



HAL
open science

L'HYDROMORPHOLOGIE APPLIQUEE: “ Pour mieux comprendre la dynamique fluviale de l'Oubangui ”

Chanel Nzango

► **To cite this version:**

Chanel Nzango. L'HYDROMORPHOLOGIE APPLIQUEE: “ Pour mieux comprendre la dynamique fluviale de l'Oubangui ”. 2019. hal-02330339

HAL Id: hal-02330339

<https://hal.science/hal-02330339>

Submitted on 23 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'HYDROMORPHOLOGIE APPLIQUÉE

« Pour mieux comprendre la dynamique fluviale de l'Oubangui »

Contrairement à l'idée reçue, un cours d'eau n'est pas que de l'eau et des sédiments en mouvement depuis la source vers l'exutoire. De même, un cours d'eau n'est pas que le support des activités humaines (pêche, navigation, approvisionnement en eau, irrigation, hydroélectricité etc.). Pour autant, un cours d'eau est un écosystème riche, fragile, complexe, diversifié et mobile, capable d'évoluer dans l'espace-temps sous l'effet des cycles climatiques, des mouvements géologiques et des actions anthropiques. Les cours d'eau sont aussi des milieux vivants dotés d'un système immunitaire leur permettant de répondre aux perturbations internes et externes. Lorsqu'ils sont en phase de crues, les cours d'eau sortent de leur lit mineur (talweg) pour occuper exceptionnellement le lit majeur et la plaine alluviale. Ce processus de migration latérale, qui a parfois pour corollaire des aléas d'inondations, est bénéfique pour la respiration des cours d'eau et très indispensable pour le cycle biologique des communautés aquatiques.

L'hydromorphologie se présente comme la discipline scientifique qui permet d'appréhender toutes les complexités physico-chimiques qui sont à l'origine de la biodiversité aquatique. N'excluant pas l'homme, l'hydromorphologie permet aussi de rendre compte des interactions entre les rivières et les communautés vivantes. La compréhension de tous ces processus est essentielle à la gestion durable des hydrosystèmes fluviaux. Selon les écoles et les pays, l'ingénieur hydromorphologue ou le chercheur en géomorphologie fluviale, est ce spécialiste qui s'intéresse aux processus susceptibles de façonner les formes fluviales à l'échelle spatio-temporelle. Cette plaquette présente les concepts d'hydromorphologie en application sur l'Oubangui, une rivière tropicale à charge sableuse, dont la géodynamique est mal connue.

Chanel NZANGO



Dans cette plaquette

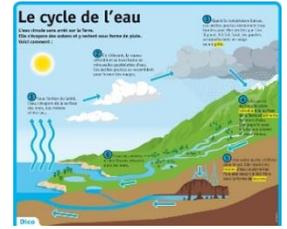
- 1- Le bassin versant de l'Oubangui
- 2- Le régime hydrologique et les extrémums
- 3- Les aménagements hydrauliques
- 4- Les ajustements fluviaux aux fluctuations

1 - Le bassin versant de l'Oubangui

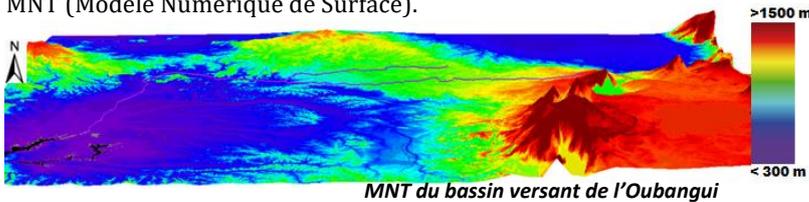
$P = E + D$
 Avec $P =$ Précipitation
 $E =$ Evapotranspiration et
 $D =$ Ecoulement ou Drainage

D'abord d'où vient l'eau des rivières ?

Jusqu'au 18^{ème} siècle, la théorie dominante était que les eaux des rivières provenaient des eaux d'infiltration des mers et océans ; c'est ce que l'on appelle le « cycle de Per Descensum ». L'avènement de la théorie du « cycle de l'eau » a permis de comprendre que les eaux véhiculées par les rivières proviennent essentiellement des précipitations (pluie, neige etc.). Le cycle de l'eau dont le moteur est le soleil se matérialise par des échanges multiformes (vapeur, liquide, solide) de l'eau entre les différentes sphères du globe (biosphère, lithosphère, cryosphère, hydrosphère, atmosphère). Notons qu'en moyenne 65% de pluie atteignant le sol s'évaporent. 11% s'infiltrent dans le sous-sol et seulement 24% ruissellent sur le **bassin versant** sous forme de torrents et rivières. Ainsi, plusieurs équations ont été avancées pour quantifier le bilan hydrique sur un bassin versant. La plus simplifiée d'entre elles s'écrit comme suit : $P = E + D$ ($D = P - E$).

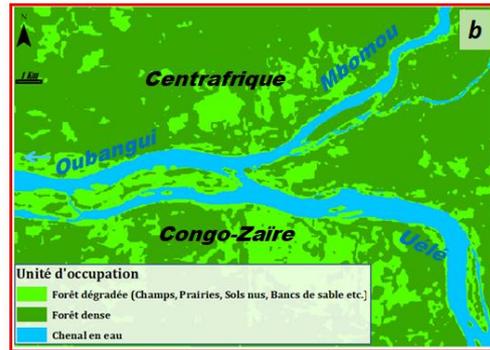


Sous l'effet gravitaire, les rivières s'écoulent sur une aire de drainage et se convergent vers l'exutoire, d'où la notion du bassin versant. Le bassin versant peut-être extrait à partir d'une carte topo ou d'un MNT (Modèle Numérique de Surface).



