

Dynamique hydrologique récente de l'Oubangui à Bangui (Centrafrique) : impacts anthropiques ou climatiques ?

Recent hydrological dynamics of Oubangui at Bangui (Central African Republic): anthropogenic or climatic impacts ?

Cyriaque-Rufin NGUIMALET⁽¹⁾ & Didier ORANGE⁽²⁾

Abstract: The Oubangui River drains around 490,000 km² to its outlet at Bangui. Its hydrological rate of flow recorded since 1911 is marked mainly by a persistent regression of flows (29% of decline compared with 1935-2006s average) corresponding to 13% of rainfall decline due to 1971s climatic break. Since then, only two floods occurred at Bangui on 1975 and 1999, translating the daily mean flows weakness. Simultaneously, the basin's population increased between 1988 and 2006, up to a million of inhabitants with, as result, a cultivated area progression of more or less 33%. In addition, the Oubangui course was partly blocked off by a dam constructed in 1989 at Mobaye. This paper discusses the part of anthropogenic and climatic impacts on the Oubangui flow. Daily mean flows data according to critical rainfall periods, 1955-1969s for a «wet» period and 1970-2006s for a «dry» period, were analysed jointly with demographic, cultivated areas and vegetal cover types data for the part of the basin situated in the Central African republic (82% of total surface) in order to interpret recorded changes. Since 1911, the 1970-2006 period shows 19% of hydrological deficit whereas the 1955-1969 one shows 50% of hydrological excess. These trends mark inter-annual maximums averages flows (respectively -15%, +13%) as well as the inter-annual minimums averages ones (respectively -36%, +41%). The break of rainfall series noted in 1970 is confirmed by the last 30 years' hydrological deficit. Compared with 1969-1970, the Oubangui annual mean flow drop is, in 1970-1971, in order of 1768 m³ s⁻¹. Since 2000, the deficit is twice as big as in the previous decades despite a short rainfall recovery. Furthermore, drought extends and the low-water level persists to July-August. In addition, seeing that the extension of cultivated areas represents only 3% in the Oubangui basin it seems to weak for affecting the river run-off. Thus the recorded hydrological deficit observed since 1970 is a confirmed climatic event.

Keywords: Central African Republic, Bangui, Oubangui, Hydrological dynamics, climatic-anthropogenic impacts

Résumé : L'Oubangui couvre à l'exutoire de Bangui un bassin-versant de quelque 490.000 km². Son régime hydrologique enregistré depuis 1911 est particulièrement marqué par une régression persistante des débits (diminution de 29% par rapport à la moyenne 1935-2006) remontant à 1971 et concomitante d'une baisse pluviométrique de 13%. Depuis cette période, uniquement deux crues ont inondé Bangui, en 1975 et en 1999, pour six inondations sur les 40 années précédentes (1930-1970), traduisant la faiblesse chronique des débits moyens journaliers. Dans le même temps, la population sur le bassin s'est accrue de 49% entre 1988 et 2006, dépassant aujourd'hui 1 million d'habitants, augmentant les surfaces cultivées de 33%. Par ailleurs, le cours du fleuve Oubangui a été coupé partiellement par la construction d'un barrage à Mobaye en 1989. Cet article discute la part des impacts climatiques et anthropiques sur l'hydrologie du Fleuve Oubangui. Les données de débits journaliers à Bangui, selon les périodes pluviométriques critiques, 1955-1969 pour une période « humide » et 1970-2006 pour une période « sèche », ont été analysés conjointement avec la démographie, les surfaces cultivées et les types de couverture végétale dans la partie centrafricaine du bassin (représentant 82% de la superficie totale) afin d'interpréter les changements enregistrés. Depuis 1911, la période 1970-2006 montre un déficit hydrologique de 19% alors que la période 1955-1969 montre un excédent hydrologique de 50%. Ces tendances marquent aussi bien les débits maximums moyens inter-annuels (respectivement -15%, +13%) que les débits minimums moyens inter-annuels (respectivement -36%, +41%). La cassure notée en 1970 dans la série pluviométrique est confirmée par le déficit hydrologique de ces 30 dernières années. Par rapport à 1969-1970 le module de l'Oubangui a chuté en 1970-1971 de 1768 m³/s. Depuis 2000, ce déficit est deux fois plus important que dans les décennies précédentes malgré une courte reprise pluviométrique. De plus, la sécheresse s'allonge et l'étiage s'étend aux mois de juillet-août. D'autre part, l'anthropisation traduite par une augmentation des surfaces cultivées ne représentant que 3% du bassin paraît faible pour entamer l'hydrologie fluviale. Ainsi, le déficit hydrologique enregistré depuis 1970 est un fait climatique confirmé.

Mots clés : Centrafrique, Bangui, Oubangui, Dynamique hydrologique, Impacts climato-anthropiques

⁽¹⁾ Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, B.P. 1037 - Bangui (Centrafrique)

Email : cyranguimalet@gmail.com.

⁽²⁾ UMR211-BIOEMCO, IRD, Centre IRD-Ile de France, Bondy, France - Email : didier.orange@ird.fr.

