2 Etude de la relation pluie débit

2.2.1 Variantes des données pluviométriques

Pour mieux cerner l'étude de l'influence du mode de représentation de la pluviométrie sur les débits d'écoulement, six (06) variantes sont sélectionnées dont les définitions et leurs déterminations sont illustrées dans le tableau 01.

Tableau 1 : Variantes des données pluviométriques

| N° variante | Définitions et désignation | Détermination | Observations |
|-------------|--|--|--------------------------|
| 01 | Pluies mensuelles ; P_{mi} | / | $i = 1, 552$ |
| 02 | Pluies mensuelles saisonnières (saison humide) ; P_{msi} | / | $i = 1, 322$ |
| 03 | Pluies annuelles P_{ai} | $P_{ai} = \sum_{j=1}^{12} P_m$ | $i = 1, 46$ |
| 04 | Pluies saisonnières (saison humide) P_{si} | $P_{si} = \sum_{j=2}^8 P_m$ | $i = 1, 46$ |
| 05 | Pluies moyennes mensuelles interannuelles ; P_{mj} | $P_{m,j} = \frac{\sum_{i=1}^{46} P_m}{46}$ | $j = 1 ; 12$ |
| 06 | Pluies mensuelles annuelles $P_{ma(i,j)}$ | / | $i = 1, 46 ; j = 1 ; 12$ |

2.2.2 - Etude du rapport débit / pluie

Le recours au calcul des coefficients de variation a permis de caractériser numériquement l'importance de la dispersion du rapport débit / pluie. Le tableau 2 illustre les valeurs maximales, minimales, moyennes ainsi que l'écart type et le coefficient de variation de chaque variante étudiée.

Tableau 2 Variation du rapport débit / pluie

| var | Pluie moy | N | Q/P | | | | |
|---------------------|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | | moy | min | max | sigma | cv |
| V1 | P_{mi} | 552 | 0.205 | 0.000 | 8.891 | 0.650 | 3.171 |
| V2 | P_{msi} | 322 | 0.212 | 0.000 | 2.020 | 0.205 | 0.968 |
| V3 | P_{ai} | 46 | 0.086 | 0.016 | 0.188 | 0.031 | 0.353 |
| V4 | P_{si} | 46 | 0.093 | 0.017 | 0.214 | 0.035 | 0.372 |
| V5 | P_{mj} | 12 | 0.072 | 0.007 | 0.137 | 0.044 | 0.617 |
| V6 $P_{ma(i,j)}$ | Sep | 46 | 0.012 | 0.000 | 0.131 | 0.027 | 2.207 |
| | Oct | 46 | 0.020 | 0.000 | 0.088 | 0.025 | 1.282 |
| | Nov | 46 | 0.047 | 0.000 | 0.223 | 0.049 | 1.052 |
| | Dec | 46 | 0.075 | 0.005 | 0.219 | 0.050 | 0.665 |
| | Jan | 46 | 0.114 | 0.014 | 0.220 | 0.056 | 0.487 |
| | Fev | 46 | 0.133 | 0.005 | 0.492 | 0.084 | 0.630 |
| | Mar | 46 | 0.123 | 0.009 | 0.551 | 0.085 | 0.692 |
| | Avr | 46 | 0.214 | 0.006 | 1.436 | 0.265 | 1.240 |
| | Mai | 46 | 0.081 | 0.003 | 0.505 | 0.097 | 1.197 |
| | Juin | 46 | 0.168 | 0.001 | 3.672 | 0.551 | 3.278 |
| | Juill | 46 | 0.526 | 0.000 | 10.955 | 1.806 | 3.431 |
| Aou | 46 | 0.029 | 0.000 | 1.197 | 0.176 | 5.982 | |

L'analyse du tableau 2 montre qu'à l'échelle mensuelle (v1), la dispersion est très importante. Ceci est justifié par l'influence de la pluie du mois précédent (P_{i-1}) sur le débit du mois (i), et de l'effet saisonnier. La décomposition de l'année en deux saisons (humide et sèche) a confirmé notre justification puisque le passage à la série mensuelle saisonnière (saison humide) a permis de réduire considérablement la valeur du coefficient de variation (0.97), qui reste relativement élevé. Ceci s'explique par l'influence des périodes de transition, où la corrélation entre la pluie et le débit reste faible.