Le bassin est considéré comme l'unité hydrologique de gestion et d'aménagement des rivières. C'est ainsi qu'on distingue le bassin versant apparent (topographique) et le bassin versant réel (hydrogéologique)

Long de plus de 2 200 km, l'Oubangui dès sa source à Uélé (RD Congo) draine un bassin versant quasi-forestier. La rivière adopte le nom de l'Oubangui à partir du bec de Mbomou (22°26'6"E, 4°7'30"N), où une confluence à trois s'organise entre l'Uélé, le Mbomou et la Bili.



Confluence de l'Uélé, Mbomou et Bili. Image satellite Sentinel

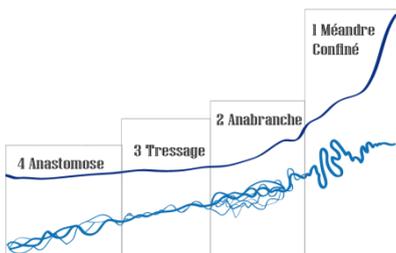
Carte d'identité de l'Oubangui

- Nom : Oubangui, Ubangui, Uélé
- Longueur : > 2 200 km depuis Uélé (~1100 km à partir de Uélé-Mbomou-Biri).
- Aire du bassin versant : 643 900 km².
- Caractéristique sédimentologique : Sableuse
- Source d'écoulement : mal déterminée
- Oubangui apporte ~13% du débit du fleuve Congo.
- Son bassin abrite des peuples autochtones (pygmées Aka) et des peuples de l'eau.



Subdivision longitudinale en trois tronçons homogènes

- Haut-Oubangui : de la rivière Uélé jusqu'à la confluence avec le Mbomou.
- Moyen-Oubangui : de Kembia jusqu'à Zinga (confluence Oubangui-Lobaye).
- Bas-Oubangui : de Zinga jusqu'au fleuve Congo.



Style fluvial et géométrie hydraulique

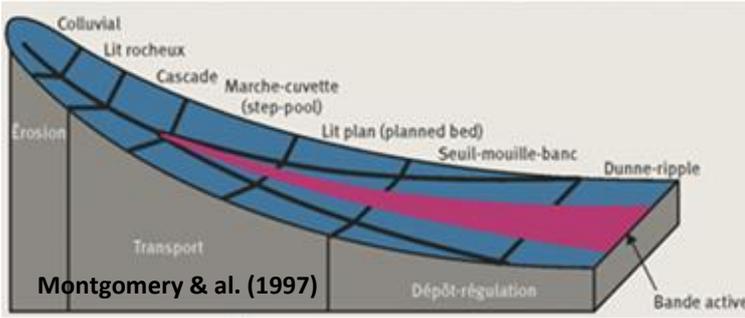
Le style fluvial d'un cours d'eau correspond à l'ajustement progressif des formes d'écoulement suivant la variation longitudinale de l'écoulement. Il est la forme résultante des interactions entre l'hydrologie, la lithologie et la tectonique. De nombreux modèles théoriques de styles fluviaux ont été proposés par des géomorphologues depuis la seconde moitié du 20^{ème} siècle. Le tableau suivant permet de présenter d'amont en aval la liste non exhaustive des styles fluviaux de l'Oubangui.

Indice de sinuosité
 Rectiligne : $IS < 1,5$
 Méandre : $IS > 1,5$
 Tresse : $IS < 1,5$
 Anastomosé : $IS > 1,5$

Tronçons	Styles fluviaux	Nature du substrat	Macro formes	Type de lits	Géométrie hydraulique
Haut-Oubangui	Méandre Confiné	Gneiss Granite		Savane/forêt	Chenal étroit (Rapides)
Haut et moyen Oubangui	Anabranché	Gneiss Granite	Îles moyennes	Forêt dense	Large et Étroit (Rapides)
Moyen- Oubangui	Rectiligne/ Tressage	Grés Quartzite	Bancs alternés + îles moyennes	Forêt dense	Large et Étroit (Rapides + chutes)
Bas- Oubangui	Anastomose	Alluvions sableuses	Bancs alternés + grandes îles	Forêt dense	Large et Étroit