INTRODUCTION

L'Oubangui, affluent le plus septentrional du fleuve Congo, couvre à l'exutoire de Bangui un bassin versant de 488.500 km² (ORANGE *et al.*, 1997 ; NGUIMALET & BOULVERT, 2006 ; CALLEDE *et al.*, 2010). Son bassin est transfrontalier, s'étendant en RDC avec l'Uélé, affluent majeur provenant de la forêt équatoriale congolaise (ORANGE *et al.*, 1996), et le Bili se jetant dans le Mbomou en amont de la confluence avec l'Uélé, et bien d'autres petits affluents vers l'aval (Fig. 1). Né de la jonction Mbomou-Uélé, le fleuve Oubangui est long de 546 km à la confluence de la rivière Mpoko, juste au SO de la sortie de la ville de Bangui. Le bassin est dominé par le bouclier précambrien, appelé encore « Surface Centrafricaine », relevé à l'une de ses deux extrémités au NE (M^t Toussoro : 1330 m) coïncidant avec l'Interfluve Tchad-Congo puis avec le Nil. Ce dernier est plus développé dans tout l'Est et le Centre-Est en s'inclinant vers le Sud où il relaie le piémont oubanguien (Fig. 1). La « Surface Centrafricaine » est de relief monotone, largement recouverte par de la végétation de savane (70% du bassin de l'Oubangui à Bangui) et par 27% de forêt dense humide située le long du fleuve. On recense aussi quelques poches de forêt sèche, environ 3% de l'espace (Fig. 2). Les variantes climatiques dominantes y sont soudaniennes (soudano-oubanguienne, soudano-guinéenne et soudano-sahélienne) avec des pluies moyennes variables de 1500 à 800 mm (BOUQUET, 1984 ; ORANGE *et al.*, 1997). Dans cet espace, les activités humaines sont essentiellement primaires (agriculture itinérante sur brûlis, exploitation minière artisanale, production de bois de chauffe et de charbon de bois). En 1988, la population active du secteur primaire représentait 78,53% du pays. En 1991, le PIB était de 485 \$US. En 2009, ce secteur employait 82% de la population et contribuait à hauteur de 42,5% du PIB. Les principales activités du secteur primaire sont l'agriculture de subsistance (28,3% du PIB) et l'élevage (12,7% du PIB) (KONDAYEN, 2012). De 2002 à 2008, l'espace agricole croît à un rythme très accéléré au détriment de l'espace forestier (BEGOTO, 2009). Ces activités humaines se sont développées autour des villes/localités riveraines de l'Oubangui telles que Bangui, Kouango, Mobaye ou établies sur son bassin : Damara, Sibut, Bambari, Ippy, Bria, Alindao, Yalinga, Ouadda, Bangassou, Zémio, Rafai, Obo (Fig. 1). La capitale, Bangui, est une cité vaste de 67 km² (BCR, 2005), pour une population estimée aujourd'hui à 1.200.000 habitants ; la ville abrite une station hydrométrique dans le lit de l'Oubangui au pied de l'Hôtel baptisé en son nom (04°22' N-18°35' E – altitude : 336 m).

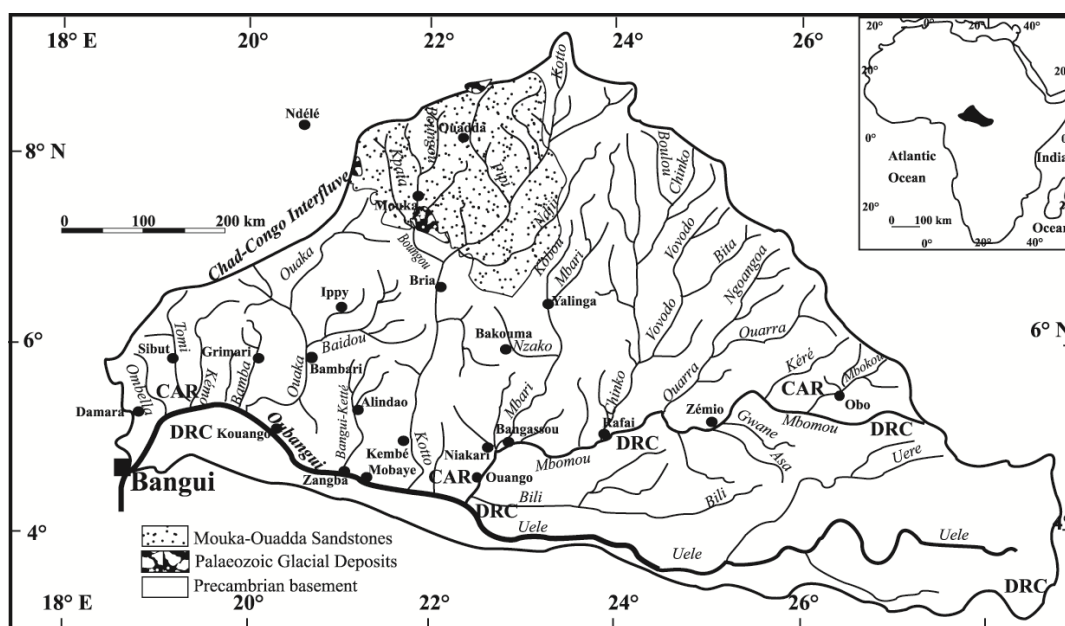


Figure 1. Le bassin de l'Oubangui à Bangui.

Diverses études ont été réalisées sur l'Oubangui et son bassin-versant (ORANGE *et al.*, 1995 et 1997 ; WESSELINK *et al.*, 1996 ; RUNGE et NGUIMALET, 2005 ; CALLEDE *et al.*, 2010).

Les premiers déficits pluviométriques observés en Afrique Centrale datent de 1967 et ont affecté les régimes fluviaux à partir de 1971 (WESSELINK *et al.*, 1996 ; ORANGE *et al.*, 1997 ; LARAQUE *et al.*, 2001). Depuis, la sécheresse s'est installée avec, comme conséquence, une réduction de l'écoulement de décennie en décennie dans le bassin du Congo (LARAQUE *et al.*, 1997). LIENOU *et al.* (2008) ont mis en évidence l'effet de la variabilité climatique dans la région équatoriale camerounaise et au Gabon, lequel traduirait la généralisation du phénomène au cœur de l'Afrique. Cette situation n'épargne guère l'Oubangui (ORANGE *et al.*, 1995 ; WESSELINK *et al.*, 1996 ; LARAQUE *et al.*, 1997 et 2001 ; RUNGE et NGUIMALET, 2005). Ainsi, ORANGE *et al.* (1995) ont noté depuis 1971 une réduction des débits d'étiage de 60% contre 39% pour les modules hydrologiques annuels. WESSELINK *et al.* (1996) ont établi une réduction de la pluviométrie de 6% dans le bassin de l'Oubangui à Bangui et de celle de l'écoulement fluvial de 35% sur la période 1953-1988. Pour LARAQUE *et al.* (1997), l'écoulement de l'Oubangui s'est réduit successivement de 230 mm (1971-1982) à 175 mm (1983-1993) comparé à celui de la période 1960-1970 (315 mm). Selon CALLEDE *et al.* (1992, cités par ORANGE *et al.*, 1997), l'écoulement spécifique dépend largement des totaux pluviométriques annuels plutôt que de celui du bassin considéré, signifiant l'influence des processus physiques liés aux sols et à la végétation en réaction à cette situation hydroclimatologique. Mais toutes ces études ne prennent pas en considération les activités humaines se réalisant sur le bassin de l'Oubangui.

