

Mesures de débit faites en Seine-Maritime au cours de la crue de janvier 1955

Combinaison de la crue et de la marée

Flow measurements in the Maritime-Seine during the flood of January 1955

Combination of the flood and the tide

PAR D. LAVAL

Dans cet article, l'auteur après avoir rappelé les caractéristiques générales du bassin de la Seine-Maritime soumis à la marée, expose les mesures de courant faites à l'occasion de la crue de janvier 1955 et il en discute les résultats. Il montre l'incidence de la crue sur les phénomènes de marée et attire l'attention sur la réduction des cubes échangés entre la mer et le fleuve provoquée par la crue. Il en résulte une atténuation des effets de la crue dans le domaine du fleuve soumis à la marée.

In this article the author recalls the characteristics of the catchment area of the Maritime-Seine subject to tides, he then describes the current measurements made during the flood of January 1955 and discusses the results. He indicates the effect of the flood on the tidal phenomena and draws attention to the reduction in the volumes exchanged between the sea and the river because of the flood. Hence the effects of the flood are prolonged in the portion of river subject to tidal action.

I. — RAPPEL DES CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA SEINE-MARITIME

La section de la Seine soumise à la propagation de la marée a, de Poses au Havre, une longueur de 165 km. :

Barrage de Poses à Rouen 41 km
 Rouen à l'embouchure de la Risle.... 105 km
 La Risle au méridien du Havre (estuaire) 19 km
 Longueur totale..... 165 km

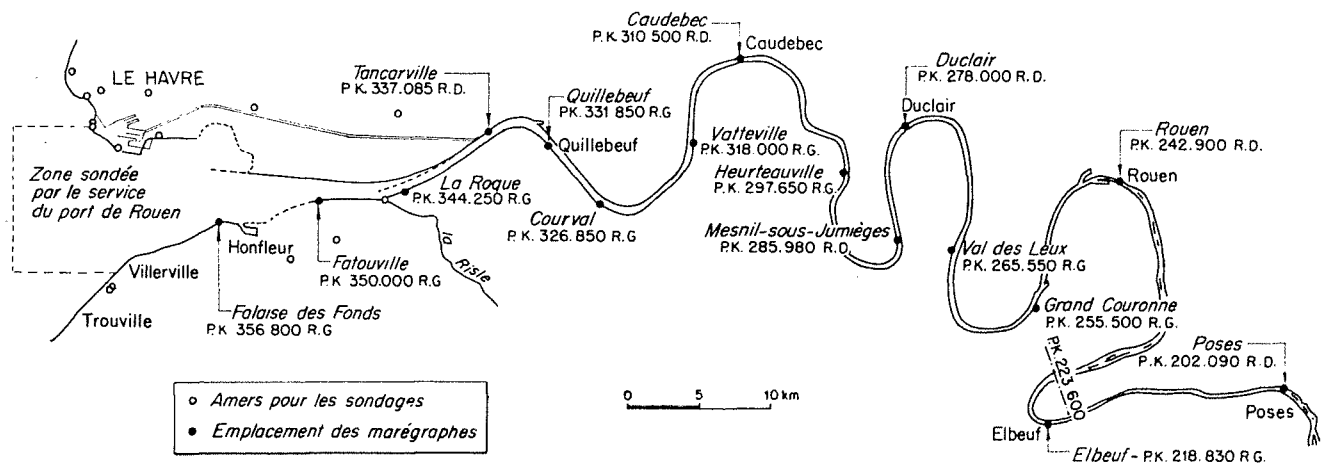


FIG. 1.

Les variations de niveau dues à l'action de la marée sont les suivantes :

TABLEAU A

LOCALITÉ	MARNAGE en mortes-eaux de coeff. 45 et en vives-eaux de coeff. 110		DIS- TANCE A ROUEN en km
	Coef- ficient 45 (M. E.) en m	Coef- ficient 110 (V. E.) en m	
Méridien du Havre....	3,45	7,54	124
Embouchure de la Risle...	3,62	6,71	105
Quillebeuf	3,21	6,00	90
Caudebec	2,35	4,07	67
Duclair	1,49	2,77	36
Rouen	1,58	2,43	

Le débit fluvial moyen à Rouen est évalué à 450 m³/s, ce qui correspondrait à 6 l/s par km² de bassin versant.

