

ORSTOM

Institut Français
de Recherche Scientifique
pour le Développement
en Coopération

Centre de Cayenne
Laboratoire d'Hydrologie

**REGIME HYDROLOGIQUE
DE LA CRIQUE VENUS**

Département des eaux continentales



TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
Dispositif de mesures installé	2
1 - ETUDE DES NIVEAUX DE LA CRIQUE VENUS	4
1.1 - Relation entre Vénus Qualité et Vénus Vitesses	4
1.2 - Relation entre Vénus Qualité et Petit Saut Aval	5
1.3 - Régime de variation des niveaux de la crique Vénus	5
1.4 - Modifications de niveaux induites par le barrage	11
2 - ETUDE DES VITESSES SUR LA CRIQUE VENUS	13
2.1 - Mesures disponibles et étalonnage du capteur de vitesses	13
2.2 - Analyse du régime de variation des vitesses	14
2.2.1 - Fleuve à 100 m ³ /s et crique en étiage	14
2.2.2 - Fleuve à 400 m ³ /s et crique en étiage	15
2.2.3 - Fleuve à 100 m ³ /s et crique en crue	15
2.2.4 - Conclusions	15
2.3 - Résultats des mesures des vitesses	16
3 - ETUDE DES DEBITS DE LA CRIQUE VENUS	17
3.1 - Mode de calcul des débits	17
3.2 Discussion du résultat du calcul des débits	18
4 - ESTIMATION DES APPORTS A L'AVAL DE PETIT SAUT	20
CONCLUSION	21

Dispositif de mesures installé

Dans le cadre des diverses études menées autour du barrage de Petit Saut, l'ORSTOM dispose d'un dispositif de mesures relativement dense sur l'estuaire du fleuve Sinnamary. Pour l'étude spécifique de la crique Vénus, l'originalité du dispositif consiste en l'installation d'une station de mesure des vitesses du courant, de type SAB DBA (Société CR2M), utilisant des capteurs à ultrasons. Sur le plan technologique, il était intéressant de savoir si l'installation d'un capteur mesurant les vitesses du courant pouvait apporter une meilleure connaissance du régime hydrologique d'une rivière soumise à des renverses de courant, et notamment permettre d'estimer les débits.

La position des différentes stations est indiquée sur la carte schématique présentée à la figure n° 1.

- la station de Petit Saut Aval contrôle les niveaux et le débit du fleuve provenant du bassin amont du fleuve et, depuis le début Janvier 94, de la retenue. Cette station est légèrement influencée par la marée.
- une station sur le Sinnamary à crique Vénus dite « Vénus Qualité » mesure les niveaux du fleuve au voisinage de la crique Vénus, ainsi que la température et la conductivité de l'eau.
- une station sur la crique Vénus dite « Vénus Vitesses » mesure les cotes et les vitesses du courant sur la crique Vénus, à 100 m en amont de la confluence avec le fleuve Sinnamary.
- la station de crique Toussaint permet d'estimer le débit de cet affluent de rive gauche du Sinnamary.
- la station de Pointe Combi, fortement influencée par la marée, permet de connaître la vitesse de propagation de l'onde de marée, et l'amortissement de son amplitude, dans la partie aval de l'estuaire.
- la station du Sémaphore (sur la Roche Brigandin, à l'embouchure), fournit le signal marée à l'entrée de l'estuaire.

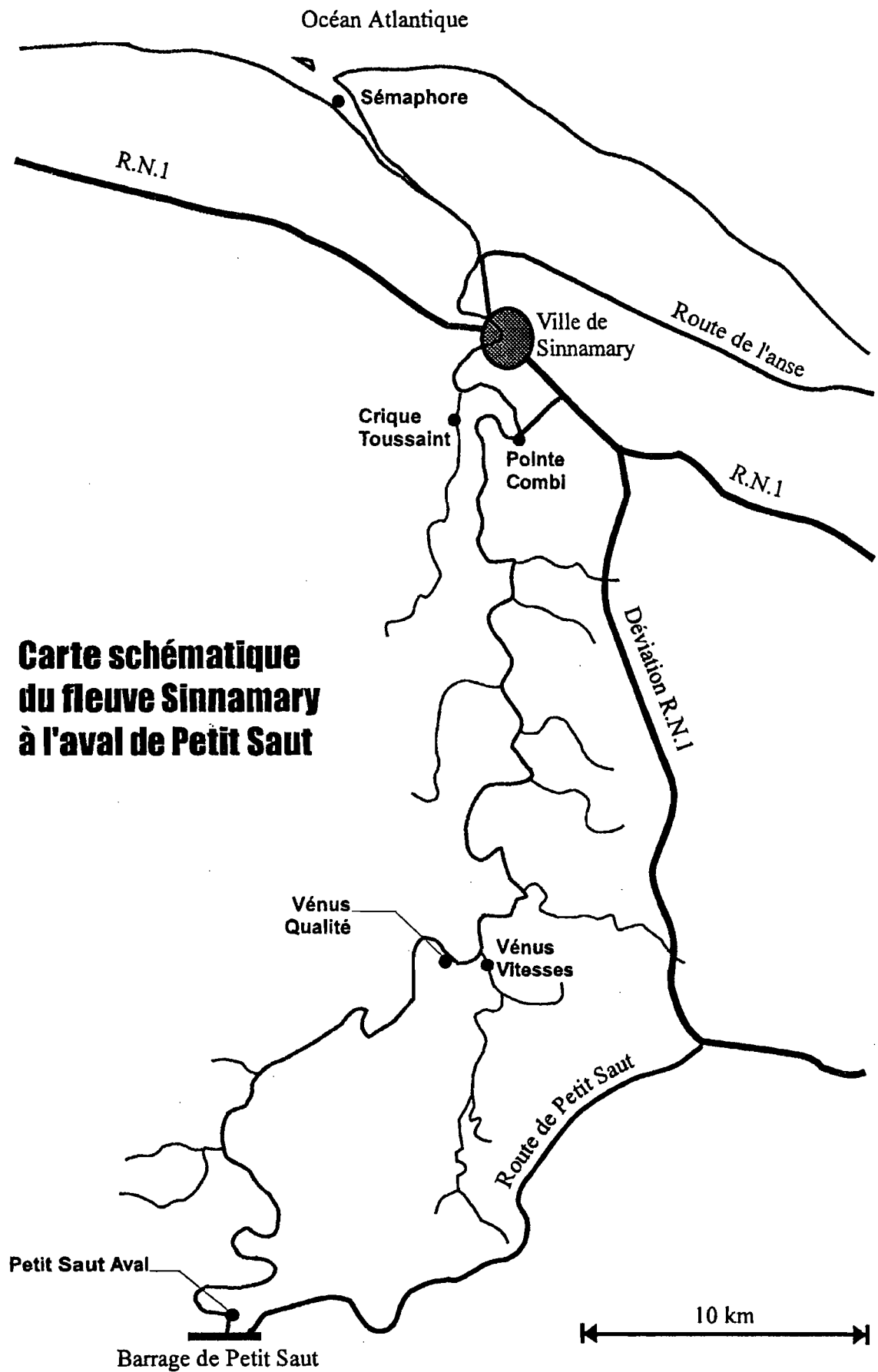


Figure n° 1 : Plan de situation des stations

1 - ETUDE DES NIVEAUX DE LA CRIQUE VENUS

L'ensemble de la zone du fleuve Sinnamary allant de Petit Saut jusqu'à la mer est soumise à la marée, avec des amplitudes croissantes de l'amont vers l'aval. Afin de réaliser l'étude des niveaux de la crique Vénus, nous avons d'abord cherché à nous affranchir autant que possible de l'influence de la marée en constituant pour chacune des stations des fichiers de cotes prises au moment de la marée basse. C'est en effet au moment de la marée basse que le niveau du fleuve est le plus proche de ce qu'il serait en l'absence de marée, et donc le plus représentatif du régime propre du cours d'eau. L'ensemble des résultats présentés ci-après fait référence à des niveaux au moment de la marée basse, représentant la courbe enveloppe minimum des cotes enregistrées.

1.1 - Relation entre Vénus Qualité et Vénus Vitesses

Cette relation est utile pour compléter les cotes du capteur Vénus Qualité à partir des cotes mesurées à Vénus Vitesses, et pour passer d'un système d'échelles à l'autre.

Nous obtenons (voir figure n° 2) :

$$VQ = 1.02 VV - 182.2 \quad (r = 0.991, \sigma = 6 \text{ cm})$$

$$VV = 0.963 VQ + 183.5 \quad (r = 0.991, \sigma = 5 \text{ cm})$$

Nous constatons que l'on peut facilement déduire les niveaux à l'échelle de la station Vénus Vitesses des niveaux à l'échelle de Vénus Qualité, en ajoutant 183 cm.

