

PROTECTION DU LITTORAL  
DE VALRAS

SOGREAH



SOGELERG

5 1287

Mars 1991

## SOMMAIRE

OBJET DE L'ETUDE	I
SYNTHESE ET CONCLUSIONS	II
CHAPITRE 1 - RAPPEL DES PHENOMENES NATURELS	1
1.1 Description du site	1
1.2 Données océanographiques	1
1.3 Données topographiques et sédimentologiques	8
CHAPITRE 2 - MOUVEMENTS SEDIMENTAIRES	10
2.1 Généralités	10
2.2 Mouvements des sédiments dus à la houle et aux courants	10
2.3 Mouvements dans le profil	11
2.4 Transit littoral	12
2.5 Mouvements des sédiments dus au vent	13
CHAPITRE 3 - AMENAGEMENTS PROPOSES POUR LA RESTAURATION ET LA PROTECTION DE LA PLAGE	14
3.1 Rappel des principales caractéristiques de la dynamique sédimentaire. Conséquences sur l'aménagement	14
3.2 Objectifs et contraintes à satisfaire	15
3.3 Critères pour le dimensionnement en plan des brise-lames	16
3.4 Dispositions générales	19
3.5 Solutions proposées	23
3.6 Comparaison des solutions	25
3.7 Aménagement d'un ouvrage de promenade	27

LISTE DES FIGURES

- 1.1 SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE
- 1.2 REPARTITIONS MENSUELLES DU VENT A SETE
- 1.3 REPARTITION STATISTIQUE DES HAUTEURS DES HOULES (SECTEURS 65° - 165°)
- 1.4 REPARTITION STATISTIQUE DES HAUTEURS DES HOULES (SECTEURS 165° - 265°)
- 1.5 REPARTITION ANNUELLE DES HAUTEURS DE VAGUES (1981)
- 1.6 REPARTITION ANNUELLE DES HAUTEURS DE VAGUES (1982)
- 1.7 REPARTITION ANNUELLE DES HAUTEURS DE VAGUES (1983)
- 1.8 REPARTITION ANNUELLE DES HAUTEURS DE VAGUES (1984)
- 1.9 a PLANS DE REFRACTION DES HOULES
- 1.13
- 1.14 EVOLUTION DES FONDS MARINS DE 1968 A 1984
- 1.15 INFLUENCE DU BRISE-LAMES SUR L'EVOLUTION DES FONDS
- 1.16 INTERPRETATION DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES 1974,
- 1.17 INTERPRETATION DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES 1986-1989
- 2.1 MOUVEMENT DANS LE PROFIL - TRANSIT LITTORAL
- 3.1 PARAMETRES ENTRANT DANS LE DIMENSIONNEMENT DES BRISE-LAMES
- 3.2 DIMENSIONS DU BRISE-LAMES DE VALRAS
- 3.3 DIMENSIONS DES BRISE-LAMES DE PLAGE DE SETE - LAZARET
- 3.4 DEBOUCHE DES EAUX PLUVIALES
- 3.5 SOLUTION 1
- 3.6 SOLUTION 2
- 3.7 SOLUTION 3
- 3.8 AMENAGEMENT DES PLATEFORMES "BAIN DE SOLEIL"

## OBJET DE L'ETUDE

La plage de Valras, au Sud du débouché de l'Orb s'est lentement érodée entre 1970 et 1982. La tempête de Novembre 1982 a brutalement accentué le phénomène à 600 m environ au Sud de la jetée de l'Orb.

En Septembre 1983, la mer est venue attaquer le poste de secours.

En 1984, il a été décidé de réaliser un brise-lames de protection de 200 m de longueur, à environ 175 m du rivage pour protéger le littoral.

Ce brise-lames a été construit en 1986. Le comportement du littoral a été celui consécutif à tel aménagement c'est-à-dire qu'un tombolo s'est formé derrière le brise-lames et le littoral avoisinant a reculé quelque peu.

Actuellement le compartiment Nord, entre l'Orb et le brise-lames semble stabilisé. Par contre, côté Sud, l'érosion s'est accentuée et lors de la tempête de mars 1991, la mer est venue attaquer le boulevard de front de mer à 50 m au Sud-Ouest du débouché des eaux pluviales.