Comme on l'a signalé plus haut, le débit moyen pour lequel sont établies les prévisions de marée est de 250 m³/s et correspond au débit moyen pour la période du 1^{er} mai au 1^{er} octobre.

Entre Rouen et la Risle, la section d'écoulement varie de manière assez régulière de 2.000 m² à 6.000 m² au niveau de mi-marée, et la largeur de 150 m à 600 m (sauf un court étranglement à 130 m dans le port maritime de Rouen).

En amont de Rouen, la Section est encombrée d'îles et est irrégulière. Entre Poses et Rouen, elle varie de 500 à 1.500 m² au niveau de mi-marée, et sa largeur de 100 à 500 m.

II. — MESURES DE COURANT FAITES EN SEINE A L'OCCASION DE LA CRUE DE JANVIER 1955

Trois mesures ont été faites :

- L'une à Rouen, le 26 janvier, entre 8 h. et 16 h;
- L'autre à Mesnil-sous-Jumièges (42 km en aval de Rouen), le 27 janvier;
- La troisième à Courval (84 km en aval de Rouen), le 28 janvier.

Seule l'observation faite à Rouen a comporté un jaugeage complet.

Le maximum de la crue ayant été atteint à Mantes dans la journée du 25 janvier, et la durée de transmission du débit de Mantes à Rouen étant de l'ordre de 48 heures, la mesure du 26 janvier à Rouen doit correspondre à un débit un peu inférieur au maximum. L'écart peut être de l'ordre de 30 m³/s, différence entre le débit moyen à Mantes pendant la journée du 24 et le maximum réalisé dans la journée du 25.

Les conditions de mesures ont été les suivantes :

MESURES A ROUEN

La section de mesure a été choisie à proximité

du marégraphe de Rouen (P.K. 242,800 de la Seine).

La largeur de la section de mesures est de 130 m, la profondeur moyenne pendant le jaugeage a été de 14 m.

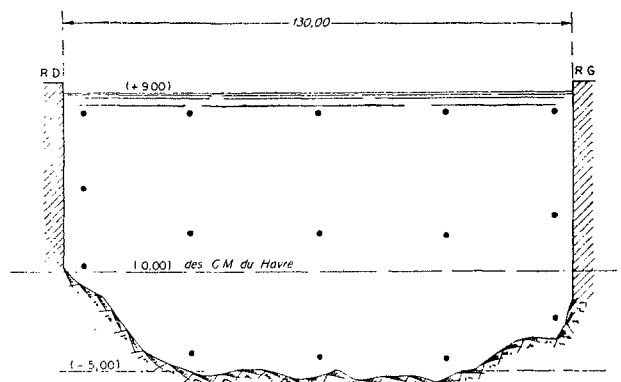


FIG. 2.

On doit d'abord signaler les sujétions particulières résultant des conditions locales.

1° Sous l'action de la marée, le débit variait d'une manière continue; il n'était à peu près stable qu'en fin de jusant, pendant les 3 heures précédant l'heure de basse-mer où il atteignait son maximum. Du fait de l'influence de la crue, le courant restait dirigé vers l'aval pendant toute la marée; la renverse était donc supprimée; mais la vitesse n'était à l'heure de marée haute que de 60 % environ de son maximum en fin de jusant.

Du fait de ces variations, il n'était donc possible de mesurer que le débit fluvial moyen pendant une marée de 12 h. 30 en calculant la moyenne des débits pendant la même période;

2° Une méthode rigoureuse aurait exigé des observations pendant 12 heures consécutives. L'activité de la navigation les a limitées à 8 heures (4 heures avant et après pleine mer). En dehors de cette période, les courants sont heureusement peu variables.

