



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



Déficit d'écoulement sur les Hauts Plateaux Sétifiens. Méthodes de Coutagne et de Turc Flow deficit on the High Setif plateaus. Coutagne and Turc methods

Houria Chennafi

Department of Agronomic Sciences, Faculty of Nature and Life Sciences. Ferhat Abbas University, Sétif-1, 19000. Algeria

Auteur correspondant: hchenafi@yahoo.fr

ARTICLE INFO

Reçu : 07-12-2106

Accepté : 31-12-2016

Mots clés :

Déficit d'écoulement, année sèche, lame d'eau, modèle, flux

Key words :

Flow deficit, dry year, water blade, model, flux

RÉSUMÉ

Le déficit d'écoulement (D) représente une caractéristique hydrobioclimatique. Il est évalué sur une période de 34 années. Le principe de calcul est fondé sur les modèles élaborés par Coutagne et par Turc. Les résultats moyens annuels indiquent que le cumul pluviométrique (P) est de 386.4 mm déterminant un déficit d'écoulement de 334.6 mm. L'équation de Coutagne révèle que D est de 341.2 mm. Le modèle de Turc prend un écart relatif moyen de 8%. Toutefois, la valeur de P= 369,6mm représente le seuil au dessous duquel l'année est considérée sèche. Le bilan des flux d'eau engendre une lame d'eau écoulée estimée à 48.0 mm.

ABSTRACT

The flow deficit (D) represents an hydrobioclimatic characteristic. It is evaluated over a period of 34 years. The principle is based on models developed by Coutagne and Turc. The mean annual results indicate that cumulative rainfall (P) is 386.4 mm determining a flow deficit of 334.6 mm. Coutagne's equation reveals that D is 341.2 mm. Turc model takes an average relative difference of 8%. However, the value of P = 369.6mm represents the threshold below which the year is considered dry. Hydrological water balance generates 48.0mm of water flow.

Introduction

Le déficit d'écoulement est une composante du cycle de l'eau. Les différents réservoirs du cycle sont décrits par l'équation: $P = Q + ET + \Delta R$, P= Précipitations, Q= Ruissèlement et écoulement souterrain, ET= évapotranspiration, ΔR = Variation des réserves d'eau (Gilly et al., 2008). En effet, le concept de bilan d'un système hydrologique représente la balance comptable des entrées et des sorties des flux d'eau. Castany (1982) les assimile aux recettes et aux dépenses, et elles représentent les débits moyens des apports et des écoulements. Sur une période d'observation de longue durée, la variation du stock est négligée. Guyot (1999) évoque la notion de période climatique de référence, sur laquelle sont définies et quantifiées les caractéristiques du climat moyen et sa variabilité. En effet, l'homogénéité et la continuité des séries chronologiques des observations météorologiques sont fondamentales. Dix années représentent la durée minimale de l'historique des mesures (Castany, 1982).

Ces éléments définissent la base de faisabilité des études agroclimatologiques. Effectivement, ils assurent l'analyse des interactions entre les composantes du climat, la productivité des cultures et le comportement des agroécosystèmes. Toutefois, l'eau reste la base du raisonnement, elle consolide le développement. Ainsi, l'évaluation de la ressource en eau dans le système hydrologique se modèle en fonction de l'estimation du débit d'écoulement. Elle est décrite à travers son flux intégrant les volumes et ses variations. Musy et Higy (2004) mentionnent que cette conception est révélée par l'équation de conservation de la masse d'eau

énoncée dans le système entre deux repères temporels. La précipitation, le débit d'écoulement et l'évapotranspiration représentent le flux moyen (Musy et Higy, 2004). Pour chiffrer les pertes hydrologiques d'un bassin versant, Coutagne (1935) introduit la notion dite fondamentale de déficit d'écoulement. Il est exprimé par la différence entre les indices pluviométrique et d'écoulement. Ce paramètre décrit le comportement du système hydrologique. C'est dans ce contexte que s'intègre l'objectif de cette étude.