Corrélation Vénus Qualité - Vénus Vitesses

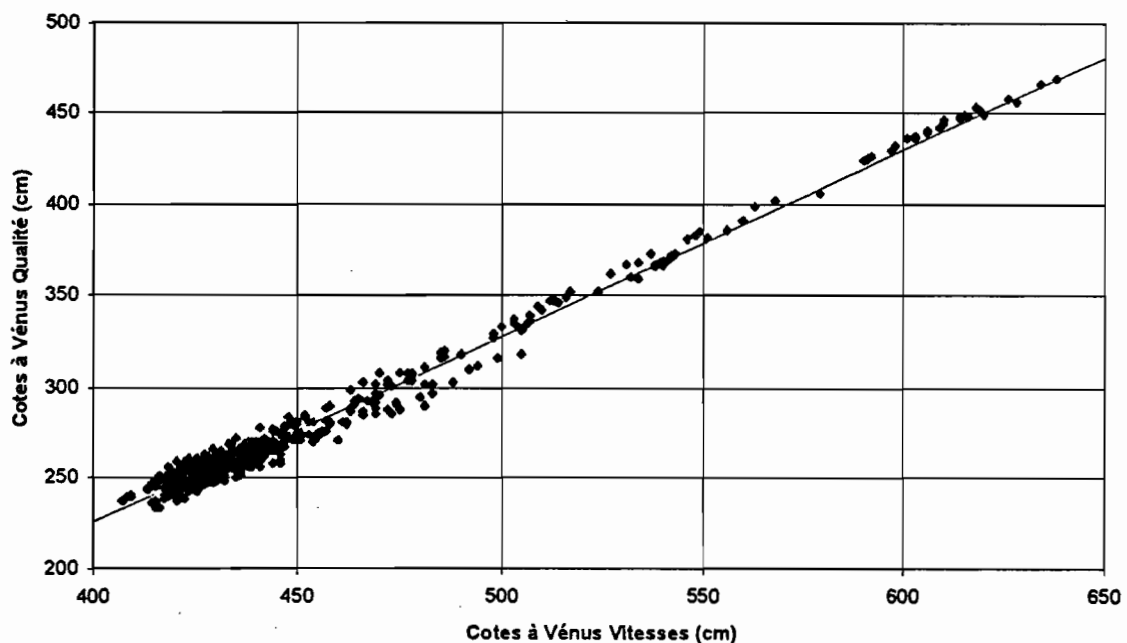


Figure n° 2

1.2 - Relation entre Vénus Qualité et Petit Saut Aval

Cette relation est utile pour reconstituer des cotes au niveau de la crique Vénus, connaissant les cotes à Petit Saut. Nous obtenons la régression linéaire suivante (figure n° 3) :

$$VQ = 0.601 PS + 128.5 \quad (r = 0.963, \sigma = 11 \text{ cm})$$

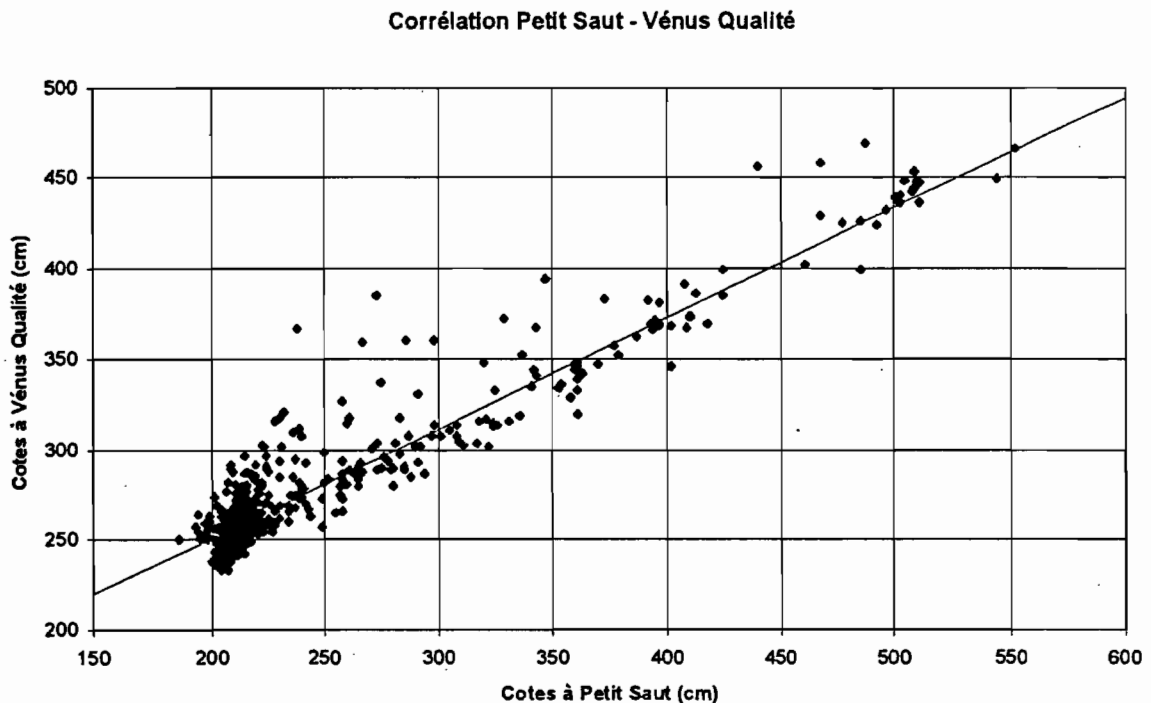


Figure n° 3

On remarquera qu'en basses eaux, une bonne partie de la dispersion provient des cycles de marées de 14 jours (vives eaux - mortes eaux). En vives eaux, les zones inondées stockent plus d'eau qu'en mortes eaux. Cette eau est restituée lentement, ce qui a pour effet de gonfler légèrement les niveaux à marée basse. Il serait possible d'affiner la corrélation en modélisant cet effet.

1.3 - Régime de variation des niveaux de la crique Vénus

Grâce à cette relation entre Vénus Qualité et Petit Saut, nous avons pu reconstituer des cotes au niveau de la crique Vénus, de 1969 à 1993 (les cotes 1994-1995 ayant été mesurées directement).

Nous pouvons ainsi calculer pour la crique Vénus et pour chaque année les durées où les cotes ont été supérieures à certains seuils, sur la période 1969-1995.

Nous présentons également pour chacun des seuils les fréquences de dépassement pour chacun des jours de l'année, calculées sur les 25 années reconstituées.