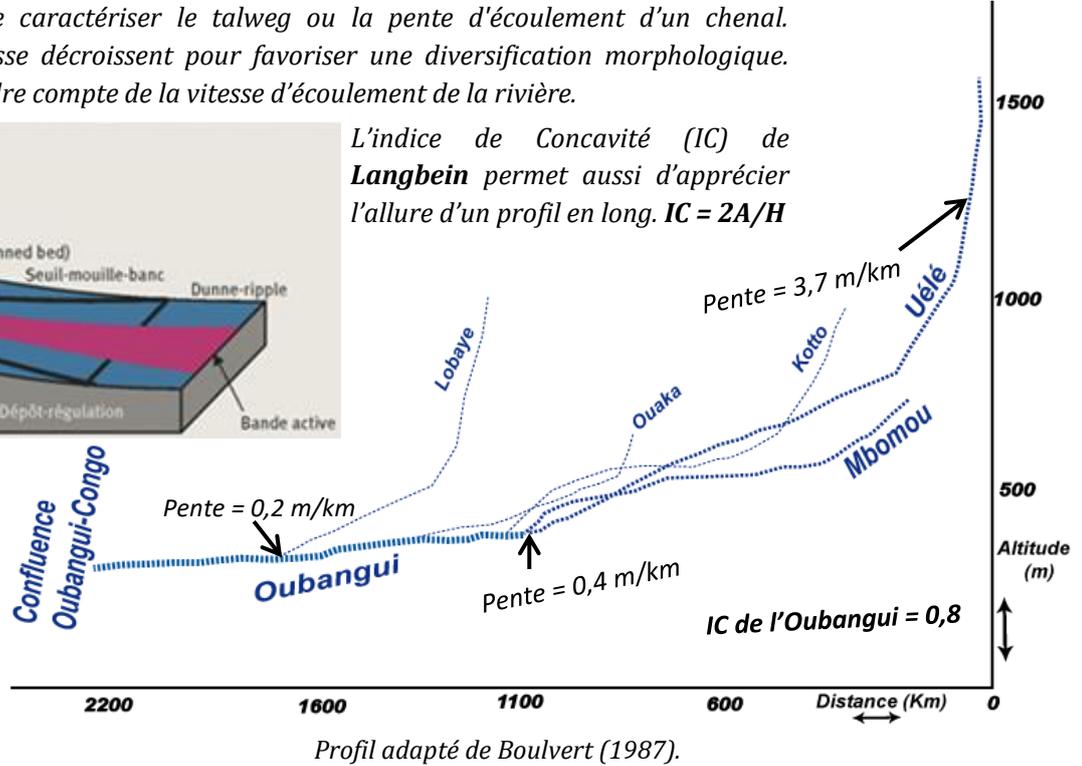
Profil en long

Un profil longitudinal permet de caractériser le talweg ou la pente d'écoulement d'un chenal. D'amont-aval, la pente et la vitesse décroissent pour favoriser une diversification morphologique. L'indice de la pente permet de rendre compte de la vitesse d'écoulement de la rivière.



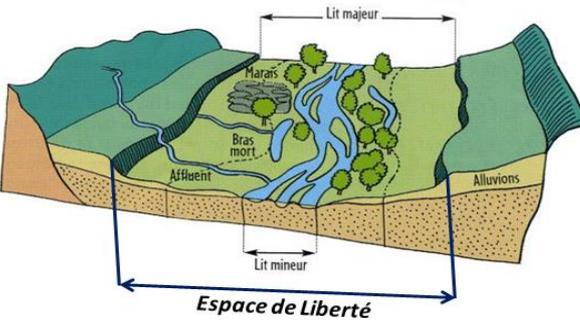
L'indice de Concavité (IC) de Langbein permet aussi d'apprécier l'allure d'un profil en long. $IC = 2A/H$

La pente et le débit font de la rivière un système énergétique. Lorsque la pente augmente, la rivière a en effet tendance à éroder son lit. À l'inverse, lorsque la pente diminue, la rivière accumule des sédiments dans des zones préférentielles de dépôt.

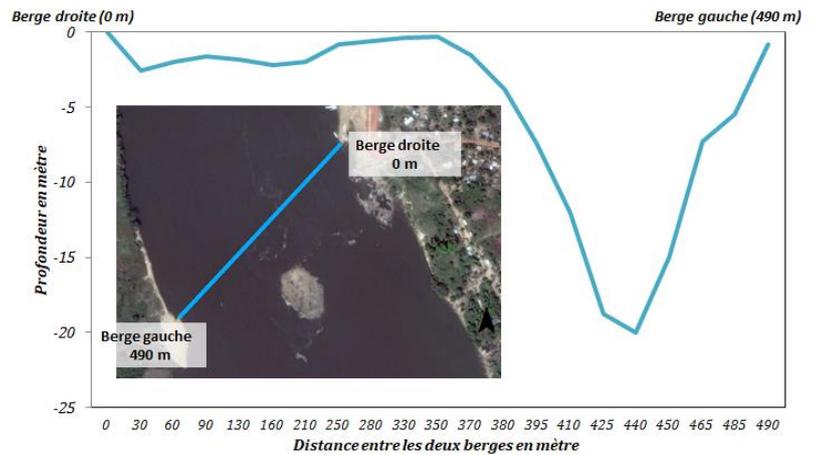


Profil en travers

Un profil en travers permet d'apprécier le degré de liberté latéral d'un chenal et son ajustement vertical (profondeur). Une rivière en bon état écologique est une rivière capable d'assurer des translations latérales nécessaires à la mise en place d'une mosaïque fluviale.



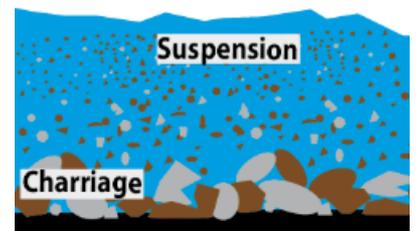
Profil en travers de l'Oubangui à Bangui



L'Oubangui à Bangui dispose d'une dynamique fluviale moins active.

L'Oubangui, une rivière qui transporte très peu de sédiments grossiers

L'une des fonctions principales des rivières est d'assurer le transfert des sédiments vers l'aval [Recking & al., 2013]. Pour ce faire, elles doivent disposer d'une certaine compétence nécessaire pour éroder leur lit et leur berge et de véhiculer des matériaux solides. Le transport solide en rivière dépend de la force tractrice (friction force) dans le chenal, qui est une force de frottement exercée par l'eau sur les parois et sur le fond du chenal afin d'arracher les particules ; son équation est la suivante : $\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot S$ avec τ_0 la force tractrice, γ le poids spécifique de l'eau, R le Rayon hydraulique et S la pente de ligne de charge. De la taille des grains se distinguent en rivières deux grands modes de transport des charges sédimentaires : le charriage et la suspension.

