



*Laboratoire d'Etudes des climats, des Ressources en eau et de la
Dynamique des Ecosystèmes, Université d'Abomey-Calavi*

Dynamique de la mousson ouest africaine, régime hydrologique et gestion de l'eau dans le bassin supérieur de l'Ouémé

Par

TOTIN V.S. Henri, Pr. Michel BOKO et Euloge OGOUWALE

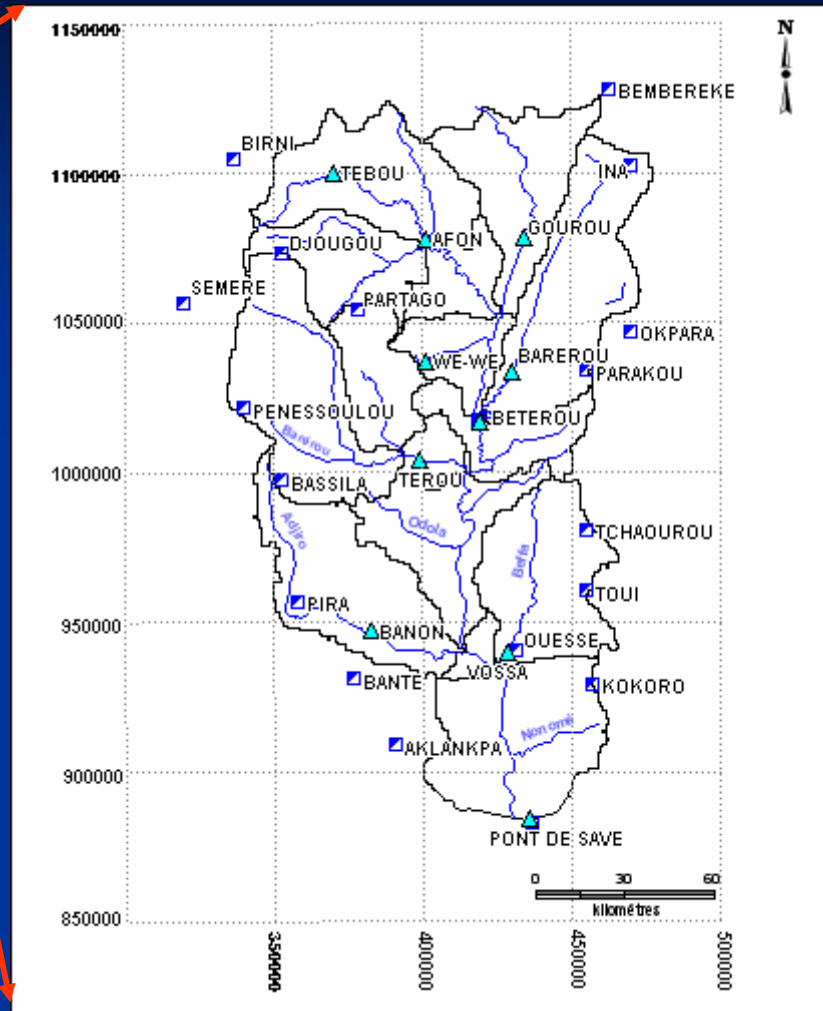
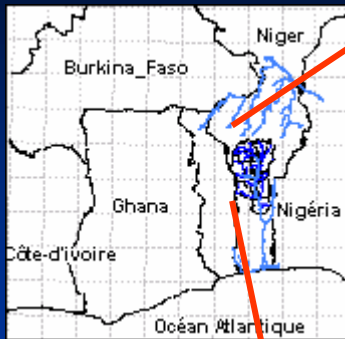


Introduction

- ❑ La décomposition du régime hydrologique et l'analyse de la relation pluie-débit montre que la variabilité hydroclimatique dans le bassin de l'Ouémé est induite par les migrations de la mousson ouest africaine.
- ❑ La variabilité des ressources en eau est ainsi fonction de la migration des différentes sections (A, B, C, et D) de la mousson.
- ❑ L'étude met en évidence les manifestations pluvio-hydrologiques saisonnières liées à la migration de la mousson ouest africaine et propose quelques pistes pour gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin supérieur de l'Ouémé.

Approche méthodologique

Description du bassin supérieur de l'Ouémé



Domaines climatiques tropical soudanien pur au Nord et tropical de transition au Sud.

