

<p>ELECTRICITE DE FRANCE</p> <p>DIRECTION DE L'EQUIPEMENT</p> <p>Centre National d'Equipement Hydraulique</p>	<p>HYDROCONSULT International</p> <p>GIE ORSTOM - EDF</p>	<p>ORSTOM</p> <p>Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération</p> <p>Centre de Cayenne Laboratoire d'Hydrologie Opérationnelle</p>
--	--	---

INTRUSION SALINE SUR L'ESTUAIRE DU FLEUVE SINNAMARY

Rapport Final

Contrat HCI-ORSTOM n° 9402

Juin 1995

P. VAUCHEL

TABLE DES MATIERES

1- INTRODUCTION	1
1.1 - Contexte de l'étude	1
1.2 - Méthodologie adoptée	2
2 - DISPOSITIF DE MESURES	3
3 - BATHYMETRIE ET MODELISATION DES SECTIONS	5
3.1 - Méthodologie	5
3.2 - Profils en travers sur le fleuve	7
3.3 - Profils en travers au niveau de l'embouchure	11
3.4 - Modélisation des sections de l'estuaire	12
4 - PROPAGATION DES ONDES DE MAREE	16
4.1 - Amortissement des ondes de marée	16
4.2 - Vitesses de propagation des ondes de marée	18
5 - PROFILS DE SALINITE	20
5.1 - Méthodologie	20
5.2 - Relation conductivité - NaCl	21
5.3 - Résultats des profils de salinité	23
6 - CALAGE DU MODELE D'INTRUSION SALINE	28
6.1 - Présentation du modèle	28
6.2 - Estimation de l'excursion (ou dérive)	30
6.3 - Ajustements empiriques du modèle	32
6.4 - Ajustement définitif du modèle	35
7 - COMPARAISON AVEC LES MESURES ANCIENNES	39
7.1 - Comparaison du modèle avec les mesures de 1983	39
7.2 - Comparaison du modèle avec les mesures de 1988	40
7.3 - Interprétation du recul du coin salé	41
8 - CONCLUSION	45

1 - INTRODUCTION

1.1 - Contexte de l'étude

Dans le cadre de l'aménagement du barrage de Petit Saut, EDF-CNEH souhaite évaluer et par la suite suivre l'état des remontées salines dans l'estuaire du Sinnamary à l'aval du barrage.

A cette fin, il est nécessaire d'établir le « point zéro » qui devrait caractériser l'état initial de cette salinité avant la mise en eau du barrage et de mettre en place un dispositif de mesures et d'observations permettant d'analyser les remontées salines.

A priori, on peut déjà prévoir que les remontées salines dans l'estuaire du Sinnamary dépendent principalement :

- du débit d'eau douce à Petit Saut Aval
- du débit d'eau douce des affluents situés à l'aval de Petit Saut
- de l'amplitude de la marée à l'embouchure du fleuve
- de la bathymétrie du fleuve, et surtout de l'embouchure qui est susceptible de se modifier par suite du déplacement de bancs de vase côtiers, et par érosion due aux crues sur le fleuve.

Dans les années 1983 et 1988, l'ORSTOM avait déjà réalisé des mesures permettant de positionner le coin salé. Malheureusement lors de ces études, aucun modèle n'avait été calé, ce qui rend un peu difficile la comparaison des mesures anciennes avec les mesures récentes. On conçoit en effet facilement qu'étant donné le nombre de paramètres pouvant varier, on ne réalise jamais deux profils de salinité dans exactement les mêmes conditions, et qu'il est difficile de comparer 2 mesures différentes si l'on ne dispose pas d'un modèle servant d'intégrateur aux différentes mesures.

C'est pourquoi nous avons jugé que pour réaliser un point zéro, il était indispensable de bien comprendre l'influence de tous ces différents facteurs, et qu'il convenait de caler sur les conditions du fleuve Sinnamary un modèle d'intrusion saline prenant au mieux en compte l'ensemble des paramètres. Le modèle étant calé, il sera alors plus facile de comparer entre elles des mesures entre elles, en contrôlant si ces mesures sont expliquées ou non par le modèle.

1.2 - Méthodologie adoptée

Nous avons choisi pour représenter le phénomène d'intrusion saline le modèle développé par Mr SAVENIJE et décrit dans l'ouvrage « Rapid Assessment Technique for Salt Intrusion in Alluvial Estuaries, IHE Delft, 1992 ». Ce modèle est accompagné d'une méthode de calage qui a conditionné fortement la structure de cette étude.

Nous profitons d'ailleurs de cette occasion pour adresser nos remerciements chaleureux à Mr SAVENIJE dont l'apport a été déterminant dans la phase de calage du modèle.

Pour mettre en oeuvre ce modèle, il est d'abord nécessaire de connaître la géométrie de l'estuaire. Dans cette phase, on simplifie la géométrie de l'estuaire afin d'exprimer les divers paramètres (section et largeur) comme des fonctions exponentielles décroissantes de la distance à l'embouchure. Cela est généralement facile pour les estuaires alluviaux qui présentent une forme d'entonnoir se resserrant plus ou moins rapidement selon la texture des berges et les caractéristiques hydrologiques.

On réalise ensuite quelques profils de salinité maximale à l'étales de marée haute et minimale à l'étales de marée basse. Ces profils s'obtiennent en effectuant des prélèvements d'eau à intervalles réguliers depuis l'embouchure du fleuve jusqu'à la limite de l'intrusion saline. Du fait que l'onde de marée se déplace de l'embouchure vers l'amont à une vitesse de 10 à 20 km/h, on accompagne les étales depuis l'embouchure jusque vers l'amont au moyen d'un bateau mobile suffisamment rapide. Le positionnement du bateau est relevé au GPS.

Ces profils sont ensuite utilisés pour mesurer l'excursion ou dérive (trajet moyen d'une particule d'eau entre deux étales successives, l'une à marée basse et l'autre à marée haute) et pour caler les coefficients de mélange du modèle.

Lors de chacune des mesures, il faut évidemment connaître le débit en eau douce du fleuve (mesuré à Petit Saut et sur les stations de Vénus Vitesses et Crique Toussaint) et l'amplitude de la marée (tables des marées).

2 - DISPOSITIF DE MESURES

L'ORSTOM dispose dans la zone estuarienne du fleuve Sinnamary d'un dispositif expérimental important :

- la station de Petit Saut Aval contrôle 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.
- les stations de Vénus Qualité et de Pointe Combi, fortement influencées par la marée, permettent de connaître la vitesse de propagation de l'onde de marée, et l'amortissement de l'amplitude.
- la station du Sémaphore (sur la Roche Brigandin, à l'embouchure), fournit le signal marée à l'entrée de l'estuaire.
- les stations de Vénus Vitesses (mesures des cotes et vitesses sur la crique Vénus) et de crique Toussaint permettent d'estimer les apports du bassin versant situé à l'aval de Petit Saut. Ces débits ne sont pas négligeables en effet, et peuvent influencer sur la qualité de l'eau dans l'estuaire.

On trouvera le plan de situation de l'ensemble de ces stations à la figure n° 1

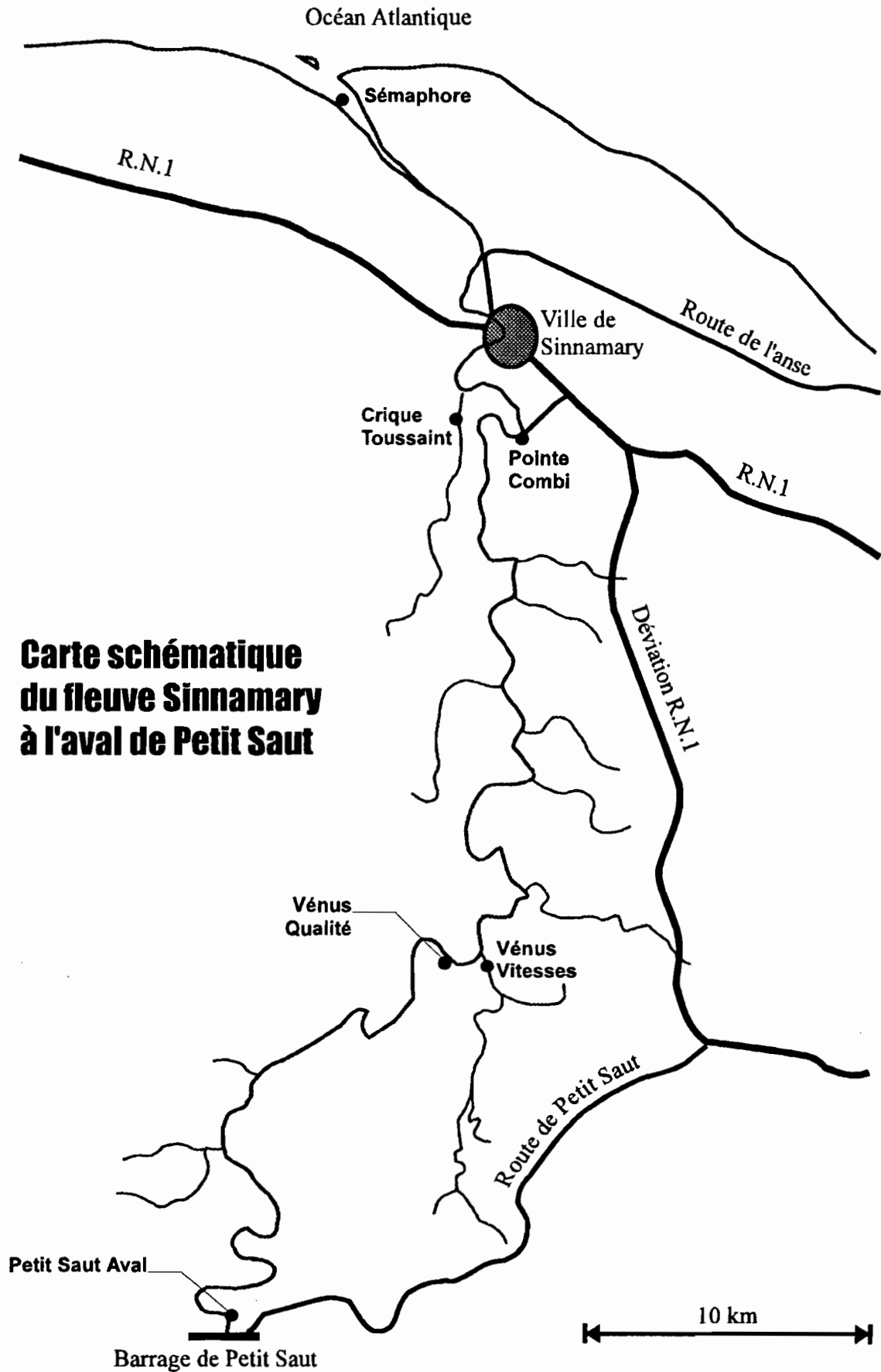


Figure n° 1 : plan de situation des stations de l'estuaire du Sinnamary

3 - BATHYMETRIE ET MODELISATION DES SECTIONS

3.1 - Méthodologie

Les 21 et 22 Décembre 1994, nous avons réalisé 19 profils en travers sur le fleuve Sinnamary entre Dégrad Fontine et l'embouchure, et 5 profils au voisinage de l'embouchure. Ce profils ont été réalisés au moyen d'un échosondeur, avec positionnement des points de départ et d'arrivée au GPS.

Pour les profils situés sur le fleuve entre Dégrad Fontine et l'embouchure (figure n° 3), il est difficile de trouver un système commun dans lequel exprimer les niveaux du fait que l'on ne dispose pas de repères de nivellement le long du fleuve, et que l'on connaît mal la pente du fleuve. Les profils ont d'abord été réalisés en mesurant les profondeurs par rapport à la surface libre du fleuve et en notant l'heure de la mesure. Afin de rendre homogènes les différentes mesures entre elles (certaines ont été réalisées à marée haute, et d'autres pour des niveaux plus bas...), nous avons cherché à exprimer les profondeurs en fonction du niveau du fleuve moyenné sur un cycle de marée, et ce pour un débit du fleuve de 100 m³/s à Petit Saut.

Pour cela, nous avons calculé pour chacune des sections un limnigramme fictif à la date de la mesure (voir exemple de la figure n° 2), à partir des enregistrements de niveau du Sémaphore et de Pointe Combi, en interpolant linéairement les temps et les niveaux en fonction de la distance. Nous pouvons alors en fonction de l'heure de la mesure lire sur ce limnigramme fictif un niveau, et calculer la différence avec le niveau moyen. Cette différence est alors utilisée pour corriger les profondeurs mesurées.

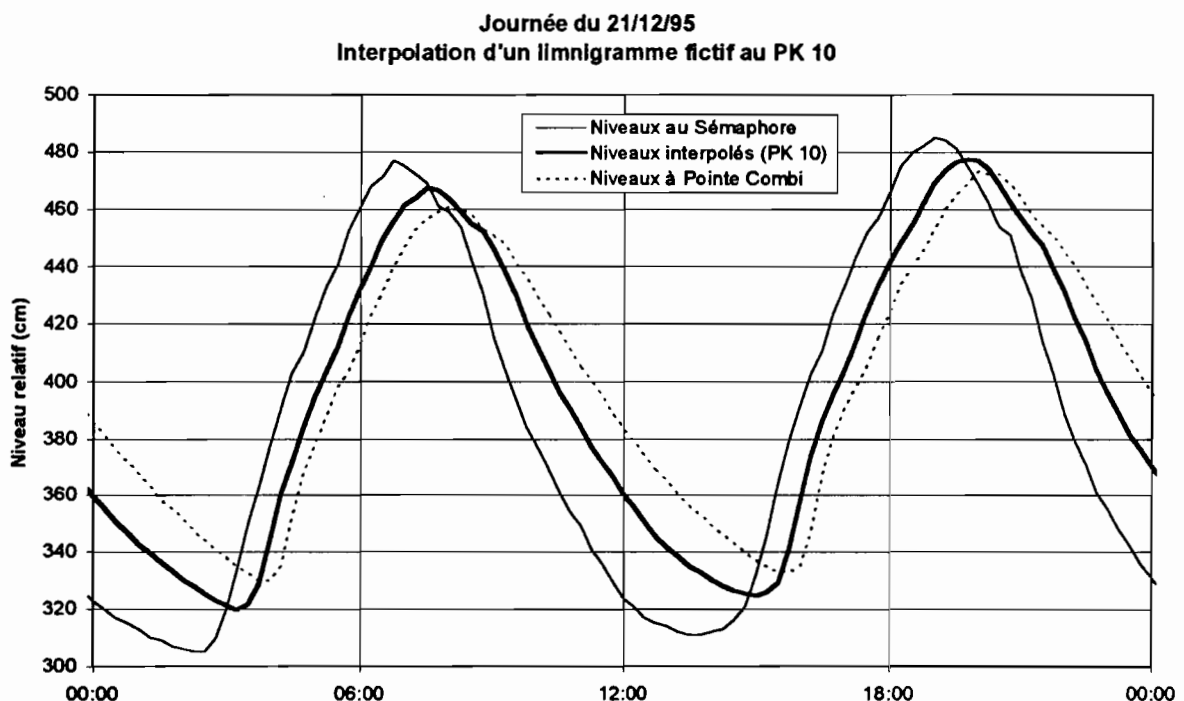


Figure n° 2

Pour mieux illustrer la méthode, prenons l'exemple du recalage d'un profil sur un niveau moyen du fleuve pour le PK 10, décrit à la figure n° 2. Imaginons que l'on ait réalisé au PK 10 un profil en travers le 21/12/94 à 12h00. Le limnigramme fictif reconstitué sur la figure ci-après nous indique pour cette heure une cote relative de 360 cm. Or le niveau moyen du fleuve pour ce jour (calculé à partir du limnigramme fictif) est de 396 cm. Nous savons donc qu'il faudra augmenter les profondeurs mesurées de 36 cm pour retrouver les profondeurs que nous aurions mesurées au moment où le fleuve était à son niveau moyen.

Quant aux profils réalisés au voisinage de l'embouchure, nous avons jugé plus parlant de les caler en altitude dans le système SHF (système de nivellement dans lequel sont exprimées les hauteurs de marée, dont le zéro est situé légèrement au dessous des plus basses marées possibles). Afin de rattacher ces profils au SHF, nous avons calculé le décalage de niveau entre les marées hautes mesurées sur le limnigraphe du Sémaphore et les marées hautes aux Iles du Salut. Nous avons trouvé qu'il faut enlever 191 cm aux cotes lues sur le limnigraphe du Sémaphore pour retrouver des hauteurs aux Iles du Salut. Comme le limnigraphe avait bien fonctionné durant les mesures de bathymétrie, il était dès lors facile de connaître les niveaux de la mer au moment de la réalisation des profils.

3.2 - Profils en travers sur le fleuve

Les emplacements des profils en travers réalisés sur le fleuve sont donnés à la figure n° 3. On y trouvera la position des profils réalisés dans le cadre de cette étude, ainsi que des sections étudiées en 1983 et 1988 (identifiées par les lettres A - I).