Pendant la période de fin de jusant (3 heures avant B.M.) où le débit varie peu, deux jaugeages

complets ont été exécutés en mesurant au moulinet Dumas le courant en trois points de cinq verticales, soit en 15 points de la section et pendant au moins 40 secondes en chaque point.

Pendant le reste de la marée on s'est contenté de mesurer tous les quart d'heure la vitesse en trois points de la verticale du milieu de la section. La rapidité des variations de vitesse pendant cette période interdisait en effet tout jaugeage complet.

Par intégration graphique, on a ensuite déterminé le débit au moment des deux jaugeages effectués. Ces débits ne sont encore que des débits moyens pendant le temps nécessaire à l'exécution des observations, soit 1 heure par opération de jaugeage. Mais comme aux moments choisis les vitesses varient peu, on peut considérer que l'on a obtenu le débit avec une bonne approximation à 2 h 25 et 3 h 40 après basse-mer du Havre (3 h 30 et 2 h 15 avant basse mer à Rouen), points moyens des périodes de mesure.

Le même calcul a permis de déterminer, aux mêmes instants, le rapport de la vitesse moyenne

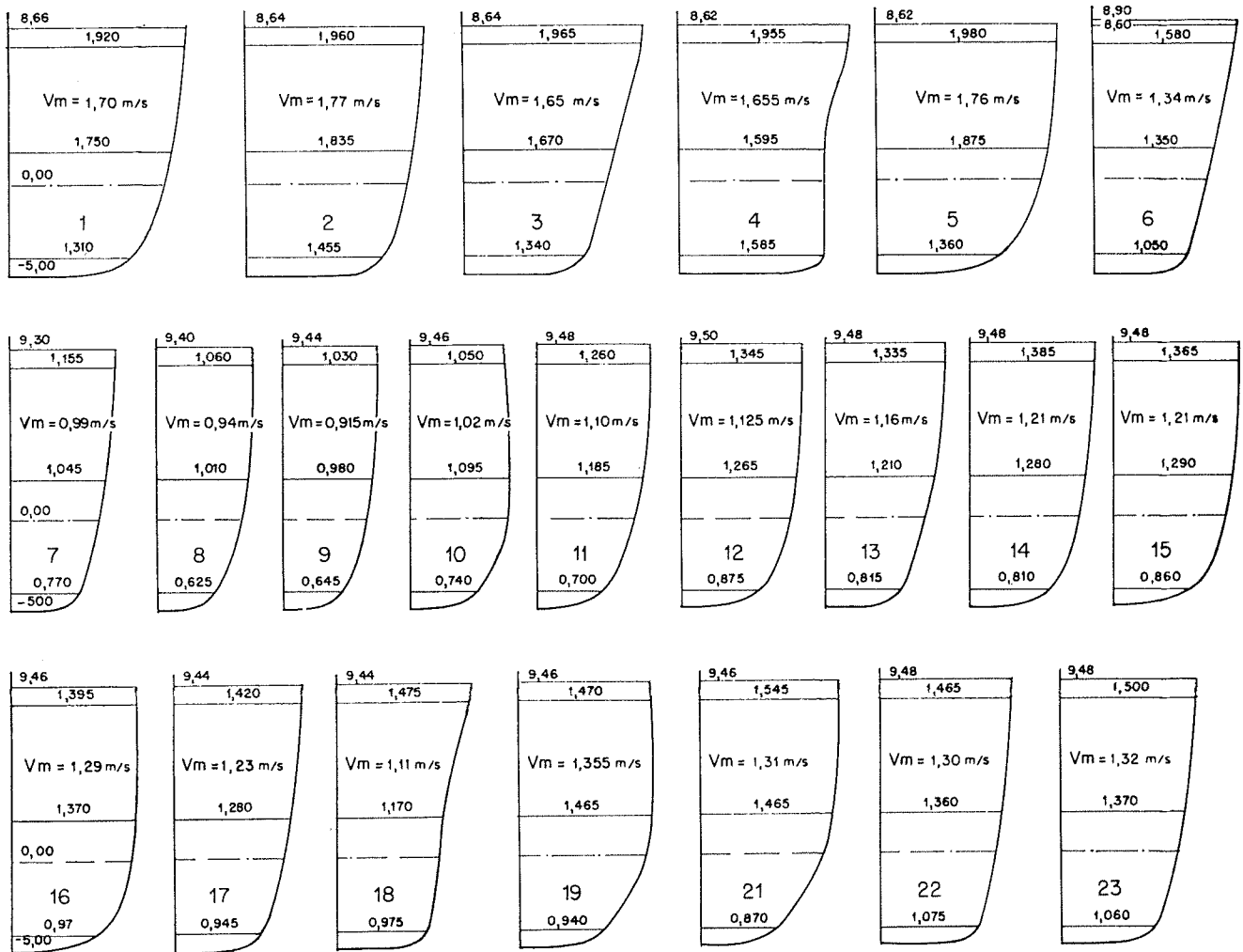


FIG. 3.

dans la section à la vitesse moyenne sur la verticale du milieu de la section. On a trouvé 0,84 et 0,845. On a adopté le chiffre de 0,84 qui est un peu supérieur au coefficient habituellement obtenu dans nos mesures par courant fluvial moyen ou faible et qui varie entre 0,80 et 0,82.