2. Matériel et méthodes

2.1. Expression du déficit d'écoulement

Le déficit d'écoulement moyen annuel (D , mm) d'un bassin versant est déterminé par le modèle décrit par Réméniéras (1980).

$$D = P - Q \quad (1)$$

D = Déficit d'écoulement (mm), P = Hauteur moyenne annuelle des précipitations tombées sur un bassin versant (mm) et Q = Hauteur moyenne annuelle de la lame d'eau écoulée (mm).

2.2. Modèle de Coutagne

Le déficit d'écoulement se déduit de la hauteur moyenne annuelle des précipitations et de la température. Le modèle (1) fondé par Coutagne, est défini par Réméniéras (1980) par les équations (2, 3 et 4).

$$D = P - \lambda P^2 \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T} \quad (3)$$

Musy et Higy (2004) indiquent que la relation s'applique dans les conditions où la précipitation appartient au domaine (Equation 4).

$$P \in \left[\frac{1}{8\lambda} \quad \text{et} \quad \frac{1}{8\lambda} \right] \quad (4)$$

2.3. Modèle de Turc

C'est une méthode empirique de calcul du déficit d'écoulement en fonction de la précipitation et de la température annuelles [équations (5), (6)] (Réméniéras, 1980; Musy et Higy, 2004).

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (5)$$

D = déficit d'écoulement, P = module pluviométrique annuel. Le paramètre L est formulé par l'expression (6).

$$L = 300 + 25T + 0.05T^2 \quad (6)$$

T = Température moyenne annuelle (°C) de l'air sous abris

2.4. Expression mathématique du bilan de l'eau

2.4.1. La lame d'eau écoulée (Q , mm)

Le bilan hydrique est formulé par l'équation de conservation. Le calcul du volume total de la lame d'eau écoulée est indiqué par l'équation (7).

$$Q = P - D \quad (7)$$

2.4.2. La précipitation effective (PE , mm)

La précipitation efficace (PE) est similaire à Q (Gilli et al., 2008) [équations (8)].

$$PE = Q \quad (8)$$

3. Résultats

Précipitations

Sur la période étudiée, le régime pluviométrique se caractérise par une moyenne annuelle de 402,7mm. La médiane est de 403.0mm. Toutefois, la série se distingue par 75% des valeurs dont le seuil de précipitations est inférieur à 430,4mm.

Déficit d'écoulement

Les résultats du déficit d'écoulement moyen annuel (D) décrit par l'équation de Coutagne, indiquent qu'au cours de la période de 1981 à 2014, l'année 2003 se distingue par la plus forte valeur avec 462.0mm. Cependant, il se réduit à 186.0 mm pour l'année 1983. Par contre pour les mêmes années, l'équation de Turc reflète des valeurs seuils de 487.2 mm et de 203.8 mm (Figure 1).. Toutefois, la valeur moyenne annuelle caractéristique de la région des hauts Plateaux Sétifiens est estimée à 355.0 mm et l'écart entre les valeurs seuils est de 280.0mm. La variation du déficit d'écoulement estimé par Coutagne est expliqué par la variation de celui de Turc, évaluée par le coefficient de détermination $R^2= 0.997$ (Figure 2).

En fonction des précipitations, les résultats indiquent que le déficit d'écoulement plafonne pour un cumul de précipitations maximal. Par contre, il se réduit pour la plus faible valeur. Le déficit d'écoulement moyen annuel représente 88.2% de la lame d'eau précipitée. Toutefois, les valeurs moyennes annuelles des paramètres de position révèlent que 75% des valeurs sont supérieures à 336.6 mm. La valeur médiane est de 359.7mm. Néanmoins, 25% des données de la série prennent un seuil dépassant 376.4mm

