

Exercice n° HA 0701 - Corrigé

Analyse des étiages pour l'Arbogne et la Broye (VD, Suisse) en vue d'un prélèvement d'eau pour l'irrigation - Estimation du débit d'étiage caractéristique Q_{347}

Données de l'exercice :

Les débits moyens journaliers de la Broye et de l'Arbogne se trouvent dans le fichier Excel « HA0701_enonce.xls ». La définition des valeurs du débit résiduel minimal en fonction du Q_{347} selon la loi de protection des eaux (LEaux) suisse se trouvent dans la Figure 1 – énoncé. Le corrigé de l'exercice se trouve également dans un document Excel « HA0701_corrige.xls ».

Question 1. Construction de la courbe des débits classés et estimation de Q_{347} pour la Broye

⊙ Méthode à appliquer : Construction de la courbe des débits classés par la méthode globale sur une longue période

La courbe des débits classés représente le nombre de jours (ou le pourcentage du temps) durant lesquels la valeur du débit moyen journalier Q , figurant en ordonnée, a été atteinte ou dépassée.

Les débits journaliers observés sur les n années traitées sont classés par ordre décroissant. Pour un débit Q , la fréquence annuelle est donnée par le rapport $(x/n) \times 365$, la grandeur x correspond au nombre de jours pendant les n années où ce débit Q a été dépassé (c.a.d. le rang).

De cette courbe il est facile de déterminer le débit Q_{347} (ou $Q_{95\%}$) qui n'est autre que le débit atteint ou dépassé, en moyenne, pendant 347 jours par an (soit 95% du temps).

⊙ Démarche et résultats : On choisit de représenter le nombre de jour durant lesquels la valeur du débit moyen journalier Q en ordonnée a été atteinte ou dépassée (et non le % du temps).

Etape 1 : Nombre de données de débits moyens journaliers. $N= 8035$ (21 années de mesures)

Etape 2 : Classer les données par ordre décroissant et donner un rang r à chaque valeur.

Etape 3 : Calcul de la fréquence annuelle pour chaque débit Q .

$$f_r = \frac{r}{N} \times 365$$

avec

f_r : fréquence annuelle
r :rang
N : Nombre de données de débits moyens journaliers

Etape 4 : Représentation graphique de la courbe des débits classés (figure 1).

Etape 5 : Déterminer le débit Q_{347} à partir de la courbe des débits classés de la Broye. On obtient un Q_{347} moyen d'environ **1.57** m³/s.

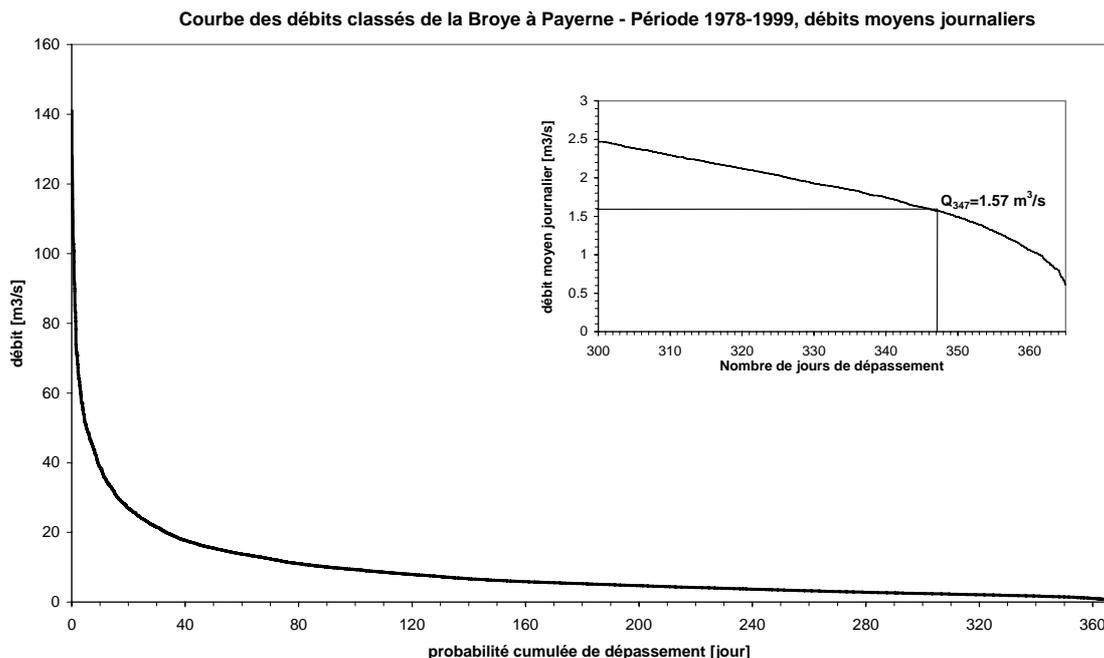


Figure 1. Courbe des débits classés (méthode globale) et débits caractéristiques d'étiage.