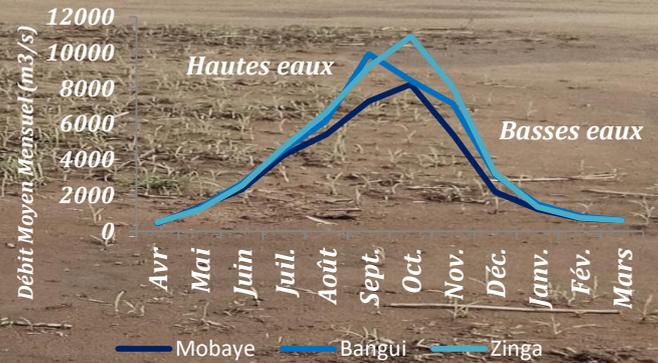


Malgré son débit moyen important (~3700 m³/s), la rivière évacue en moyenne 26 mg/l de MES par an, soit 36 mg/l lors des hautes eaux. L'Oubangui n'évacue quasiment pas de sédiments grossiers, car son **D50** n'atteint même pas 2 mm. Cette incompétence s'expliquerait par la résistivité du substratum à l'abrasion (érosion linéaire). Plus encore, le caractère ferrugineux du bassin accroît considérablement la résistivité du substrat vis-à-vis de l'abrasion. En hydraulique fluviale, le **D50** correspond à la granulométrie moyenne des sédiments.

2 – Le régime hydrologique

Le régime hydrologique est le déterminant principal de la diversité écologique des rivières. C'est un paramètre indispensable au cycle biologique des communautés vivantes et au renouvellement des habitats aquatiques. Il correspond de fait aux variations saisonnières des débits d'un cours d'eau entraînant les phases de hautes et basses eaux. Plusieurs méthodes permettent de mesurer un débit fluvial, dont celle de jaugeage utilisée sur l'Oubangui depuis le 19^{ème} siècle. De nos jours, le débit de l'Oubangui est obtenu via une courbe de tarage.

Ex : Régime hydrologique de l'Oubangui pour l'année hydrologique



NB : Après jaugeage, le débit (Q) est obtenu par le produit de l'aire mouillée (A) par la vitesse d'écoulement (V). $Q (m^3/s) = A.V$

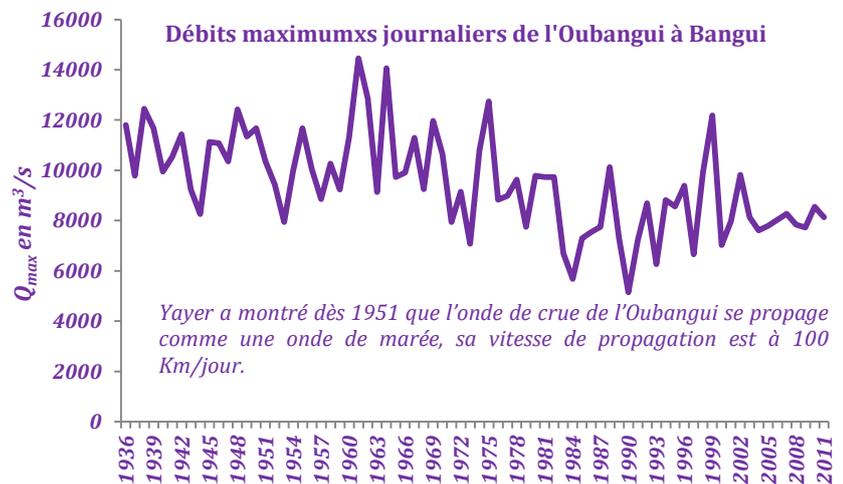
L'Oubangui à l'instar des rivières tropicales dispose d'un régime d'écoulement monomodal dont le mode se trouve généralement en octobre. Ce type de régime est simple dans son principe de fonctionnement, car il est conditionné directement par la pluie. La montée des eaux (hautes eaux) sur l'Oubangui débute en avril pour atteindre le maximum en septembre, octobre voire novembre. C'est durant cette saison que de nombreuses espèces halieutiques se reproduisent. C'est aussi la saison de la campagne navigable. Tandis que la décrue (basses eaux) commence en décembre pour finir en mars ; et celle-ci correspond à la saison idéale pour l'extraction des sables.

Qu'en est-il des extrêmes hydrologiques de l'Oubangui ?

Le système fluvial fonctionne par pulsation (flood pulse) qui entraîne à l'échelle interannuelle des événements extrêmes, rares et de fortes magnitudes qui conditionnent la dynamique fluviale. Les événements extrêmes en rivière intègrent les étiages et les crues, avec leurs degrés variés de sévérité [Nguimalet, 2017]. Les étiages sont synonymes de « pénurie hydrique » et correspondent généralement au plus bas niveau atteint par le débit en une station donnée. « 1985 » correspond à l'année d'étiage critique, soit un débit minimum journalier avoisinant les 234 m³/s. Tandis que 1990 correspond à l'année dont la moyenne annuelle est la plus sèche. Lors des épisodes secs, l'alimentation en eau est limitée, la survie des espèces aquatiques est mise en péril, les bancs de sables sont à découvert et les conditions navigables sont difficiles.

