

Ministère des Travaux publics
Ponts et Chaussées
Administration des Voies Hydrauliques

ETUDE DE L'AMELIORATION
DU BIEF MARITIME DU FLEUVE CONGO

ETUDE SUR MODELE REDUIT
Premier rapport intérimaire
MOD. 255-2
MATEBA II

Laboratoire de Recherches Hydrauliques
Borgerhout-Anvers

TABLE DES MATIERES.

	page
I.- INTRODUCTION	1
II.- LE MODEL E	2
A) Zones reproduites sur modèle	2
B) La construction du modèle	3
C) Les échelles et la similitude.	4
D) Les installations hydrauliques	7
E) Les appareils de mesure	8
III.- LE REGLAGE DU MODELE	9
A) Exécution des essais	11
B) Lignes d'eau	12
C) Vitesses et écoulements	14
IV.- CONCLUSION	17

I. - INTRODUCTION

Pour étudier les possibilités d'amélioration des conditions de navigabilité de la Région Divagante du bief Maritime du fleuve Congo, l'Office de la Coopération au Développement du Ministère des Affaires Etrangères et du Commerce Extérieur de Belgique a fait appel à l'Administration des Voies Hydrauliques du Ministère des Travaux Publics.

Le Laboratoire de Recherches Hydrauliques a été chargé de la construction d'un modèle réduit afin de permettre de rédiger un programme de dragages d'entretien, pour maintenir ou améliorer la route navigable en question.

Etant donné que pour la construction d'un modèle représentant toute la Région Divagante les données hydrographiques et limnimétriques nécessaires n'étaient pas disponibles et devaient encore être complétées par des campagnes de mesures sur terrain on s'est limité à la réalisation sur modèle réduit d'une partie de la Région Divagante : la zone de Mateba Amont.

Dans cette zone, qui était restée un demi-siècle en dehors de la route navigable, s'est formé une large fosse lors de la crue de 1961-62 (voir les annexes 1 et 2) . Des problèmes au point de vue de la réalisation et de l'entretien de la nouvelle route de navigation se sont posés.

En outre l'évolution des bancs de sable et des seuils dans cette zone est caractéristique pour toute la Région Divagante.

Le modèle actuel peut être considéré comme un modèle pilote qui doit permettre de clarifier certains problèmes d'échelles (hydrauliques et des matériaux de fond) qui se poseront lors de la construction d'un modèle à fond mobile de toute la Région Divagante.

./..

Le présent rapport donne un aperçu des études travaux et essais qui ont conduit à la construction et au réglage du modèle Mateba Amont.

II. - LE MODELE.

A) ZONES REPRODUITES SUR MODELE.

Pour la construction du modèle de Mateba Amont à fond fixe, on disposait de cartes hydrographiques au 1/10.000e.

Le plan de référence étant différent d'une carte à l'autre (cotes hydrographiques) on a réduit les profondeurs au même plan de référence (cotes ABS) pour obtenir la pente naturelle du lit du fleuve (voir tableau VI), p.24.

La construction du modèle s'est réalisée en différentes étapes :

- 1) étape 1 : modèle de Fetish Rock jusqu'à Tortues. Cartes employées : voir annexe 3 qui indique aussi les limites du modèle (début de la construction : février 1968 - fin de la construction : fin mars 1968).
- 2) étape 2 : prolongement du modèle vers l'aval jusqu'à Convensaingh... Cartes employées : voir annexe 4 (début de la construction : mai 1968 - fin de la construction : septembre 1968).
- 3) étape 3 : adaptation du modèle aux levés les plus récents et prolongement du modèle vers l'amont jusqu'au Banc d'Anvers (voir annexe 5) (début de la construction : octobre 1968 - fin de la construction : novembre 1968).

Cartes employées : voir annexe 6.

n°242.221 : pool de Camoëns - février-mars-avril-mai 1968.

n°243.94 : pool de Fetish Rock - janvier-février 1968.

n°244.57 : région du Banc d'Anvers - février 1967.

n°245.91 : seuil Central Mateba Amont - mai 1968.

n° 245.93 : jonction Mateba Amont - Camoëns aval - juin-juillet 1968.

n°245.94 : Mateba Amont(partie amont) - juillet 1968
Banc d'Anvers (partie aval)

Le modèle couvre la partie du fleuve de Mateba Amont entre Banc d'Anvers et Convensaingh, y compris le Faux Bras de Mateba. Au Sud le modèle est limité par l'Ile des Oiseaux, les Iles Camoëns et l'Ile des Papyrus (voir annexe 5). Les Passes Nisot, Mayaudon et Portugaise ne sont pas réalisées en modèle. Le modèle représente en fait la situation de 1968 après les dragages américains

B) LA CONSTRUCTION DU MODELE.

Une première zone du lit du fleuve a été réalisée par la méthode des profils en travers : une bande de ciment est profilée en dessous des gabarits en massonite préfabriqués, implantés convenablement sur le modèle (voir photo 1), p.25.

L'entredistance des profils est d'un mètre, soit 500 m nature.

Entre deux profils, le fond est représenté par une surface réglée, en tenant compte cependant des circonstances locales figurant aux cartes hydrographiques (voir photo 2), p.25 .

Une deuxième zone du modèle a été réalisée par la méthode des lignes de niveau. Le procédé d'exécution est le suivant : on trace les lignes de niveau au sol; chaque ligne de niveau est ensuite fixée en hauteur au moyen de bandes d'acier gainées de plastique. Ces bandes, maintenues provisoirement par des supports réglables sont calées à la cote exacte au moyen d'un niveau topographique.

L'espace entre les bandes est rempli par du gravier et une couche de mortier de ciment achève la surface ainsi réalisée (photo 3), p.26.

.../...

Afin de pouvoir mieux suivre sur le modèle les différences de topographie et pour des raisons techniques du modèle (photographie des courants de surface) on a peint le modèle en différentes couleurs :

bleu foncé : en dessous de -9m (30 pieds)
bleu clair : entre -9 et -7m
rouge : entre -7 et -5m
vert clair : entre -5 et 0m
crème : entre 0 et +2,50m
gris : banc de sable
vert foncé : au-dessus de +2,50m

Voir la photo en couleur (photo 4) donnant une vue générale du modèle achevé, p.27.

C) LES ECHELLES ET LA SIMILITUDE.

Les échelles géométriques du modèle sont :

- dimensions en plan : $n_\ell = 1/500$
- hauteurs : $n_h = 1/100$

Soit une distorsion de $\Delta = 5$

La loi de Froude qui conditionne la reproduction de l'écoulement en ce qui concerne les phénomènes de gravité fixe les échelles hydrauliques

- échelle des vitesses : $n_v = n_h^{1/2} = 1/10$
- échelle des temps : $n_t = \frac{n_\ell}{n_v} = 1/50$
- échelle des débits : $n_Q = n_v \cdot n_\ell \cdot n_h = 1/500.000$

La distorsion peut influencer l'écoulement sur modèle, notamment en ce qui concerne la distribution des vitesses, les courants secondaires et transversaux, les pertes de charge locales à cause

.//.

de la transformation des formes géométriques. D'autre part la rugosité doit, rester dans des limites acceptables et les conditions de turbulence doivent être respectées. Ces différents points seront examinés ci-après.

La similitude des pertes de charge exige que le coefficient de rugosité soit indépendant du nombre de Reynolds (condition de turbulence quadratique) : $Re = \frac{R \cdot V}{\gamma}$

où V = vitesse moyenne de l'écoulement dans une section (m/sec)

$R = \frac{\Omega}{x}$ = rayon hydraulique de la section (m)

avec Ω = section mouillée (m²)

et x = périmètre mouillé (m)

ν = viscosité cinétique de l'eau (10^{-6} m²/sec)

Les nombres de Reynolds ont été calculés pour des débits du fleuve à Banc d'Anvers de $Q = 41.123$ m³/s et $Q=33.000$ m³/s dans cinq sections figurant au plan de l'annexe 7.

Les nombres de Reynolds ainsi calculés sont des nombres moyens pour toute la section envisagée et donnent des résultats trop faibles de sorte qu'on reste du côté de sécurité.

Le tableau I de la page 19 résume ces calculs.

Etant donné que les sections peuvent, en première approximation, être assimilées à des sections infiniment larges, on a calculé les nombres de Reynolds pour $R = H$ (profondeur moyenne).

La formule de Thijssen définit le coefficient de rugosité C de la formule de Chézy $V = C \sqrt{HI}$ (où I = pente de la ligne d'eau en mouvement uniforme) pour un canal à surface libre par :

.../...

$$C = 18 \log \frac{12H}{\Delta H} \quad (m^{1/2} / sec)$$

où

ΔH = hauteur des aspérités du lit (m).

Le coefficient de Chézy est donc fonction de la rugosité relative $\frac{H}{\Delta H}$.

L'application de la formule de Thijssen peut nous donner des renseignements concernant le coefficient de rugosité à Mateba Amont. En effet des échogrammes relevés en 1968 le long de la passe navigable de Banc d'Anvers à Convensaingh nous donnent la hauteur des irrégularités du fond (dunes de sable) pour deux débits du fleuve.

Les annexes 8 à 13 donnent pour les différents seuils et creux le résultat de ces mesures.

Les calculs des coefficients de Chézy d'après ces données sont résumés au tableau II, p.20.

On doit remarquer que l'échogramme a été pris dans le thalweg (annexe 14). Malgré les profondeurs assez différentes on obtient des rugosités relatives et des coefficients de Chézy qui restent du même ordre de grandeur le long de la route de navigation.

Pour une valeur moyenne nature $C \approx 34$ on trouve pour la rugosité moyenne sur modèle :

$$C_{\text{modèle moyen}} = \frac{C_{\text{nature}}}{\sqrt{\Delta}} = \frac{C_{\text{nature}}}{\sqrt{5}} = \frac{34}{2,23} = 15,25$$

L'annexe 15 donne la valeur de C en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative. Pour $C_{\text{nature}} = 34$, correspond une rugosité relative de $\frac{H}{\Delta H} \approx 6 \text{ à } 7$, et l'écoulement

.//.

se situe évidemment dans la zone du régime quadratique. Pour le modèle (avec $C_{modèle} \approx 15,2$) bien que ce soit une extrapolation de l'application habituelle de la formule de Thijssse on voit sur l'annexe 15 que les conditions de turbulence quadratique sont déjà remplies pour :

$$C = 30 \text{ et } Re'_{modèle} = 4 \times Re_{modèle} = 7 \cdot 10^3.$$

Or $C_{modèle}$ est < 30 et le tableau I montre que $Re'_{modèle} = 4 \times Re_{modèle} \geq 17,9 \cdot 10^3$ (profil P_{EE}). Donc a fortiori les conditions de turbulence quadratique sont remplies sur modèle.

D) LES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES.

L'alimentation du modèle comporte un réservoir supérieur, une conduite d'alimentation qui débouche dans un canal de mesure et une fosse de répartition de débit à l'amont.

A l'aval des canaux d'évacuation conduisent l'eau vers un réservoir souterrain. Le réservoir supérieur est alimenté par le réservoir souterrain au moyen de pompes d'une capacité de 300 l/s.

Le réglage des niveaux se fait par des vannes déversantes rectangulaires en aval du modèle. Le réglage des débits se fait par des vannes-papillons installées dans les conduites d'alimentation.

Etant donné que la Passe Nisot n'a pas été représentée sur modèle un déversoir mobile et une alimentation complémentaire du débit en aval (Passe Papirus) ont été prévus (annexe 6).

Tous les dispositifs de réglage sont munis de moteurs à commande électrique de sorte que le réglage du modèle peut se faire à distance.

.../...

Le tableau central de commande se trouve au milieu du modèle.

La stabilité des débits d'alimentation et d'évacuation peut être contrôlée par l'enregistrement du niveau d'eau aux déversoirs .

E) LES APPAREILS DE MESURE.

Une série d'appareils de mesure forment la base du réglage hydraulique du modèle.

1) La mesure des niveaux.

Les niveaux d'eau sont mesurés au moyen de limnimètres à pointe munis d'un vernier au 1/10 mm, implantés à l'emplacement de chacune des échelles existantes sur le fleuve.

La précision de lecture des pointes est de quelques dixième de millimètres lorsque l'eau est en mouvement. Ceci correspond à quelques centimètres nature. A titre de contrôle les lectures sont effectuées par deux opérateurs.

Des appareils enregistreurs (TNO) spécialement conçus pour des mesures sur modèle permettent de suivre les variations du niveau d'eau, aussi bien que la mesure directe d'une différence de niveau entre deux points du modèle.

2) La mesure des débits.

Les débits introduits ou évacués du modèle sont mesurés au moyen de déversoirs rectangulaires à mince paroi, identiques à des prototypes qui ont été étallonnés avec précision. L'erreur de mesure sur les débits est de l'ordre de deux pour cent.

Des pompes munies de rotamètres permettent de régler et de mesurer un débit à évacuer localement.

./..

3) La mesure des vitesses.

a- Les vitesses et courants de surface sont mesurés au moyen de flotteurs dont les trajectoires sont photographiées. La méthode consiste à photographier les positions successives d'un même flotteur à des intervalles de temps déterminés, l'appareil photographique étant placé au-dessus du modèle. Les flotteurs sont des petits disques de 1,5cm de diamètre recouvert de produit réfléchissant (schotchlite).

Les sources de lumière sont placées près de l'appareil photographique; Monté sur les ponts roulants du hall le système peut couvrir toute la superficie du modèle.

La photo 5 donne un exemple d'une prise de vue de flotteurs.

b- Les vitesses en profondeur sont mesurées au moyen de micromoulinets dont la vitesse de rotation est étalonnée en fonction de la vitesse d'eau.

III. - LE REGLAGE DU MODELE.

Le réglage hydraulique du modèle consiste à contrôler et à ajuster en fonction du débit du fleuve :

- 1) les niveaux aux limnimètres.
- 2) les vitesses en grandeur et en direction.
- 3) les écoulements (lignes de courant).

Le réglage des niveaux aux limnimètres a été obtenu par addition de rugosité. Le lit du fleuve étant fort rugueux à cause de la présence des dunes de sable, (voir aussi p. 6 et les annexes 8 à 13); cette rugosité a été obtenue en modèle par l'adjonction de petits blocs en ciment de forme pyramidale (voir photo 6).

./..

La rugosité globale qu'offrent ces blocs au courant a été déterminée en fonction de leur répartition uniforme par mètre carré, par une étude en canal vitré.

L'annexe 16 résume les résultats de ces essais. Pour une hauteur d'eau de 15 cm le coefficient de Chézy C varie respectivement entre 22,2 et 19,6 pour une répartition uniforme des blocs de 10 et 14 blocs par mètre carré (base du pyramide opposée au courant).

Pour une rugosité de $C = 33$ à $35 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$ en nature on doit avoir sur modèle :

$$C_{\text{modèle}} = \frac{C_{\text{nature}}}{\sqrt{\Delta}} = \frac{33 \text{ à } 35}{\sqrt{5}} \approx 15,2$$

Par extrapolation on trouve à l'annexe 16 une répartition globale de 20 à 21 blocs par mètre carré.

En amont de Mateba Amont la rugosité est un peu plus faible (lit plus rocheux et plus profond).

On a obtenu une bonne concordance entre les données nature et les mesures sur modèle en mettant la rugosité suivante :

- en amont du barrage de Mateba-Amont : 12 blocs /m²
- en aval du barrage jusqu'à Convensaingh
 - dans la fosse : 20 blocs/m²
 - aux bancs entre 0 et -5m : 16 blocs /m².

La rugosité globale mise sur modèle dans la fosse concorde assez bien avec celle calculée ci-dessus.

La végétation, constituant un obstacle à l'écoulement en hautes eaux, a été schématisée par des bandes de fibres végétales de 5 cm de haut

.//..

sur 3 cm de large. Cette matière est perméable et oppose au courant une résistance analogue à celle de la végétation en nature.

La photo 6 montre la végétation artificielle du modèle.

A) EXECUTION DES ESSAIS.

On ne reproduit sur le modèle que des écoulements permanents. On néglige donc en première approximation l'effet de la marée. Les niveaux d'eau dont il est question dans le présent rapport sont des niveaux moyens (cote moyenne entre la cote de marée haute et de marée basse à l'endroit déterminé).

Les débits d'alimentation sont d'abord réglés et mesurés en amont (Banc d'Anvers) par un déversoir qui communique avec des fosses d'alimentation prévues pour obtenir une répartition de débit uniforme à l'entrée du modèle. Il en est de même pour les débits qui sont introduits à la Passe Papyrus.

Les débits qui passent par la Passe Nisot sont évacués du modèle parce que cette passe n'est pas représentée sur modèle. Le réglage de ces débits se fait à l'aide d'une vanne déversante et par trois pompes.

La mesure du débit se fait par un déversoir à mince paroi (pour le débit évacué par la vanne déversante) et par rotamètres qui sont implantés sur les pompes, dont les prises sont réparties comme il est indiqué à l'annexe 6.

L'écoulement est ensuite réglé à l'extrémité aval du modèle à l'aide de vannes déversantes, de façon à obtenir le niveau voulu sur modèle. Le réglage des niveaux se fait en général sur l'échelle de Fetish Rock en amont du modèle.

.../...

Après avoir constaté la stabilisation de l'écoulement, on exécute les mesures.

B) LIGNES D'EAU.

Pour le réglage des débits on admet que la courbe Van Nimmen, donnant la hauteur d'eau à Boma en fonction du débit du fleuve à Banc d'Anvers dressée en 1961 est toujours valable (annexe 17).

Pour deux débits du fleuve on a contrôlé sur le modèle la ligne d'eau moyenne mesurée en 1968 à savoir pour :

$Q = 33.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit d'étiage - 18 août 1968, 1,31m à Boma)

$Q = 41.123 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit moyen - 28 octobre 1968, 2,20m à Boma)

et ceci pour une rugosité globale de 20 blocs/m² en aval du barrage et 12 blocs/m² en amont de celui-ci.

Comme répartition de débit à Fétish Rock et à Papyrus on a admis les résultats des mesures aux flotteurs :

- de août 1968 (31.798 m³/s aux flotteurs à Banc d'Anvers) (voir annexe 18) pour $Q = 33.000 \text{ m}^3/\text{s}$.
- de octobre 1968 pour $Q = 41.123 \text{ m}^3/\text{s}$ (aux flotteurs à Banc d'Anvers) (voir annexe 19).

L'annexe 20 et le tableau III montrent les résultats des essais.

L'emplacement des échelles est indiqué à l'annexe 21. Le tableau IV donne pour les différents postes d'observation les coordonnées du nivellation employées pour la mise sur place des échelles.

Suite à la crue de décembre 1968 on a pu contrôler sur modèle les niveaux d'eau pour un débit de $Q=51.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit de crue 12 décembre 1968; 3,11m à Boma).

Comme répartition de débit à Fetish Rock et à Papyrus on a admis les résultats des mesures aux flotteurs de décembre 1968 (voir annexe 22 - 52887 m³/s aux flotteurs à Banc d'Anvers). La rugosité a du être adaptée dans ce sens qu'on a modifié la répartition uniforme de 20 blocs/m². On a obtenu une bonne concordance pour la répartition suivante (voir p. 10).

- 20 blocs/m² dans les passes en aval du barrage
- 16 blocs/m² au-dessus de -5m
- 12 blocs/m² dans la passe en amont du barrage.

L'annexe 23 et le tableau V montrent les résultats des essais c'est-à-dire les lignes d'eau pour cette rugosité et pour $Q = 33.000 \text{ m}^3/\text{s}$.
 $Q = 41.123 \text{ m}^3/\text{s}$.
 $Q = 51.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

On remarque que la concordance entre les données natures et les mesures sur modèle est très satisfaisante, l'écart n'étant que de l'ordre de quelques cm valeur nature et ceci malgré les imprécisions possibles dans l'estimation de la rugosité et de la répartition des débits.

Une analyse des mesures aux flotteurs en nature montre en effet que les répartitions des débits exprimées en pourcent en fonction de la cote correspondante à Boma (fonction du débit mesuré au moulinet) sont fort dispersées (voir annexe 24).

L'annexe 25 donne les débits aux flotteurs mesurés en 1966-67-68 et 69 en fonction du niveau d'eau à Boma, pour les profils à Maxwell, Banc d'Anvers, Mateba Amont, Pointe Palmiers, Passe Papyrus, Passe Portugaise et Passe Nord (voir annexe 21 pour l'emplacement des profils).

./..

L'augmentation de la dispersion des résultats de mesure de l'amont vers l'aval est due à l'influence de la marée.

On remarquera cependant que les répartitions des débits employées pour les mesures de réglage se situent tout près des lignes moyennes.

Sur l'annexe 25 sont indiqués également les pourcentages moyens des débits mesurés à l'aide de flotteurs des différentes passes, rapporté au débit à Banc d'Anvers, et ceci en fonction de la hauteur d'eau à Boma.

Tenant compte des considérations ci-dessus on a mesuré sur modèle les lignes d'eau pour :

h_{Boma}	= 0 m (extrapolation)
	= 0, 50 m (extrapolation)
	= 1, 00 m (interpolation)
	= 1, 50 m (interpolation)
	= 2, 00 m (interpolation)
	= 2, 50 m (interpolation)
	= 3, 00 m (interpolation)
	= 3, 50 m (extrapolation)

L'annexe 26 a, b, c, donne la hauteur d'eau à Boma en fonction des niveaux aux postes limnigraphiques (Fetish Rock, Mateba Barrage, Mateba Village, Convensaingh) et limnimétriques (Quator, Borr. Pointe, Banc Amont, A', Banc Aval, Banc 66, Podia, Tortues, Camoëns) aussi bien pour les mesures naturelles que les mesures modèle.

On remarque que pour les mesures interpolées les points de situation au modèle concordent bien avec ceux de la nature.

Le tableau VI donne le résumé des observations sur modèle.

C) VITESSES ET ECOULEMENTS.

Pour le contrôle des vitesses aux flotteurs on dispose des mesures naturelles suivantes :

.../...

1. Région de Fetish-Rock (de Banc d'Anvers jusqu'à Tortues)

Vitesses aux flotteurs pour $h_{\text{Mateba Village}} = 1,50 \text{ m}$
(plan 245.94) donc $Q_{\text{Banc d'Anvers}} = 37.400 \text{ m}^3/\text{s}$ (voir
annexe 27 : relation hauteur Mateba Village en fonction
du débit à Banc d'Anvers).

2. Zone des îles des Flamants et Tortues.

Vitesses aux flotteurs pour $h_{\text{Mateba Village}} = 1,80 \text{ m}$
(plan 245.91) donc $Q_{\text{Banc d'Anvers}} = 41.800 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. Île des Flamants - Convensaingh.

Vitesses aux flotteurs pour $h_{\text{Mateba Village}} = 1,70 \text{ m}$
(plan 242221) donc $Q_{\text{Banc d'Anvers}} = 40.300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sur le modèle on a d'abord photographié les vitesses aux flotteurs
(voir chronophoto 5) pour un débit $Q_{\text{Banc d'Anvers}} = 41.123 \text{ m}^3/\text{s}$
(débit du même ordre de grandeur que les débits mentionnés sous
1, 2 et 3).

Le résultat des essais figure sur l'annexe 28 (1ère mesure)
et l'annexe 29 (2ème mesure).

On remarquera que la concordance entre les directions des
vitesses et les courants en nature et sur modèle est très satisfaisante

Malgré une influence possible en nature de la marée (influence
croissante vers l'aval) et la différence entre les conditions de
réglage (un seul débit sur modèle, trois débits légèrement différents
en nature) on constate que les écarts sont faibles.

Une légère tendance vers des vitesses trop fortes dans les
passes et trop faibles aux bancs existe néanmoins comme le
montrent les annexes 30 et 31 qui donnent la répartition des
vitesses à la surface pour quelques profils en travers.

./..

Les divergences pourront être corrigées à l'aide de mesures à faire sur le fleuve.

Afin de distinguer une influence éventuelle des conditions de réglage (voir plus haut) on a répété les mesures des vitesses aux flotteurs pour :

$$Q_{\text{Banc d'Anvers}} = 37.400 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Banc d'Anvers}} = 40.300 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Banc d'Anvers}} = 41.800 \text{ m}^3/\text{s}$$

et ceci dans les zones correspondantes aux zones nature (p.15).

Le résultat des mesures figure sur l'annexe 32.

Ces résultats de mesure sont repris sur les annexes 33 à 40 où sont indiqués aussi les profils en travers correspondants.

Les lignes d'eau qui correspondent à ces débits ont été obtenues par interpolation de mesures nature.

De ce qui précède on peut retenir qu'aussi bien pour les lignes d'eau que pour les vitesses et écoulements la concordance entre les données nature et les mesures sur modèle est très satisfaisante.

On peut donc considérer le modèle comme réglé.

*

* * *

Dès à présent les problèmes de dragages posés par le fleuve Congo à Mateba Amont peuvent être abordés.

.//..

Cette étude peut se dérouler en deux étapes :

1) étude concernant le déversement des produits de dragages venant du seuil central . Il s'agit de suivre sur le modèle à fond fixe le mouvement et la formation des dépôts de matériaux solides transportés par le fleuve à différents endroits. Cette étude peut donner des renseignements utiles au point de vue des emplacements, favorables ou défavorables en ce qui concerne le déversement des produits de dragages.

2) étude générale de l'évolution des passes et bancs dans la région du seuil central par la réalisation sur modèle d'un fond mobile en un matériau se comportant comme le sable dans le fleuve.

IV.CONCLUSION.

Le réglage du modèle de Mateba Amont a permis de réaliser une bonne concordance entre les données nature et les mesures sur modèle en ce qui concerne :

- 1) les lignes d'eau (niveaux moyens) pour les débits au Banc d'Anvers de $Q = 33.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (18.8.68)
 $Q = 41.123 \text{ m}^3/\text{s}$ (28.10.68)
 $Q = 51.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (12.12.68)

(voir annexe 23)

Le tableau VI donne les lignes d'eau (modèle) pour

- | | |
|-------------------|----------|
| h_{Boma} | = 0,00m |
| | = 0,50 m |
| | = 1,00 m |
| | = 1,50 m |
| | = 2,00 m |
| | = 2,50 m |
| | = 3,00 m |
| | = 3,50 m |

.../...

2) les vitesses aussi bien en direction qu'en grandeur pour les débits mentionnés ci-dessus (voir les annexes 28 à 40).

Le modèle étant considéré comme réglé les problèmes de dragages ont été abordés. On examinera en premier lieu sur le modèle à fond fixe le déversement des produits de dragages du seuil central. Dans un stade ultérieur une étude plus générale des évolutions des passes et bancs de la région du seuil central sur un modèle à fond mobile pourra être faite.

Borgerhout, mars 1969.

L'Ingénieur Principal des
Ponts et Chaussées,
chargé de l'étude,

L'Ingénieur en chef-Directeur
des Ponts et Chaussées,
Directeur du Laboratoire de Recherches
Hydrauliques,

I.COEN.

A.STERLING.

TABLEAU I : Nombres de Reynolds

PROFIL Voir annexe 7	Débit Banc d'Anvers (m ³ /s)	Débit au profil (m ³ /s)	Section mouillée (m ²)	Largeur L (m)	Profondeur moyenne (H = $\frac{\Omega}{L}$) (m)	Vitesse moyenne (m/sec)	Re nature	Re modèle
1	41123	20349	19100	2745	6,95	1,065	$7,40 \cdot 10^6$	$7,40 \cdot 10^3$
	33000	16434	17041	2745	6,20	0,96	$5,95 \cdot 10^6$	$5,95 \cdot 10^3$
2	41123	20111	14250	1990	7,16	1,41	$10,09 \cdot 10^6$	$10,09 \cdot 10^3$
	33000	16289	13025	1420	9,17	1,25	$11,46 \cdot 10^6$	$11,46 \cdot 10^3$
3	41123	20111	21250	2610	8,14	0,94	$7,65 \cdot 10^6$	$7,65 \cdot 10^3$
	33000	16289	19422	2610	7,44	0,84	$6,23 \cdot 10^6$	$6,23 \cdot 10^3$
4	41123	3403	3125	370	8,44	1,09	$9,19 \cdot 10^6$	$9,19 \cdot 10^3$
	33000	2414	2757	370	7,45	0,88	$6,55 \cdot 10^6$	$6,55 \cdot 10^3$
5	41123	27166	29550	5080	5,81	0,92	$5,34 \cdot 10^6$	$5,34 \cdot 10^3$
	33000	22286	26550	5080	5,22	0,86	$4,48 \cdot 10^6$	$4,48 \cdot 10^3$

TABLEAU II. Coefficient de Chézy calculé d'après la formule de Thijssse

$$C = 18 \log \frac{12H}{\Delta H}$$

Echogrammes du 17.10.68 et 13.11.68	N° (annexes 8 à 14)	Date	Profondeur H (m)	Hauteur moyenne des dunes ΔH (m)	Rugosité relative $\frac{H}{\Delta H}$	Coefficient de Chézy C ($m^{1/2}/sec$)
Banc d'Anvers	9- 10	17.10	24,22 24,82 22,57	3,75 2,25 2,85	6,46 11,01 7,91	34,0 38,2 35,6
		13.11	23,55	2,10	11,40	41,2
		17.10	18,00	3,00	6,00	33,4
		13.11	18,30	3,00	6,10	33,5
Seuil Amont (pallier)	7	17.10	10,87	1,95	5,57	32,8
		13.11	11,40	2,40	4,75	31,6
Seuil Amont (creux)	6	17.10	16,72	2,55	6,55	34,1
		13.11	17,10	2,40	7,12	34,7
Seuil central	5	17.10	10,95	1,50	7,30	35,0
		13.11	11,10	1,20	9,25	36,7
Seuil central -seuil aval	4	17.10	17,17	2,25	7,63	35,3
		13.11	18,00	2,40	7,50	35,2
Seuil aval (pallier)	3	17.10	10,80	2,10	5,14	32,3
		13.11	11,47	1,95	5,88	33,3
Creux seuil aval- Convensaingh	2	17.10	17,10	2,55	6,70	34,3
		13.11	15,30	2,40	6,37	33,9
Seuil Convensaingh(pallier)	1	17.10	10,50	2,10	5,00	32,0
		13.11	11,32	1,95	5,81	33,2

Remarque: le seuil central est en évolution (dragages)

TABLEAU III - Niveau d'eau (cotes ABS)
Pour le tracé des lignes d'eau
voir annexe 20

Poste d'observation (voir annexe 21)	Q = 33.000 m ³ /s			Q = 41.123 m ³ /s		
	h _{nat.} (18.8.68) (cotes abs)	h _{mod} (cotes abs)	différence (cm nat.)	Q _{nat.} = 41.400 m ³ /s h _{nat.} (28.10.68) (cotes abs)	Q _{mod.} = 41.123 m ³ /s h _{mod.} (cotes abs)	différence (cm nat.)
Boma	3,22	-	-	4,11	-	-
Fetish Rock	2,50	2,51	+1	3,25	3,26	+1
<u>Quatuor</u>	-	2,48	-	3,28	3,22	-6
Mateba Barrage	2,34	2,34	0	3,09	3,06	-3
<u>Borrassus Pointe</u>	-	2,30	-	3,03	3,01	-
Banc Amont	-	2,26	-	-	2,99	-
<u>A'</u>	-	2,19	-	2,91	2,90	-1
Banc Aval	-	2,13	-	-	2,85	-
Banc 66	-	2,00	-	-	2,71	-
<u>Podia</u>	-	1,97	-	2,62	2,65	+3
<u>Tortues</u>	-	1,90	-	2,59	2,57	-2
Mateba Village	1,50	1,52	+2	2,09	2,12	+3
Camoens	-	1,56	-	-	2,11	-
Convensaingh	1,19	1,17	-2	1,69	1,71	+2

Remarques : 1) Rugosité sur modèle 20 blocs/m² en aval du barrage
12 blocs/m² en amont du barrage

2) Les cotes nature pour les postes d'observation soulignés ont été calculées en tenant compte de la propagation de la marée.