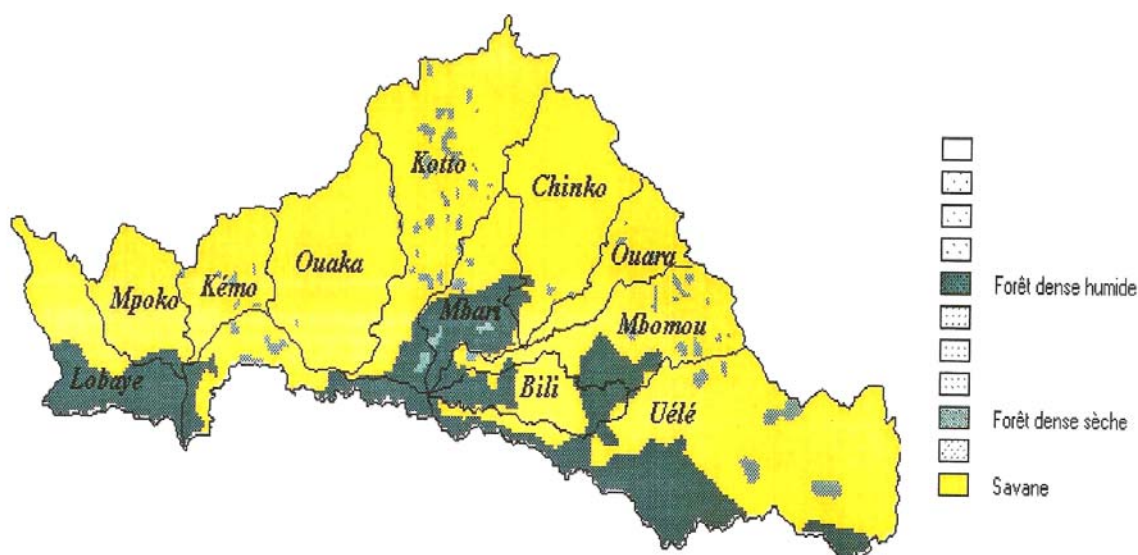


Figure 2 : Répartition de la végétation et principaux sous-bassins versants hydrologiques du bassin transfrontalier de l'Oubangui, à sa sortie du territoire centrafricain en direction du Fleuve Congo (d'après ORANGE *et al.*, 1996)

L'anthropisation du bassin est marquée par une croissance démographique de 134% depuis 1975 ou de 49% depuis 1988 par rapport à 2006 (Fig. 3) ; elle se traduit par la construction d'un réseau routier, par l'aménagement du fleuve avec, notamment, l'édification d'un barrage hydroélectrique sur la moitié du lit du fleuve côté RDC (Photo A) et par le dragage régulier par les voies navigables (entre Bangui et la confluence avec le Congo). La population active dominante utilise divers processus d'exploitation (cultures, production de bois et charbon de bois, exploitation minière, feux de brousse etc.) au détriment de la couverture végétale. A cet effet, l'agriculture itinérante sur brûlis reste le principal procédé de colonisation des terres, ce qui modifie localement les caractères physiques du bassin du fait qu'elle emploie 70 à 80% de la population active : 78,9% en 1988 et 74,2% en 2003 (POULIZOH *et al.* 2005), avec une forte proportion féminine. Par ailleurs, les activités anthropiques pouvant influencer directement ou indirectement les écoulements sont : l'élevage bovin dont les effets semblent trop localisés que pour affecter globalement l'hydrodynamisme des crues du système fluvial ; la production de bois de chauffe et de charbon de bois développée autour des villes ou centres urbains secondaires qui a pour effet de dégrader la végétation forestière et la ripisylve ; l'exploitation minière artisanale (diamant et or) qui se pratique

dans les vallées et qui altère fortement les forêts-galeries, facteur de régulation de l'écoulement fluvial. Par contre, les aménagements hydrauliques sur le bassin de l'Oubangui sont rares. Un barrage hydroélectrique en demi-lit sur les Rapides de Mobaye (100 km en amont de Bangui) a été construit sur l'Oubangui pour production d'hydroélectricité. Il a été mis en fonction en décembre 1989 coté Congo (photo A). Antérieurement, la production électrique de la Mbali à Boali avait démarré en 1955, 3 ans après celle d'Edéa au Cameroun.

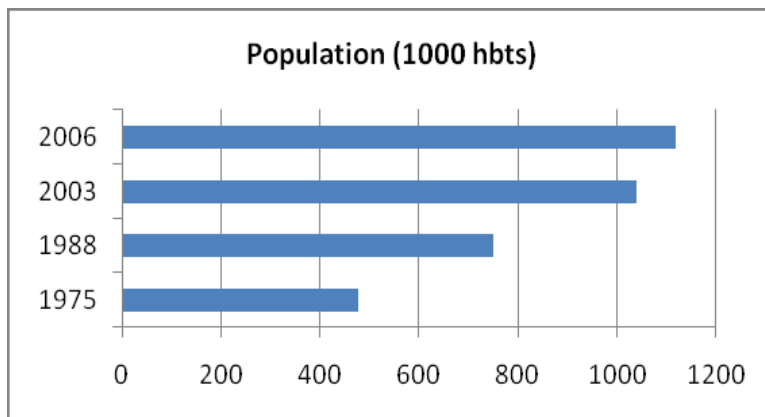


Figure 3. Evolution de la population sur le bassin de l'Oubangui à Bangui (1975-2006)

On remarque ainsi que, depuis 35 ans (1971-2006), les modules moyens interannuels sont passés à 3150 m³/s contre 4435 m³/s sur la période 1935-1970.

Sur base du développement démographique récent, cette longue période de péjoration pluviométrique fait craindre pour les ressources en eau du bassin. La présente étude examine à travers les données pluviométriques et les activités humaines la part que peuvent prendre les impacts climatiques et anthropiques sur l'hydrologie fluviale à Bangui.



Photo A. Construction inachevée du barrage sur l'Oubangui à Mobaye, côté centrafricain (à gauche) alors que la production d'électricité se fait depuis 1989 sur le côté congolais (RDC à droite de la photo fournie par Séverin Gildas NGOCKO en 2011).