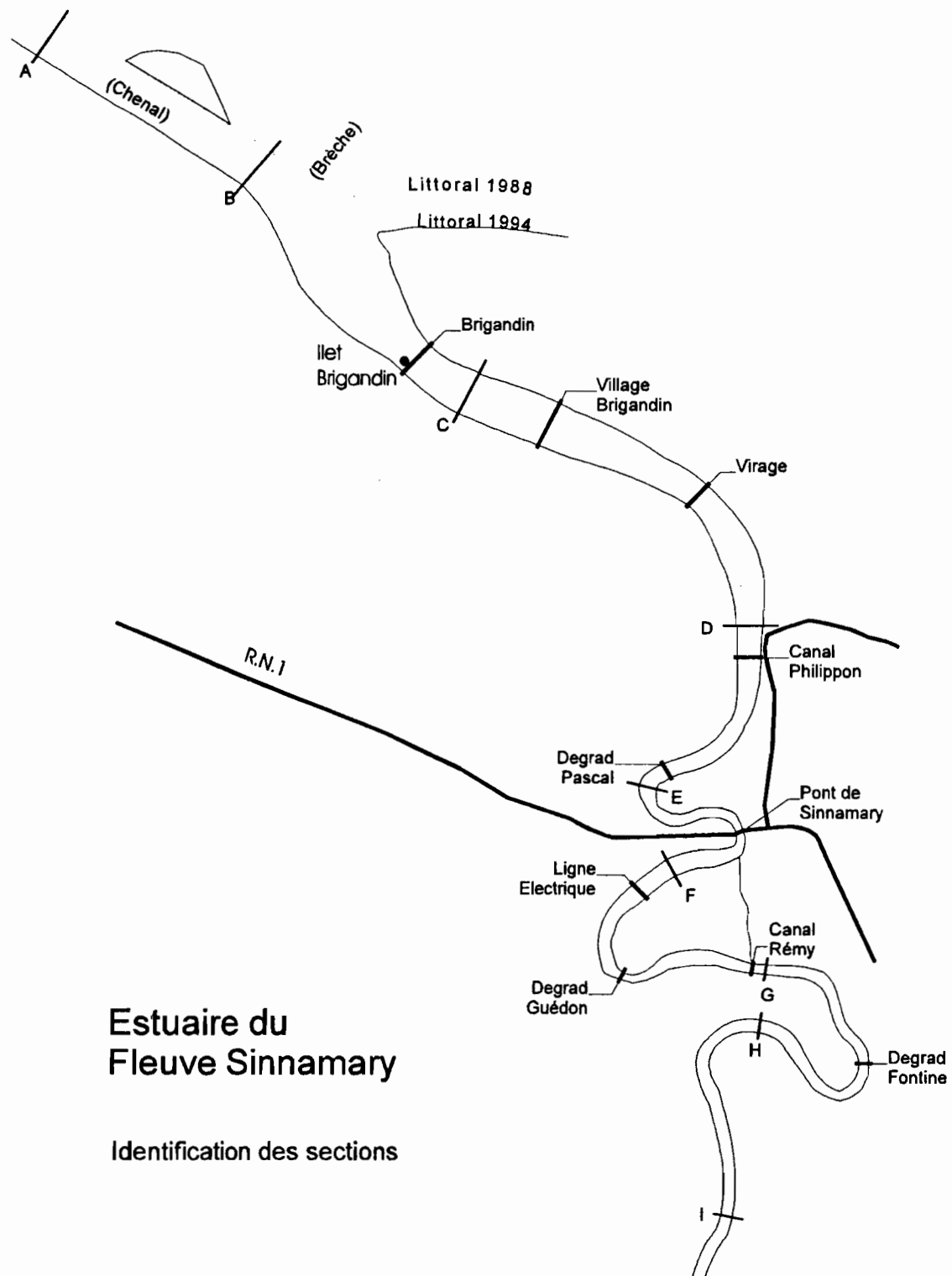


Figure n° 3

Nous présentons aux pages suivantes (figures n° 4) l'ensemble des profils en travers réalisés sur le fleuve, et rapportés au niveau moyen du fleuve pour un débit de 100 m³/s. On notera que les distances positionnant les profils ont été mesurées à partir de Pointe Combi, et que les distances portées en abscisse sont toujours les distances à la rive gauche du fleuve.

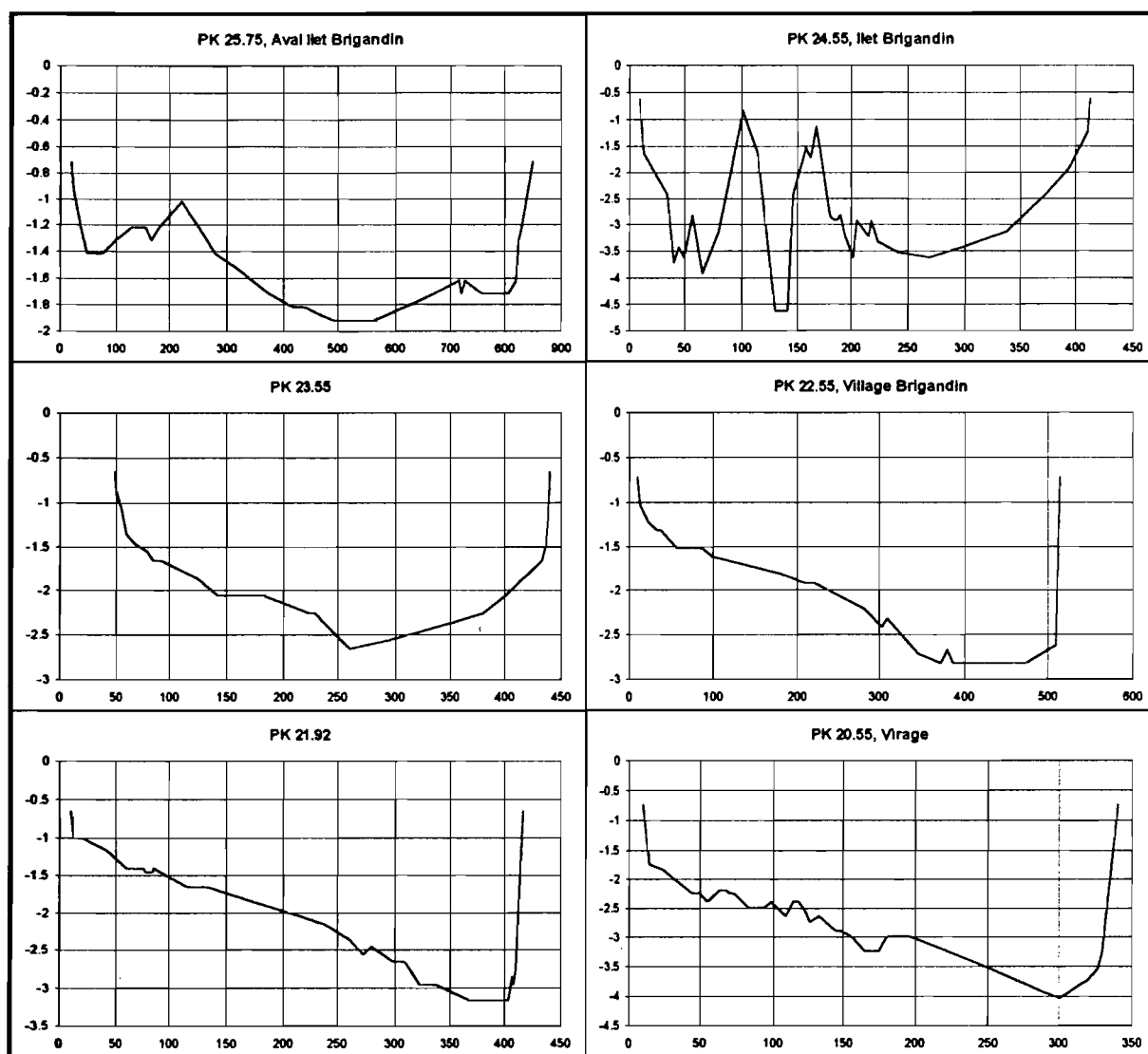


Figure n° 4 : Profils en travers sur le fleuve Sinnamary

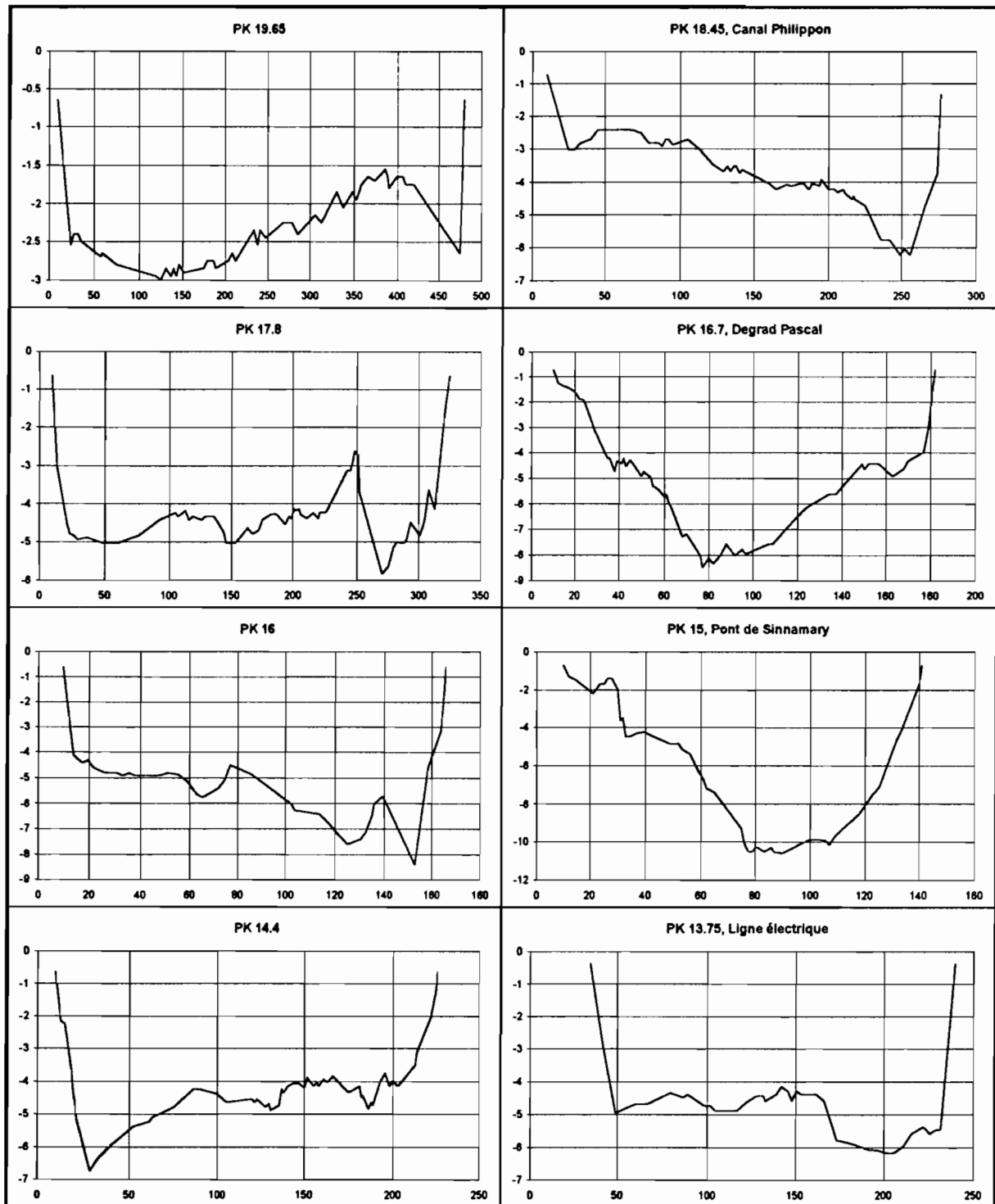


Figure n° 4 bis : Profils en travers sur le fleuve Sinnamary

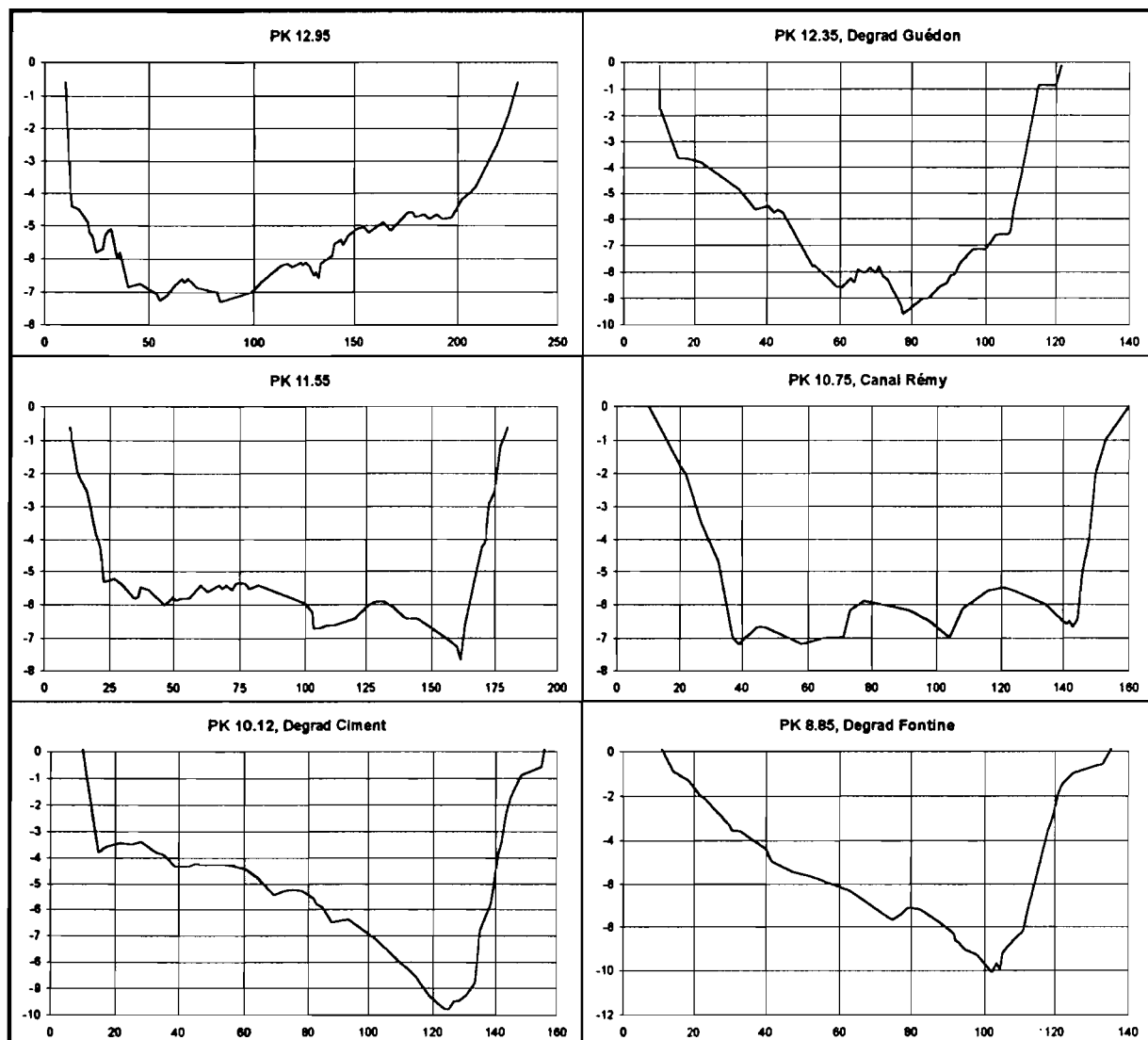


Figure n° 4 ter : Profils en travers sur le fleuve Sinnamary

3.3 - Profils en travers au niveau de l'embouchure

La carte ci-dessous (figure n° 5) décrit la forme actuelle de l'embouchure du fleuve Sinnamary, construite à partir de levés au GPS, et permet de visualiser les sections ayant fait l'objet de profils en travers.

Configuration actuelle de l'embouchure du Sinnamary et repérage des profils en travers

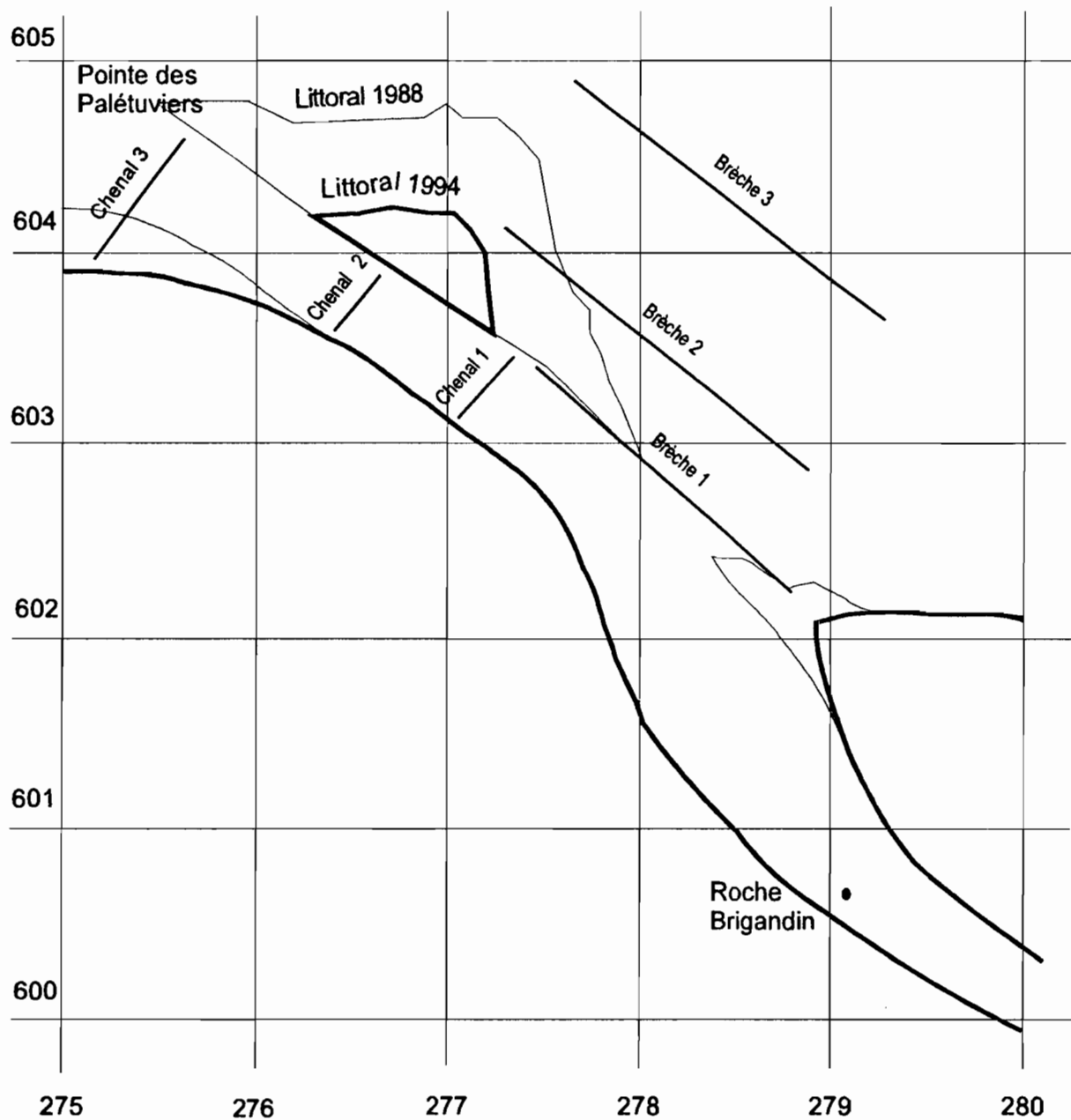


Figure n° 5

On trouvera aux graphiques ci-dessous (figures n° 6 et 6 bis) les profils en travers réalisés au niveau de l'embouchure. Les niveaux sont exprimés dans le système SHF. Dans ce système, le niveau moyen de la mer aux Iles du Salut est donné à 192 cm. Les fortes marées hautes peuvent atteindre une cote de 340 cm, alors que les plus faibles marées basses descendent aux alentours de 40 cm.