TABLEAU IV - Nivellement des postes d'observation mis sur modèle.

Poste d'observation (annexe 21)	X _{nature}	Y _{nature}	Z _{nature} (12.1.69) (cotes IGC)
Boma	395,050	352,245	(10.12.68) 1,905
Fetish Rock	385,260	345,800	1,215
Quatuor	384,520	347,450	1,265
Mateba Barrage	380,640	347,300	1,110
Borrassus Pointe	379,900	347,120	2,360
Banc Amont	379,660	345,910	2,370
A'	378,400	347,150	2,280
Banc Aval	378,470	345,760	2,235
Banc 66	378,260	344,370	2,02
Podia	376,880	342,550	1,985
Tortues	374,260	343,612	0,750
Mateba Village	370,620	342,800	0,310
Camoëns	372,850	338,860	0,400
Convensaingh	366,290	340,100	0,080

TABLEAU V - Niveaux d'eau (cotes ABS) pour $Q = 33.000, 41.123$ et $51.000 \text{ m}^3/\text{s}$

Pour le tracé des lignes d'eau voir annexe 25

Poste d'observation - (voir annexe 21)	$Q = 33.000 \text{ m}^3/\text{s}$			$Q = 41.123 \text{ m}^3/\text{s}$			$Q = 51.000 \text{ m}^3/\text{s}$		
	$h_{\text{nature}}(18.8.68)$ (cotes ABS)	$h_{\text{modèle}}$ (cotes ABS)	différence (cm nature)	$Q_{\text{nat}} = 41.400 \text{ m}^3/\text{s}$ $h_{\text{nat}}(28.10.68)$ (cotes ABS)	$Q_{\text{mod}} = 41.123 \text{ m}^3/\text{s}$ h_{mod} (cotes ABS)	différence (cm nature)	$h_{\text{nature}}(12.12.68)$ (cotes ABS)	$h_{\text{modèle}}$ (cotes ABS)	différence (cm nature)
Boma	3,22	-	-	4,11	-	-	5,02	-	-
Fetish Rock	2,50	2,51	+1	3,25	3,26	+1	3,94	3,96	+2
<u>Quatuor</u>	-	2,47	-	3,28	3,20	-8	4,00	3,91	-9
Mateba barrage	2,34	2,34	0	3,09	3,06	-3	3,76	3,73	-3
<u>Borrassus Pointe</u>	-	2,28	-	3,03	3,00	-3	3,71	3,65	-6
Banc Amont	-	2,31	-	-	3,02	-	-	3,64	-
<u>A'</u>	-	2,22	-	2,91	2,89	-2	3,53	3,55	+2
Banc Aval	-	2,13	-	-	2,84	-	-	3,42	-
Banc 66	-	2,06	-	-	2,75	-	-	3,40	-
<u>Podia</u>	-	2,01	-	2,62	2,69	+7	3,24	3,28	+4
<u>Tortues</u>	-	1,93	-	2,59	2,59	0	3,22	3,18	-4
Mateba Village	1,50	1,53	+3	2,09	2,12	+3	2,63	2,65	+2
Camoëns	-	1,56	-	-	2,06	-	-	2,68	-
Convensaingh	1,19	1,15	-4	1,69	1,70	+1	2,12	2,15	+3

Remarques : 1) rugosité sur modèle : 20 blocs/m² (en aval du barrage)
12 blocs/m² (en amont du barrage)
16 blocs/m² (au-dessus de 5 m)

2) les cotes nature pour les postes d'observation soulignés ont été calculées en tenant compte de la propagation de la marée.

TABLEAU VI - Niveaux d'eau (cotes ABS) pour $h_{Boma} = 1,90 ; 2,40 ; 2,90 ; 3,40 ; 3,90 ; 4,40 ; 4,90 ; 5,40$ m

Poste d'observation (voir annexe 21)	Niveaux (m - cotes ABS)							
	Extrapolation			Interpolation			Extrapolation	
	$Q=21.700m^3/s$	$Q=25.900m^3/s$	$Q=30.200m^3/s$	$Q=34.800m^3/s$	$Q=39.500m^3/s$	$Q=44.350m^3/s$	$Q=49.650m^3/s$	$Q=57.000m^3/s$
Boma	1,90	2,40	2,90	3,40	3,90	4,40	4,90	5,40
Fetish Rock	1,46	1,86	2,28	2,64	3,06	3,46	3,87	4,52
Quatuor	1,42	1,79	2,24	2,59	3,01	3,41	3,85	4,51
Mateba Barrage	1,30	1,70	2,09	2,46	2,84	3,23	3,63	4,26
Borrassus Pointe	1,32	1,67	2,07	2,41	2,80	3,21	3,58	4,25
Banc Amont	1,28	1,67	2,05	2,37	2,79	3,16	3,51	4,15
A'	1,15	1,58	1,97	2,32	2,66	3,07	3,44	4,11
Banc Aval	1,19	1,54	1,91	2,20	2,64	3,00	3,37	3,99
Banc 66	1,11	1,46	1,83	2,14	2,51	2,92	3,26	3,85
Podia	1,11	1,45	1,80	2,10	2,47	2,86	3,21	3,79
Tortues	1,10	1,40	1,73	2,01	2,38	2,76	3,07	3,71
Mateba Village	0,86	1,11	1,32	1,55	1,86	2,19	2,47	3,04
Camoëns	0,86	1,17	1,39	1,69	1,98	2,30	2,60	3,16
Convensaingh	0,74	0,96	1,12	1,34	1,62	1,82	2,09	2,36



Photo 1 : Emplacement des profils en travers.

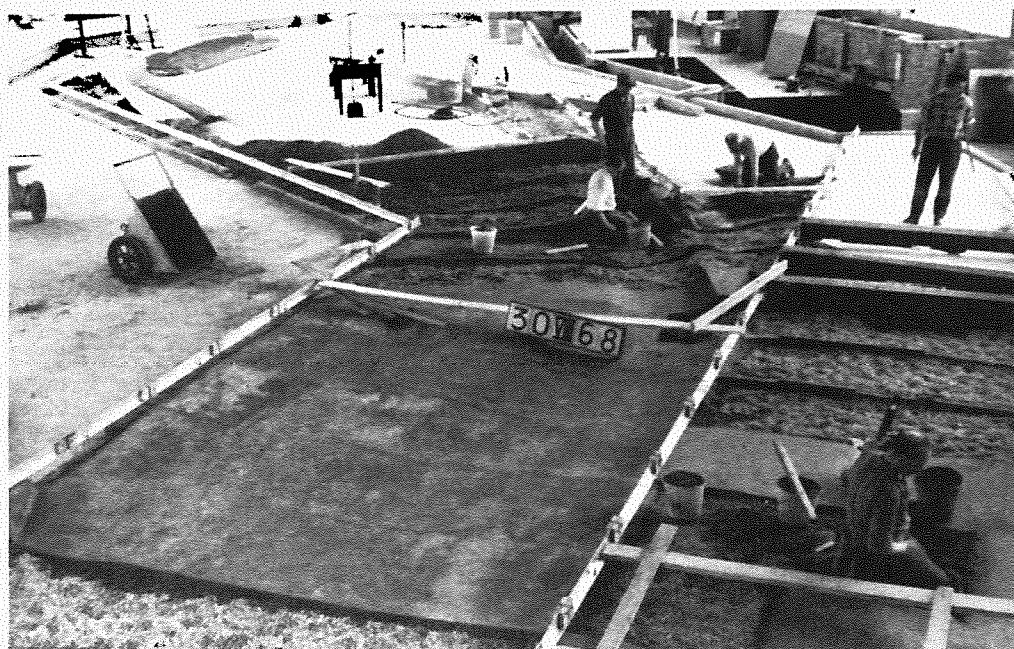


Photo 2 : Achèvement du lit entre les profils.

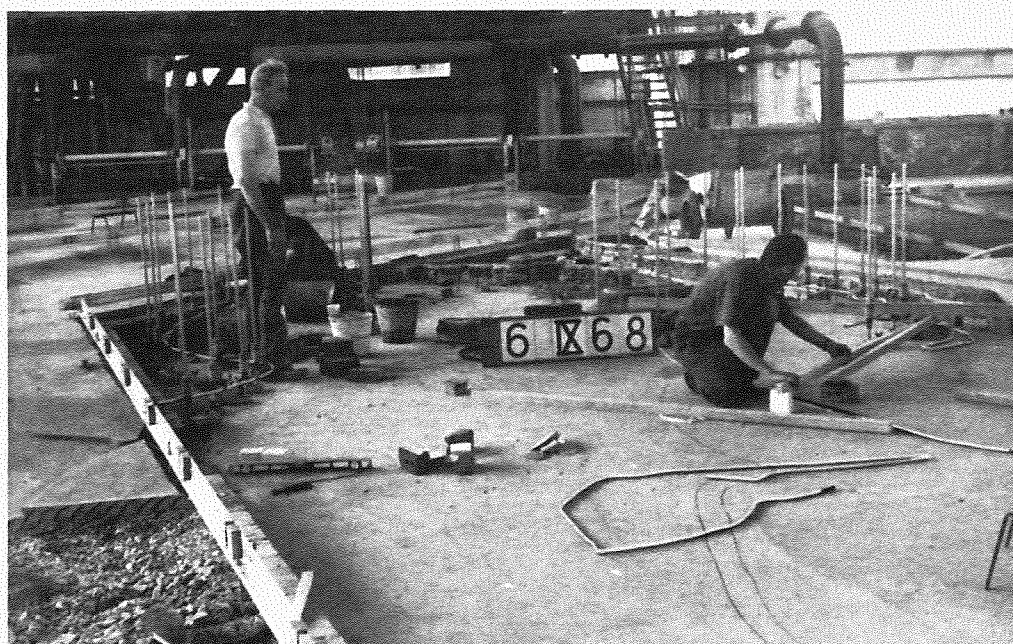


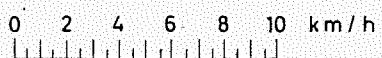
Photo 3 : Méthode des lignes de niveau.

Photo 4 : Vue générale du modèle



ECHELLES :

VITESSE



VUE EN PLAN

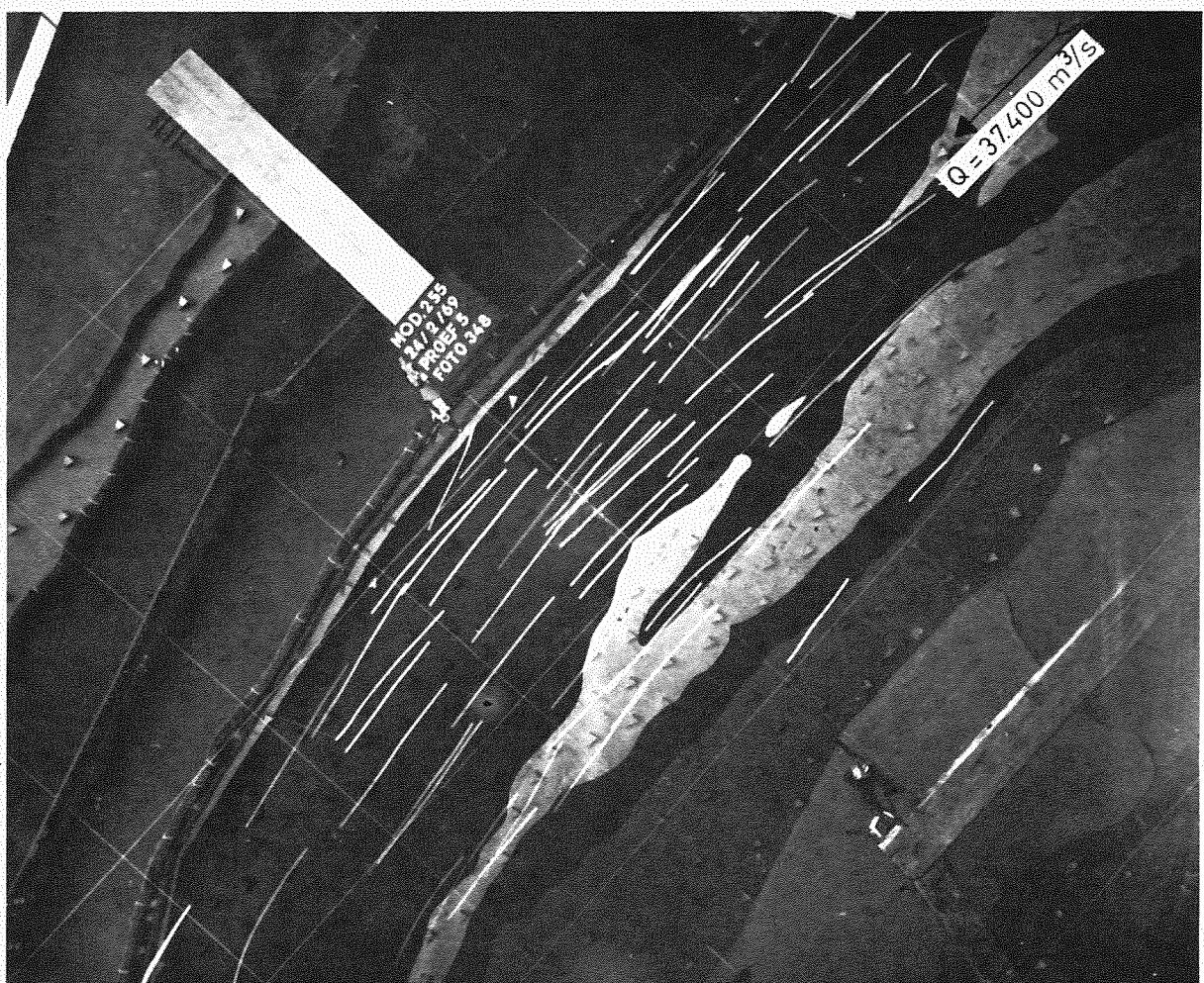
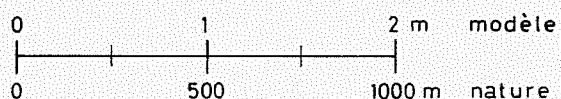


Photo 5 : Mesure des vitesses de surface sur modèle
par chronophotographie

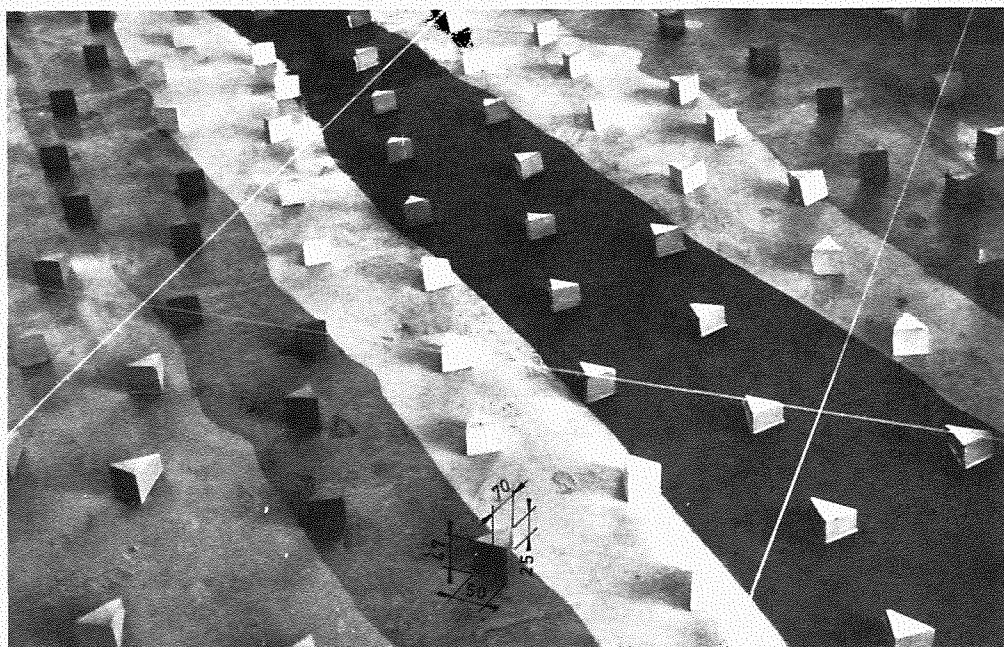
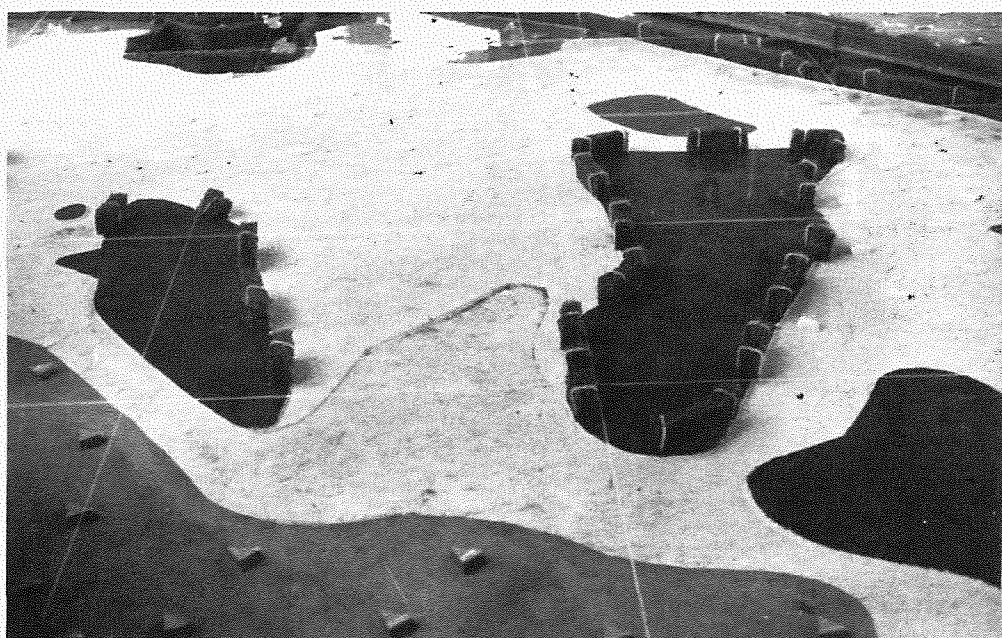
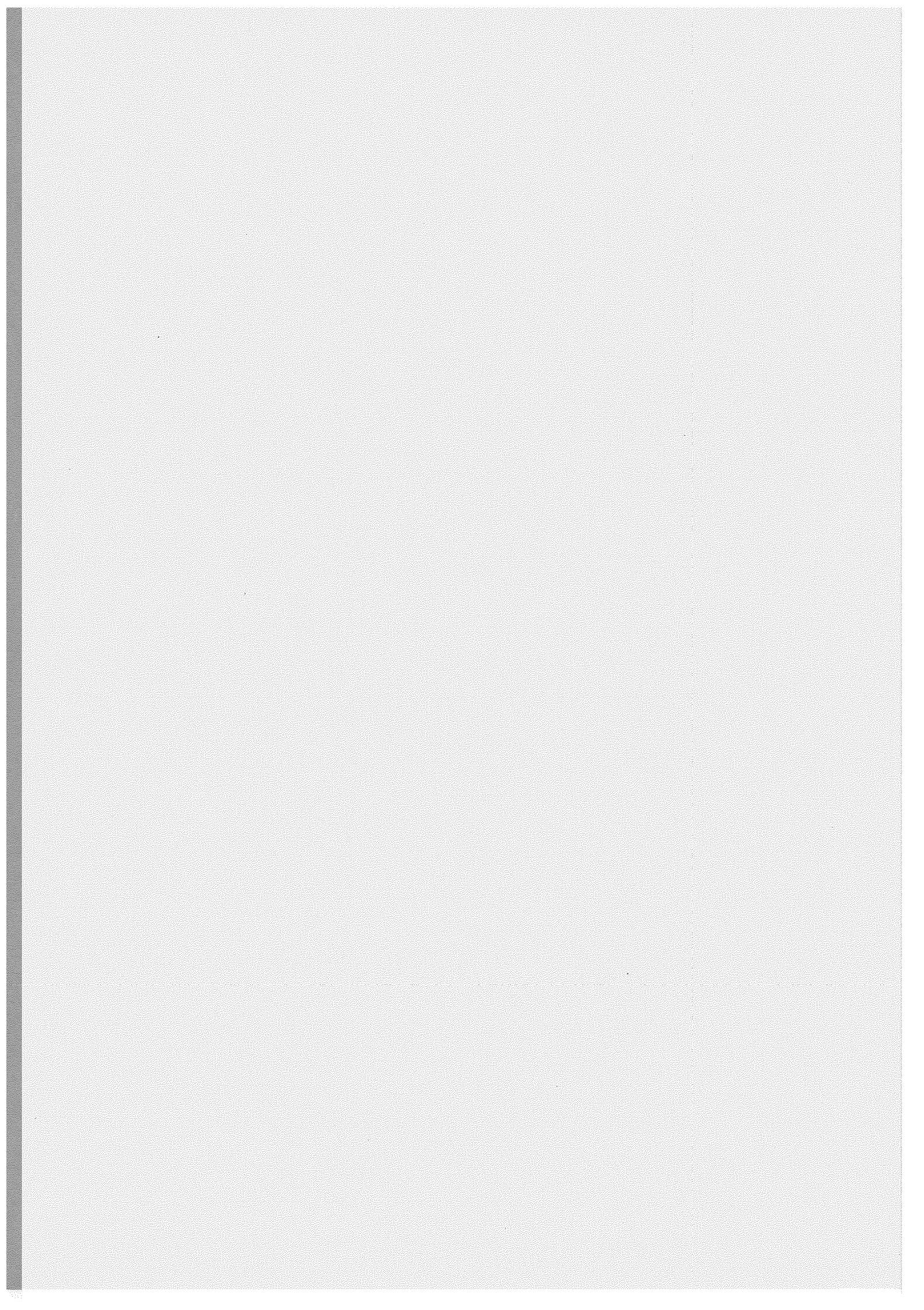


Photo 6 : Réglage réalisé par des blocs en ciment et des bandes perméables.





FLEUVE CONGO EVOLUTION

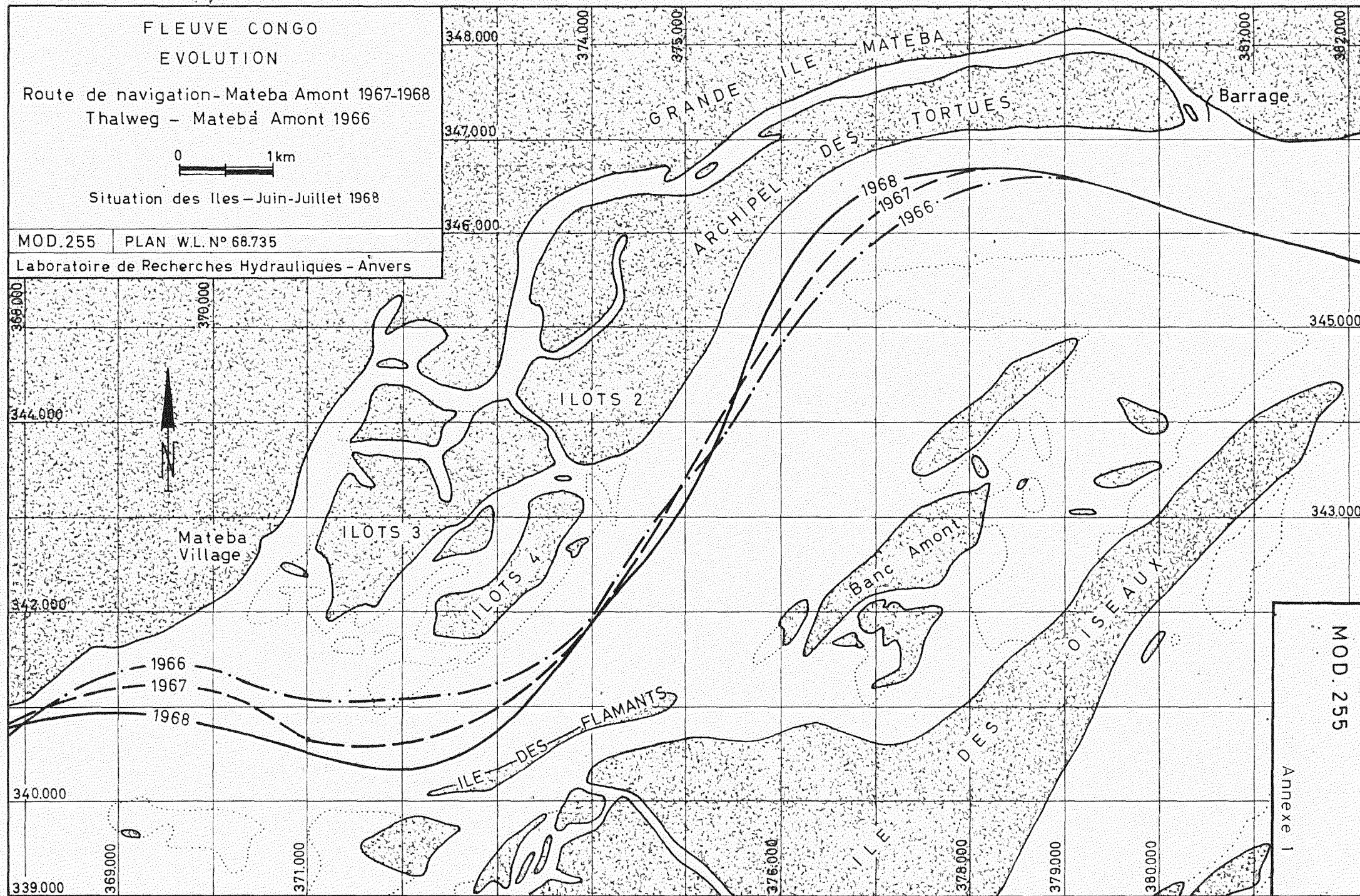
Route de navigation - Mateba Amont 1967-1968
Thalweg - Matebá Amont 1966