Les séries annuelle (v3) et saisonnière (v4) présentent des coefficients de variation relativement faibles (0.353, 0.372) en raison de l'atténuation des valeurs mensuelles extrêmes dans les valeurs annuelles. A l'échelle moyenne mensuelle interannuelle (v5), l'influence des mois de transition et l'effet saisonnier sont marqués par un coefficient de variation relativement élevé (0.617). Cette influence (mois de transition et l'effet saisonnier) est mise en évidence par l'analyse du rapport débit/pluie à l'échelle mensuelle annuelle (v6). Cette dernière montre que les coefficients de variations durant la saison sèche sont très élevés. Le mois d'août marque

la valeur la plus élevée (CV = 5.98). Les mois d'octobre, novembre et avril qui appartiennent à la saison humide ont des coefficients de variation qui dépassent l'unité. Ceci est dû au fait que la majorité de la pluie tombée est absorbée par le sol sec, pour les deux premiers mois et au débit hypodermique pour le mois d'avril ; ce qui rend la corrélation mauvaise.

Cette analyse a montré que le rapport débit / pluie est généralement très variable confirmant la forte complexité de la relation pluie - débit.

3.2.3 - Modélisation par régression

Nous ne disposons que de données pluviométriques et hydrométriques mensuelles. L'absence de données journalières constitue un handicap majeur car l'existence d'une relation entre les débits du mois (i) et les pluies du mois (i-1) est fortement probable notamment durant la saison humide. La recherche d'une telle relation fait appel à une procédure de régression multiple à deux variables explicatives (pluie du mois i et i-1).

Le manque de linéarité de certains modèles (la distribution des résidus ne suit pas la loi normale) nous incite à faire recours à des transformations des données afin de les rendre linéaire. La justesse des modèles est faite au moyen des tests statistiques (R^2 , t, F, D). Les résultats de la régression sont illustrés dans le tableau 3.

L'analyse des modèles de régression linéaire étudiés montre que, pour la première variante (pluies mensuelles), les modèles obtenus présentent de bonnes corrélations ($0.75 < r < 0.77$) mais la présence des points atypiques, probablement dus à l'effet saisonnier, rend la distribution des résidus loin de la normale ($D_{obs} > D_{\alpha}$). Ce qui veut dire que nos modèles sont non valides. Une deuxième tentative, consistant à élaborer un modèle qui ne prend en compte que la saison humide afin d'éliminer l'effet saisonnier, n'a pas pu rendre la distribution des résidus normale malgré la diminution importante de la valeur de D_{obs} (de 0.165 pour le premier modèle à 0.08 pour le deuxième). Ceci explique l'existence d'autres facteurs en plus de l'effet saisonnier, notamment l'irrégularité annuelle des précipitations exprimée par la succession des années humides et sèches. Cette dernière influe même sur le modèle annuel, qui fait l'objet de la troisième variante. En ce qui concerne la série saisonnière (V4: saison humide), on remarque que la relation est légèrement loin de la normale. Ceci s'explique par le fait que la variabilité à l'échelle saisonnière, exprimée par la notion de l'année humide et de l'année sèche, est moins importante que celle à l'échelle annuelle. Le recours à des transformations des données était indispensable afin d'éliminer, entre autres, l'influence de l'effet saisonnier. La transformation racine carrée a pu résoudre le problème.