Les profils réalisés au niveau du chenal qui constituait l'ancien lit du fleuve avant l'ouverture de la brèche en 1987 (figure n° 6), montrent que ce chenal est en voie d'obstruction par sédimentation en son milieu, et qu'il se trouve souvent exondé à marée basse. On observe en effet une remontée du fond au dessus des hauteurs de marées basses d'amplitude moyenne.

Profils en travers au niveau de l'ancien Chenal

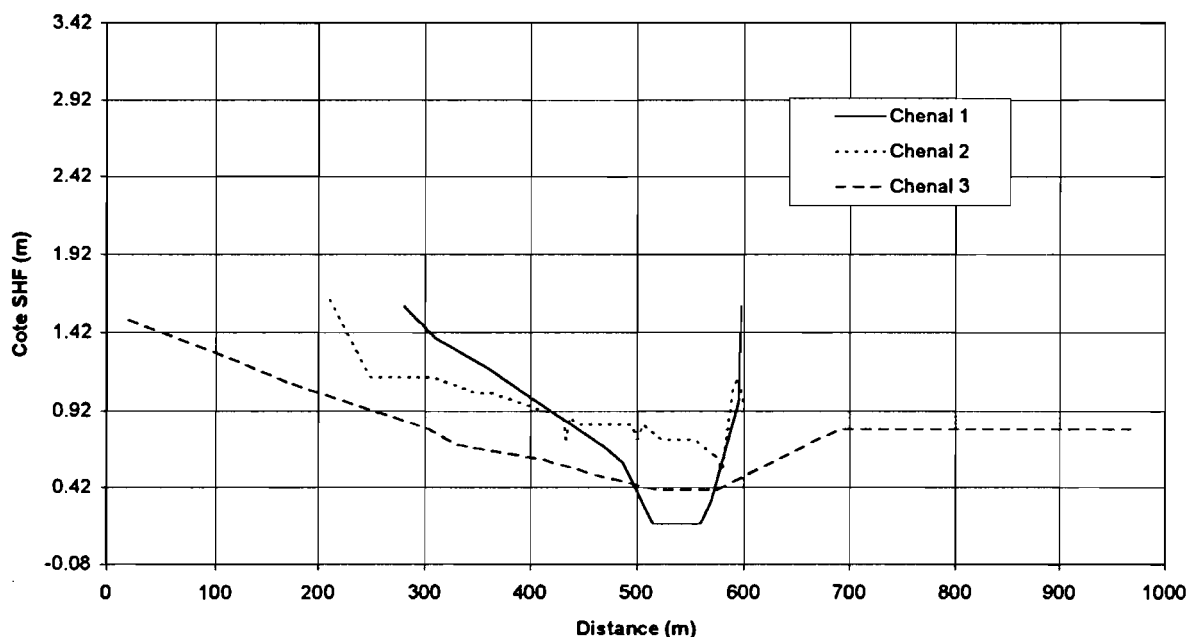


Figure n° 6

Au niveau de la brèche ouverte vers 1987 (figure n° 6 bis), les profondeurs sont un peu plus importantes que dans l'ancien chenal. A marée basse, il subsiste un chenal en eau avec une profondeur de l'ordre de 50 cm. Cette profondeur plus importante, combinée avec une largeur de près de 2 km, nous indique que dans la configuration actuelle le débit du Sinnamary doit passer en grande partie par la brèche plutôt que par l'ancien chenal. Les profondeurs à marée basse restent malgré tout très faibles, et confirment les dires de certains pêcheurs de Sinnamary se plaignant de ne pouvoir sortir en mer à marée basse.

On peut être surpris également de trouver des profondeurs aussi faibles au niveau du profil n° 3, le plus éloigné du littoral, alors que les profils n° 1 et n° 2 laissaient apparaître la formation d'un chenal. En fait, il est probable que nous soyons au niveau du profil n° 3 sur un banc de vase, et que le lit du fleuve passe en réalité l'ouest de ce profil, entre ce qui subsiste de l'île de mangrove et le point de départ du profil « Brèche 3 ».

Profils en travers au niveau de la Brèche

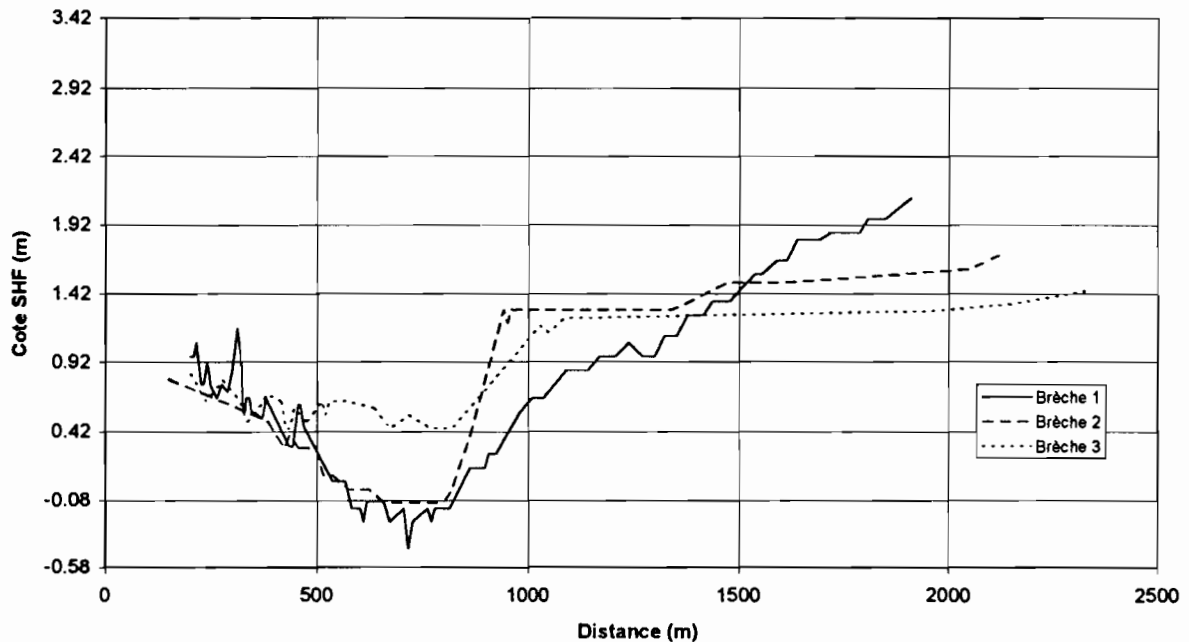


Figure n° 6 bis

3.4 - Modélisation des sections de l'estuaire

Le modèle de Mr SAVENJE assimile l'estuaire à un canal de section rectangulaire, dont la section suit une loi exponentielle décroissante depuis l'embouchure vers l'amont. Au cas où une seule fonction ne pourrait pas représenter la totalité de l'estuaire, il est admissible de le diviser en 2 tronçons présentant des paramètres différents. Pour le calage du modèle, nous avons positionné la limite de la mer à 2.95 km de l'Ilet Brigandin, soit à 27.5 km de Pointe Combi.

A partir des profils en travers qui précèdent, nous avons calculé les sections à mer moyenne et à marée haute le long de l'estuaire. Les principales caractéristiques physiques de l'estuaire sont données au tableau n° 1. Ces caractéristiques nous permettent de calculer une profondeur moyenne (à marée moyenne) de la zone du coin salé égale à 4.3 mètres.

Tableau n° 1

Nom de la Section	Distance à la mer	Distance à Pointe Combi	Section à Mer Moyenne	Largeur du fleuve	Prof. moy. du fleuve
	(km)	(km)	(m ²)	(m)	(m)
Mer	0.00	27.5	3500	2100	1.7
Brèche	1	26.5	2400	1500	1.6
Aval Brigandin	1.75	25.75	1315	810	1.6
Roche Brigandin	2.95	24.55	1140	403	2.8
Intermédiaire	3.95	23.55	823	391	2.1
Village Brigandin	4.95	22.55	1087	505	2.2
Intermédiaire	5.58	21.92	861	407	2.1
Virage	6.95	20.55	965	330	2.9
Intermédiaire	7.85	19.65	1107	470	2.4
Canal Philippon	9.05	18.45	981	266	3.7
Intermédiaire	9.7	17.8	1385	315	4.4
Degrad Pascal	10.8	16.7	923	172	5.4
Intermédiaire	11.5	16	860	156	5.5
Pont Sinnamary	12.5	15	845	131	6.5
Intermédiaire	13.1	14.4	954	216	4.4
Ligne électrique	13.75	13.75	979	205	4.8
Intermédiaire	14.55	12.95	1206	220	5.5
Degrad Guedon	15.15	12.35	680	111	6.1
Intermédiaire	15.95	11.55	938	170	5.5
Canal Remy	16.75	10.75	792	150	5.3
Degrad Ciment	17.38	10.12	770	146	5.3
Degrad Fontine	18.63	8.87	648	126	5.1

Nous obtenons ainsi pour représenter les sections de l'estuaire à marée haute le modèle décrit à la figure n° 7. Etant donné l'augmentation rapide des sections à l'aval de la roche Brigandin, nous avons introduit dans le modèle un point d'inflexion au kilomètre 3.

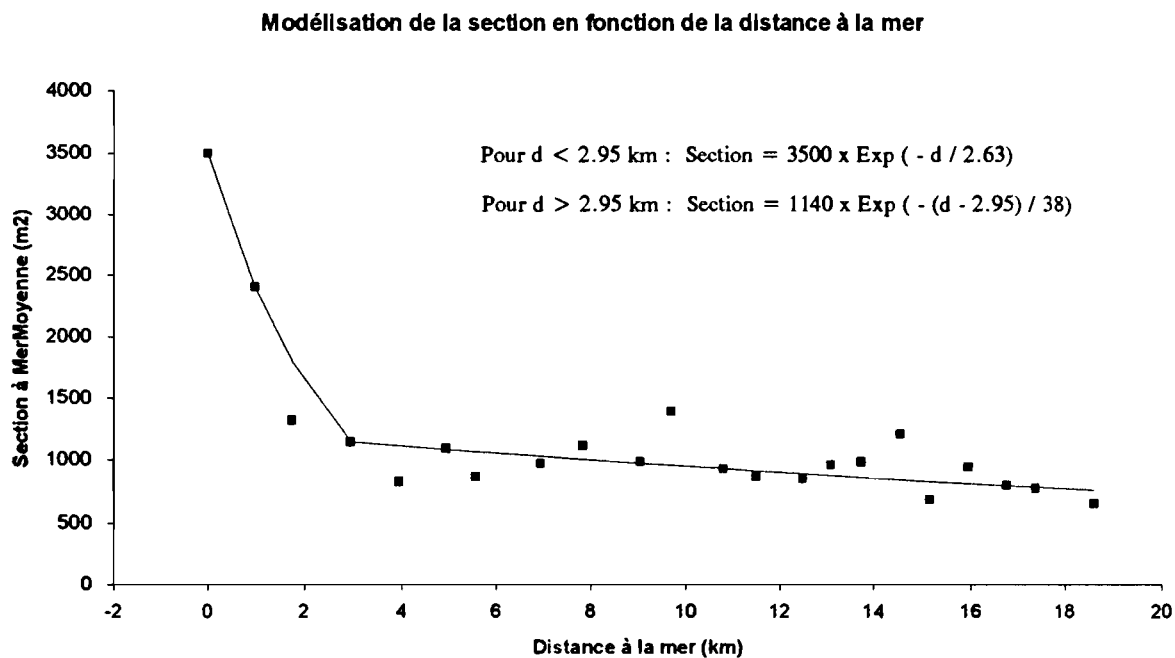


Figure n° 7

Bien que les sections ne décroissent pas de façon très régulière (il existe de nombreux « accidents » locaux, souvent dus à des surcreusements dans les méandres), on peut toutefois ajuster en moyenne le modèle basé sur une exponentielle décroissante.

4 - PROPAGATION DES ONDES DE MAREE

4.1 - Amortissement des ondes de marée

Les ondes de marée se propagent de l'embouchure vers l'amont du fleuve, et atteignent la station de Petit Saut. Au cours de cette progression, les ondes s'amortissent et prennent un certain retard sur l'onde de marée à l'embouchure. Afin de montrer l'effet d'amortissement des ondes, nous avons porté côte à côte sur la figure n° 8 les niveaux enregistrés aux Iles du Salut, au limnigraphe du Sémaphore (situé sur la roche Brigandin) et au limnigraphe de Pointe Combi. Nous avons choisi de montrer une période d'étiage au cours de laquelle le débit à Petit Saut est resté presque constant et voisin de 100 m³/s. Afin de faciliter la comparaison des graphes entre eux, nous avons choisi une amplitude commune pour les échelles des niveaux.

Aux Iles du Salut, le graphe des niveaux est évidemment symétrique par rapport à la cote de 1.92 m. Par contre dès la station du Sémaphore (qui se trouve seulement à quelques kilomètres de la mer), on observe une forte dissymétrie entre les niveaux de marée haute et de marée basse. La diminution d'amplitude se fait par une sorte de « troncage » par le bas. Les niveaux de marée haute restent assez semblables à ceux observés aux Iles du Salut, tandis que les niveaux de marée basse semblent bloqués et ne peuvent descendre en dessous d'un certain niveau. C'est que pour les marées très basses, il reste très peu de profondeur au niveau de l'embouchure, et le niveau de la ligne d'eau ne peut descendre au dessous d'un certain niveau déterminé par le rapport entre le débit et la section. En d'autres termes, lorsque la mer descend suffisamment bas, le niveau du fleuve n'est plus contrôlé par le niveau de la mer mais par la géométrie de son lit (on passe alors d'un contrôle par l'aval à un « channel control »), et ce dès la station du Sémaphore.

Au niveau de la station de Pointe Combi, on commence à observer une diminution des amplitudes pour les niveaux de marée haute. Quant aux niveaux de marée basse, ils paraissent de plus en plus indépendants du niveau de la mer, et caractérisent donc de plus en plus le débit du fleuve. Ils ont d'ailleurs tendance à se stabiliser autour d'une cote qui caractérise probablement le débit propre (en eau douce) du fleuve. Un certain lien avec le niveau de la mer subsiste toutefois, puisque l'on observe toujours une petite différence entre les marées de faible et de forte amplitude.

Il est intéressant de remarquer également à Pointe Combi un certain gonflement des cotes à marée basse lors des marées de vives eaux (de forte amplitude). Cette observation peut surprendre, car lors des marées de vives eaux, la mer descend nettement plus bas, et l'on aurait pu s'attendre à une baisse du niveau à Pointe Combi. En fait, cette inversion de comportement est probablement due au stockage de certaines quantités d'eau dans les zones inondables du fleuve lors des fortes marées hautes. Le déstockage de ce surplus d'eau augmente le débit du fleuve à marée basse et provoque un gonflement des niveaux à marée basse puisque le contrôle de la ligne d'eau se fait à ce moment plutôt par la géométrie du lit du fleuve que par le niveau de la mer.

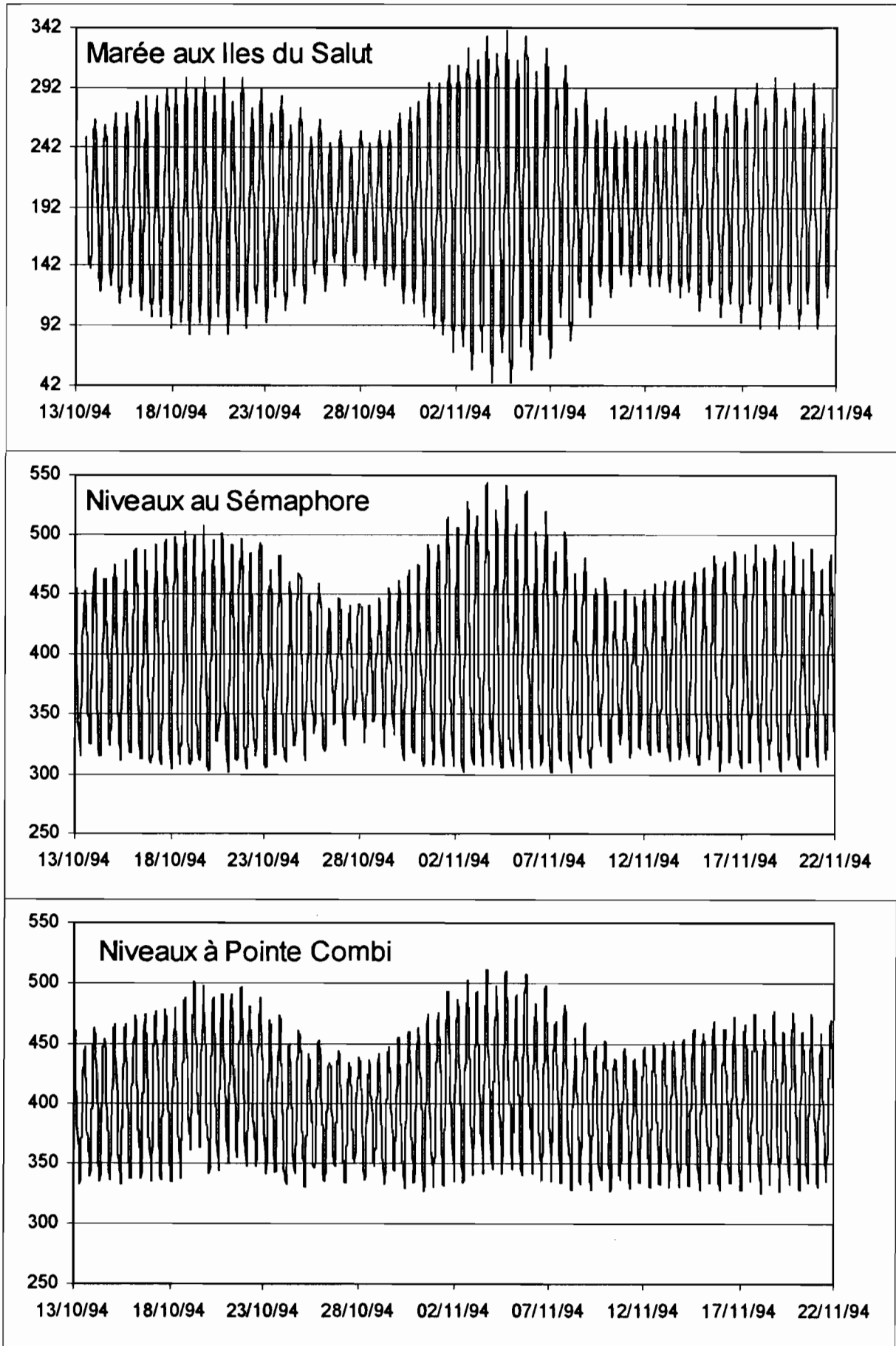


Figure n° 8 : Comparaison des amplitudes de marée dans l'estuaire du Sinnamary

Il n'y a donc pas seulement amortissement des ondes de marée dans l'estuaire du Sinnamary mais aussi troncature par le bas de ces ondes au dessous d'un certain niveau. Cet effet est probablement dû aux faibles profondeurs observées aux environs de l'embouchure. A cause de cet effet, il n'y a pas beaucoup de sens à calculer un coefficient d'amortissement des ondes, puisque ce coefficient serait variable suivant que l'on se trouve en marées de vives eaux ou de mortes eaux. Nous pouvons simplement conclure que les ondes de marées hautes sont légèrement amorties entre l'embouchure et Pointe Combi, puisque la différence de niveau entre les marées hautes de vives eaux et les marées hautes de mortes eaux passe de près de 100 cm à l'embouchure à 70 cm au niveau de Pointe Combi. Les ondes de marée basse sont quant à elles tronquées dès l'embouchure.