DONNEES ET METHODES

Cette étude a été réalisée grâce à l'acquisition des données pluvio-hydrométriques (pluie sur la période 1935-2006 et débit sur la période 1911-2006), démographiques, phytogéographiques et sur les activités menées à l'échelle du bassin de l'Oubangui à Bangui dans sa partie centrafricaine, parallèlement à la documentation faite sur le thème. Les données des pluies annuelles recueillies à l'échelle du bassin de l'Oubangui et celles des débits moyens annuels et journaliers ont été utilisées. Ces données pluvio-hydrométriques ont été traitées selon l'année hydrologique en RCA (1^{er} avril-31 mars : BRUEL, 1902), pour établir l'effet de la dégradation climatique sur l'hydrologie de l'Oubangui durant la période 1935-2006. Les séries pluviométriques recueillies dans 11 stations synoptiques et postes (Bangui, Bambari, Bangassou, Bria, Grimari, Ippy, Mobaye, Ndélé, Rafaï, Sibut et Zémio ; Fig. 1) ont été standardisées et analysées au pas de temps annuel (NGUIMALET, 2010). La standardisation des séries pluviométriques a été faite avec la formule : $x' = (x - \text{moyenne}) / \text{écart-type}$. On a calculé la moyenne et l'écart-type de chaque station sur une période commune à toutes les stations (1935-1981) ; ensuite, on a établi une moyenne pour avoir la pluie de l'année i pour le bassin-versant (PBV) :

$$PBVi = (a1.x(1,i) + a2.x(2,i) + a3.x(3,i) + \dots) / (a1 + a2 + a3 + \dots)$$

avec $x(1,i)$ la pluie (normalisée) de l'année i dans la station 1 et $a1$ le coefficient décrivant la part du bassin représentée par la station 1, et ainsi de suite pour les autres stations. Puis, l'indice finalement obtenu a été re-standardisé et transformé éventuellement en valeurs millimétriques, en appliquant l'opération inverse de la standardisation. Sur cette base, l'indice pluviométrique a été aussi calculé pour apprécier les périodes d'excès ou de déficit dans les séries. Au-delà de 1981, on a extrapolé les résultats, à partir des stations à longues séries, pour comparer l'évolution de la pluie à la tendance de l'écoulement. Quant aux débits, les moyennes journalières et annuelles à Bangui, selon les périodes pluviométriques critiques, 1955-1969 pour la période « humide » et 1970-2006 pour la période « sèche », ont été analysées conjointement avec la pluviométrie. L'indice d'écoulement calculé a montré les séquences de déficits ou d'excès hydrologiques. De plus, le coefficient de tarissement a été calculé (CASTANY, 1963 ; SAVANE *et al.*, 2001 ; COSANDEY *et al.*, 2003). L'expression mathématique du tarissement s'écrit :

$$Q_t = Q_0 e^{-kt}$$

où :

Q_t = débit à l'instant t donné, Q_0 = débit initial (débit au début du tarissement) et k = coefficient de tarissement de Maillet. La loi de Maillet a pour modèle un seul réservoir. L'intérêt a été de suivre le niveau des ressources en eau du bassin de l'Oubangui et aussi le degré de fragilité du cours d'eau dans ce contexte déficitaire.

Pour analyser le fait anthropique (facteurs et processus) sur le bassin, les données de RGPH 1988 et 2003 ont été utilisées et extrapolées sur base du taux d'accroissement annuel (2,5%) pour estimer l'effectif de la population en 2006. Les proportions de population active pour les activités qui altèrent les caractéristiques physiques du bassin, se réalisant aux dépens des végétations et sols, ont été précisées (POULIZOH *et al.*, 2005). Dans ce sens, les surfaces défrichées ou cultivées (0,5-1 ha en moyenne) et les types de couverture végétale dans la partie centrafricaine du bassin (représentant 82% de la superficie totale) ont été prises en compte dans l'analyse des données afin d'interpréter les changements enregistrés.

RESULTATS ET DISCUSSION

Rythmes pluviométriques moyens sur le bassin

La pluie moyenne interannuelle sur la séquence temporelle maximale d'observations continues disponibles (de 1935 à 2006) est de 1509 mm. Une analyse statistique des cassures temporelles indique une cassure majeure entre 1970 et 1971, confirmant les travaux d'ORANGE *et al.* (1997) et LARAQUE *et al.* (2001) sur une série finissant en 1996. Il y a donc toujours une opposition marquée entre une période humide (1950-1970 : 1626 mm) et une période sèche (1971-2006 : 1437 mm). La période sèche n'aura enregistré que 13 années excédentaires pour 22 années

déficitaires (Fig. 4a et b). Entre les deux moyennes, le déficit pluviométrique est donc globalement de 13% sur l'ensemble du bassin. Le calcul des valeurs décennales montre que la pluviométrie diminue de décennie en décennie, la plus faible étant la dernière séquence de 2000 à 2006, avec seulement une pluviométrie annuelle de 1306 mm (Tableau 1). Quelle a été son implication dans l'écoulement ?

Tableau 1. Evolution pluviométrique décennale de 1971 à 2010 sur le bassin de l'Oubangui à Bangui

	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2006
Pluie moyenne (mm)	1491	1361	1388	1306

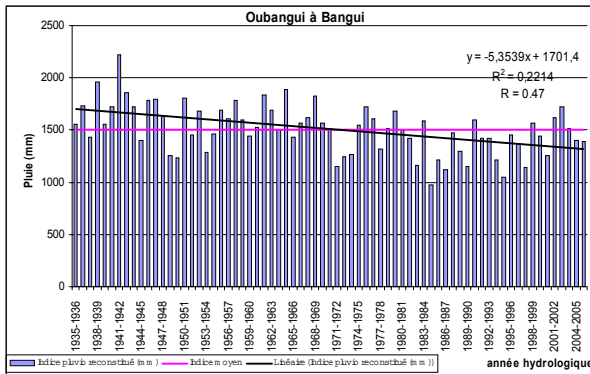


Figure 4a. Pluie moyenne interannuelle standardisée sur le bassin (1935-2006)

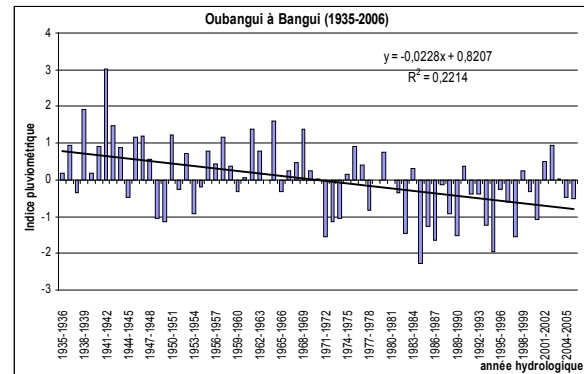


Figure 4b. Indice pluviométrique moyen calculé sur le bassin (1935-2006)

Réponses hydrologiques de l'Oubangui à la péjoration climatique

L'hydrologie de l'Oubangui à Bangui est suivie depuis 1911. Sur la période 1935-2006, le module moyen interannuel est de 3784 m³/s ; le maximum est de 6051 m³/s (1969-1970) et le minimum 2195 m³/s, recueilli en 1990-1991 (soit 4,4 l.s⁻¹.km⁻²), l'année hydrologique la plus sèche de la série bien que le débit moyen journalier minimum d'étiage ait été observé le 12 avril 1990, avec 227 m³/s équivalant à 0,46 l.s⁻¹.km⁻². Depuis 1935, son évolution est particulièrement marquée par un déficit persistant des écoulements coïncidant à la péjoration pluviométrique enregistrée depuis 1971 (Fig. 5a et b). Cependant, la réduction hydrologique est largement plus importante, de l'ordre de 29%, sur l'Oubangui à Bangui.