Question 2. Estimation de Q_{347} pour l'Arbogne

☉ Méthode à appliquer : Méthode de détermination du Q_{347} - Pratique vaudoise

Ne disposant que de 6 années de mesures pour l'Arbogne (1993-1999) alors qu'une dizaine est le minimum recommandé par le Service Hydrologique et Géologique National, il n'est pas possible d'établir la courbe des débits classés pour ce bassin. Dans cette situation, les débits d'étiage peuvent alors être déterminés par comparaison à un bassin versant voisin présentant les mêmes caractéristiques physiques, climatiques et hydrologiques. Le Service des Eaux et de la Protection de l'Environnement (SEPE) du canton de Vaud s'est appuyé sur ce principe pour mettre au point une **méthode analogique** pour la détermination du Q_{347} .

Le débit atteint ou dépassé en moyenne 347 jours par an Q_{347} s'obtient par la formule suivante :

$$Q_{347}(bv2) = Q_x(bv2) \cdot \left(\frac{Q_{347}(bv1)}{Q_x(bv1)} \right)$$

$Q_{347}(bv2)$: Q_{347} du bassin versant dont le cours d'eau est non jaugé, en $[m^3/s]$

$Q_x(bv2)$: débit de probabilité cumulée de dépassement x du bassin versant dont le cours d'eau est non jaugé, en $[m^3/s]$

$Q_{347}(bv1)$: Q_{347} du bassin versant dont le cours d'eau est jaugé, en $[m^3/s]$

$Q_x(bv1)$: débit de probabilité cumulée de dépassement x du bassin versant dont le cours d'eau est jaugé, en $[m^3/s]$

L'utilisation de la formule proposée le canton de Vaud nécessite la connaissance :

- du débit atteint ou dépassé en moyenne 347 jours par an pour un bassin versant ayant dix ans au-moins de mesures et situé à proximité du cours d'eau étudié ; dans le cadre de cet exercice le bassin de référence est celui de la Broye dont le Q_{347} est estimé à partir de la courbe des débits classés.
- d'une mesure concomitante de débits pour les deux bassins, avec comme contrainte que les débits aient une probabilité cumulée de dépassement égale ou supérieure à 300 jours par an.

⊙ Démarche et résultats :

Etape 1 : Choix de mesures concomitantes. D'après la courbe des débits classés de la Broye, le débit de probabilité cumulée de dépassement égale ou supérieure à 300 jours par an Q_{300} est d'environ $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$. On choisit donc les jours pour lesquels le débit moyen journalier de la Broye est inférieur à cette valeur. On a 378 couples de débits concomitants Broye/Arbogne.

Etape 2 : Pour chaque couple de débits, le débit Q_{347} s'obtient par l'équation ci-dessus. On obtient une série d'estimations du Q_{347} de l'Arbogne entre 0.12 et $0.62 \text{ m}^3/\text{s}$ à l'aide des 378 mesures concomitantes de débits ; il est possible d'en prendre la moyenne pour ne retenir qu'une valeur ($0.25 \text{ m}^3/\text{s}$).

Question 3. Possibilité de prélèvement au mois d'août ?

⊙ Méthode à appliquer : Article de la loi (LEaux) sur les valeurs de débits résiduels minimaux à respecter lors de prélèvements.

Un article de la loi sur la protection des eaux en Suisse (LEaux) fournit les valeurs **seuils** de débits résiduels minimaux à respecter lors de prélèvements à partir du débit Q_{347} (cf. figure 2).

Attention les débits sont en l/s !