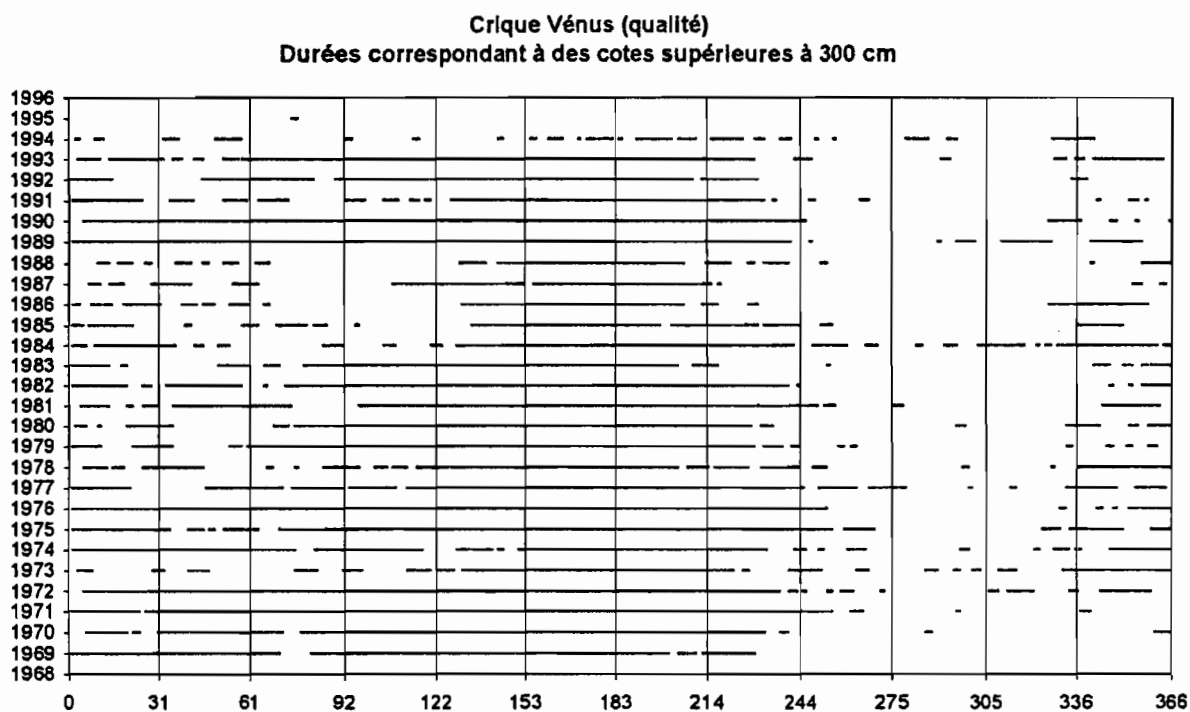


Figure n° 4

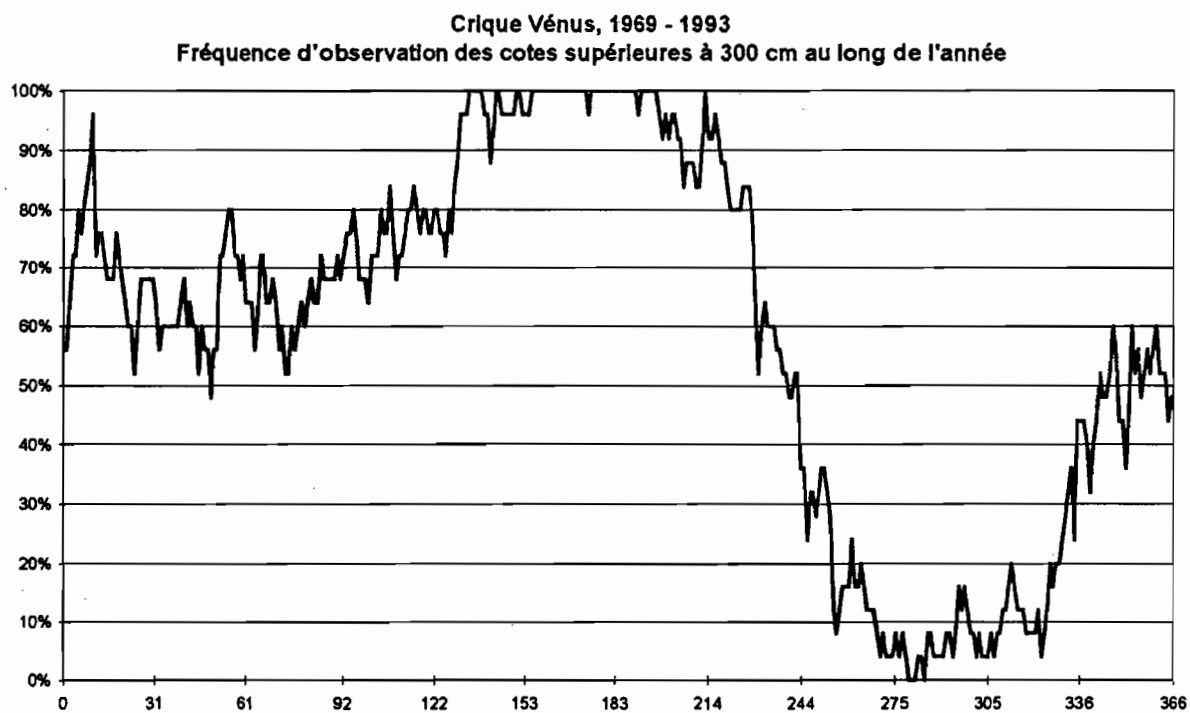


Figure n° 5

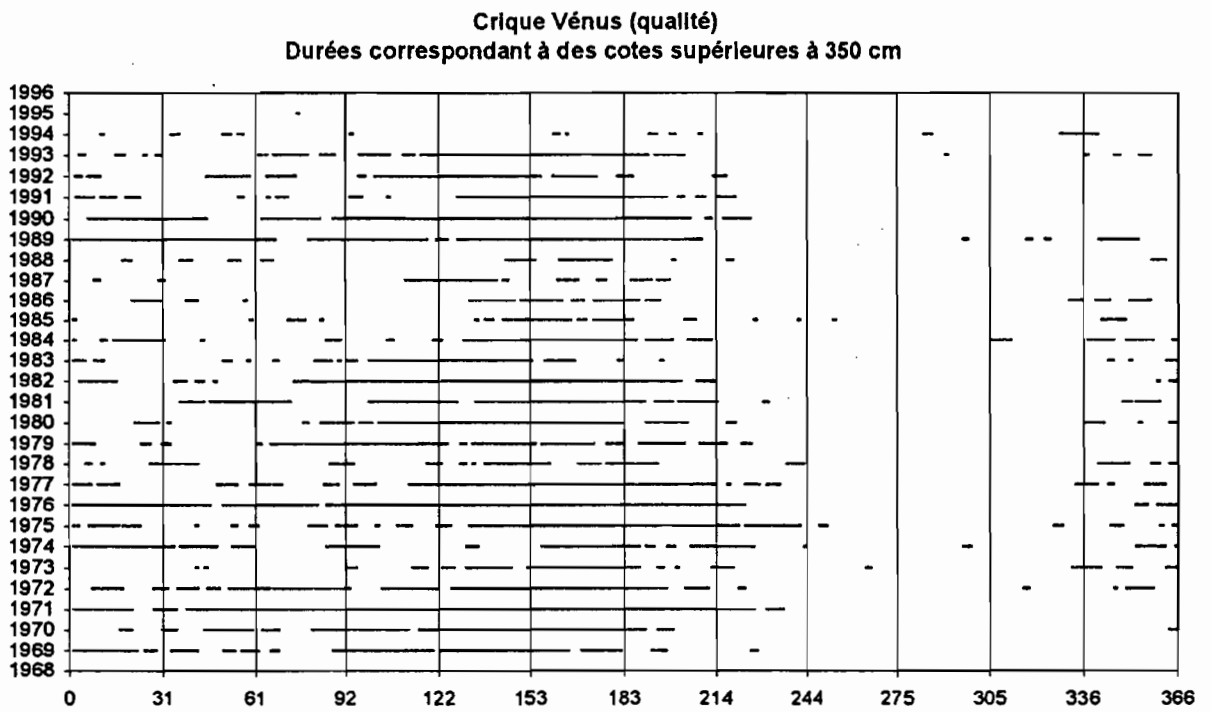


Figure n° 6

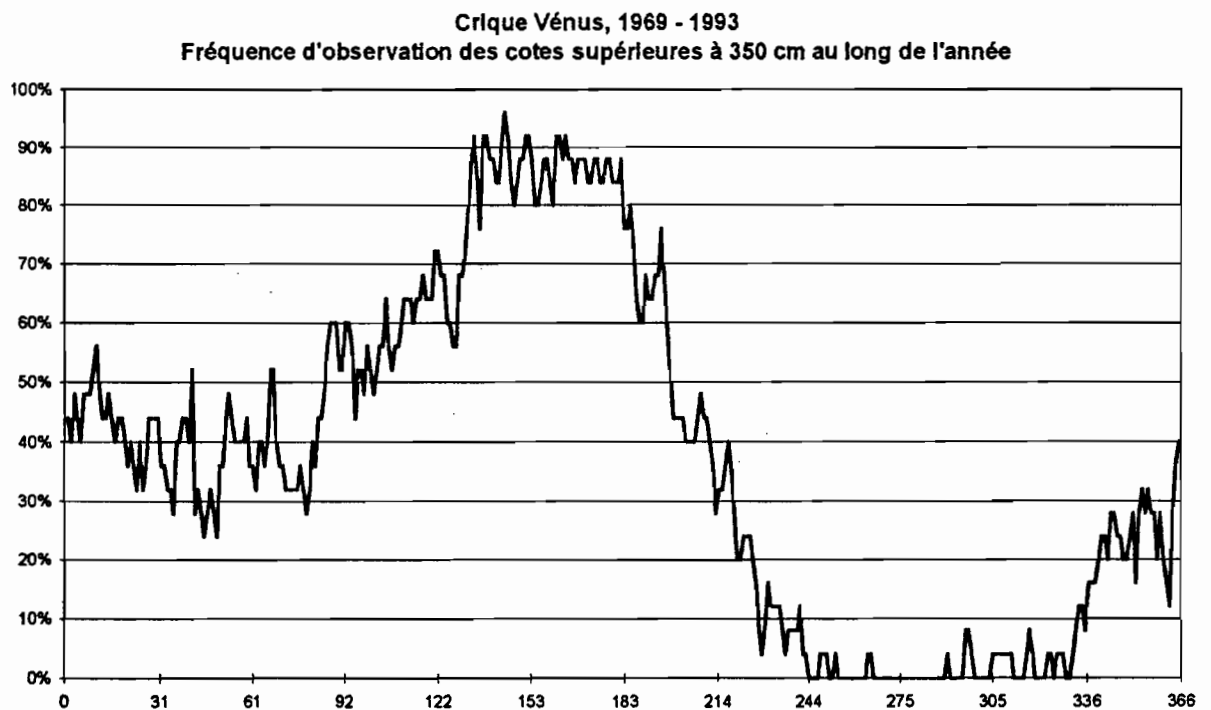


Figure n° 7

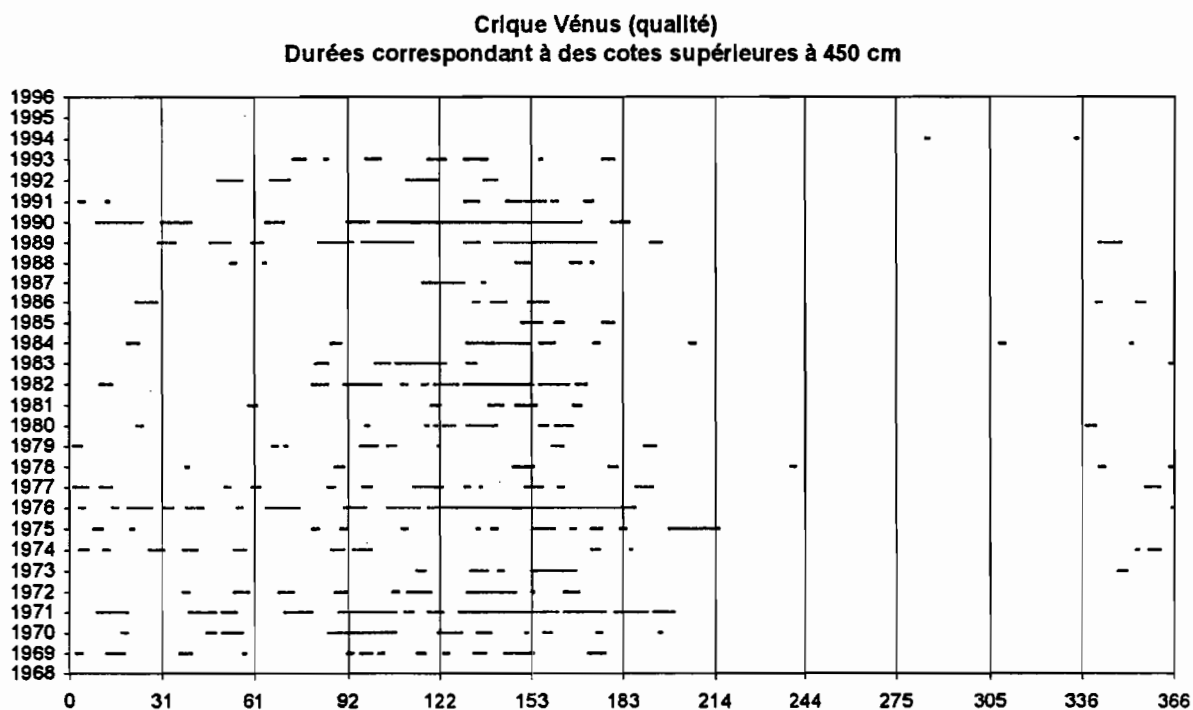


Figure n° 10

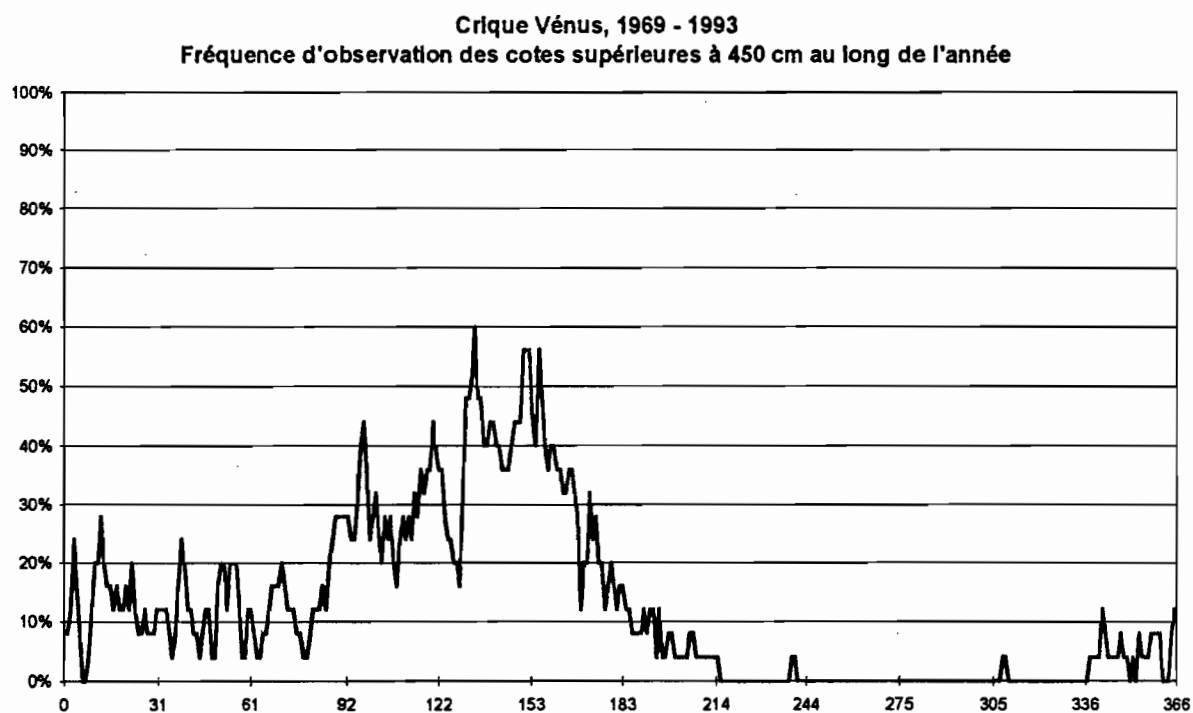


Figure n° 11

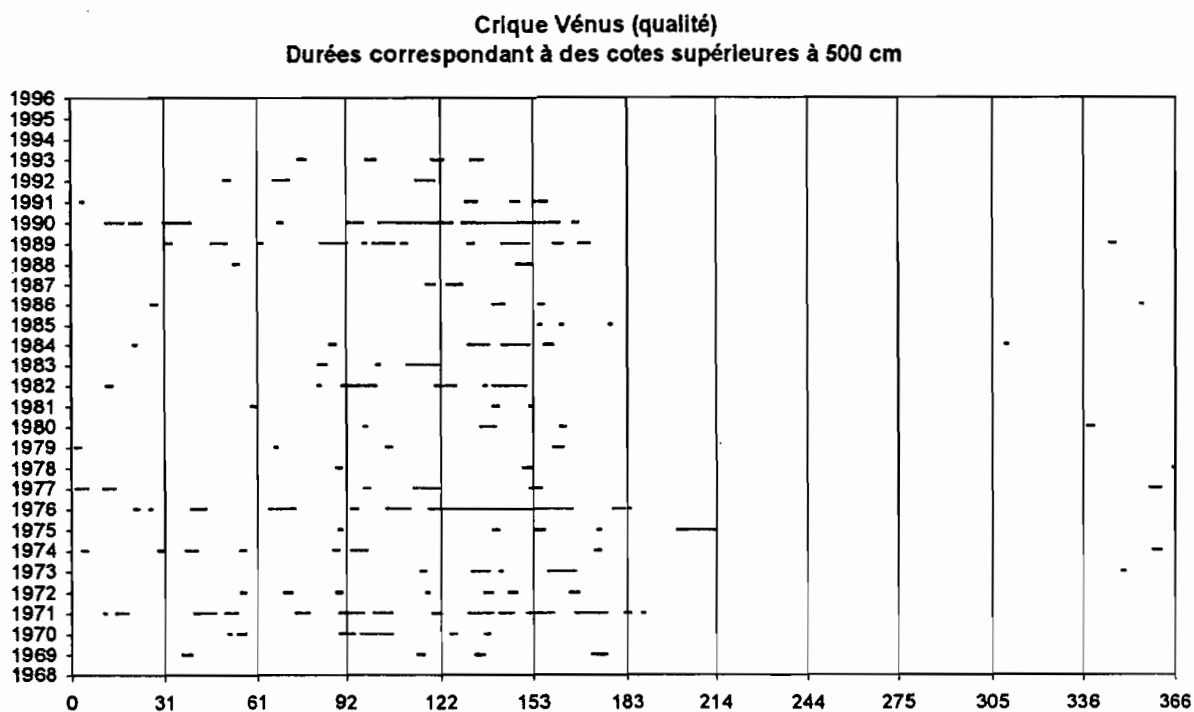


Figure n° 12

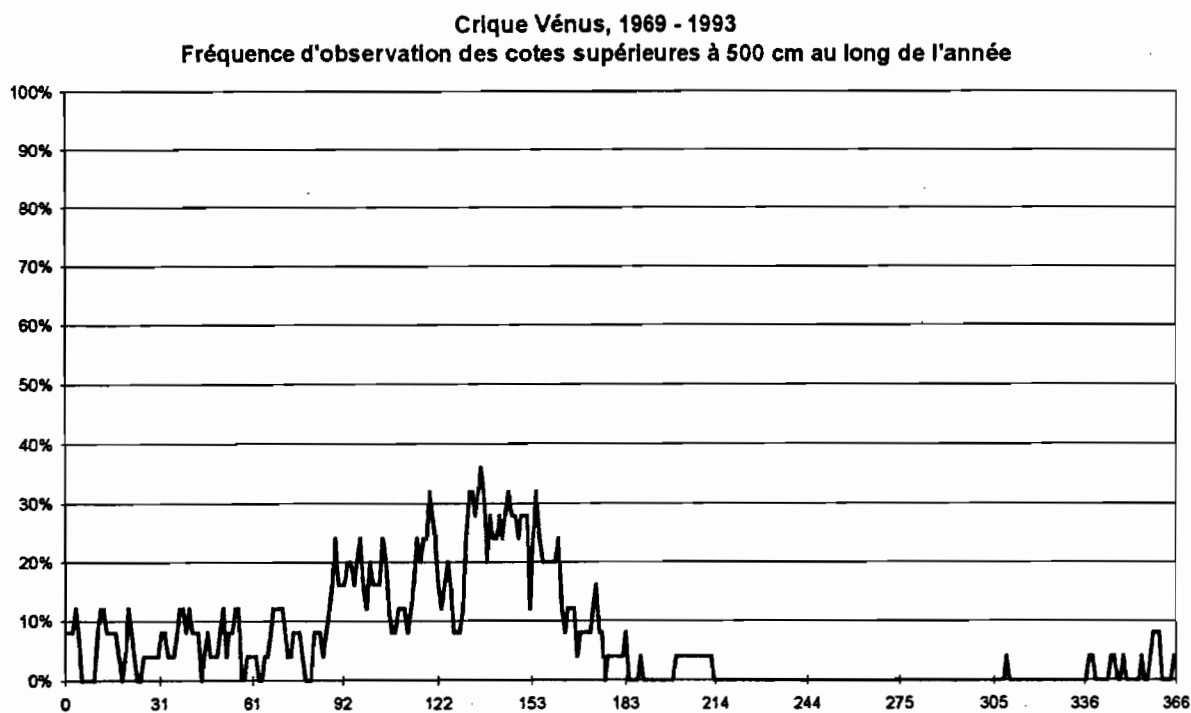


Figure n° 13

1.4 - Modifications des niveaux induites par le barrage

L'effet du barrage sur les niveaux de la crique Vénus apparaît déjà clairement pour l'année 1994 sur les graphes présentant les durées d'observation de niveaux supérieurs à un certain seuil.