Les crues sont une augmentation plus ou moins brutale du débit d'un cours d'eau qui se traduit généralement par une augmentation très visible du niveau d'eau.

Les chroniques des débits maximums permettent de dresser une courbe de crues de l'Oubangui depuis 1935. Notons que l'Oubangui a enregistré une crue exceptionnelle le 02 novembre 1961 avec un pic avoisinant les 14 460 m³/s. Les crues se définissent par leur genèse, leur puissance (coefficient A), leur durée, et leur fréquence. En termes de puissance, Nguimalet (2017) a ainsi montré que la crue exceptionnelle de 1961 dispose d'un **coefficient A** de 20,39.



Fréquence des crues exceptionnelles sur l'Oubangui

D'un point de vue d'aménagement, la connaissance des débits maximums de crues d'une rivière permet aux ingénieurs et aux gestionnaires de bien calibrer leurs ouvrages hydrauliques (digues, barrages, canaux) afin d'optimiser leurs rendements. Le temps de retour des crues exceptionnelles est souvent déterminé à partir des simples lois statistiques comme la loi de Gumbel qui est le modèle le plus utilisé en hydrologie fréquentielle.

Loi de Gumbel : $F(x) = \exp[-\exp(-u)]$

	Temps de retour (ans)						
	2	5	10	20	50	100	
Loi de Gumbel (m ³ /s)	9164	10844	11956	13022	14403	15438	Auteur: Nzango C.
Loi de Pearson 3 (m ³ /s)	9820	11600	12400	13000	13600	14900	Auteur: Callède & al.

D'un de vue hydromorphologique, une *crue* n'est guère synonyme d'une *perturbation* en rivière. Lévêque (2016) a ainsi montré qu'une crue, même si elle est brutale, fait partie du fonctionnement normal d'un système fluvial. Une crue offre de réelles opportunités aux rivières d'inonder leurs annexes fluviaux (lit majeur, plaine alluviale, bras morts, etc.) afin de régénérer le substrat, de redistribuer des accumulations de matière organique, de diluer des particules fines minérales et organiques au sein de toute la plaine d'inondation. Les crues mythiques du Nil dans l'Égypte antique étaient nourricières, et étaient considérées comme un « don de Dieu », car elles apportent des limons susceptibles de fertiliser le sol dans le désert.

Le Monde

Consulter le journal

Se connecter

ACTUALITÉS ÉCONOMIE VIDÉOS OPINIONS CULTURE M LE MAG SERVICES

Partage

Le Monde Afrique

Parmi les dix villes les plus menacées par le changement climatique, huit sont en Afrique

Bangui, en Centrafrique, Monrovia, au Liberia, et Mbuji-Mayi, en RDC, sont les trois villes les plus à risque.

Le Monde avec AFP - Publié le 14 novembre 2018 à 09h35 - Mis à jour le 14 novembre 2018 à 09h35

En domaine tropical, la « mousson » est de loin, le type de pluie qui génère les crues. Elle est considérée comme le système climatique le plus puissant au monde et se produit en fonction de la migration de la ZCIT (Zone de Convergence Intertropicale). Elle rythme la vie des sociétés tropicales, et est à l'origine de grandes civilisations Asiatiques basées sur la culture du riz et des céréales [Aubaile, 2014]. Le mot mousson dérive du mot arabe « maüsim » signifiant « saison », est souvent assimilé aux crues saisonnières en Asie. Mais en réalité, la mousson recouvre un phénomène plus général aux zones intertropicales.

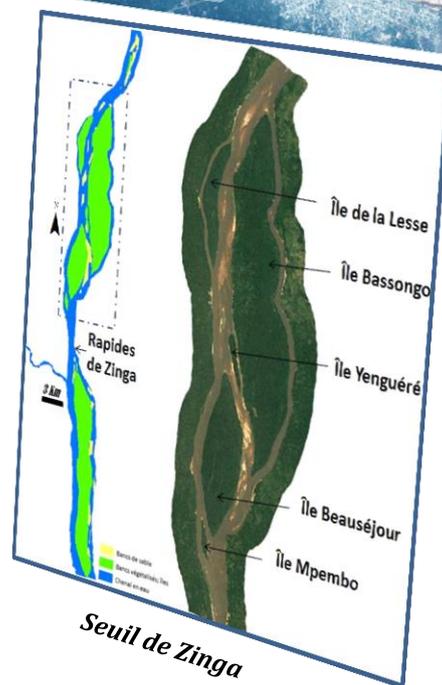
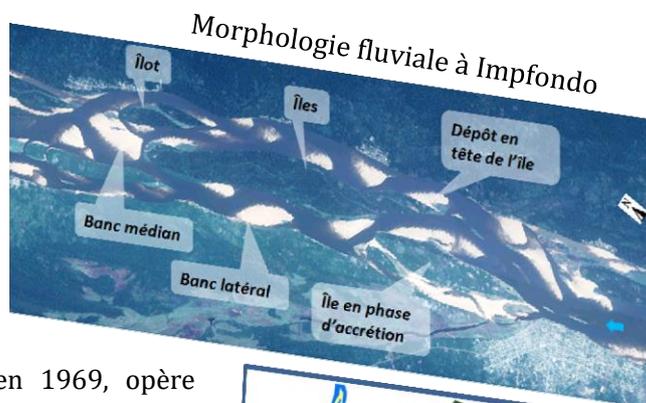
3 – Les aménagements hydrauliques

Sur l'Oubangui, les premiers projets d'aménagements ont été proposés pour améliorer la complexité de la navigation à l'endroit des seuils rocheux (chutes, rapides, etc.) qui entravaient la remontée de la rivière par les bateaux. Toutes les écluses projetées ont été abandonnées du fait que les nouveaux bateaux étaient équipés de puissants moteurs. Mais à partir de la seconde moitié du 20^{ème} siècle, l'obstacle majeur à la navigabilité est l'ensablement des passes navigables.