Le coefficient choisi a permis de calculer la vitesse moyenne dans la section aux autres moments de la marée.

La courbe des débits ainsi déterminés montre que le débit variait au cours de la marée entre 1.385 m³/s et 2.525 m³/s, le débit moyen étant 2.160 m³/s.

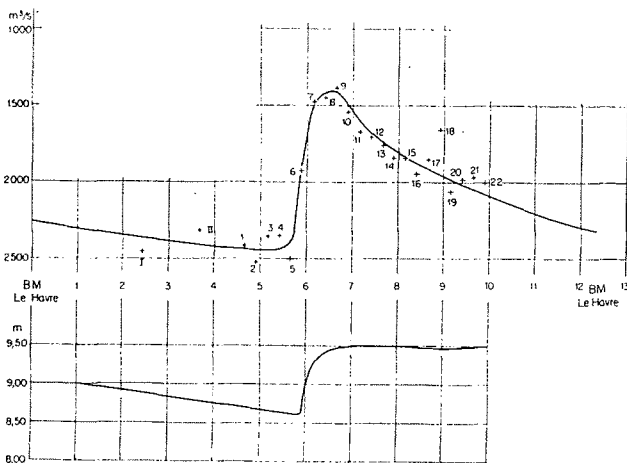


FIG. 4.

Les causes d'erreurs propres à la méthode suivie peuvent être appréciées comme il suit :

a) Calcul de la vitesse moyenne dans la section d'après la moyenne des vitesses prises en trois points (1 m du fond, milieu de la hauteur et 1 m de la surface) de la verticale milieu de la section : 2 % environ;

b) Détermination par extrapolation des vitesses de courant pendant les périodes où les observations n'ont pas été possibles (4 heures sur 12) : 1 % environ;

c) L'ajustement de la courbe de débit aux points représentatifs des mesures est correct, l'écart moyen ne semblant pas excéder 1 % du débit moyen. Une seule mesure est aberrante, celle de 8 h 50 après B.M. du Havre, qui donne une insuffisance de débit de 300 m³/s par rapport au point de la courbe. Mais, chose intéressante, cette anomalie, d'influence d'ailleurs négligeable, coïncide avec le passage au même instant dans la section jaugée d'une dépression de niveau de 10 cm environ qui a été nettement enregistrée par le marégraphe. On peut se demander si cette dépression correspond à l'arrivée du deuxième flot (la courbe de marée dans l'estuaire comporte en effet deux maxima distants de 2 h 30 environ).

