



Observatoire de Recherche pour l'Environnement
ORE AMMA/CATCH



Observatoire Hydrométéorologique de la Haute Vallée de l'Ouémé

Rapport de campagne Limnimétrie



2003

Nicolas THEVENOT
Jean-Michel BOUCHEZ
Marc ARJOUNIN
Fred MALINUR
Simon AFOUDA
Théodore OUANI
Christophe PEUGEOT



Ce rapport de campagne 2003 concerne uniquement les données limnimétriques de l'Observatoire Hydrométéorologique de la Haute Vallée de l'Ouémé (OHHVO). Les données pluviométriques et piézométriques font l'objet de deux rapports distincts.

L'Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) AMMA-CATCH est financé par l'IRD avec la contribution de l'Institut National des Sciences de l'Univers et de l'Environnement (INSUE) et du Ministère Français de la Recherche.

Les membres de l'équipe CATCH tiennent à exprimer leur gratitude à leurs partenaires de la Direction de l'Hydraulique pour leur collaboration et leur contribution au projet. Enfin, nous remercions nos partenaires au niveau des différentes entités de l'Université d'Abomey-Calavi pour leur contribution à la mise en œuvre du projet.

Photo de couverture : J-M. Bouchez

Ouémé à Aval Sani le 17/01/05 à 13h05 ; H = -2.5 cm ; écoulement pratiquement nul

Rapport de campagne 2003 : limnimétrie

L'année 2003 est la septième année de fonctionnement de l'Observatoire Hydro-météorologique de la Haute Vallée de l'Ouémé (OHHVO), instrumenté dans le cadre du projet AMMA-CATCH (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine – Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique).

Sur les 19 stations hydrométriques suivies, 6 appartiennent au Réseau National de la Direction de l'Hydraulique, et 13 au réseau CATCH géré par l'IRD.

Dans ce rapport, les écoulements ont été calculés à partir des courbes de tarage disponibles en mars 2004 (cf. « Stations limnimétriques de la haute Vallée de l'Ouémé. Description et courbes de tarage. », mars 2004), et sont donc susceptibles de changer.

Sommaire

I. Le réseau hydrométrique en 2003	9
Descriptif des stations du réseau en 2003	10
II. Données hydrométriques de la saison 2003	15
Critique des données	17
Remarques	19
Bilan de fonctionnement	21
Térou à la Cote 238 (238)	22
Ouémé à Affon-pont (AFP).....	24
Aguimo à Aguimo (AG)	25
Ara à Nalohou II (ARA).....	26
Ouémé à Aval Sani (AV)	27
Yérou Maro à Barérou (BA)	28
Ouémé à Bétérou (BETE)	29
Alpouro à Bori (BORI)	30
Bokpérou à Koko-Sika (BOK).....	31
Donga à Affon (DAF)	32
Donga au Pont (DON).....	33
Térou à Igbomakoro (IGBO).....	34
Donga au pont de la Route de Kolokondé (KOLO).....	36
Donga à Nekete (NEKE).....	38
Sani à Sani (SANI).....	39
Térou à Sarmanga (SAR)	40
Affon à Tébou (TEB)	41
Wéwé à Wéwé (WEWE).....	42
III. Bilan hydrologique et analyse de la saison sur l’OHHVO.....	43
Bilan hydrologique sur l’ensemble des sous-bassins	45
Analyse de la saison 2003	46
Annexe 1: Corrélations utilisées pour la reconstitution des débits en 2003.....	48

I. Le réseau hydrométrique en 2003

Descriptif des stations du réseau en 2003

Stations						RIVIERE	Sup (km ²)	Gestionnaire
	Nom	Code	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Nom		
238 (*)	COTE 238	1114501603	9,088	2,092	265,00	TEROU	3133	Réseau National
AFP	AFFON	1114500104	9,751	2,095	328,94	OUEME	1165	Réseau National
BA	BAREROU	1114501803	9,350	2,367	291,61	YEROU MARO	2162	Réseau National
BETE	BETEROU	1114500105	9,199	2,267	272,69	OUEME	10050 ⁽¹⁾	Réseau National
BO	BORI ou GOUROU	1114501406	9,755	2,399	306,18	ALPOURO	1607	Réseau National
W	WEWE	1114501505	9,385	2,116	323,43	WE-WE	293	Réseau National
AG	AGUIMO	1114501660	9,127	2,022	290,78	AGUIMO	402	CATCH
ARA	ARA	-	9,752	1,610	453,19	DONGA	12,8	CATCH
AV	AVAL SANI	1114501700	9,723	2,154	322,24	OUEME	3283	CATCH
BOK	BOKPEROU	-	9,780	1,921	364,87	DONGA	17,4	CATCH
DAF	DONGA à AFFON	1114500106	9,727	2,095	327,33	DONGA	1330	CATCH
DON	DONGA au PONT	1114501690	9,711	1,945	349,05	DONGA	586	CATCH
IGBO	IGBOMAKORO	1114501710	9,082	1,881	310,36	TEROU	2334	CATCH
KOLO	KOLOKONDE	-	9,752	1,687	409,90	DONGA	105	CATCH
KOUA	KOUA	-	9,764	1,774	389,64	DONGA	292	CATCH
NEKE	NEKETE	-	9,809	1,835	373,00	DONGA	409	CATCH
SANI	SANI	1114500130	9,756	2,123	325,33	SANI	745	CATCH
SAR	SARMANGA	1114501650	9,230	1,819	365,79	TEROU	1378	CATCH
TEB	TEBOU	1114500121	9,954	1,865	375,56	OUEME-AFFON	515	CATCH

Station	Date Installation	Matériel (*)					début enregistrements OTT
		1999	2000	2001	2002	2003	
238	21/07/1981	C	L/C	L/C	L/T	L/T	?/05/2002
AFP	08/05/1981	L	L/T	L/T	L/T	L/T	08/06/2000
BA	25/05/1981	L	L/T	T	T	T	07/10/2000
BETE	29/05/1952	L	L/T	T	L/T	L/T	16/09/2000
BO	06/05/1981		T	T	T	T	26/07/2000
W	12/06/1961	L	L	L/O	L/O	L/O	04/05/2001
AG	19/04/1997	T	T	T	T	T	29/05/1998
ARA	05/03/2002				T	T	05/03/2002
AV	12/06/1998	T	T	T	T	T	13/05/1999
BOK	07/03/2002				T	T	07/03/2002
DAF	10/05/1996	D	D/T	T	T	T	08/06/2000
DON	06/06/1998	T	T	T	T	T	29/05/1998
IGBO	20/06/1998	L	L/T	L/T	L/T	L/T	04/08/2000
KOLO	03/03/2002				T	T	03/03/2002
KOUA	02/03/2002				L/T	L/T	02/03/2002
NEKE	27/02/2002				T	L/T	27/02/2002
SANI	05/05/1997	T	T	T	L/T	L/T	25/05/1998
SAR	24/06/1998	T	T	T	T	T	24/06/1998
TEB	28/04/1997	D	D	L/T	L/T	T	02/04/2001

Matériel:

code	capteur	marque	système
L	Lecteur		échelle
C	Chloé C	Elsyde	pression
D	Chloé D	Elsyde	pression
O	Orphéus	OTT	pression
T	Thalimédès	OTT	flotteur

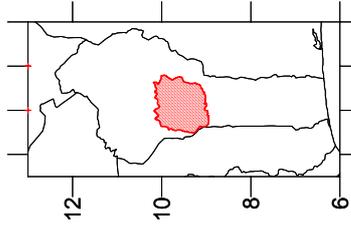
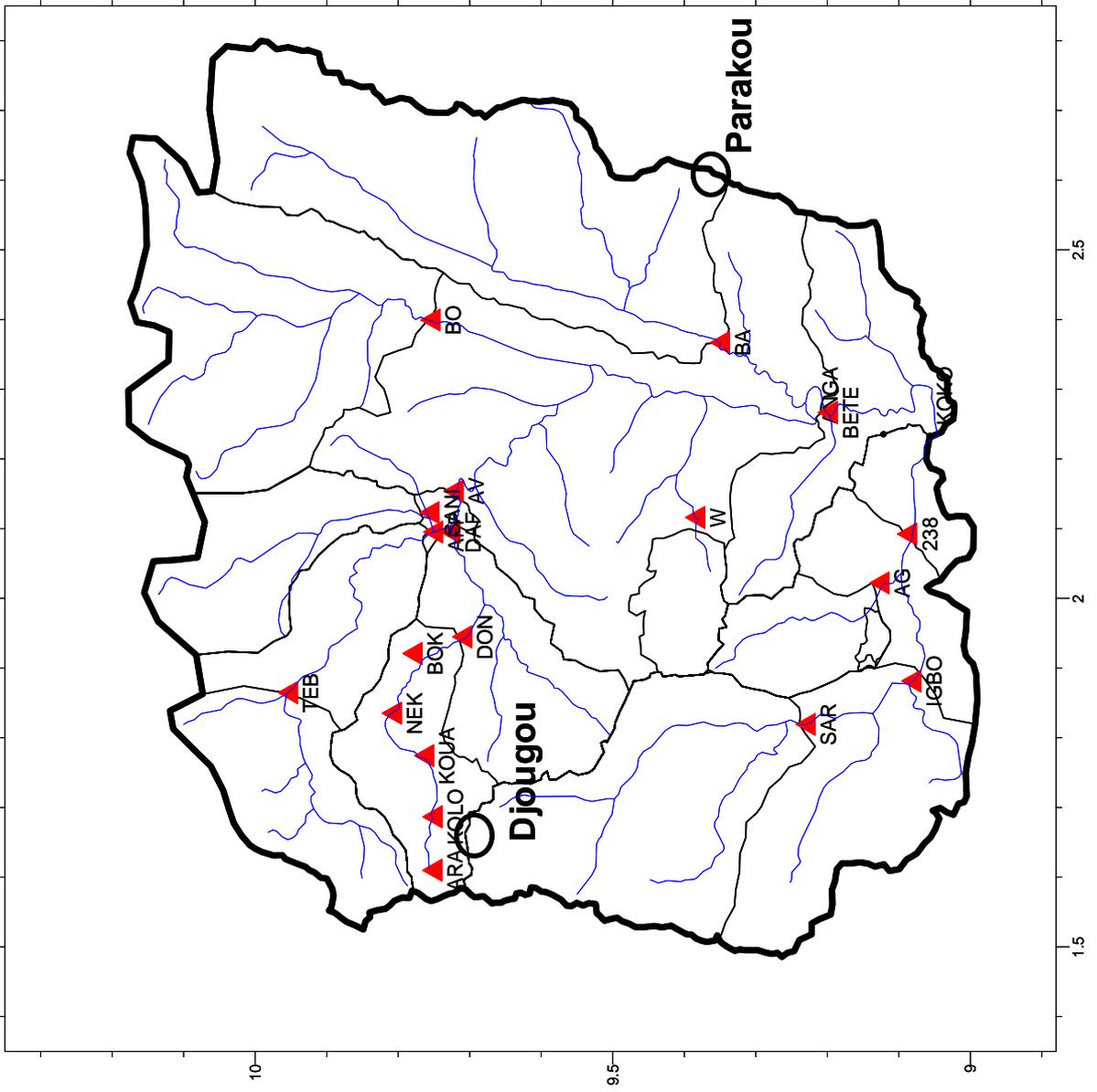
Tableau 1 : Descriptif des stations hydrométriques de l'OHHVO

Aucune nouvelle installation par rapport à l'année 2002. Les nombreux jaugeages effectués pendant l'été, pour la plupart en hautes eaux, constituent de précieux points de contrôle.

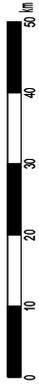
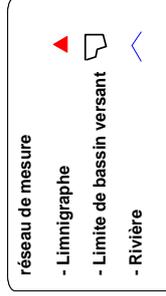
OBSERVATOIRE AMMA-CATCH



Haute Vallée de l'Ouémé (République du Bénin)

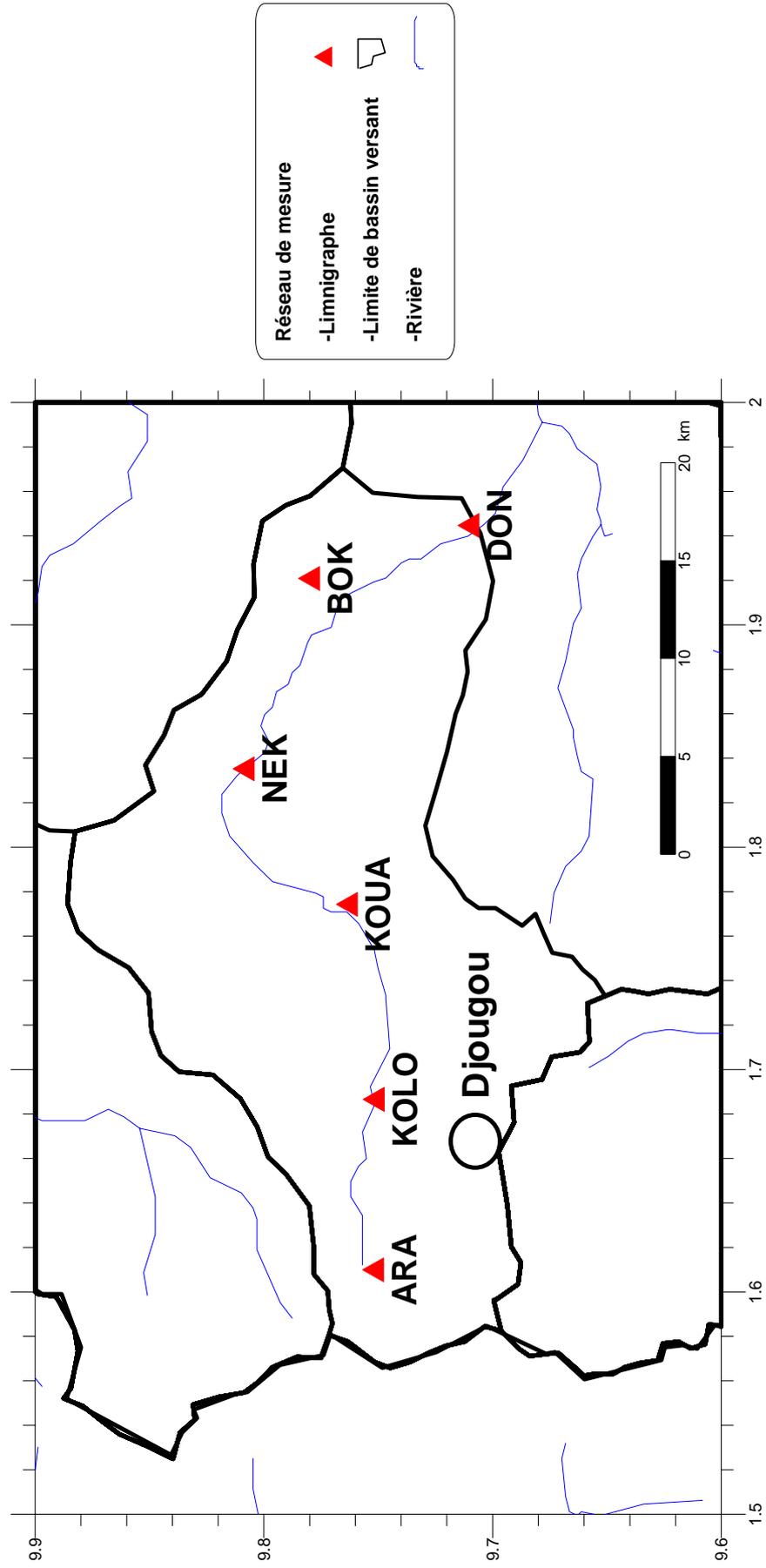


Localisation de la Haute Vallée de l'Ouémé au Bénin



Carte mise à jour le 05/03, contact S. Galle sur fond de carte IGN-Bénin, 1992, 1/600 000

Observatoire AMMA-CATCH Ouémé, sous bassin de la Donga



II. Données hydrométriques de la saison 2003

Critique des données

Il existe deux types de données limnimétriques brutes :

Les données "enregistreur" : elles sont issues des limnigraphes enregistreurs dont sont équipées les stations.