Le SCEVN, organe d'entretien des voies navigables, fondé en 1969, opère régulièrement à des travaux de dragages sur le bief Bangui-Brazzaville (Oubangui-Congo). Le principal site d'obstacle se trouve le site de Zinga qui dispose d'un seuil à la fois rocheux et sableux. Par conséquent, le SCEVN procède au dérochement et au dragage pour élargir et approfondir les passes navigables en vue d'obtenir un tirant d'eau supérieur ou égal à 0,90 m.

Selon Censier (1995), l'ensablement est l'une des caractéristiques sédimentologiques principales du chenal de l'Oubangui. Il obstrue l'écoulement en limitant les possibilités de la navigation durant la période des décrues. Le trop-plein des sables est extrait et valorisé par endroit, notamment au secteur fonctionnel de Bangui. L'extraction se fait de manière artisanale et le plus souvent lors des décrues, soit dans le fond du chenal, soit en tête de l'île des sables (île Mbongo.)

Bien qu'elles se fassent de manière artisanale, les activités d'extraction de sables peuvent toutefois perturber l'équilibre sédimentaire de l'Oubangui et engendrer un enfoncement du chenal dans les secteurs d'extraction. A l'heure actuelle, aucune étude d'impact n'a été réalisée en vue de déterminer les effets réels de cette activité sur le bilan morphosédimentaire de l'Oubangui.



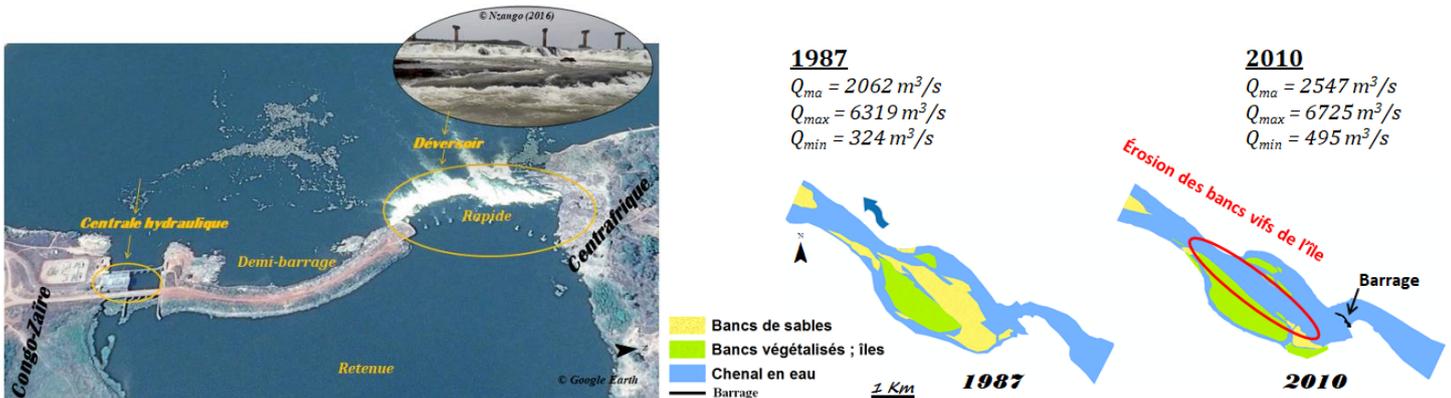
Les aménagements à vocation hydroélectrique

Le bassin de l'Oubangui est doté d'immenses potentialités hydrauliques et navigables grâce à son réseau hydrographique dense et bien arrosé. Malgré tout, ce bassin demeure parmi les moins aménagés du globe. Seulement trois aménagements hydroélectriques sont répertoriés sur tout le bassin.

- Chronologiquement, nous avons le complexe hydraulique de Boali (18° 00' 05" E, 4° 55' 10" N). Il s'agit là d'une chaîne d'aménagements hydroélectriques qui court-circuite le linéaire de la rivière Mbali, un sous-affluent de la rivière Oubangui. Long d'environ 30 km, cette chaîne d'aménagement « au fil de l'eau » est répartie en 3 centrales hydrauliques. La première date de 1954, la deuxième de 1976, et la troisième, équipée d'un grand barrage-réservoir, date de 1991.
- Le second est réalisé sur la rivière Oubangui et se rapporte à l'aménagement hydroélectrique de Mobaye (21° 11' 0" E, 4° 18' 02" N). Edifié en 1989, l'ouvrage de Mobaye est un « demi-barrage », car il n'obstrue que partiellement la largeur du chenal de l'Oubangui dans ce secteur de « rapides ».
- Un troisième aménagement hydraulique a été signalé sur le haut-Oubangui dans la localité de Kibali (29° 29' 52" E, 3° 19' 59" N), l'une des régions les plus reculées de la République Démocratique du Congo. Il s'agit d'une Petite Centrale Hydraulique (PCH) installée en 2011 par la société RANGOLD sur la rivière Nzoro (affluent de l'Oubangui) en vue de produire de l'hydroélectricité pour soutenir les opérations d'extractions minières.
- Hormis ces trois aménagements sus-évoqués, un immense projet de constructions de deux barrages est prévu sur l'Oubangui à Palambo et sur son affluent, la Kotto à Bria. Ce projet a pris naissance dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle, et visait essentiellement à transférer de l'eau vers le sahel afin de lutter contre la « sécheresse » du lac Tchad. Lors de la dernière conférence de l'UNESCO sur le lac Tchad en 2018 au Nigeria, l'UA (Union Africaine) a approuvé ce projet de transfert interbassin comme étant un projet panafricain visant à restaurer le lac Tchad pour un développement, une sécurité et une paix durables dans la région.