Tableau 3 : Modèles valides pluie – débit obtenus

| va r | m | modèles | N | R | R ² | t _r | t _α | F _C | F _α | D _{obs} | D _α |
|----------|---|--|----------------|------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| 01 | / | $\sqrt{Q} = -1.072 + 0.476 \sqrt{P}$ | $\frac{55}{2}$ | 0.80 | 0.64 | 31.8 | 1.64 | 1013 | 3.86 | $\frac{0.02}{8}$ | $\frac{0.03}{7}$ |
| 02 | / | $\sqrt{Q} = 1.958 + 0.560 \sqrt{P}$ | $\frac{32}{2}$ | 0.72 | 0.51 | 18.6 | 1.65 | 347. | 3.87 | $\frac{0.03}{1}$ | $\frac{0.04}{9}$ |
| 03 | / | $\sqrt{Q} = -11.031 + 0.607 \sqrt{P}$ | 46 | 0.81 | 0.66 | 9.38 | 2.01 | 88.1 | 4.06 | $\frac{0.10}{5}$ | $\frac{0.13}{0}$ |
| 04 | / | $\sqrt{Q} = -9.15 + 0.583 \sqrt{P}$ | 46 | 0.79 | 0.63 | 8.69 | 2.01 | 75.5 | 4.06 | $\frac{0.08}{6}$ | $\frac{0.13}{0}$ |
| 05 | / | $Q = -2.054 + 0.1107 P$ | 12 | 0.88 | 0.77 | 5.86 | 2.23 | 34.3 | 4.96 | $\frac{0.15}{2}$ | $\frac{0.25}{5}$ |
| 06 | O | $\text{Ln}Q = -8.170 + 1.792 \text{Ln}P$ | 38 | 0.69 | 0.47 | 5.70 | 2.03 | 32.5 | 4.12 | $\frac{0.11}{2}$ | $\frac{0.14}{3}$ |
| | N | $\text{Ln}Q = -8.146 + 1.920 \text{Ln}P$ | 45 | 0.76 | 0.58 | 7.79 | 2.01 | 60.7 | 4.07 | $\frac{0.10}{9}$ | $\frac{0.13}{2}$ |
| | D | $Q = -10.619 + 0.144 P$ | 46 | 0.88 | 0.78 | 12.6 | 2.01 | 161. | 4.06 | $\frac{0.11}{4}$ | $\frac{0.13}{0}$ |
| | J | $Q = -7.89 + 0.166 P$ | 46 | 0.78 | 0.62 | 8.5 | 2.01 | 72.3 | 4.06 | 0.07 | $\frac{0.13}{0}$ |
| | M | $\sqrt{Q} = -0.902 + 0.418 \sqrt{P}$ | 46 | 0.83 | 0.68 | 9.81 | 2.01 | 96.3 | 4.06 | 0.09 | $\frac{0.13}{0}$ |
| | A | $\sqrt{Q} = -0.530 + 0.352 \sqrt{P}$ | 46 | 0.75 | 0.56 | 7.55 | 2.01 | 57.0 | 4.06 | $\frac{0.10}{3}$ | $\frac{0.13}{0}$ |
| | M | $Q = -0.9345 + 0.0839 P$ | 46 | 0.77 | 0.59 | 8.08 | 2.01 | 65.3 | 4.06 | $\frac{0.10}{4}$ | $\frac{0.13}{0}$ |
| | J | $\sqrt{Q} = 0.437 + 0.087 \sqrt{P}$ | 46 | 0.32 | $\frac{0.10}{7}$ | 2.29 | 2.01 | 5.28 | 4.06 | $\frac{0.12}{4}$ | $\frac{0.13}{0}$ |
| Reg mult | D | $Q = -16.31 + 0.03P_N + 0.14P_D$ | 46 | 0.89 | 0.80 | 13.4 | 2.02 | 89.8 | 3.22 | 0.11 | $\frac{0.13}{0}$ |
| | J | $Q = -15.52 + 0.04P_D + 0.161P_J$ | 46 | 0.85 | 0.73 | 9.68 | 2.02 | 58.3 | 3.22 | 0.06 | $\frac{0.13}{0}$ |
| | M | $Q = -6.04 + 0.003P_F + 0.16P_M$ | 46 | 0.86 | 0.74 | 11.0 | 2.02 | 62.5 | 3.22 | $\frac{0.12}{9}$ | $\frac{0.13}{0}$ |
| | M | $Q = -2.60 + 0.014P_{AV} + 0.08P_M$ | 46 | 0.80 | 0.64 | 8.35 | 2.02 | 39.2 | 3.22 | $\frac{0.10}{8}$ | $\frac{0.13}{0}$ |