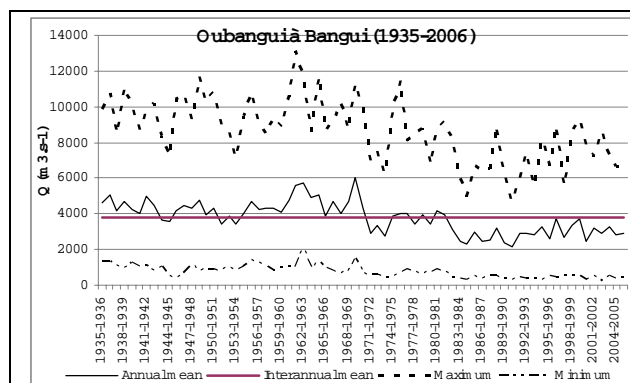


Figure 5a. Evolution des modules, maximums et minimums de l'Oubangui à Bangui

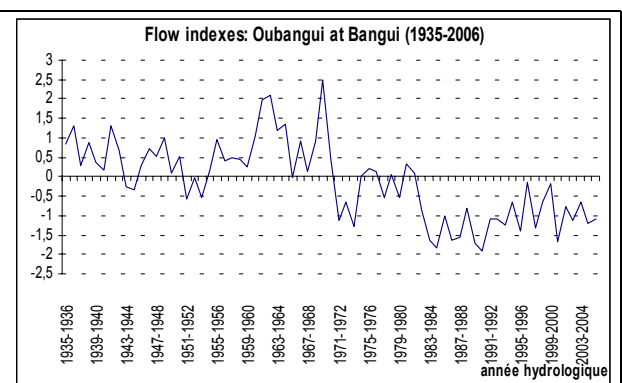


Figure 5b. Indices d'écoulement (1935-2006)

Dans cette période sèche (1971-2006), uniquement 6 modules annuels ont été supérieurs au module moyen interannuel (Fig. 5a), pour 13 années pluviométriques supérieures à la moyenne. En ce qui concerne les inondations de la ville de Bangui, seules deux crues ont inondé Bangui sur les 40 dernières années (en 1975 avec 12 700 m³/s et en 1999 avec 12 088 m³/s), pour six inondations sur

les 40 années précédentes (1930-1970) (NGUIMALET & BOULVERT, 2006), révélant la sécheresse drastique exceptionnelle sévissant sur l'Oubangui à Bangui. Le déficit hydrologique de l'Oubangui est surtout sévère entre 1983 et 1992 (Fig. 5b), car cela ne correspond pas à la dynamique décennale de la pluviométrie (Tableau 1). Ce pourrait être le fait d'une moindre infiltration dans le bassin-versant. Alors quelles tendances de dégradation hydrologique l'analyse des sous-périodes nous offre-t-elle ?

Spécificités des sous-périodes et empreintes climatiques

Différentes séquences temporelles ont été définies en vue de rechercher les variabilités spécifiques dans le comportement hydrologique de l'Oubangui à Bangui depuis 1935 (Tableau 2). Deux périodes se distinguent : 1955-1969 et 1970-2006. Ainsi, la période 1970-2006 montre un déficit hydrologique de -19% alors que la période 1955-1969 montre un excédent hydrologique de +50%. Ces tendances marquent aussi bien les débits maximums moyens interannuels (respectivement -15%, +13%) que les débits minimums moyens interannuels (respectivement -36%, +41%). Ces variabilités hydrologiques (Fig. 6) s'inscrivent dans les changements climatiques établis en Afrique Centrale par ORANGE *et al.* (1995), WESSELINK *et al.* (1996) et LARAQUE *et al.* (1997 et 2001). Depuis 1971, les débits décennaux se sont globalement réduits de 3615 m³/s à 2935 m³/s, soit de 19%. La reprise pluviométrique de 1991 à 2006 (1332 à 1530 mm) n'a pas été forcément suivie par un regain hydrométrique, notamment sur la période 2001-2006 où l'écoulement s'est abaissé (2963 m³/s) comparé à celui de la précédente période (3033 m³/s) (Tableau 3). Dans cette dynamique, quelle part peut-on attribuer à l'anthropisation dans la baisse hydrologique du fleuve à Bangui ?

Tableau 2. Débits caractéristiques de l'Oubangui à Bangui selon les périodes de référence

	Module interannuel (m ³ .s ⁻¹)	Maximum (m ³ .s ⁻¹)	Minimum (m ³ .s ⁻¹)	Maximum moyen interannuel (m ³ .s ⁻¹)	Minimum moyen interannuel (m ³ .s ⁻¹)
Période 1911-2006	3881	16000 (1961-1962)	227 (1990-1991)	8858	751,4
Période 1955-2006	3616	14400 (1961-1962)	227 (1990-1991)	8256	628,4
Période 1955-1969	4736	14400 (1961-1962)	660 (1967-1968)	10023	1016
Période 1970-2006	3150	12700 (1975-1976)	227 (1990-1991)	7533	466,9