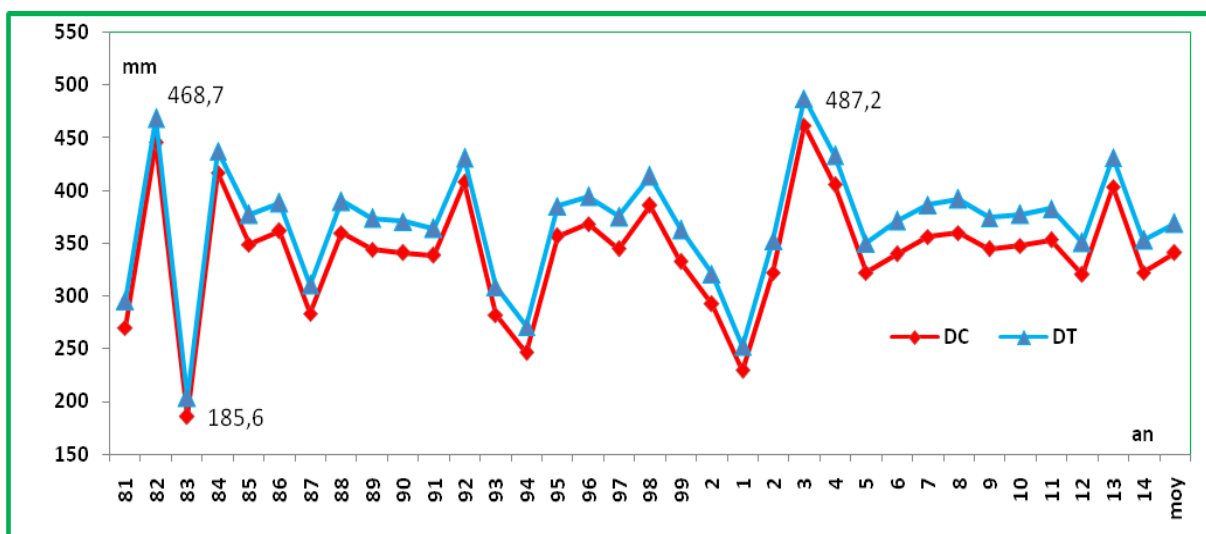


Figure 1. Déficit d'écoulement moyen [Coutagne (DC), Turc (DT)].

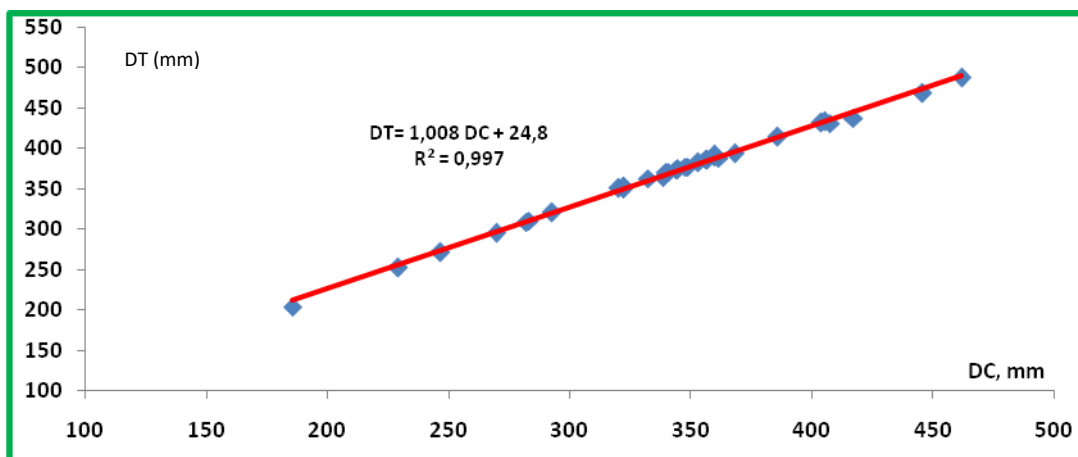


Figure 2. Relations entre déficits d'écoulement (DT et DC)

Lame d'eau écoulée

La hauteur moyenne annuelle du volume total d'eau débité est de 48.0mm. Elle varie de 5.4 mm à 110.3m. L'écart moyen est de 27,8 mm entre les débits de Coutagne et de Turc (Figure 3). La lame d'eau écoulée représente 12% de la hauteur d'eau précipitée. Toutefois, 50% prennent une valeur de moins de 45.0mm et 25% peuvent atteindre plus de 54.0mm (Figure 4).