L'étude proposée, à la demande de la Commune de Valras, assistée par le Service Maritime et de Navigation du Languedoc-Roussillon, a pour but de préciser les données hydrosédimentaires, afin d'élaborer des esquisses d'aménagements de protection.

oOo

## SYNTHESE ET CONCLUSIONS

### 1. RESULTAT DU DIAGNOSTIC DU REGIME HYDROSEDIMENTAIRE

La plage de Valras s'est lentement érodée de 1970 à 1982. La tempête de 1982 a atteint le boulevard de front de mer au droit du Poste de Secours. Celui-ci a été protégé par la mise en place d'un brise-lames en 1986. Actuellement, la plage située entre ce brise-lames et le Casino souffre d'érosion, alors que la partie située entre le brise-lames et le débouché de l'Orb semble stable.

Cette plage est soumise à l'action :

- . des agitations résiduelles du large d'orientations prédominantes N 220-240 et N 120-140 : ces agitations entraînent une dérive des sables de sens opposés ; le transit résultant est relativement faible dans le sens NE-SW sur une période relativement longue ;
- . des transports éoliens qui restent faibles dans cette partie du littoral.

L'examen des relevés bathymétriques, pris à diverses époques, montre l'évolution suivante du littoral de Valras-Plage :

- . les fonds entre 0 et -3 m se sont lentement érodés (levés bathymétriques de 1968 à 1984),
- . l'érosion a été plus importante au droit du Poste de Secours.

L'examen des photographies aériennes (1974, 1986 et 1989) et les relevés bathymétriques au droit du Poste de Secours montrent l'influence du brise-lames mis en place en 1986 sur l'évolution du trait de côte.

Ce brise-lames a entraîné la formation d'un tombolo au dépend des plages avoisinantes.

Actuellement, la plage entre le débouché de l'Orb et le brise-lames s'est réengraissée naturellement. Celle située à l'Ouest du brise-lames possède une largeur de 5 m au droit du débouché des eaux pluviales.

## 2. EXAMEN DES SOLUTIONS D'AMENAGEMENTS PROPOSEES

### 2.1 OBJECTIFS

L'analyse du diagnostic du régime hydrosédimentaire nous conduit à proposer une protection du littoral par des brise-lames.

La Municipalité souhaite à terme protéger la partie du littoral comprise entre le brise-lames actuel et le Casino, c'est-à-dire s'étendant sur un linéaire de 600 m environ.

### 2.2 CONTRAINTES

Les contraintes existantes sur le site sont :

- . un épi de 75 m de longueur,
- . le débouché en mer des eaux pluviales,
- . l'aménagement prévu d'un ouvrage destiné aux promenades, face au Casino,
- . de minimiser l'impact des aménagements sur le littoral non protégé, particulièrement à l'Ouest.

### 2.3 CRITERES DE DIMENSIONNEMENT DES BRISE-LAMES

Les relations employées, pour dimensionner les brise-lames, doivent être adaptées au littoral considéré (pente des fonds, mouvements sédimentaires, etc.).

Les relations utilisées ont été calées sur les brise-lames de Sète-Lazaret et sur celui de Valras-Plage.

Les critères retenus pour le dimensionnement des ouvrages sont notamment :

- . la réduction autant que possible de l'impact à la côte,
- . la formation d'un tombolo ne se rattachant pas définitivement à l'ouvrage.

On cherchera donc à obtenir une valeur du rapport de la longueur du brise-lames ( $L_s$ ) au trait de côte ( $X$ ) de l'ordre de 0,7 à 0,8.

Pour l'espacement entre les brise-lames, une valeur du rapport  $L_g/X$ , entre la longueur de l'ouverture  $L_g$  et sa distance au trait de côte ( $X$ ) de l'ordre de 0,9.

## 2.4 PROTECTION DU DEBOUCHE EN MER DES EAUX PLUVIALES

La protection au droit du débouché des eaux pluviales, actuellement très érodée, serait assurée par un brise-lames de 60 m de longueur, placé à environ 130 m du boulevard. Le collecteur des eaux pluviales serait prolongé par une conduite et se jetterait en mer sur la face côté large du brise-lames. Cette conduite serait protégée par des enrochements et traverserait le brise-lames à une cote comprise entre -0,5 et -1 m.