Flux éolien : alizé maritime ou mousson et alizé continental ou l'harmattan

Le bassin supérieur de l'Ouémé s'étend sur le socle Dahoméyen entre 7°58' et 10°12' N et 1°35' et 3°05' E. Il couvre une superficie de 23 600 km² (Le Barbé et *al.*, 1993) soit 47,2% du bassin total du fleuve.

Détermination de la relation pluies de mousson / régime hydrologique

- **Données** : fichiers de l'ASECNA, du SH et de DH.
- **Stations météorologiques** : Djougou, Ina, Parakou, Bétérou et Savè.
- **Stations hydrométriques** : Bétérou et de Savè.
- **Période d'étude** : 1954-2000.
- **Informations** relatives au balancement du FIT.
- **Positionnements latitudinaux** des sections A, B, C et D de la mousson ont permis d'étudier et d'expliquer la variabilité pluvio-hydrologique dans le bassin.
- **Enquêtes de terrain** pour identifier les divers usages de l'eau (domestique, agricole et piscicole) et comprendre la gestion saisonnière des ressources en eaux.

➤ Le **coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson** a permis de détecter la présence d'une **relation** entre les précipitations (P) et les débits moyens (Q) par la formule :

$$r(P,Q) = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(Q_i - \bar{Q})}{\sigma(P) \cdot \sigma(Q)}$$

➤ Les **volumes d'eau** (V_{ec} en m³) et les lames d'eau écoulée (L_{ec} en mm) sont calculés par les formules : $V_{ec} = Q \cdot t$ d'où $L_{ec} = (V_{ec}/S) \cdot 10^{-3}$

➤ Le **coefficient de tarissement** (k) selon la loi de Darcy. Son expression mathématique s'écrit : $Q_t = Q_0 e^{-kt}$ Ce qui donne : $k = (\ln(Q_0/Q_t))/t$

Avec Q_t = débit à l'instant t donné ; Q_0 = débit initial (débit au début du tarissement) ;

➤ Le **volume d'eau mobilisée par les aquifères** du bassin :