Les données "lecteur" : elles sont issues des lectures journalières ou bi-journalières des lecteurs (toutes les stations équipées d'enregistreur ne sont pas suivies par un lecteur).

Ces données brutes ont été critiquées, complétées et éventuellement corrigées. Les données présentées dans ce rapport sont constituées :

- Des données "enregistreur" (**code E**), après vérification du bon fonctionnement du limnigraphe.
- Des données "lecteur" (**code L**), lorsqu'elles sont disponibles, pour compléter les données précédentes.
- Des données "reconstituées" (**code R**), lorsque les données "enregistreur" et "lecteur" sont manquantes ou erronées.

1. le niveau 1 (R1), correspondant aux reconstitutions "évidentes".

Ceci concerne certaines périodes de lacunes en saison sèche, des décalages systématiques des limnigraphes facilement corrigibles grâce aux données lecteurs et aux contrôles ou des problèmes d'inversion de poulie générés lors du remontage des Thalimèdes après leur entretien.

2. le niveau 2 (R2), correspondant aux reconstitutions plus complexes

Celles-ci font l'objet d'une incertitude supérieure aux précédentes. Une première partie d'entre elles, lorsque aucune donnée n'est disponible, sont issues de la corrélation avec les écoulements aux stations voisines à des pas de temps variables selon la qualité de la régression.

La majorité provient de l'extrapolation des courbes de tarissement par une décroissance exponentielle et par des hypothèses de débit nul entre les crues de début de saison. Dans ces cas la reconstitution est rendue nécessaire à cause du blocage du flotteur par ensablement ou envasement.

Les lacunes ont été complétées dans la mesure du possible, mais les stations ayant des corrélations trop lâches pour effectuer des reconstitutions conservent des données manquantes. L'utilisation d'un modèle hydrologique en 3^{ème} niveau de reconstitution (R3) pourrait alors être envisagée.

Les taux de lacunes et le bilan de fonctionnement ont été établis après les reconstitutions de niveau 1, à savoir avec les données pratiquement brutes, sans interprétation.

Remarques

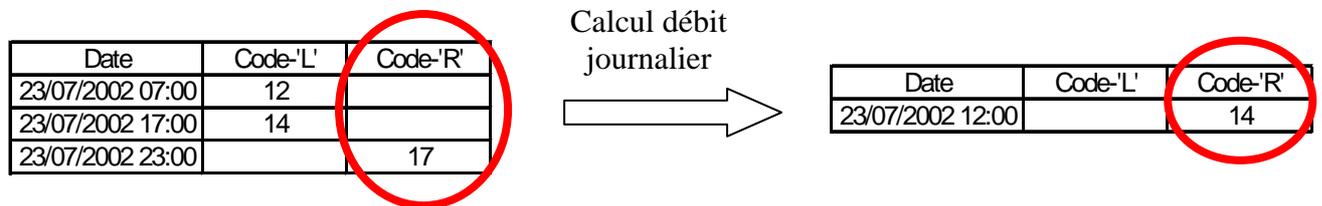
Représentation des données dans le rapport :

Toutes les données citées sont issues de la base Hydraccess « BDH_OHHVO »

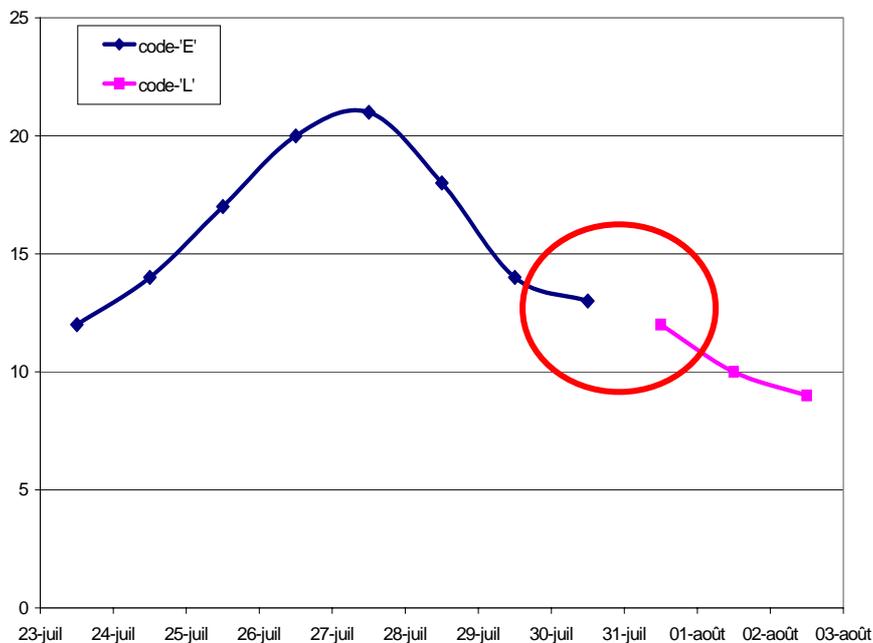
On présente pour chaque station, les débits journaliers calculés avec Hydraccess après la reconstitution de niveau 2. L'origine des données est indiquée par un code couleur : enregistreur (bleu), lecteur (rose) ou reconstitué (vert).

Le code-‘R’ (reconstitué) contient les reconstitutions de niveau R1 et de niveau R2.

Les journées pour lesquelles on dispose de données de deux origines différentes sont automatiquement représentées en code-‘R’ à partir du moment où l'on a un débit reconstitué. Ainsi, l'importance des données reconstituées peut être accrue artificiellement sur les hydrogrammes au pas de temps journalier présentés.

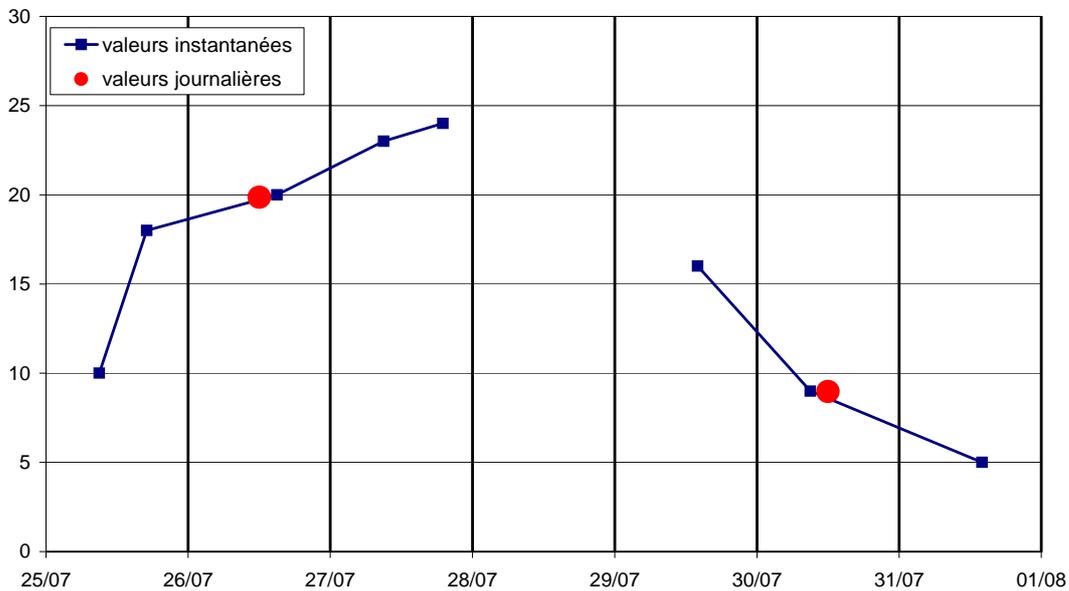


Les périodes avec des données d'origines différentes ne sont pas liées sur les graphiques. Lorsque la variation de débit est importante, on peut avoir l'impression qu'il y a une lacune alors que l'on dispose d'un débit journalier pour tous les jours.



Lacunes en débits journaliers :

Un débit journalier est calculé pour une date si on dispose au moins d'une valeur instantanée à cette date, à la veille et au lendemain.



Sur l'exemple ci-dessus, une journée de lacune en valeurs instantanées le 28 juillet engendre trois jours de lacune en valeurs journalières les 27, 28 et 29 juillet.

Calcul des volumes écoulés annuels

Les volumes annuels sont la somme des volumes journaliers calculés à partir des débits journaliers obtenus après la reconstitution R2.

Les périodes de lacunes ne sont pas comptabilisées dans le total, les volumes pour les années incomplètes sont donc sous-estimés. Si les lacunes se trouvent en début ou en fin de saison, là où les débits sont les moins forts, l'erreur commise est peu importante.

Si les années antérieures contiennent trop de lacunes, on ne les représente pas sur les diagrammes des volumes.

Bilan de fonctionnement

Fonctionnement des limnigraphes:

Pour l'année 2003, toutes les stations sont équipées d'appareils OTT Thalimèdes exceptée la station de Wéwé (OTT Orphéus). Le fonctionnement des appareils est assez satisfaisant sauf pour la station de la Cote 238 où il n'a pas fonctionné, pour la station de Affon pont où les pannes se sont succédées et surtout à Barérou, station pour laquelle on ne dispose d'aucune donnée enregistrée à partir d'avril.

La source la plus fréquente de valeurs erronées est l'ensablement ou l'envasement des buses qui bloque le flotteur à une certaine cote alors que l'eau est plus basse. Ce phénomène intervient lors du tarissement de fin de saison mais aussi entre les crues de début de saison.

Données lecteur:

Les données lecteurs sont de qualité inégale selon les stations. Elles ont néanmoins été utiles pour combler certaines lacunes et déceler les décalages des appareils.

Données de niveau 1 disponibles :

Remarque : Une journée est comptabilisée en lacune si le débit journalier ne peut être calculé après la reconstitution de niveau 1.

Les données disponibles au niveau de reconstitution R1 sont plus ou moins complètes selon les stations. Les lacunes sont essentiellement situées en début et fin de saison au moment des basses eaux. Les stations de la Donga à Affon et de l'Affon à Tébou ont nécessité d'importantes reconstitutions de niveau 2 par corrélation.

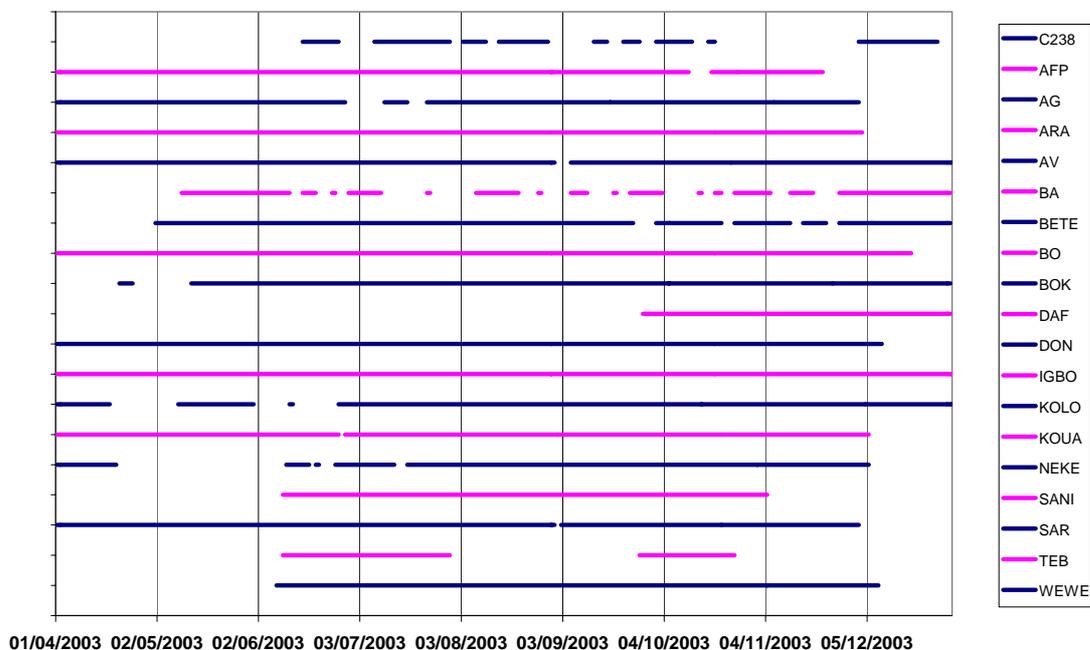
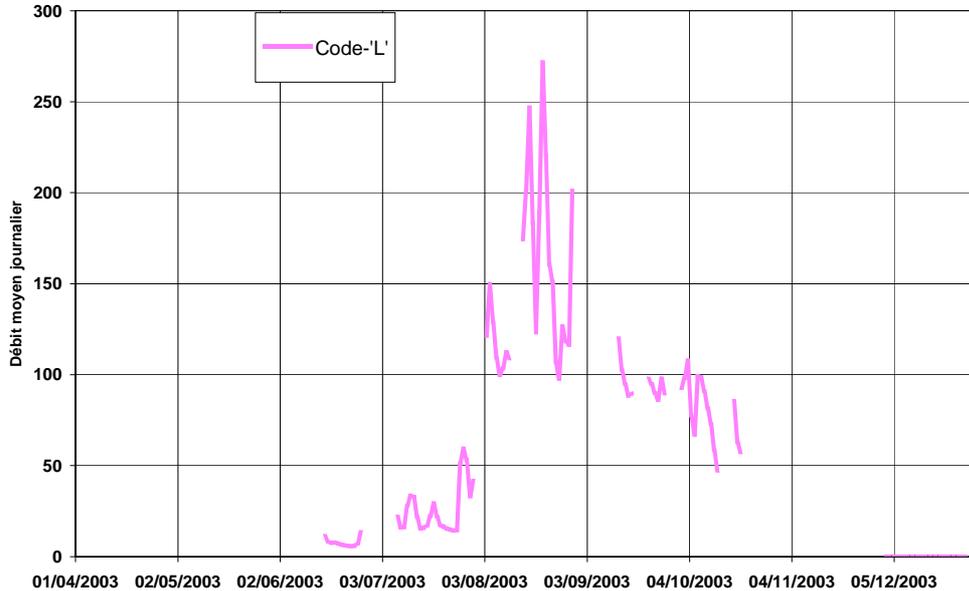


Figure 1 : Données disponibles en 2003, après reconstitution de niveau 1.