0 1 km

Situation des îles - Juin-Juillet 1968

MOD. 255 PLAN W.L. N° 68.735

Laboratoire de Recherches Hydrauliques - Anvers



FLEUVE CONGO

EVOLUTIONS

Route de navigation — Pool de Camoëns
Thalweg région — Mateba Amont

0 1 km

Situation des îles 1967

Mod 255 PLAN N° WL 67241-1
Laboratoire de Recherches Hydrauliques — Anvers

342 000

GRANDE
ILE

Convensainghy

340 000

338 000

336 000

335 000

370

366 000

371 000

375 000

377 000

378 000

379 000

380 000

381 000

382 000

383 000

384 000

385 000

386 000

387 000

388 000

389 000

390 000

391 000

392 000

393 000

394 000

395 000

396 000

397 000

398 000

399 000

400 000

401 000

402 000

403 000

404 000

405 000

406 000

407 000

408 000

409 000

410 000

411 000

412 000

413 000

414 000

415 000

416 000

417 000

418 000

419 000

420 000

421 000

422 000

423 000

424 000

425 000

426 000

427 000

428 000

429 000

430 000

431 000

432 000

433 000

434 000

435 000

436 000

437 000

438 000

439 000

440 000

441 000

442 000

443 000

444 000

445 000

446 000

447 000

448 000

449 000

450 000

451 000

452 000

453 000

454 000

455 000

456 000

457 000

458 000

459 000

460 000

461 000

462 000

463 000

464 000

465 000

466 000

467 000

468 000

469 000

470 000

471 000

472 000

473 000

474 000

475 000

476 000

477 000

478 000

479 000

480 000

481 000

482 000

483 000

484 000

485 000

486 000

487 000

488 000

489 000

490 000

491 000

492 000

493 000

494 000

495 000

496 000

497 000

498 000

499 000

500 000

501 000

502 000

503 000

504 000

505 000

506 000

507 000

508 000

509 000

510 000

511 000

512 000

513 000

514 000

515 000

516 000

517 000

518 000

519 000

520 000

521 000

522 000

523 000

524 000

525 000

526 000

527 000

528 000

529 000

530 000

531 000

532 000

533 000

534 000

535 000

536 000

537 000

538 000

539 000

540 000

541 000

542 000

543 000

544 000

545 000

546 000

547 000

548 000

549 000

550 000

551 000

552 000

553 000

554 000

555 000

556 000

557 000

558 000

559 000

560 000

561 000

562 000

563 000

564 000

565 000

566 000

567 000

568 000

569 000

570 000

571 000

572 000

573 000

574 000

575 000

576 000

577 000

578 000

579 000

580 000