N.B : m : mois ; Reg mult : régression multiple.

Une cinquième approche, qui consiste à utiliser comme variable explicative la pluie moyenne mensuelle interannuelle, a donné de bons résultats. Ceci est justifié par la taille de l'échantillon ($N = 12$) qui permet d'avoir une valeur de D_α élevée et qui facilite aussi l'ajustement. L'influence de la succession des années humides et sèches est mise en évidence par le biais de la sixième variante (pluies mensuelles annuelles) où on remarque que les modèles obtenus ne sont pas valides à l'exception de quelque mois, notamment décembre et mai. Ce qui veut dire que la relation pluie - débit à l'échelle mensuelle annuelle n'est pas linéaire. Les deux types de transformations introduites, logarithmique et racine carrée, ont pu résoudre le problème de linéarité des résidus à l'exception de quelques modèles, notamment les mois secs.

L'introduction d'une deuxième variable explicative dans le modèle de régression linéaire a augmenté les coefficients de corrélation, notamment pour les mois secs. Ainsi, elle a pu réduire la valeur de D_{obs} , qui reste toujours supérieures à la valeur critique D_α . Ceci confirme l'existence d'une relation entre les pluies du mois $i-1$ et les débits du mois i .

2.2.4 - Etude fréquentielle

Dans le but d'évaluer la crue de fréquence rare F à partir de la pluie de même fréquence F que l'on présume être à son origine, on a procédé à un ajustement graphique. On ce qui concerne le choix de la loi d'ajustement statistique, la meilleure démarche est de faire une représentation graphique de la fonction de répartition de la série étudiée et selon l'allure de la fonction on choisit la loi.

Le tableau 4 et les figures 3 et 4 résument les résultats de l'analyse fréquentielle pour les deux variantes annuelle et saisonnière. P et Q sont respectivement la pluie et le débit estimé suivant la loi d'ajustement. Le passage de la pluie P au débit Q_C se fait par les modèles de régression établis et retenus précédemment. L'ajustement graphique a montré qu'au niveau des précipitations les deux variantes suivent une loi normale tandis que les débits correspondants suivent la loi de Gumbel.