On peut donc admettre que les causes particulières d'erreurs, propres aux circonstances spéciales des mesures, et s'ajoutant aux causes générales d'erreur d'un jaugeage effectué dans des conditions normales sur un fleuve à courant constant, sont de l'ordre de 4 % du débit moyen mesuré sur l'intervalle de la marée (12 h 30), donc de l'ordre de 100 m³/s.

Nous rappellerons d'autre part que la mesure n'a pas été faite au maximum de la crue et que la moyenne obtenue est probablement inférieure de 30 m³/s à ce maximum.

MESURES A MESNIL-SOUS JUMIÈGES ET A COURVAL

Les mesures à Mesnil-sous-Jumièges et à Courval ont comporté seulement la détermination de la vitesse moyenne sur la verticale milieu de la section, la vitesse moyenne dans la section étant calculée par application du coefficient 0,84.

D'autre part, et pour les mêmes raisons qu'à Rouen, les observations n'ont pas été faites pendant une partie du baissant.

Les débits fluviaux moyens mesurés dans ces conditions ont été les suivants :

Mesnil-sous-Jumièges	1.860 m ³ /s
Courval	1.660 m ³ /s

III. — INCIDENCE DE LA CRUE SUR LES PHÉNOMÈNES DE LA MARÉE

La marée était pendant la période du maximum de la crue une marée de vives eaux moyennes, de coefficient 92, atteignant son maximum le 27 janvier.

HAUTEURS

Une crue provoque à la fois le relèvement du

niveau moyen et la réduction du marnage. Ces effets sont nuls à l'embouchure et croissent de l'aval à l'amont, comme le montre le tableau suivant pour la journée du 27 janvier.

Le marnage devient insensible à proximité d'Elbeuf, à 25 km environ en amont de Rouen.

TABLEAU B

LOCALITÉ	DISTANCE A ROUEN en km	SURÉLEVATION DU NIVEAU DE :			RÉDUCTION DU MARNAGE	
		P.M.	B.M.	moyen	en m	en %
		en m	en m	en m		
La Risle.....	105		inappréciable			
Courval.....	84	0,40	0,60	0,50	0,20	4 %
Mesnil-sous-Jumièges.....	42	1,10	1,85	1,475	0,75	25 %
Rouen.....	0	1,75	3,40	2,57	1,65	65 %
Poses.....	41	4,60	6,10	5,30	1,50	100 %

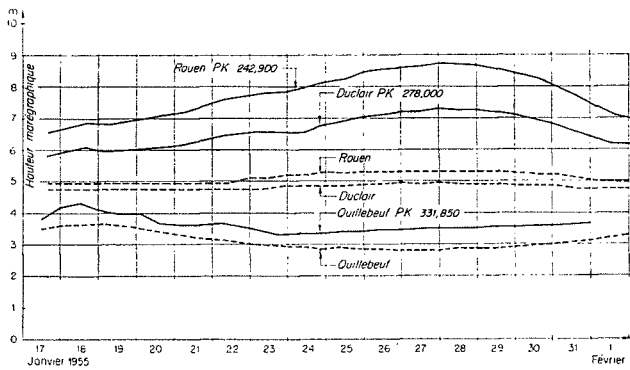


FIG. 5.

L'allure du lieu des P.M. et du lieu des B.M. en aval de Rouen est sensiblement modifiée.

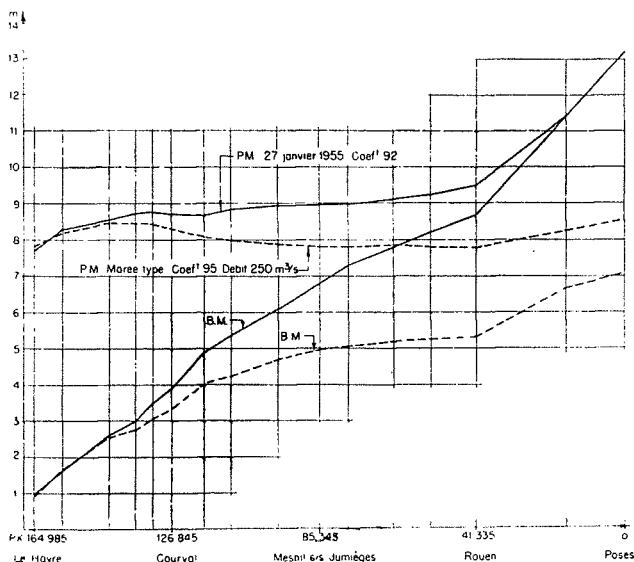


FIG. 6.

