

APPROCHE METHODIQUE DE CARTOGRAPHIE DE L'ÉCOULEMENT MOYEN INTERANNUEL

**Adjissi Omar. Maitre assistant*

Département d'hydraulique, Université de Msila

omar_adjissi@yahoo.fr

**Pr : Ladjel Mahmoud*

Département d'hydraulique, Université de Bejaia

ladjel_mahmoud@yahoo.fr

**Laboratoire d'hydraulique appliqué et de l'environnement*

Pr : Mezenseva Olga

Université Pédagogique d'Omsk Fédération de Russie

mezolga@yandex.ru

Résumé

Les études de l'aménagement hydraulique, notamment le dimensionnement des ouvrages hydrotechniques, sont confrontées au problème de l'estimation de l'écoulement des oueds reste posé, par manque de données hydro-climatiques quantitativement et qualitativement fiable. Cette caractéristique est aussi indispensable pour l'analyse fréquentielle de l'écoulement. L'irrégularité spatio-temporaire des facteurs climatiques et de surface, rend l'estimation de l'écoulement difficile.

L'écoulement des oueds est conditionné par deux ensembles de facteurs : climatiques et physico-géographiques. Les précipitations représentent le facteur principal générateur de l'écoulement. Alors que l'évaporation représente le facteur des pertes d'eau. On considère que la superficie du bassin versant reflète l'influence résultante conjuguée de tous les autres facteurs locaux, particulièrement la capacité de drainage des eaux souterraines vers l'exutoire. Plus le bassin est grand, plus il est capable de drainer des eaux souterraines. Dans les mêmes conditions climatiques, l'écoulement des petits bassins versants dépend uniquement des facteurs superficiels. Alors que l'écoulement climatique dépend des facteurs climatiques : les précipitations et l'évapotranspiration. Une partie de l'écoulement est conditionnée par la combinaison des influences de facteurs intrazonaux et les caractéristiques morphologiques locales qu'on doit identifier et caractériser.

Notre communication présente les résultats de modélisation de l'écoulement moyen interannuel des oueds et son application à l'échelle régionale, permettant l'estimation de l'EMI pour les bassins versants non jaugés.

Mots clés : Précipitations, bassin versant, écoulement, climat, ETR.

1 – Principal problème traité

Les mesures hydrométriques sont réalisées à l'exutoire de certains grands et moyens. L'estimation de l'écoulement moyen interannuel (EMI) dans les bassins versants non jaugés pose un problème pour le dimensionnement des ouvrages hydrotechniques. Malgré l'abondance des données pluviométriques, l'établissement de la relation débit- pluie pour l'intervalle du temps annuel s'avère non linéaire, vu l'influence d'un certain nombre de facteurs climatiques et locaux. Les différentes formules utilisées, dans la pratique hydrologique, n'en tiennent pas compte et reflètent un caractère régional. Leur application est inadéquate avec la réalité climatique et physique. Ceci exige une nouvelle approche du problème d'estimation de l'EMI.

2- Objectif de la recherche

Les ressources hydriques des oueds, notamment en Algérie, se forment essentiellement par les précipitations durant la saison hivernale. Cette ressource est exprimée à travers l'écoulement moyen interannuel. Dans les grands bassins l'écoulement est égal à la somme des principaux facteurs climatiques (pluie+évaporation); par contre dans les petits et moyens bassins, l'écoulement est soumis

à l'influence prédominante des facteurs physico-géographiques locaux. Pour la même quantité de pluie, l'écoulement est proportionnel à la superficie.

On distingue 03 types de bassins versants, les petits bassins drainent la composante superficielle de l'écoulement, les bassins moyens drainent la composante superficielle et une partie de la composante de l'écoulement souterrain et les grands bassins drainent les deux composantes de l'écoulement, c'est-à-dire la totalité de l'écoulement.

Ainsi les modèles de l'estimation de l'EMI ont été élaborés pour les grands bassins; quoique l'utilisation de ces relations pour les petits et moyens bassins exige de tenir en compte l'influence des facteurs locaux qui est significative par rapport à l'influence des facteurs climatiques.

D'où, on peut considérer, que l'écoulement d'un oued est la somme d'un écoulement climatique et d'un écoulement local.