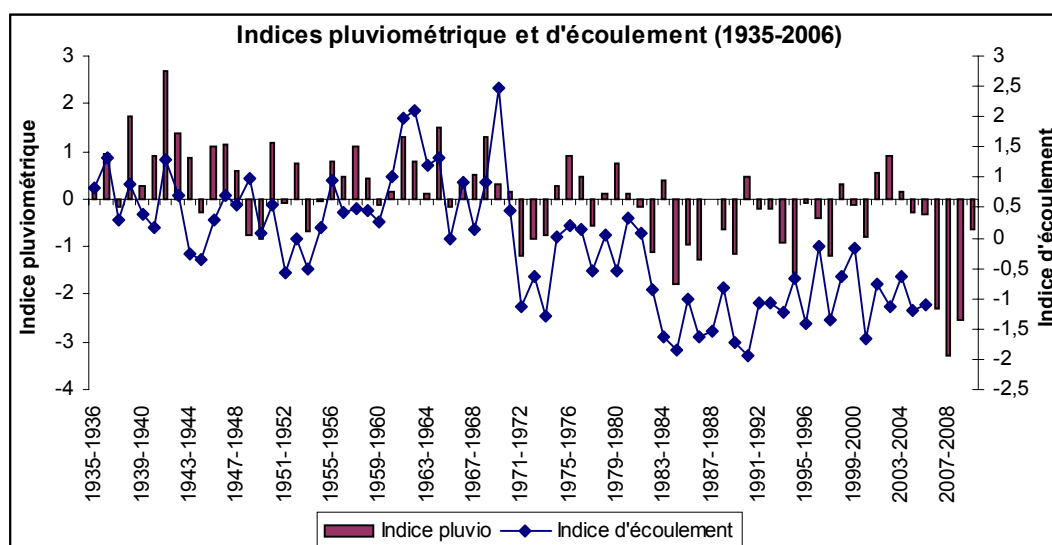
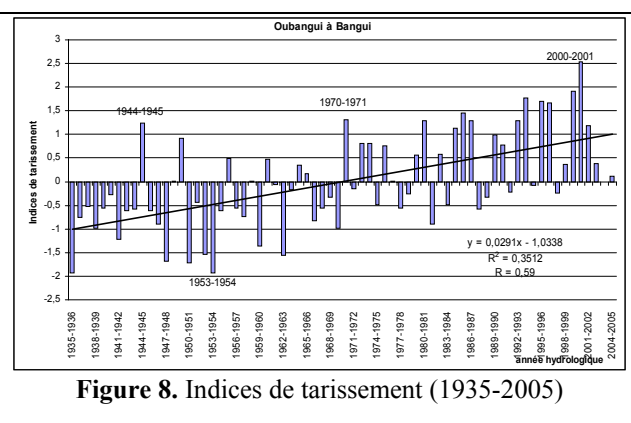
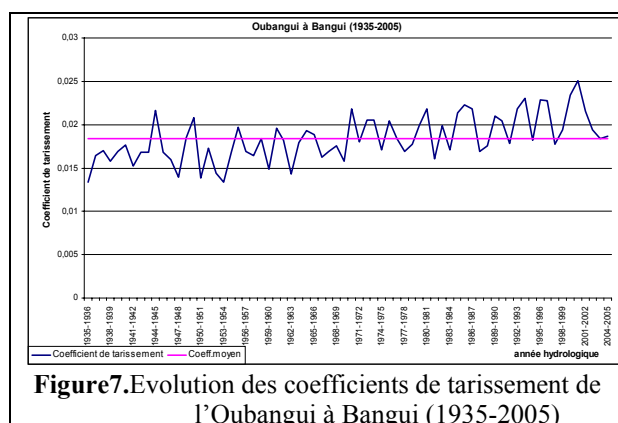


Figure 6. Variabilités pluviométriques et d'écoulement de l'Oubangui à Bangui (1935-2006)

Tableau 3. Evolution des pluies (mm) et débits (m³/s) décennaux entre 1971 et 2006

	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2006
Pluie (mm)	1454	1300	1332	1530
Débit (m³.s⁻¹)	3596	2952	3033	2935

Les coefficients de tarissement sont caractérisés par une tendance à la hausse des valeurs dans le temps depuis 1935, quoique fluctuant d'une année à l'autre (figure 7). Ainsi, les coefficients les plus élevés ont été enregistrés en 2000-2001 avec 0,0251/jour, et les plus faibles en 1953-1954, avec 0,0133/jour. Le coefficient moyen interannuel est de 0,018/jour sur la période globale de l'étude, et il est de 0,02/jour sur la période 1970-2005 soit un peu plus élevé que le coefficient interannuel. Dans ce sens, l'indice de tarissement calculé montre clairement que la cassure de 1970-1971 a accentué le tarissement dont les coefficients annuels sont au-dessus du coefficient moyen (0,02) depuis lors oscillant entre les indices 1,317 (1970-1971) et 2,53 (2000-2001) (figure 8). Depuis 1971, on dénombre au total 22 années avec des coefficients supérieurs à la moyenne interannuelle, 11 en deçà et 2 années dont le tarissement est considéré comme nul (1976-1977 et 2003-2004). Sur la période 1971-2005, le plus faible coefficient est noté en 1981-1982 (0,016) et de 1990 à 2005, les coefficients sont supérieurs ou égaux à 0,018/jour. Ces résultats établissent l'ampleur du tarissement sur l'Oubangui ces dernières décennies. La tendance fluctuante du tarissement serait l'impact caractéristique de la variante climatique soudano-guinéenne avec deux saisons contrastées, pluvieuse et sèche. Il apparaît que la saison sèche devient de plus en plus longue que la saison pluvieuse aujourd'hui dans cet espace bioclimatique comme l'atteste par exemple les coefficients de tarissement de l'année 2000-2001. L'analyse des débits moyens journaliers annuels des années humides (1961-1962, 1969-1970) aux sèches (1990-1991, 2000-2001), en passant par les années moyennes ou normales (1976-1977, 1981-1982, 2003-2004), montre que la sévérité de la sécheresse est notable dans l'évolution des années hydrologiques extrêmes, notamment humide (1969-1970) et sèche (1990-1991) de référence sur la période considérée sur l'Oubangui à Bangui (figure 9). De plus, comparant les courbes des années 1969-1970 (module de 6051 m³/s) et 1970-1971 (module de 4283 m³/s), on se rend compte du poids de la cassure climatique qui a marqué la dégradation hydrologique persistante en cours, laquelle a généré et auto-entretenu le tarissement dont les paroxysmes ont été enregistrés au début des années 1990 et 2000. En 20 ans, soit de 1970 à 1990, les débits moyens journaliers se sont considérablement réduits en volume et en intensité : les crues sont faibles et de courte durée alors que les étiages s'allongent des mois de février-mars-avril aux mois de juillet-août. De ce fait, les courbes des années plus sèches attestent de l'extension de la durée et de l'intensité de l'effet de la sécheresse sur l'écoulement de l'Oubangui. Cette évolution confirme l'effet de la dégradation climatique surtout sur les débits d'étiage durant environ quatre décennies.