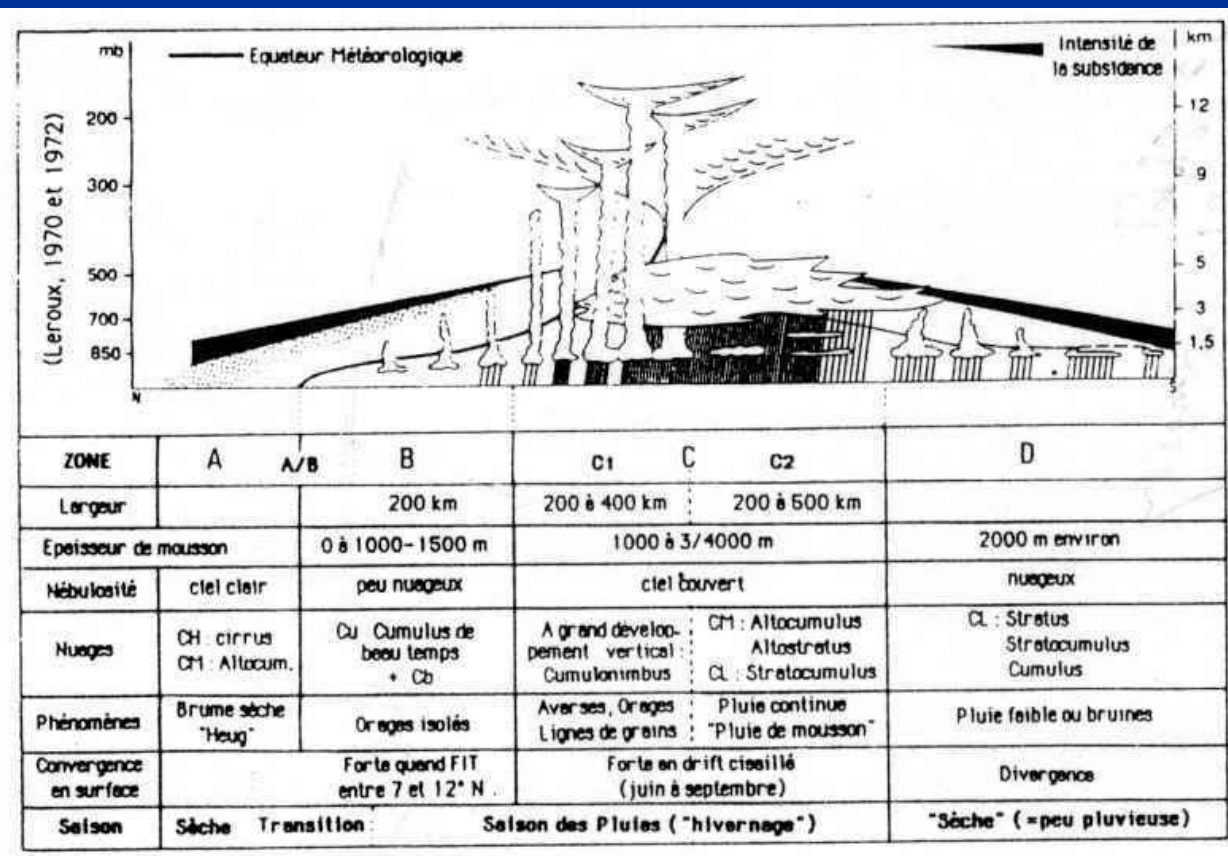
$$V_{em} = (Q_0/k) \cdot 86400$$

Résultats et discussions

Structure de la mousson ouest africaine et régime pluviométrique dans le bassin de l'Ouémé

La mousson est une masse d'air très humide structurée en quatre sections A, B, C (C1 et C2) et D.

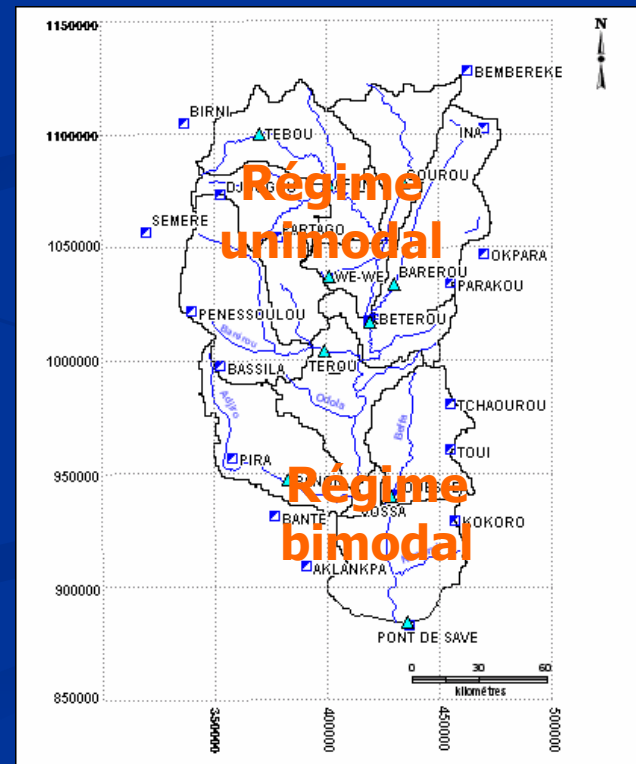
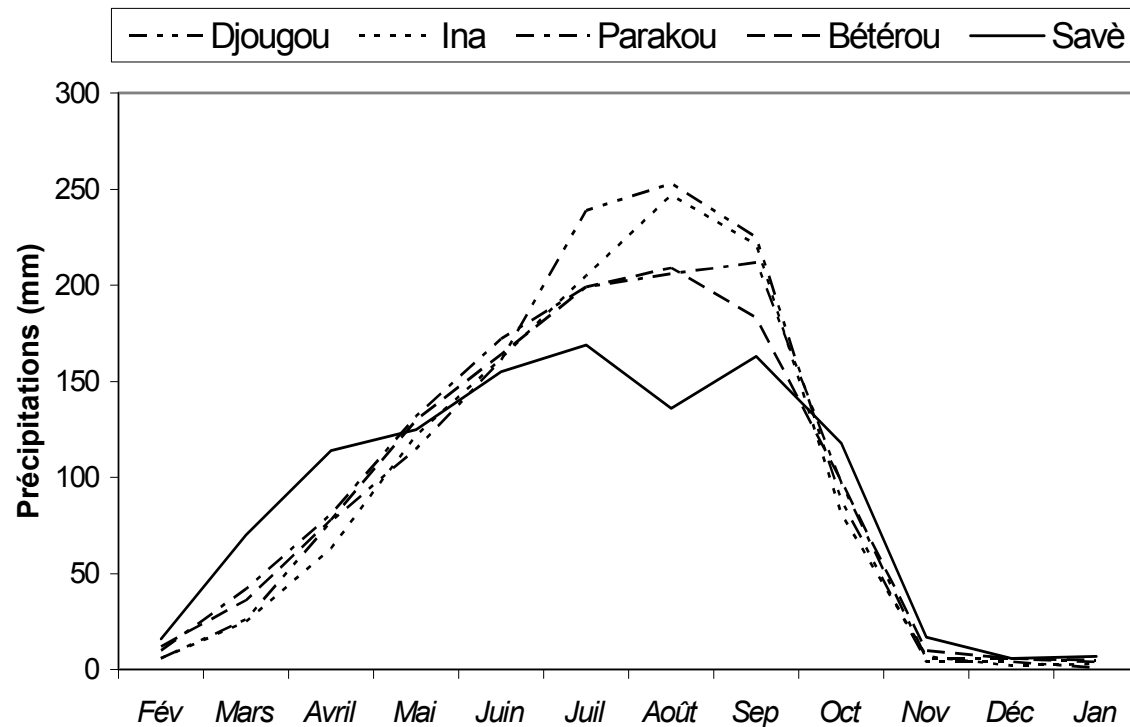
Le schéma de synthèse (figure 2) présente les temps associés à l'avancée maximale de la mousson sur l'Afrique occidentale en été boréal.