L'épi existant, n'ayant plus d'utilité, pourra donc être supprimé.

## 2.5 REDUCTION DE L'IMPACT SUR LE LITTORAL AVOISINANT

Afin de limiter l'impact sur le littoral avoisinant, il convient :

- . d'apporter simultanément à la réalisation des ouvrages les sédiments nécessaires à la formation du tombolo,
- . d'apporter les sédiments nécessaires au réalignement du trait de côte dans la partie la plus érodée,
- . de terminer l'aménagement à l'Ouest par un brise-lames le moins agressif possible (longueur : 50 m, distance au trait de côte : 70/80 m).

## 2.6 DESCRIPTION DES SOLUTIONS PROPOSEES

### 2.6.1 Solution n° 1

Elle est constituée par une série de 4 brise-lames : 3 de 60 m de long, et 1 de 50 m, espacés de 70 m, implantés par des fonds de l'ordre de -2,00 m à -2,50 m.

La réalisation de ces ouvrages doit être accompagnée d'un apport de sable de 41 000 m<sup>3</sup> (mesurés en place).

Un tel aménagement peut être réalisé par phases. Les brise-lames A<sub>1</sub> et B<sub>1</sub> permettraient d'enrayer le processus d'érosion dans la zone où il est le plus intense. Le brise-lames D<sub>1</sub> peut ne pas apparaître nécessaire. Dans ce cas, C<sub>1</sub> serait dimensionné comme D<sub>1</sub>.

### 2.6.2 Solution n° 2

Elle est aussi constituée par une série de 4 brise-lames A<sub>2</sub> à D<sub>2</sub>. A<sub>2</sub> et C<sub>2</sub> auraient 60 m de longueur et seraient implantés par fonds de -2,5 m environ.

Le brise-lames B<sub>2</sub> aurait 100 m de long et serait placé par fond de -3,5 m à -4,0 m. Le brise-lames D<sub>2</sub> aurait 50 m de long et serait implanté à 70/80 m du trait de côte.

La réalisation de ces ouvrages doit être accompagnée d'un apport de sable de 44 000 m<sup>3</sup> (mesurés en place).

Les trois premiers ouvrages A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub> et C<sub>2</sub> devraient être réalisés simultanément. Comme pour la solution n° 1, le brise-lames D<sub>2</sub> peut ne pas apparaître nécessaire.

### 2.6.3. Solution n° 3

Cette solution est intermédiaire entre la 1 et la 2. Elle est constituée par 4 brise-lames de longueurs de 60 m (A<sub>3</sub>), 70 m (B<sub>3</sub>), 50 m (C<sub>3</sub>, D<sub>3</sub>), implantés par fonds de -2,0 à -2,5 m, sauf B<sub>3</sub> qui est implanté par des fonds de -2,5 m à -3,0 m.

Les apports de sable doivent être de l'ordre de 43 000 m<sup>3</sup> (mesurés en place).

Le phasage pourrait consister à ne réaliser que les deux premiers brise-lames A<sub>3</sub> et B<sub>3</sub>. Cependant, il est préférable de mettre en place les 3 premiers.

## 2.7 COMPARAISON DES SOLUTIONS

Les 3 solutions proposées offrent une protection du littoral équivalente, tout en répondant aux objectifs visés et en satisfaisant aux contraintes imposées.

C'est la solution n° 2 qui nécessite le plus de linéaire d'ouvrages. Elle sera plus coûteuse et ce d'autant plus que l'ouvrage B<sub>2</sub> est implanté par fonds de -4 m.

Les solutions n° 1 et 3 se prêtent mieux à une réalisation par phases.

## 2.8 AMENAGEMENT D'UN OUVRAGE DE PROMENADE

L'ouvrage type promenade envisagé dans le cadre de la Z.A.C. "Evasion" se terminerait en mer 60 à 80 m au large après avoir traversé la plage.

Un ouvrage type estacade sur pieux est préférable car il n'aura quasiment pas d'impact sur l'évolution de la plage.

## Chapitre 1

### RAPPEL DES PHENOMENES NATURELS

#### 1.1 DESCRIPTION DU SITE (Figure 1.1)

La plage de Valras est située au Sud-Ouest du débouché de l'Orb. Cette plage peut être découpée en deux parties, situées chacune de part et d'autre du brise-lames de protection qui se trouve approximativement à 500 m du débouché de l'Orb.