Les données de chaque station sont détaillées ci-après. On donne pour chaque station les jours de lacune avant et après la reconstitution de niveau 2.

Térou à la Cote 238 (238)

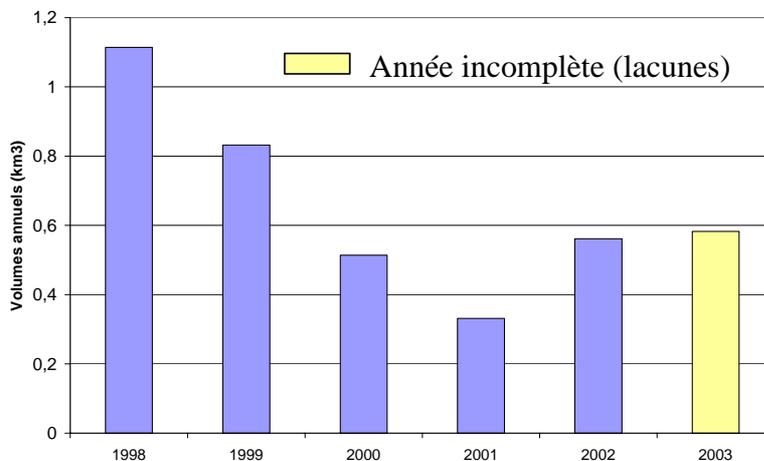
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) : 59.3%**
- **Lacunes (niveau R2) : 59.3%**
- **Reconstitutions R2 : néant.**
- **Commentaires :** Pas de données "enregistreur" disponible. Aucune reconstitution de niveau 2 par corrélation n'a pu être effectuée. La construction d'un pont au niveau de la section de jaugeage au printemps 2003 a apporté d'importantes modifications au lit de la rivière pendant la saison. La crue très importante du 1^{er} septembre a emporté la structure supportant l'échelle. Les données lues en fin de saison l'ont été sur une échelle incomplète (impossibilité de lire les basses eaux)

3. Volume écoulé annuel :



$$V_{2003} = 0.582 \text{ km}^3$$

Commentaires : après une saison 2001 plutôt déficitaire, 2002 est plutôt moyenne et 2003 est certainement une saison excédentaire au vu des lacunes importantes.



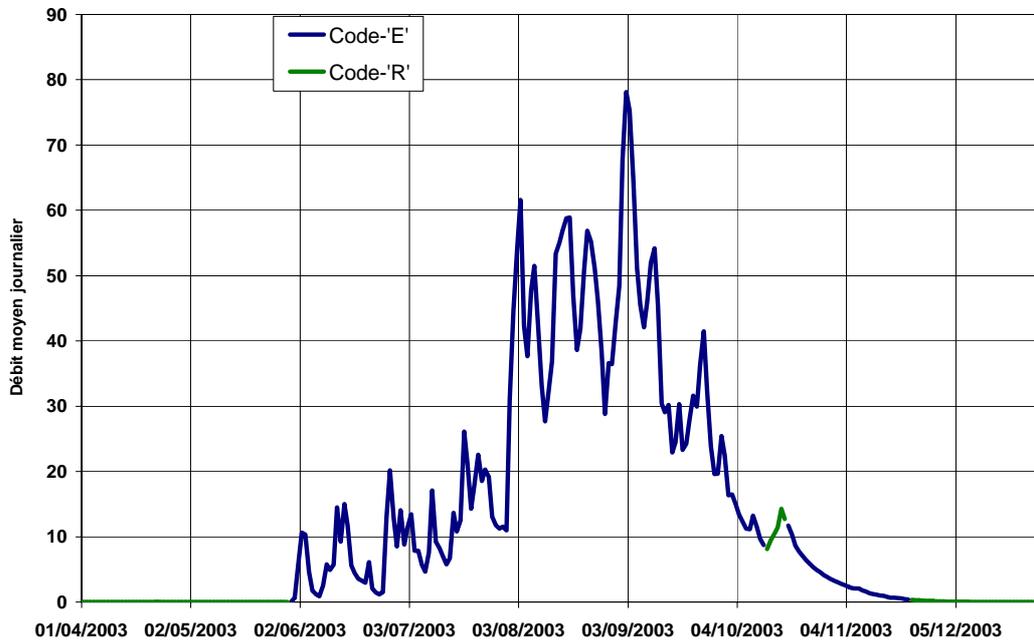
*Photo : J-M Bouchez
Vue aérienne de la Térou à la Cote 238 pendant la construction du pont le 21 mars 2003.*



*Photo : Colas
Térou à la Cote 238 pendant la crue du 1^{er} septembre 2003*

Ouémé à Affon-pont (AFP)

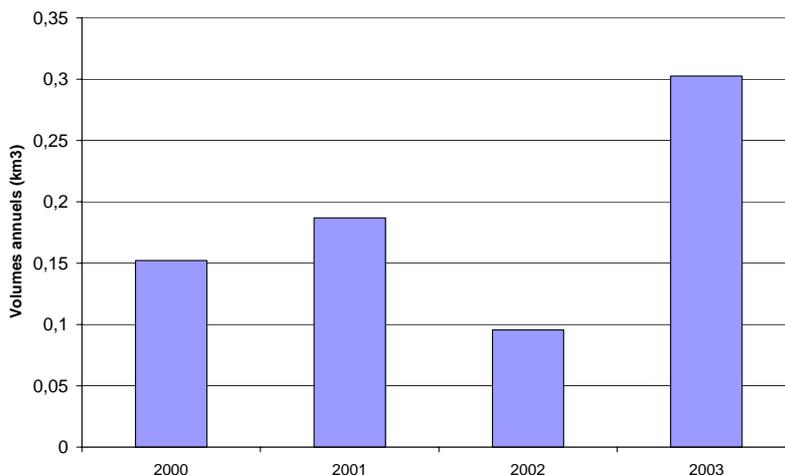
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 16.7%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul en début de saison. Reconstitution à partir des débits de l'Ouémé à Aval-Sani (pas de temps 6h, $r^2 = 0.91$) du 12/10 au 17/10 (voir annexe 1). Reconstitution du tarissement en fin de saison.
- **Commentaires :** bon fonctionnement global du limnigraphe. Les cinq jours de lacunes au mois d'octobre sont dus au déchargement de la pile.

3. Volume écoulé annuel :

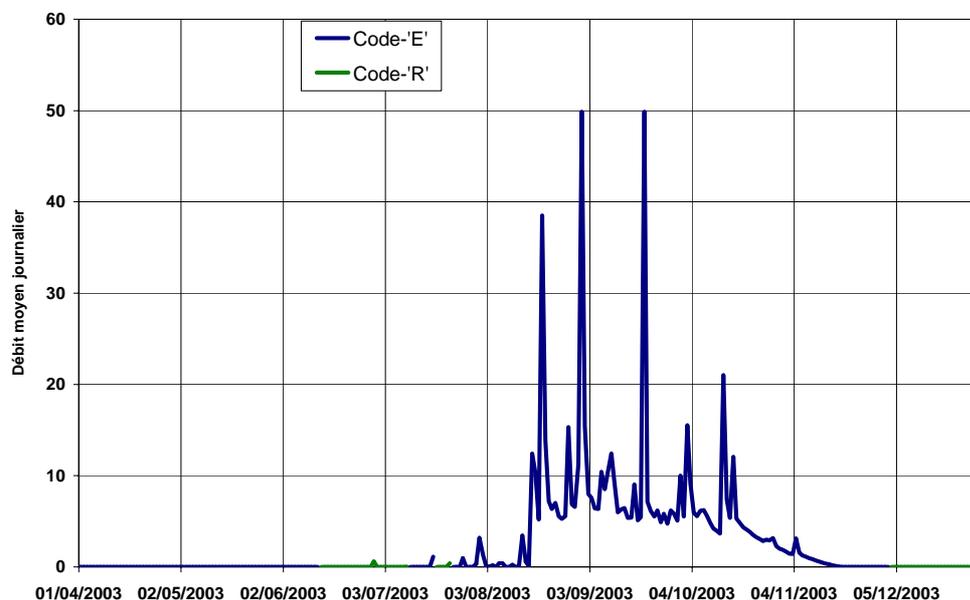


$$V_{2003} = 0.303 \text{ km}^3$$

Commentaires : 2002 est la saison la plus sèche des quatre dernières années alors que 2003 est la plus humide. Les données pour les années 1997 à 1999 présentent des lacunes qui rendent les comparaisons interannuelles difficiles.

Aguimo à Aguimo (AG)

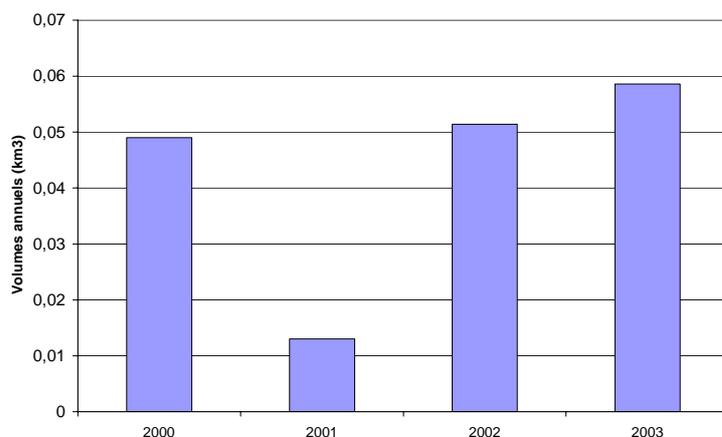
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 15.3%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitution R2 :** hypothèse de débit nul entre les crues de début de saison et à la fin de saison.
- **Commentaires :** bon fonctionnement du limnigraphe pendant la phase d'écoulement. Les quelques reconstitutions de niveau 2 sont plutôt fiables.

3. Volume écoulé annuel :

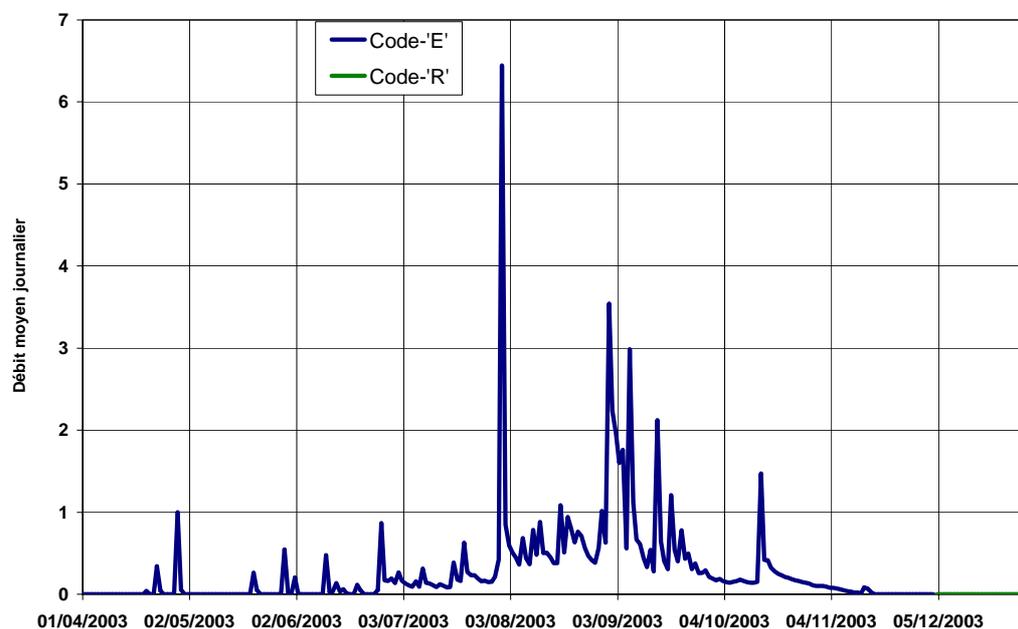


$$V_{2003} = 0.059 \text{ km}^3$$

Commentaires : les volumes écoulés en 2002 et 2003 sont comparables à celui de la saison 2000 et nettement supérieurs à celui de 2001. Les données pour les années 1997 à 1999 présentent des lacunes qui rendent les comparaisons interannuelles difficiles.

Ara à Nalohou II (ARA)

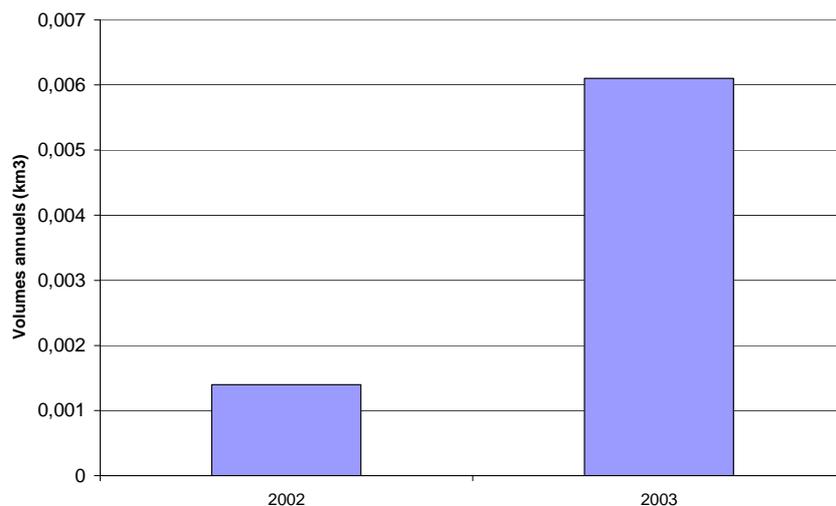
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 9.8%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul en fin de saison.
- **Commentaires :** très bon fonctionnement du limnigraphe.