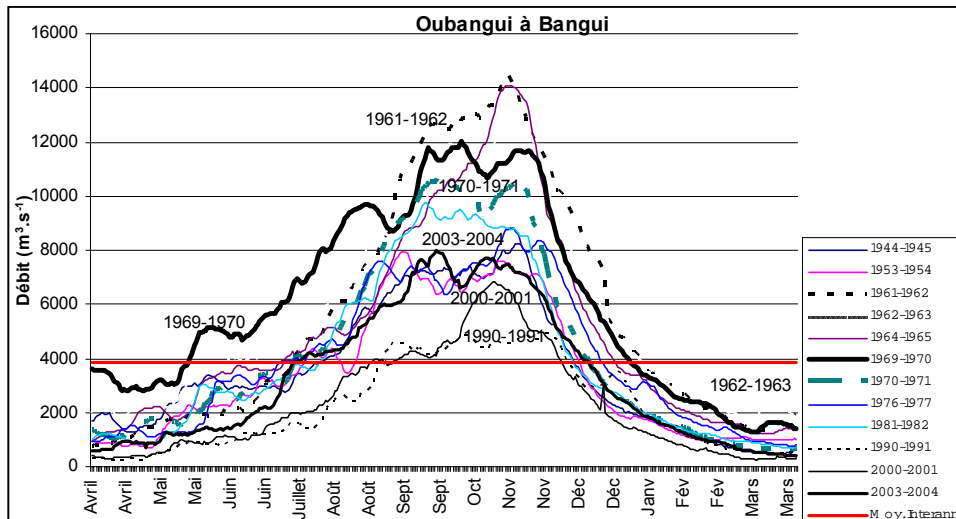


Figure 9. Evolution des débits journaliers entre années humides, moyennes ou normales et sèches

Sur l'anthropisation du bassin et les implications sur l'écoulement de l'Oubangui

D'après BOULVERT (1986 et 1990), l'influence humaine sur la végétation est notable dans le secteur péri-forestier englobant la grande forêt, surtout les secteurs relativement peuplés, correspondant aux grandes vallées (Oubangui, Uélé, Mbomou) et aux vallées affluentes et sous-affluentes. Par ailleurs, la grande région des savanes, qui couvre 70% du bassin oubanguien (CALLEDE *et al.*, 2010), est chaque année traversée par des feux de brousse courants saisonniers (KOFFI *et al.*, 1995). Ces feux concernent environ 60% de la superficie des savanes, 50% des zones cultivées et 1% seulement des forêts (CACHIER, 1992 ; DWYER & MALINGREAU, 1995). Enfin, les hauts-bassins de la Kotto et du Mbomou, peu peuplés et en voie de dépeuplement depuis au moins un siècle et demi, enregistrent une faible pression anthropique, y favorisant la reconstitution de la végétation forestière (BOULVERT, 1990). Mais l'élevage bovin se serait développé dans cette partie du Mbomou et Haut-Mbomou, ce qui pourrait impacter l'hydrologie de l'Oubangui. De plus, les travaux de BEGOTO (2009) ont montré que la déforestation est active dans le bassin de l'Oubangui, notamment dans les environs de Bangui. Avec une croissance démographique continue entre 1988 et 2006, allant de 749.476 à 1.118.560 habitants sur le bassin, les surfaces cultivées se sont effectivement accrues de 5846 km² à 8380 km², soit une croissance de 143% sur près de 20 ans, pour une augmentation de population de 150% sur la même période. Cependant cette forte extension cultivée ne représente encore que 2 à 3 % maximum de la superficie totale du bassin versant, ce qui ne représente rien à l'échelle de celui-ci. Aussi, est-il évident que d'ores et déjà nous pouvons considérer que la péjoration hydrologique enregistrée sur l'Oubangui à Bangui est bien la conséquence du seul déficit pluviométrique, voire de la dégradation climatique en cours.

CONCLUSION

La dynamique hydrologique récente des années 2000 de l'Oubangui à Bangui confirme le déficit hydrologique déjà noté dans la décennie précédente et observé en Afrique Centrale ainsi que sur tout le Continent depuis le siècle dernier. Le développement démographique et économique du Centrafrique ces 25 dernières années n'a affecté que 3% au maximum du bassin versant de l'Oubangui, ce qui évidemment n'a pas pu impacter le déficit enregistré dans les débits du fleuve Oubangui. De ce fait, notre étude confirme que le déficit hydrologique enregistré depuis 1971 est un fait climatique uniquement lié à une péjoration pluviométrique : à une réduction pluviométrique moyenne de 13% correspond un déficit hydrologique deux fois plus sévère, de l'ordre de 29%. Au regard des années hydrologiques sèches de référence (1990-1991 et 2000-2001), on remarque que la saison sèche et l'étiage sont prononcés et longs sur l'Oubangui alors que les crues se sont réduites en volume et en durée en 20 ans. Les coefficients de tarissement calculés établissent cette