Afin de mieux visualiser l'effet du barrage durant la période de mise en eau, il nous a paru intéressant de chercher à reconstituer les niveaux que l'on aurait observé à Petit Saut Aval et à Vénus Qualité en régime naturel. Pour cela, nous avons d'abord reconstitué pour les années 94-95 une série de cotes à Petit Saut Aval en utilisant la corrélation établie sur la période 90-93 entre Petit Saut et les stations amont de Saut Dalles et de Saut l'Autel. Cette corrélation est la suivante (voir figure n° 14) :

$$PS = 1.232 \times (SD + SL) - 104.8 \quad (r = 0.951, \sigma = 37 \text{ cm})$$

Cette corrélation n'est pas excellente, surtout pour les fortes valeurs (les stations amont contrôlent moins de la moitié du bassin versant), mais donne une idée vraisemblable sinon exacte des niveaux que l'on observerait à Petit Saut Aval en l'absence de barrage.

Corrélation entre Petit Saut Aval et Saut Dalles + Saut l'Autel

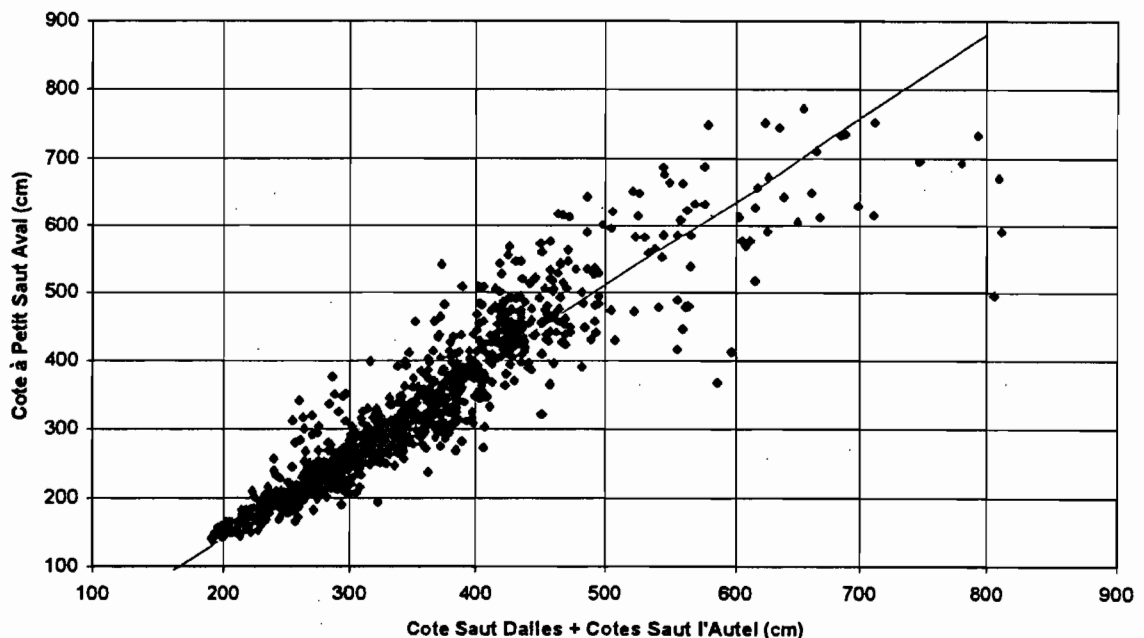


Figure n° 14

Cette corrélation permet de reconstituer les niveaux que l'on aurait observé à Petit Saut en l'absence du barrage, et de les comparer aux niveaux réellement observés (figure n° 15). Le débit moyen sur l'année du fleuve Sinnamary à Petit Saut en régime naturel peut ainsi être évalué, il aurait été de l'ordre de 230 m³/s, valeur très proche de la médiane calculée sur la période 1969-1993 (240 m³/s).

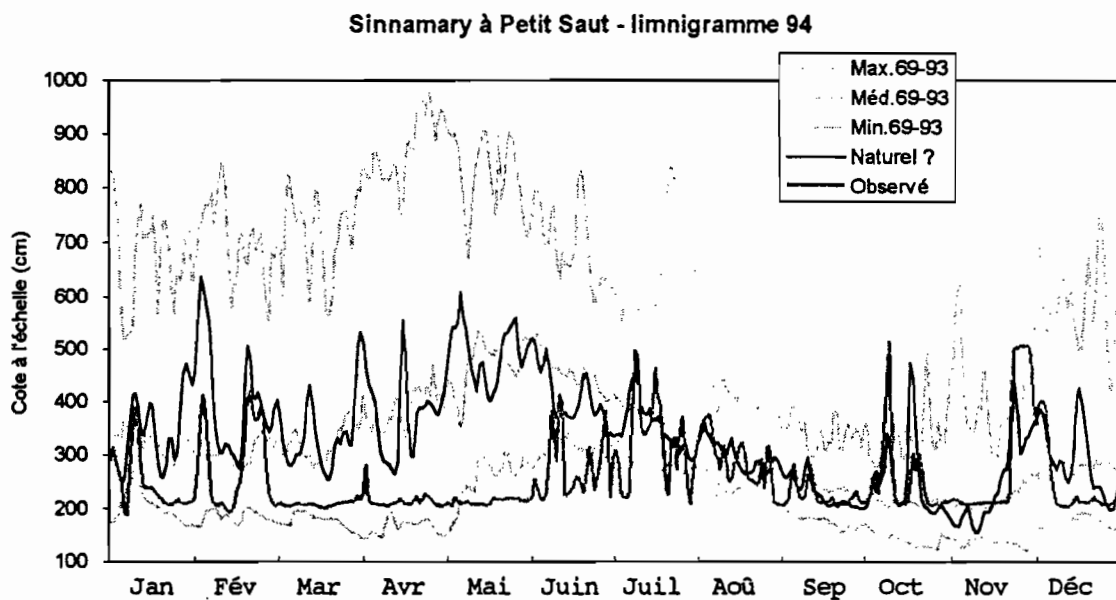


Figure n° 15

et en procédant de même pour la crique Vénus (voir figure n° 16) :