Tableau 4 : Résultats de l'analyse fréquentielle

| T (an) | F | Valeurs annuelles (V3) | | | Valeurs saisonnières (V4) | | | (Er) _a (%) | (Er) _s (%) |
|--------|--------|---------------------------|-------|----------------|------------------------------|-------|----------------|--------------------------|--------------------------|
| | | P | Q | Q _C | P | Q | Q _C | | |
| 1.001 | 0.999 | 477.2 | 5.86 | 4.96 | 354.6 | 0.68 | 3.34 | -18.14 | 79.64 |
| 1.005 | 0.995 | 603.6 | 17.00 | 15.06 | 475.1 | 11.67 | 12.65 | -12.88 | 7.74 |
| 1.010 | 0.990 | 664.9 | 22.89 | 21.35 | 533.5 | 17.47 | 18.62 | -7.21 | 6.17 |
| 1.052 | 0.950 | 832.4 | 40.95 | 42.01 | 693.1 | 35.29 | 38.40 | 2.52 | 8.10 |
| 1.110 | 0.900 | 921.7 | 52.00 | 54.72 | 778.2 | 46.19 | 50.57 | 4.97 | 8.66 |
| 1.250 | 0.800 | 1029.9 | 67.05 | 71.40 | 881.3 | 61.02 | 66.49 | 6.09 | 8.23 |
| 2.000 | 0.500 | 1236.7 | 102.4 | 106.28 | 1078.4 | 95.92 | 99.90 | 3.65 | 3.98 |
| 3.333 | 0.300 | 1365.5 | 130.3 | 129.85 | 1201.1 | 123.4 | 122.21 | -0.35 | -0.97 |
| 5.000 | 0.200 | 1443.6 | 150.0 | 144.84 | 1275.4 | 142.8 | 136.20 | -3.56 | -4.85 |
| 10.00 | 0.100 | 1551.8 | 181.5 | 166.00 | 1378.5 | 173.9 | 156.14 | -9.33 | -11.37 |
| 20.00 | 0.050 | 1641.1 | 211.8 | 183.82 | 1463.6 | 203.7 | 173.02 | -15.22 | -17.73 |
| 50.00 | 0.020 | 1741.6 | 250.9 | 204.59 | 1559.4 | 242.3 | 192.35 | -22.64 | -25.97 |
| 100.0 | 0.010 | 1808.6 | 280.2 | 218.54 | 1623.3 | 271.3 | 205.55 | -28.21 | -31.99 |
| 200.0 | 0.005 | 1869.9 | 309.5 | 231.56 | 1681.7 | 300.1 | 217.86 | -33.66 | -37.75 |
| 1000 | 0.001 | 1996.3 | 377.1 | 258.88 | 1802.1 | 366.8 | 243.3 | -45.67 | -50.76 |
| 10000 | 0.0001 | 2150.8 | 473.8 | 292.90 | 1949.3 | 462.2 | 275.16 | -61.76 | -67.97 |

(Er)_a : Erreur relative sur les valeurs annuelles.

(Er)_s : Erreur relative sur les valeurs saisonnières.

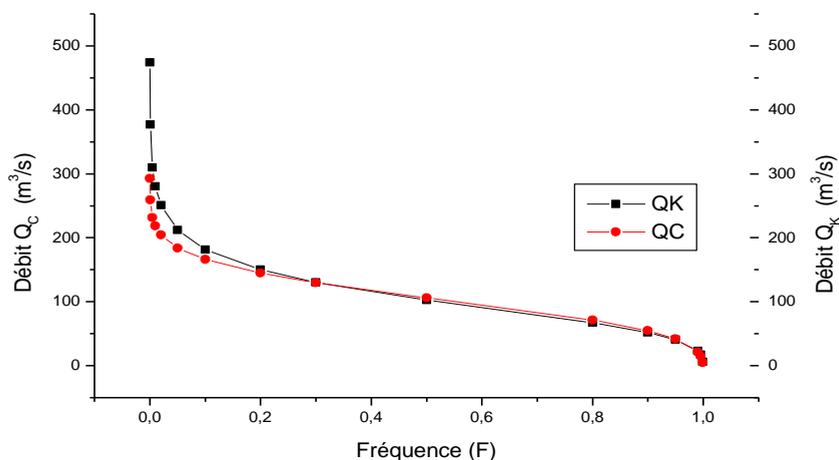


Fig.3 Comparaison des débits estimés suivant la loi d'ajustement et des débits calculés par le modèle de régression (Echelle annuelle)