581 000

582 000

583 000

584 000

585 000

586 000

587 000

588 000

589 000

590 000

591 000

592 000

593 000

594 000

595 000

596 000

597 000

598 000

599 000

600 000

601 000

602 000

603 000

604 000

605 000

606 000

607 000

608 000

609 000

610 000

611 000

612 000

613 000

614 000

615 000

616 000

617 000

618 000

619 000

620 000

621 000

622 000

623 000

624 000

625 000

626 000

627 000

628 000

629 000

630 000

631 000

632 000

633 000

634 000

635 000

636 000

637 000

638 000

639 000

640 000

641 000

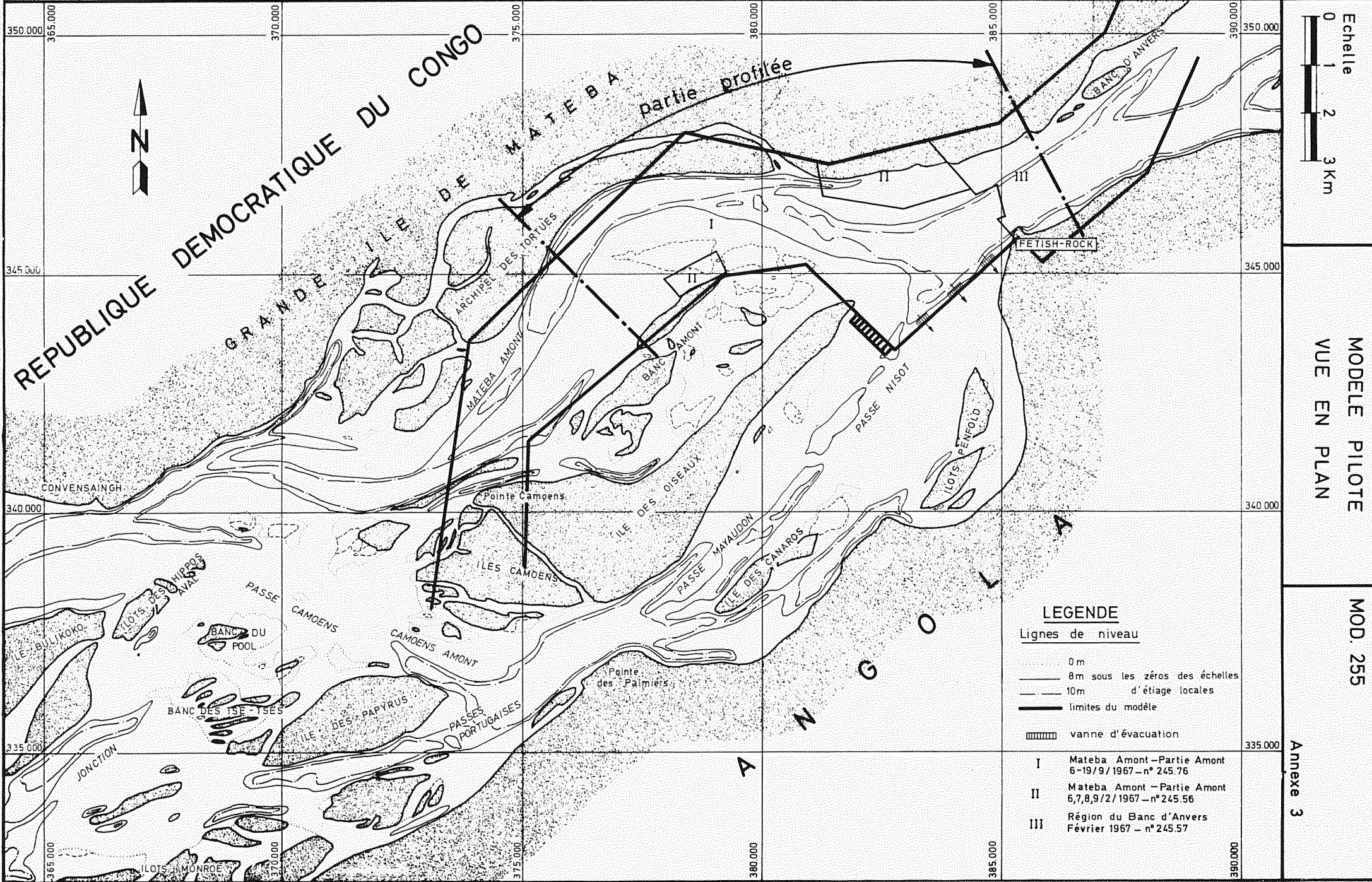
642 000

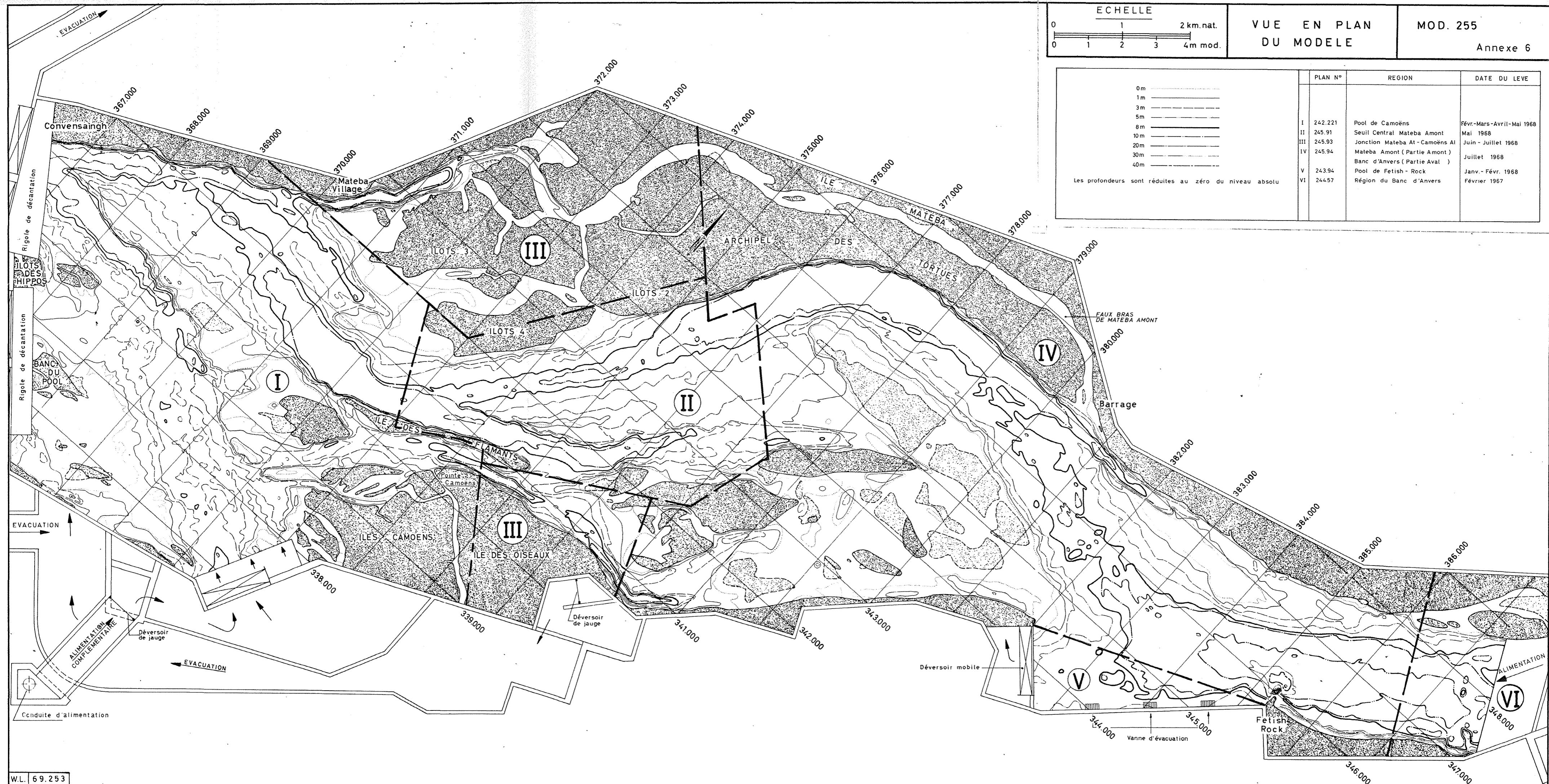
643 000

644 000

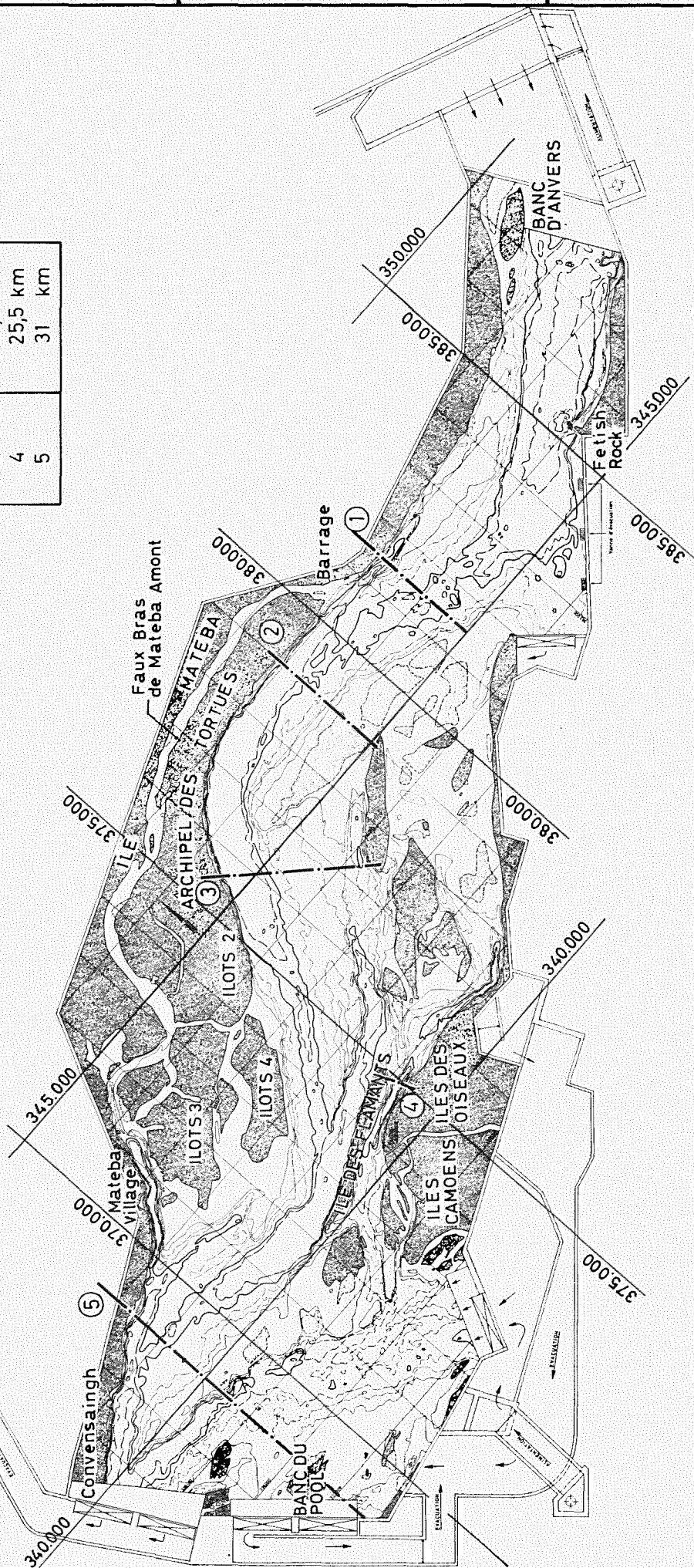
645 00

W.L. 68.501





Profil	Distance à partir de Boma
1	15,3 km
2	17,8 km
3	21,5 km
4	25,5 km
5	31 km



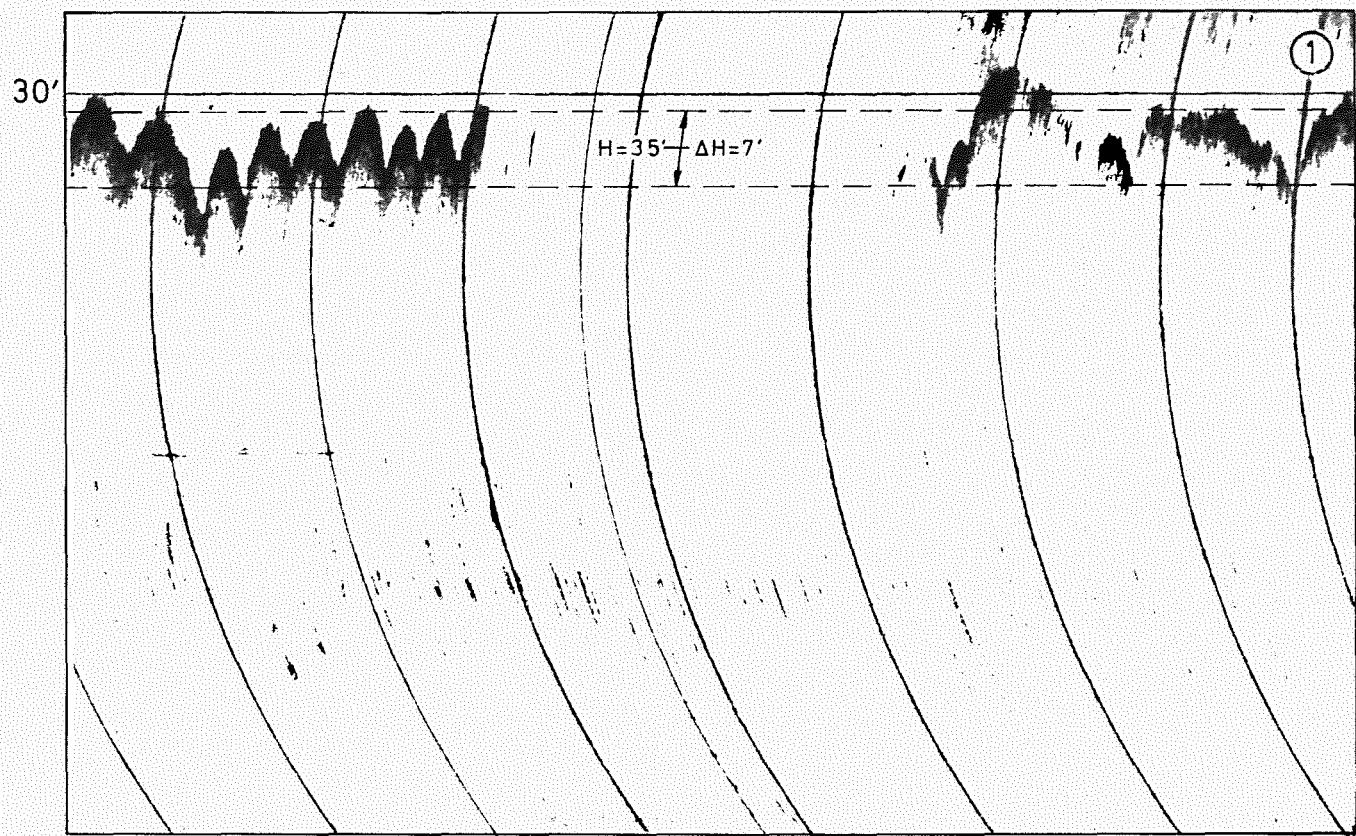
17 - 10 - 1968

S.V.N.-Boma

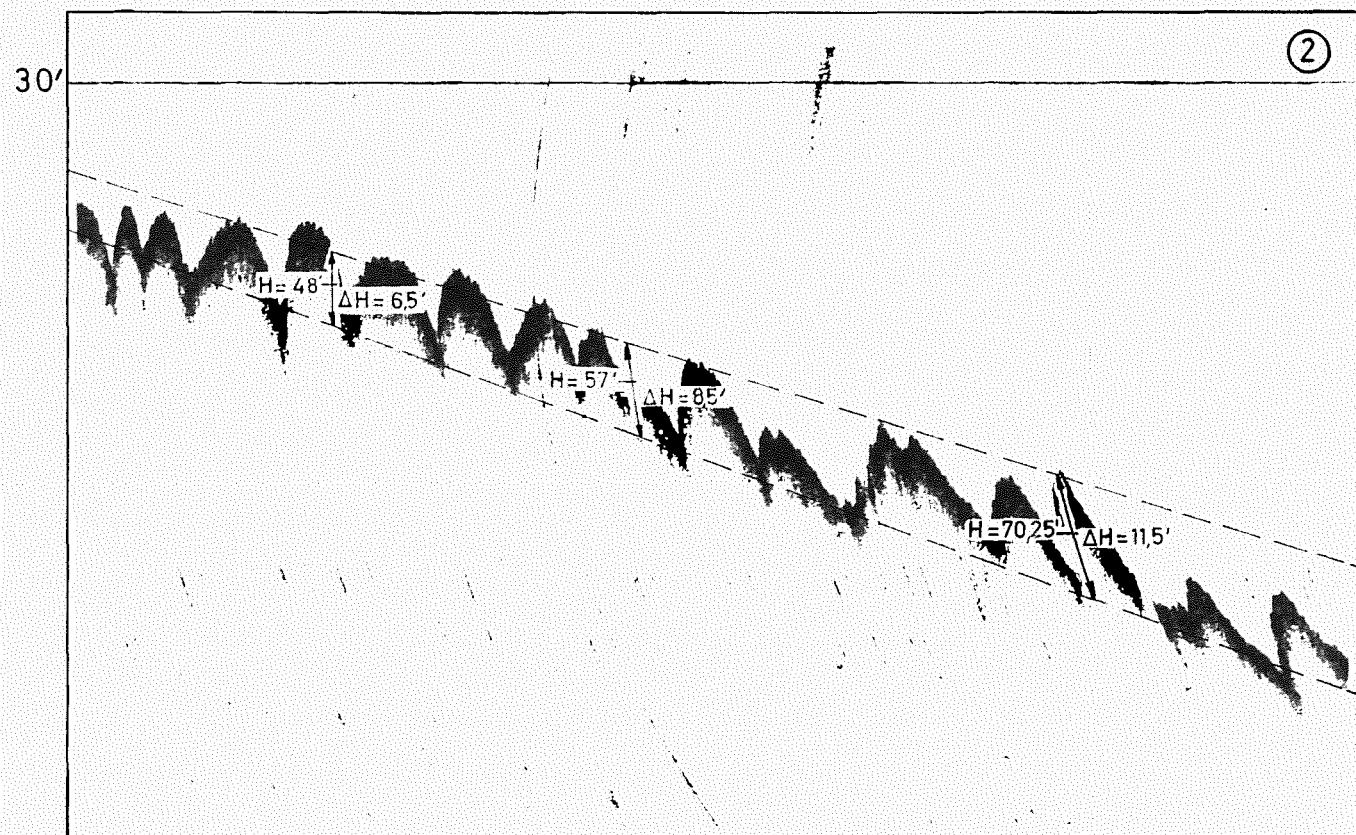
Echogramme de la
passe navigable

MOD. 255

Annexe 8



SEUIL CONVENSINGH



CREUX SEUIL CONVENSINGH - SEUIL AVAL

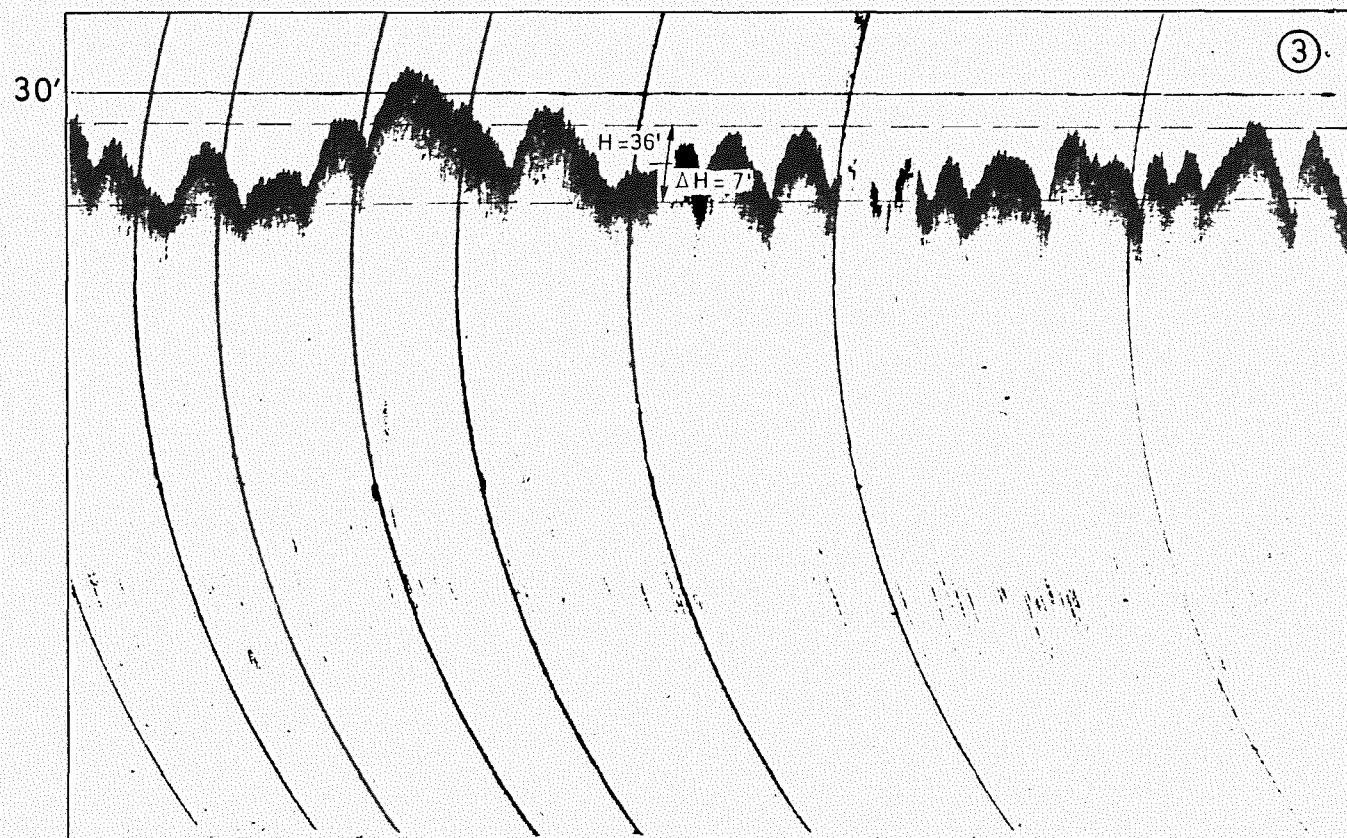
17 - 10 - 1968

S.V.N. - Boma

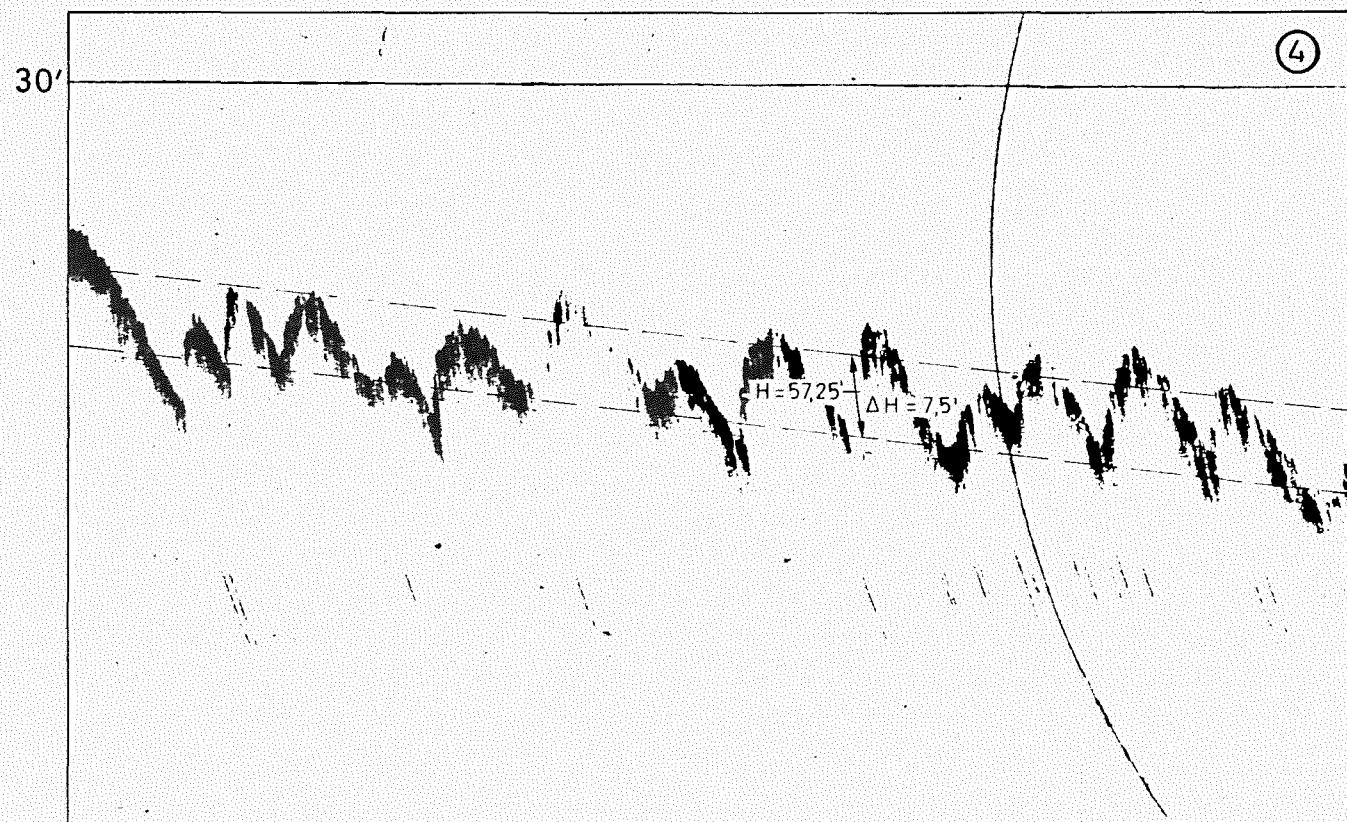
Echogramme de la
passe navigable

MOD. 255

Annexe 9



SEUIL AVAL



CREUX SEUIL AVAL - SEUIL CENTRAL

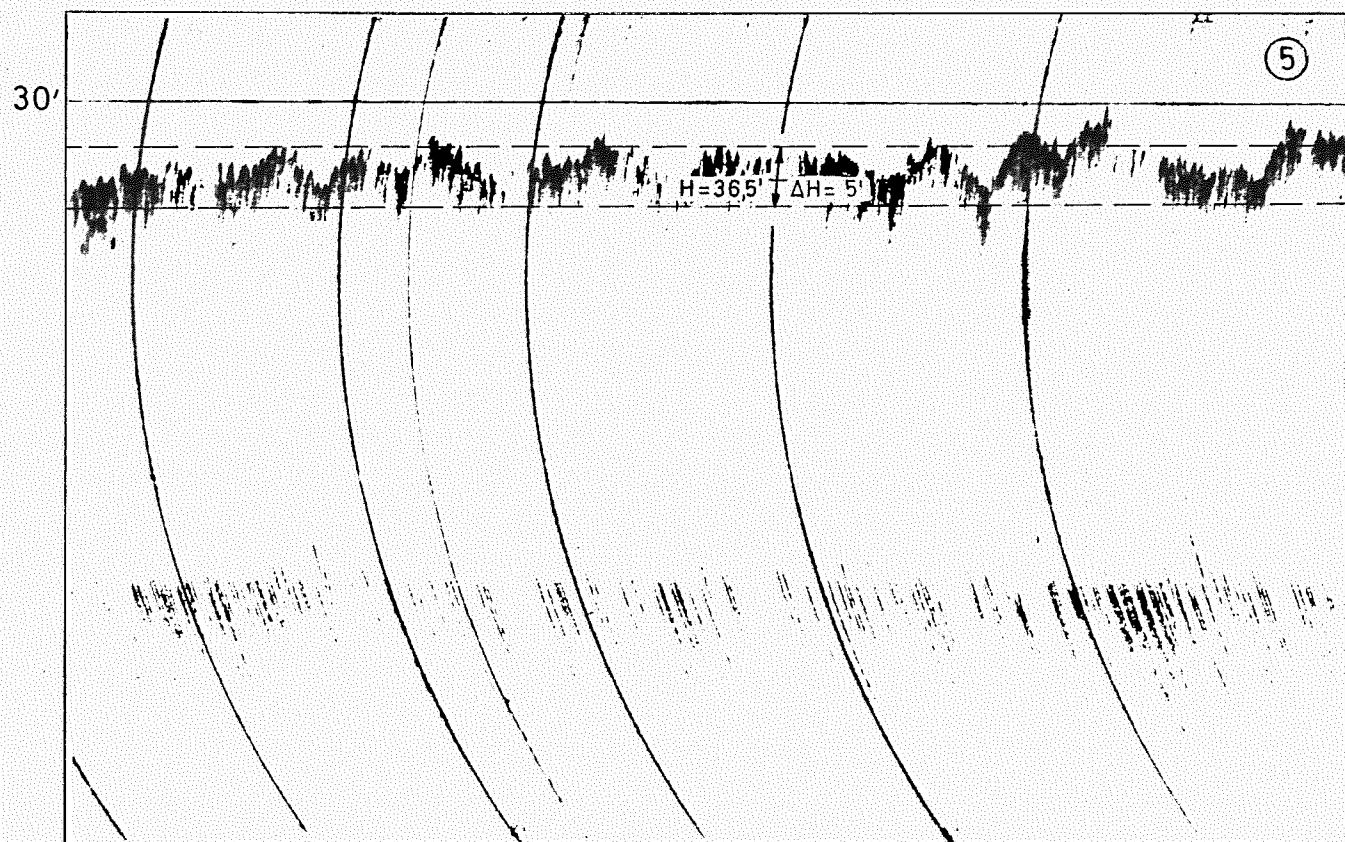
17 — 10 — 1968

S.V.N.-Boma

Echogramme de la
passe navigable

MOD. 255

Annexe 10



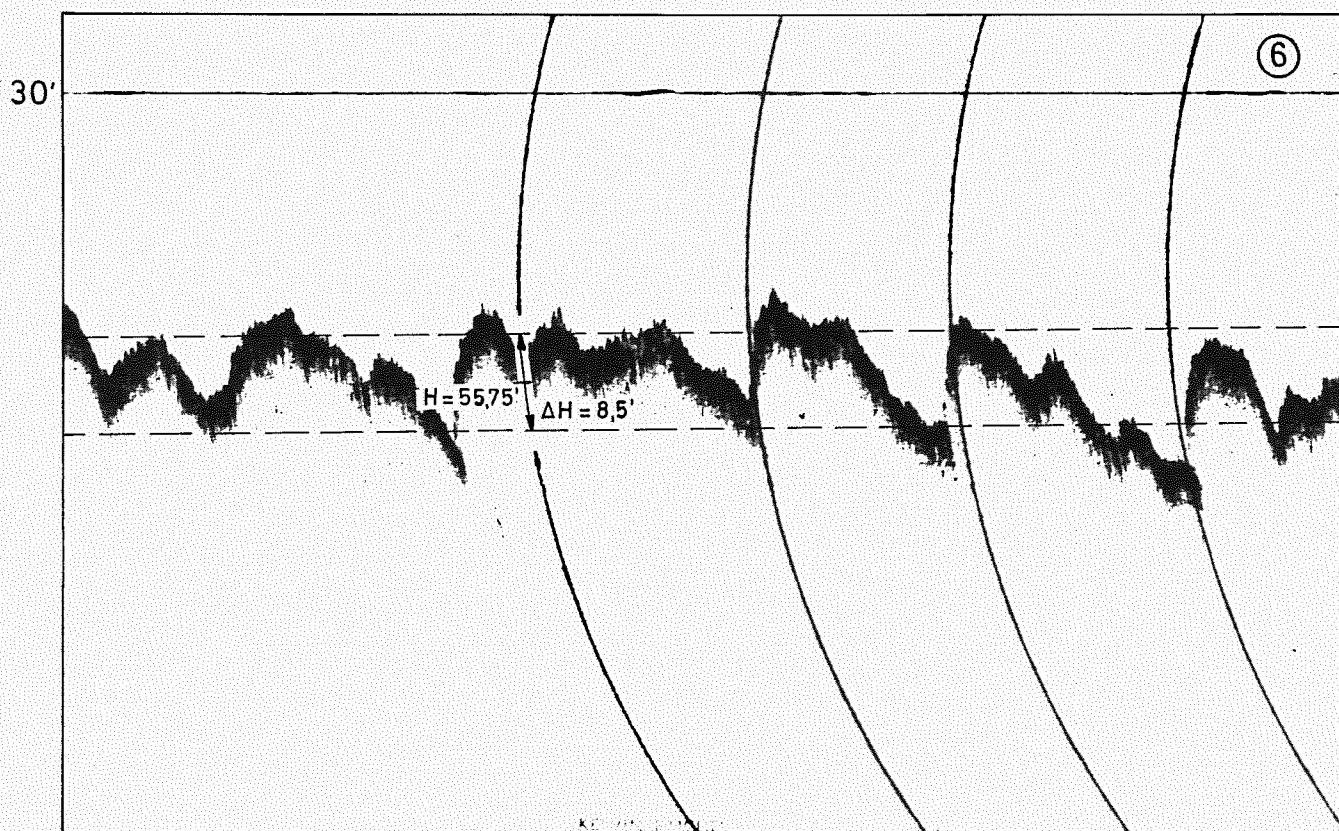
17 — 10 — 1968

S.V.N.-Boma

Echogramme de la
passe navigable

MOD. 255

Annexe 11



CREUX SEUIL CENTRAL — SEUIL AMONT

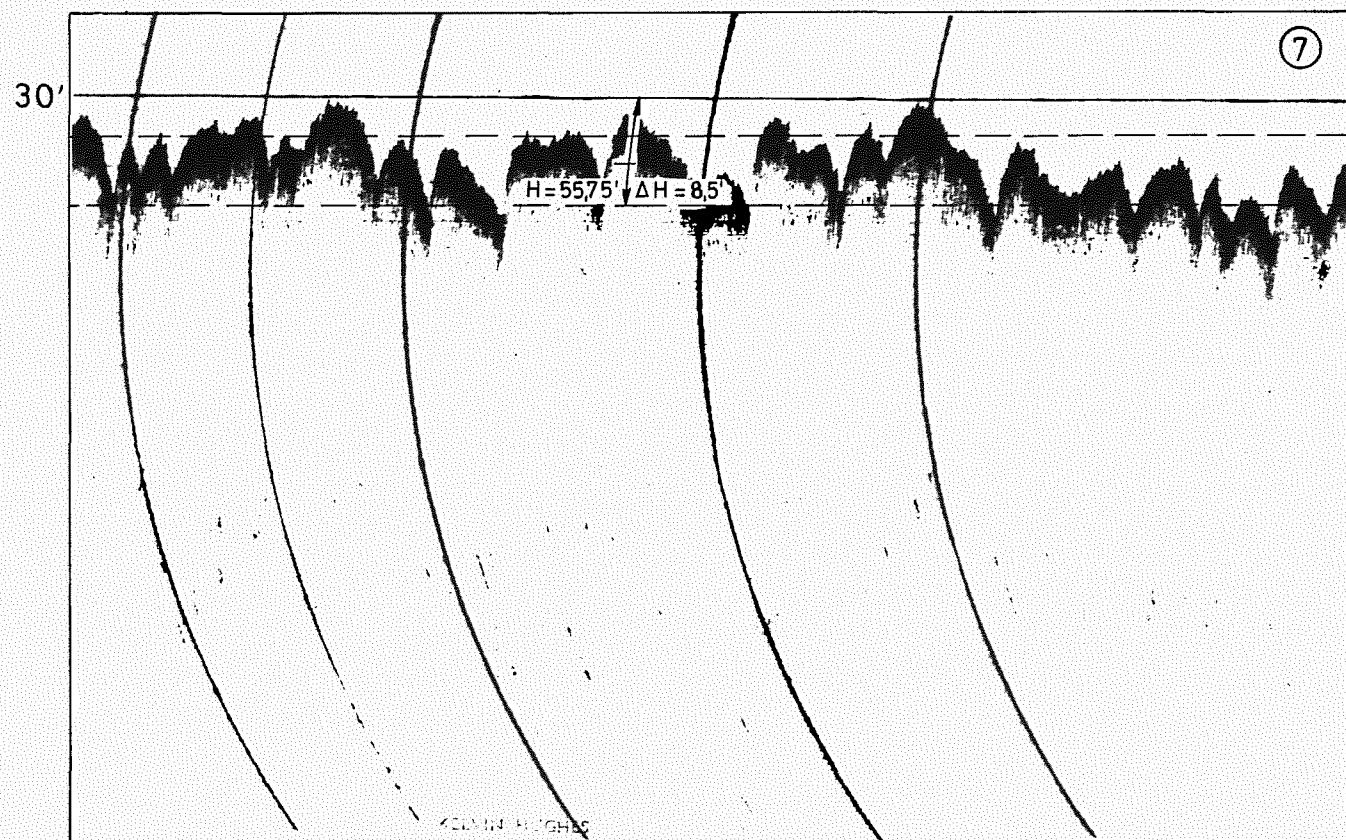
17 — 10 — 1968

S.V.N. - Boma

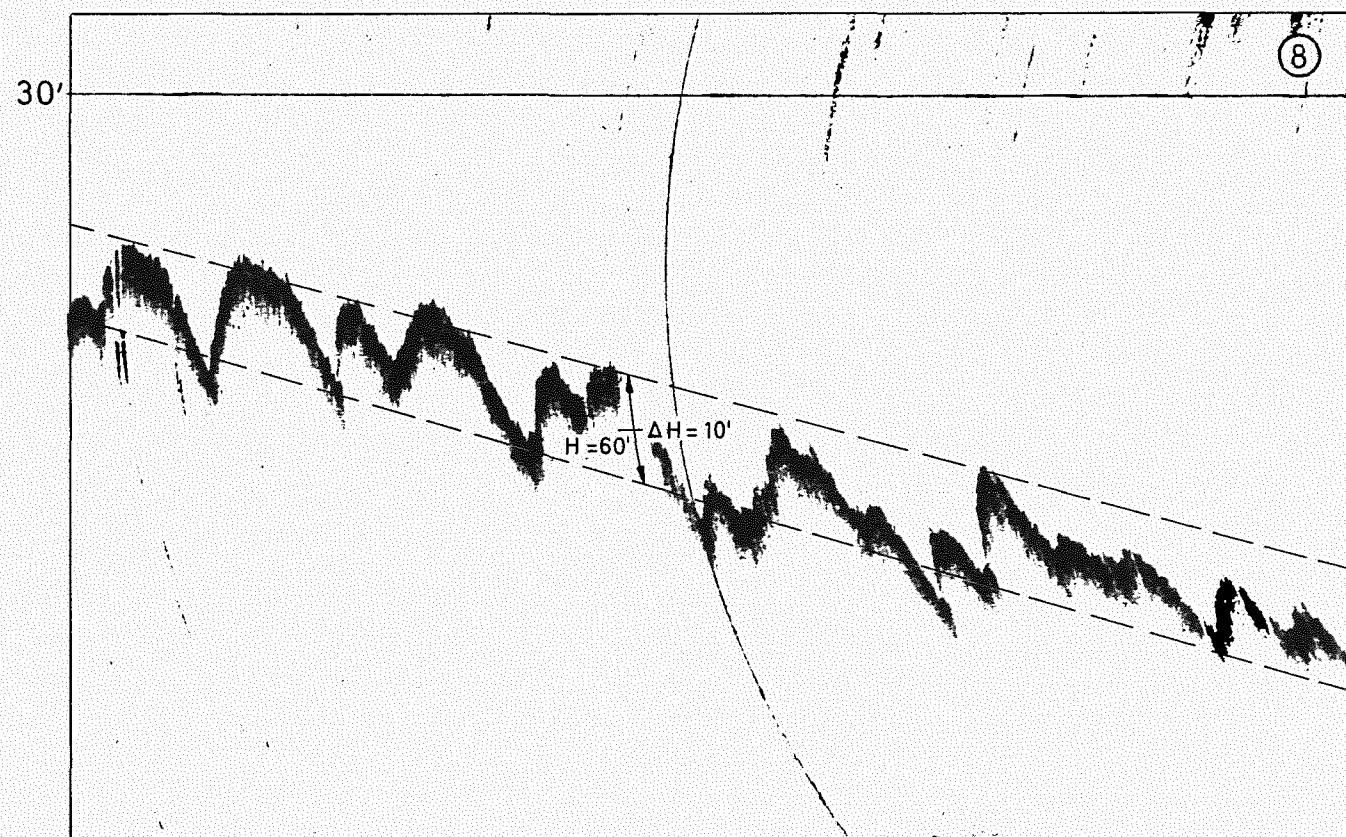
Echogramme de la
passe navigable

MOD. 255

Annexe 12



SEUIL AMONT



CREUX SEUIL AMONT — BANC D' ANVERS

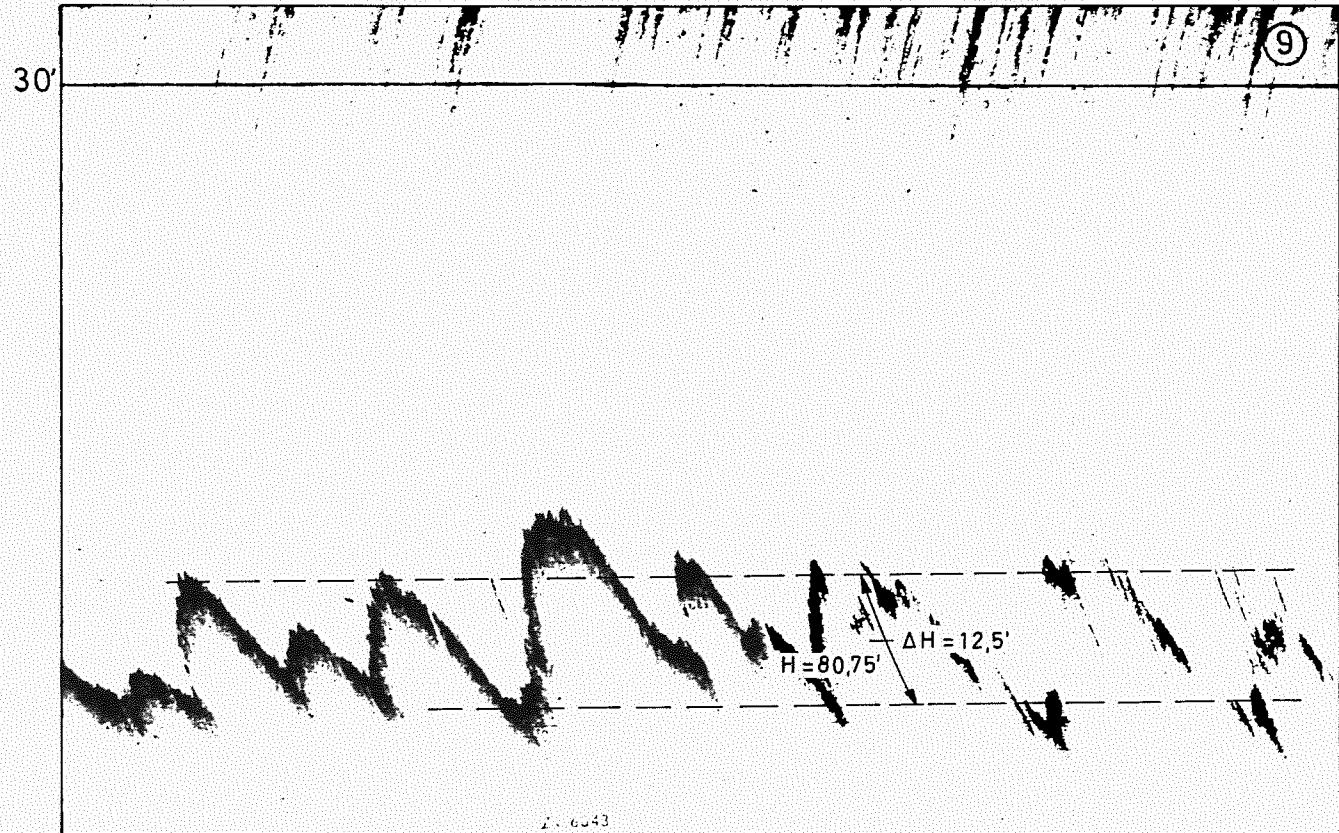
17 - 10 - 1968

S.V.N.-Boma

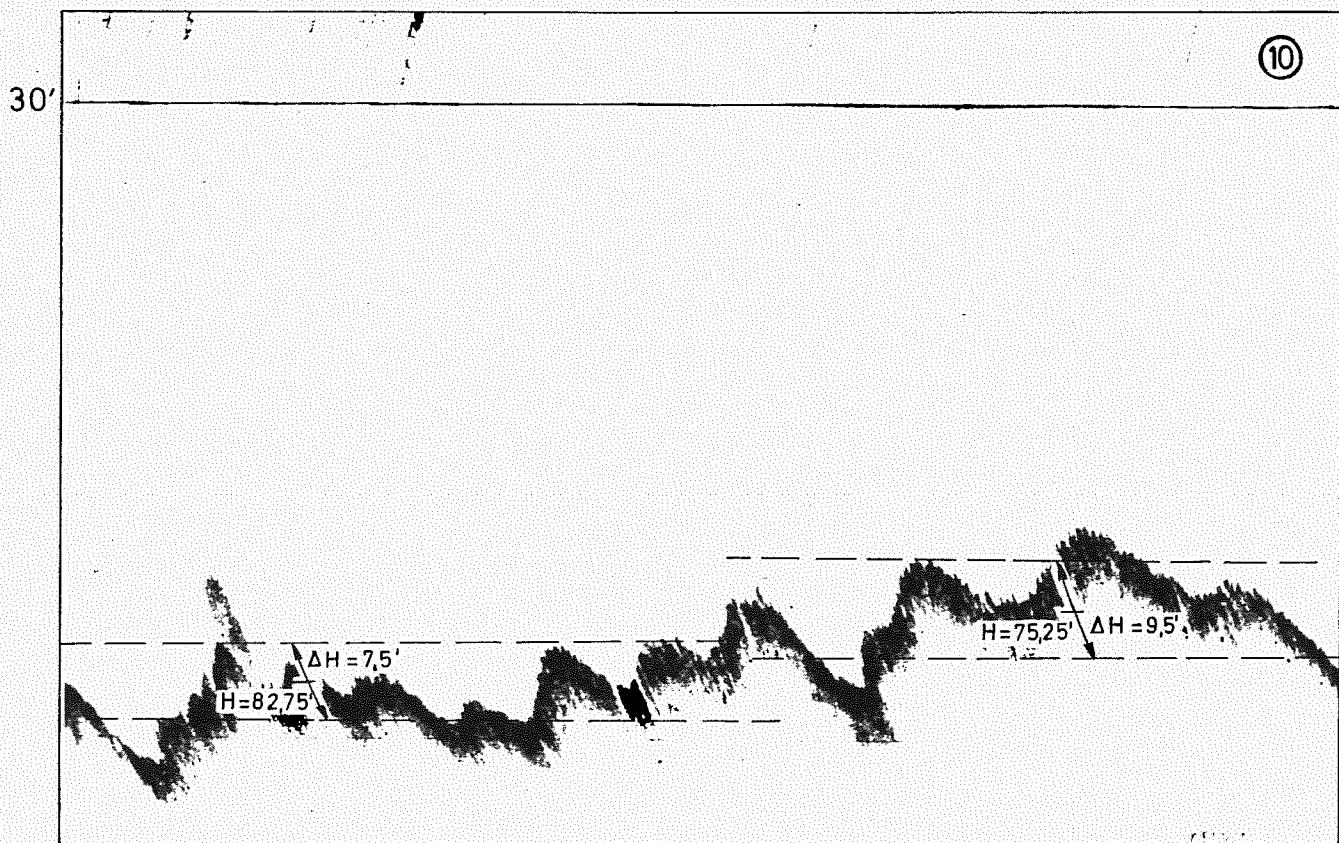
Echogramme de la
passe navigable

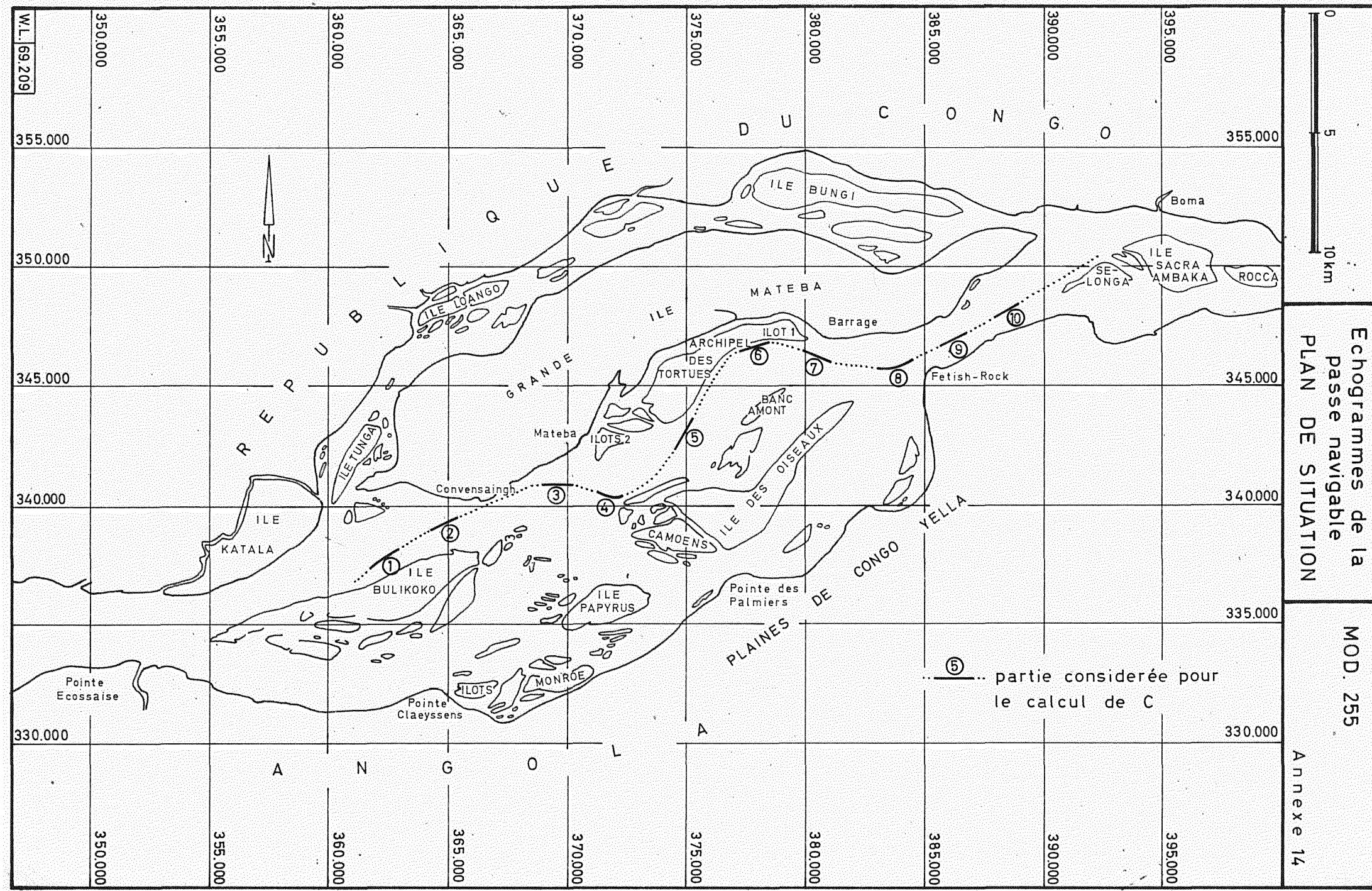
MOD. 255

Annexe 13



BANC D' ANVERS

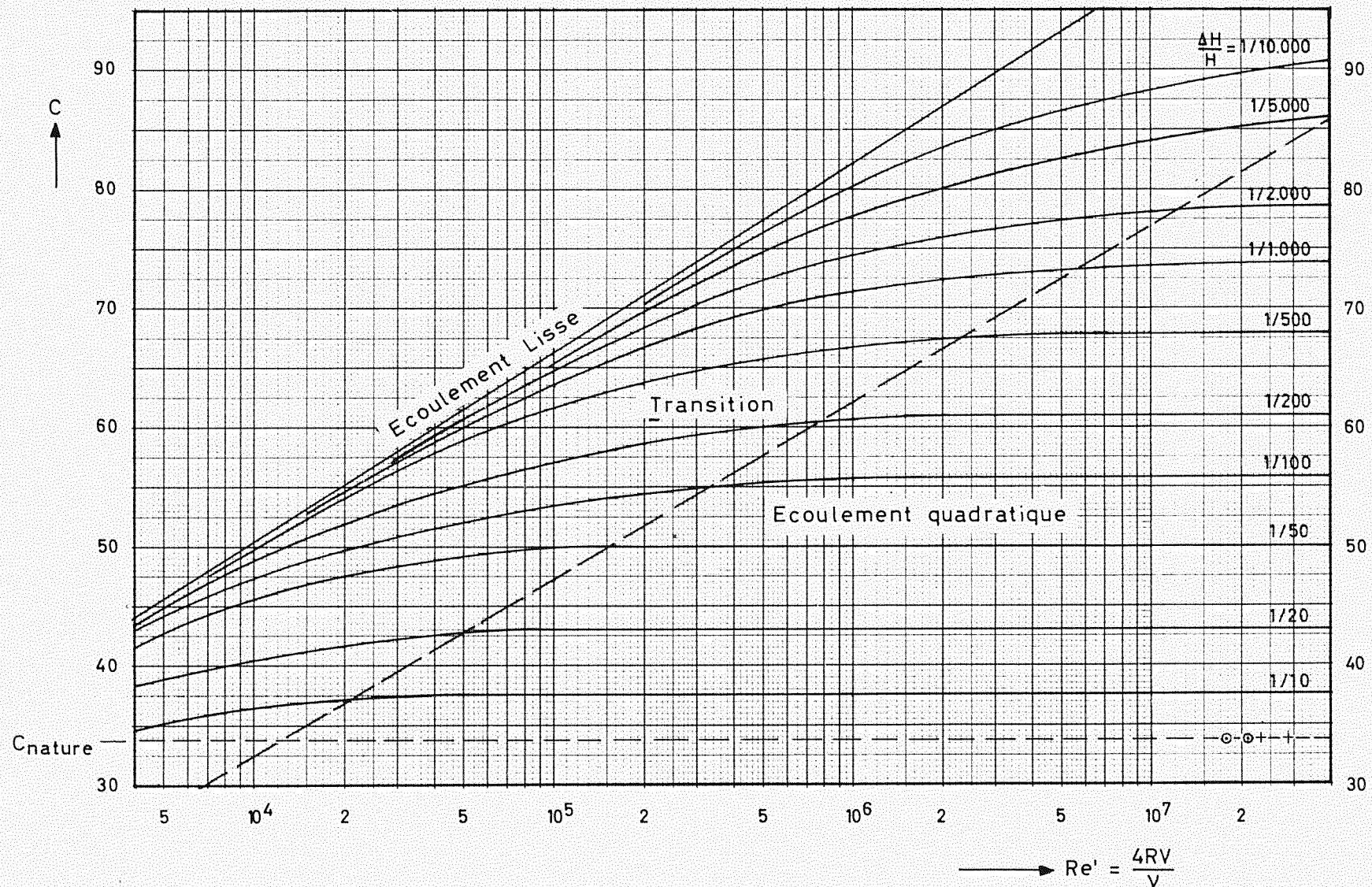


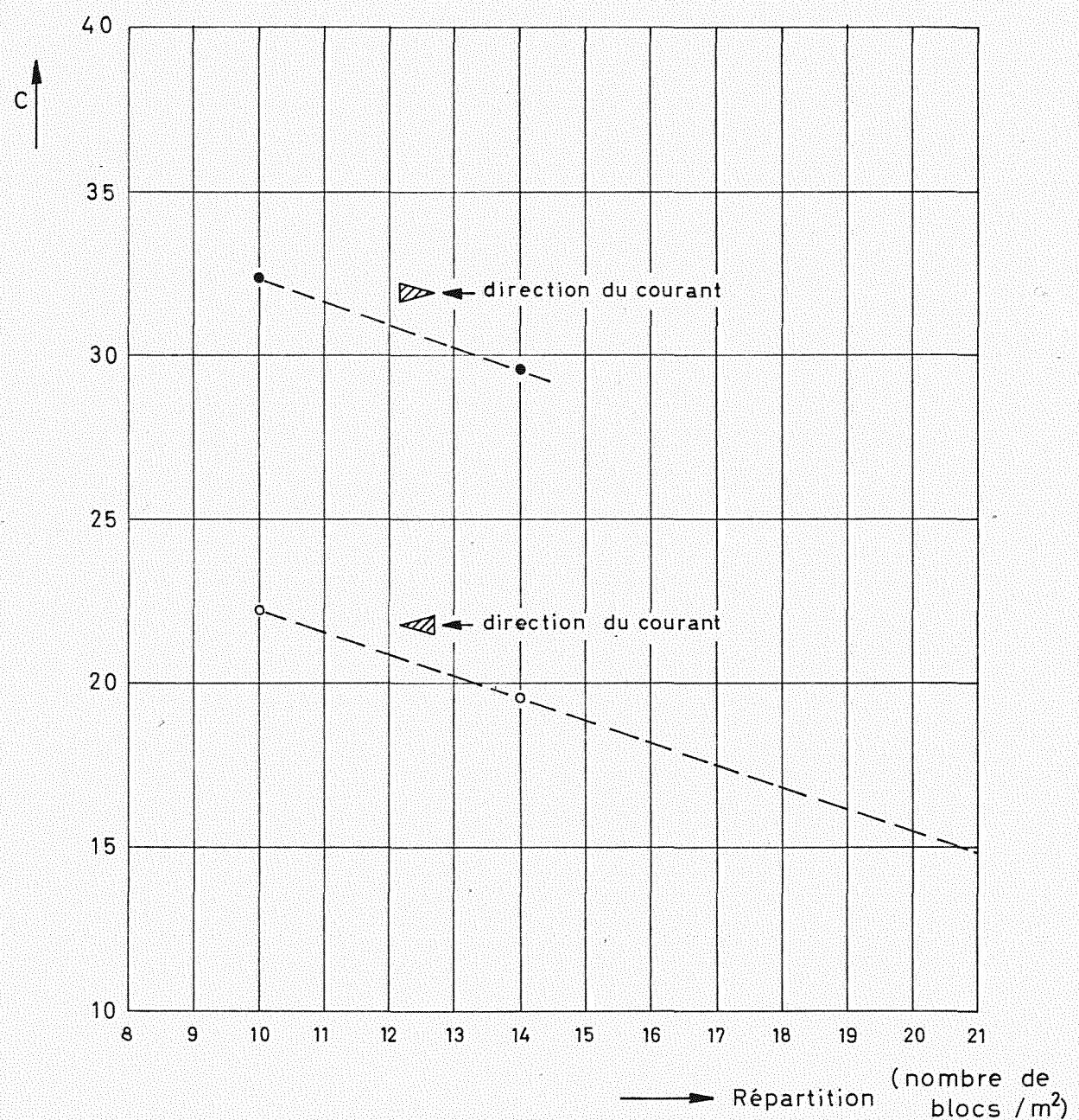


+ Profil 1 — 3.3.000 m³/s
 ◎ Profil 5 — 33.000 m³/s
 (voir annexe 7) 41.123 m³/s

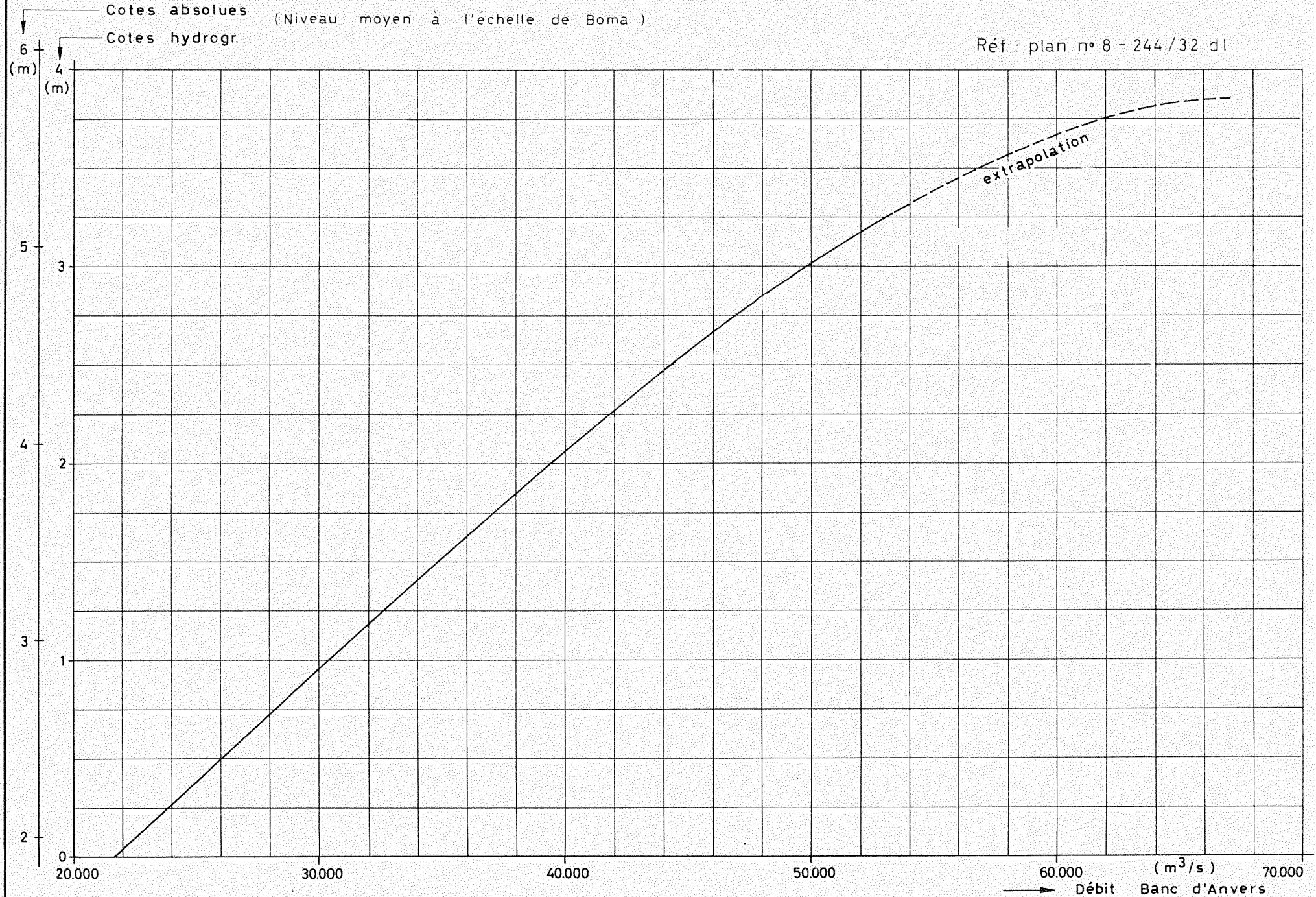
DIAGRAMME DE THYSSE

Annexe 15



Coefficient de Chézy ($m^{1/2}/s$)