3. Volume écoulé annuel :

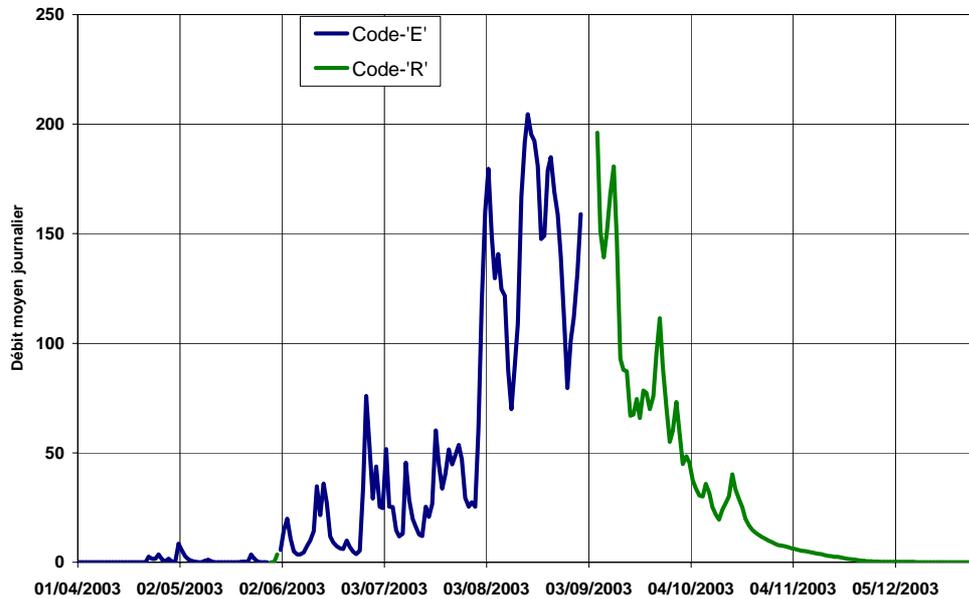


$$V_{2003} = 0.061 \text{ km}^3$$

Commentaires : le volume écoulé en 2003 est nettement supérieur à celui de 2002 (environ 5 fois plus important).

Ouémé à Aval Sani (AV)

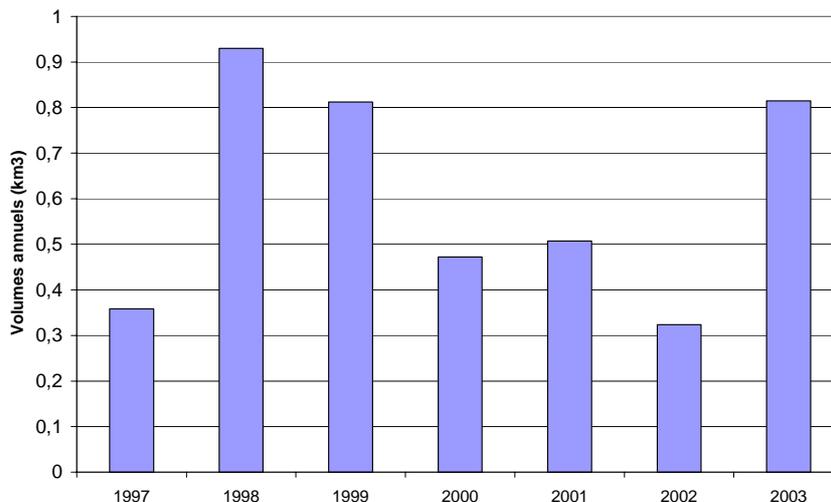
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 1.5%
- **Lacunes niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** néant
- **Commentaires :** on a 4 jours de lacune au moment de la pointe de crue très importante de début septembre qui n'ont pu être reconstituée de façon satisfaisante. Les données enregistrées dans la deuxième partie de la saison présentaient des décalages très importants qui ont pu être corrigés grâce aux points de contrôles. Pas de données "lecteur".

3. Volume écoulé annuel :

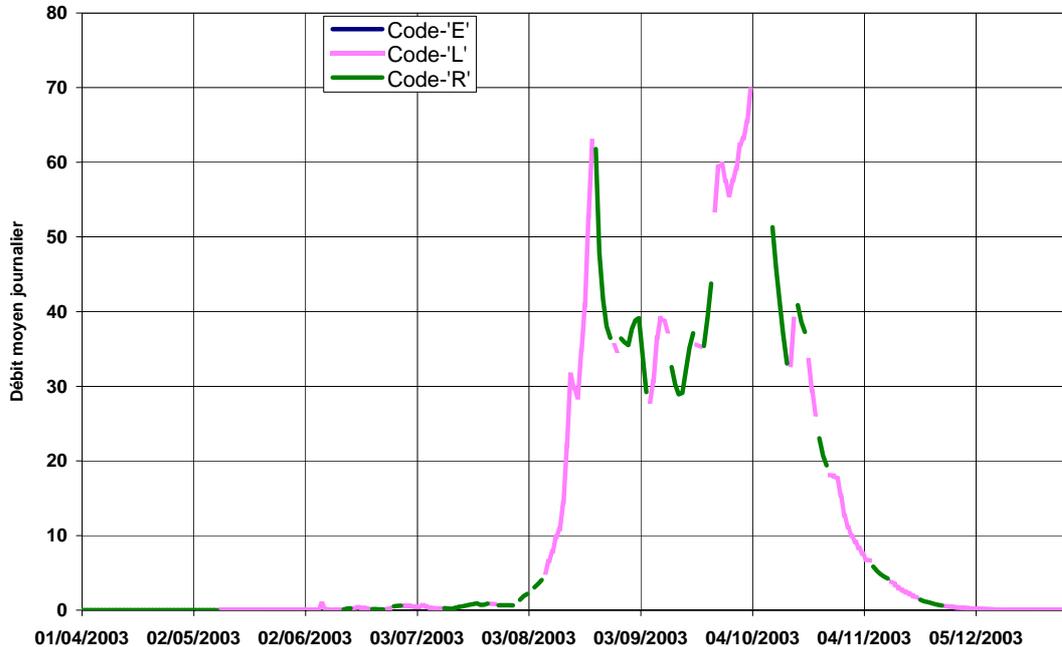


$$V_{2003} = 0.815 \text{ km}^3$$

Commentaires : 2002 apparaît comme plutôt sèche par rapport à la période de référence alors que 2003 est une des saisons les plus humide avec un volume comparable à ceux écoulés en 1998 et 1999.

Yérou Maro à Barérou (BA)

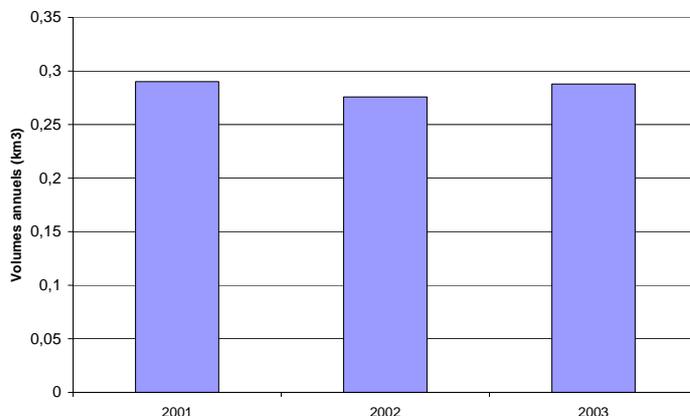
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 45%
- **Lacunes (niveau R2) :** 2%
- **Reconstitutions R2 :** Interpolation linéaire aux jours où l'on ne dispose pas de données lecteur. Hypothèse de débit nul en début et fin de saison
- **Commentaires :** l'appareil n'a pas fonctionné pour la saison 2002. Les données disponibles proviennent du "lecteur" et sont d'assez bonne qualité. Elles comportent néanmoins quelques lacunes

3. Volume écoulé annuel :

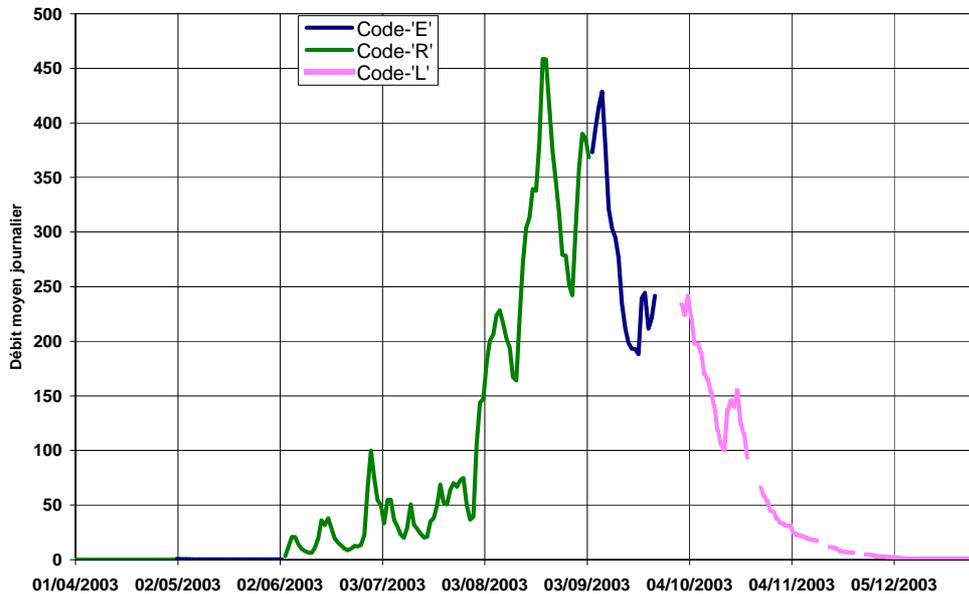


$$V_{2003} = 0.2878 \text{ km}^3$$

Commentaires : les saisons 2001, 2002 et 2003 présentent des volumes écoulés sensiblement égaux à cette station. Les données pour les années 1997 à 2000 présentent des lacunes qui rendent les comparaisons interannuelles difficiles.

Ouémé à Bétérou (BETE)

1. Hydrogramme des débits journaliers :

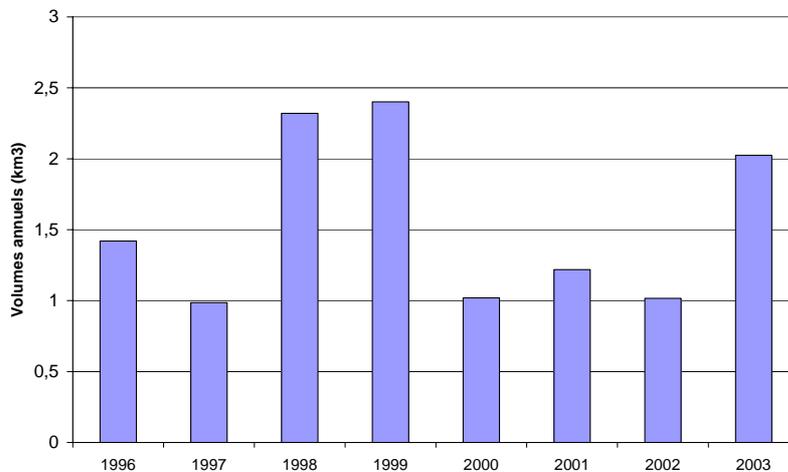


2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 35.6%
- **Lacunes (niveau R2) :** 6.5%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul en début de saison.
- **Commentaires :** bon fonctionnement de la station jusqu'au 25 septembre, puis plus de données "enregistreur". Les données "lecteur" d'assez bonne qualité ont permis de limiter les lacunes.

Les données de l'enregistreur présentent un décalage systématique de 26 cm corrigé grâce aux points de contrôle.

3. Volume écoulé annuel :

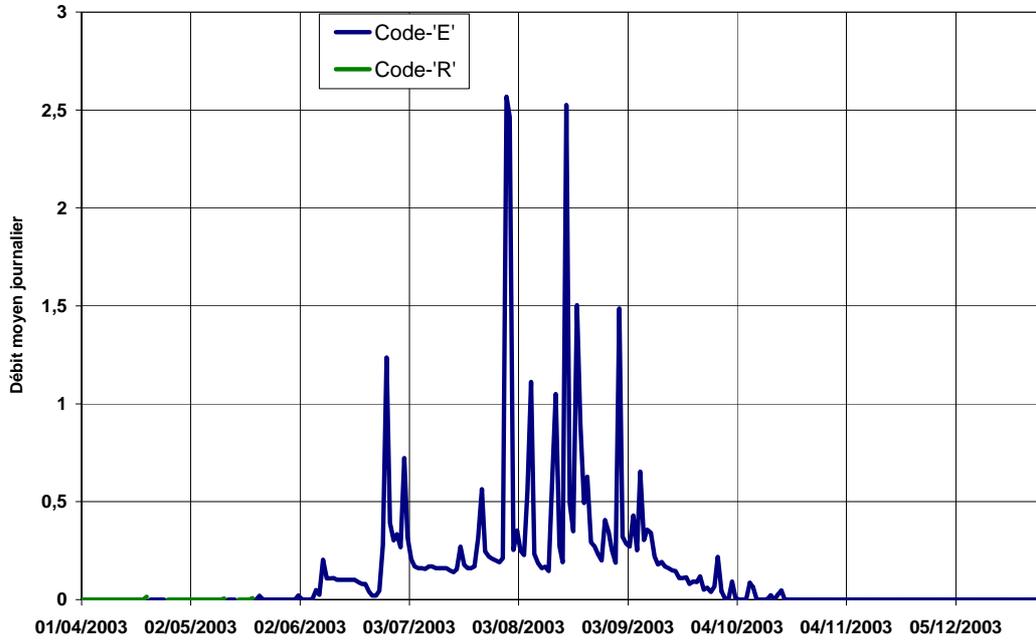


$$V_{2003} = 2.0246 \text{ km}^3$$

Commentaires : La saison 2002 apparaît relativement moyenne par rapport à la période 1999-2000 et comparable à la saison 2001. Le volume écoulé en 2003 est supérieur à celui des deux années précédentes malgré quelques lacunes.