Cette configuration de la mousson (Leroux, 1970 et 1972) précise : la largeur des zones, l'épaisseur de mousson, la nébulosité et les types de nuages, les phénomènes météorologiques, la convergence / divergence, et la saison résultante.

Le passage ou le stationnement d'une section dans une région amène la pluie ou la sécheresse. *La zone "C" est subdivisée en "C1" et correspond aux pluies orageuses déversées par les lignes de grains, et en "C2", aux pluies continues peu orageuses et abondantes, issues de "formations nuageuses zonales" situées dans les couches moyennes (Leroux, 1992).*

Les passages rapprochés des sections B et C (C1 et C2) expliquent le régime pluviométrique unimodal du Nord-Bénin et le stationnement de la section D en juillet-août explique le régime bimodal (figure 3).



Les **précipitations les plus abondantes** correspondent à la zone "C2", (plus forte épaisseur de mousson) et à la structure ZIC des couches moyennes aux potentialités pluviogènes optimales Leroux (1992) et les **plus faibles** aux positionnements des zones D et A .

Les travaux de Boko (1988) : Le régime pluviométrique unimodal concentre 75 à 95% du total annuel des pluies et celui bimodal 65 à 40% à la première saison, et entre 30 et 18% à la deuxième saison.

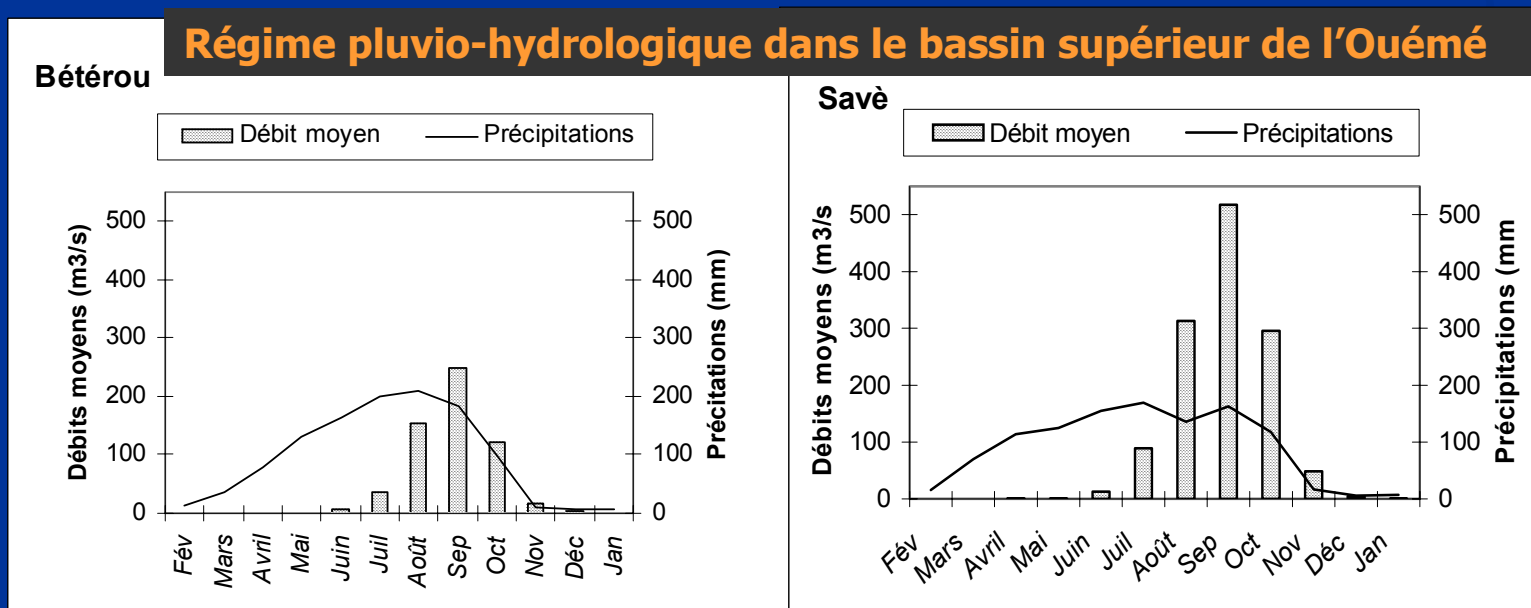
Ce sont les **pluies de mousson** qui s'individualisent par leur occurrence plus élevée la nuit et le matin, lorsque le fléchissement thermique entraîne une augmentation de la condensation (Moron, 1994) qui arrosent le bassin supérieur de l'Ouémé.