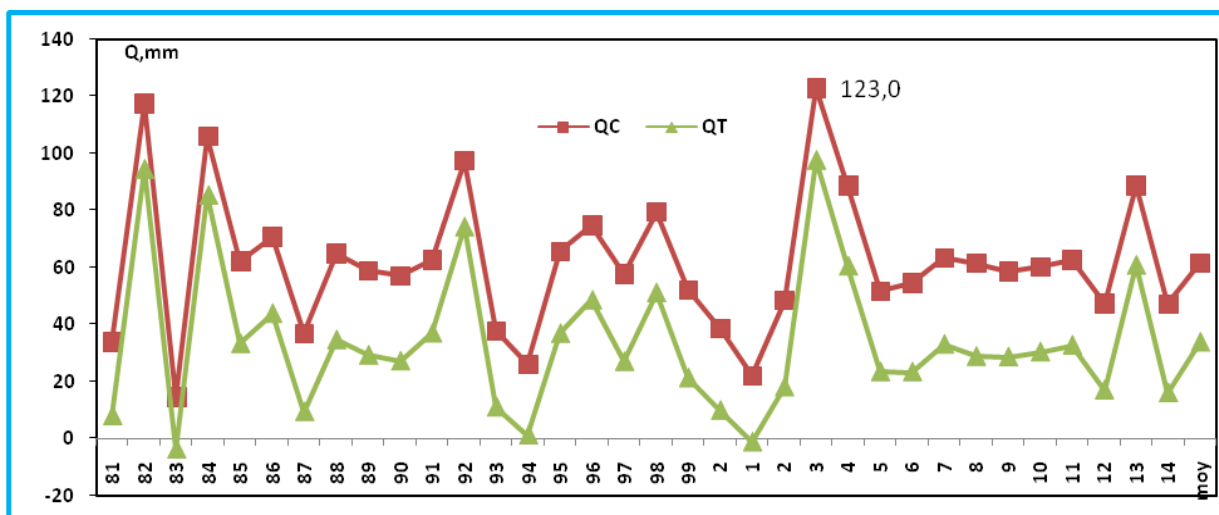


Figure 3. Hauteur moyenne annuelle de la lame d'eau écoulee (Q, mm)