Bokpérou à Koko-Sika (BOK)

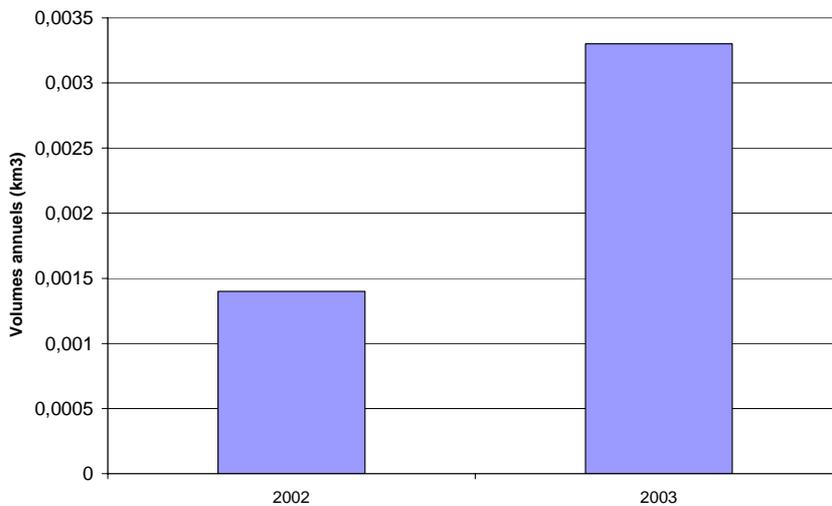
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 13%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul en début de saison.
- **Commentaires :** bon fonctionnement du limnigraphe

3. Volume écoulé annuel :

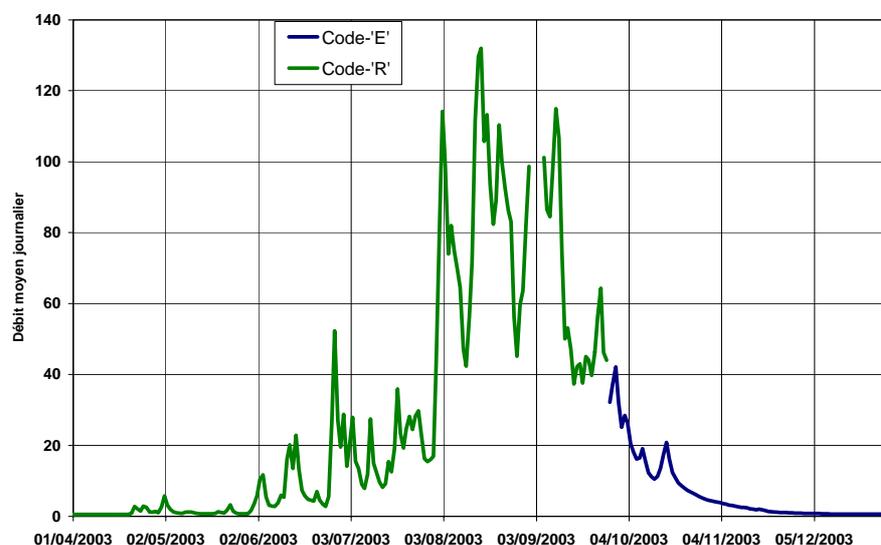


$$V_{2003} = 0.0033 \text{ km}^3$$

Commentaires : le volume écoulé en 2003 est environ le double de celui de la saison 2002

Donga à Affon (DAF)

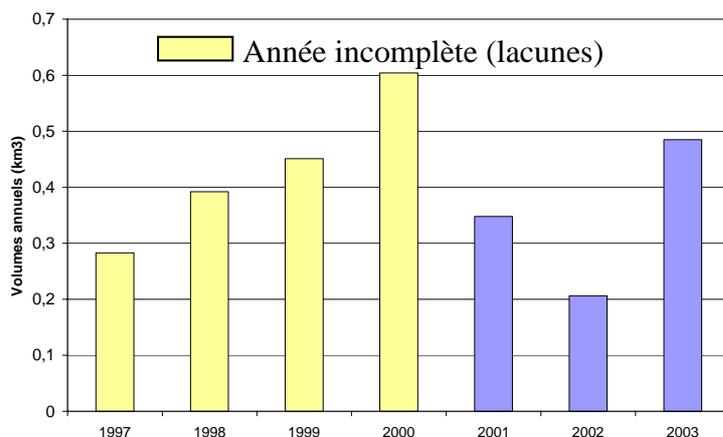
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 65.5%
- **Lacunes (niveau R2) :** 1.5%
- **Reconstitutions R2 :** Reconstitution à partir des débits de l'Ouémé à Aval-Sani 6 heures après et de la Donga au pont 18 heures avant (pas de temps 6h, $r^2 = 0.95$) du 01/04 au 27/09.
- **Commentaires :** La reconstitution n'a pas été possible pour la grande crue de début septembre, les données Aval Sani n'étant pas disponibles. Le manque important de données a pu être comblé par une reconstitution avec un très bon coefficient de corrélation. Les données "lecteur" sont farfelues et inutilisables. La station est partiellement influencée par l'Ouémé en hautes eaux.

3. Volume écoulé annuel :

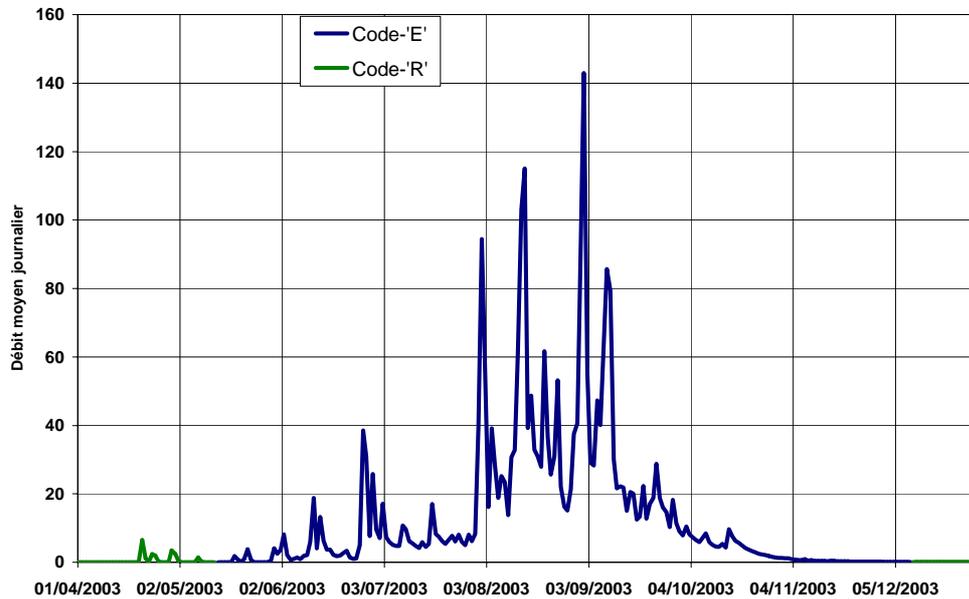


$$V_{2003} = 0.485 \text{ km}^3$$

Commentaires : les lacunes non reconstituées de 1997 à 2000 concernent essentiellement la saison sèche, les comparaisons interannuelles sont donc peu biaisées. Le volume écoulé en 2002 est le plus faible de la période de référence. La saison 2003 est plutôt humide mais le volume reste inférieur à celui écoulé en 2000.

Donga au Pont (DON)

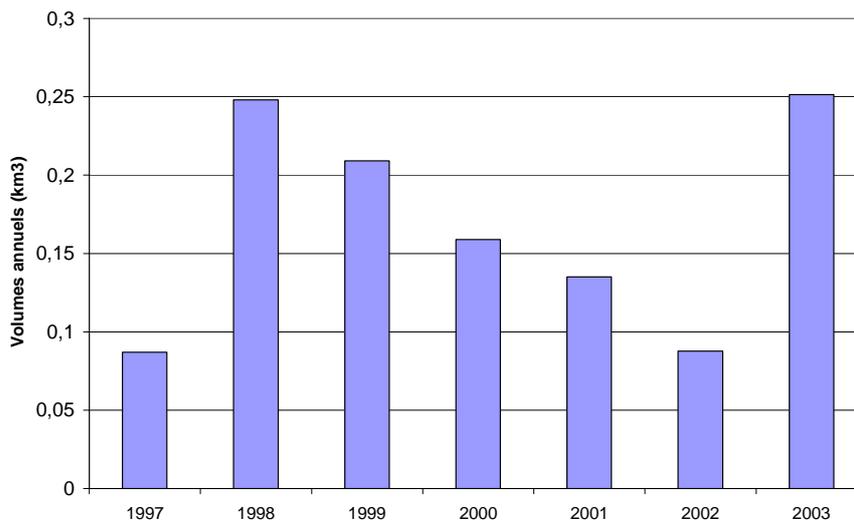
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 15%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul en fin de saison. Reconstitution des petites crues de début de saison à partir des pointes de crue à Nékété ($r^2=0.91$) et de la forme caractéristique de ce genre de crue à la station.
- **Commentaires :** très bon fonctionnement de la station. Pas de lecteur.

3. Volume écoulé annuel :

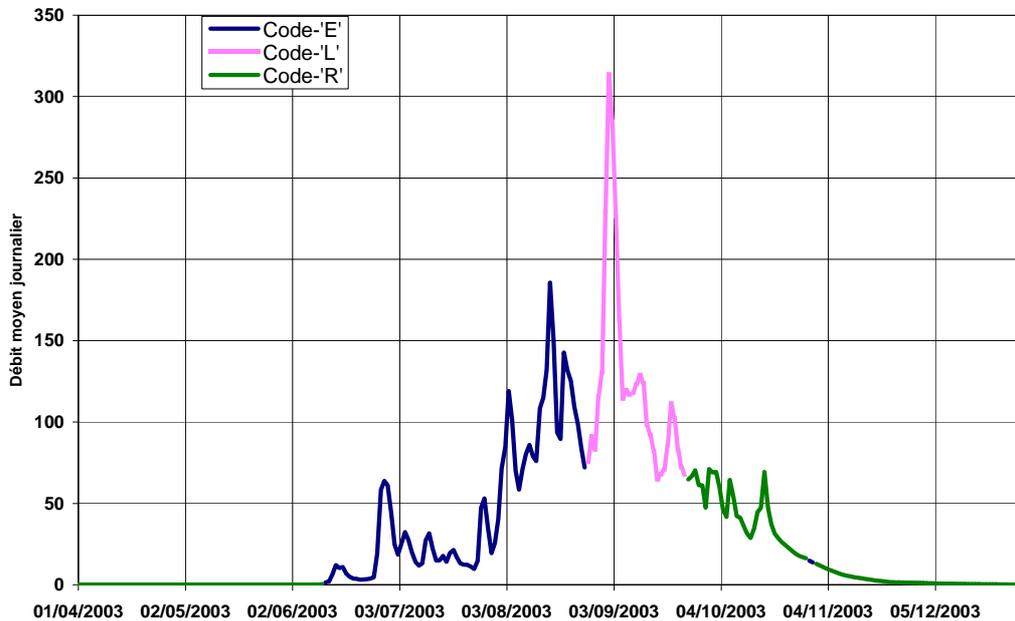


$$V_{2003} = 0.251 \text{ km}^3$$

Commentaires : Le volume écoulé en 2002 est le plus faible de la période de référence, comparable avec celui de 1997. La saison 2003 est au contraire la plus humide depuis 1997.

Térou à Igbomakoro (IGBO)

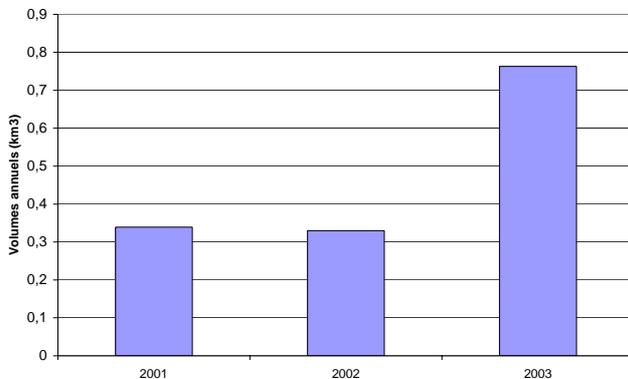
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** néant.
- **Commentaires :** bon fonctionnement du limnigraphe durant la première moitié de la saison. Les lacunes liées à une panne due à une submersion de l'appareil ont été comblées grâce aux données "lecteur".
Un nouvel appareil a été installé le 24 septembre mais la poulie a été montée à l'envers d'où la reconstitution évidente grâce à deux points de contrôle.
Les données "lecteur" sont lues sur la nouvelle échelle à laquelle il manque l'élément 300-399. Les graduations passent donc de 299 à 400 et il convient de retirer 100 cm aux valeurs supérieures à 299 cm.