Pour une marée de coefficient 92 avec débit d'été, le niveau des P.M. subit une surélévation de 0,40 m entre le méridien du Havre et Tancarville (sur 25 km), puis il s'abaisse régulièrement sur 50 km environ de Tancarville à Mesnil-sous-Jumièges pour rejoindre en ce point le niveau du Havre; il reste à ce niveau jusqu'à Rouen.

Sous l'effet de la crue, le lieu des P.M. présente une pente moyenne de 1,6 cm par km entre Rouen et Mesnil-sous-Jumièges et de 0,8 cm par km entre Mesnil-sous-Jumièges et Courval. La pente moyenne à l'amont de Rouen est beaucoup plus forte et voisine de 8 cm/km.

RENVERSE DES COURANTS

Un effet particulièrement visible de la crue est la suppression de la renverse de courant dans toute une partie située en amont de la zone soumise à la marée. La limite vers l'aval de cette zone est très variable avec le coefficient de marée : sa position dépend en effet du rapport entre le débit de crue et le débit propre de la marée.

On a ainsi observé que le 27 janvier, au maximum de la crue, mais pour une marée de coefficient 92, la renverse de courant réapparaissait à 30 km en aval de Rouen.

Par contre, quelques jours avant, pour un débit de crue inférieur, mais pour un coefficient de marée plus faible, la renverse de courant ne se produisait pas à Caudebec à 67 km de Rouen.

Les chiffres suivants permettent d'apprécier l'importance relative d'un débit de crue de l'ordre de 2.000 m³/s par rapport au débit maximum instantané de flot et de jusant en divers points du fleuve et pour divers coefficients de marée :

TABLEAU C
DÉBITS MAXIMUM INSTANTANÉS POUR UN DÉBIT FLUVIAL DE 250 M³/S

LOCALITÉS	DÉBIT MAXIMUM DE FLOT			DÉBIT MAXIMUM DE JUSANT		
	Coefficient 104	Coefficient 92	Coefficient 70	Coefficient 104	Coefficient 92	Coefficient 70
		m ³ /s			m ³ /s	
La Risle.....	16.000	14.000	10.400	6.400	6.150	5.600
Courval.....	8.000	7.000	5.700	4.000	3.700	3.000
Mesnil-sous-Jumièges....	3.200	2.950	2.500	2.500	2.300	1.800
Rouen.....	1.400	1.300	1.100	1.250	1.100	900

CUBES ÉCHANGES

On sait qu'on peut déterminer par la méthode des cubatures, en comparant les lignes d'eau à deux moments voisins, le débit échangé E à travers cette section sous l'influence de la marée.

Le débit réel Q s'obtient en déduisant ou en ajoutant le débit fluvial F au débit ainsi calculé, suivant qu'il s'agit d'un débit de flot ou d'un débit de jusant.

Une crue provoque une réduction du marnage dans une grande partie du fleuve : elle diminue donc le débit échangé sous l'influence de la marée dans toutes les sections du fleuve et finalement le débit échangé entre le fleuve et la mer.

Il en résulte que si l'on appelle Q', E', F' les quantités relatives aux circonstances de crues, on a les relations suivantes :

$$E' < E \text{ à tout instant,}$$

$$Q' < Q - (F' - F) \text{ au flot,}$$

$$Q' < Q + (F' - F) \text{ au jusant.}$$

autrement dit :

-- Le débit de flot diminue d'une quantité supérieure à la différence entre les débits fluviaux F' - F;

-- Le débit de jusant augmente d'une quantité

inférieure à la différence entre les débits fluviaux F' - F.