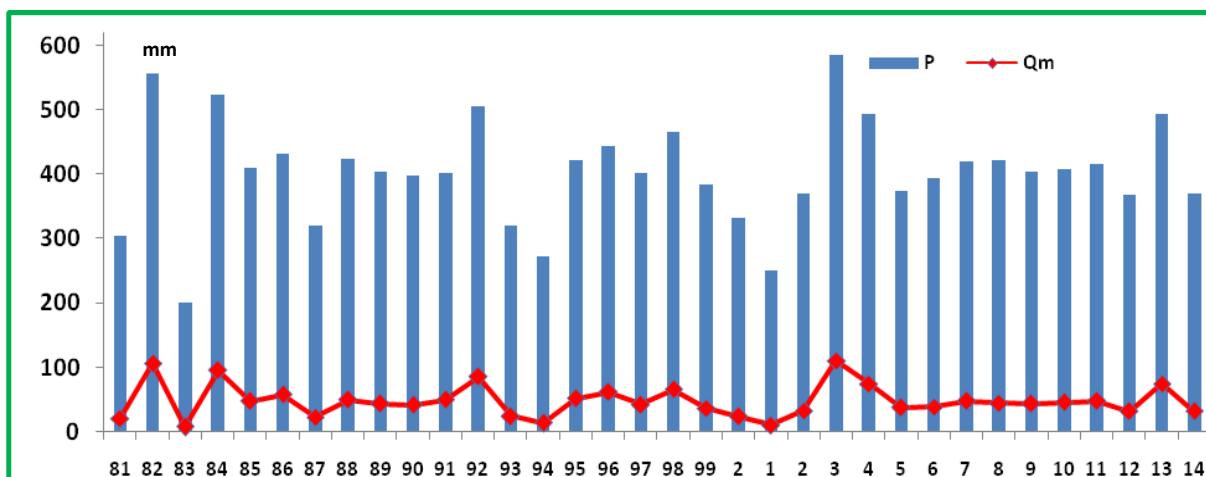


Figure 4. Précipitations et débit moyens annuels

Discussion

Le déficit d'écoulement moyen annuel est un paramètre qui s'intègre dans la formulation du bilan des flux d'eau pour caractériser le système hydrologique. L'utilisation des équations de Coutagne et de Turc révèle que la valeur de D est similaire à des travaux caractéristiques du milieu méditerranéen (Coutagne, 1954; Musy et Higy, 2004; Belhassan et *al.*, 2010). Comparativement à la méthode de Coutagne, le déficit d'écoulement calculé par Turc prend 8% de différence. Toutefois, il y'a un système de compensation entre les variable du bilan. Par ailleurs, la mesure de variations du déficit d'écoulement estimé par Turc et par Coutagne est évaluée par le coefficient de détermination $R^2 = 0.997$. Ce résultat met en évidence le lien très étroit des deux méthodes.

Le déficit d'écoulement moyen représente 88.2% de la hauteur d'eau précipitée sur les Hauts Plateaux Sétifiens. Des résultats similaires ont été mentionnés (Belhassan et *al.*, 2010; Hamenni, 2011). Dénommé déficit d'écoulement fictif (Coutagne, 1954), le déficit d'écoulement prend la dimension de déficit hydrique (Musy et Higy, 2004). Sa formulation est exprimée par la différence entre l'évaporation potentielle et le déficit agricole (Réméniéras, 1980).

Toutefois, les fluctuations du déficit d'écoulement sont fonction des années. En revanche, la caractérisation de l'intervalle de variation de cette composante est indiquée par les paramètres de dispersion. Ainsi, l'année sèche a un niveau qui est dépassé 3 années sur 4, il correspond au quartile inférieur et se distingue par un cumul de précipitations de 369.6mm. La probabilité de l'occurrence de l'avènement est de 25%. Par contre son dépassement est de 75%. Le déficit d'écoulement correspondant à ce seuil est de 336.6mm.

L'année dite normale correspond au second quartile. Dans ce cas, le niveau des précipitations est atteint une année sur deux. Par conséquent l'année se distingue par une probabilité de 50% pour accumuler 403,0mm. Le

déficit d'écoulement acquiert une valeur supérieure à celle de Q_1 . L'année dite favorable est celle qui reçoit un cumul de précipitation de 430.4mm, il est atteint une année sur quatre. Ainsi, elle correspond au 3^{ème} quartile, D est plus marqué que dans le cas de Q_2 , avec 376,4mm. La probabilité de dépassement est de 25%. A ce niveau correspond une lame d'eau écoulée de 54mm.

Cependant, le seuil de l'année dite moyenne constitue un repère d'évaluation du déficit hydrique. En effet, une année dont la pluviométrie est inférieure à la moyenne annuelle est systématiquement considérée une année dite de sécheresse (Yaccoubi et El Mourid, 1998). Des résultats et des suggestions similaires ont été mentionnées (Chennafi, 2007; Chennafi, 2012). Les écosystèmes sont fragiles en zone semi-aride et lors des avènements de sécheresses considérées fréquentes et prolongées, la croissance des plantes se pénalise (Raven *et al.*, 2011).