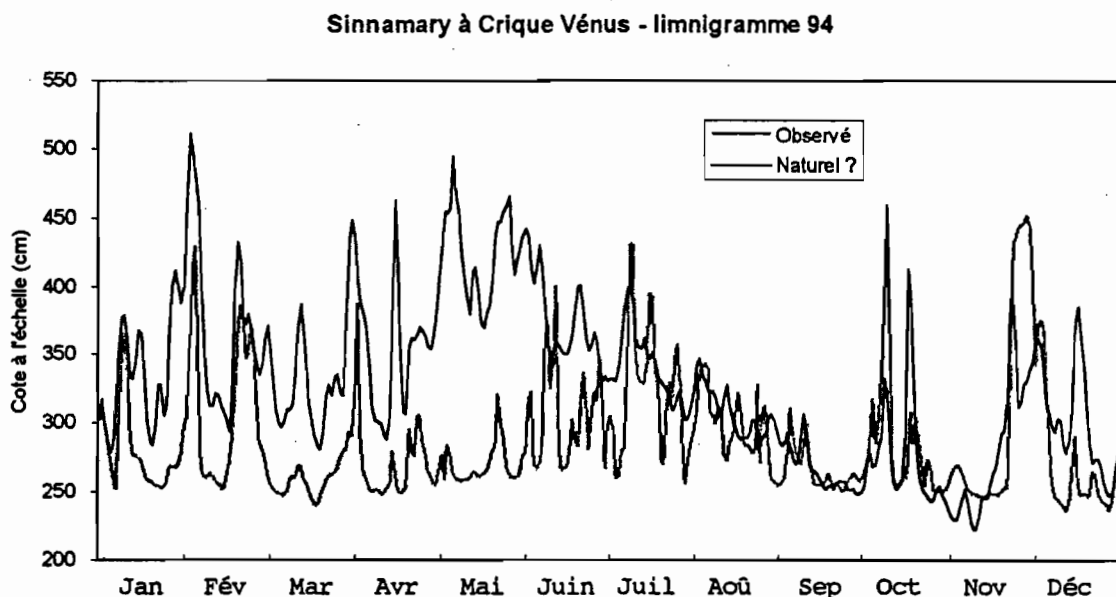


Figure n° 16

Durant l'année 1994, la réduction des niveaux est surtout sensible sur la période d'été.

2 - ETUDE DES VITESSES SUR LA CRIQUE VENUS

2.1 - Mesures disponibles et étalonnage du capteur de vitesses

La station de mesure des vitesses, installée fin 93 sur la crique Vénus, a enregistré depuis cette date (avec quelques lacunes) les vitesses du courant dans la crique Vénus à proximité de sa confluence avec le fleuve Sinnamary. Le pas de temps de l'enregistrement était fixé à 10 mn, mais les données ont été moyennées au pas de temps d'une heure.

Cette station comporte 2 capteurs, l'un à 50 cm du fond et le deuxième initialement en surface, puis pour cause de défaillance du système de flotteur à environ 80 cm du fond.

Douze mesures de débit permettent d'obtenir une première idée de l'étalonnage des capteurs. Le but de cet étalonnage est de rattacher la vitesse mesurée par le capteur (moyennée sur une heure) à la vitesse moyenne sur la section de la rivière. Nous avons obtenu :

Date	Cote (cm)	Section (m ²)	Débit (m ³ /s)	Vitesse moyenne (cm/s)	Vitesse capteur (cm/s)
21/03/94 14:15	495	38.5	2.2	6	5
21/03/94 14:55	488	42.0	2.9	7	6
21/04/94 16:30	535	47.5	34.3	72	68
21/04/94 17:20	530	50.0	36.3	73	75
22/04/94 08:10	500	42.3	15.4	36	35
22/04/94 09:45	483	37.9	13.8	36	50
22/04/94 12:00	463	33.9	14.3	42	59
22/06/95 15:47	595	57.9	11.5	20	24
22/06/95 17:45	572	55.2	9.2	17	23
23/06/95 07:39	666	87.6	2.6	2	1
23/06/95 11:03	660	82.2	8.6	10	15
23/06/95 12:46	632	63.8	9.4	15	15

On constate une bonne adéquation entre les vitesses mesurées par le capteur du fond et les vitesses moyennes mesurées pour les 5 premières mesures. Pour les deux mesures suivantes, il faudrait diviser les vitesses données par le capteur par un coefficient de 1.5 environ pour retrouver les vitesses mesurées. Il est vrai qu'un nettoyage de la section a été effectué le 22/4/94 entre 8h et 10h. Ce nettoyage semble avoir causé une perturbation de l'étalonnage du capteur vitesses. Enfin pour la campagne de jaugeages des 22 et 23 Juin 95, les vitesses du capteur sont assez voisines des vitesses mesurées. Cela illustre bien la difficulté d'obtenir un étalonnage précis de ce type de capteur en conditions naturelles, lorsque des branches ou obstacles divers peuvent modifier ponctuellement le profil des vitesses. Il est certain que pour obtenir une estimation précise des vitesses, il faudrait procéder à un étalonnage beaucoup plus élaboré du capteur, en explorant toute la gamme des vitesses y compris les vitesses négatives.

Afin de présenter malgré tout un ordre de grandeur des vitesses, nous avons considéré dans un premier temps que le capteur représentait à peu près les vitesses moyennes sur la section mouillée. Toutefois le calcul des débits basé sur cette hypothèse conduisait à des valeurs manifestement surestimées, puisque l'on obtenait une lame écoulee du même ordre de grandeur que la lame précipitée. Nous avons donc préféré adopter un coefficient de réduction de 1.5 des vitesses du capteur, basé sur les 2 dernières mesures de débit.

2.2 - Analyse du régime de variation des vitesses

Le régime hydrologique de la crique Vénus à proximité de sa confluence avec le fleuve Sinnamary est particulièrement complexe, puisque les niveaux y dépendent :

- des ondes de crue descendant le fleuve Sinnamary
- des ondes de marée bi-journalières remontant de fleuve Sinnamary
- des crues de la crique Vénus elle-même

Les enregistrements de cotes et de vitesses, reliés aux débits du fleuve, permettent de distinguer plusieurs régimes de fonctionnement de la crique Vénus, comme le montre clairement le graphe comparatif présenté à la figure n° 17.

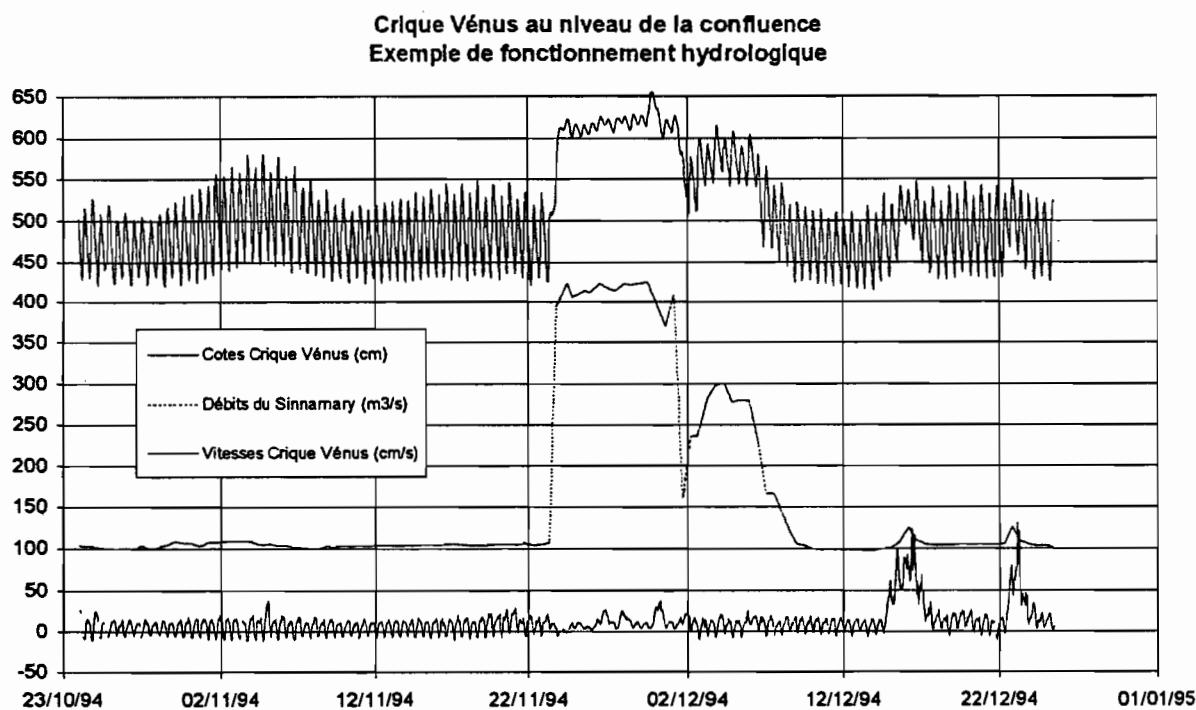


Figure n° 17

2.2.1 - Fleuve à 100 m3/s et crique en étiage (23/10 au 22/11/94)