En somme, les particularités climatiques (soudanien et de transition) déterminent le régime hydrologique du fleuve Ouémé.

Régime pluvio-hydrologique du fleuve Ouémé

La réponse du BSO à la répartition des pluies (orageuses, de mousson et continues) induite par les migrations sud-nord-sud des sections (B et C) de la mousson, ne s'observe qu'à partir de mai-juin.

Après un temps de "inertie hydrologique" où les premières pluies ont servi à la recharge des réservoirs d'eau souterraine dans les secteurs arénisés des roches granitiques entre février et mai, l'écoulement reprend en juin (figure 4).



Les hautes eaux sont enregistrées de juillet à octobre et les basses eaux de novembre à avril.

Par ***effet cumulatif des lames d'eau précipitée*** d'avril à septembre, les débits moyens augmentent de 0,1 à 248 m³/s à Bétérou et de 0,3 à 518 m³/s à Savè.

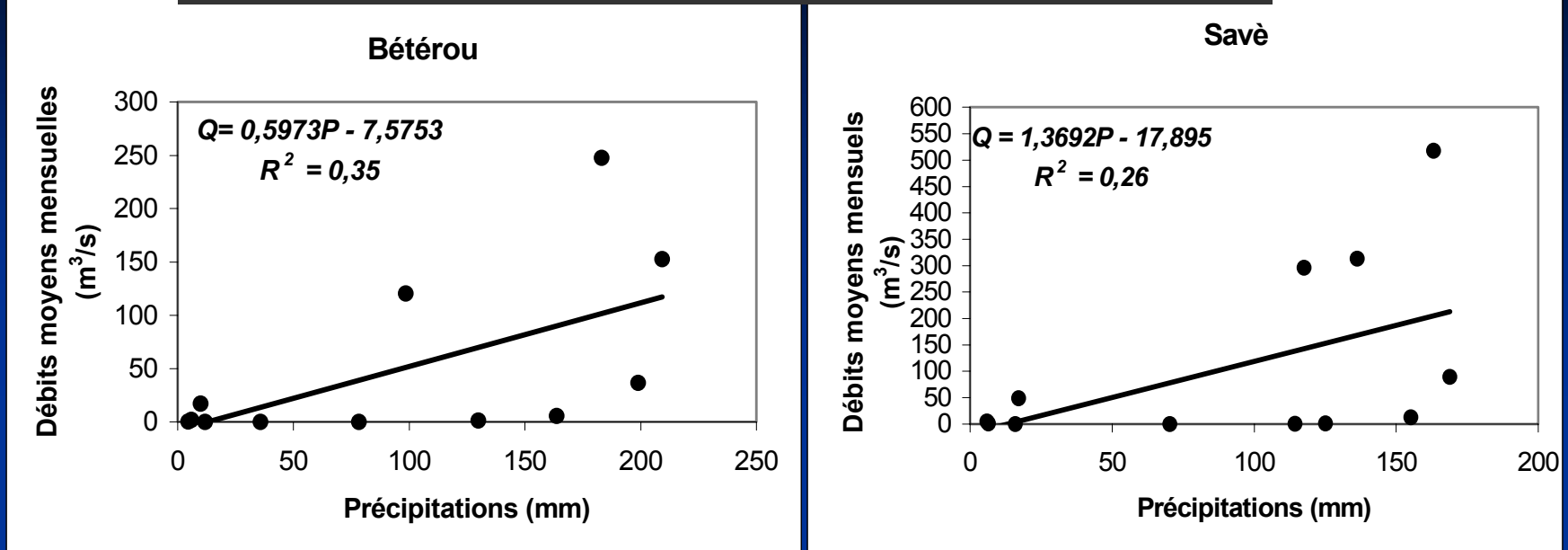
La ***baisse considérable des débits en fonction de la décroissance de la pluviométrie*** à partir d'octobre ***correspond à l'épuisement de la mousson et à sa descente*** jusqu'au sud du 8ème degré de latitude Nord sous l'impulsion de l'alizé du nord-est qui exerce une influence desséchante sur le bassin par suite de la forte évaporation physique associée à l'harmattan.