L'objectif de ce travail est de déterminer les deux composantes de l'écoulement et d'établir une approche méthodique permettant l'estimation de l'écoulement total pour les bassins non jaugés en fonction des principaux facteurs déterminants (la superficie S , l'altitude moyenne H_{moy} , la pluie P_0)

3 - Approche méthodique

L'analyse graphique de la dépendance de l'EMI mesuré à l'exutoire E_o en fonction de la pluie P_o facteur générateur de l'écoulement, pour les bassins versants examinés, a montré le non linéarité de cette relation, (fig.01). Cette figure montrée clairement l'existence de deux tendances, une parabolique pour les pluies inférieurs à 600 mm, au de la de cette valeur la tendance devenu linéaire.

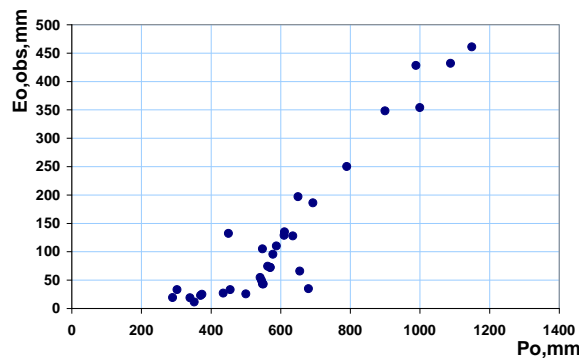


Figure 01 - Graphique de la dépendance $E_o = f(P_o)$.

D'après Voskrisensky [12], l'écoulement fluvial E_o est composé de l'écoulement superficiel $E_{o,sup}$ et d'un écoulement souterrain $E_{o,st}$, soit :

$$E_o = E_{o,sup} + kE_{o,st} \quad (1)$$

où :

E_o - Ecoulement mesuré à l'exutoire.

$E_{o,sup}$ - Ecoulement superficielle.

$E_{o,st}$ - Ecoulement souterraine.

k - coefficient exprimant l'apport des eaux souterraines, dépendant de la superficie du bassin versant.

Toute fois, à partir d'une certaine valeur de la superficie, le bassin versant draine la totalité des eaux souterraine, c'est-à-dire que le coefficient k dévient égal à l'unité ($k = 1$). Ainsi, l'équation du bilan hydrologique prend la forme suivante :

$$E_o = P_o - ETR_o \quad (2)$$

dépend des caractéristiques climatiques $E_o = f(P_o, ETR_o)$ et exprime l'écoulement climatique $E_{o,c,lim}$.

L'estimation de l'évapotranspiration moyenne interannuelle ETR_o peut être réalisée par les différents modèles, proposés par Oldékop [8], Shreiber [9], Mezntsev [7] et Boudiko [2].

L'estimation de l'ETRo est effectuée pour tous les 33 bassins versants, par les formules de ces auteurs. Nous remarquons que pour des pluies inférieures à 500 mm, les résultats sont presque les mêmes, alors qu'au-delà de cette limite, la formule d'Oldékop donne des valeurs maximales et celle de Shreiber donne les valeurs minimales. Les formules de Mezentsev et de Boudiko donnent des valeurs médianes (fig.02).

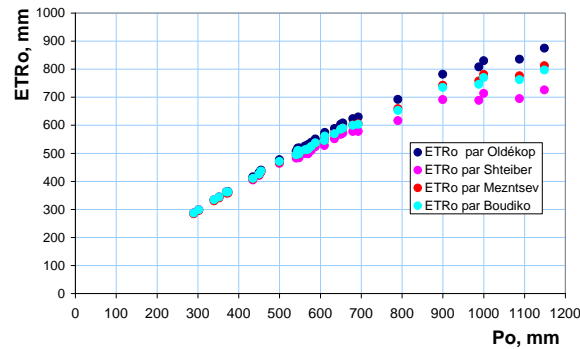


Figure 02 - Graphique de $ETR_o = f(P_o)$ par différentes formules

4 – Analyse graphique des dépendances

L'analyse graphique de la dépendance simultanée de l'écoulement E_o et l'écoulement climatique $E_{o,clim}$ en fonction de la superficie, pour les bassins versants examinés, a montré l'existence de deux zones : zones des petits et moyens bassins et zones des grands bassins. Cette limite est située approximativement à 2000 km². Les différences entre ces deux écoulements, pour les bassins versants dont les superficies sont inférieures à 2000 km², peut atteindre de grandes valeurs, alors que pour les grands bassins, ces différences tendent vers une valeur minimale (fig.03).