Les niveaux de la crique Vénus sont imposés par la marée. Le marnage bi-journalier dépend de l'amplitude de la marée et peut atteindre 1.30 m en période de marées de vives eaux. Il est intéressant de constater un gonflement des niveaux mesurés au moment de la marée basse (courbe enveloppe Mini des cotes) lors des marées de vives eaux. Cela traduit probablement un stockage d'eau dans les zones inondées du fleuve lors des fortes marées hautes, stockage qui ne se vidange totalement que lorsque les marées sont devenues plus faibles, en période de mortes eaux.

Les vitesses dans la crique Vénus sont générées principalement par les mouvements de stockage - déstockage dus à la marée. Le débit de la crique étant faible, l'eau du fleuve peut remonter la crique pour en ressortir à marée descendante. Les vitesses restent faibles tant qu'il n'y a pas de crue sur la crique (de l'ordre de plus ou moins 20 cm/s).

2.2.2 - Fleuve à 400 m³/s et crique en étiage (22/11 au 2/12/94)

Le passage d'un débit de 100 m³/s à 400 m³/s sur le fleuve provoque une montée des cotes de la crique de près de 2 m pour les niveaux à marée basse. L'amplitude du marnage dû à la marée devient faible, et ne crée plus de vitesses dans la crique. Les variations de vitesses dans la crique durant cette période sont donc dues au passage de faibles crues. Après la phase de montée des eaux, on n'observe plus de vitesses négatives, le niveau du fleuve ne variant plus suffisamment pour créer des mouvements de flux et reflux dans la crique.

2.2.3 - Fleuve à 100 m³/s et crique en crue (après le 12/12/94)

Le niveau du fleuve étant stabilisé à une cote relativement basse, les crues sur la crique Vénus provoquent une augmentation assez nette des vitesses, qui peuvent atteindre 1 m/s pour des crues moyennes. On notera que la station étant installée à proximité directe de la confluence avec le fleuve Sinnamary, les cotes mesurées sur la crique Vénus sont aussi représentatives des cotes du fleuve. On constate que la crue sur la crique Vénus (et sur les bassins voisins) provoque une nette augmentation de niveau du fleuve, qui est sensible jusqu'à Petit Saut.

2.2.4 - Conclusions

La partie aval de la crique Vénus constitue une zone dont l'hydrologie et en particulier les niveaux sont fortement influencés par la marée lorsque le fleuve est bas. L'influence de la marée diminue lorsque le débit du fleuve augmente, et s'annule presque lorsque le fleuve atteint un débit voisin de 400 m³/s (correspondant à une cote voisine de 500 cm à Petit Saut Aval).

Les vitesses de la crique sont nettement plus liées que les niveaux aux débits en provenance du bassin amont de la crique Vénus. Il existe certes un « bruit de fond » sur les vitesses dû essentiellement au flux et reflux provoqués par les ondes de marée ou de crue, qui peut conduire à des variations de vitesse de l'ordre de 50 cm/s en valeur absolue. Cependant, l'obtention de vitesses supérieures à 50 cm/s traduit toujours la présence de crues sur la crique Vénus.

En cas de crue sur la crique Vénus, les vitesses mesurées dépendront toutefois dans une certaine mesure du niveau du fleuve au moment de la crue. Si le niveau du fleuve est élevé, il existe plusieurs facteurs susceptibles de freiner les vitesses sur la crique :

- les sections mouillées au niveau de la crique seront d'autant plus grandes que le fleuve est élevé, et le même débit transitant dans une section plus importante conduira à des vitesses plus faibles.
- lorsque le niveau monte, on observe la création de vastes zones inondées. Une crue survenant sur la crique Vénus pourra alors s'étaler dans les zones inondées, ce qui diminuera son débit de pointe.

Si par contre le niveau du fleuve est bas lorsque survient une crue sur la crique Vénus (comme c'est le cas général depuis la mise en eau du barrage de Petit Saut), le débit doit transiter dans des sections mouillées faibles, ce qui peut conduire à des vitesses élevées.

Les vitesses moyennes sur la section mouillée ont été calculées en appliquant au vitesses mesurées par le capteur un coefficient de réduction de 1.5 (comme indiqué au paragraphe 2.1). Nous pouvons ainsi obtenir une estimation des débits de la crique Vénus sur la période observée, comme le montre le graphique suivant (figure n° 20) :

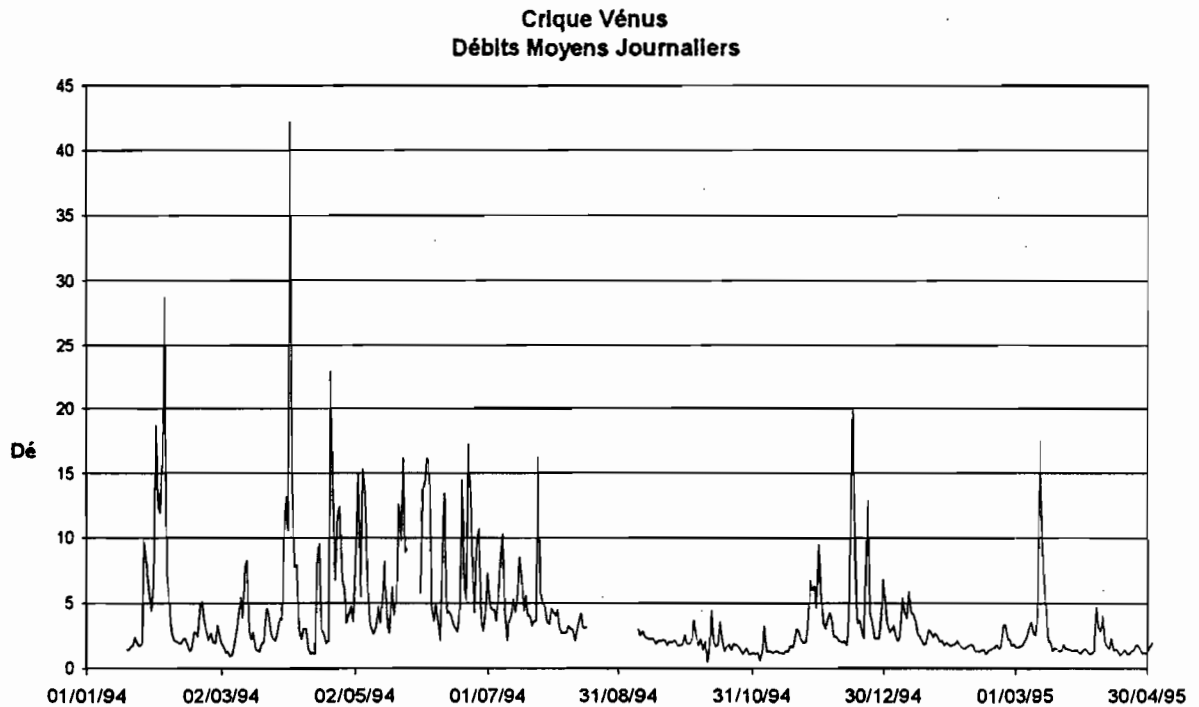


Figure n° 20

N.B. : on peut être surpris de constater une brusque baisse du débit d'étiage le 10/10/94, qui paraîtrait impossible sur une rivière ordinaire. Cette baisse est due en fait à une brusque montée des eaux à Petit Saut Aval, qui a entraîné ce jour là une inversion des courants dans la crique Vénus pendant une bonne partie de la journée, diminuant ainsi artificiellement le débit journalier. La remontée de débit que l'on constate le jour suivant consiste en la restitution au fleuve d'une partie de l'eau stockée le jour précédent.