Dès lors, les débits moyens baissent de l'ordre de 90% en novembre dans le bassin.

L'arrêt des pluies correspond à la diminution des ressources en eau dans le bassin de novembre à janvier.

Les relations entre les hauteurs de pluie et les débits liquides montrent une corrélation positive entre ces deux paramètres du cycle hydrologique (figure 5).

Corrélation pluie-débit dans le haut bassin de l'Ouémé



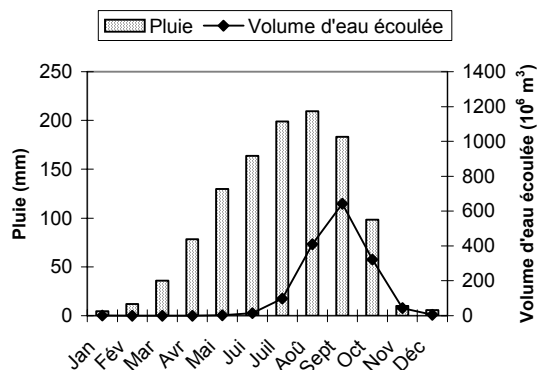
La droite de régression linéaire indique un coefficient de corrélation de 0,59 (Bétérrou) et de 0,51 (Savè) entre la pluie et les débits moyens sur le bassin supérieur de l'Ouémé.

L'analyse multicritère montre que les paramètres tels que l'évaporation, la surface du bassin, le comportement des roches (degré de perméabilité), le jeu de recharge / décharge des nappes souterraines, le couvert végétal influencent aussi la variabilité hydrologique et par conséquent la disponibilité en eau.

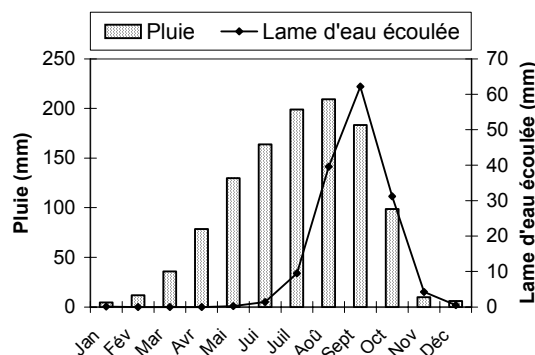
Disponibilité en eau superficielle et souterraine dans le bassin supérieur de l'Ouémé

Les figures 6 et 7 montre la variation mensuelle des volumes et lames d'eau écoulee dans les sous-bassins de Bétérou et de Savè, déterminisme de la disponibilité saisonnière des ressources en eau superficielle et souterraine dans cette région.