4.2 - Vitesse de propagation des ondes de marée

La vitesse de propagation des ondes de marée est importante à connaître, puisque la méthodologie des prélèvements pour la réalisation des profils de salinité est basée sur l'accompagnement des ondes de marée haute et basse depuis l'embouchure jusqu'à la limite de la zone salée. La figure n° 8 bis donne un exemple de propagation des ondes de marée durant une période de marées de vives eaux.

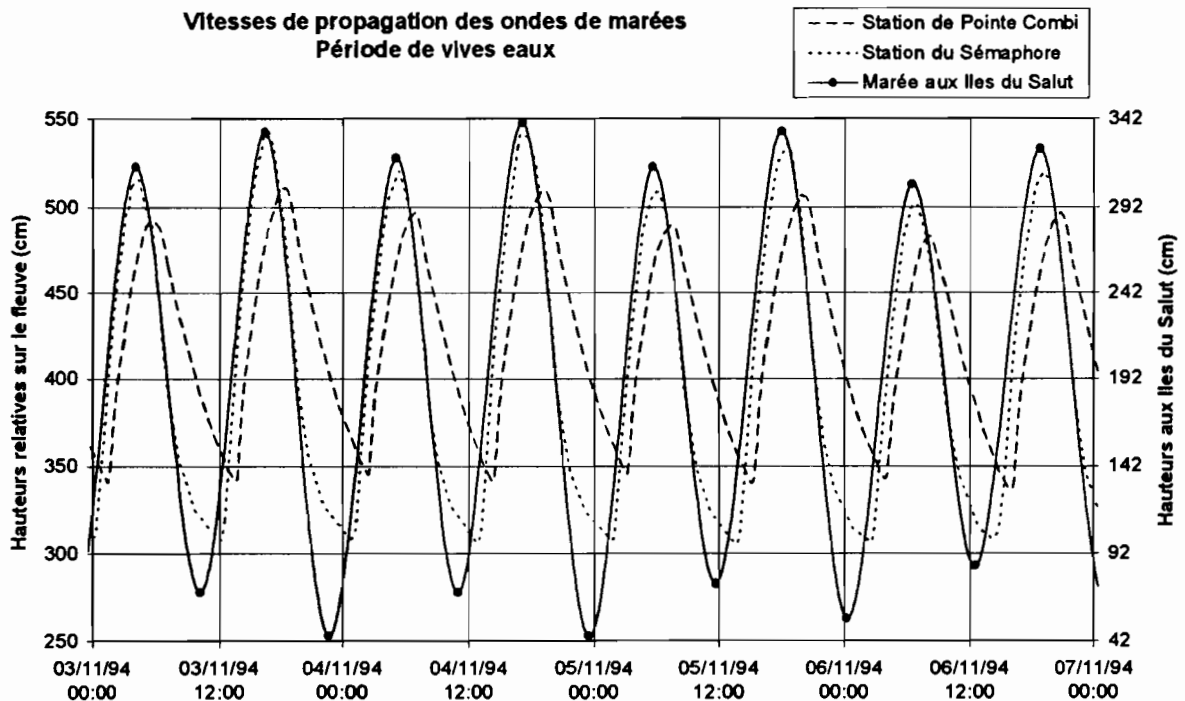


Figure n° 8 bis : Exemple de propagation des ondes de marée

Nous avons estimé les décalages de temps entre les marées hautes et marées basses des différentes stations durant une période d'étiage où le débit à Petit Saut était stabilisé aux alentours de 100 m³/s (13-10-94 au 21-11-94). Nous avons obtenu les résultats suivants :

Décalages de temps à marée haute (minutes)

	Iles - Sémaphore	Iles - Pointe Combi	Sémaphore - Pte Combi
Durée (mn)	11	87	76
Ecart type (mn)	30	26	

Décalages de temps à marée basse (minutes)

	Iles - Sémaphore	Iles - Pointe Combi	Sémaphore - Pte Combi
Durée (mn)	72	173	101
Ecart type (mn)	22	22	

Les écarts type relativement élevés, surtout pour les temps de parcours de l'onde de marée haute, nous indiquent une assez grande variabilité de ces durées. Cela peut tenir aux sensibilités des appareils (le pas de temps de la mesure des appareils est de 15 mn) ou à des facteurs non maîtrisés (variations des débits, vent, houle).

D'après ces résultats, la vitesse de l'onde de marée haute serait d'environ 21 km/h entre le Sémaphore et Pointe Combi, tandis que la vitesse de l'onde de marée basse serait de 16 km/h. Il est tout à fait normal que l'onde de marée basse se propage moins vite, puisqu'à marée basse la profondeur du fleuve est moindre, et que la vitesse de propagation des ondes est liée à la profondeur.

Lors de la réalisation des profils de salinité aux étales de marée haute ou basse, ce n'est pas tant les heures des cotes maxi ou mini qui importent, mais plutôt les heures des étales (arrêts de l'écoulement au moment des renverses de courant). Les étales ne coïncident jamais avec les heures des cotes mini ou maxi, mais présentent généralement un retard pouvant atteindre une heure. Afin de fixer les idées, nous avons réuni au tableau suivant les heures des étales relevées en certains points fixes lors des campagnes de prélèvements.

Date	Marée	Iles du Salut	Brigandin	Philippon	Pont Sinnamary	Canal Rémy
12/11/93	Haute	15h22	15h54	16h22	17h00	17h18
27/04/94	Haute	05h35	06h31	07h10	07h25	07h50
02/11/94	Haute	15h43	16h30	17h00	17h20	17h45
03/11/94	Haute	16h26	17h18	17h40	17h51	18h09
02/11/94	Basse	09h30	11h16	11h50	12h18	12h40
03/11/94	Basse	10h14	11h12	12h59	13h14	13h32

N.B. : l'étales étant difficile à apprécier près de l'embouchure, les heures de départ à Roche Brigandin sont assez variables. L'étales est appréciée plus précisément au niveau du Pont.

5 - PROFILS DE SALINITE

5.1 - Méthodologie

La salinité consiste en principe en la concentration de l'ensemble des sels dissous dans l'eau. Pour notre part, nous assimilerons dans ce document la salinité à la concentration en Chlorure de Sodium (NaCl).

Les profils de salinité sont réalisés grâce à la méthode dite du bateau mobile. Les ondes de marée (haute comme basse) se propagent de l'embouchure du fleuve vers l'amont avec une vitesse de l'ordre de 15 km/h. Il est donc possible à une embarcation suffisamment rapide (pouvant atteindre au moins 30 km/h) d'attendre à l'embouchure l'étale de marée haute ou basse, et d'accompagner l'étale de l'embouchure vers l'amont prélevant des échantillons d'eau tous les 2 km environ. On obtient ainsi un profil de concentrations maximales de sel à l'étale de marée haute, ou minimales à l'étale de marée basse.

Etant donné le peu de temps dont on dispose, il n'est possible de prélever des échantillons que sur une seule verticale tous les 2 km. Il est donc conseillé de bien suivre l'axe du fleuve, où les concentrations en sel seront les plus représentatives de la section. Deux campagnes de mesures sur une même section durant un cycle de marée, au niveau du pont de Sinnamary et du canal Philippon, ont permis de montrer que les mesures faites sur une verticale au centre du fleuve sont bien représentatives de l'ensemble de la section.

En chaque verticale, nous avons prélevé 4 échantillons, au fond, à mi-profondeur, à 80 cm de la surface et en surface. Nous avons augmenté la densité de prélèvements près de la surface, car c'est généralement près de la surface que les gradients de salinité sont les plus forts. Du fait que l'eau salée est plus dense que l'eau douce, on observe souvent, surtout à marée montante, une stratification des eaux en fonction de la salinité. Il arrive ainsi qu'une mince couche d'eau peu salée coule sur une couche plus épaisse d'eau saumâtre.

Des campagnes de mesures anciennes avaient montré qu'il était possible de déduire les concentrations en NaCl directement par simple mesure de conductimétrie in situ. Nous avons toutefois préféré prélever systématiquement des échantillons d'un litre d'eau, afin de nous prémunir contre d'éventuelles erreurs d'appareil de mesure. Les conductivités de tous les échantillons ont été mesurées avec 2 conductimètres, et environ un quart des échantillons ont été donnés au Laboratoire de Chimie de l'ORSTOM à Cayenne pour contrôle de la teneur en NaCl. Ces échantillons ont permis de construire une bonne relation entre conductivité et salinité, relation qui pourrait servir dans le futur pour des campagnes simplifiées de surveillance.

5.2 - Relation conductivité - NaCl

Lors des mesures de terrain, près de 450 échantillons d'eau plus ou moins salée ont été prélevés. Nous avons procédé à l'analyse en laboratoire de 190 de ces échantillons, afin de calibrer la relation entre les conductivités et la concentration en NaCl. Les conductivités ont été mesurées avec un conductimètre de marque WTW LF 196 qui rapporte les valeurs à une température de 25°C. Les concentrations en Na (Sodium) et Cl (Chlore) ont été mesurées respectivement par absorption atomique et au chlorinimètre.

Nous avons pu ajuster à l'échantillon 3 segments de droite correspondant à 3 droites de régression en fonction des valeurs de conductivité S (voir figures n° 9 et 9 bis).

pour $S < 2.5$ mS	$\text{NaCl} = 0.4320 S - 0.01$	(139 valeurs, $r = 0.999$, $\sigma = 0.009$)
pour $2.5 \text{ mS} < S < 18$ mS	$\text{NaCl} = 0.4975 S - 0.17$	(42 valeurs, $r = 0.9996$, $\sigma = 0.026$)
pour $S > 18$ mS	$\text{NaCl} = 0.6238 S - 2.45$	(9 valeurs, $r = 0.999$, $\sigma = 0.224$)

Ces relations ont permis de calculer les concentrations en sel des échantillons non analysés avec une excellente précision.

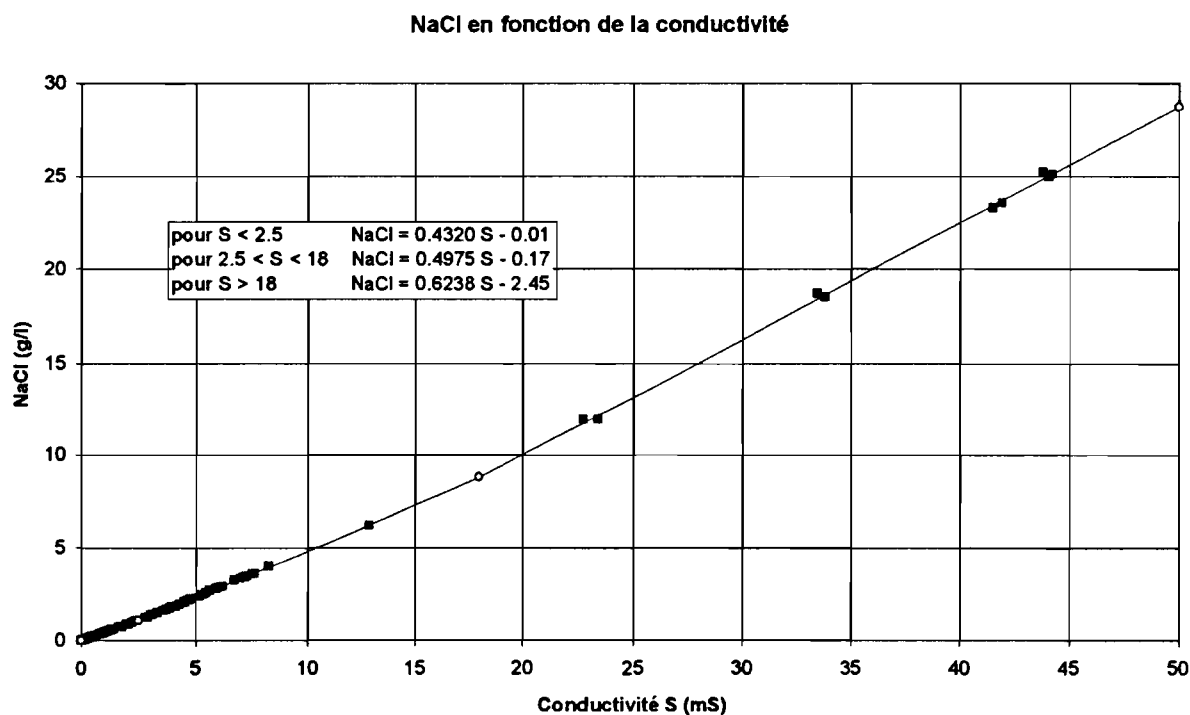


Figure n° 9

NaCl en fonction de la conductivité (de 0 à 10 mS)

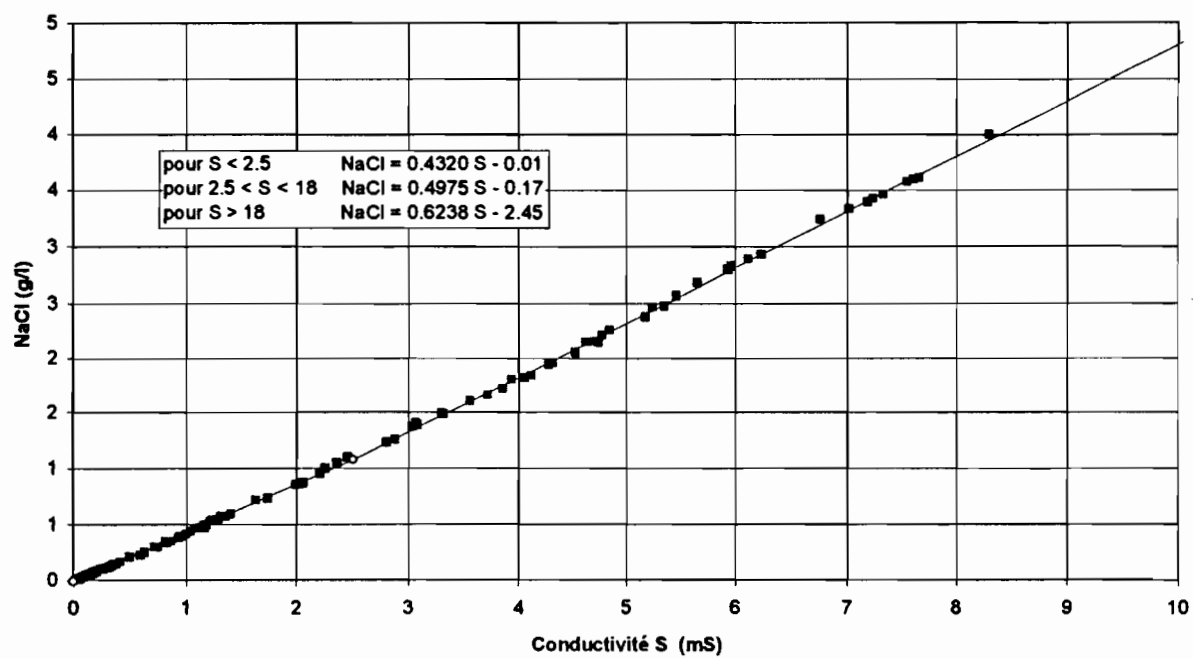


Figure n° 9 bis

5.3 - Résultats des profils de salinité

Les résultats des 6 profils réalisés sont présentés sur les figures des pages suivantes (figures n° 10 à 15). Nous avons porté sur chaque graphe les profils des salinités (en NaCl) au fond, moyenne, et en surface. Afin de faciliter la comparaison entre les différents graphes, nous avons adopté un système d'unité commun à l'ensemble.