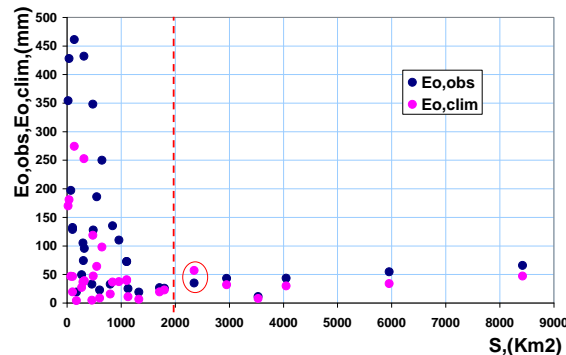


Figure 03 - Graphique de la dépendance $E_o, E_{o,clim} = f(S)$.

Nous observons qu'à l'exutoire du bassin versant de Boussellem à Magraoua, l'écoulement climatique $E_{o,clim}$ est supérieur à l'écoulement mesuré E_o . Il y a une perte d'écoulement par la voie karstique [6] (point entouré de cercle sur la figure 03).

Afin d'étudier l'écoulement des petits et moyens bassins, on doit chercher à établir une relation qui tient compte de l'influence des principaux facteurs, tels que la superficie S , l'altitude moyenne H_o , la morphologie du bassin versant qui exprimée à travers l'indice morphologique Φ , ainsi que la pluie génératrice P_o .

- L'influence des facteurs hydrogéologiques est représentée à travers la superficie du bassin S , comme étant l'indice de la composante souterraine de l'écoulement ;
- A travers l'altitude moyenne du bassin H_o , on tient compte de tous les autres facteurs physico-géographiques et climatiques qui varient conformément avec la zonalité verticale;

- L'influence due à la forme du bassin est introduite par ce qu'on appelle indice morphologique Φ qui reflète l'influence du relief sur les différents types de pertes des eaux de pluie et sur la vitesse de concentration des eaux de ruissellement vers le réseau hydrographique. Cet indice est égal au produit de la pente moyenne du bassin versant i_{bv} et de l'indice de forme $\frac{B}{l_{ce}}$, soit:

$$\Phi = i_{bv} \frac{B}{l_{ce}}, \text{ avec } l_{ce} - \text{longueur de l'oued, en km et } B - \text{largeur moyenne du bassin versant, en km [6].}$$

Pour la mise en évidence l'influence des facteurs climatiques et locaux sur l'écoulement local, nous procédons à une analyse graphique qui suit.

La figure 04 montre une forte dépendance entre l'écoulement locale spécifique par unité de surface $E_{o,loc} / S$ et la superficie du bassin versant S , avec un coefficient de corrélation $r = 0,93$.

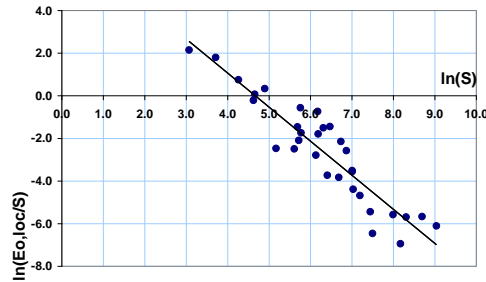


Figure 04 - Graphique de la dépendance $\ln\left(\frac{E_{o,loc}}{S}\right) = f(\ln(S))$.

La figure 05 montre une dépendance appréciable entre l'écoulement locale spécifique par unité de pluie génératrice $E_{o,loc} / P_o$ et la pluie génératrice P_o , avec un coefficient de corrélation $r = 0,57$.

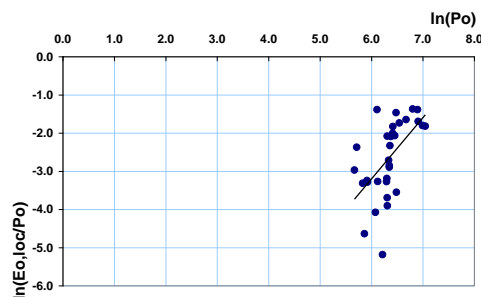


Figure 05 - Graphique de la dépendance $\ln\left(\frac{E_{o,loc}}{P_o}\right) = f(\ln(P_o))$.