W.L. 69.026



BIEF MARITIME
DU FLEUVE CONGO
REGION DIVAGANTE

BANC D'ANVERS
COURBE DES DEBITS
(Observations au moulinet)

MOD.255

Annexe 17

MESURES DE DEBIT
AUX FLOTTEURS

MOD. 255

S.V.N. Boma

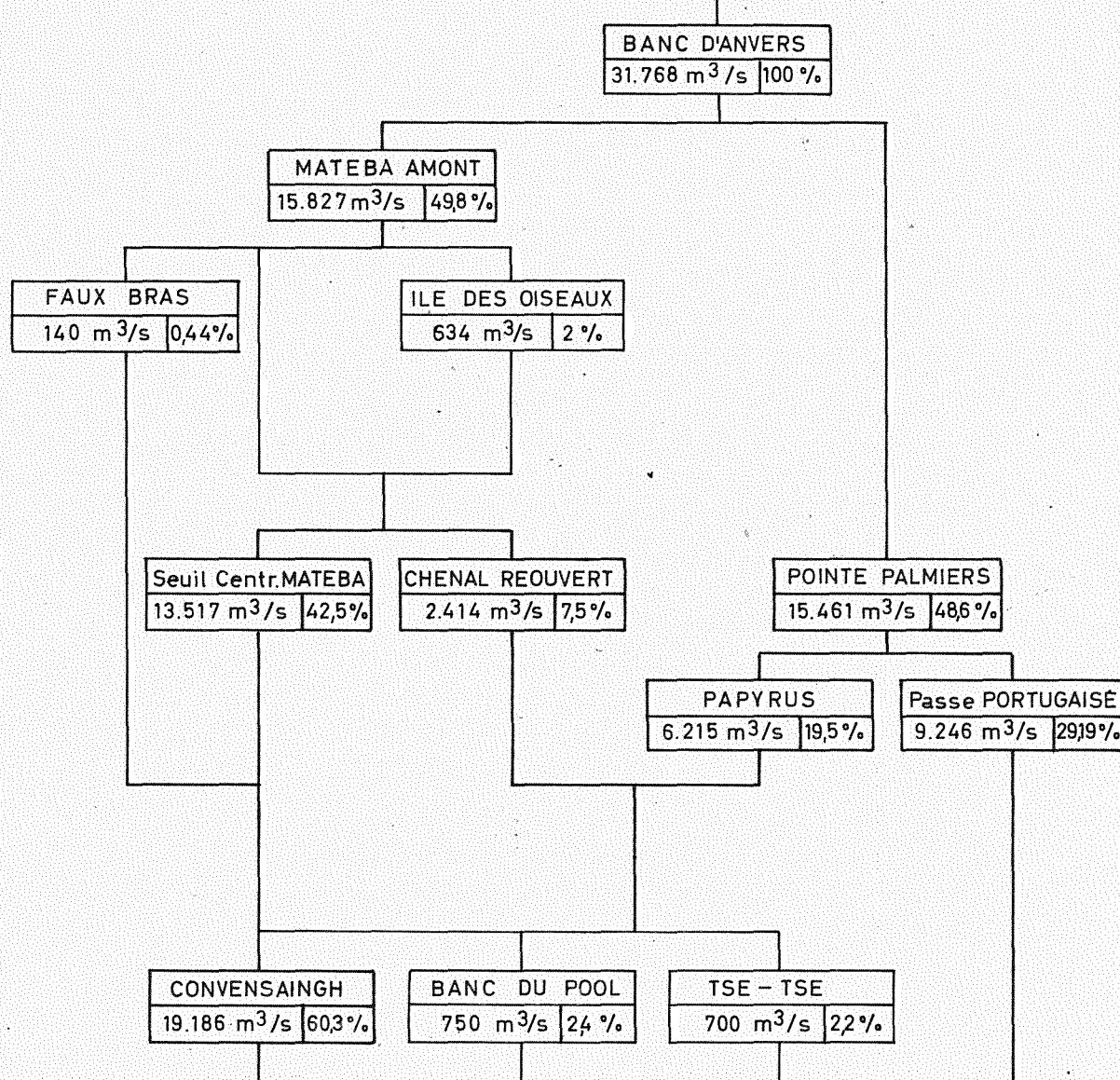
AOUT 1968

Annexe 18

E.E. BOMA les 15-16-17/8/68 = 1,31 m

Q Boma (Mâo) = $37.200 \text{ m}^3/\text{s}$ (réf. plan n° : 8 - 27/39/d1)

Q Kinshasa = $34.600 \text{ m}^3/\text{s}$ (réf plan n°: 3508/1959)



N.B. - Toutes ces sections ont été mesurées (excepté Papyrus)
Les résultats sont des débits nets, c'est à dire $D \times 0,85$

MESURES DE DEBIT
AUX FLOTTEURS
OCTOBRE 1968

MOD. 255

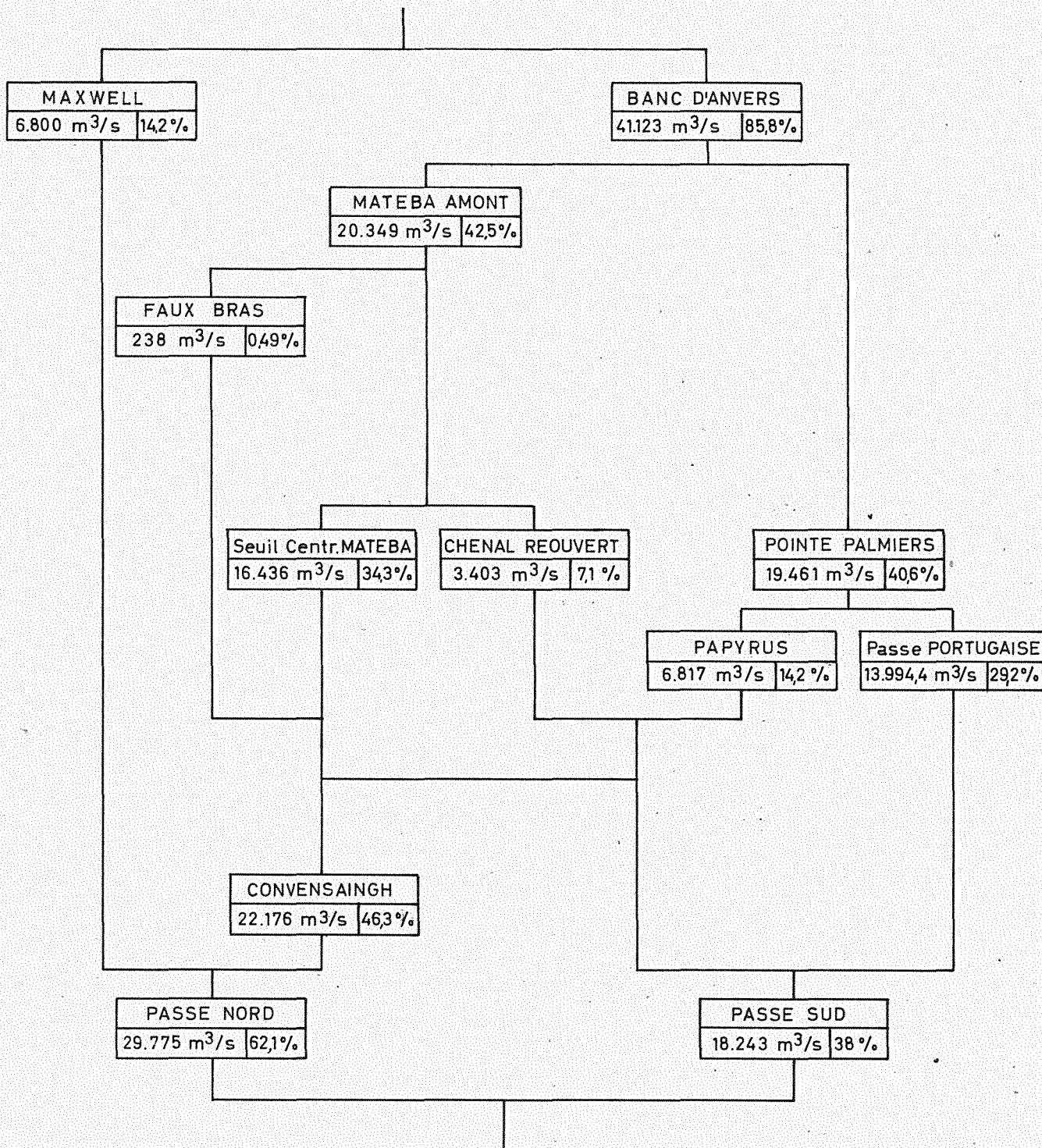
S.V.N. Boma

Annexe 19

E.E. BOMA, les 28/10/68 = 2,20 m
29/10/68 = 2,22 m
30/10/68 = 2,24 m
31/10/68 = 2,28 m

$Q_{Boma} (Mâo) = 47.600 \text{ m}^3/\text{s}$ (réf. plan n° 8 - 27/39/d1)

$Q_{Kinshasa} = 44.900 \text{ m}^3/\text{s}$ (réf. plan n° 3508 / 1959)



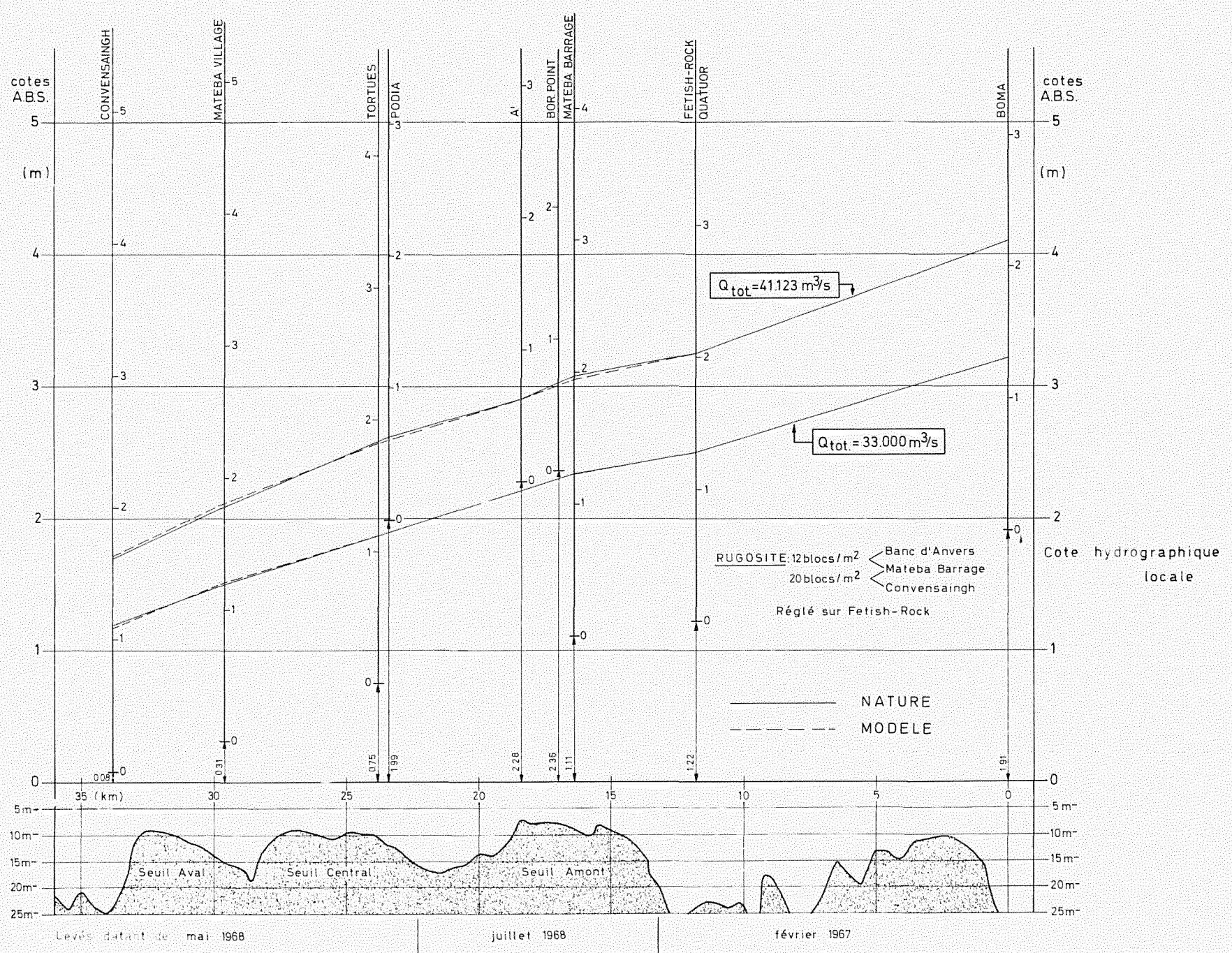
N.B.- Toutes ces sections ont été mesurées.
Les résultats sont des débits nets, c'est à dire $D \times 0,85$

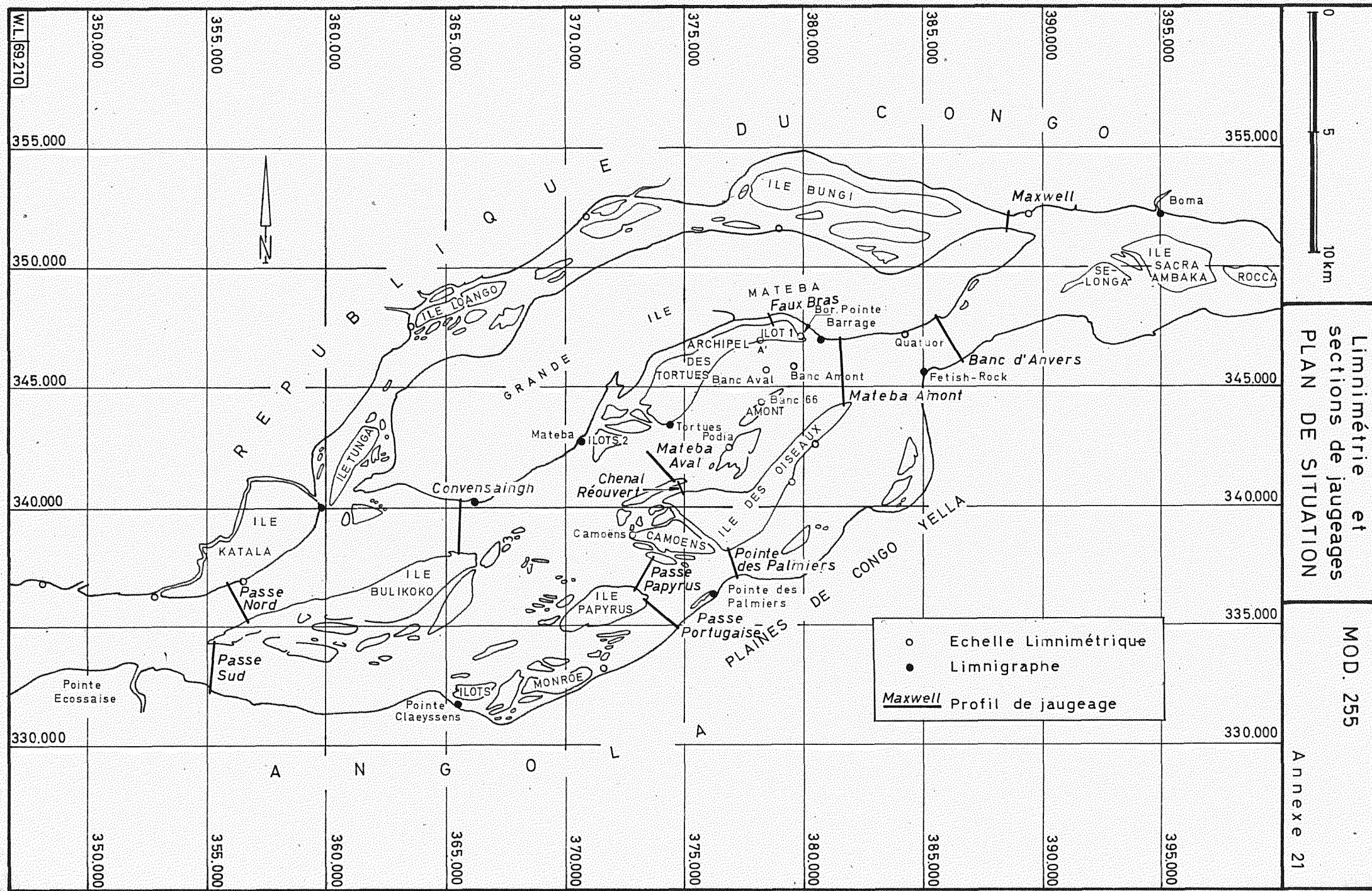
BIEF MARITIME
DU FLEUVE CONGO
REGION DIVAGANTE

LIGNES D'EAU

MOD. 255

Annexe 20





MESURES DE DEBIT
AUX FLOTTEURS
DECEMBRE 1968

MOD. 255

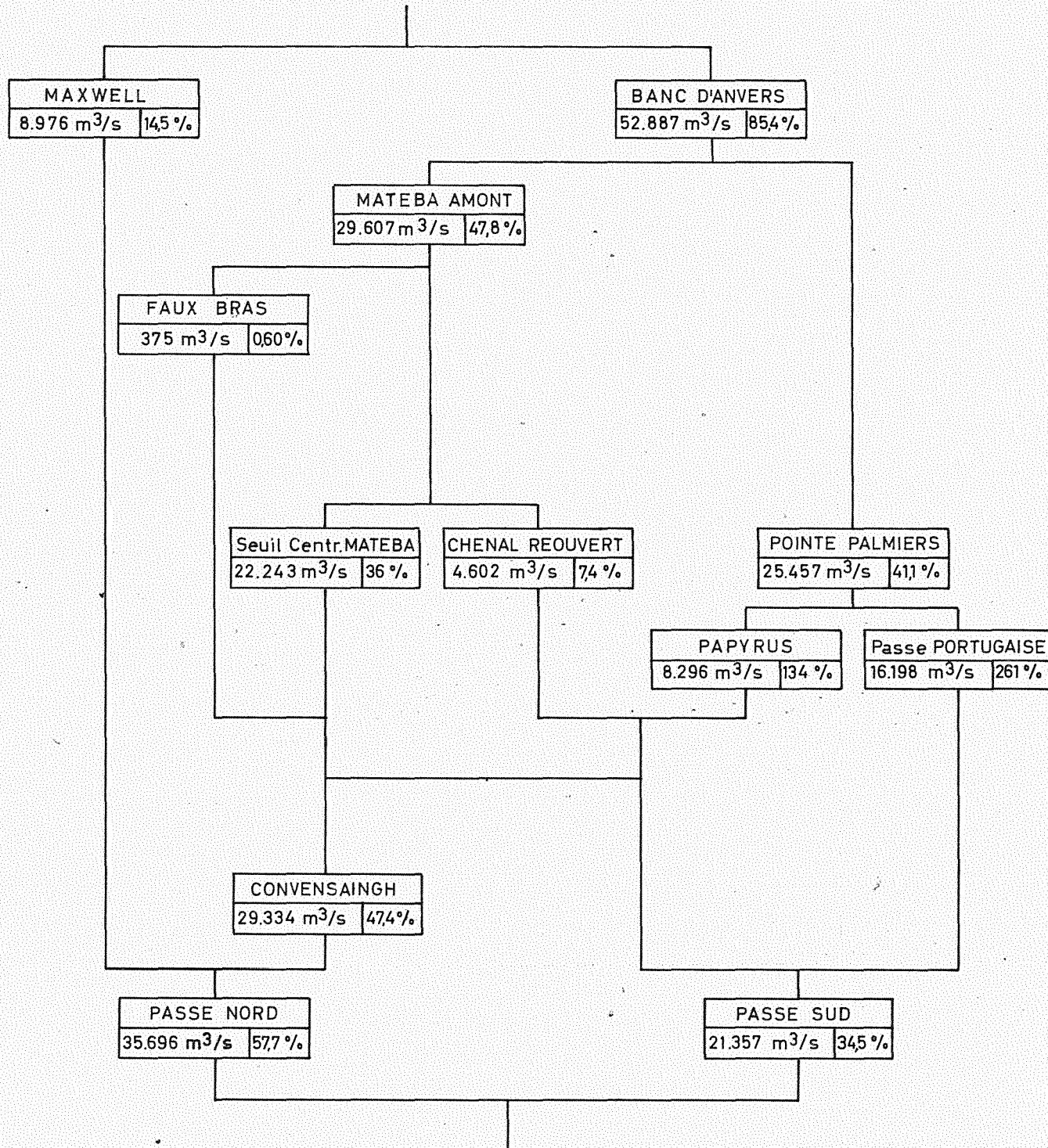
S.V.N. Boma

Annexe 22

E.E. BOMA du 12 au 15 / 12 / 1968 = 3,11 m

Q Boma (Mâo) = 59.000 m³/s (réf. plan n° : 8 - 27 / 39 / d1)

Q Kinshasa = 56.950 m³/s (réf. plan n° : 3508 / 1959)



N.B.- Toutes ces sections ont été mesurées.

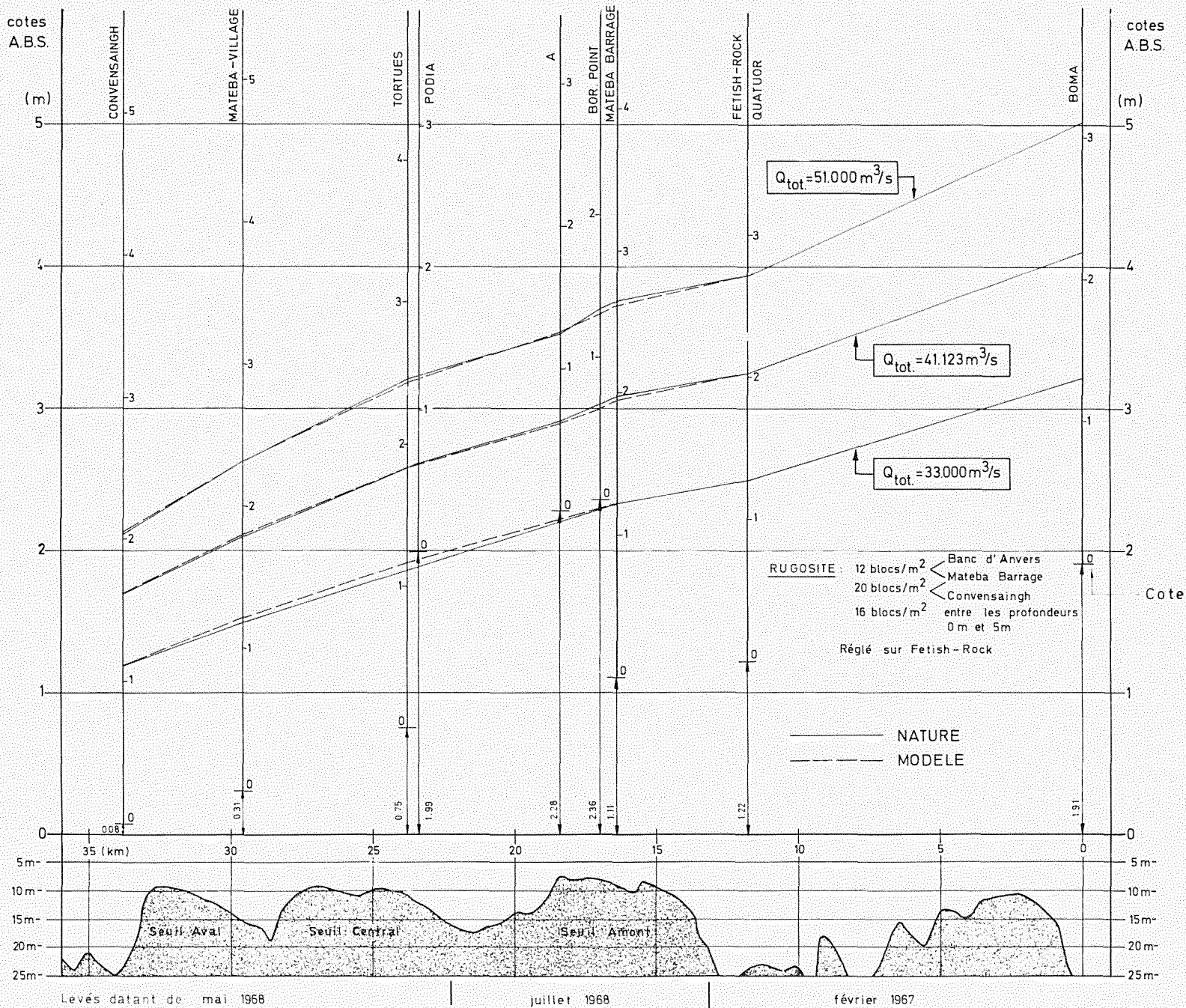
Les résultats sont des débits nets, c'est à dire $D \times 0,85$

BIEF MARITIME
DU FLEUVE CONGO
REGION DIVAGANTE

L I G N E S D'EAU

MUD. 255

Annexe 23



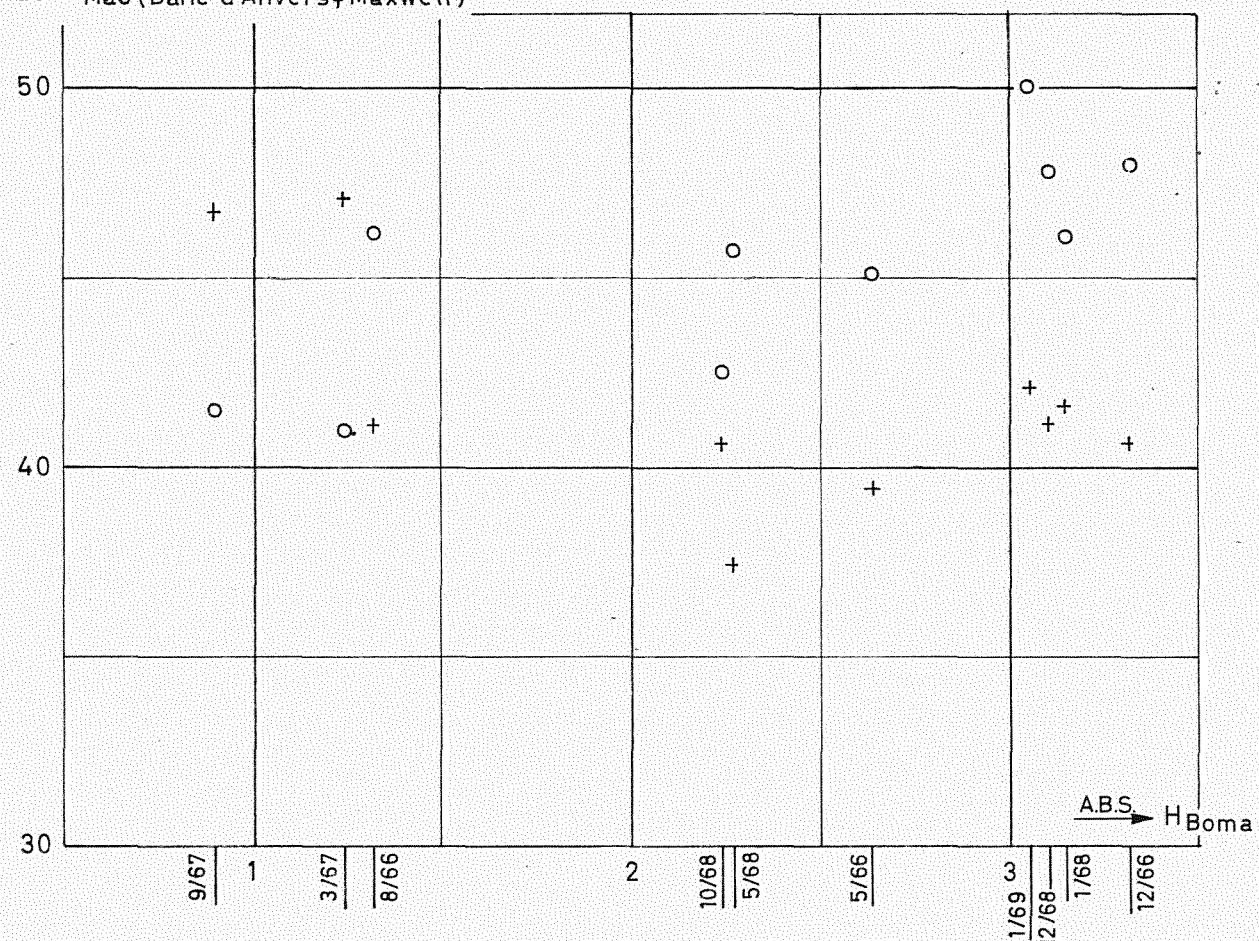
o Mateba Amont —
+ Pointe Palmiers —

Q Pointe Palmiers et
Q Mateba Amont en % de
Q Mao et Q Banc d'Anvers

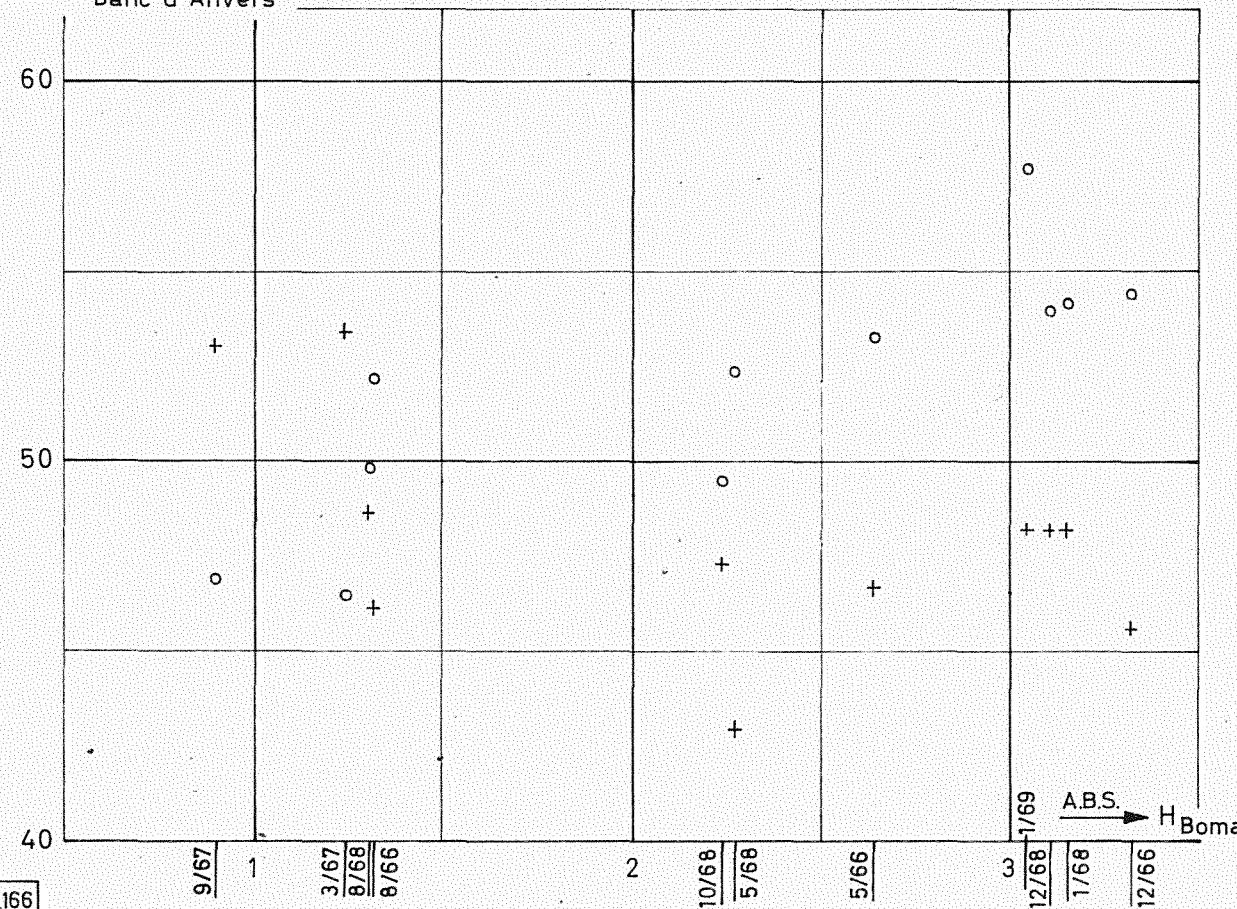
MOD. 255

Annexe 24

Q Pointe Palmiers et Q Mateba Amont
en % de Q Mao (Banc d'Anvers + Maxwell)