Un épi de 76 m de longueur a été mis en place en 1990. Il est décalé par rapport au débouché des eaux pluviales, d'une dizaine de mètres vers l'Est.

Actuellement le compartiment, entre le brise-lames et le débouché de l'Orb semble stabilisé. Par contre du côté Sud-Ouest, l'érosion s'est accentuée sur un linéaire de 400 m environ, mettant en danger la stabilité du boulevard du front de mer.

Après la tempête de Mars 1991, des enrochements ont été disposés en haut de plage, sur une centaine de mètres de long.

#### 1.2 DONNEES OCEANOGRAPHIQUES

##### 1.2.1 LA MAREE

La marée est faible, son amplitude d'après les enregistrements de Sète ne dépasse pas 30 cm en vive-eau. Elle est du type semi-diurne avec souvent une inégalité diurne.

Les variations du niveau de la mer, dues aux variations de pression atmosphérique et surtout à l'effet des vents persistants, sont beaucoup plus marquées que celles de la marée astronomique.

Par violente tempête de Sud-Est, l'élévation du niveau de la mer peut atteindre +1,3 m (C.M).

### 1.2.2 LES VENTS (Figure 1.2)

Les données de vent proviennent de la Météorologie Nationale : station de Sète. Le régime des vents est assez constant le long du littoral et se caractérise par la prédominance de deux directions opposées Nord-Ouest (tramontane) et Sud-Est (marin).

Les données de vent au sémaphore de Sète donnent le nombre de jours moyens pendant lesquels une forte tramontane y est observée.

Vent (en noeuds)	Fréquence (en j/an)
21 - 27	103
28 - 32	64
33 - 40	30
40 <	11

Les vents de Sud-Est sont moins fréquents (8 %) que les vents de Nord-Ouest (30 %). Les vents dépassent rarement 20 m/s.

### 1.2.3 LES COURANTS

La circulation générale des masses d'eau en Méditerranée a été étudiée par de nombreux organismes. Le long de la côte française existe en toutes saisons un courant général d'Est en Ouest. Les valeurs de ce courant restent faibles. Inférieur à 0,5 m/s à 3 milles de la côte. Sur le reste du littoral, sa vitesse est bien plus faible.

Les courants de marée ont des vitesses trop faibles pour qu'elles soient décelables à cause de la faible hauteur de la marée.

Les courants dus aux vents sont très instables à cause de l'inertie des masses d'eau et des changements brusques de direction du vent. Les vitesses restent toujours faibles.

Les seuls courants susceptibles de provoquer la mise en mouvement des sédiments sont les divers courants dus à la houle. Les autres courants ne peuvent que se superposer à ces derniers pour entraîner les particules mises en suspension par les vagues.

#### 1.2.4 LES AGITATIONS

Les agitations constituent le principal agent de dynamique du sédimentaire de la plage de Valras.

##### 1.2.4.1 Les données disponibles

Les sources de données disponibles pour déterminer les caractéristiques statistiques des houles sur la zone d'étude sont :

- . les mesures de houle par le houlographe de Sète - La Grande Motte,
- . les observations d'état de la mer et de directions faites depuis le sémaphore de Sète,
- . les observations par zones, en Méditerranée, des états de la mer et du vent effectuées par les navires et rassemblées par le K.N.M.I (Organisme hollandais) et le SMM.

On constate que le littoral est soumis à des agitations provenant des secteurs Sud-Ouest à Est.

##### 1.2.4.2 Houles et mers de vent au large

###### Hauteur et directions de provenance

L'analyse statistique des enregistrements de la bouée Datawell mouillée au large de Sète est résumée sur le tableau 1. Ces enregistrements ne donnent pas la direction des agitations.

Les zones couvertes par le KNMI et M.M. permettent de donner un aperçu des fréquences de houles par hauteur et secteur de provenance pour la période de 1961 à 1980 (Cf. figures 1.3, 1.4).

Ces 2 dernières statistiques montrent une prédominance des houles de secteur Est ( $90^{\circ}$  -  $110^{\circ}$ ) pour des houles dont la période de retour est inférieure à 5 ans, les plus fréquentes proviennent du secteur Sud-Est ( $120$  -  $150^{\circ}$ ).