3.2 - Discussion du résultat du calcul des débits

Le calcul des débits fait précédemment en appliquant aux vitesses un coefficient de réduction de 1.5 conduit pour l'année 94 à un débit moyen annuel de 4.66 m³/s. Ce chiffre paraît un peu élevé mais pas impossible. En effet, un débit moyen de 4.66 m³/s sur un bassin de 69 km² correspond à une lame écoulee de 2130 mm. Or nous avons mesuré pour l'année 94 une pluie annuelle de 3335 mm à Petit Saut. En supposant que la pluie reçue par le bassin de la crique Vénus soit identique à celle de Petit Saut, le déficit d'écoulement serait alors de 1200 mm environ. Cette valeur est inférieure à la valeur moyenne du déficit d'écoulement calculé pour la Guyane, qui serait de l'ordre de 1450 mm, mais il est possible que la pluie sur la bassin de la crique Vénus ait été un peu plus forte qu'à Petit Saut.

Il nous a paru intéressant de comparer les débits calculés sur la crique Vénus avec les débits de la crique Toussaint. La crique Toussaint est un affluent de rive gauche du fleuve dont la confluence se situe à peu de distance à l'amont de la ville de Sinnamary. Elle est suivie par l'ORSTOM depuis 1988, et l'on y connaît les débits avec une assez bonne précision, puisque la relation Hauteur - Débit n'y est pas influencée par la marée. Les caractéristiques des 2 bassins sont résumées dans le tableau suivant :

Nom du Bassin	Superficie	Débit 1994	Débit spécifique
Crique Vénus	69 km ²	4.66 m ³ /s	67.5 l/s/km ²
Crique Toussaint	56 km ²	3.00 m ³ /s	53.5 l/s/km ²

Une comparaison graphique des débits entre les 2 bassins, donnée à la figure n° 21, montre que les débits de la crique Vénus sont nettement supérieurs à ceux de la crique Toussaint en période d'étiage. Cela peut traduire le fait que les zones marécageuses de la crique Vénus stockent une partie de l'eau qui les alimente lors des crues du fleuve Sinnamary, pour la restituer ensuite lentement, ce qui a pour effet de soutenir le débit d'étiage. Les fortes différences constatées nous amènent toutefois à nous interroger sur l'étalonnage de notre capteur de vitesses, surtout dans la mesure des débits négatifs. Il nous faudra une campagne de mesures de terrain supplémentaire en étiage pour préciser ce point.

Comparaison des débits de Crique Vénus et de Crique Toussaint

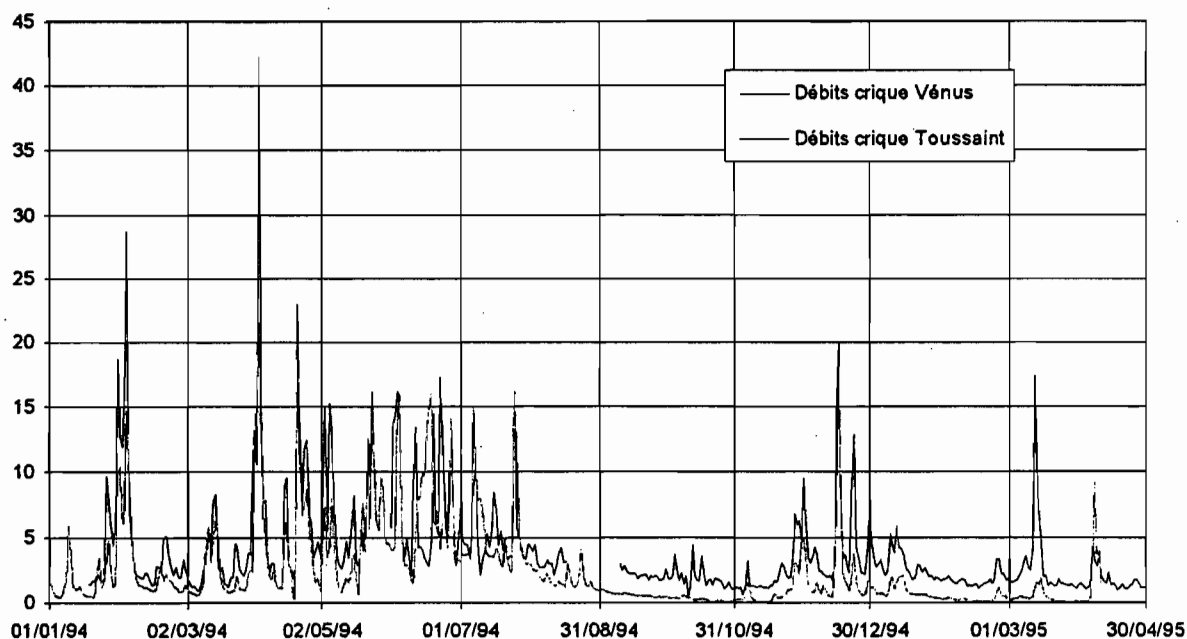


Figure n° 21

Ce graphe nous montre par contre une bonne ressemblance qualitative entre les 2 criques (les crues sont généralement simultanées, et leurs amplitudes comparables), prouvant que le régime des crues est assez bien reconstitué par notre méthode de calcul.

4 - ESTIMATION DES APPORTS A L'AVAL DE PETIT SAUT

A partir des débits calculés pour la crique Vénus et la crique Toussaint, il est possible de réaliser une estimation grossière des débits du bassin versant du fleuve Sinnamary situé à l'aval de Petit Saut.

Les superficies des bassins versants à l'aval du barrage de Petit Saut sont les suivantes :

Petit Saut - Pont de Sinnamary	530 km ²
Crique Vénus	69 km ²
Crique Toussaint	56 km ²

Les criques Vénus et Toussaint contrôlent donc 125 km² sur 530 km². En multipliant la somme des débits de Vénus et Toussaint par le rapport des surfaces des bassins, nous obtenons un ordre de grandeur des débits des affluents du Sinnamary à l'aval de Petit Saut. Nous avons également calculé les débits en fonction des résultats de la crique Toussaint seule, étant donné le doute qui subsiste sur l'étalonnage du capteur de vitesses de Vénus. Nous avons résumé les résultats dans le tableau suivant :

Mois	Débit Petit Saut (m ³ /s)	Débit Bassin Aval = f (Vénus + Toussaint) (m ³ /s)	Débit Bassin Aval = f (Toussaint) (m ³ /s)
Janvier 94	135	30	22
Février 94	177	35	30
Mars 94	102	21	18
Avril 94	107	58	55
Mai 94	106	50	45
Juin 94	165	62	65
Juillet 94	205	45	60
Août 94	175	21	17
Septembre 94	116	12	6
Octobre 94	145	9	3
Novembre 94	181	15	9
Décembre 94	137	30	22
Janvier 95	107	16	8
Février 95	103	9	3
Mars 95	121	14	4

Les deux estimations fournissent des résultats assez comparables en saison des pluies, alors que les débits estimés à partir de la crique Toussaint seule sont assez nettement inférieurs en période d'étiage.

Nous pouvons constater que pour certains mois de saison des pluies, le débit du bassin versant à l'aval de la retenue arrive à représenter près de 50% du débit lâché par le barrage. Ces apports de l'aval du bassin jouent sans doute un rôle important sur la qualité de l'eau au niveau de l'estuaire, rôle qui n'avait peut-être pas bien été apprécié jusqu'à présent.

CONCLUSION

Le dispositif installé par l'ORSTOM au voisinage de la crique Vénus a permis une bien meilleure compréhension du régime hydrologique de cet affluent du Sinnamary. En particulier, de nombreuses connaissances nouvelles ont été acquises :

- une relation entre les niveaux de la ligne d'eau à Petit Saut Aval et sur la crique Vénus a pu être établie. Cette relation a permis de connaître le régime « naturel » de variation des niveaux de la crique Vénus, et d'évaluer les modifications apportées dans la phase de mise en eau du barrage. Il serait possible de réaliser une simulation du futur régime de variation des niveaux si l'on connaissait les règles de gestion du barrage qui vont être retenues par EDF en phase d'exploitation.
- la mesure des vitesses du courant sur la crique Vénus a permis de mieux connaître ce paramètre. Une augmentation des vitesses dans la crique Vénus du fait du maintien du fleuve à un niveau assez bas a pu être mise en évidence.
- il a été possible d'estimer les débits de la crique Vénus sur la période de remplissage de la retenue, même si des doutes subsistent sur les valeurs de ces débits. Des valeurs plus précises devraient pouvoir être obtenues en procédant à un étalonnage soigneux du capteur dans toute sa gamme de vitesses, y compris les vitesses négatives (de l'aval vers l'amont).
- l'utilisation d'un capteur permettant la mesure des vitesses semble une méthode prometteuse pour l'évaluation des débits des rivières soumises à marée ou perturbées par les crues d'une rivière plus importante.