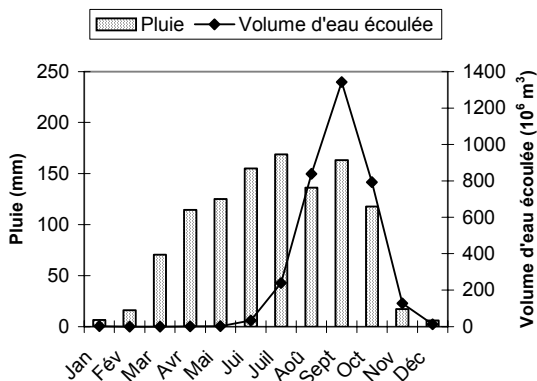
Bétérou



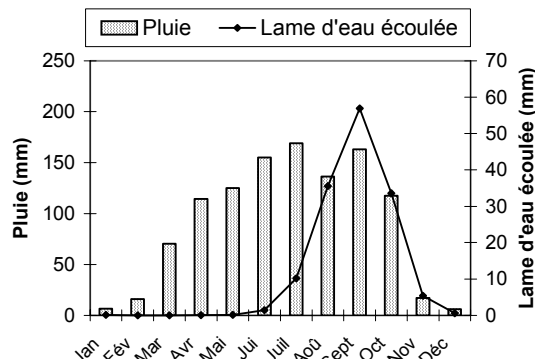
Bétérou



Savè



Savè



Les volumes d'eau écoulee varient de **98.10^6 à 642.10^6 m^3 à Bétérou** et de **240.10^6 à 1342.10^6 m^3 à Savè.**

En conséquence, les lames d'eau écoulee à l'exutoire de Bétérou fluctuent entre **$9,5$ et 62 mm** et de **10 à 57 mm à Savè** au cours de la période de hauts débits.

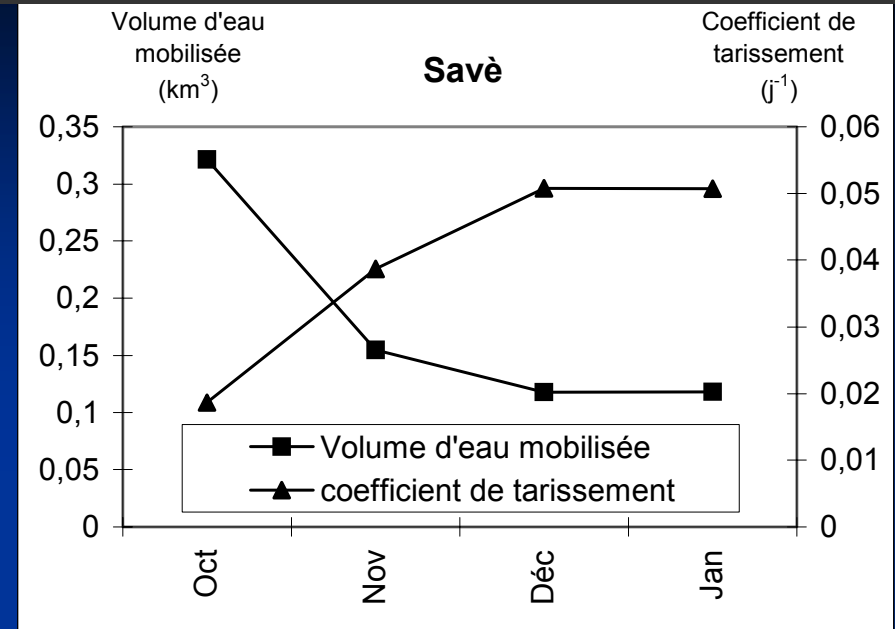
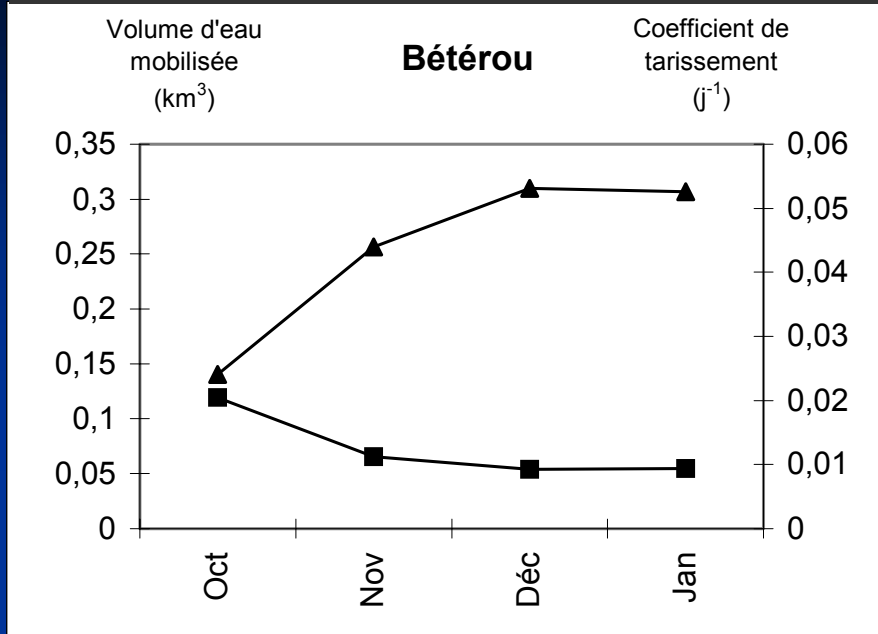
Par ailleurs, les déficits en eau sont enregistrés surtout au cours de la grande saison sèche et au début de la grande saison pluvieuse.