3. Volume écoulé annuel :



$$V_{2003} = 0.763 \text{ km}^3$$

Commentaires : Le volume écoulé en 2002 est comparable à celui de 2001. La saison 2003 présente un volume écoulé deux fois plus important. Les données antérieures ne sont pas disponibles

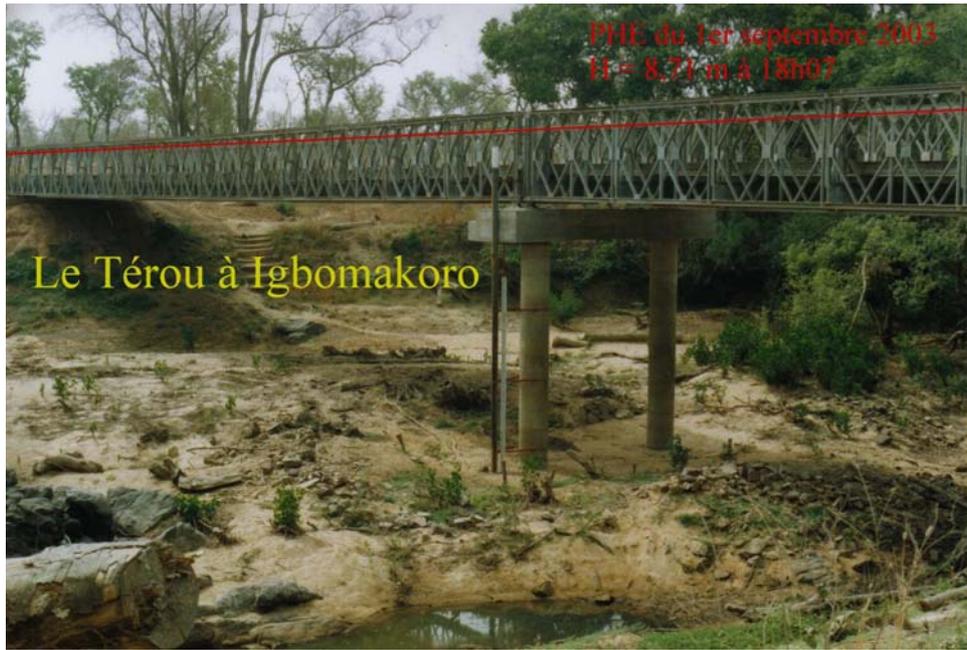
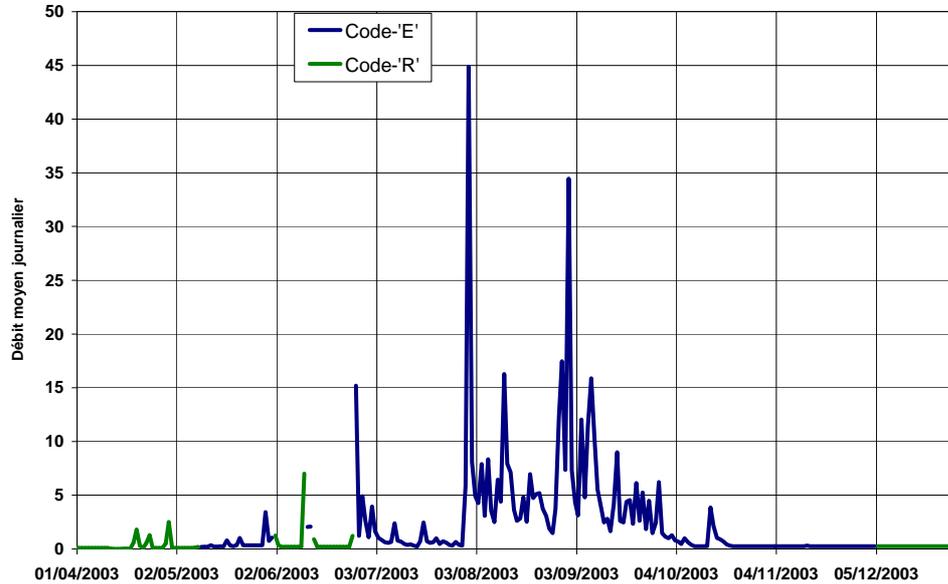


Photo : J-M Bouchez

Visualisation des plus hautes eaux du Térou à Igbomakoro lors de la crue du 1^{er} septembre 2003

Donga au pont de la Route de Kolokondé (KOLO)

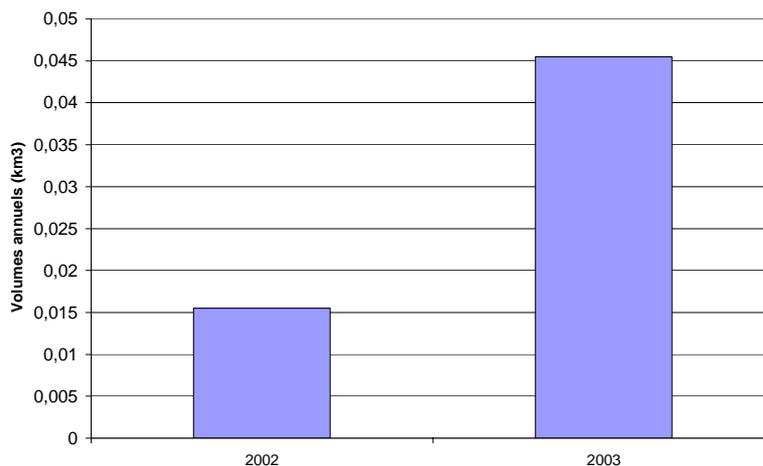
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 15.6%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul entre les crues du début de saison.
- **Commentaires :** problèmes d'ensablement empêchant le capteur de mesurer les cotes faibles. Pas de données "lecteur".

3. Volume écoulé annuel :

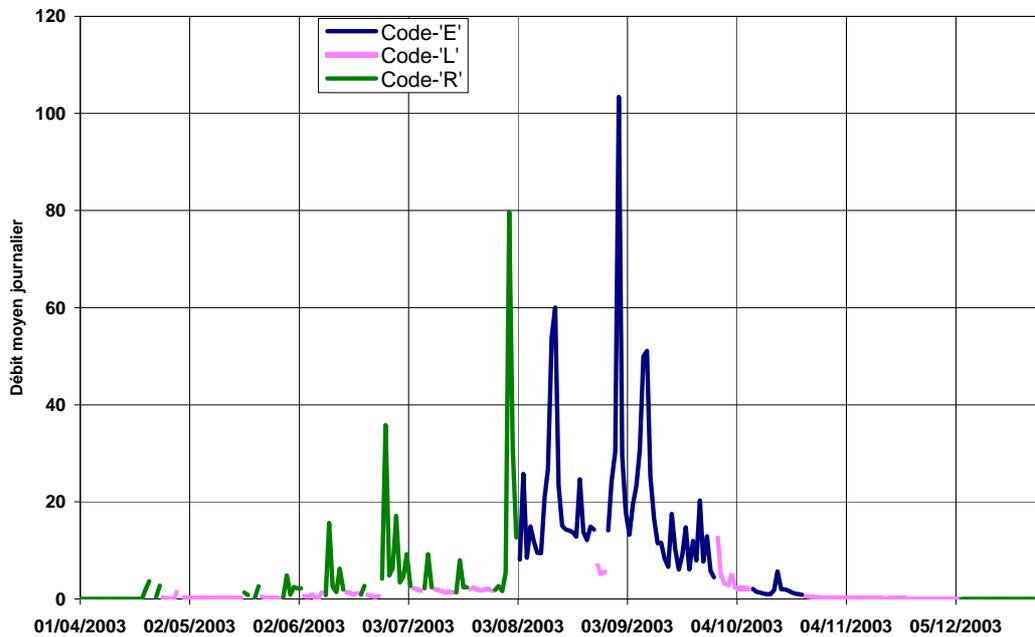


$$V_{2003} = 0.0455 \text{ km}^3$$

Commentaires : Le volume écoulé en 2003 est environ trois fois supérieur à celui de 2002.

Donga à Koua (KOUA)

1. Hydrogramme des débits journaliers :

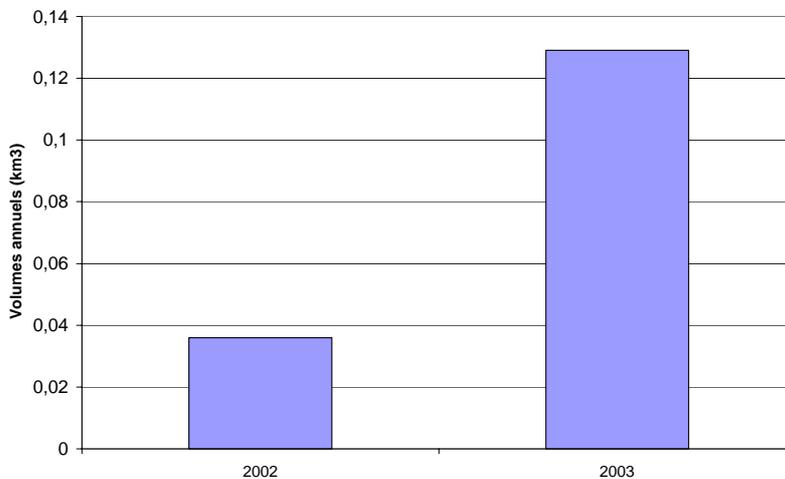


2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 16.4%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul en fin de saison.
- **Commentaires :** problèmes d'ensablement : les cotes faibles n'ont pas été mesurées par l'enregistreur. Mais les données "lecteur" fiables ont permis de combler les lacunes.

Les données enregistrées en début de saison présentent un décalage systématique de 60 cm corrigé grâce aux données "lecteur" et aux points de contrôle.

3. Volume écoulé annuel :

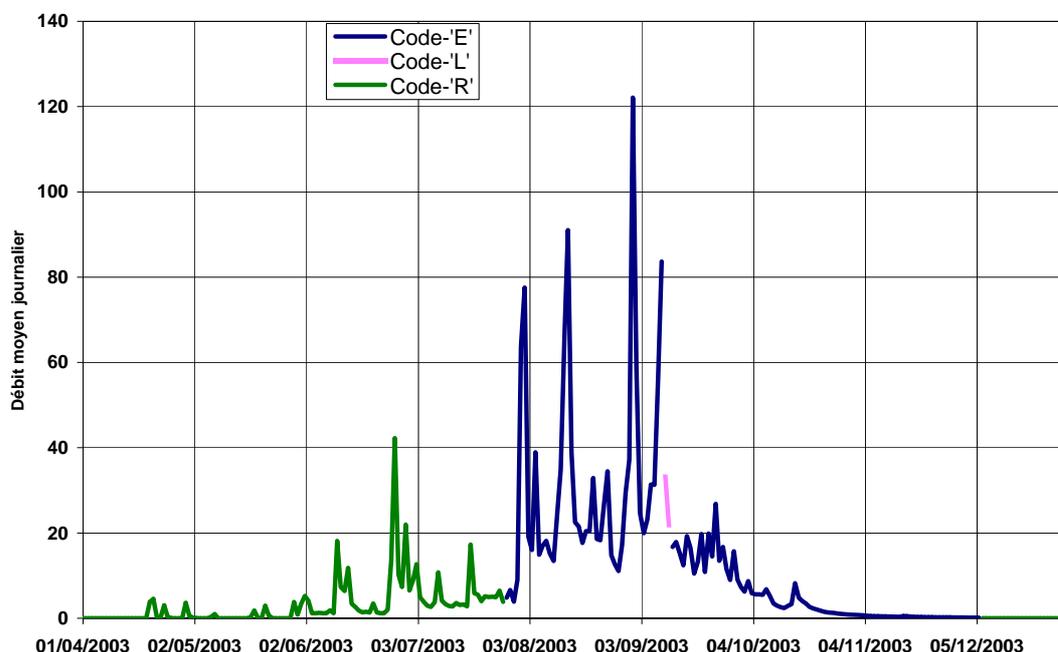


$$V_{2003} = 0.129 \text{ km}^3$$

Commentaires : Le volume écoulé en 2003 est environ trois fois supérieur à celui de 2002.

Donga à Nekete (NEKE)

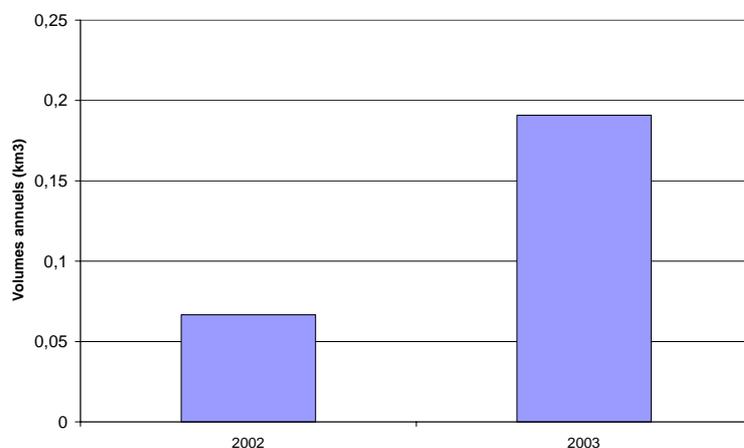
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 30%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** reconstitution du tarissement des crues de début de saison. Hypothèse de débit nul en fin de saison.
- **Commentaires :** bon fonctionnement du limnigraphe. Blocage du flotteur pour les cotes faibles et décalage systématique de 30 cm au début de saison. L'absence de données "enregistreur" lors d'une décrue au mois de septembre a pu être comblée par les données "lecteur" et les données de contrôles effectuées lors d'un jaugeage.

3. Volume écoulé annuel :

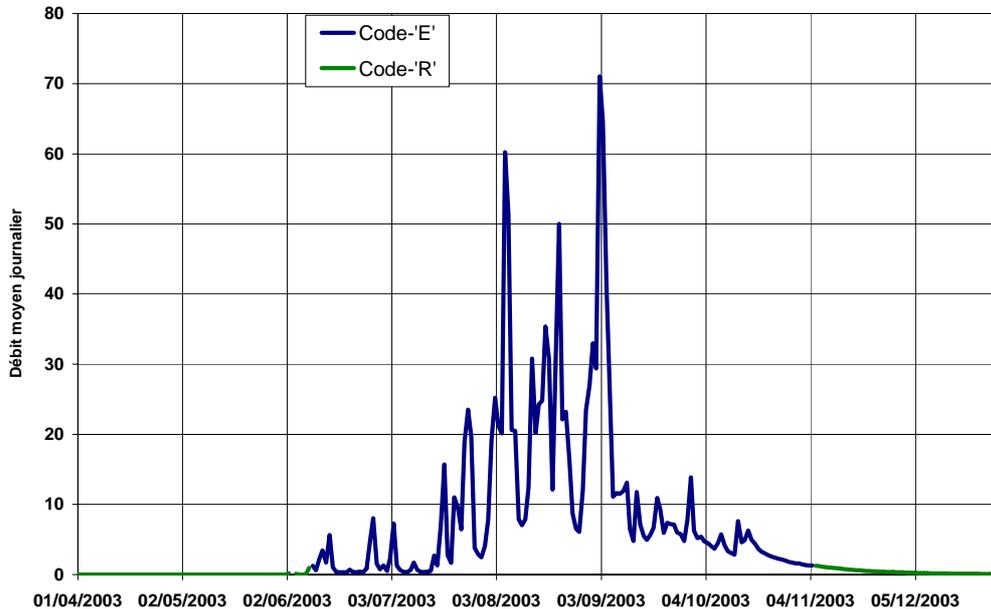


$$V_{2003} = 0.191 \text{ km}^3$$

Commentaires : Le volume écoulé en 2003 est environ trois fois supérieur à celui de 2002.