Profil à marée haute du 12 Novembre 1993
(Débit à Petit Saut = 148 m³/s, Hauteur de marée = 320 cm)

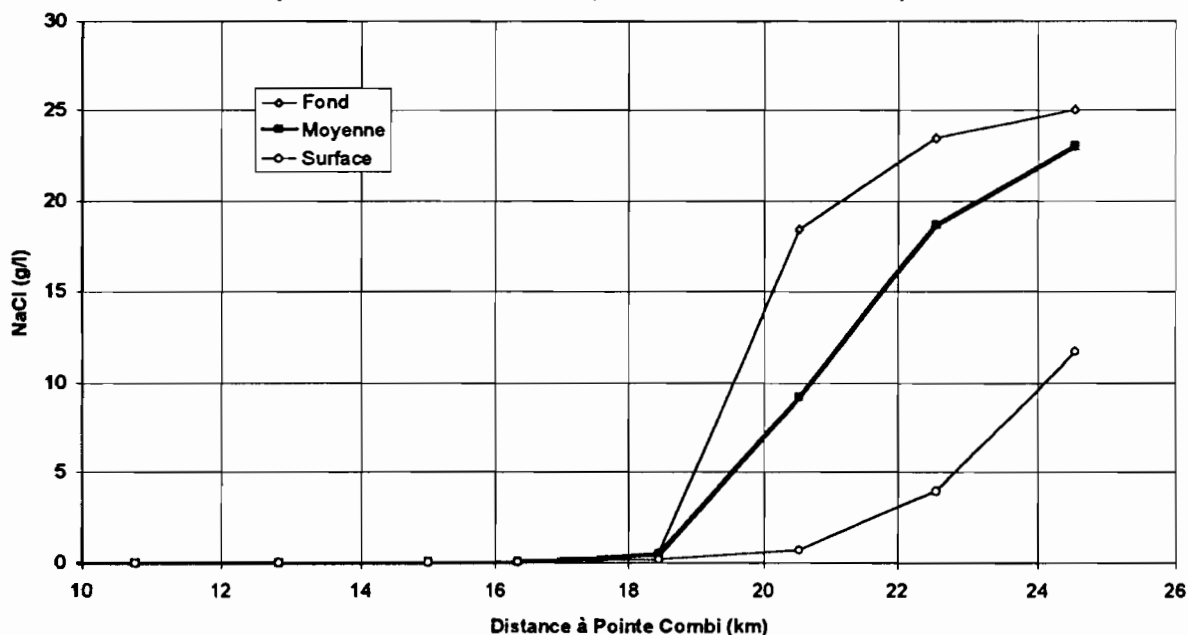


Figure n° 10

Profil à marée haute du 27 Avril 1994
(Débit à Petit Saut = 108 m³/s, Hauteur de marée = 340 cm)

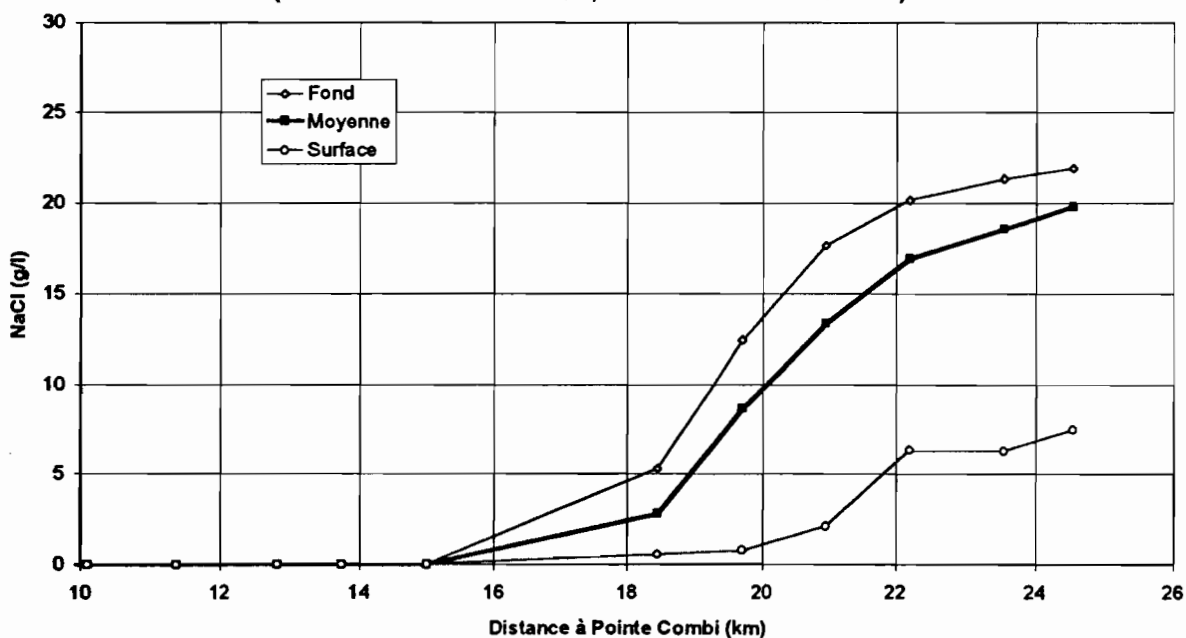


Figure n° 11

Profil à marée basse du 2 Novembre 1994
(Débit à Petit Saut = 106 m³/s, Hauteur de marée = 75 cm)

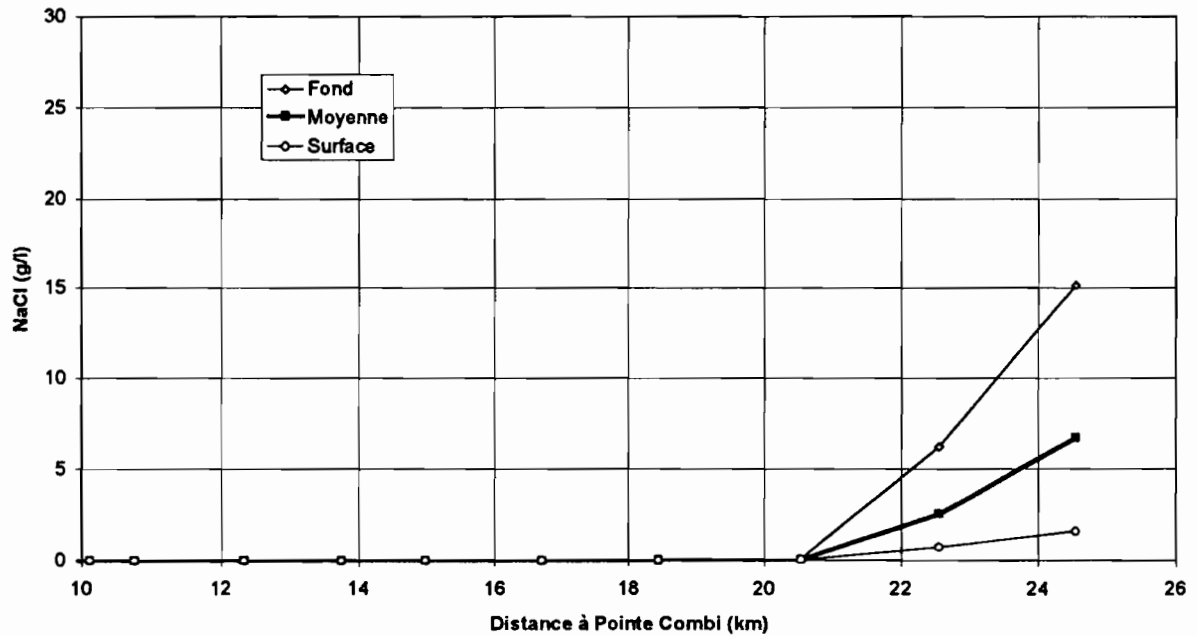


Figure n° 12

Profil à marée haute du 2 Novembre 1994
(Débit à Petit Saut = 106 m³/s, Hauteur de marée = 325 cm)

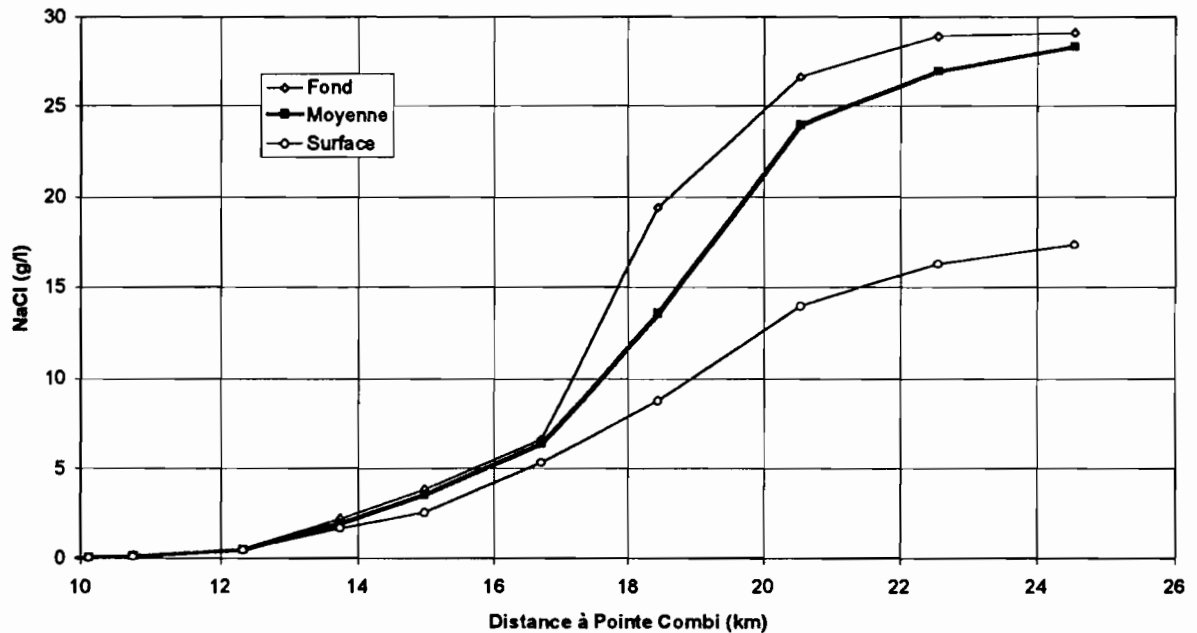


Figure n° 13

Profil à marée basse du 3 Novembre 1994
 (Débit à Petit Saut = 106 m³/s, Hauteur de marée = 70 cm)

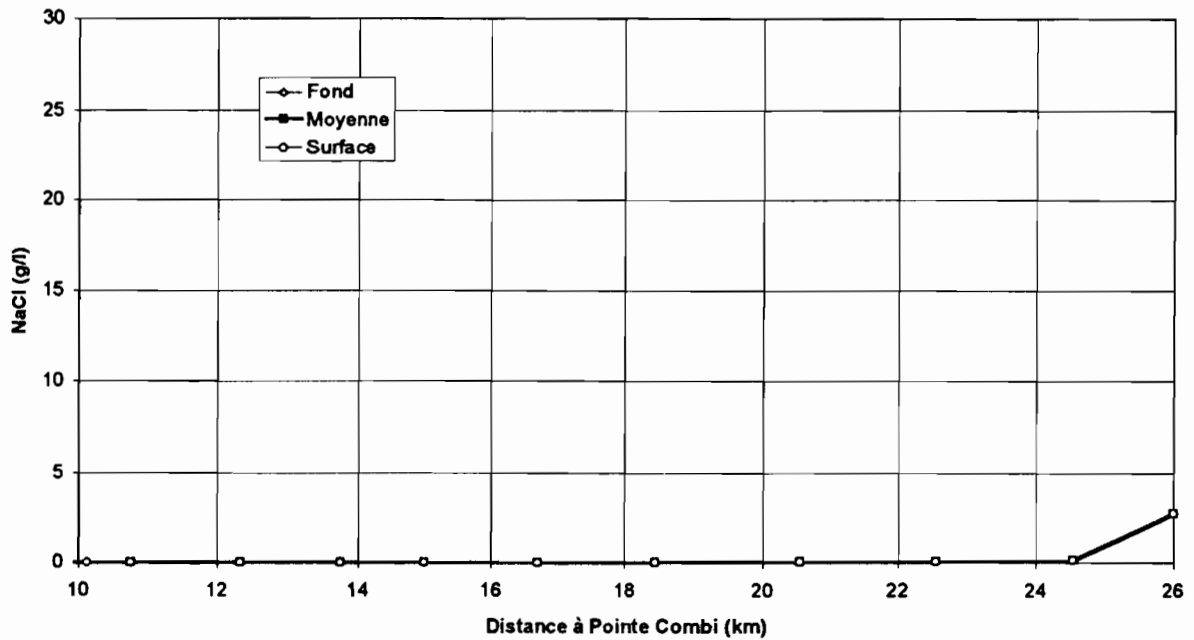


Figure n° 14

Profil à marée haute du 3 Novembre 1994
 (Débit à Petit Saut = 106 m³/s, Hauteur de marée = 335 cm)

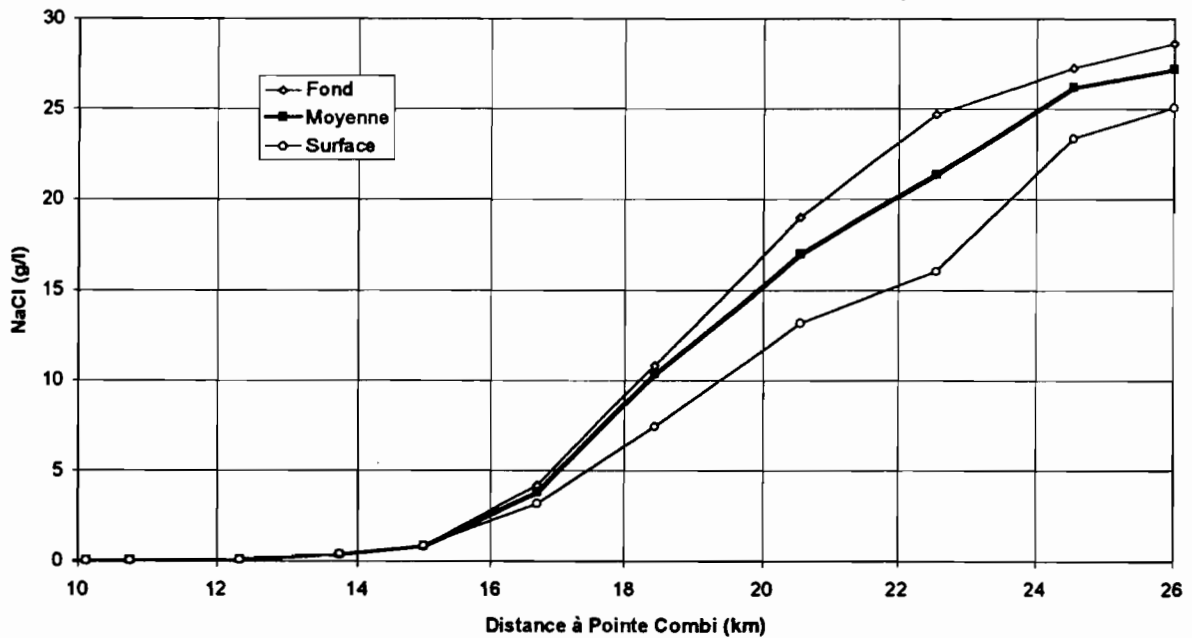


Figure n° 15

L'observation des différents profils appelle les premières constatations suivantes :

- On observe dans la partie aval de l'estuaire une stratification importante des eaux suivant la concentration en sel. Cette stratification diminue fortement dès les premiers méandres situés au niveau du pont de Sinnamary (kilomètre 15).
- Dans les conditions des mesures effectuées, le coin salé oscille entre l'embouchure et le kilomètre 12 (zone de départ du canal Rémy). Pour un débit du fleuve à Petit Saut de l'ordre de 100 m³/s, les eaux saumâtres sont évacuées en presque totalité à marée basse.
- Les concentrations de salinité à l'embouchure peuvent varier de manière importante d'un jour à l'autre, comme on peut le voir les 2 et 3 Novembre 1994 d'un profil de marée haute à l'autre.
- La distance de pénétration des eaux saumâtres dépend certes du débit du fleuve et de la hauteur de marée, mais semble aussi varier de manière importante en fonction de la concentration de sel à l'embouchure.

La figure n° 16 illustre bien l'effet d'une différence de salinité en mer devant l'embouchure du fleuve, alors que la figure n° 17 illustre l'effet d'une différence de débit.

Comparaison des profils de salinité à Marée Haute
Influence de la salinité à l'embouchure

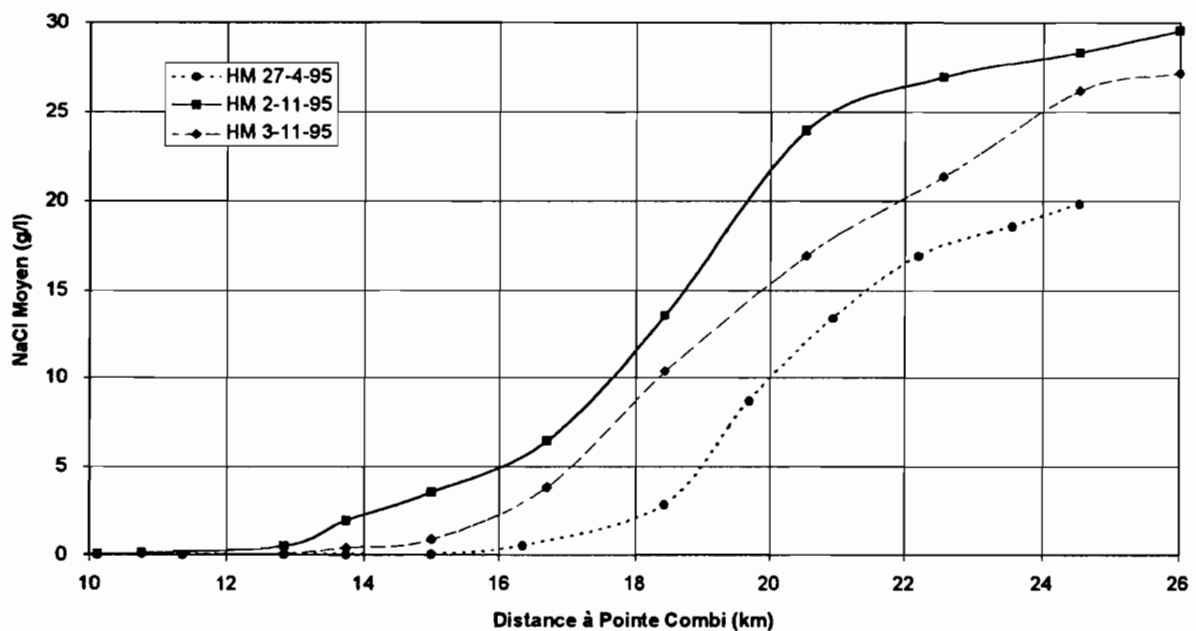


Figure n° 16

Comparaison des profils de salinité à Marée Haute
influence du débit du fleuve à Petit Saut

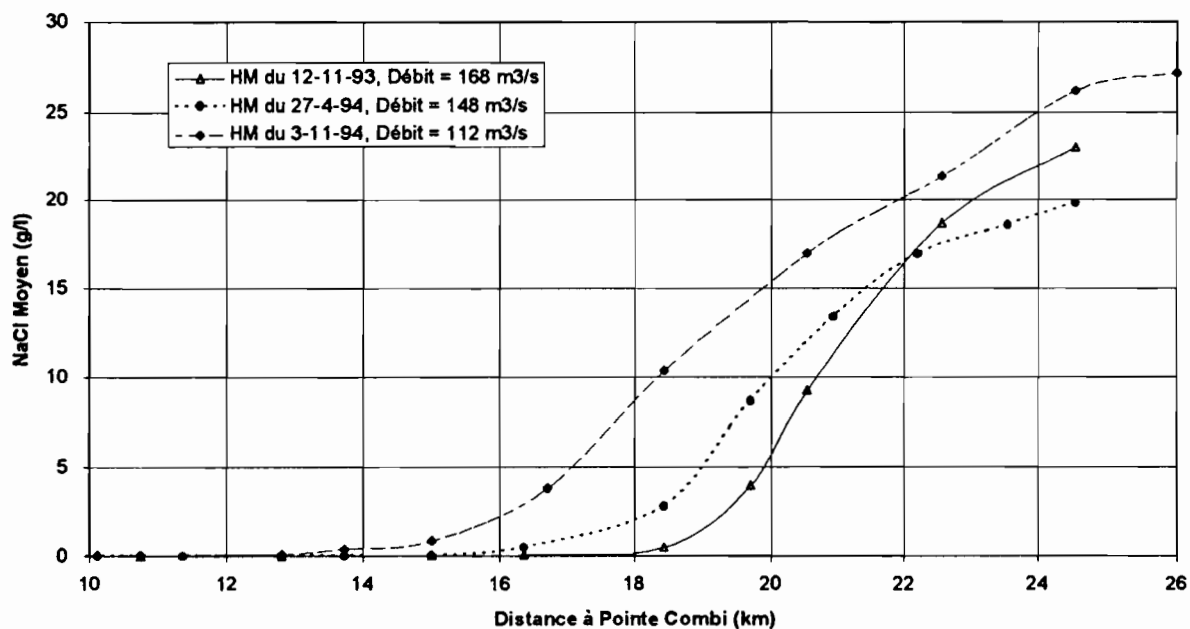


Figure n° 17

6 - CALAGE DU MODELE D'INTRUSION SALINE

6.1 - Présentation du modèle

Le modèle de Mr SAVENIJE est amplement décrit dans l'ouvrage « Rapid Assessment Technique for Salt Intrusion in Alluvial Estuaries, IHE Delft, 1992 ». Le but de ce modèle est d'offrir aux ingénieurs un outil permettant une détermination rapide de l'intrusion saline dans un estuaire. Il a été utilisé avec succès pour rendre compte de 52 mesures de salinité réalisées sur 16 estuaires différents de par le monde.