Q Pointe Palmiers et Q Mateba Amont
en % de Q Banc d'Anvers

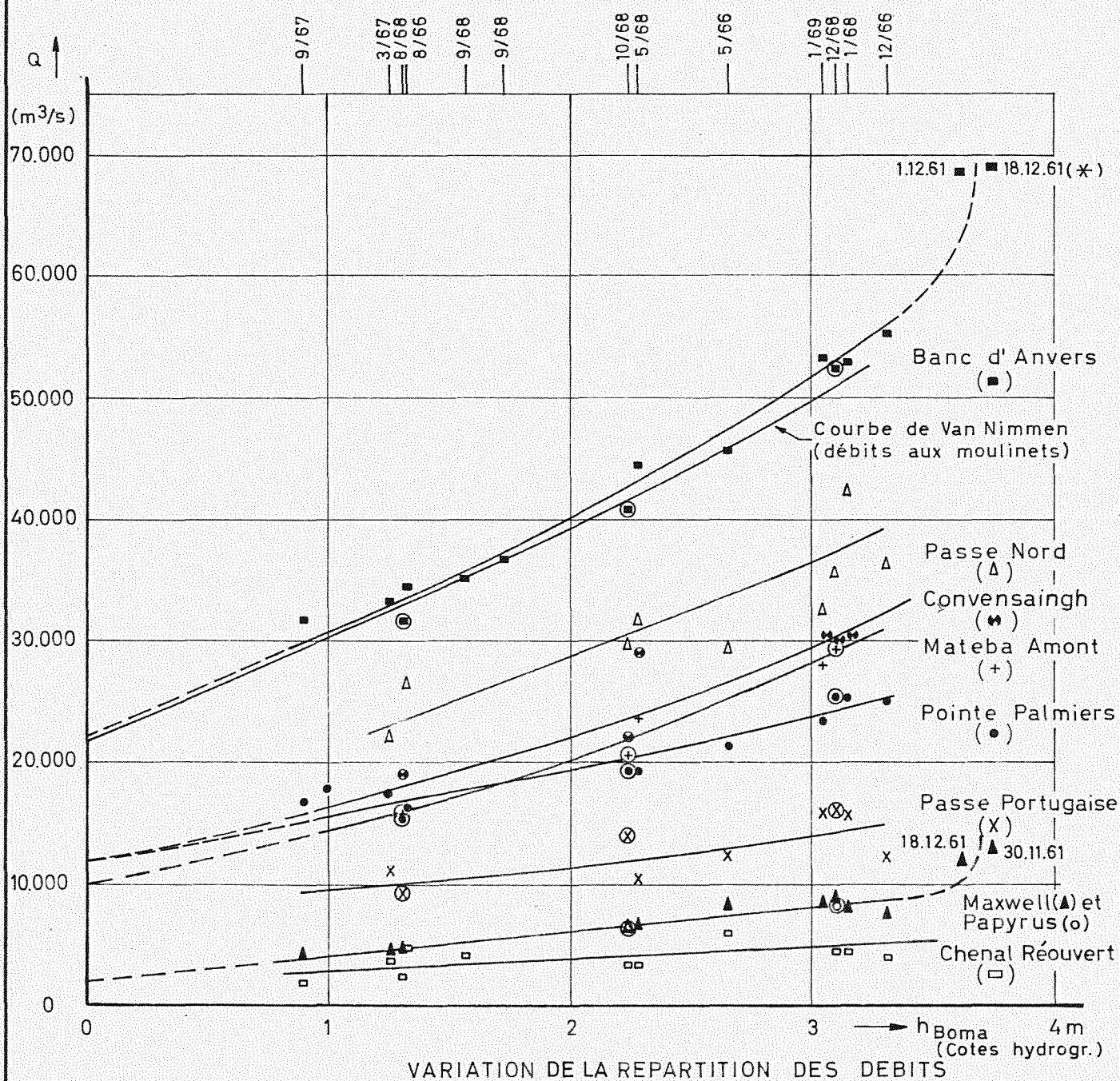


⊕ ⊖ ⊙ ⊚ ⊛ ⊜ employé
pour l'étalonage du modèle

MESURES DE DEBITS
AUX FLOTTEURS
1966 - 67 - 68 - 69

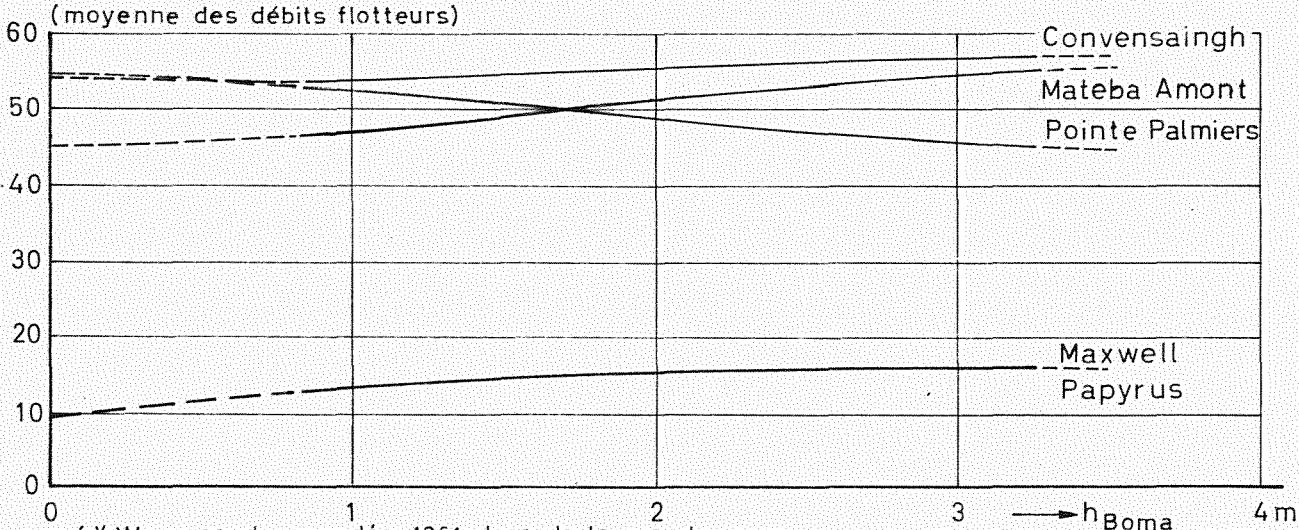
MOD. 255

Annexe 25



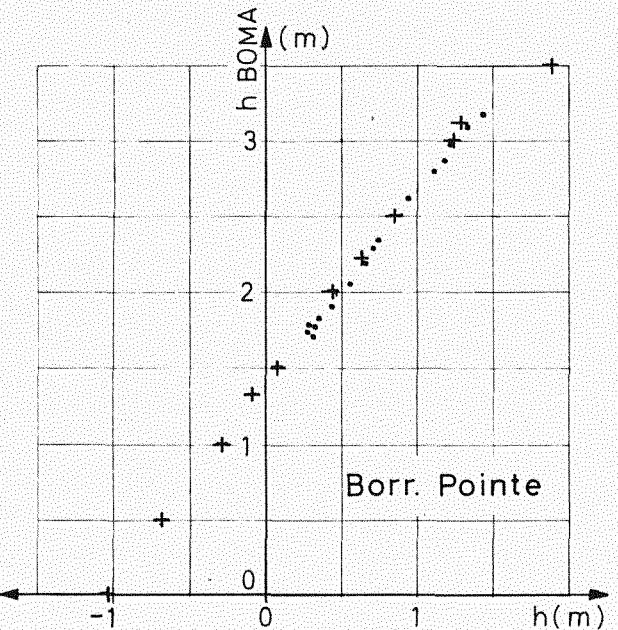
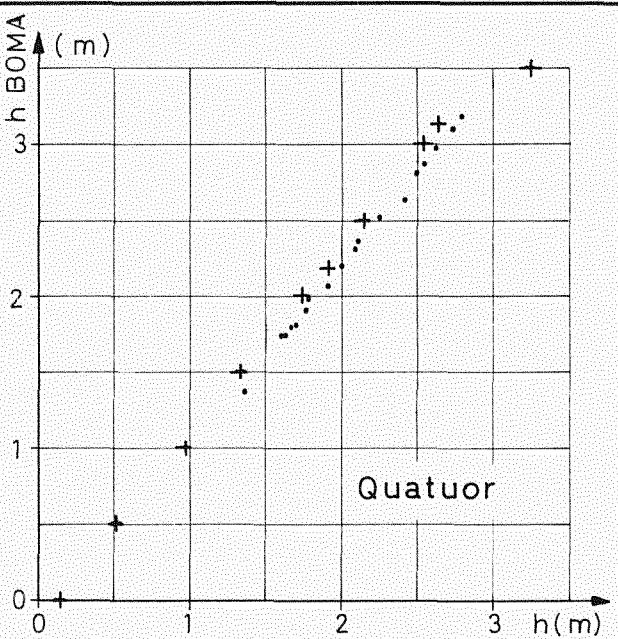
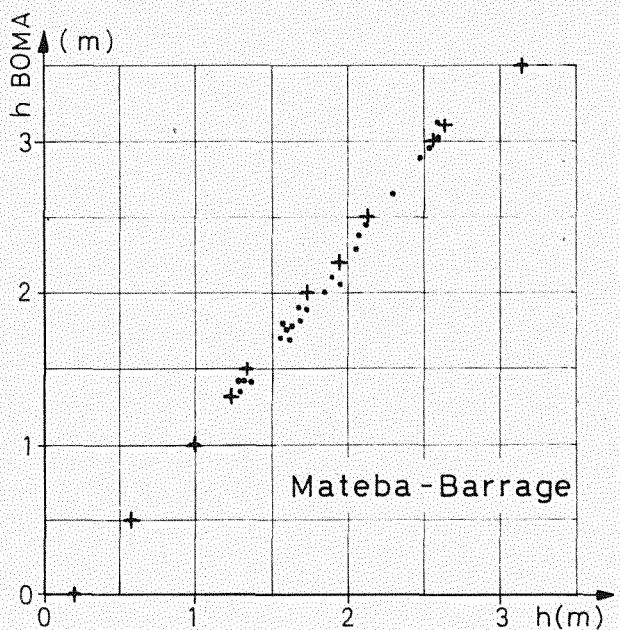
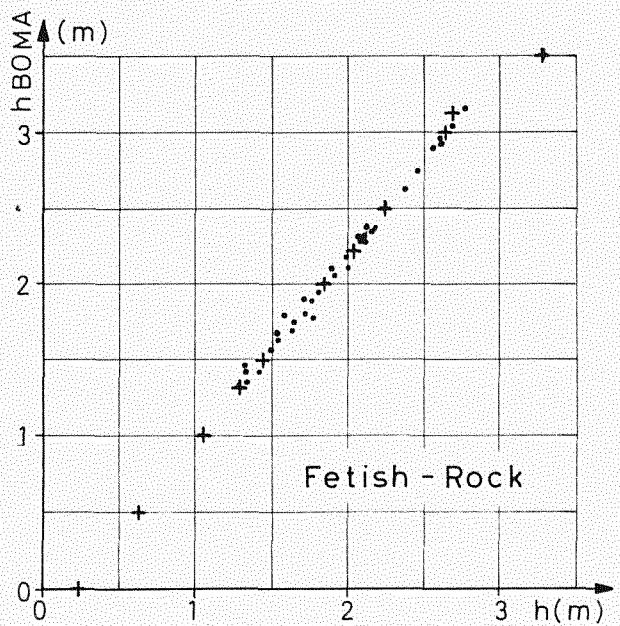
% du débit de Banc d'Anvers
(moyenne des débits flotteurs)

VARIATION DE LA REPARTITION DES DEBITS



(*) Mesures de nov.-déc. 1961 lors de la grande crue.

Réf.: Note concernant les vitesses et débits de la région divagante
du bief maritime du fleuve Congo" J. Charlier (14-1-69)



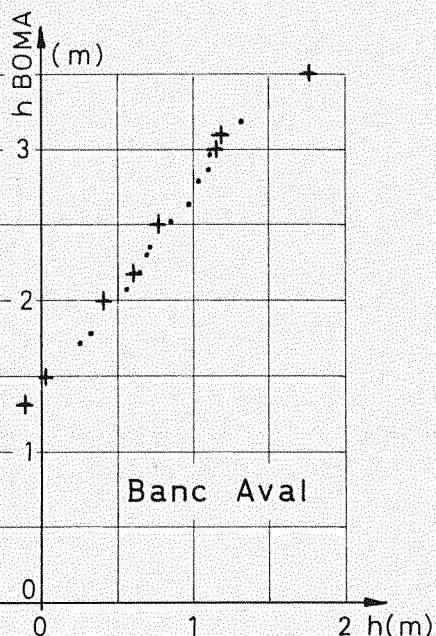
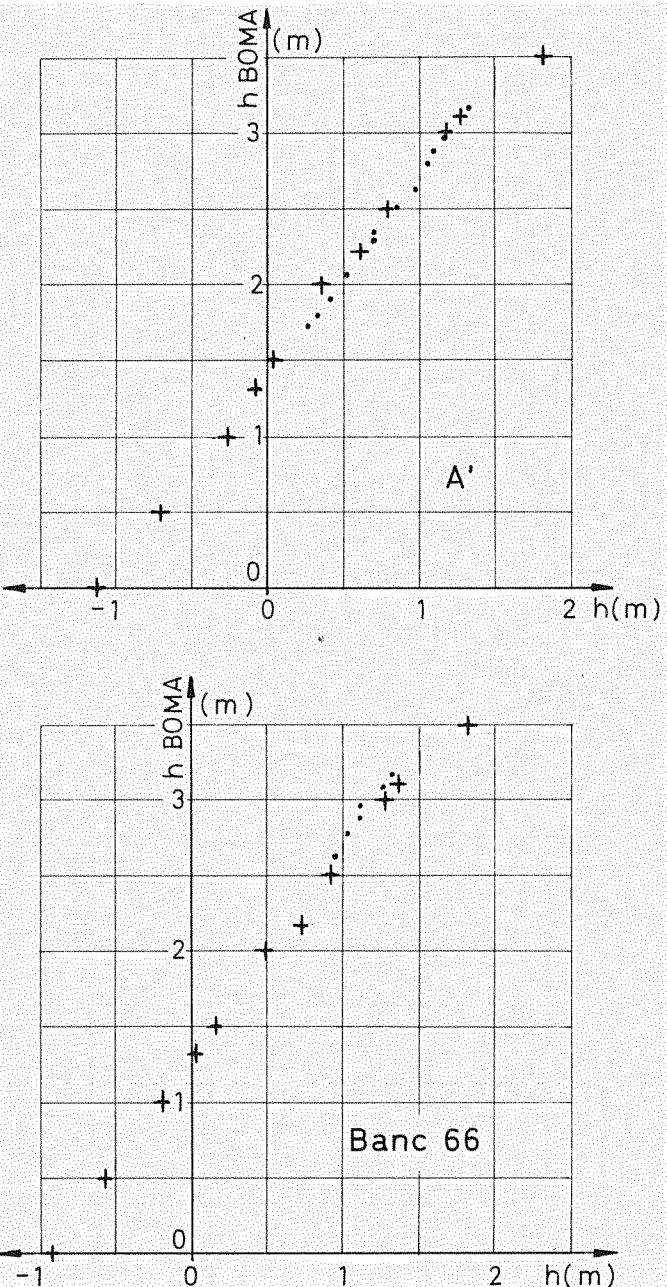
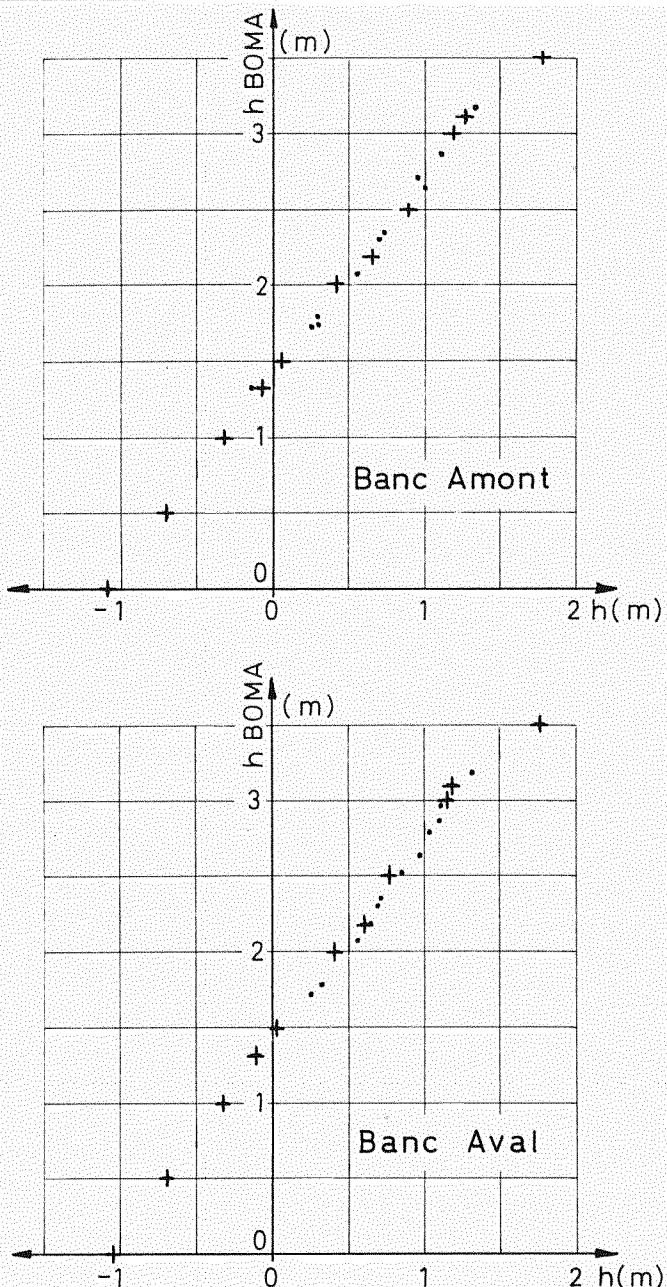
LIGNES DE MOD.255 CONCORDANCE Annexe 26a

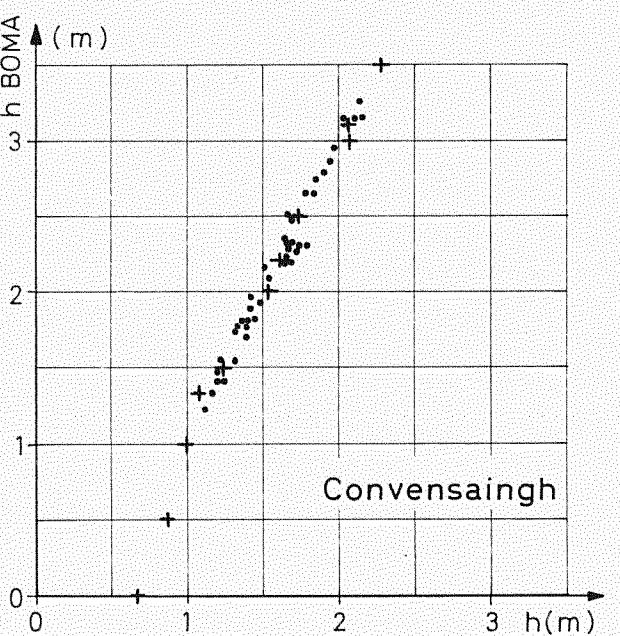
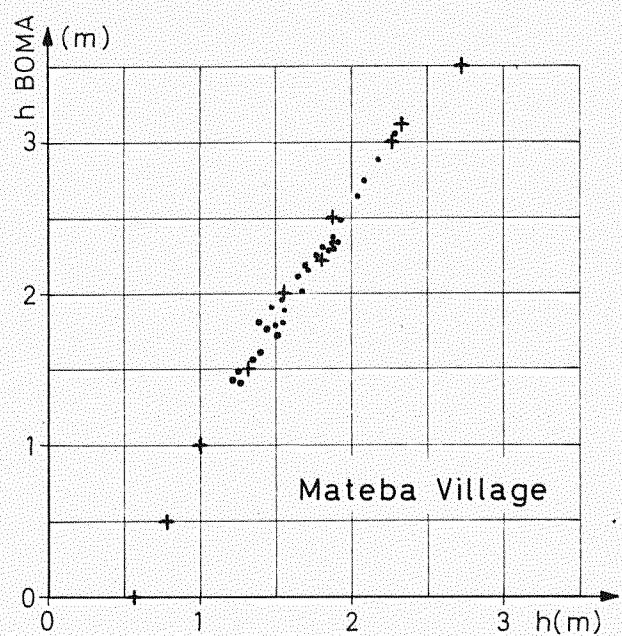
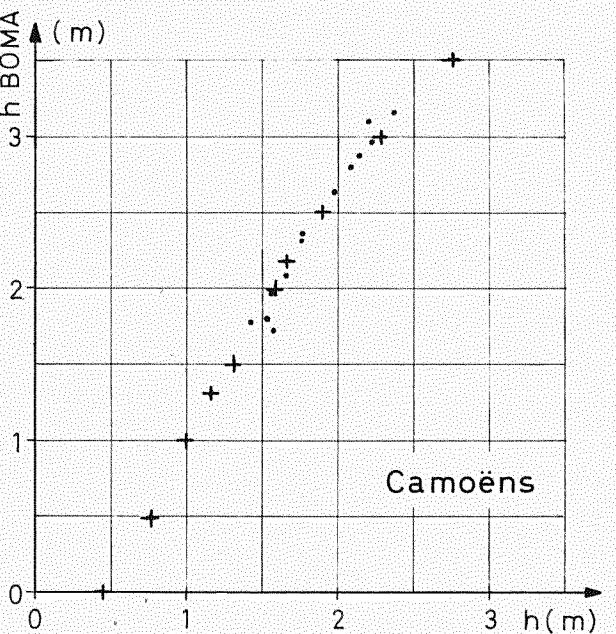
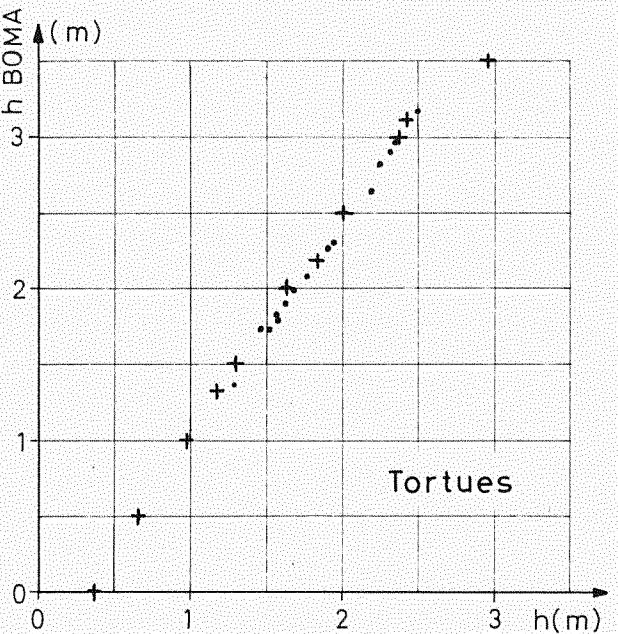
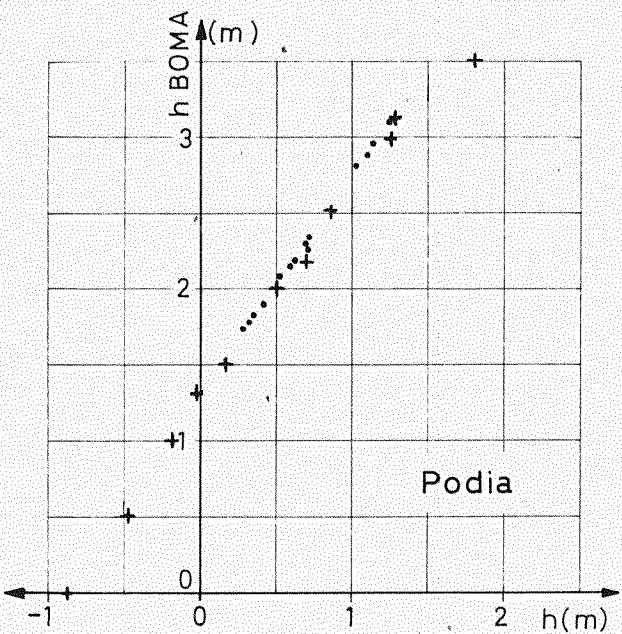
- Modèle
- Nature
- Cotes hydrographiques