Les volumes d'eau écoulée diminuent entre novembre et mars de 44.10^6 à $0,1.10^6$ m³ à Bétérou et de 127.10^6 à $0,5.10^6$ m³ à Savè pour des lames d'eau écoulée respectives de 4 et 5 mm à 0.

La baisse du niveau des eaux superficielles, due surtout à l'intensification du pouvoir évaporant de l'air relative aux sections D et A desséchantes de la mousson, entraîne le déstockage des aquifères du bassin.

Bricquet et *al.* (1997) explique que *l'alimentation des basses eaux des rivières apparaît comme principalement due au cumul des vidanges de petites nappes de versant...* En effet, dans le bassin de l'Ouémé, la vidange des réservoirs souterrains est liée à l'augmentation du tarissement entre octobre et janvier (figure 8).

Variation du volume d'eau mobilisée par les aquifères et des coefficients de tarissement dans le bassin supérieur de l'Ouémé



Le **tarissement** s'accélère de septembre à janvier : 0,024 à 0,053 j⁻¹ à Bétérou et 0,019 à 0,051 j⁻¹ à Savè ; soit une moyenne d'environ 0,040 j⁻¹ pour le bassin.

En conséquence, les **nappes se vident** de 0,12 à 0,05 km³ à Bétérou et de 0,32 à 0,12 km³ à Savè pour soutenir les débits d'étiage.

L'importance des quantités d'eau déchargée **par les aquifères** du bassin supérieur de l'Ouémé indique qu'ils sont constitués en grande partie par des fissures et des fractures.

Gestion des ressources en eau

Les indicateurs pluvio-hydrologiques élaborés, constituent des outils décisionnels en matière de gestion des eaux dans le bassin supérieur de l'Ouémé.

Principales activités consommatrices d'eau dans le bassin : agriculture (pluviale et de décrue), pêche, élevage (sédentaire et transhumance).

Par ailleurs, la diversité des groupes socioculturels qui peuplent cette région explique la diversité des croyances, des connaissances, des attitudes et pratiques populaires relatives à l'eau et sa gestion.

Par conséquent, tout modèle théorique stéréotypé de gestion de l'eau dans ce bassin ne saurait être opérationnel. Ceci est d'autant plus vrai que Jean BURTON (2001) explique que *la planification des ressources en eau inspirée seulement par le cycle hydrologique et la capacité des ingénieurs à le modifier est une inspiration dangereusement étroite et une base très peu sûre pour la planification et une politique sur les ressources en eau.*

Les facteurs socio-anthropologiques (divinités protectrices des eaux, croyances, cultes et interdits) méritent d'être pris en compte pour un modèle de gestion sociotechnique durable des ressources en eau du bassin supérieur de l'Ouémé.

Conclusion

La dynamique de la mousson ouest africaine est une composante majeure du fonctionnement hydrologique du bassin supérieur de l'Ouémé.

Les positions latitudinales de ses sections A, B, C et D régissent le régime pluvio-hydrologique des différents domaines climatiques traversés par le bassin.

L'analyse pluvio-hydrologique effectuée sur la période 1954-2000 indique une superposition de la variabilité des pluies de mousson et des débits à l'échelle annuelle.

En somme, la disponibilité en eau superficielle et souterraine est fonction de la distribution spatio-temporelle des ressources pluviales sur le bassin.

Mais la persistance des savoirs locaux d'utilisation de l'eau mérite une attention particulière dans le développement d'un véritable modèle intégré de gestion durable des ressources en eau du bassin supérieur de l'Ouémé.

Cette étude présente les indicateurs hydroclimatiques simplifiés permettant de prévoir les risques hydrologiques que pourrait entraîner la modification des facteurs intrinsèques à la mousson ouest africaine.



**MERCI POUR VOTRE
ATTENTION**