Sani à Sani (SANI)

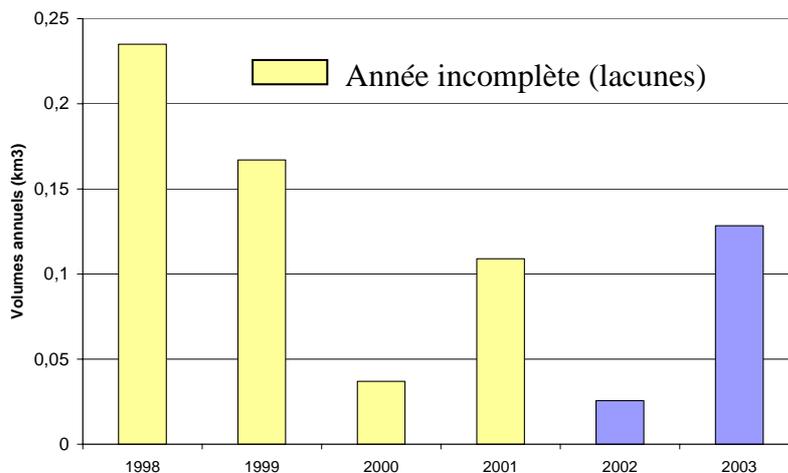
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) : 45%**
- **Lacunes (niveau R2) : 0%**
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de valeurs nulles en début de saison. Reconstitution du tarissement en fin de saison.
- **Commentaires :** bon fonctionnement du limnigraphe. Les lacunes de niveau R1 sont très bien reconstituées car elles sont situées en début et fin de saison.
- **Important :** contrôle aval très probable en période de crue de l'Ouémé, obligeant à une grande prudence sur les débits de cette station.

3. Volume écoulé annuel :

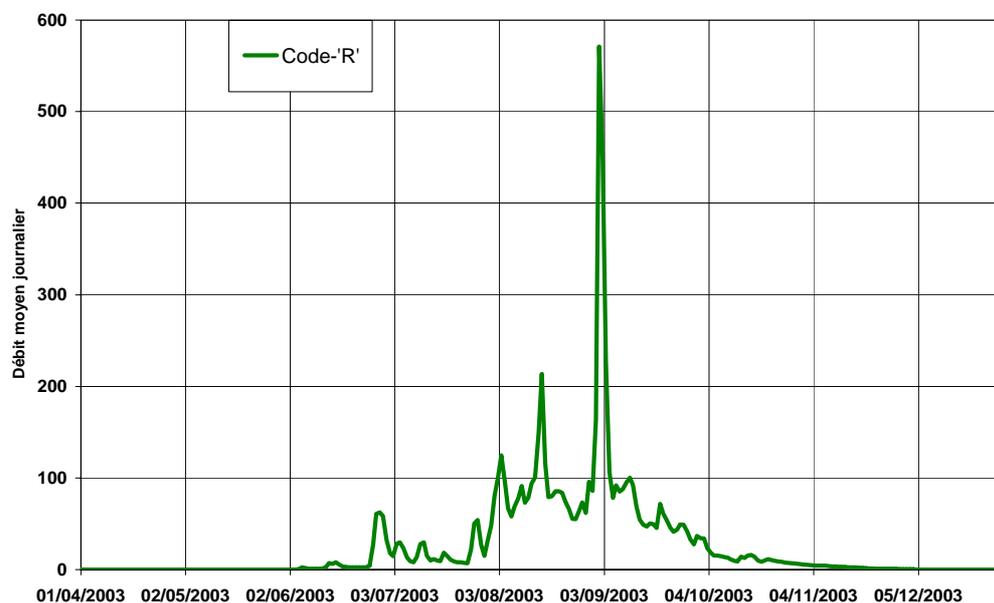


$$V_{2003} = 0.128 \text{ km}^3$$

Commentaires : les lacunes non reconstituées de 1998 à 2000 concernent essentiellement la saison sèche, les comparaisons interannuelles sont donc peu biaisées. 2002 apparaît comme la saison la plus sèche de la période 1998-2003. Le volume écoulé en 2003 est moyen.

Térou à Sarmanga (SAR)

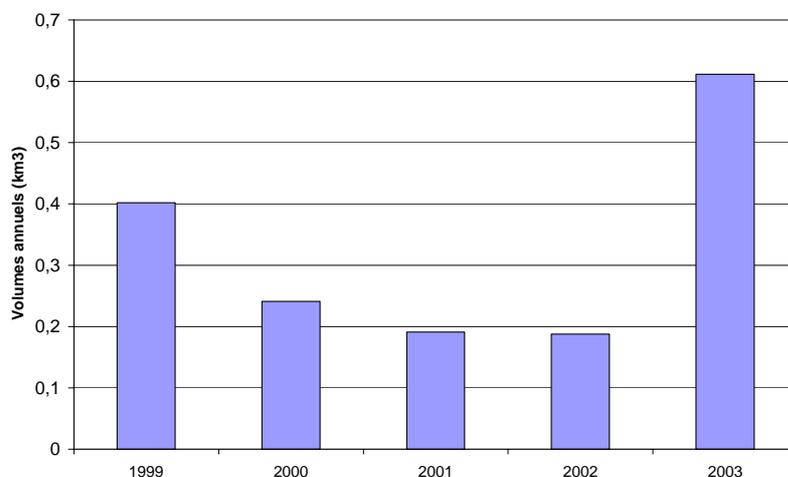
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 10%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul en début de saison. Reconstitution du tarissement en fin de saison.
- **Commentaires :** très bon fonctionnement de la station. Les données brutes sont cependant décalées tout au long de l'année (d'où le code-'R'). Elles ont pu être corrigées grâce aux points de contrôle.
Pas de lecteur.

3. Volume écoulé annuel :

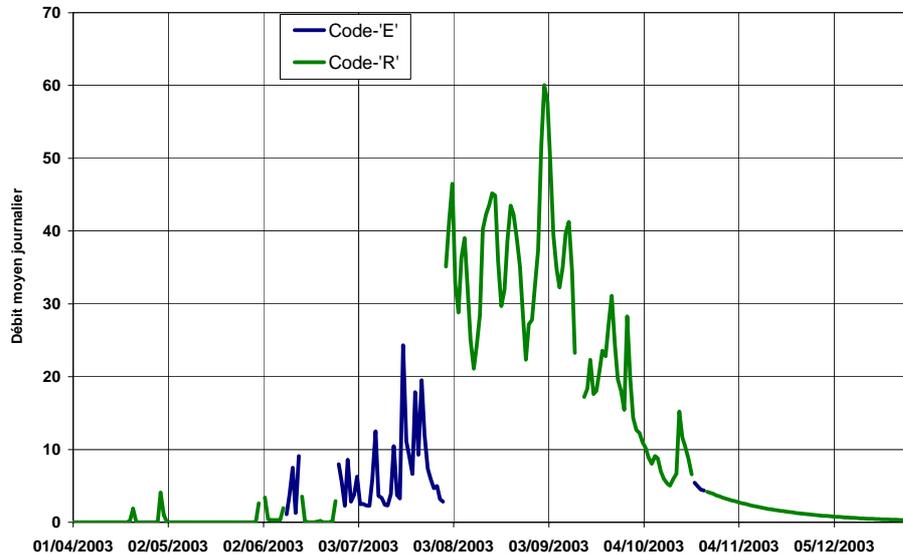


$$V_{2003} = 0.612 \text{ km}^3$$

Commentaires : 2002 apparaît comme une saison plutôt sèche, comparable à 2001. La saison 2003 est largement la plus humide de la période 1999-2003.

Affon à Tébou (TEB)

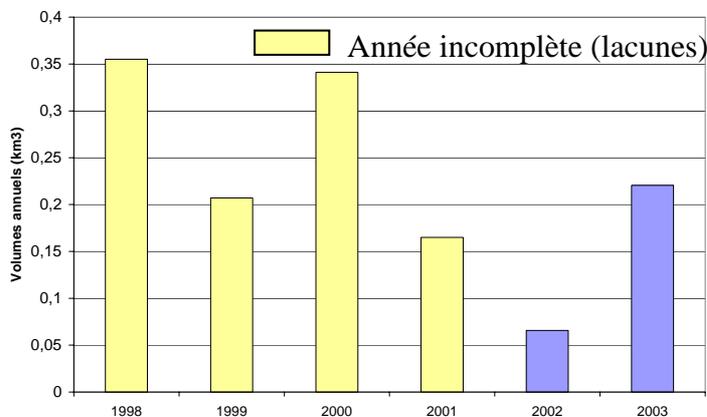
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 69%
- **Lacunes (niveau R2) :** 1.5%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul entre les crues du début de saison. Reconstitution à partir des débits de l'Ouémé à Affon-Pont 24 heures après (pas de temps 12h, $r^2 = 0.78$) du 01/08 au 11/09 (voir annexe 1). Reconstitution du tarissement en fin de saison.
- **Commentaires :** problèmes d'ensablement empêchant le capteur de mesurer les cotes faibles en début de saison. Il manque 3 jours de reconstitutions car il y a des lacunes pour Affon Pont à partir du 12/09. Les données enregistrées après la période de lacune sont décalées de 5 cm.

3. Volume écoulé annuel :

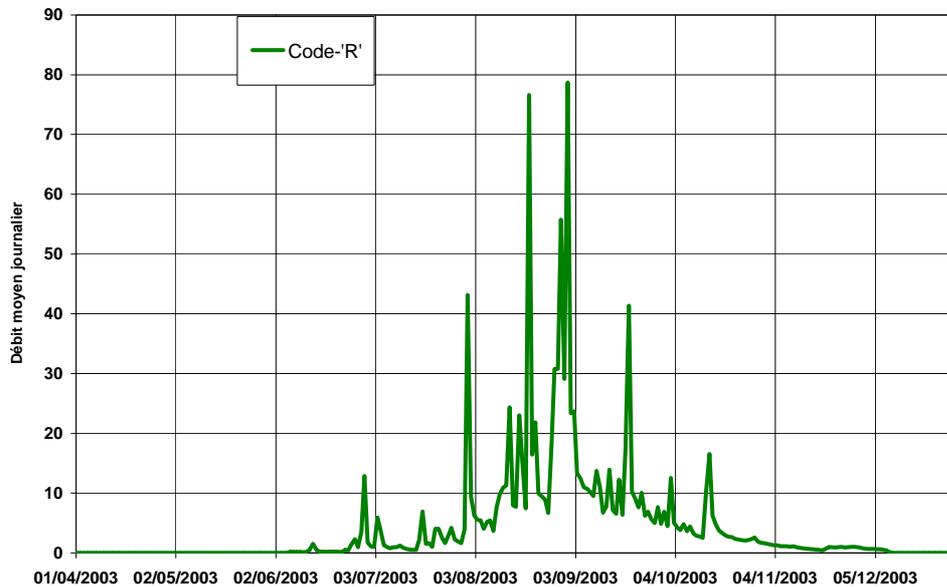


$$V_{2003} = 0.221 \text{ km}^3$$

Commentaires : les lacunes non reconstituées de 1998 à 2000 concernent essentiellement la saison sèche, les comparaisons interannuelles sont donc peu biaisées. 2002 est très nettement la saison la plus sèche de la période. 2003 apparaît comme une saison moyenne.

Wéwé à Wéwé (WEWE)

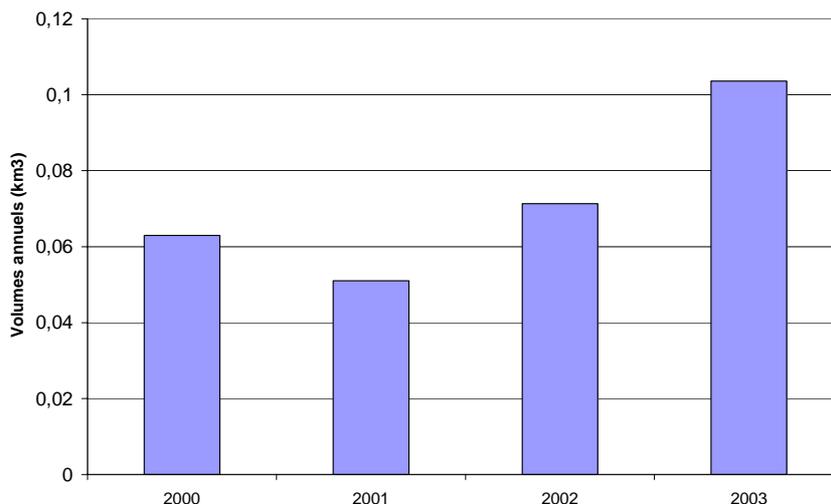
1. Hydrogramme des débits journaliers :



2. Critique des données :

- **Lacunes (niveau R1) :** 30%
- **Lacunes (niveau R2) :** 0%
- **Reconstitutions R2 :** hypothèse de débit nul en début et fin de saison.
- **Commentaires :** bon fonctionnement de l'appareil, mais décalage d'environ 27 cm toute l'année lié à un défaut d'étalonnage de la sonde (corrigé, d'où le code R).

3. Volume écoulé annuel :



$$V_{2003} = 0.104 \text{ km}^3$$

Commentaires : La saison 2002 est comparable aux deux années précédentes alors que 2003 apparaît comme plus humide.

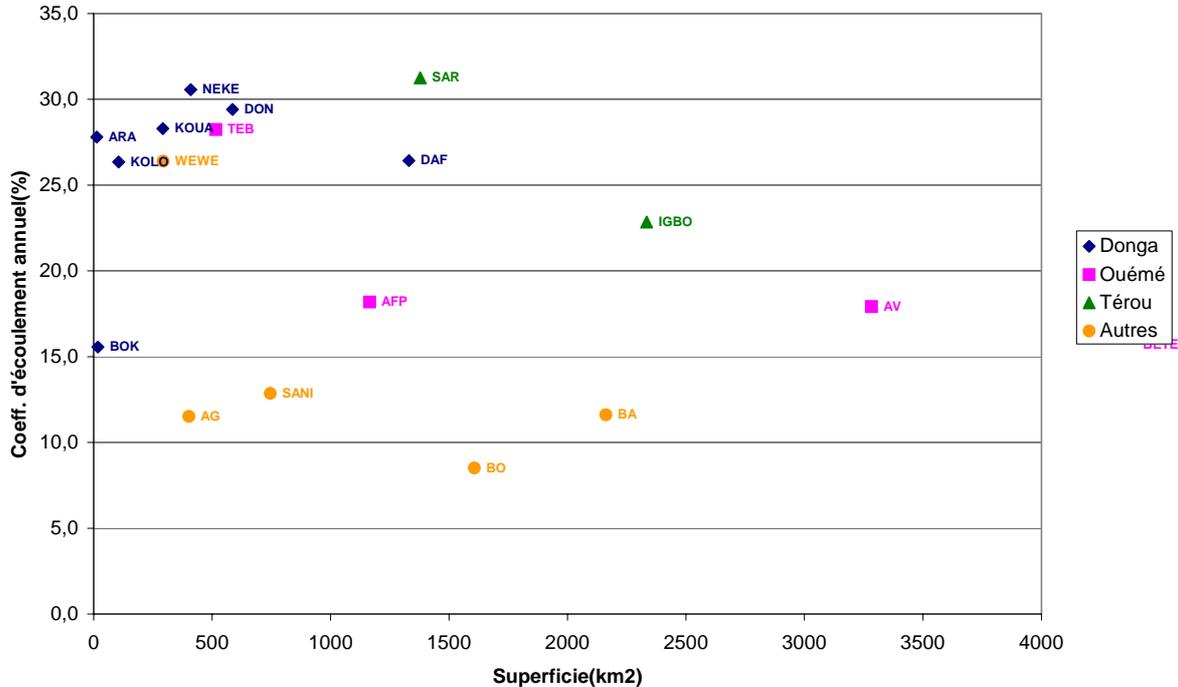
III. Bilan hydrologique et analyse de la saison sur l'OHHVO

Bilan hydrologique sur l'ensemble des sous-bassins

Pour chaque sous-bassin, les coefficients d'écoulement annuel ont été calculés.