+ Modèle
 . Nature
 Cotes hydrographiques

LIGNES DE MOD.255
 CONCORDANCE

Annexe 26 b



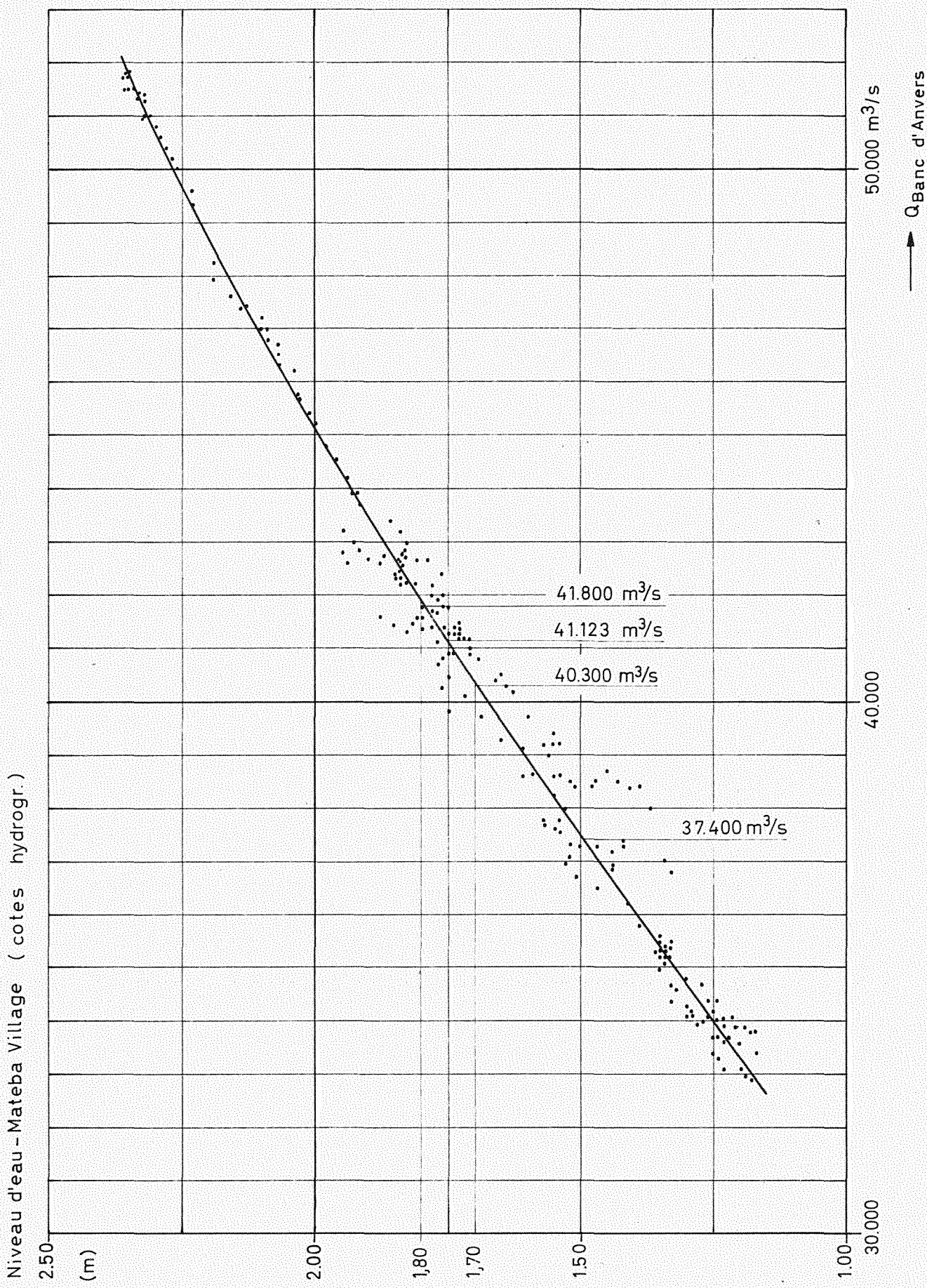


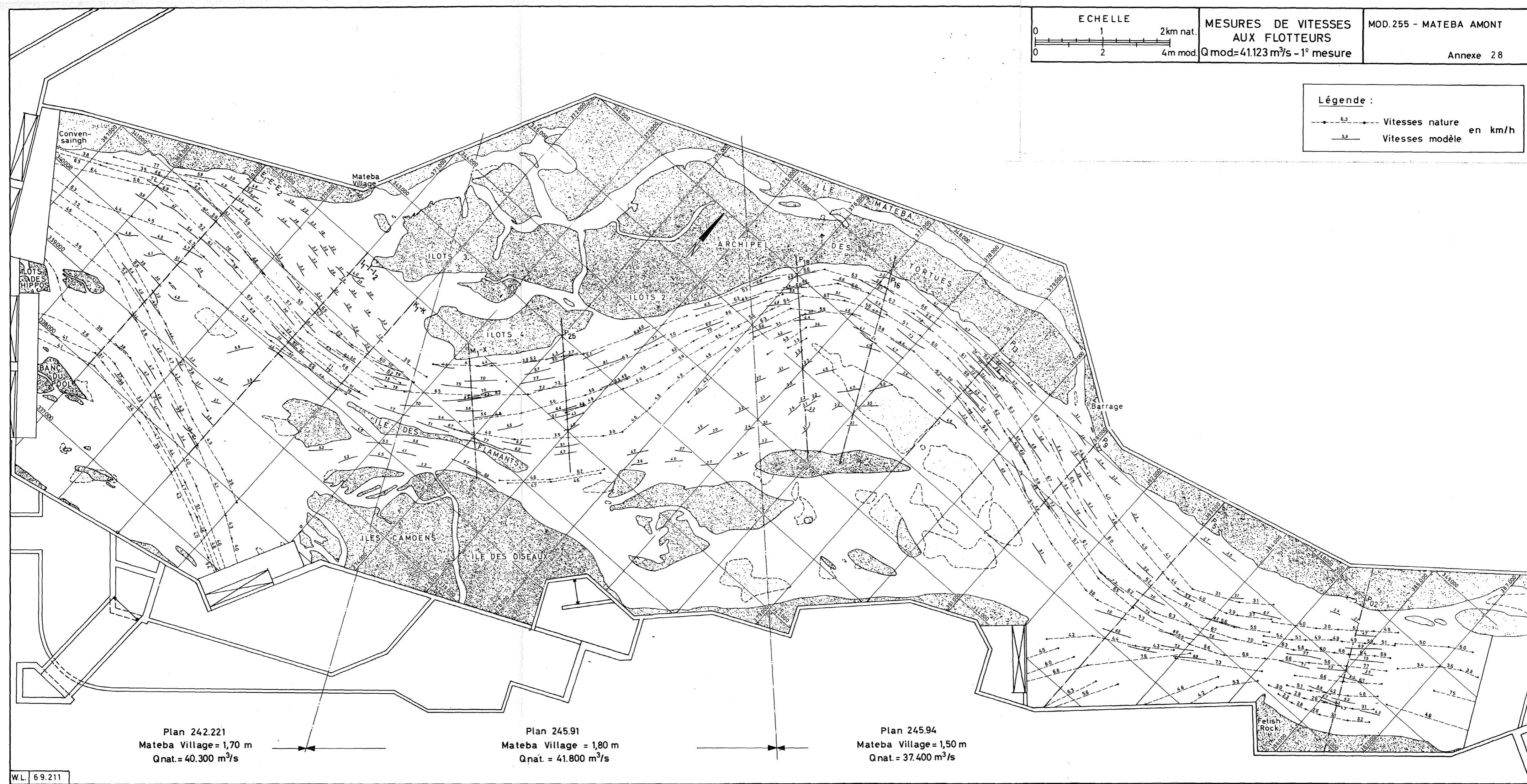
+ Modèle
 . Nature
 Cotes hydrographiques

LIGNES DE CONCORDANCE

MOD.255

Annexe 26c





W.L. 69.211

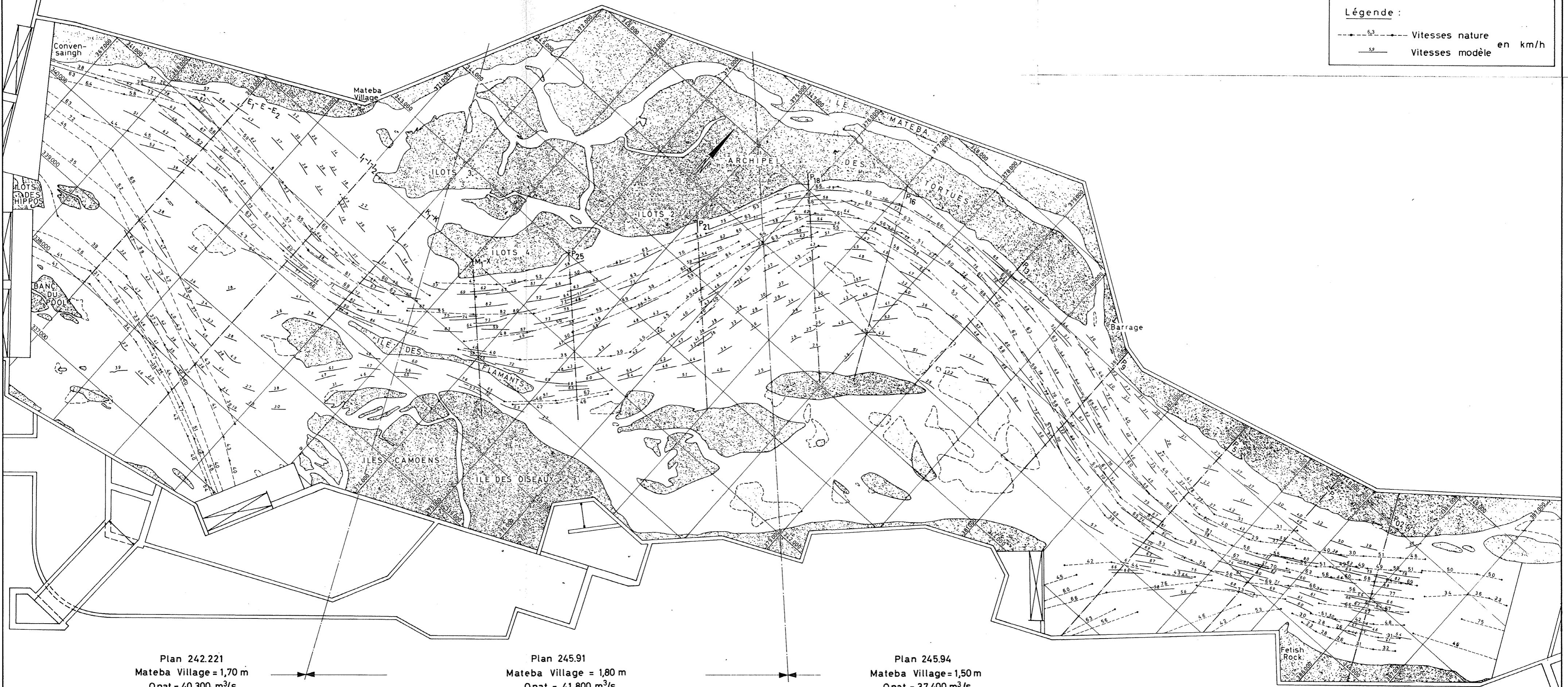
ECHELLE
0 1 2km nat.
0 2 4m mod.

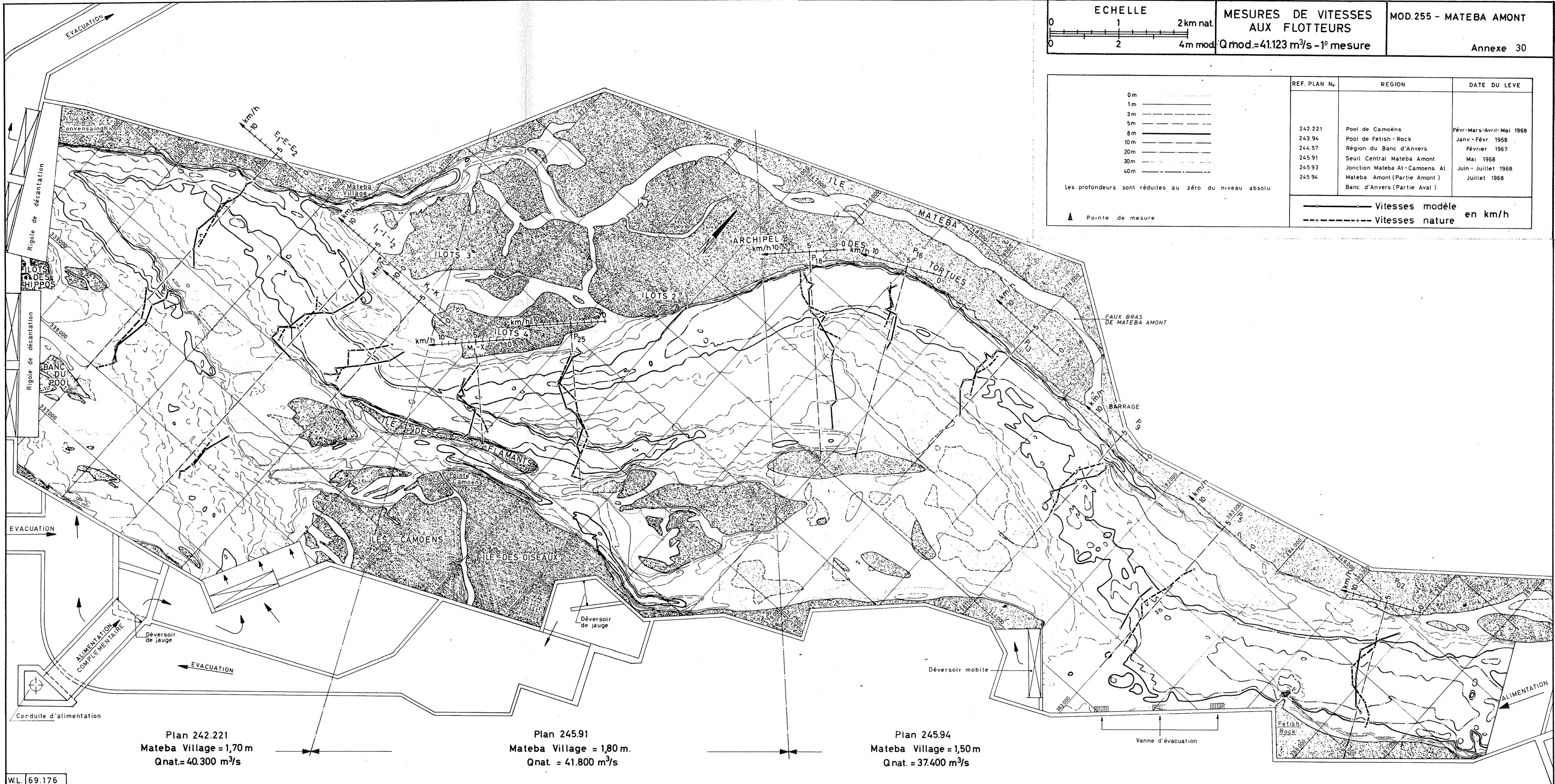
MESURES DE VITESSES
AUX FLOTTEURS
MOD.255 - MATEBA AMONT
Q mod.=41.123 m³/s - 2^o mesure

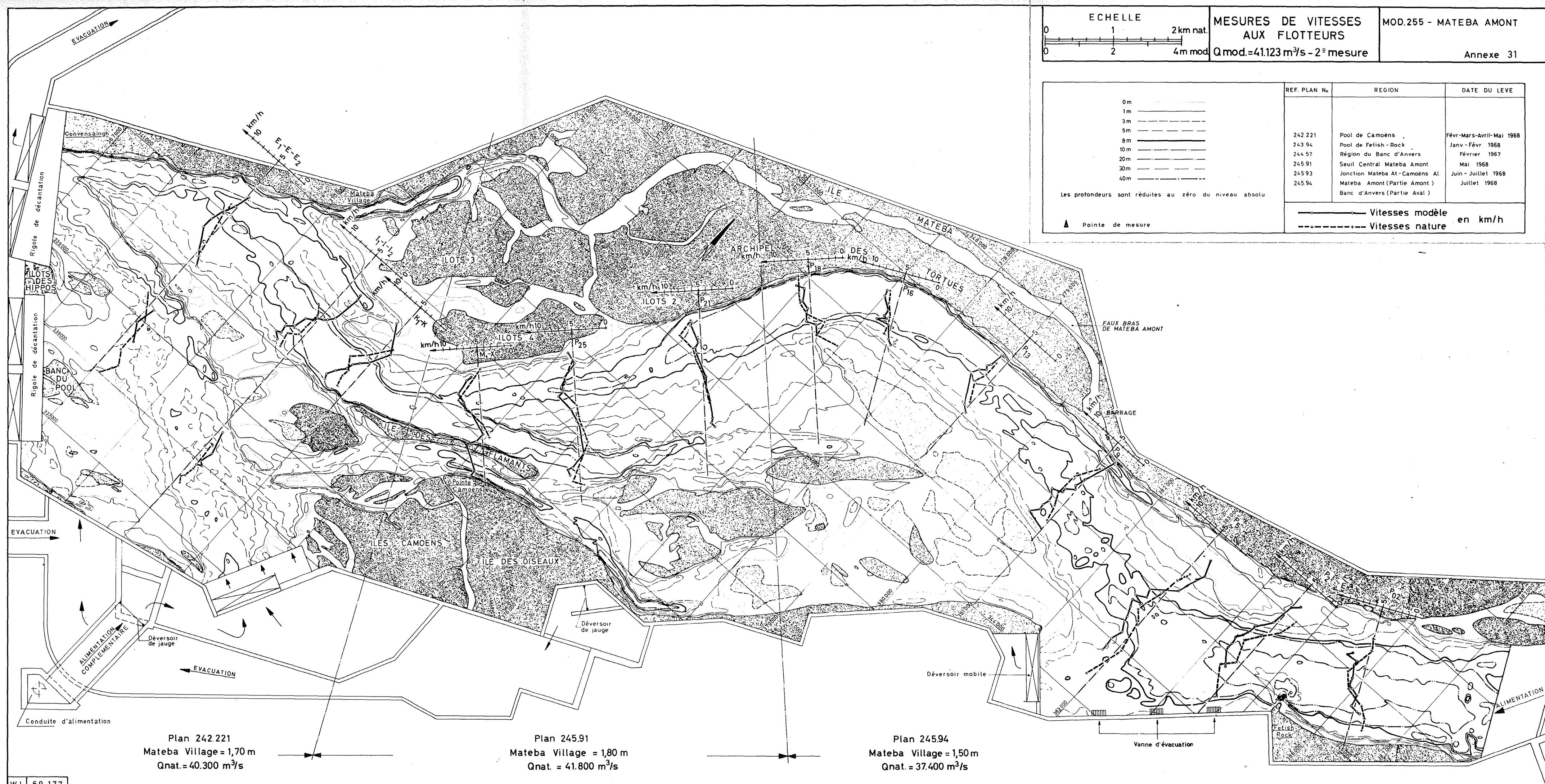
Annexe 29

Légende :

--- 6.3 --- Vitesses nature en km/h
--- 5.9 --- Vitesses modèle







ECHELLE
0 1 2 4km nat.
0 2 4m mod.

MESURES DE VITESSES
AUX FLOTTEURS
MOD.255 - MATEBA AMONT
3^e mesure

MOD.255 - MATEBA AMONT
Annexe 32

Légende :