La figure 06 montre une dépendance claire et nette entre l'écoulement locale spécifique par unité d'indice morphologique $E_{o,loc} / \Phi$ et l'indice morphologique du bassin versant Φ , avec un coefficient de corrélation $r = 0,42$.

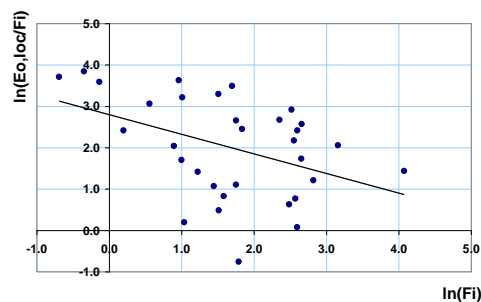


Figure 06 - Graphique de la dépendance $\ln\left(\frac{E_{o,loc}}{\Phi}\right) = f(\ln(\Phi))$.

La figure 07 montre une significative dépendance entre l'écoulement locale spécifique par unité d'altitude $E_{o,loc}/H_o$ et l'altitude moyenne du bassin versant H_o , avec un coefficient de corrélation $r = 0,76$.

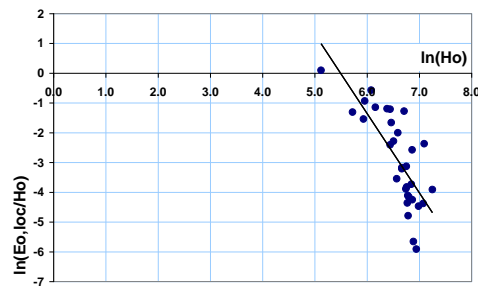


Figure 07 - Graphique de la dépendance $\ln\left(\frac{E_{o,loc}}{H_o}\right) = f(\ln(H_o))$.

Sur la base de l'analyse graphique, on exprime la dépendance $E_{o,loc} = f(P_o, S, H, \Phi)$ comme suit :

$$E_{o,loc} = C_{loc} \frac{P_o^{2.60}}{S^{0.599}} \frac{\Phi^{0.526}}{H_o^{1.662}} \quad (3)$$

Avec C_{loc} coefficient de l'écoulement local, intégrant l'influence conjuguée des facteurs locaux non mesurables, tels que le type de sol, la végétation, etc....

Les valeurs du coefficient C_{loc} varient dans un large intervalle, allant de 0,0121 à 15,59. La prise en charge dans la pratique faite l'objet d'une alternative, soit on prend sa valeur moyenne si il est distribué normalement et vérifie le critère de Gauss $\frac{\sigma}{\rho} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,25$. Sinon, on cherche sa relation avec les coordonnées géographiques.

Le critère de Gauss est exprimé comme étant le rapport entre l'écart type σ et l'écart arithmétique moyen ρ . La valeur numérique $\frac{\sigma}{\rho} = 1,22$ diffère de la valeur du critère. D'où, nous ne pouvons pas prendre une valeur moyenne pour tous les bassins versants.

Par ailleurs, le coefficient C_{loc} s'avère dépendant de la latitude Y^o (fig.08). Ceci permet sa cartographie.

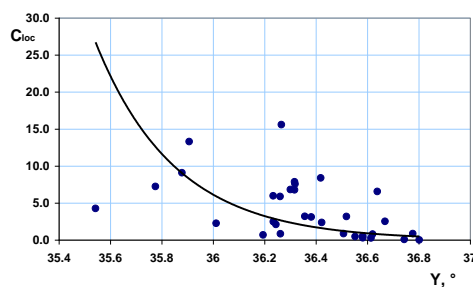


Figure 08 - Graphique de la dépendance $C_{loc} = f(\ln(Y^o))$.

Nous proposons un projet de la carte du coefficient C_{loc} (fig.09).