Les figures 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 donnent la répartition statistique des hauteurs de houles par secteur, au sémaphore de Sète.

Tableau 1

STATISTIQUES MENSUELLES DES HAUTEURS DE HOULE A SETE  
(Bouée Datawell) - Période 1970 - 1979

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Hmax pondéré
Hauteur (m)													
0 à 0.5	9.65	9.38	15.33	16.95	27.81	42.31	50.94	42.92	42.70	15.28	16.92	9.82	25
0.5 à 1.0	23.99	29.4	30.95	29.88	38.30	40	35.27	38.72	28.41	37.73	29.56	24.78	32.26
1.0 à 1.5	24.14	25.29	23.07	29.02	16.20	11.67	10.36	12.5	13.89	20.72	24.62	23.36	19.57
1.5 à 2.0	14.99	13.41	15.03	15.13	9.55	2.04	2.40	4.28	3.02	15.16	15.59	17.04	10.64
2.0 à 2.5	7.78	8.05	5.95	5.17	4.78	0.83	0.77	1.14	2.14	9.03	5.89	9.08	5.05
2.5 à 3.0	7.13	4.89	4.69	2.30	2.81	1.39	0.26	0.17	1.39	5.09	3.52	6.62	3.36
3.0 à 3.5	4.18	3.26	2.31	0.86	0.56	0.83		0.17	0.71	3.47	1.71	4.46	1.88
3.5 à 4.0	1.95	2.78	1.71	0.48		0.74			0.32	1.97	0.57	2.75	1.11
4.0 à 4.5	2.23	1.72	0.45	0.10		1.85		0.09		1.27	0.86	1.04	0.66
4.5 à 5.0	1.37	0.86	0.30							0.46	0.76	0.89	0.39
5.0 à 5.5	0.79	0.86	0.07							0.11		0.07	0.16
5.5 à 6.0	0.86	0.10	0.07							0.11		0.07	0.10
6.0 à 6.5	0.72		0.07										0.07
6.5 à 7.0	0.144												0.012
7.0 à 7.5	0.07												0.006
7.5 à 8.0													
8.0 à 8.5													
8.5 à 9.0													
> à 9.0													

Le tableau ci-après résume les données de ces figures.

Secteur	HAUTEURS DE LA HOULE (en m)		
	Annuelle	Décennale	Centennale
65° - 165°	3,5	7,2	10
165° - 265°	3	5,9	8,2

On constate que les houles provenant du Sud-Est sont plus fortes que celles du secteur Sud-Ouest.

Après comparaison des données on a calculé les fréquences des hauteurs des houles à Sète puis les fréquences des hauteurs et périodes de houle par direction au débouché de l'Orb (Tableau 2).

Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-après.

SETE	
Hs	Calmes 35 %
0,2 - 1 m	44 %
1 - 2,5	18 %
2,5 - 4,5	2,8 %
> 4,5	0,2 %

*100%*

DEBOUCHE DE L'ORB	
Fréquences	Hs
45 %	0,2 - 1 m
16,4 %	1 - 2
3,2 %	2 - 3
1 %	3 - 4
0,35 %	> 4

Tableau 2  
**REPARTITION PAR HAUTEUR ET DIRECTION**  
**DES HOULES AU DEBOUCHE DE L'ORB**

T (s)	H1/3 (m)	85°	95°	105°	115°	125°	135°	145°	155°	165°	175°	Total %
4	0,2-1	1,5	2,5	3	3	4	4	5	7	7	8	45 %
6	1 - 2	1	1,4	2	2,1	2,2	2,2	2,2	1,5	1,2	0,5	16,4 %
8	2 - 3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,15	0,05	3,2 %
10	3 - 4	0	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,05		1 %
12	> 4	0	0,02	0,03	0,07	0,07	0,08	0,07	0,02	0,01		0,35 %

#### 1.2.4.3 Agitation à la côte

Les seules observations effectuées à la côte sont celles effectuées visuellement depuis le sémaphore de Sète. Ces données ont été dépouillées par le LCHF pour la période de 1966 à 1983.