Le modèle est basé sur une résolution analytique unidimensionnelle des équations du mouvement et de conservation de la masse d'eau et de sel. Afin d'arriver à cette résolution, des hypothèses simplificatrices sont faites sur la géométrie de l'estuaire, l'hydraulique de la marée et les mécanismes de mélange. Le modèle est prédictif dans le sens qu'une fois calé, il peut prédire l'intrusion saline correspondant à un certain débit en eau douce du fleuve et à une certaine amplitude de marée. Les paramètres du modèle sont donc reliés directement aux grandeurs mesurables caractérisant un estuaire.

Le modèle peut être utilisé à divers niveaux de précision :

- le niveau bas permet le calage à partir des informations disponibles sans mesures de terrain (cartes topographiques, photos satellites ou aériennes, tables des marées). Il est utilisable en phase de reconnaissance.
- le niveau moyen utilise quelques profils de salinité faciles à obtenir en quelques jours par une petite équipe. Il est utilisable en phase d'étude de faisabilité.
- le niveau élevé nécessite des informations précises sur les débits en eau douce, la bathymétrie et les profils de salinité dans diverses conditions hydrologiques. C'est ce niveau de précision que nous avons utilisé ici.

Le modèle est bien adapté aux estuaires alluviaux (dont la forme a été modelé par la rivière en fonction des apports en sédiments et du débit). Il ne peut s'appliquer à des estuaires dont le lit serait indépendant de la rivière, comme c'est le cas pour les fjords ou autres vallées fossiles envahies par la mer.

Le modèle s'applique en principe aux estuaires de type de type « partiellement mélangés » à « biens mélangés », c'est à dire dans lesquels les salinités au fond et en surface ne s'écartent pas de plus de 30% de la salinité moyenne. C'est généralement le cas sur les estuaires qui ont un débit suffisamment élevé pour provoquer le mélange des eaux fluviales et marines. Le modèle est tolérant à des dépassements éventuels de ce critère à proximité de l'embouchure.

Les principales simplifications et hypothèses utilisées pour la mise en oeuvre du modèle concernent à la fois la géométrie de l'estuaire et les mécanismes de mélange. Ces hypothèses sont les suivantes :

- l'estuaire peut être assimilé à un canal convergent dont la section et la largeur suivent des lois exponentielles décroissantes.
- la profondeur de l'estuaire dans la zone d'intrusion saline est plus ou moins constante (cela n'est guère vérifié dans l'estuaire du Sinnamary en 1994...).
- du fait de la forme convergente de l'estuaire, l'excursion (ou la dérive, c'est à dire la distance entre les profils de salinité à marée haute et à marée basse) est la même sur l'ensemble de l'estuaire.
- la variation du coefficient de dispersion le long de l'estuaire est proportionnelle à la vitesse du flux d'eau douce (équation de Van der Burgh, dont le coefficient K de proportionnalité détermine la forme de la courbe d'intrusion saline).
- ce coefficient de dispersion unidimensionnel est valable pour les conditions de mer moyenne (intermédiaire entre marée haute et marée basse).
- les profils de salinité à marée haute et à marée basse peuvent être déduits du profil à mer moyenne par translation d'une demi valeur de l'excursion.

L'une des originalités du modèle de Mr SAVENIJE est de permettre un calage à partir des mesures de salinité réalisées à l'étale de marée haute. Il s'agit là d'un avantage certain, car d'une part il n'est pas nécessaire de mesurer les salinités sur différentes sections durant des cycles de marée complets, ce qui simplifie l'obtention des mesures servant au calage. D'autre part, la réalisation d'un profil de salinité à l'étale de marée haute renseigne immédiatement sur l'extension maximale de l'intrusion saline, et c'est cette donnée qui intéresse généralement le projeteur.

6.2 - Estimation de l'excursion (ou dérive)

L'excursion (ou dérive) est la distance moyenne parcourue par une particule d'eau entre deux étales successives (l'une étant une étale de marée basse et l'autre une étale de marée haute). Elle peut donc être estimée comme étant la distance moyenne séparant 2 profils de salinité réalisés successivement, l'un à l'étale de marée basse et l'autre à l'étale de marée haute.

Afin d'obtenir une première estimation de l'excursion, nous avons porté sur un même graphique (figure n° 18) les profils de salinité moyenne de 2 étales successives, obtenus lors des mesures des 2 et 3 Novembre 94.

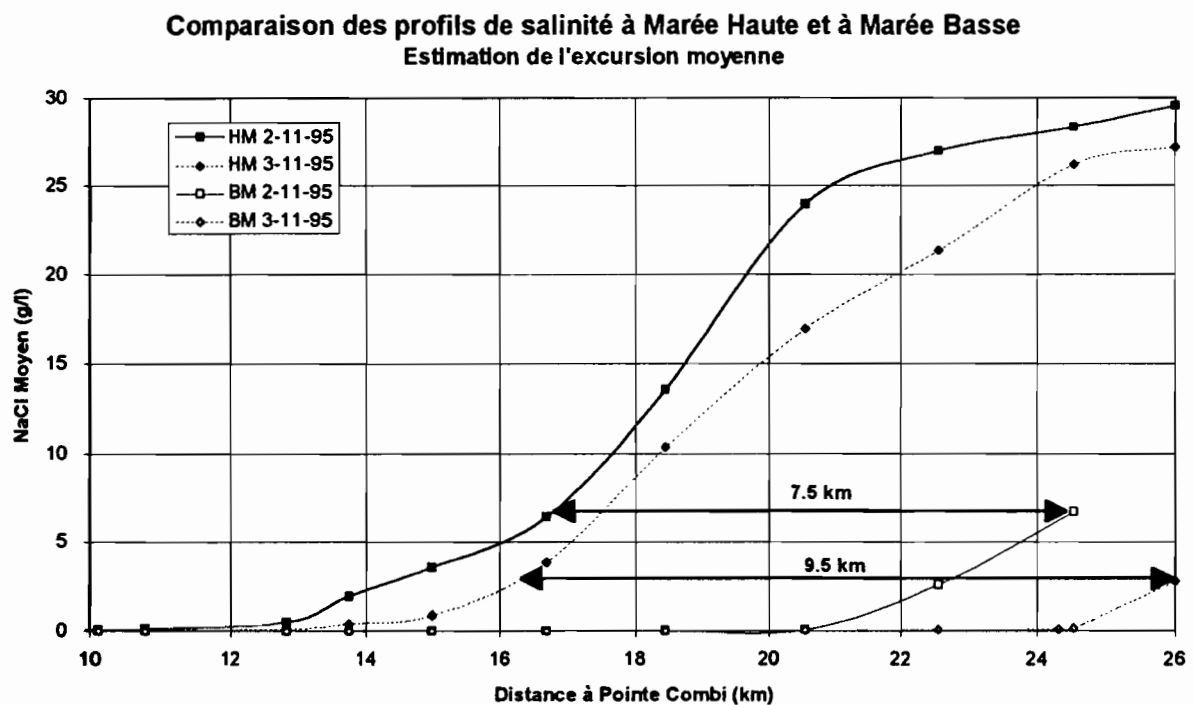


Figure n° 18

Les 2 excursions estimées sur le graphique sont ici relativement différentes. Nous sommes ici en fait dans un cas défavorable, car d'une part nous n'avons qu'une petite partie du profil à marée basse, et d'autre part les profils successifs sont très différents du fait de l'évolution de la salinité océanique à l'embouchure.

De plus, étant donné que la plupart des phénomènes de mélange dans un estuaire se produisent à marée haute, Mr SAVENIJE conseille plutôt de calculer cette excursion à partir d'un profil à marée haute suivi d'un profil à marée basse. En effet la position du coin salé à marée haute dépend assez peu de sa position à la marée basse précédente, tandis que la position du coin salé à marée basse dépend dans une mesure plus importante de sa position à la marée haute précédente. Or dans cette étude, nous avons réalisé les 2 profils de marée basse avant les profils de marée haute, ce qui peut entraîner une petite perte de précision.

Nous pouvons cependant obtenir le tableau n° 2, présenté ci-dessous, exprimant l'excursion par unité d'amplitude de marée :

Tableau n° 2

Date	Hauteur BM (m)	Hauteur HM (m)	Amplitude (m)	Excursion (km)	Excursion / mètre (km/m)
2/11/94	0.75	3.25	2.50	7.5	3.0
3/11/94	0.70	3.35	2.65	9.5	3.6

Nous avons finalement choisi pour l'excursion moyenne la valeur de 3.33 km par mètre d'amplitude de marée, ce qui correspond à une excursion de 10 km pour une amplitude de 3 m.

6.3 - Ajustements empiriques du modèle

Pour réaliser un ajustement empirique, il faut attribuer des valeurs à un certain nombre de paramètres afin de superposer les profils de salinité donnés par le modèle aux profils obtenus par mesure directe. Les paramètres à ajuster sont les suivants :

- Coefficient de Van Der Burgh : il caractérise la fonction de mélange eau douce - eau salée d'un estuaire, et doit donc rester constant sur l'ensemble des ajustements. Nous avons donc dans un premier temps cherché par tâtonnements successifs la valeur du coefficient de Van Der Burgh qui puisse s'appliquer aux quatre profils de marée haute.
- Coefficient Alpha : ce coefficient représente les conditions hydrologiques au moment de la réalisation du profil. Il varie normalement en fonction de l'amplitude de la marée, et du débit en eau douce du fleuve.
- Excursion : nous avons utilisé les valeurs mesurées au paragraphe précédent, ajustés en fonction de l'amplitude de la marée.
- Salinité de la mer à marée moyenne : permet d'ajuster le modèle à proximité de l'embouchure, surtout quand la salinité de la mer peut varier fortement comme c'est le cas pour le fleuve Sinnamary.

Les figures n° 19 à 22 montrent les ajustements empiriques qui ont été réalisés. On remarquera que nous avons porté sur les graphiques les distances à la mer et non plus à Pointe Combi. Dans ce système, les principaux points de repère se trouvent aux distances suivantes :

Point de repère	Distance (km)
Entrée Canal Rémy	16.75
Pont de Sinnamary	12.5
Canal Philippon	9.05
Ilet Brigandin	16.75

La valeur du Coefficient de Van Der Burgh commune aux différents ajustements est égale à 0.55, et les coefficients Alpha varient de 4.5 à 8.

Profil du 12 Novembre 1993
ajustement empirique du modèle

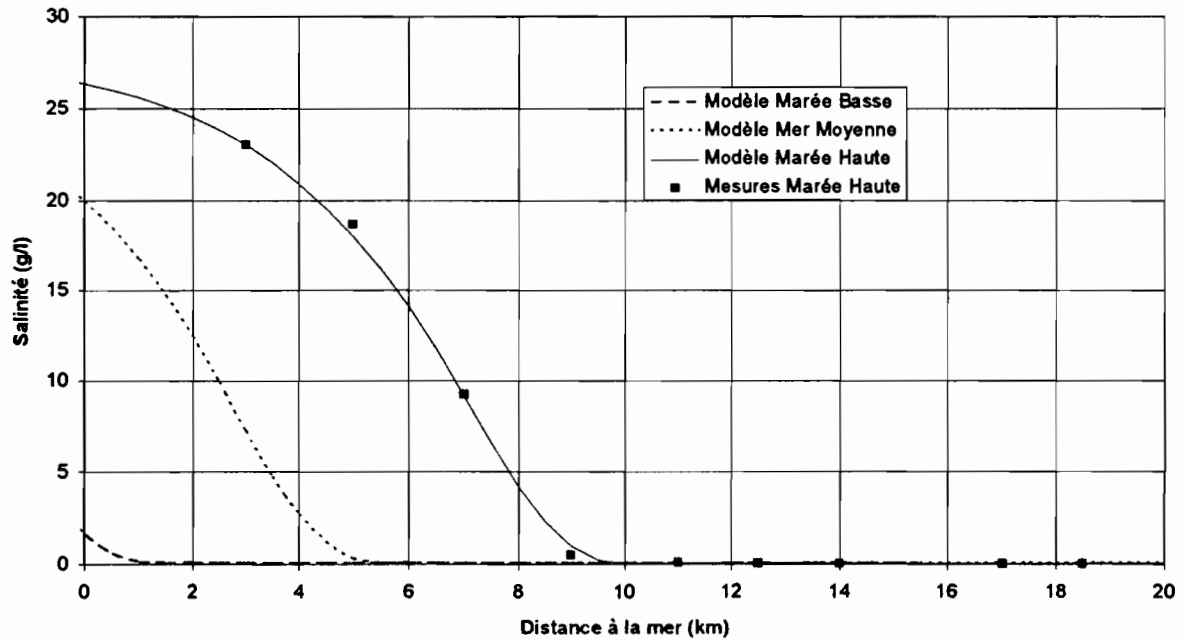


Figure n° 19

Profil du 27 Avril 1994
ajustement empirique du modèle

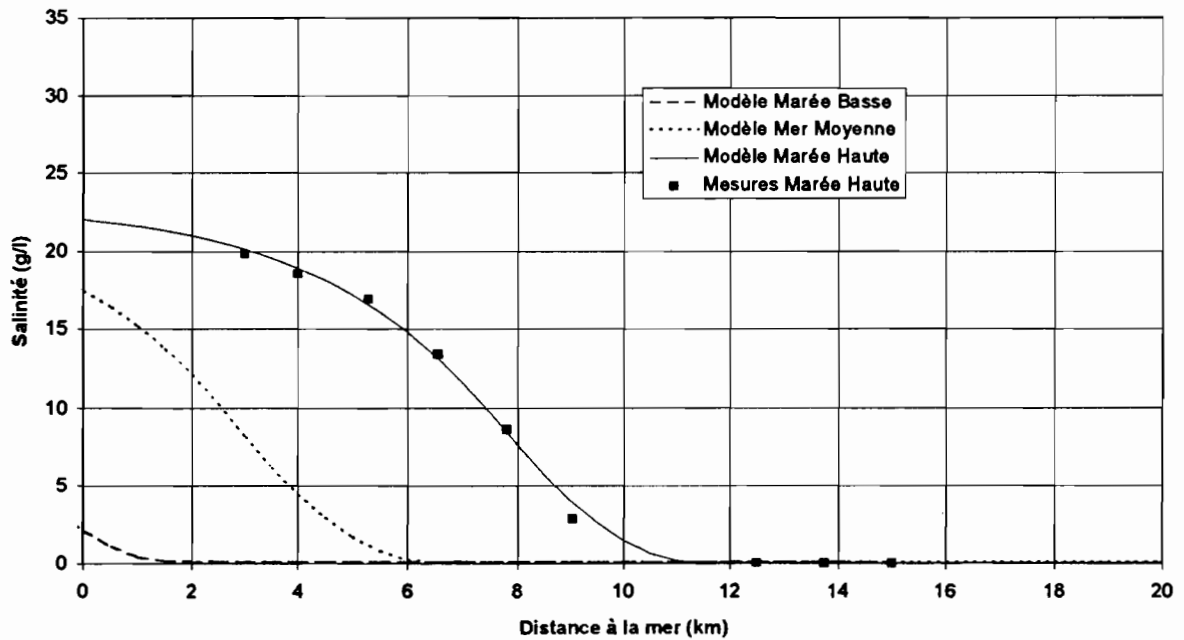


Figure n° 20

Profils du 2 Novembre 1994
Ajustement empirique du modèle

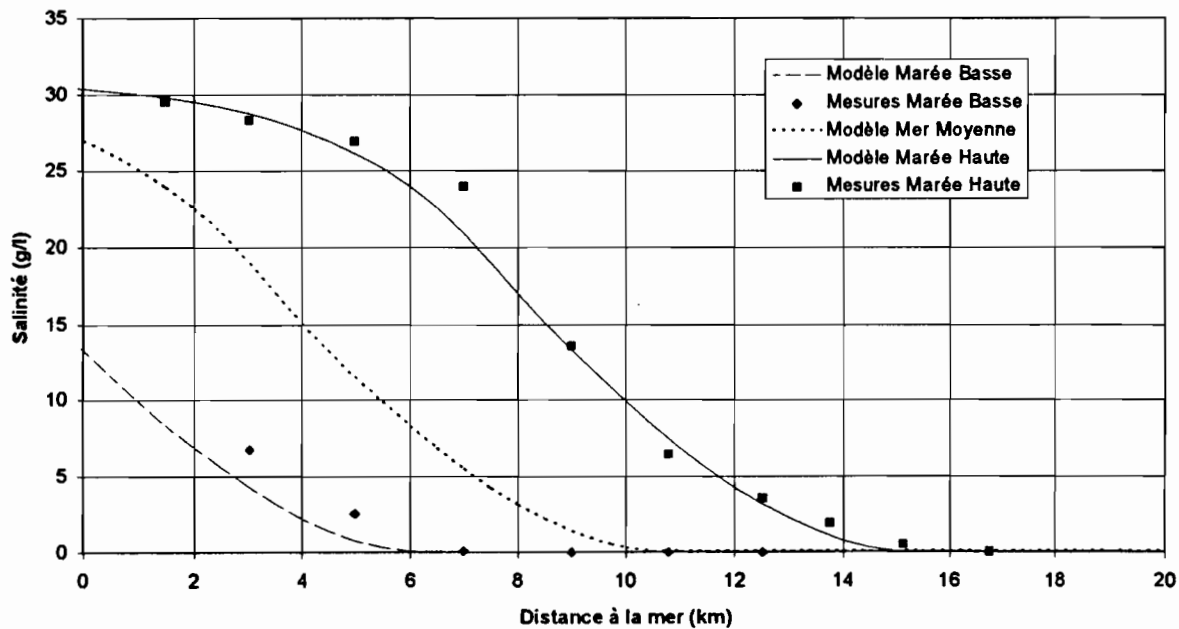


Figure n° 21

Profils du 3 Novembre 1994
Ajustement empirique du modèle

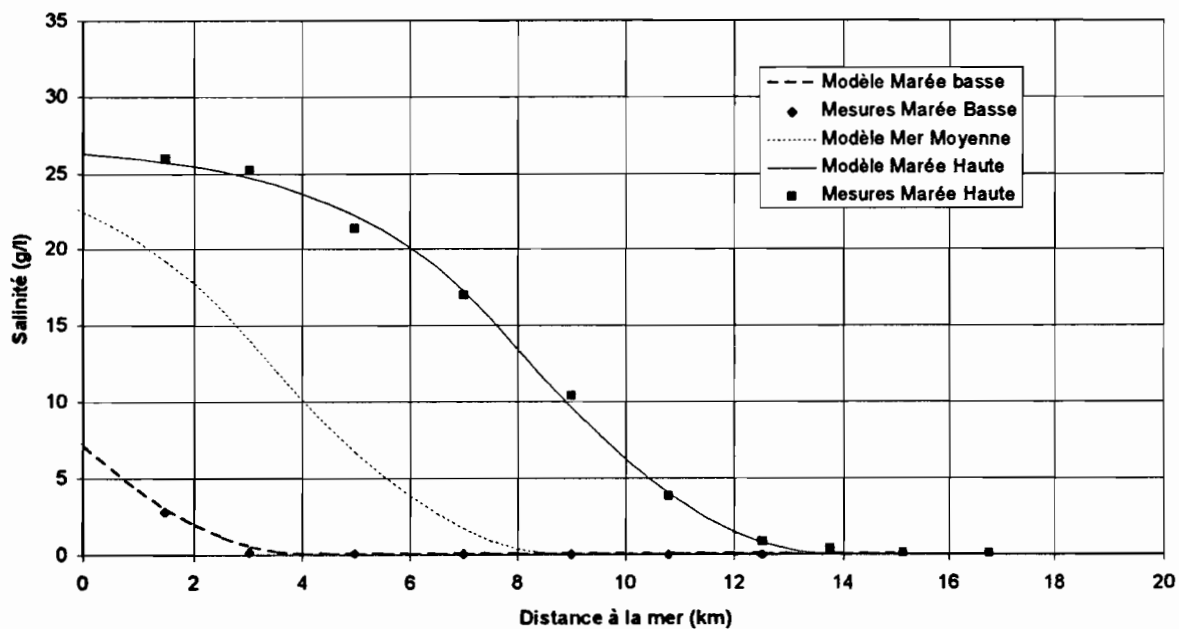


Figure n° 22

6.4 - Ajustement définitif du modèle

Les ajustements empiriques réalisés nous ont permis de connaître ou de confirmer les valeurs :

- du coefficient de Van Der Burgh, égal à 0.55
- de l'excursion par mètre d'amplitude de marée, égale à 3330 mètres
- de la salinité de la mer à l'embouchure, qui varie ici de 22 à 32 g/l de NaCl.