Cette dernière constatation permet de dire que la marée évolue de manière à atténuer dans le domaine fluvio-maritime l'effet de la crue qui se trouve ainsi amortie dans cette partie du fleuve. Les chiffres suivants montrent l'importance de cet effet :

TABLEAU D

CUBE D'EAU PÉNÉTRANT EN SEINE PENDANT UNE MARÉE POUR UN COEFFICIENT 92				
(millions de m ³)				
Localités	Débit fluvial normal (250 m ³ /s)		Débit de la crue du 27-1-1955 (2.150 m ³ /s)	
	Cube	Durée du flot	Cube	Durée du flot
Courval.....	64 M	5 h 00	21 M	2 h 30
Mesnil-sous-Jumièges....	34 M	4 h 50	8,5 M	1 h 50
Rouen.....	12 M		néant	

IV. — COMPARAISON DE LA CRUE DE 1955 AVEC LA CRUE DE 1910
PRÉVISION DES CRUES EN SEINE-MARITIME

La hauteur de la pleine mer dépend des éléments suivants :

- Coefficient de marée,
- Débit fluvial,
- Circonstances atmosphériques.

Une crue n'a d'incidence grave dans la région rouennaise que si elle coïncide avec de fortes marées. En janvier 1955, le maximum de débit de crue a exactement coïncidé avec le maximum d'une vive eau de coefficient heureusement

modéré (coefficient 92). De plus, en raison des hautes pressions qui régnerent sur la Manche, la cote prévue pour cette marée au Havre (7,85 m) n'a pas été atteinte, le niveau n'ayant pas dépassé la cote 7,65 m.

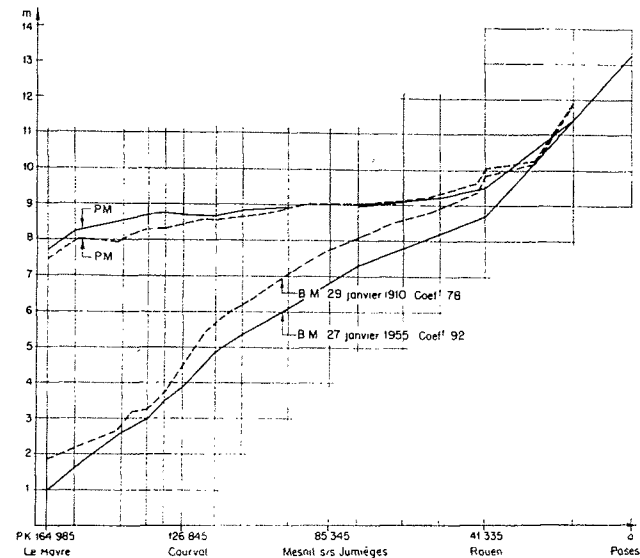


Fig. 7.

La crue de 1910 était en coïncidence avec une marée encore inférieure (7,40 m au Havre le 29 janvier 1910). Elle a cependant provoqué à

Rouen une montée excédant de 0,50 m celle observée en 1955.

La crue du 9 janvier 1920, bien que d'un débit nettement inférieur à celle de 1910, a été marquée par le même niveau des pleines mers à Rouen que cette dernière. Elle coïncidait avec une marée de vive eau plus forte et une dépression atmosphérique dont la combinaison a donné la cote (+ 8,50) au Havre.

La comparaison entre les cotes de P.M. observées le 29 janvier 1910, le 9 janvier 1920 et le 27 janvier 1955, s'établit comme suit :

TABLEAU E

LOCALITÉS	1910	1920	1955
Le Havre.....	7,45	8,50	7,68
Courval.....	8,60	8,95	8,72
Mesnil-sous-Jumièges.....	9,03	9,08	8,95
Rouen.....	10,05	10,05	9,53
Elbeuf.....	11,96	X	11,43

DISCUSSION

La discussion commune aux communications de MM. OBOLENSKY, LAVAL, BABINET et GRAND se trouve à la fin de l'article de M. GRAND.