6,3 ----- Vitesses nature
5,9 ----- en km/h
Vitesses modèle



Q = 37.400 m³/s

MESURES DE VITESSES

MOD 255

3^o mesure

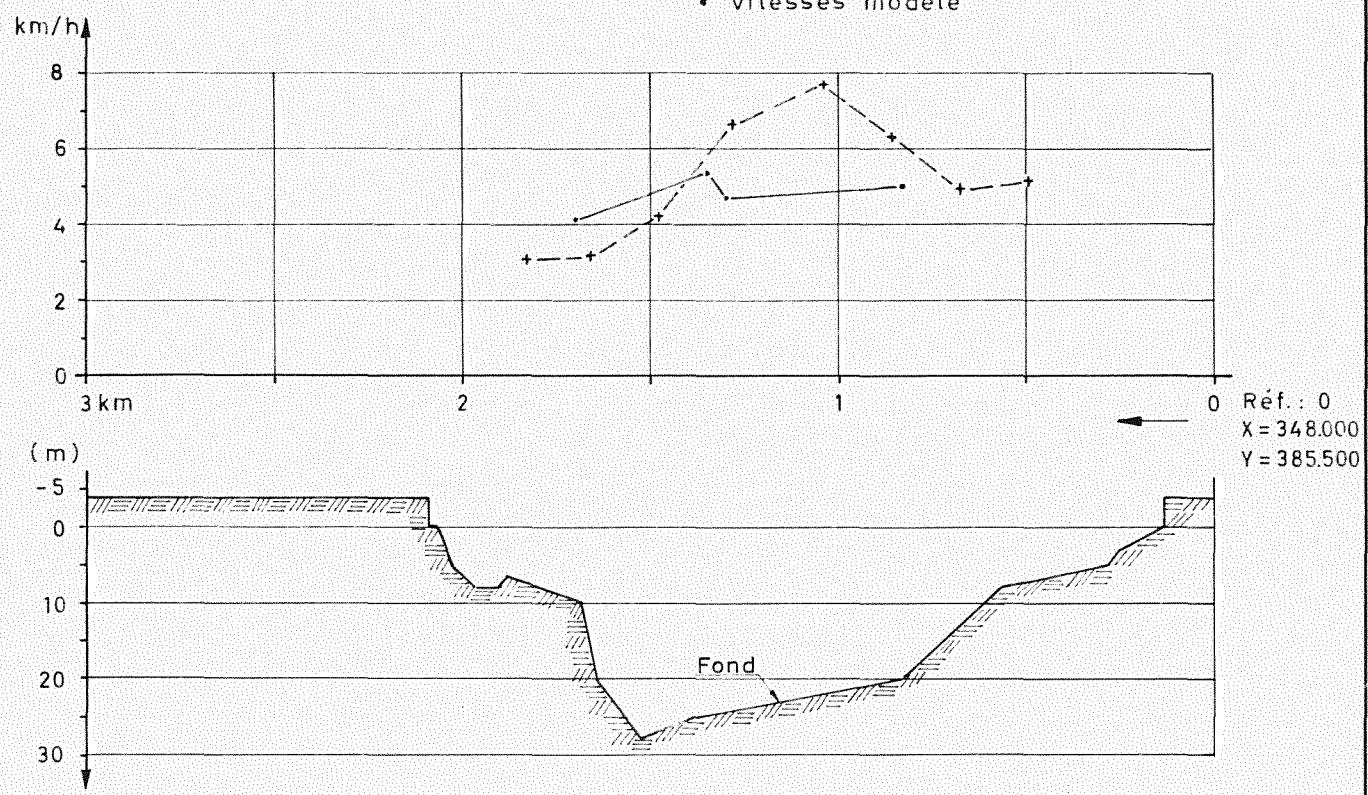
AUX FLOTTEURS

MOD 255

Annexe 33

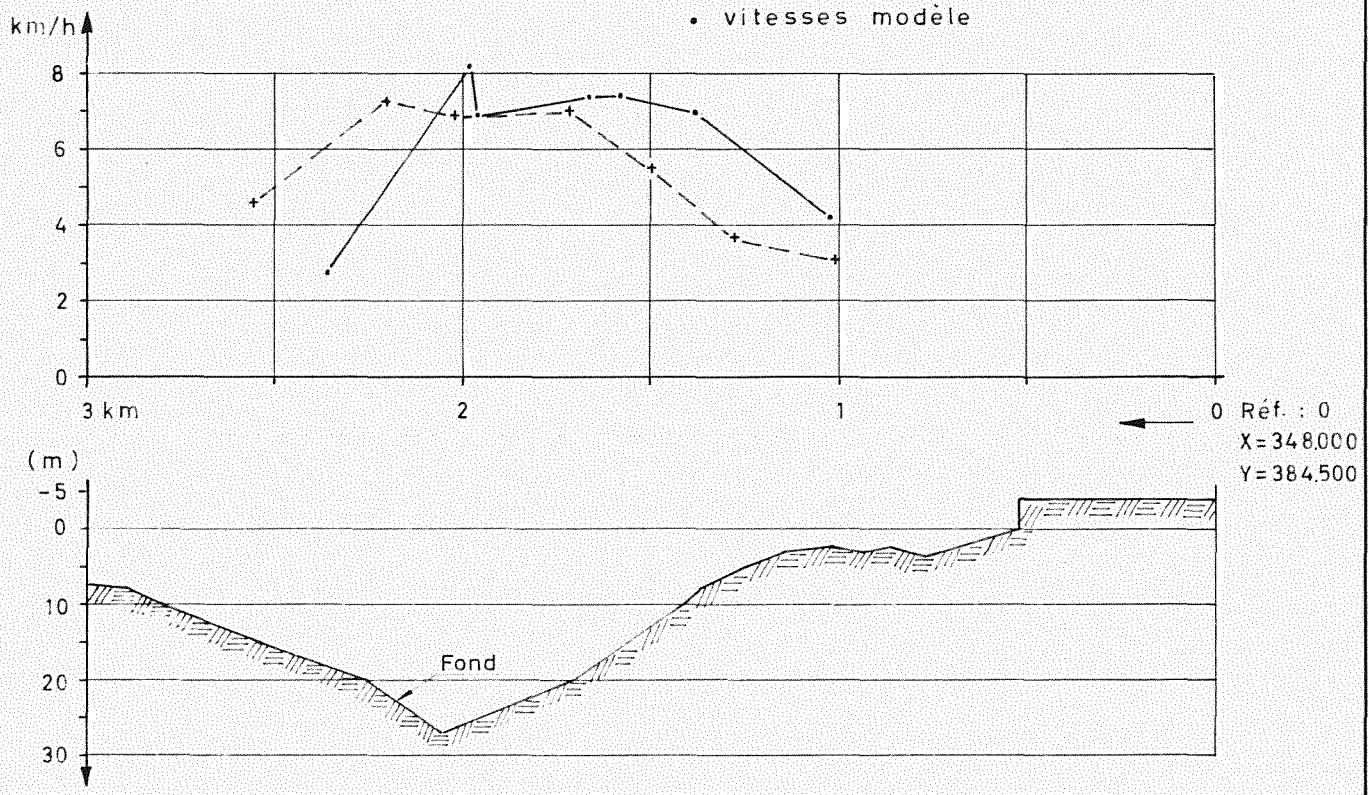
PROFIL Po 2 : + vitesses nature

• vitesses modèle



PROFIL P 2 : + vitesses nature

• vitesses modèle



Q = 37.400 m³/s

MESURES DE VITESSES

MOD.255

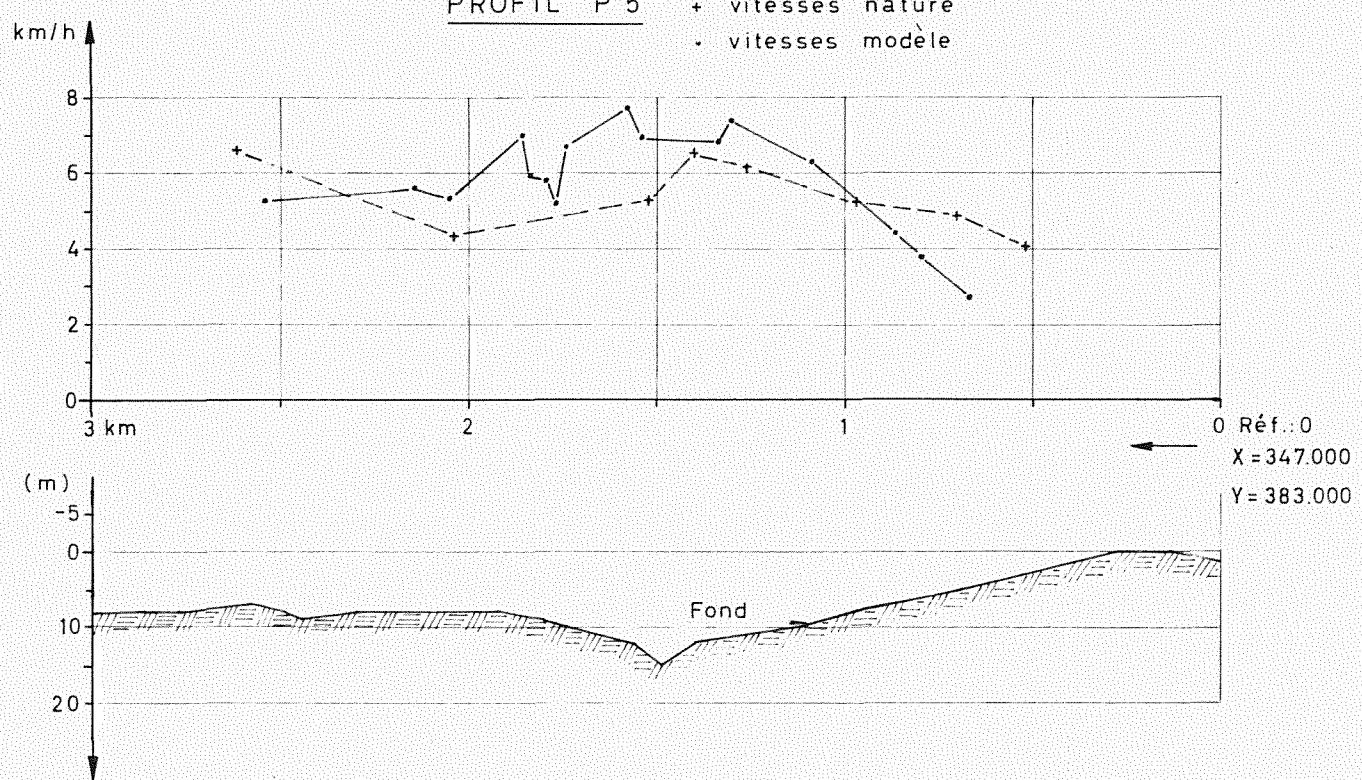
3^o mesure

AUX FLOTTEURS

Annexe 34

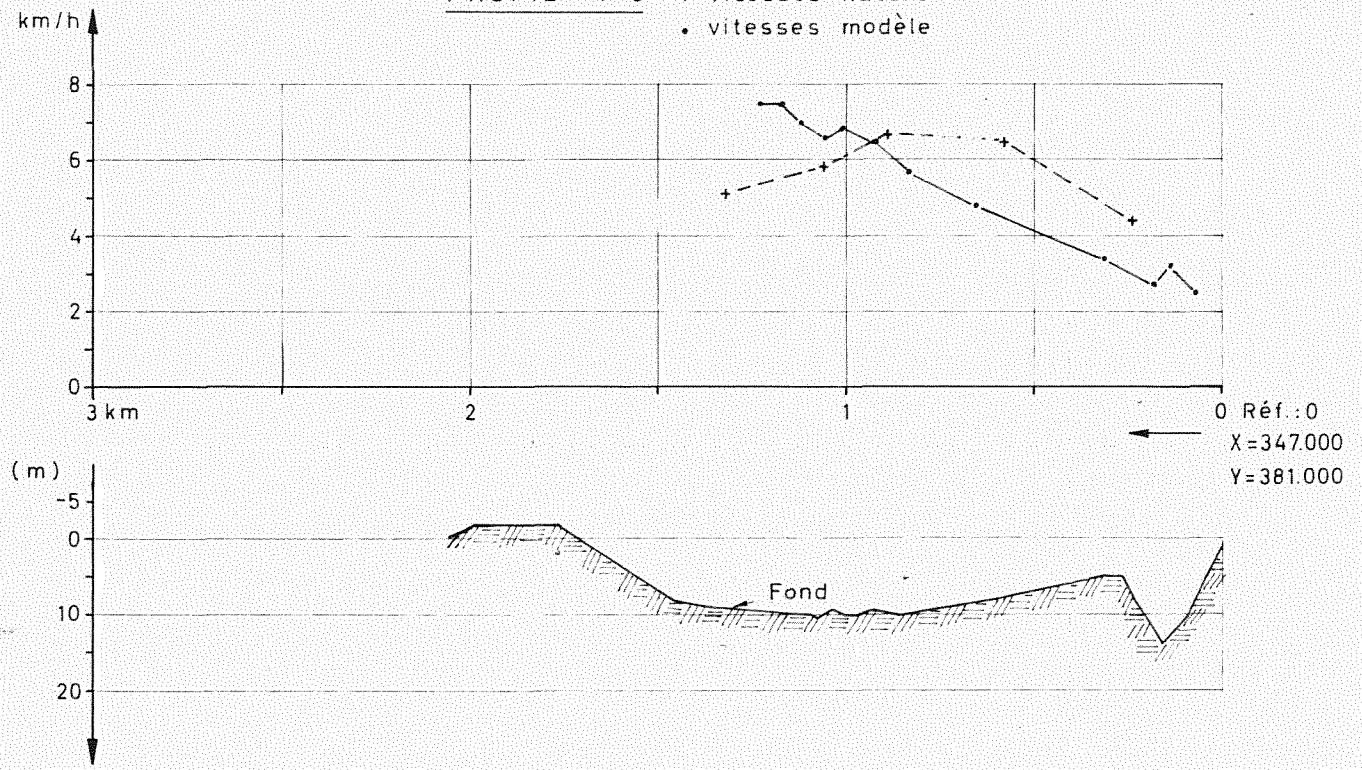
PROFIL P 5

+ vitesses nature
• vitesses modèle



PROFIL P 9

+ vitesses nature
• vitesses modèle



Q = 37.400 m³/s

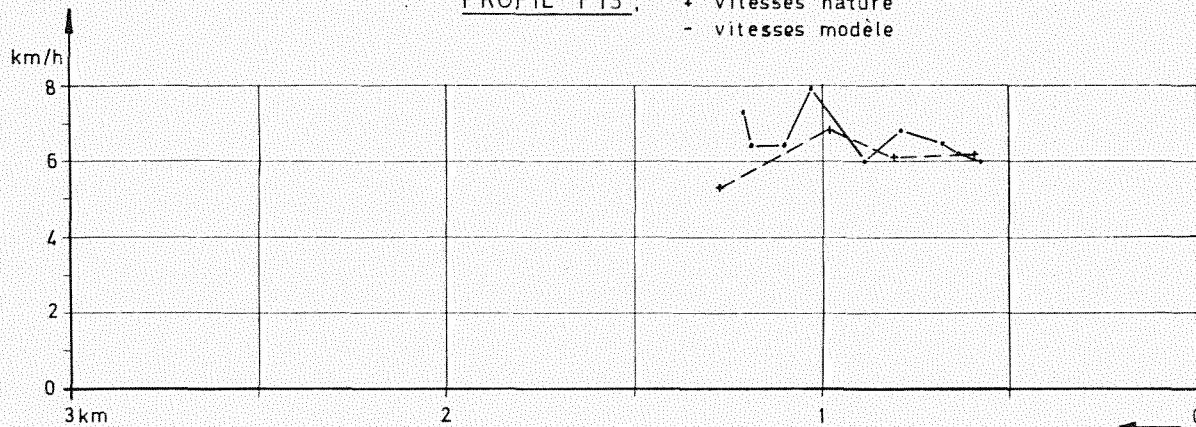
MESURES DE VITESSES
AUX FLOTTEURS

MOD.255

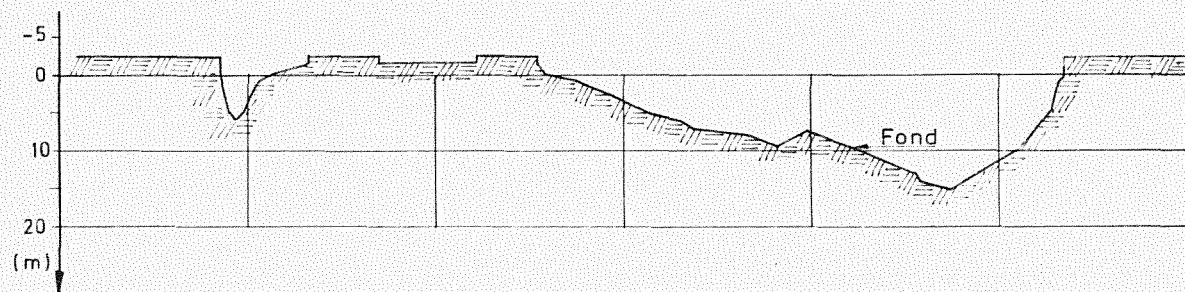
3^o mesure

Annexe 35

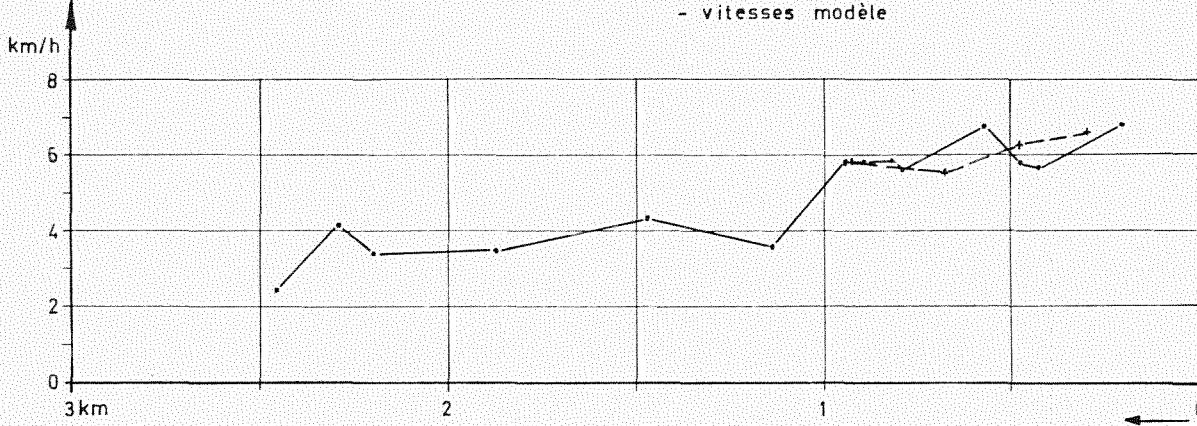
PROFIL P13 : + vitesses nature
- vitesses modèle



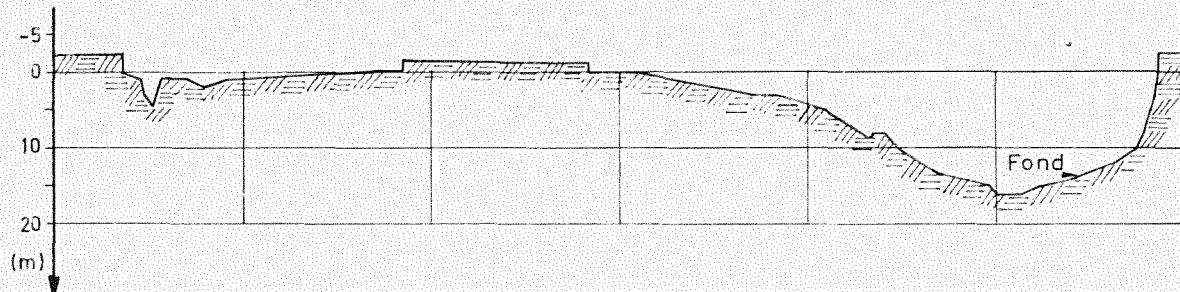
Réf. 0
X = 347.500
Y = 379.000



PROFIL P16 : + vitesses nature
- vitesses modèle



Réf. 0
X = 347.000
Y = 377.000



$Q_{P18} = 37.400 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{P21} = 41.800 \text{ m}^3/\text{s}$

3^e mesure

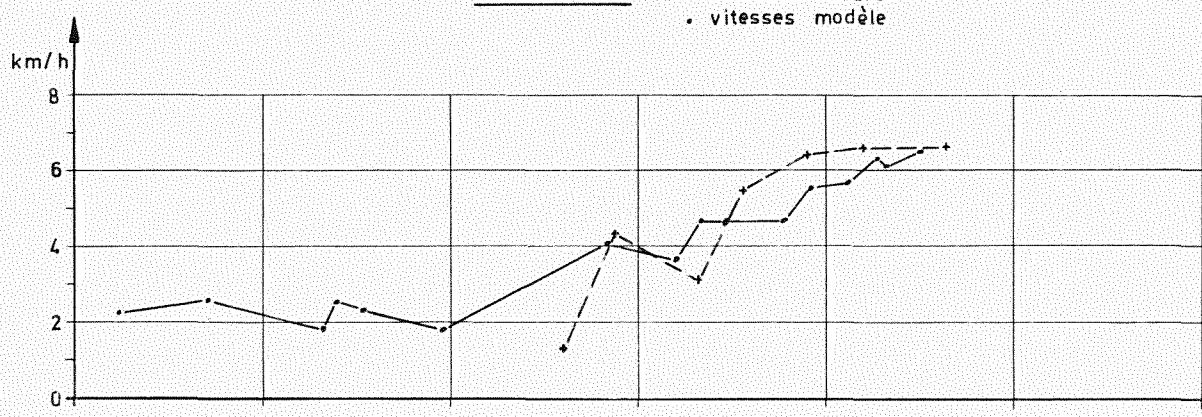
MESURES DE VITESSES

AUX FLOTTEURS

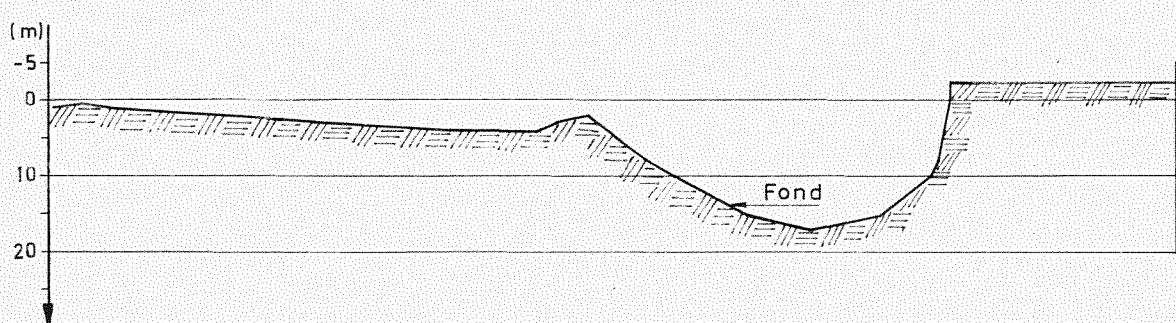
MOD.255

Annexe 36

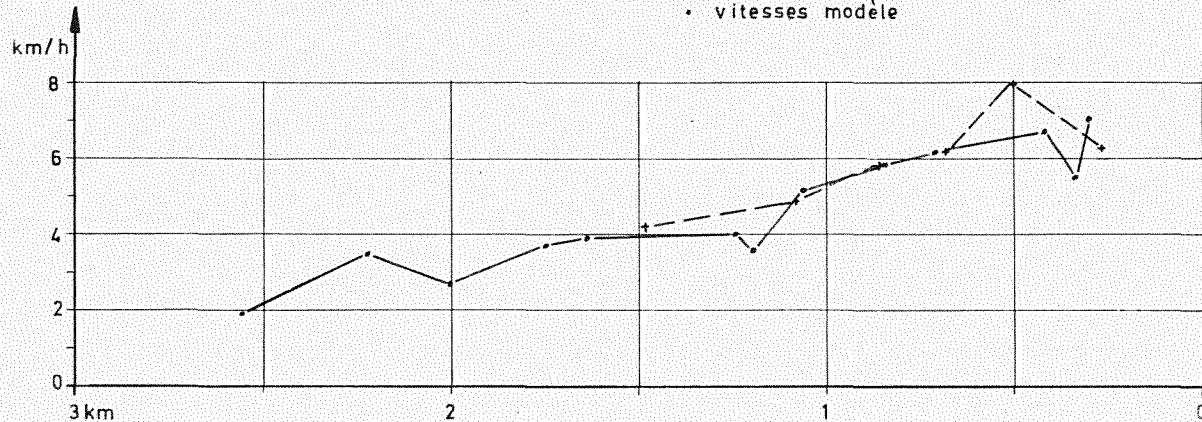
PROFIL P18 : + vitesses nature
• vitesses modèle



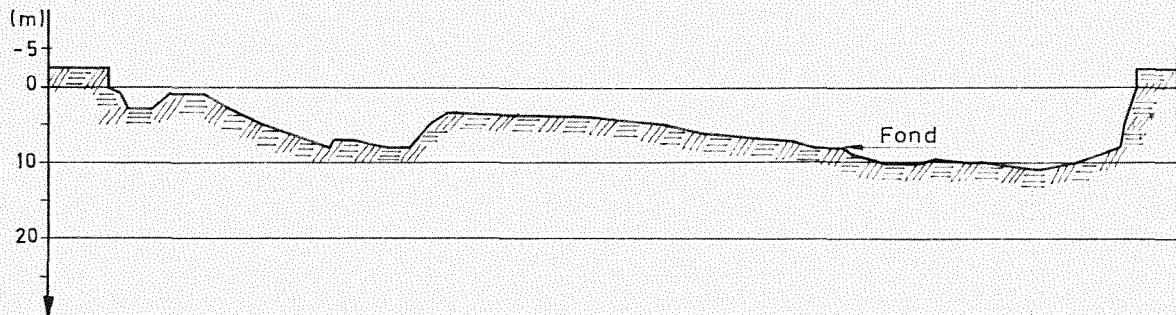
Réf. 0
X = 346.500
Y = 375.500



PROFIL P21 : + vitesses nature
• vitesses modèle



Réf. 0
X = 344.680
Y = 375.000



Q = 41.800 m³/s

MESURES DE VITESSES

MOD.255

3^e mesure

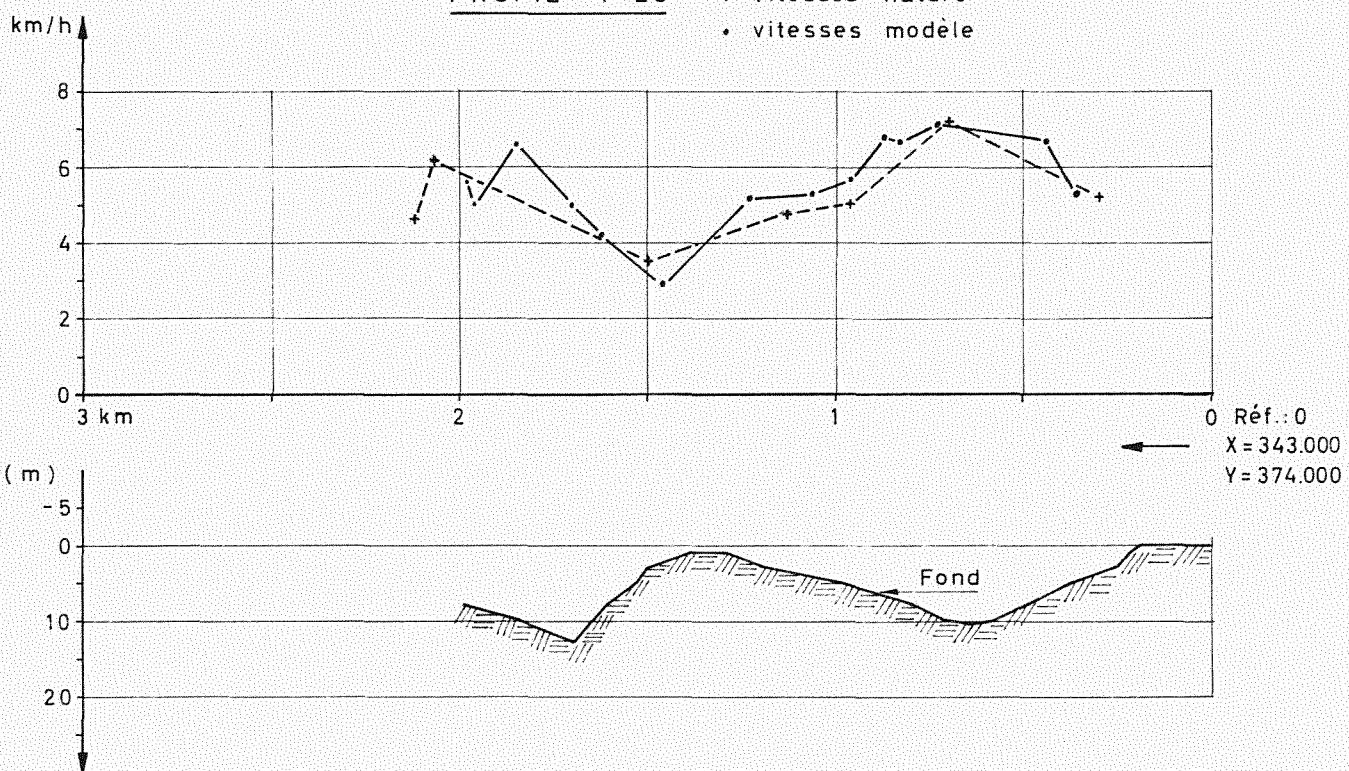
AUX FLOTTEURS

Annexe 37

PROFIL P 25

+ vitesses nature

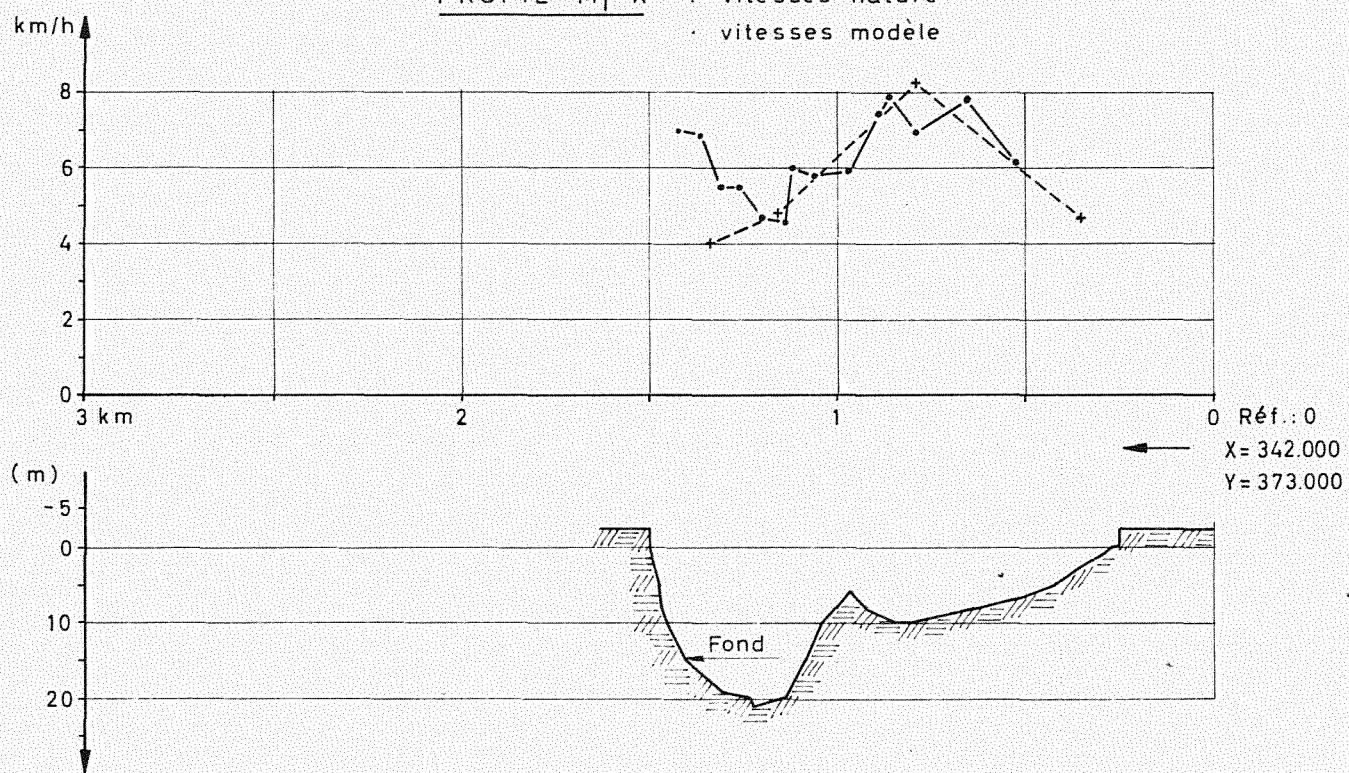
• vitesses modèle



PROFIL M1-X

+ vitesses nature

• vitesses modèle



Q = 40.300 m³/s

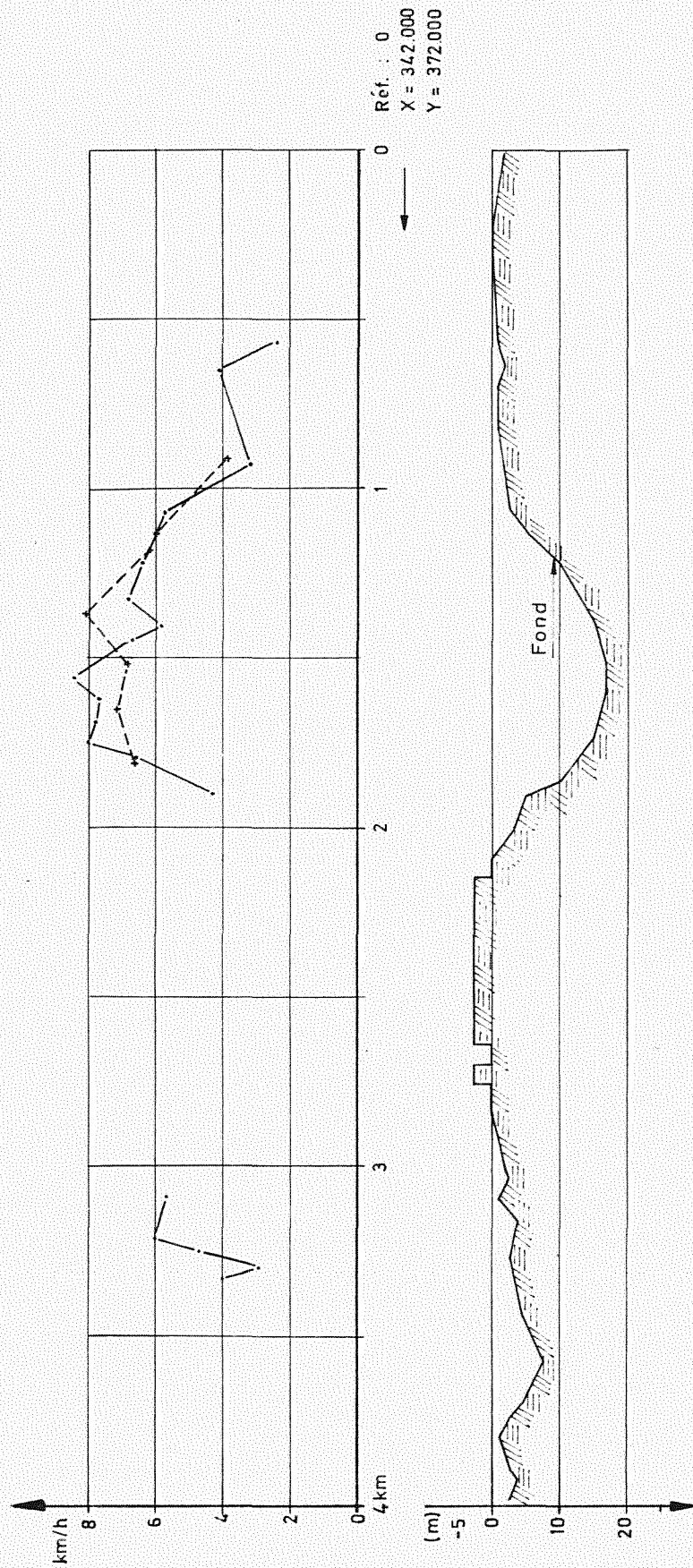
3^o mesure

MESURES DE VITESSES
AUX FLOTTEURS

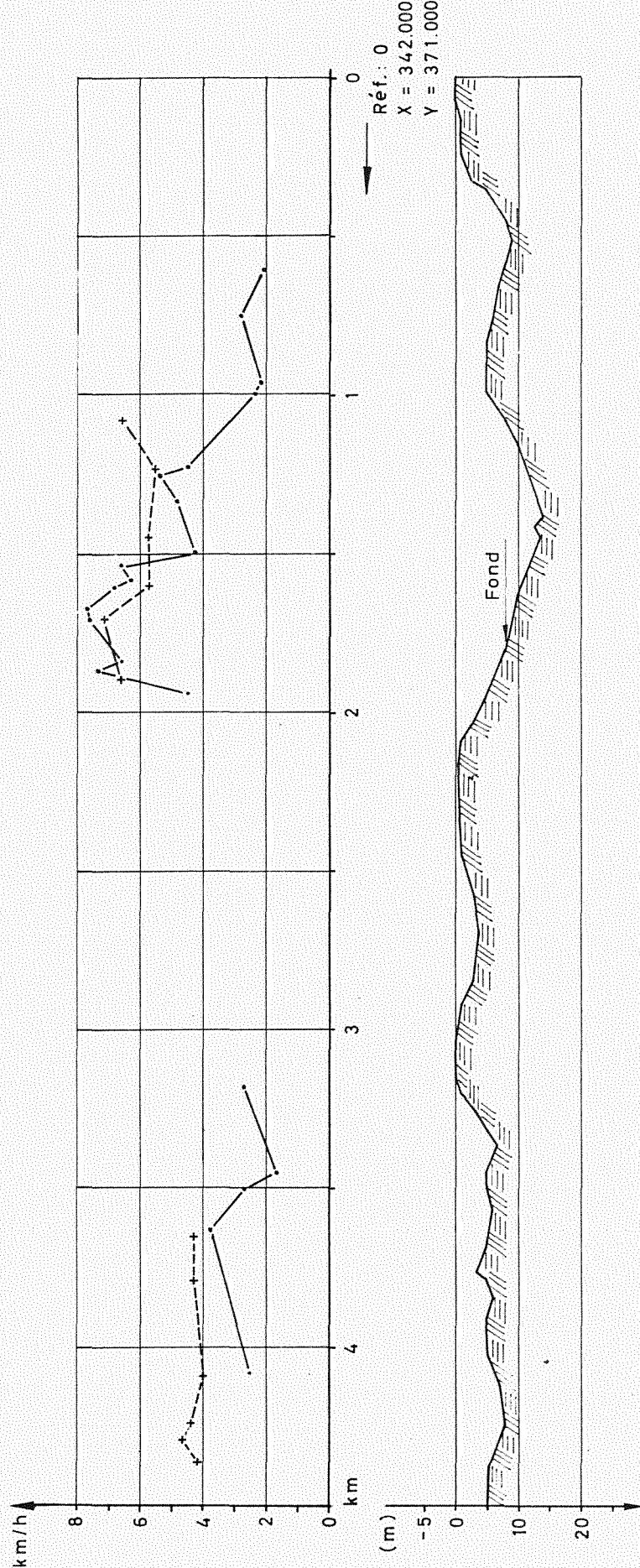
MOD.255

Annexe 38

PROFIL K₁-K₂ : + vitesses nature
- vitesses modèle



PROFIL I₁-I₂-I₃ : + vitesses nature
• vitesses modèle



$$Q = 40.300 \text{ m}^3/\text{s}$$

MESURES DE VITESSES

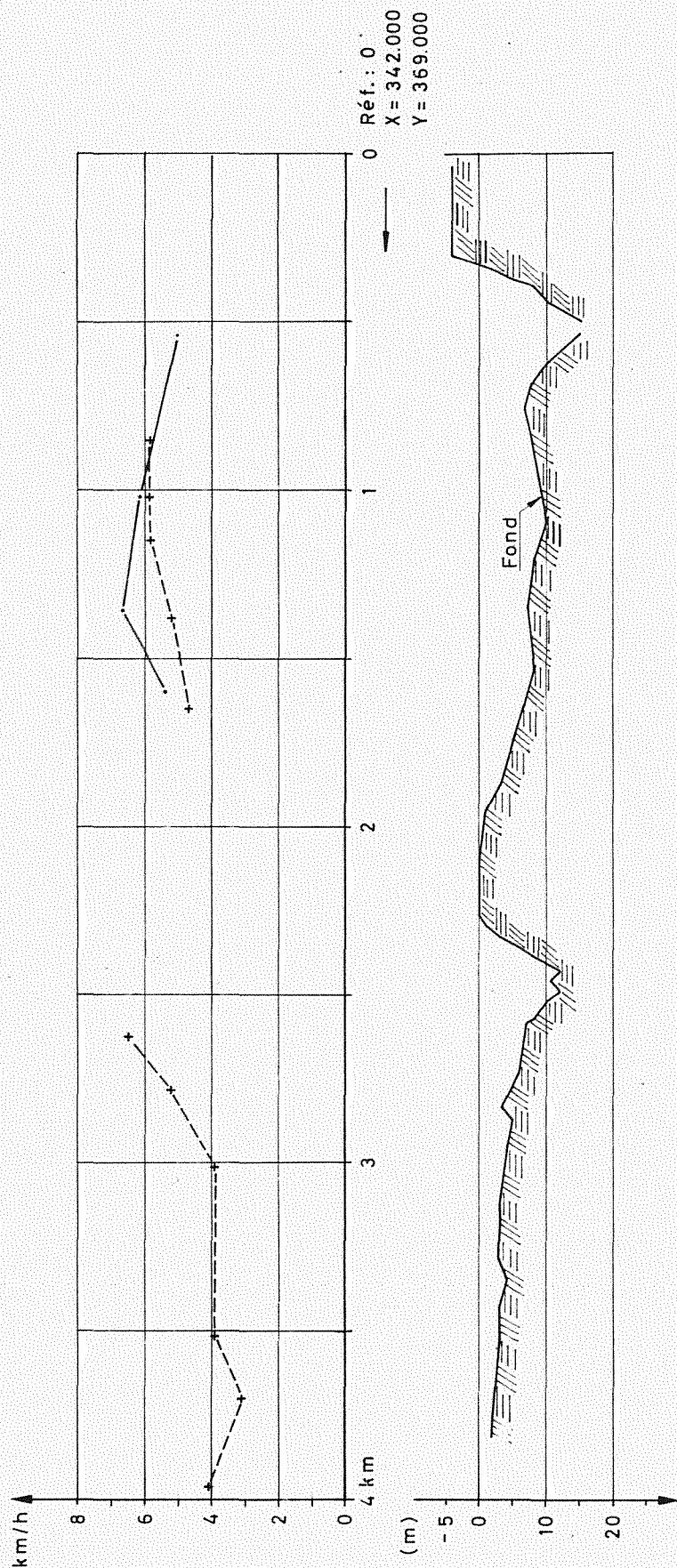
MOD. 255

3° mesure

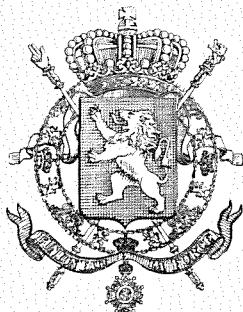
AUX FLOTTEURS

Annexe 40

PROFIL E₁-E-E₂ : + vitesses naturelles
• vitesses modèle



LABORATOIRE DE RECHERCHES
HYDRAULIQUES
borgerhout anvers



ministère des travaux publics
ponts et chaussées
administration des voies hydrauliques