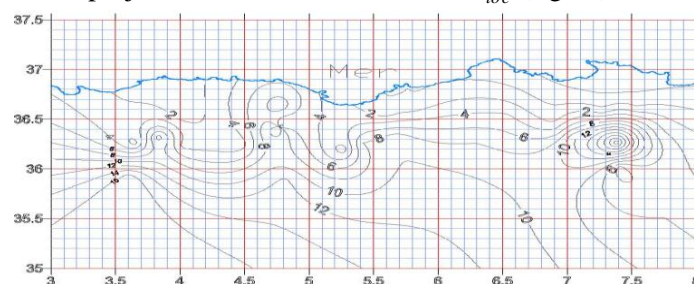


Figure 09 - Carte du coefficient C_{loc} .

5 – Conclusion et perspectives

L'écoulement des oueds E_o est composé d'un écoulement climatique $E_{o, clim}$ et d'un écoulement local $E_{o, loc}$. Le rôle de l'écoulement local est significatif au niveau des petits et moyens bassins versants. L'écoulement des grands bassins versants est très proche de l'écoulement climatique. Pour quantifier l'écoulement local $E_{o, loc}$ des petits et moyens bassins, nous avons établi une relation qui tient compte de l'influence des principaux facteurs, tels que la superficie S , l'altitude moyenne H_o , la morphologie du bassin versant qui exprimée à travers l'indice morphologique Φ , ainsi que la pluie génératrice P_o . Sur la base de l'analyse graphique, on exprime la dépendance

$$E_{o, loc} = f(P_o, S, H, \Phi) \text{ comme suit : } E_{o, loc} = C_{loc} \frac{P_o^{2.60} \Phi^{0.526}}{S^{0.599} H_o^{1.662}}. \text{ Avec } C_{loc} \text{ coefficient de l'écoulement}$$

local, intégrant l'influence conjuguée des facteurs locaux non mesurables, tels que le type de sol, la végétation, etc.... Connaissant la valeur du coefficient de l'écoulement local C_{loc} , l'estimation de l'écoulement local permet l'estimation de l'écoulement total au niveau des bassins non jaugés. Il serait intéressant de faire cette analyse séparément pour les petits et moyens bassins versants.

1- Références

- [1] **Boutoutaou. D, Illintch V.V, Rezoug L.** 2003. Détermination du ruissellement annuel des cours d'eau de l'Algérie. Sciences agronomiques p 31- 32. Moscou.
- [2] Budyko, M.I. : Le climat et la vie, Gidrometeor. Izdat., Leningrad. Trans. By D.H Miller as climate and life, Academic press, New York, 1974.
- [3] - **GOPTCHENKO E.D., GOUCHLIA A.V.,** 1989 ‘‘Hydrologie d'amélioration agricole’’, Guidrométéoizdat.
- [4] - **LADJEL** Mahmoud, Estimation de la ressource hydrique superficielle. *Séminaire National sur les ressources en eau, 23 et 24 novembre 1999, Mascara.*
- [5] - **LADJEL** Mahmoud, **ADJISSI** Omar, Application des modèles climatiques globaux pour l'estimation de l'écoulement moyen interannuel du bassin de la Seybouse. *SNHC08, Université Hassiba Benbouali de Chlef.2008.*
- [6] - **LADJEL** Mahmoud, *Écoulement dans les zones arides et semis-arides- Détection de l'influence du karst. (SNEEZA2015), 19-20 avril 2015, Ouargla.*
- [7] - Mezentsev V. S . Calculs du bilan hydrique. Omsk , 1976.
- [8] - Oldekop, E.M. : 1911, Sur l'évaporation de la surface des bassins fluviaux,(On evaporation from the surface of river basins), Trans. Meteorol.Observ.Iurevskovo.Univ,Tartu,4
- [9] - Schreiber, P.: 1904, «Sur les relations entre les niveaux des rivières en Europe centrale de l'eau des précipitations et », Z. Météorologiste. 21 (10).
- [10] - Sokolovsky D.L. L'écoulement fluvial. Hydrometeoizdat, Leningrad, 1968. 527 p
- [11] **Turc, L, (1954-1955).** Le bilan d'eau des sols: relation entre les précipitations, L'évaporation et l'écoulement. 3e journées de l'Hydraulique, Alger. pp 36 - 43.
- [12] - **VOSKRESENSKY K.P,** 1951 ‘‘ L'écoulement des rivières et des cours d'eau temporaires du territoire steppiques et de la zone steppique de la partie européenne de l'URSS. Travaux de GGI, édition 29 (83).