Les agitations prédominantes sont des secteurs Sud-Est ( $120^{\circ}$ - $140^{\circ}$ ) et Sud-Ouest ( $220^{\circ}$ - $240^{\circ}$ ).

#### 1.2.4.4 Propagation des agitations entre le large et la plage de Valras

En s'approchant de la côte, les caractéristiques de houles (directions, hauteurs et longueurs d'ondes) se modifient du fait de leur propagation par de faibles profondeurs.

Une étude de réfraction des houles a été faite sur le littoral entre le Cap d'Agde et Gruissan. Les Figures 1.9 à 1.13 représentent la propagation des agitations pour différentes incidences (A) et différentes périodes (T).

##### a. Résultats de l'étude de propagation des houles

Les résultats de cette étude montrent que :

##### . Par fonds de -15 m :

Les coefficients de réfraction sont compris entre 0,6 et 1,1. Ceci indique que les hauteurs des houles par fonds de 15 m sont du même ordre de grandeur ou moins importants qu'au large. En particulier les agitations provenant du secteur Est ( $80^{\circ}$  à  $100^{\circ}$ ) sont nettement atténuées. On ne constate pas de concentrations particulières.

##### . Par fonds de -5 m :

Les hauteurs des houles sont du même ordre de grandeur mais légèrement supérieures à celles au large ( $0,8 < K_s < 1,3$  et  $T > 10$  s).

##### b. Conclusions

L'analyse des plans de houle correspondant à des directions au large comprises entre le  $70^{\circ}$  et le  $190^{\circ}$  pour des périodes de 4 s à 14 s n'a pas fait apparaître de concentrations particulières. Entre le large et la côte les houles sont réfractées et leur incidence diminue. En particulier, les houles de tempêtes essentiellement levées entre le ESE et le SE se présenteront à la côte avec une incidence quasiment nulle.

### 1.3 DONNEES MORPHOLOGIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES

#### 1.3.1 EVOLUTION DES FONDS

Plusieurs levés bathymétriques ont été réalisés par le S.M.N.L.R. au niveau du débouché de l'Orb et de la plage de Valras. Ces levés ont été effectués en 1968, 1973, 1975, 1977, 1983, 1984. Des levés annuels du trait de côte complètent ces données jusqu'en 1990.

On constate, d'après la figure 1.14 que les fonds évoluent de la manière suivante :

- . Entre -3 et -5 m les fonds évoluent peu, on note la présence d'une barre sous-marine à -3 m. Cette barre en 1968 était placée à environ 350 m du boulevard de la plage. Jusqu'en 1977 elle n'a pratiquement pas changé de place. En 1983, on la retrouve à environ 200 m du boulevard : en face du poste de secours l'érosion est plus forte et l'isobathe -3 m a atteint le niveau du trait de cote de 1968.
- . Entre 0 et -3 m, les fonds se sont lentement érodés et l'isobathe 0 n'a cessé de reculer en direction du boulevard. Lors de la tempête de 1982 les reculs ont été importants. L'isobathe -3 m a reculé de 50 m au droit du poste de secours.

L'isobathe 0 m, quant à lui a atteint le poste de secours reculant ainsi d'une trentaine de mètres.

Après la construction du brise-lames, visant à protéger le boulevard et le Poste de Secours contre les attaques de la mer, il s'est formé une accumulation de sable (tombolo) en arrière du brise-lames. L'extension du tombolo est représentée Figure 1.15. On remarque que la formation du tombolo a entraîné le recul des plages adjacentes (trait de côte d'avril 1986). Le tombolo a rejoint le brise-lames en 1989, l'érosion de la plage à l'Ouest s'est accentuée. La plage à l'Est, quant à elle, s'est réengraissée.

Par comparaison des levés bathymétriques, on peut estimer le volume du tombolo : les fonds sont passés de -3 m NGF en 1984 à +1 m NGF en 1989, ce qui représente environ 50 000 m<sup>3</sup> de sable.

Actuellement, la partie de plage au droit des débouchés d'eau pluviales fait l'objet d'apport de sable retiré du tombolo. Ces apports ne tiennent pas sur la plage car ils repartent en partie vers le large et vers le tombolo qui se reforme.