Afin d'obtenir un modèle unifié qui puisse représenter l'ensemble des mesures réalisées, il nous reste à exprimer le coefficient de mélange Alpha en fonction des caractéristiques mesurables de l'estuaire. Selon Mr SAVENIJE, le coefficient Alpha est lié aux caractéristiques de l'estuaire par la formule :

$$\text{Alpha} = \text{Cste} \cdot \text{Kd} \cdot \text{H0} / \text{b} \cdot \text{Sqr} (\text{E0} \cdot \text{T} \cdot \text{g} \cdot \text{H0} / - \text{Qf} \cdot \text{A0})$$

avec :

Cste = Constante d'ajustement, prise par Mr SAVENIJE égale à 220

Kd = coefficient de correction de densité (voir ci-dessous)

H0 = Profondeur Moyenne de l'estuaire à marée moyenne, égal à 4.3 m

b = Distance de convergence de l'estuaire, égale à 38 000 m

Sqr = fonction racine carrée

E0 = Excursion (m), égale à 3330 x Amplitude Marée (m)

T = Périodicité de la marée, égale à 12.3 heures.

g = accélération de la pesanteur terrestre, égal à 9.81

Qf = Débit en eau douce du fleuve (m³/s), variable suivant les cas

A0 = Section à l'embouchure (m²)

Le coefficient Kd de correction de densité ne figurait pas dans les équations originales de Mr SAVENIJE. Nous avons dû l'introduire en accord avec ce dernier afin de prendre en compte les différences de pénétration du coin salé en fonction de la salinité de la mer, qui peut varier fortement le long du littoral guyanais. D'après Mr SAVENIJE, ce terme de correction de Alpha en fonction de la densité de l'eau de mer est proportionnel à la racine carrée de :

$$40 (\text{Dm} - \text{Df}) / \text{Dm}$$

avec :

Dm = densité de l'eau de mer

Df = densité de l'eau douce

et pour la densité D de l'eau en fonction de la température T et de la Salinité S :

$$D = 1000 + 0.805 S - 0.0065 (T - 4 + 0.22 S)^2$$

d'où pour une température T = 28°C :

$$\text{Dm} = 1000 + 0.805 S - 0.0065 (24 + 0.22 S)^2$$

$$\text{Df} = 996.26$$

$$\text{Kd} = \text{Sqr} (40 (\text{Dm} - 996.26) / \text{Dm})$$

Il nous suffit donc pour faire tourner le modèle de déterminer les débits en eau douce du fleuve et les amplitudes de marée. Les amplitudes de marée sont connues facilement à partir des tables des marées. Quant aux débits en eau douce, nous les avons pris égaux à la somme du débit mesuré à Petit Saut, et du débit estimé pour le bassin versant situé à l'aval de Petit Saut. Le débit du bassin aval a été estimé à partir des débits moyens journaliers calculés pour les bassins de la crique Vénus et de la crique Toussaint (qui sont 2 affluents du Sinnamary dans sa partie aval), au moyen d'une pondération sur les surfaces.

Les principaux paramètres hydrauliques sont présentés au tableau n° 3 suivant :

Tableau n° 3

Date	Amplitude marée	Débit Petit Saut	Débit Aval	Débit Total
12-11-93	2.60	148	20	168
27-04-94	2.90	108	40	148
02-11-94	2.70	106	6	112
03-11-94	2.90	106	6	112

Après quelques essais d'ajustement, nous avons choisi pour la constante d'ajustement la valeur de 340, qui permet d'obtenir un ajustement correct pour les 4 profils mesurés.

Nous obtenons ainsi un modèle unifié, calé sur les conditions actuelles du fleuve Sinnamary, qui permet de positionner le coin salé en fonction :

- du débit du fleuve (débit à Petit Saut + débit du bassin aval)
- de l'amplitude de la marée
- de la salinité de la mer à l'embouchure

Les résultats de ce modèle comparés aux profils mesurés sont donnés aux figures suivantes (figures n° 23 à 26) :

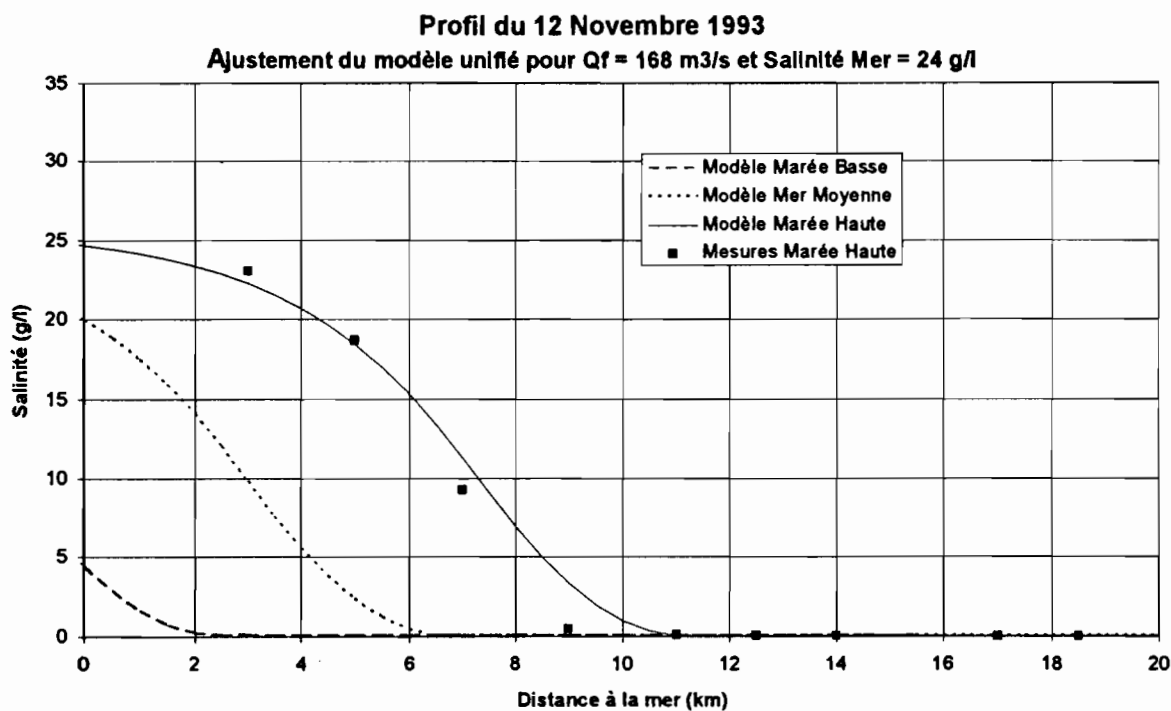


Figure n° 23

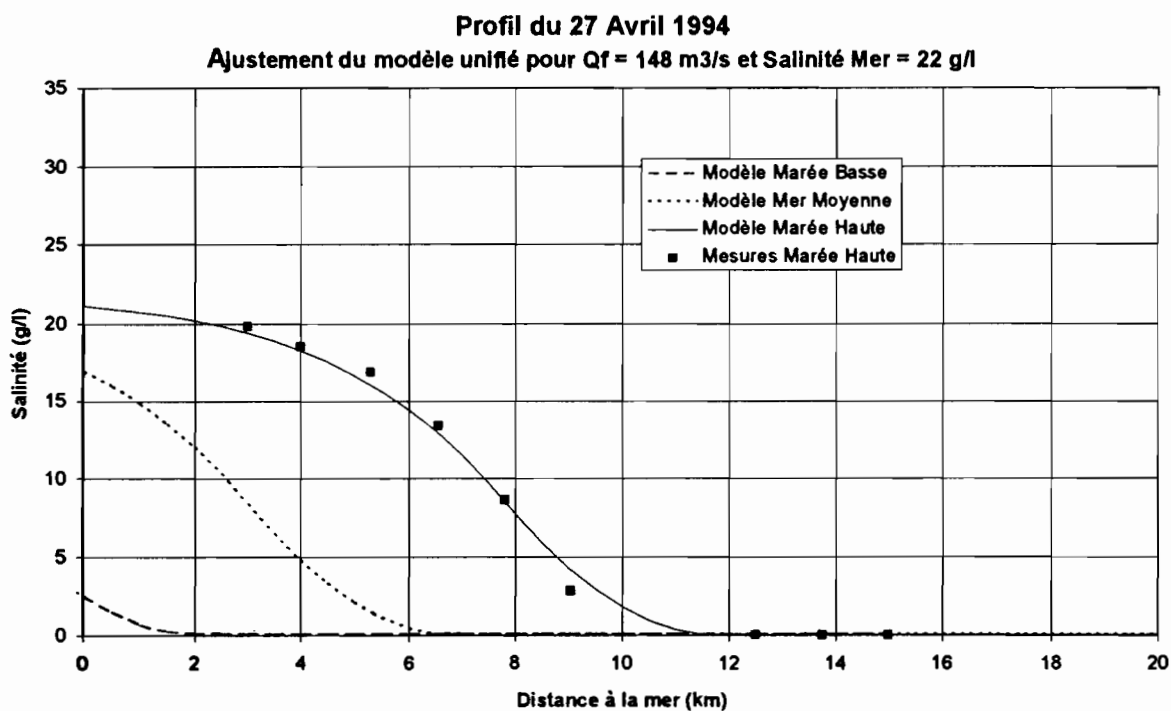


Figure n° 24

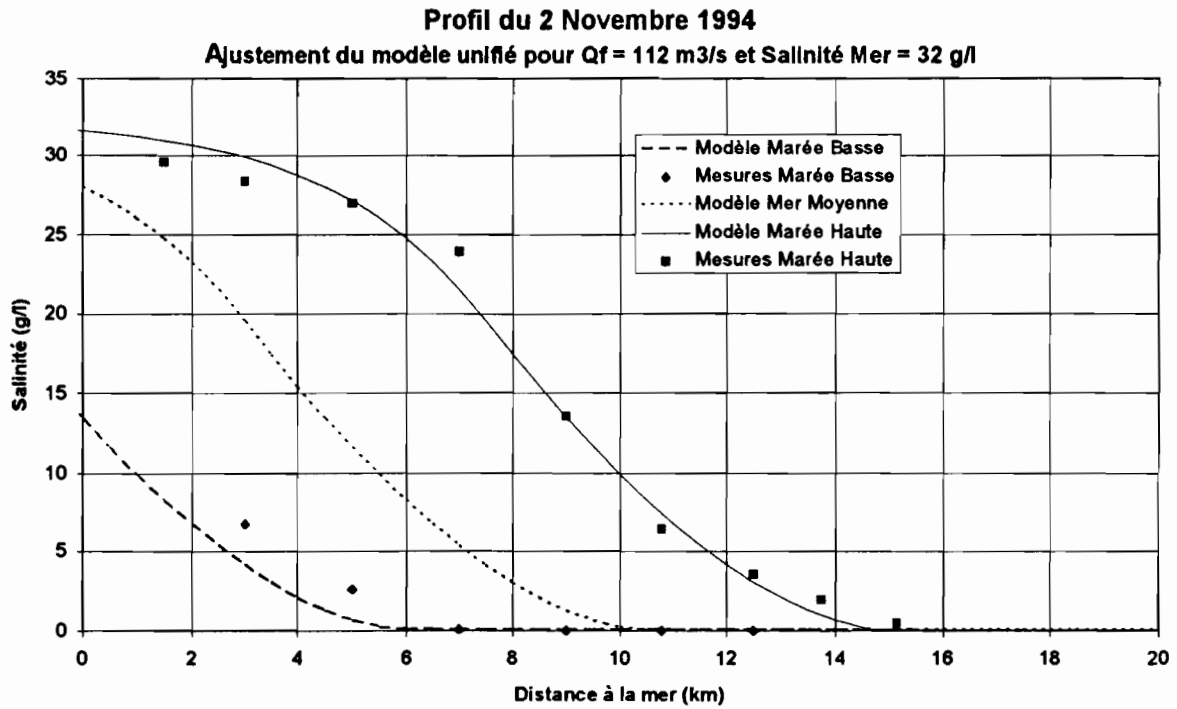


Figure n° 25

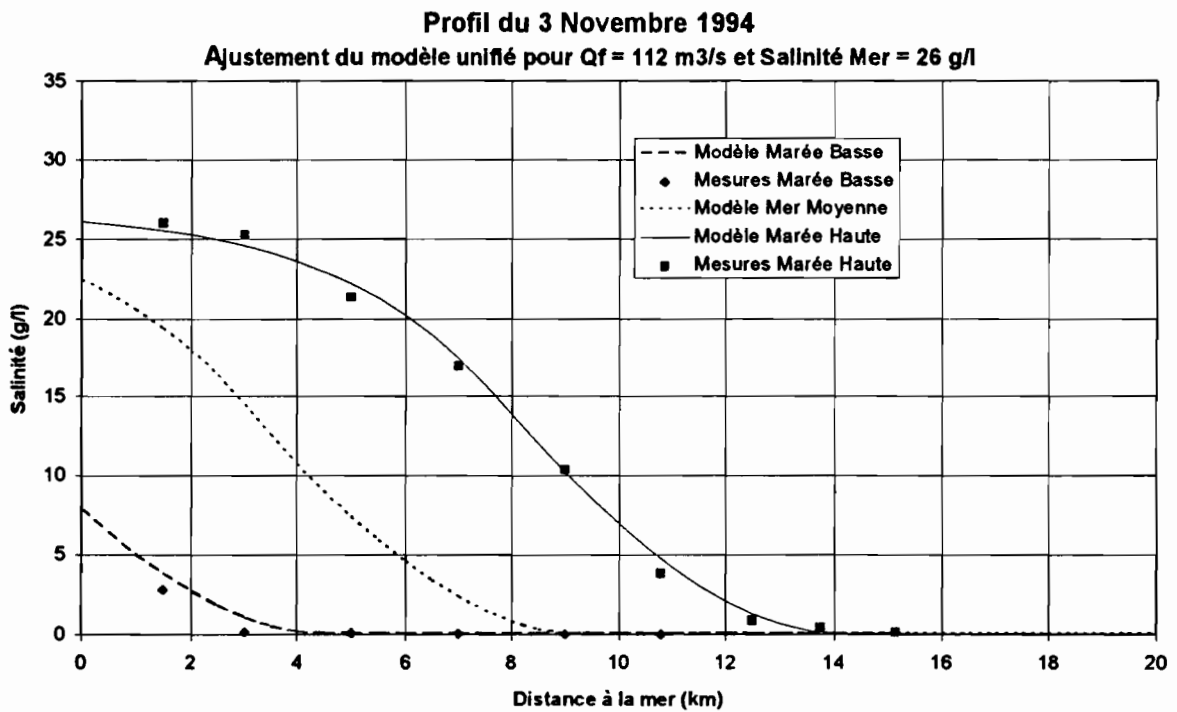


Figure n° 26

7 - COMPARAISON AVEC LES MESURES ANCIENNES

La comparaison des résultats actuels avec les mesures anciennes est malaisée, car la méthodologie adoptée pour les mesures anciennes est très différente de celle adoptée dans le cadre de cette étude. En 1983 comme en 1988, l'accent avait été mis en bonne partie sur les jaugeages. Les mesures de salinité effectuées ne consistaient pas en des profils aux étales de marée haute ou basse, mais représentaient généralement l'évolution de la salinité en une section sur un cycle de marée. Une grosse partie du travail de comparaison a donc consisté en la reconstitution à partir des mesures ponctuelles, réalisées parfois à un jour d'intervalle, de profils similaires à ceux obtenus dans l'étude actuelle.

D'autre part, lors des études anciennes, les débits du bassin à l'aval de Petit Saut n'étaient pas connus. Il nous a donc fallu réaliser une estimation grossière de ces débits.

7.1 - Comparaison du modèle avec les mesures de 1983

En 1983, la brèche dans l'estuaire n'était pas encore ouverte, et le chenal en voie d'obstruction actuellement constituait la seule communication du fleuve avec la mer. On peut donc considérer que la mer était alors distante de 3 km de plus qu'aujourd'hui.