Les lames précipitées ont été obtenues par krigeage des pluies décadaires disponibles aux stations pluviométriques du réseau CATCH, en moyennant les valeurs sur chaque bassin.

Tableau 2 : Bilan hydrologique aux différentes stations pour l'année 2003



Station	bassin	superficie(km2)	volume ecoulé(km3)	lame écoulée(mm)	lame précipitée(mm)	coef.d'écoulement(%)
ARA	Donga	12,8	0,0061	477	1715	27,8
BOK	Donga	17,4	0,0033	190	1219	15,6
DAF	Donga	1330	0,485	365	1380	26,4
DON	Donga	586	0,2514	429	1459	29,4
KOLO	Donga	105	0,0455	433	1645	26,3
KOUA	Donga	292	0,129	442	1562	28,3
NEKE	Donga	409	0,1908	467	1527	30,6
AFP	Ouémé	1165	0,3026	260	1428	18,2
AV	Ouémé	3283	0,8148	248	1385	17,9
BETE	Ouémé	10050	2,0246	201	1281	15,7
TEB	Ouémé	515	0,2205	428	1517	28,2
IGBO	Térou	2334	0,763	327	1431	22,9
SAR	Térou	1378	0,6115	444	1420	31,2
Cote238	Térou	3133	0,5825	186	1382	13,5
WEWE	Wéwé	293	0,1036	354	1340	26,4
AG	Aguimo	402	0,0586	146	1265	11,5
BO	Alpouro	1607	0,1905	119	1391	8,5
SANI	Sani	745	0,1284	172	1340	12,9
BA	Yérou Maro	2162	0,2878	133	1147	11,6

Figure 2 : coefficients d'écoulement annuel en fonction de la superficie des bassins. Les stations sont regroupées par rivière.

On peut remarquer que les bassins de la Donga présentent les plus forts taux d'écoulement, comme pour l'année 2002. La station de la Cote 238 n'est pas prise en compte car les lacunes sont trop importantes.

Analyse de la saison 2003

On effectue ici un bref bilan de la saison à partir des écoulements de l'Ouémé à Bétérou, dont le bassin couvre 10050 km² sur les 14280 km² de l'OHHVO. La station de Bétérou a l'avantage d'être suivie depuis 1952.

Il a été montré que l'on pouvait décomposer la période 1952-1996 en une période « humide » (1952-1970) et une période sèche (1971-1996). On va comparer les lames décadaires précipitées et écoulées, cumulées sur l'année 2003, aux moyennes obtenues sur les 2 périodes.

1. Précipitations

Nous avons calculé les lames d'eau précipitées sur le bassin à partir de 3 stations pluviométriques suivies sur toute la période 1952-2003 (Bembéréké, Parakou, et Djougou).

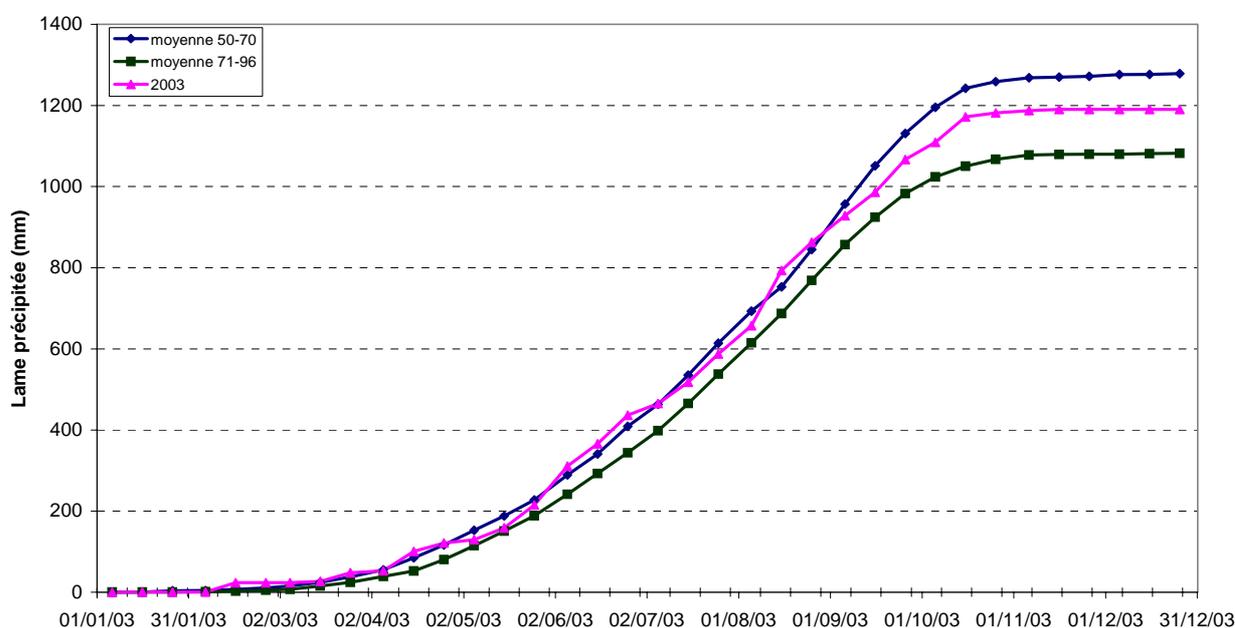
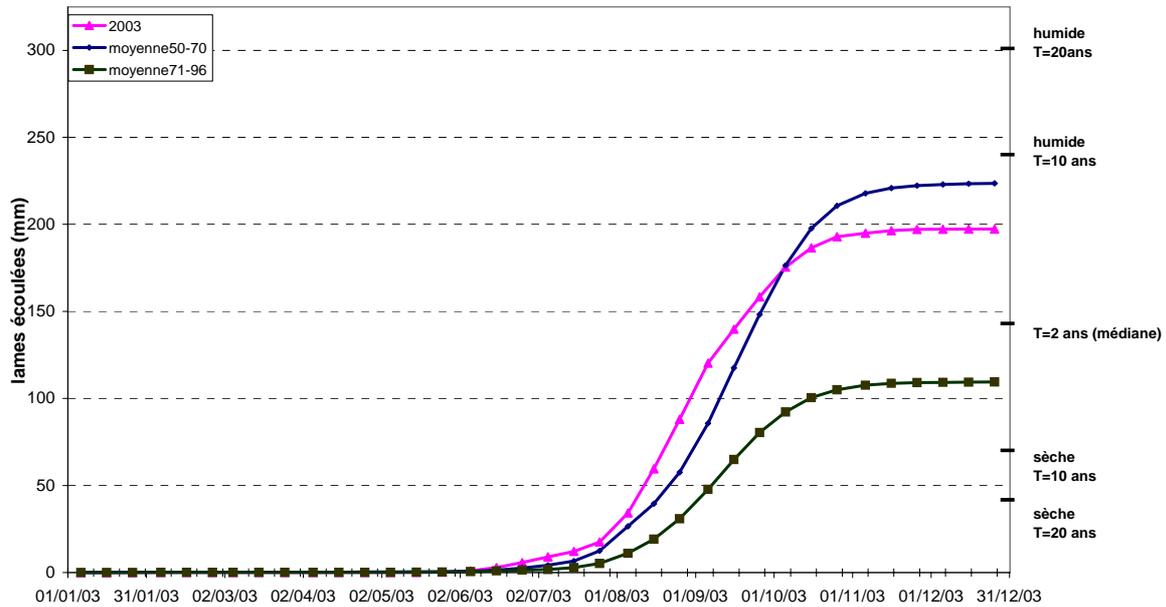


Figure 3 : lames précipitées décadaires cumulées sur le bassin de Bétérou.

La saison des pluies 2003 apparaît comme assez humide au sein de la période « sèche » avec un démarrage précoce et un cumul annuel bien supérieur à la moyenne.

Jusqu'à la mi-septembre, l'année 2003 se rapproche d'une année moyenne de la période « humide ». A la fin de la saison, les cumuls décadaires sont plutôt comparables aux moyennes de la période sèche.

2. Ecoulements



Les écoulements de la saison ont été largement excédentaires dès le début de saison.

On remarque notamment un écoulement très important entre mi-août et mi-septembre où l'Ouémé a connu deux crues très importantes.

Le cumul annuel est près de deux fois plus important que le cumul moyen sur la période « sèche » mais il reste inférieur à celui calculé sur la période « humide ».

A partir de l'ajustement de la loi des fuites effectué sur les écoulements de Bétérou (entre 1952 et 1984) dans la monographie du Bénin (« Les ressources en eaux superficielles de la république du Bénin », Le Barbé et al., 1993), on peut dire que l'année 2003 est une saison plutôt humide de temps de retour de 5 ans.

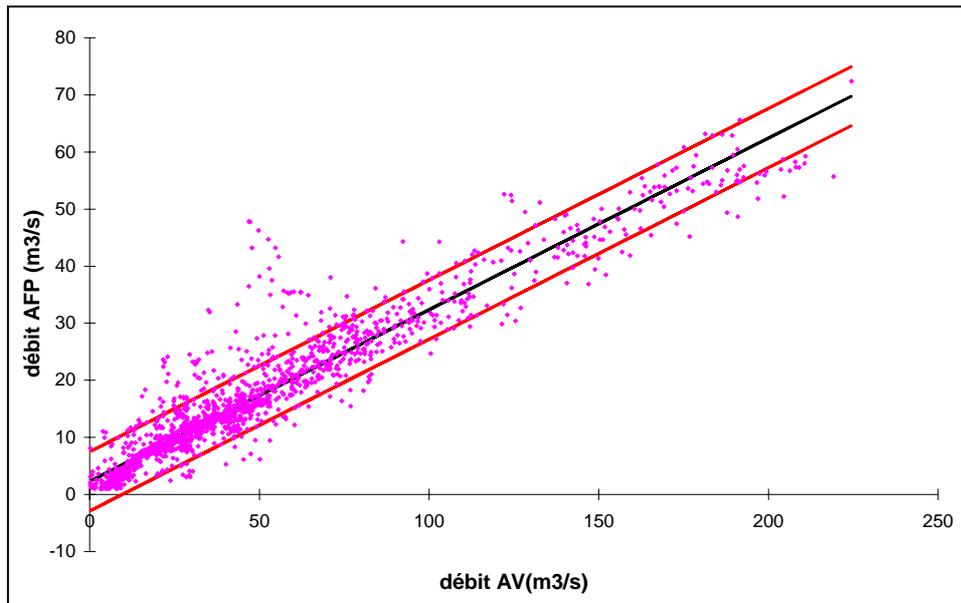
Annexe 1: Corrélations utilisées pour la reconstitution des débits en 2003

Affon-Pont avec Aval Sani

Données : débits calculés au pas de temps de 6 heures

Equation : $AFP = 2.32 + 0.30 \times AV$

Coefficient de détermination : $R^2 = 0.91$

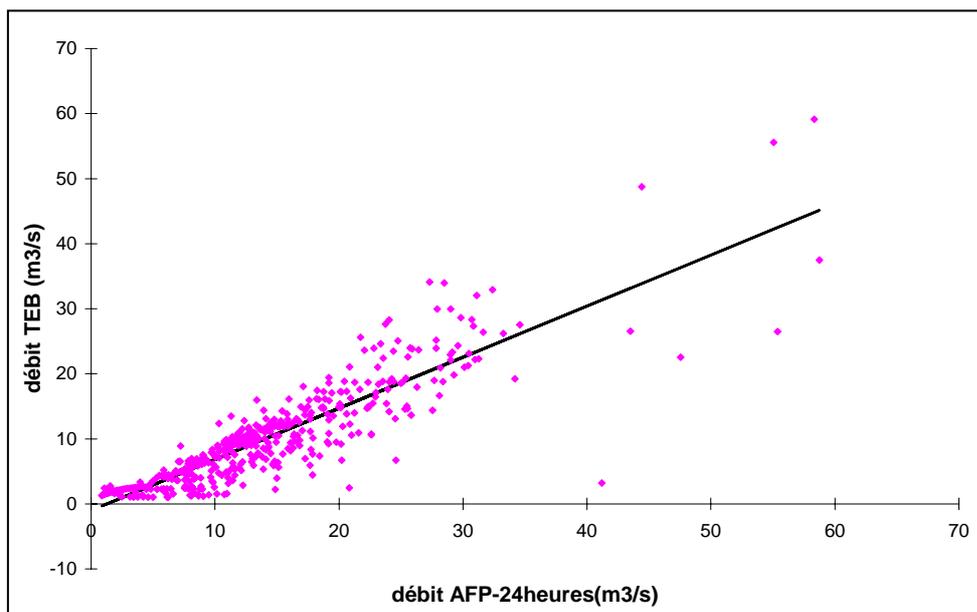


Tébou avec Affon-Pont 24 heures après

Données : débits calculés au pas de temps de 12 heures

Equation : $TEB = -1.01 + 0.78 \times (AFP-24h)$

Coefficient de détermination : $R^2 = 0.78$



Affon Pont avec Aval Sani 6 heures après et Donga 18 heures avant

Données : débits calculés au pas de temps de 6 heures

Equation: $DAF = 0.74 + 0.50 \times (AV-6h) + 0.29 \times (DON-18h)$

Coefficient de détermination : $R^2 = 0.95$