Aperçu sur l'aménagement de Mobaye

L'Ouvrage hydroélectrique de Mobaye est l'un des rares à être érigé sur le linéaire direct de l'Oubangui. À Mobaye, l'Oubangui fait d'office de frontière naturelle entre le Centrafrique (rive droite) et le Congo Démocratique (rive gauche). Construit entre 1986-1989 par un cabinet Belge, assisté de Coyne & Bellier, l'avènement du barrage a ainsi contribué à améliorer les conditions de vies sociales des autochtones sur les deux rives. Toutefois, quelques changements morphosédimentaires ont été enregistrés après l'établissement du barrage. Les unités morphosédimentaires situées en aval immédiat du barrage ont perdu 22% de leur surface.



Quels sont les impacts du barrage sur le continuum fluvial de l'Oubangui ?

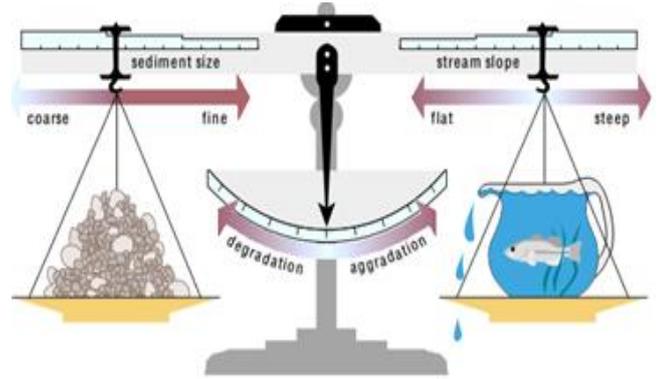
En dépit de quelques altérations morphologiques enregistrées, les analyses hydrostatistiques sur **KhronoStat** avec la Segmentation **d'Hubert**, n'ont révélé aucune cassure dans le régime hydrologique (Q_{ma} , Q_{max} et Q_{min}) après la régulation de l'Oubangui en 1989 à Mobaye. Néanmoins, une rupture commune a été détectée en **1970** sur l'ensemble des paramètres hydrologiques étudiés. Cette rupture correspond à la rupture générale observée sur la majorité des hydrosystèmes tropicaux sous effets des forçages climatiques de la seconde moitié du 20^{ème} siècle.

Paramètres hydrologiques	Année de Rupture
Q_{ma} (Débit Moyen Annuel)	1959 ; 1970 ; 1982
Q_{max} (Débit Maximum Annuel)	1961 ; 1970
Q_{min} (Débit Minimum Annuel)	1961 ; 1963 ; 1970

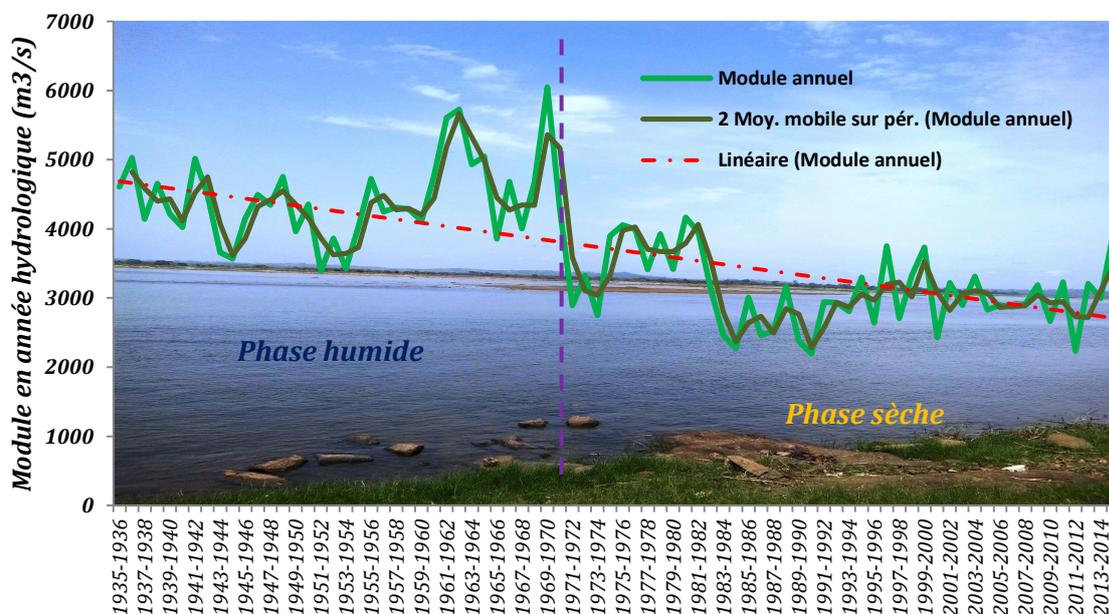
4 – Les ajustements aux fluctuations hydrosédimentaires