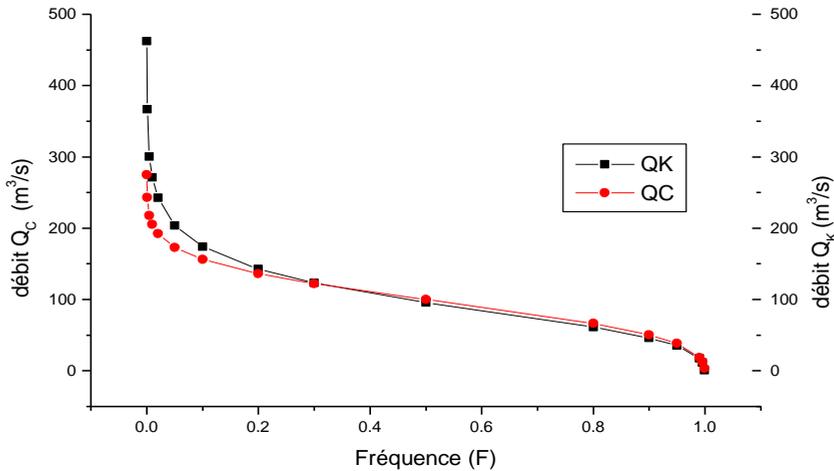


Fig. 4 : Comparaison des débits estimés suivant la loi d'ajustement et des débits calculés par le modèle de régression (échelle saisonnière).

L'analyse des résultats montre que pour des petites périodes de retour (F proche de 1), les débits calculés (Q_C) par le modèle de régression sont très comparables à ceux estimés (Q) par la loi d'ajustement statistique. Ces écarts deviennent d'autant plus importants que la période de retour augmente ; en particulier lorsque la valeur de la période de retour est très supérieure à la durée d'observation (46 ans dans notre cas).

On peut dire que le seuil de non acceptabilité des écarts est atteint dès que la valeur de T devient supérieure à la durée d'observation. Cependant, la conclusion intéressante qu'on peut tirer de cette étape de l'étude est qu'on peut associer la même période de retour d'une pluie au débit généré par celle-ci à condition de ne pas aller au-delà de la durée d'observation.

CONCLUSION

Cette étude basée sur les mesures réalisées sur trois stations pluviométriques et une station hydrométrique entre 1947 et 1992, a permis de mettre en évidence la relation directe entre les pluies et les débits de ruissellement correspondants selon trois (03) aspects :

- Etude du rapport débit-pluie : le recours au calcul de CV a permis de caractériser numériquement la dispersion du rapport débit-pluie. L'importance de la dispersion a été justifiée par l'influence de la pluie du mois précédent (P_{i-1}) sur le débit du mois (i), ainsi que les périodes de transition.

- Modélisation de la relation pluie-débit : des modèles de régression linéaires et non linéaires ont été élaborés sur les différentes variantes étudiées. La validation des modèles est notamment vérifiée par des tests statistiques. L'analyse des modèles a montré que la relation pluie-débit est d'autant plus linéaire que l'échelle de temps est grande.

- Etude fréquentielle : l'analyse des résultats a montré qu'on peut associer la même période de retour d'une pluie au débit généré par celle-ci à condition de ne pas s'écarter de la période d'observation. L'intérêt de cette conclusion réside dans le calcul des débits exceptionnels par les modèles pluie-débit où l'on associe une fréquence au débit, déduits souvent de celle de la pluie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Ghachi, A., 1986 Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie (le bassin de la seyousse). OPU Alger. 498 p.
- [2] Scherreur, B., 1984 Biostatistique Gaëtan Morin éditeur, 1984, 852p.
- [3] Réménieras, G., 1980 L'hydrologie de l'ingénieur Eyrolles. Paris. 456p.
- [4] Nemeç, J., 1974 Hydrologie opérationnelle, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 320p.
- [5] Liams, J., 1985 Hydrologie générale (principe et application). Gaëtan Morin éditeur, Canada, 487p.
- [6] Dubreuil, P., 1974 Initiation à l'analyse hydrologique , MASSON et ORSTOM , Paris , 215 p.
- [7] Arlery, R., Grisolle, H., Guilmet B., 1973 Climatologie méthodes et pratiques , Gauthier-villars ; Paris, Bruxelles, Montréal. 430p.