Trois campagnes de mesures avaient alors été réalisées, les 23 et 24 Octobre 83, 29 et 30 Octobre 83, et 20 et 21 Novembre 83. Pour obtenir des profils de salinité complets sur l'estuaire, nous avons dû combiner les résultats obtenus sur les 2 jours de mesures de chaque campagne. Aussi certaines des caractéristiques de ces profils résultent d'une moyenne sur plusieurs jours, ce qui fausse un peu les données. Il ne faudra donc pas s'étonner si les profils de salinité ne sont pas toujours aussi cohérents et réguliers que ceux obtenus par mesure directe sur un seul cycle de marée. Nous avons pu cependant reconstituer 2 profils de salinité présentant les caractéristiques suivantes :

Date Mesure	Amplitude Marée (m)	Débit Petit Saut (m ³ /s)	Débit Aval estimé (m ³ /s)	Salinité Mer (g/l)
29 et 30-10-83	1.15	50	5 ?	33
20 et 21-11-83	2.30	80	10 ?	20 ?

Nous avons tracé sur le graphe n° 27 les profils obtenus en 1983, comparés aux sorties du modèle actuel avec les mêmes données d'entrée. Le profil des mesures d'Octobre 83 a une forme un peu surprenante, probablement du fait du mélange de données qui ne correspondent pas à la même journée. Nous constatons que malgré l'éloignement plus important de la mer en 1983, les mesures obtenues à cette époque sont assez semblables à celles que l'on obtiendrait actuellement.

Comparaison des profils 1983-1994

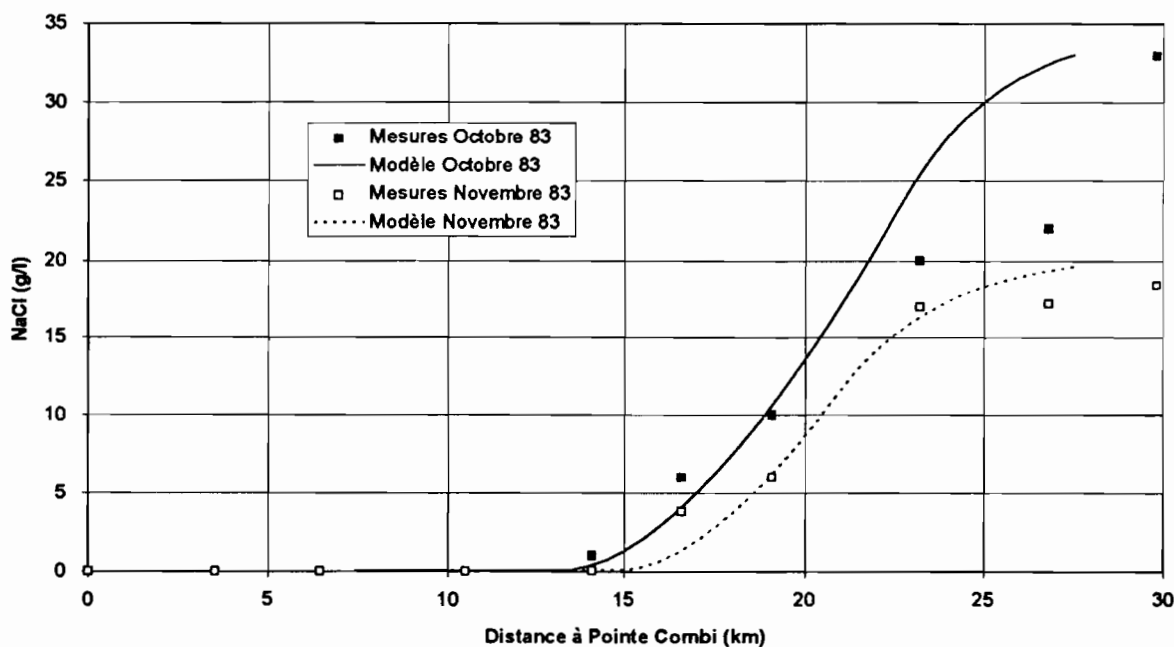


Figure n° 27

7.2 - Comparaison du modèle avec les mesures de 1988

En 1987-1988, suite à l'ouverture de la brèche dans le cordon littoral, une nouvelle campagne de mesures avait été réalisée, avec une méthodologie semblable à celle employée en 1983. Les profils obtenus et présentés ci-après résultent là encore de la combinaison des mesures sur 2 jours consécutifs, avec les risques d'incohérence que cela suppose étant donné la grande variabilité des conditions hydrauliques et de salinité d'un cycle de marée à l'autre.

Nous avons pu cependant reconstituer les profils suivants :

Date Mesure	Amplitude Marée (m)	Débit Petit Saut (m ³ /s)	Débit Aval estimé (m ³ /s)	Salinité Mer (g/l)
16 et 17-12-87	1.60	127	13 ?	30
03 et 04-05-88	2.20	125	15 ?	17
27 et 28-10-88	2.30	73	7 ?	32

Nous avons tracé sur la figure n° 28 les profils mesurés pour les 3 campagnes de mesures, comparés au calculs du modèle actuel dans les mêmes conditions d'hydraulique et de salinité. Nous constatons que les salinités sur la période de 1988 sont très mal représentées par le modèle actuel qui sous estime fortement les concentrations en NaCl. Les écarts entre les profils expérimentaux et les profils calculés par le modèle atteignent 4 à 5 km environ. Cela signifie qu'à cette époque le coin salé remontait environ 4 à 5 km plus loin vers l'amont du fleuve qu'actuellement.

Comparaison des profils 1988-1994

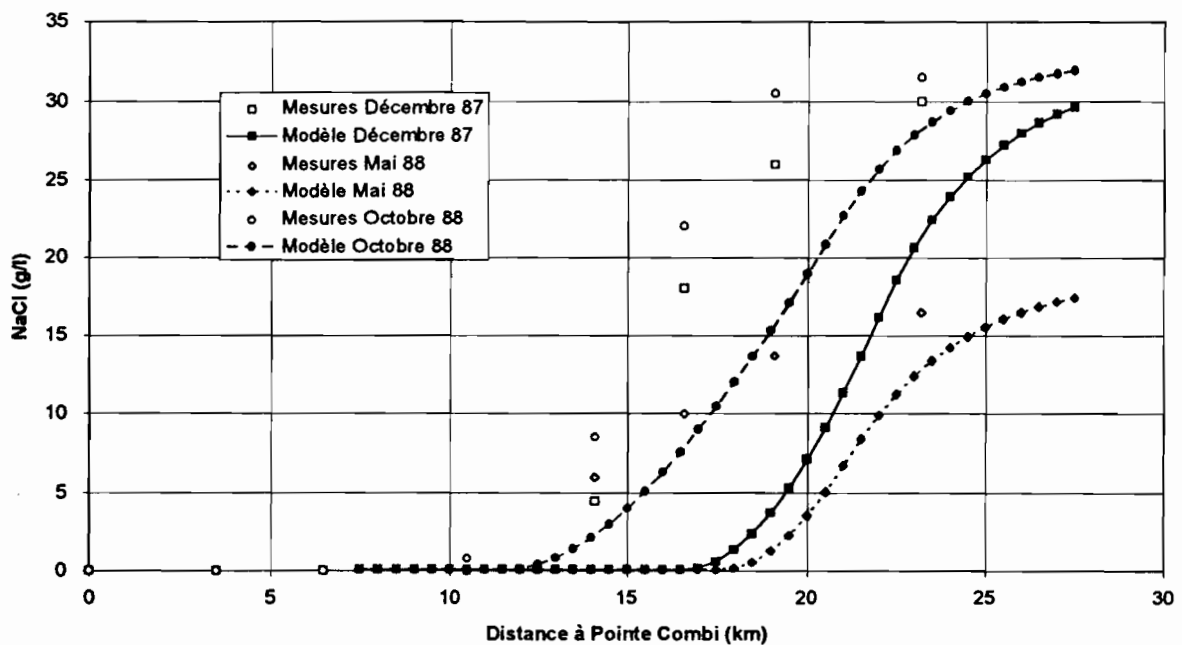


Figure n° 28

7.3 - Interprétation du recul du coin salé

Etant donné que la mer était distante de 3 à 4 km de plus en 1983 qu'en 1994, il était déjà étonnant que le modèle calé en 1994 puisse s'ajuster aux données de cette période. Les mesures de 1988, où la mer avait à peu près la même position qu'en 1994, confirment donc une nette régression du coin salé en 1994. Il est difficile de dater le début de ce mouvement, mais il est de toutes façons antérieur à la mise en eau du barrage puisqu'on l'observait déjà lors de la mesure de Novembre 1993.

Comme le modèle prend en compte les différences de débit en eau douce et de salinité au niveau de la mer, la différence de comportement ne peut provenir que de la configuration de l'embouchure elle-même. Nous avons donc cherché si l'on trouvait des différences de section et de profondeur depuis 1984, lorsqu'une bathymétrie du fleuve avait été réalisée. Les sections et profondeurs de 1984 et de 1994 sont présentées au tableau n° 4.

Tableau n° 4

Section	Distance PteCombi (km)	Section 1984 (m2)	Section 1994 (m2)	Largeur 1984 (m)	Largeur 1994 (m)	Profondeur 1984 (m)	Profondeur 1994 (m)
Section A	29.8	1470		438		3.4	
Section B	26.8	1460		755		1.9	
Intermédiaire	27.5		3500		2100		1.7
Brèche	25.5		2400		1500		1.6
Brigandin	24.55		1140		403		2.8
Intermédiaire	23.55		823		391		2.1
Section C	23.2	1180		490		2.4	
Village Brigandin	22.55		1087		505		2.2
Intermédiaire	21.92		861		407		2.1
Virage	20.55		965		330		2.9
Intermédiaire	19.65		1107		470		2.4
Section D	19.1	1000		258		3.9	
Canal Philippon	18.45		981		266		3.7
Intermédiaire	17.8		1385		315		4.4
Degrad Pascal	16.7		923		172		5.4
Section E	16.6	1070		152		7.0	
Intermédiaire	16		860		156		5.5
Pont Sinnamary	15		845		131		6.5
Intermédiaire	14.4		954		216		4.4
Section F	14.1	720		172		4.2	
Ligne électrique	13.75		979		205		4.8
Intermédiaire	12.95		1206		220		5.5
D. Guedon	12.35		680		111		6.1
Intermédiaire	11.55		938		170		5.5
Canal Remy	10.75		792		150		5.3
Section G	10.5	580		120		4.8	
Degrad Ciment	10.12		770		146		5.3
Degrad Fontine	8.87		648		126		5.1
Section H	6.5	600		136		4.4	

Les données de ce tableau nous permettent de tracer un graphe comparatif des profondeurs moyennes calculées en 1984 et en 1994 (voir figure n° 29). Ce graphe nous montre une bonne similitude entre les deux séries de valeurs, même si des différences existent, dues peut-être à des modes opératoires différents. Les faibles profondeurs obtenues en 1994 au niveau de l'embouchure sont bien mises en évidence, et confirmées par les profils en travers au niveau de la brèche qui ont été présentés au chapitre n° 3.

Comparaison des profondeurs moyennes entre 1984 et 1994

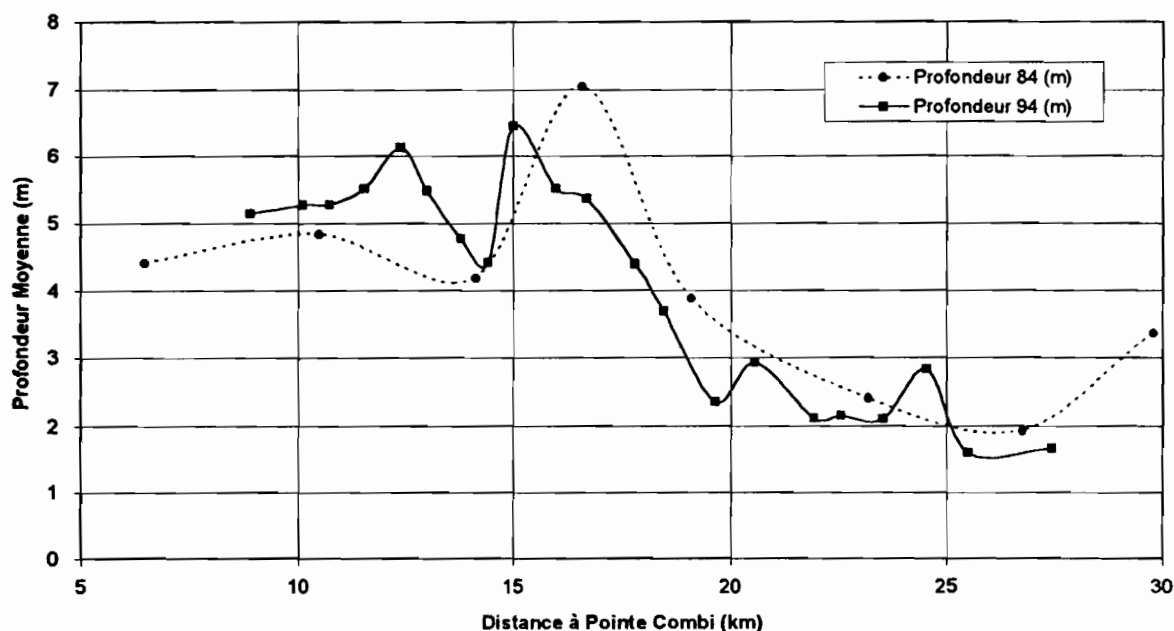


Figure n° 29

Nous avons tracé également le graphe comparatif des sections mouillées à mer moyenne (figure n° 30). Ce graphe représentant les sections mouillées en 1984 et 1994 montre une différence encore plus nette que le graphe des profondeurs au niveau de l'embouchure. On comprend que l'élargissement très important des sections depuis l'ouverture de la brèche a provoqué une diminution des profondeurs au contact fleuve - mer, surtout depuis l'arrivée d'un nouveau banc de vase à proximité de l'embouchure. Au vu des profils en travers réalisés en mer au niveau de la brèche et de la fermeture progressive de l'ancien chenal, il est d'ailleurs probable que l'on s'oriente vers la reconstitution à moyen terme d'un nouveau chenal décalé vers le nord par rapport à l'ancien.

Comparaison des sections entre 1984 et 1994

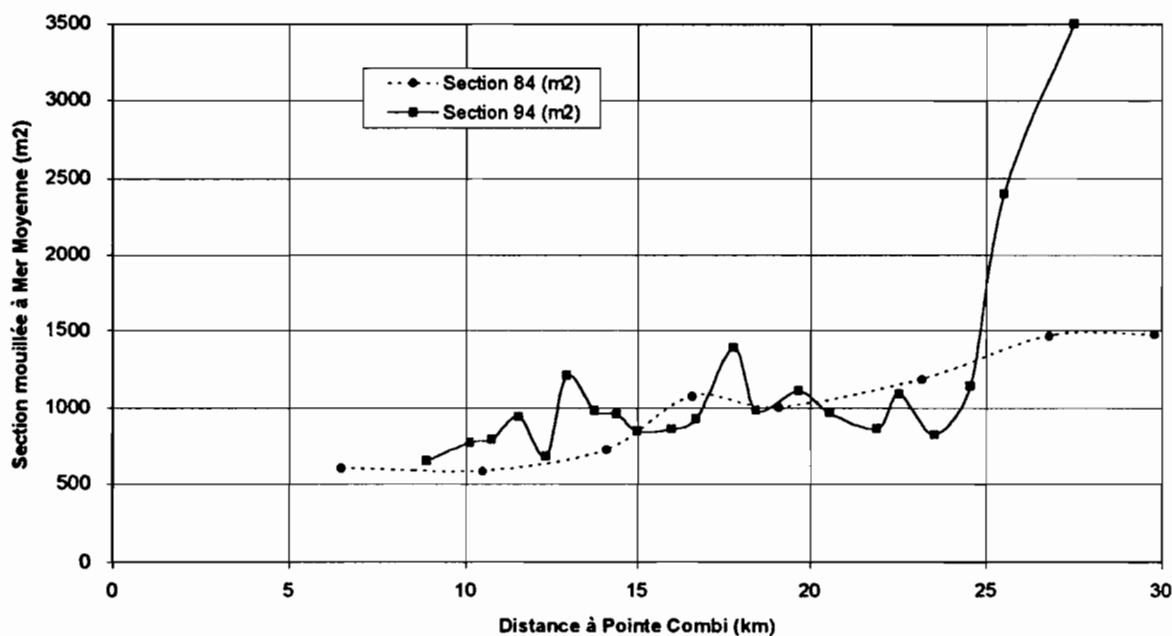


Figure n° 30

Ce serait donc la diminution des profondeurs au niveau de l'embouchure, liée :

- à l'élargissement de l'embouchure suite à l'ouverture de la brèche en 1986
- à l'arrivée d'un banc de vase
- et dans une certaine mesure, à l'absence de crue importante depuis 1990

qui serait la cause du recul du coin salé dans l'estuaire du Sinnamary. Etant donné que la pénétration des eaux salées se fait surtout par le fond, du fait de leur plus forte densité, il est tout à fait normal qu'une diminution de profondeur même peu importante au niveau de l'embouchure ait des effets importants sur le coin salé.

8 - CONCLUSION

Après une avancée aux environs de l'année 1988, le coin salé du fleuve Sinnamary semble retourner à la position qu'il occupait en 1983.

La cause de ce recul proviendrait de la diminution des profondeurs au niveau de l'embouchure, liée :

- à l'élargissement de l'embouchure suite à l'ouverture de la brèche en 1986
- à l'arrivée d'un banc de vase
- et dans une certaine mesure, à l'absence de crue importante depuis 1990

L'étude de la bathymétrie au voisinage de l'embouchure semble par ailleurs montrer qu'un chenal unique, décalé vers le nord par rapport à l'ancien chenal, est en train de se reconstituer.

Il est exclu de voir dans la position actuelle du coin salé et dans les faibles profondeurs au niveau de l'embouchure un effet du barrage de Petit Saut, puisque cette situation existait avant le début de la mise en eau.

Il est possible cependant à terme que l'écrêtement des fortes crues par la retenue retarde un recalibrage naturel de l'embouchure et la reconstitution d'un chenal plus profond. Dans les estuaires alluviaux comme celui du Sinnamary, ce sont en effet les fortes crues qui calibrent l'embouchure, alors qu'un colmatage peut se produire lors des périodes d'étiage où les vases marines peuvent pénétrer dans le fleuve.

Il paraît donc judicieux de continuer une certaine surveillance de l'embouchure du Sinnamary, surtout dans le contexte particulier à la Guyane du passage périodique de bancs de vase côtiers.

Le modèle d'intrusion saline calé dans le cadre de cette étude, et la méthodologie développée à cette occasion constituent un outil performant qui permettra dans le futur d'apprécier rapidement une modification du régime de l'estuaire.