dégradation hydrologique dès 1970-1971 ; la démonstration forte de cette rupture climatique dans les séries de l'Oubangui est surtout cette opposition entre les modules des années 1969-1970 et 1970-1971 qui sont respectivement de 6051 m³/s et 4283 m³/s, soit une chute de 1768 m³/s, ce qui est énorme pour une seule année. Toutefois, si cette tendance semble avoir été irrégulière avec des fluctuations marquant son évolution, par contre la période de 1990 à 2005 a été beaucoup plus importante en ce qui la concerne. Dans ce contexte déficitaire, les étiages sur l'Oubangui se sont allongés dans le temps des mois de février - mars - avril aux mois de juillet-août, ce qui démontre la faiblesse des crues simultanément. Les interventions anthropiques, encore mineures, ne semblent pas encore perturber le régime général de l'Oubangui à Bangui, en comparaison avec la péjoration pluviométrique sévère qui frappe la région. Aussi, vu l'importance régionale du fleuve, peut-on s'inquiéter des conséquences à venir sur les ressources en eau de toute la savane centrafricaine et l'alimentation en eau du Fleuve Congo. Cette situation mettrait en difficulté l'agriculture et l'élevage en RCA qui restent vulnérables aux effets du changement climatique, mais susciterait aussi des inquiétudes quant à une éventuelle déficience de structures techniques (ouvrages hydrauliques et production d'électricité) et à une réduction de la circulation sur le fleuve à cause de l'allongement de l'étiage annuel.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEGOTO G., 2009. Rapport d'étude sur l'évolution du front agricole dans les PEA de l'IFB 165, 186 et de SCD 187. Photo-interprétation, Projet PARPAF (Projet d'Appui à la Réalisation des Plans d'Aménagement Forestier), Bangui, 14 p.
- BOULVERT Y., 1990. Avancée ou recul de la forêt centrafricaine. Changements climatiques, influence de l'homme et notamment des feux. In : *Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique*. R. Lanfranchi & D. Schwartz (Eds), Coll. Didactiques, ORSTOM, Paris, 535 p.
- BOUQUET C., 1984. Climat. In : Atlas de la République Centrafricaine, Vennetier P. & Laclavère G. (Eds), *Editions Jeune Afrique*, Paris, 13-17.
- BRUEL G., 1902. Note sur la météorologie du Haut-Chari. *Mémoires, Société Météorologique de France*, avril 1902, 9 p.
- BUREAU CENTRAL DU RECENSEMENT (BCR), 2005. La République centrafricaine en chiffres. Résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) de décembre 2003. *République centrafricaine, Ministère de l'Economie, du Plan et de la Coopération Internationale, Direction Générale de la Statistique, des Etudes Economiques et Sociales*, Bangui, 23 p.
- CALLEDE J., BOULVERT Y. & THIEBAUX J.P., 2010. Monographie du Bassin de l'Oubangui. Editions ORSTOM, Collection Monographies Hydrologiques. (www.mpl.ird.fr/hydrologie/document/monogras/oubangui/index104.htm).
- CACHIER H., 1992. Biomass burning sources. *Encyclopedia of Earth System Science*, 1: 377-385.
- CASTANY G., 1963. *Traité pratique des eaux souterraines*. Paris: Dunod, ; 657 p.
- DWYER E. & MALINGREAU J-P., 1995. Global fire product. In: IGBP-DIS workshop on Global Fire Monitoring, JRC, 17-19 : 5p.
- KONDAYEN A.-I., 2012. Stratégie environnementale en matière d'agriculture. Politique environnementale intégratrice pro-pauvre dans les zones pilotes de la Lobaye, l'Ouham et du Mbomou, République Centrafricaine. PNUD & Ministère de l'Environnement et de l'Ecologie. Coordination Nationale du PTA Environnement et Croissance pro-pauvre, Bangui, 33 p.
- LARAQUE A., OLIVRY J.-C., ORANGE D. & MARIEU B., 1997. Variations spatio-temporelles des régimes pluviométriques et hydrologiques en Afrique Centrale du début du siècle à nos jours. *FRIEND '97 — Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management (Proceedings of the Postojna, Slovenia, Conference, September-October 1997)*. *IAHS*, 246: 257-263.
- LARAQUE A., MAHE G., ORANGE D., MARIEU B., 2001. Spatio-temporal variations in hydrological regimes within Central Africa during the twentieth century. *Journal of Hydrology*, 245, 1-4: 104-117.
- LIENOU, G., MAHE G., J.E. PATUREL, E. SERVAT, D. SIGHOMNOU, G.E. ECODECK, A. DEZETTER & DIEULIN C., 2008. Changements des régimes hydrologiques en région équatoriale camerounaise : un impact du changement climatique en Afrique équatoriale ? *Hydrological Sciences Journal* 53, (4) : 789-801.
- NGUIMALET C.-R., 2010. Climate change perceptions and local coping strategies of water management: comparison of Tomi, Gribingui and Fafa basin-slopes (Central African Republic) and Lake Naivasha basin (Kenya). *Final Report*, Egerton University, 63 p.
- NGUIMALET C.-R. & BOULVERT Y., 2006. Les crues historiques de l'Oubangui et leurs implications dans la gestion de l'eau du site de Bangui, capitale de la République Centrafricaine. *Communication pour le*

- Colloque International Interactions Nature-Société : Analyses et Modèles*, La Baule (France), mai 2006. http://www.geolittomer.univ-nantes.fr/.../C1_0405_NGUIMALET.pdf
- ORANGE D., FEIZOURE C., WESSELINK A. & CALLEDE J., 1995. Variabilités hydrologiques de l'Oubangui à Bangui au cours du XX^e siècle. *Actes des Journées Scientifiques FRIEND-AOC*, Cotonou (Bénin), 20 p.
- ORANGE D., GHILOUFI M., EUDES X. & VINE P., 1996. Etude de l'impact des feux sur l'érosion des sols à partir des transports solides des cours d'eau en milieu tropical humide (Oubangui, RCA). Rapport PEGI, Laboratoire d'Hydrologie, ORSTOM, Montpellier, 115 p.
- ORANGE D., 1996. Transports de matières dans un bassin fluvial tropical humide en zone de forêt : l'Uélé au Zaïre. *Bull. Sc. Géol.*, Strasbourg, 49, (1-4): 71-88.
- ORANGE, D., A. WESSELINK, G. MAHE & FEIZOURE C., 1997. The effects of climate changes on river baseflow and aquifer storage in Central Africa. Proceedings of Rabat Symposium, 5th IAHS Assembly, IAHS Publ. 240, Sustainability of water resources under increasing uncertainty, 113-123.
- POULIZOH Th., ZIA-KOYANGBO A. & BAKASSA-GUENGANDO D.-F., 2005. Caractéristiques économiques de la population de Centrafrique. *Rapport d'Analyse Thématique*, Min. Économie, Plan & Coopération Internationale, Direction Générale Statistique, Études Économiques et Sociales, Bureau Central Recensement, 3^e RGPH 2003, Bangui, 66 p.
- RUNGE J. & NGUIMALET C.-R., 2005. Physiogeographic features of the Oubangui catchment and environmental trends reflected in discharge and floods at Bangui 1911-1999, Central African Republic. In: Tropical Rivers (E.M. Latrubesse, J.C. Stevaux & R. Sinha, eds), *Geomorphology*, 70, (3-4): 311-324.
- SAVANE, I., COULIBALY, K. M. & GIOAN P., 2001. Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man. Science et changements planétaires. *Sécheresse* 12, (4) : 231-237.
- WESSELINK A., ORANGE D., FEIZOURE C., & RANDRIAMIARISOA, 1996. Les régimes hydroclimatiques et hydrologiques d'un bassin-versant de type tropical humide : l'Oubangui (République Centrafricaine). In: Chevallier P. et Pouyaud B. (Eds) (1996): *L'Hydrologie Tropicale: géoscience et outil pour le développement*, IAHS, 238: 179-194.