Les deux paramètres qui contrôlent l'évolution géomorphologique des rivières sont : les flux hydriques (débits) et les flux de matières (sédiments). « **L'équilibre parfait** » en rivière s'opère lorsque la quantité d'eau et de sédiments entrant dans une section donnée équivalent à la quantité en sortie. Mais cet équilibre n'est jamais ou rarement atteint, car les rivières sont constamment soumises aux variations climatiques, aux mouvements géologiques et aux aménagements humains. Par conséquent, La rivière doit donc ajuster continuellement son lit pour maintenir une capacité de transport en adéquation avec sa charge sédimentaire [Recking & al., 2013]. Cet ajustement perpétuel permet à la rivière d'avoir un « **équilibre dynamique** ». Dans sa recherche d'équilibre post-perturbation, la rivière peut revenir à « l'équilibre initial » ou d'évoluer vers un « nouvel équilibre ». Ce mécanisme se produit suivant une échelle temporelle appelée « **temps de relaxation** ».

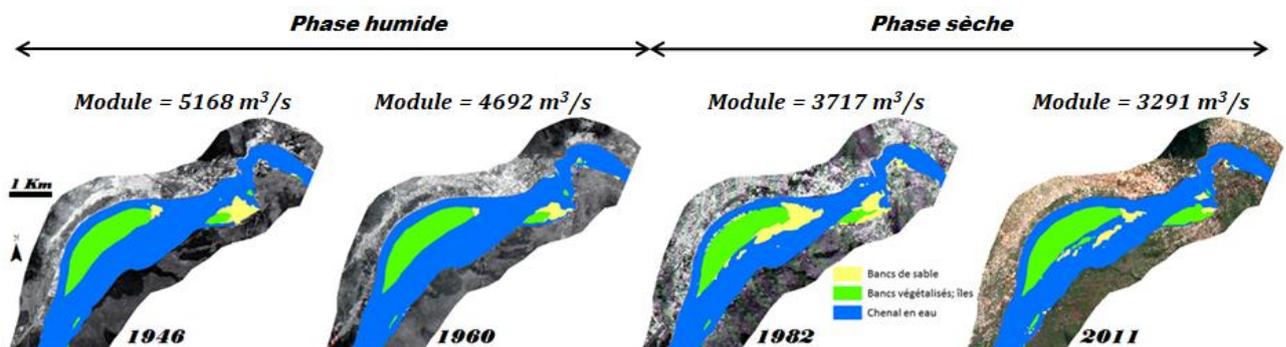
Principe de l'équilibre dynamique établi par Lane



L'application du test statistique de Pettitt sur les chroniques du débit de l'Oubangui a permis de distinguer deux grandes phases d'écoulement de part et d'autres de 1970. **Une phase humide antérieure à 1970, et une phase sèche post-1970.**



L'année 1970 semble marquer à la fois pour l'Afrique occidentale comme pour l'Afrique centrale, l'accident hydroclimatique majeur du 20^{ème} siècle annonçant sa principale période d'écoulement déficitaire [Laraque & al., 2012]. Tardy & Probst (1992) ont par exemple montré que l'origine de cette sécheresse se trouve dans des anomalies dans la position de la ZCIT. Dans ce contexte de sécheresse généralisé, l'Oubangui semble être la rivière la plus affectée par le déficit d'écoulement sur l'ensemble du bassin du Congo ; et pour cause, l'imperméabilité de son substratum géologique qui accentue les variabilités. L'analyse d'une série de photographies aériennes prises sur l'Oubangui au secteur de Bangui a permis de suivre de manière diachronique les réponses morpho-sédimentaires de la rivière suivant les fluctuations du module. Ainsi, 2 grandes phases majeures d'ajustements identifiées : une phase humide de 1946 à 1960, et une phase sèche de 1982 à 2011 qui se traduit spatialement par un processus d'ensablement et de végétalisation.



Pour aller plus loin ...

Ouvrages

- Les barrages de l'Oubangui : de l'impact hydraulique actuel à la prospective environnementale. Auteur : **Nzango C.** Editions : ANRT. 2019.
- Le bassin de l'Oubangui : Monographie hydrologique. Auteurs : **Callède J. Boulvert, Thiebaut J-P.** Editions : IRD. 2010.
- Carte oro-hydrographique de la RCA à 1: 1000000. Editions : IRD. Auteur : **Boulvert Y.** 1987.

Articles/Rapports :

- Caractérisation de la baisse hydrologique actuelle de la rivière Oubangui à Bangui. Auteurs : **Nguimalet C, Orange D.** La Houille Blanche. 2019.
- Evolutions récentes des débits du Congo, de l'Oubangui et de la Sangha. Geo-Eco-Trop. **Laraque A., Pandi A., Yambélé A., al.** 2012.
- Spatiotemporal variations in hydrological regimes within Central Africa during XXth Century. J. Hydrology. **Laraque A., Mahé G., Orange D. & al.,** 2001.
- AGU-Chapman, Conference on hydrologic research in the Congo basin. Washington (USA), 25-27 september 2018.

Contacts : Chanel Nzango, laboratoire CEDETE +33 06 59 6498 70. chanelnzango@yahoo.fr