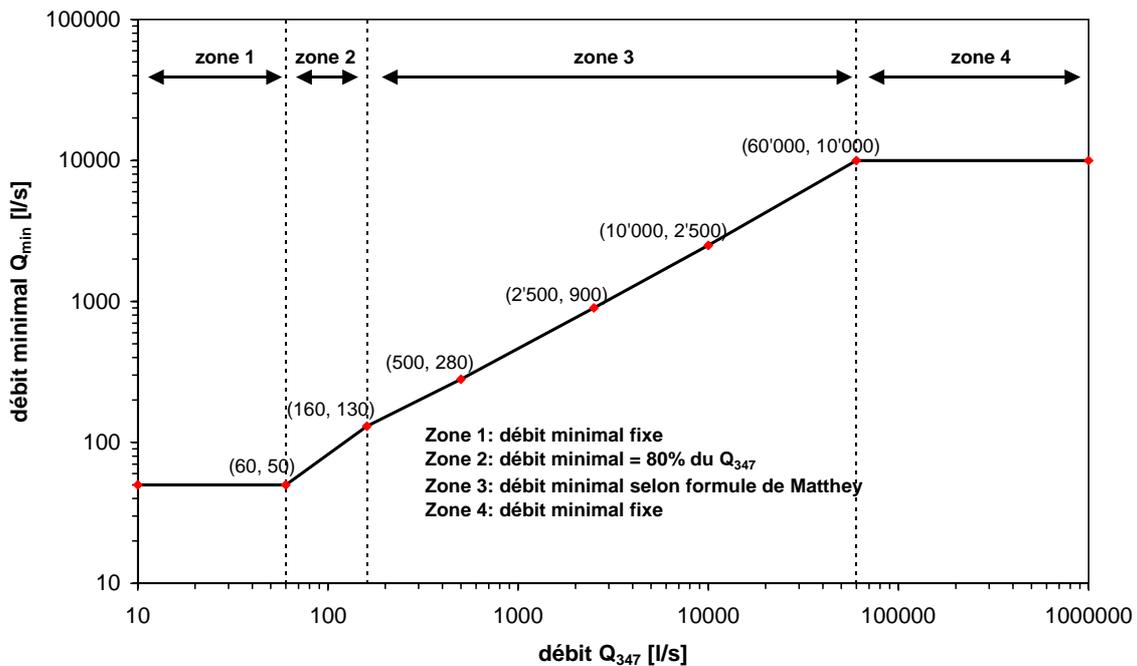


Figure 2 : Définition des valeurs du débit résiduel minimal en fonction du Q_{347}

⊙ Résultats :

La valeur des débits Q_{347} de la Broye ($1.57 \text{ m}^3/\text{s}$) et de l'Arbogne ($0.25 \text{ m}^3/\text{s}$) se situe dans la zone 3 de la figure 2 ; de ce fait le débit minimal à garantir est pour la Broye de **$0.61 \text{ m}^3/\text{s}$** et de **$0.17 \text{ m}^3/\text{s}$** pour l'Arbogne.

Pour statuer sur la possibilité de prélever de l'eau pour l'irrigation, l'étude du régime des deux cours d'eau et de leurs débits moyens mensuels inter-annuels doit être faite. Par exemple, pour l'Arbogne, le débit moyen mensuel sur la période 1993-1998 est de $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$. Selon la LEaux, le débit de prélèvement minimal moyen possible est donc de $0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ pour le mois d'août.

Mais cette procédure ne rend pas compte des variations inter-annuelles qui peuvent être importantes et peut amener à de grave conséquence écologique lors de période particulièrement sèche.

En effet, comme le montre la figure 3, les débits moyens journaliers enregistrés pour la Broye à Payerne et l'Arbogne sont en dessous de leur seuil respectif pour le mois d'août 1998 qui semble être une année particulièrement sèche dans cette région. Selon la LEaux, aucun débit n'aurait pu être soutiré aux deux cours d'eau et servir à l'irrigation.

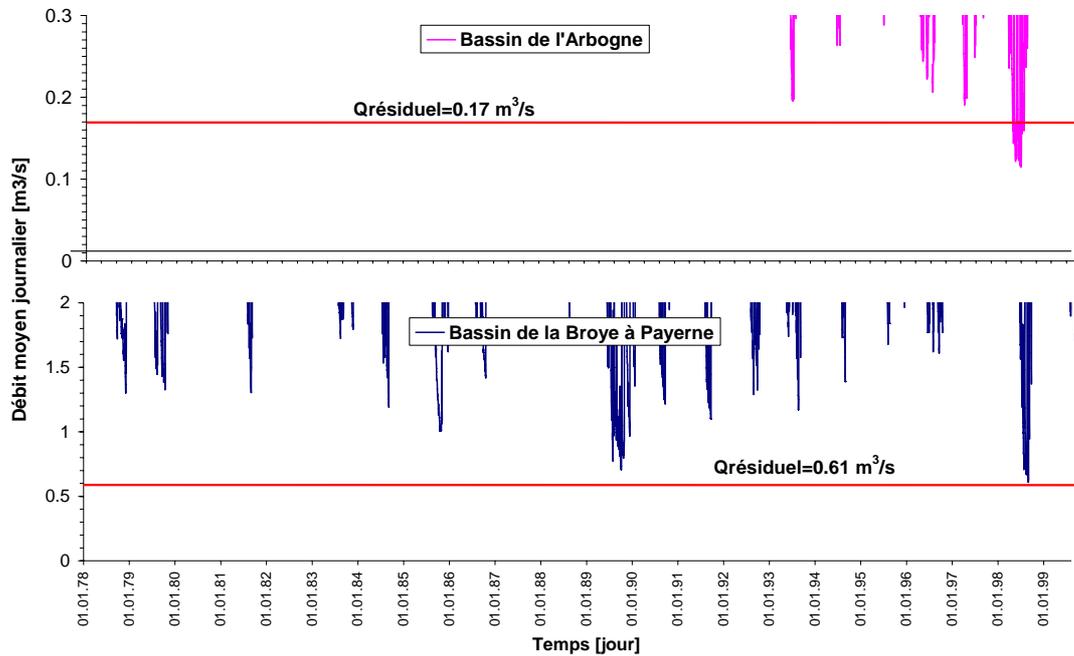


Figure 3 : Débits moyens journaliers enregistrés pour la Broye à Payerne (entre 1978 et 1999) et l'Arbogne (entre 1993 et 1998) - Débit minimal à garantir selon la LEaux.