Lors de la tempête de Mars 1991, le recul maximal du trait de côte s'est produit à une cinquantaine de mètres à l'Ouest du débouché des eaux pluviales. Consécutivement à cette érosion, le tombolo formé derrière le brise-lames semble s'être engraisé.

La plage à l'Est du brise-lames ne semble pas avoir souffert de cette tempête.

### 1.3.2 ANALYSE DE PHOTOGRAPHIES AERIENNES (Figures 1.16, 1.17)

3 clichés de 1974, 1988 et 1989 montrent l'évolution du littoral de Valras et l'influence du tombolo.

En 1974, la plage au droit du poste de secours avait une largeur de 80 m environ.

Suite à la tempête de 1982 la mise en place du brise-lames a modifié l'évolution du littoral. Alors qu'en 1982, le trait de côte atteignait le boulevard, en 1986 le cliché photographique montre une nette accumulation de sable derrière l'ouvrage. Le tombolo formé n'atteint pas encore le brise-lames.

En 1989, le tombolo s'est accentué formant une large plage. Entre le brise-lames et le débouché de l'Orb la plage s'est engraisée. Actuellement la plage a une largeur de 5 m environ au droit du débouché des eaux pluviales.

### 1.3.3 DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES

Les échantillons de sable ont été prélevés sur le haut estran et sur le bas estran. La moyenne des sédiments prélevés est de 0,29 mm pour le bas estran et 0,35 mm pour le haut estran.

Le  $D_{10}$  varie de 0,19 à 0,22 mm, et le  $D_{90}$  de 0,44 à 0,48 mm.

oOo

## Chapitre 2

### MOUVEMENTS SEDIMENTAIRES

#### 2.1 GENERALITES

L'établissement du diagnostic de l'évolution du littoral résulte de l'analyse des facteurs hydrodynamiques.

#### 2.2 MOUVEMENTS DES SEDIMENTS DUS A LA HOULE ET AUX COURANTS

L'action de la houle est prépondérante sur celle des courants. Compte tenu des faibles vitesses des courants locaux, seul le transport des plus fines particules peut s'effectuer sous la seule action des courants. La houle peut provoquer deux sortes de mouvements des sédiments pouvant se combiner entre :

- Un va et vient du matériau perpendiculairement au rivage dans un profil, ou "transit transversal". Lors des tempêtes d'hiver, les fortes vagues qui attaquent le littoral arrachent du matériau en haut de plage et l'entraînent à une certaine distance vers le large après mise en suspension dans le déferlement. Les houles plus faibles dites "houles de beau temps" remontent le matériau par charriage vers le rivage. Le bilan des deux actions est la plupart du temps négatif si des apports extérieurs ne viennent pas réalimenter la plage en quantité suffisante.
- Un déplacement du matériau parallèlement au rivage si la houle attaque celui-ci avec une certaine obliquité ou "transit littoral". Le débit solide est alors fonction de l'énergie de la houle, de son obliquité et des caractéristiques du matériau. Le transport résultant est fonction de la répartition des différentes houles.

## 2.3 MOUVEMENTS DANS LE PROFIL (Figures 2.1 a et b)

Les mouvements dans le profil se traduisent par des modifications notables du haut de la plage qui fluctuent avec les conditions océanographiques.

### TYPES DE PROFIL DE PLAGE

Schématiquement, on évolue entre 2 situations :

- . Un profil de beau temps, de forme généralement convexe.
- . Un profil de mauvais temps de forme généralement concave avec, par rapport au profil de beau temps, un amaigrissement du haut et moyen estran et une sédimentation des petits fonds (avec des matériaux provenant de l'érosion de la partie haute de l'estran).

Au cours d'une année, entre profil "beau temps" et profil "tempête", les volumes en jeu peuvent varier de quelques dizaines de m<sup>3</sup>/ml à quelque centaines de m<sup>3</sup>/ml.

Dans le cas de Valras, les deux types de profils généralement rencontrés sont bien caractérisés par la présence d'une ou deux barres qui se forment parallèlement au rivage, au droit de la ligne de déferlement.

On notera qu'après déferlement sur la première barre, la houle se reforme dans la dépression qui se trouve devant (fosse de lévigation) et qu'un deuxième point de déferlement existe vers le bord, engendrant parfois un deuxième système de barre.