La précipitation est le point de départ du cycle hydrologique (Ancil et *al.*, 2012). Les résultats indiquent que les déficits d'écoulement par Coutagne et par Turc représentent respectivement 84.7% et 91.6% de la hauteur d'eau précipitée. Le déficit d'écoulement exprimé en fonction de la précipitation génère une expression exponentielle. Cette indication est révélée par Réméniéras (1980). En effet, le déficit d'écoulement croît avec l'augmentation de la précipitation. La lame d'eau écoulée sur le bassin versant est dépendante de la variation de la hauteur d'eau précipitée et du déficit d'écoulement. Le niveau du débit d'écoulement corrobore les résultats indiqués dans la littérature (Girard, 1975; Hamenni 2011).

La précipitation efficace (PE, mm) est similaire à la lame d'eau écoulée ($PE = Q$) (Gilli et *al.*, 2008). PE prend aussi la dénomination de pluie effective (Réméniéras, 1980). C'est la quantité d'eau qui reste disponible pour alimenter le ruissèlement. Elle est équivalente au débit d'écoulement Q, y compris l'infiltration (Castany, 1982; Gilli et *al.*, 2008).

Conclusion

Le système hydrologique de l'environnement des Hauts Plateaux Sétifiens est caractérisé par les variables hydrobioclimatiques. En effet, le déficit d'écoulement effectif moyen annuel est de 355.0mm. Il représente 88.2% de la hauteur d'eau précipitée. C'est l'énoncé de l'ampleur de la demande climatique régie par le pouvoir évaporant de l'atmosphère dans cette région semi-aride. Par ailleurs, la synthèse des résultats révèle que lorsque le cumul moyen annuel des précipitations est inférieur à 369.6mm, l'année est considérée sèche. La lame d'eau écoulée similaire à la précipitation effective, varie de 48.0mm à 110mm. Le repère de la dynamique du système hydrologique représente un outil de gestion des ressources naturelles et du milieu agroenvironnemental. Toutefois, la caractérisation doit être plus étendue pour une appréciation plus fondée.

Références Bibliographiques

- Ancil F., Rousselle J. & Lauzon N. Hydrologie. Cheminement de l'eau. 2^e. Ed. PIP., Québec, 2012, 391p.
- Belhassan K., Hessane M.A. & Essahlaoui A. Interactions eaux de surface-eaux souterraines: bassin versant de l'Oued Mikkes (Maroc). *Hydrological Sciences Journal*, 2010 (55): 1371-1384
- Castany G. Hydrogéologie. Principes et méthodes. Ed. DUNO., Paris, 1982, 236 p.
- Chennafi H. Decadal evaluation of durum wheat water requirements to improve rainfed agriculture under semi-Arid conditions. *Energy Procedia*, 2012 (18): 896-904
- Coutagne A. Le déficit d'écoulement et l'évaporation dans la région lyonnaise. In: *Les Études Rhodaniennes*, 1935 (11): 359-366.
- Girard G. Les modèles hydrologiques pour l'évaluation de la lame écoulée en zone sahélienne et leurs contraintes. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, 1975 (12) : 189- 221
- Gilli E., Mangan C. & Mudry J. Hydrogéologie, objets, méthodes, applications. 2^e. Ed. DUNO., 2008, 352p.
- Hamenni N. Etude des ressources en eau du bassin versant de la Soumam par l'utilisation du sig, *Mémoire Magister. ENSA*, 2011, 153p.
- Guyot G. Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés. 2^e. Ed. DUNOD, Paris, 1999, 525p.
- Musy A. & Higy C. Hydrologie. Une science de la nature. Ed. PPUR, 2004, 236p.
- Réméniéras G. *L'hydrologie de l'ingénieur*. Ed. Eyrolles, Paris, 1980, 436p.
- Yacoubi M. & El Mourid M. Typologie de la sécheresse et recherche d'indicateurs d'alerte en climat semi-aride marocain. *Revue sécheresse*, 1998 (9): 269-76.
- Raven P.H., Berg L.R. & Hassenzahli D.M. Environnement. 8^e. Ed. Boeck, Bruxelles, 2011, 687p.