Deux questions doivent être ici considérées :

- . une relative à la distance de sédimentation des sables érodés sur la plage,
- . l'autre relative au temps de retour des sables sur la plage.

Tant la distance que le retour dépendent fondamentalement du niveau d'énergie. Autrement dit, une houle lèvera d'autant plus loin les sédiments, qu'elle est forte. La tempête de Novembre 1982 a pu avoir des conséquences irréversibles sur l'équilibre de la plage. Le sable prélevé en haut de plage a pu être emporté à des profondeurs telles que les "houles de beau temps" ne puissent pas ou très lentement le reprendre et le ramener sur la plage pendant la saison estivale.

La limite d'action des houles a été étudiée par HALLERMEIER qui propose la relation suivante :

$$d = 2,9 H (S - 1)^{-0,5}$$

avec :

- H Hauteur de la houle
- S Densité des sédiments
- d Profondeur d'action de la houle

## 2.4 TRANSIT LITTORAL

### 2.4.1 GENERALITES

Les houles qui déferlent avec une inclinaison par rapport à la côte et les isobathes engendrent un courant dans la zone de déferlement orienté suivant l'ouverture des houles (figure 2.1c). Les sédiments mis en mouvement par la turbulence des houles et l'action du courant sont transportés dans le sens du courant.

### 2.4.2 ESTIMATION DU TRANSIT LITTORAL

Différentes formulations ont été proposées dans le but d'estimer les quantités de sables ainsi transportés.

La formulation utilisée par le LCHF après des études en nature et sur modèle réduit s'exprime :

$$Q_s = \frac{\text{kg}}{\gamma} H_{15}^2 T f(\alpha_{15}) \text{ (en m}^3/\text{s)}$$

où :

k est un paramètre sédimentologique égal à  $3,6 \cdot 10^{-6}$  pour des sables de  $250\mu$

$\gamma$  est la cambrure de la houle au large

$H_{15}$  est la hauteur de la houle par fond de -15 m

T est la période

$\alpha_{15}$  est l'inclinaison de la houle par rapport aux isobathes (par fond de -15 m)

$f\alpha$  peut être approchée par  $\sin \frac{7\alpha}{4}$

L'application de cette formule aux statistiques de houles conduit à une capacité de transport de 60 000 m<sup>3</sup>/an du Nord-Est vers le Sud-Ouest et de 40 000 m<sup>3</sup>/an dans le sens inverse, soit un transit résultant de 20 000 m<sup>3</sup>/an orienté du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

Le transit résultant se décompose de la manière suivante :

- . Les petites houles inférieures à 1 m transportent préférentiellement du Sud-Ouest vers le Nord-Est (moins de 5 000 m<sup>3</sup>/an).
- . Les houles de hauteurs comprises entre 1 et 4 m transportent préférentiellement dans le sens Nord-Est - Sud-Ouest, le transit résultant moyen peut être estimé à 20 000 m<sup>3</sup>/an.
- . Les fortes houles (> 4 m) conduisent à un transit pratiquement équilibré ; elles se présentent frontalement au littoral.

La résultante est donc relativement faible. Il est vraisemblable que suivant les années et les régimes de houles annuels cette résultante peut être orientée dans un sens ou dans l'autre avec dans l'ensemble sur une longue période une résultante dans le sens Nord-Est - Sud-Ouest.

L'absence d'engraissement préférentiel de part et d'autre des jetées de l'Orb confirme cette analyse. Toutefois, on peut remarquer sans être sûr du résultat de cause à effet, que l'érosion de la plage s'est surtout manifestée après l'allongement des digues.

## 2.5 MOUVEMENTS DES SEDIMENTS DUS AU VENT

En absence de toute intervention humaine, la plage est l'espace compris entre la laisse par temps calme et la limite des jets de rive par tempête. C'est la zone où il n'y a pas de végétation.

Soufflant du large, le vent (marin) ramasse sur l'estran et la plage le sable dont il édifie les dunes. La largeur de l'estran, étant donnée l'amplitude des marées, est très faible. Celle de la plage est réduite.

La dune naît de l'arrêt du sable par une plante herbacée, l'oyat en général. L'oyat se développe en même temps que la dune grossit et se fixe dans le sens du vent dominant. D'autres plantes edificatrices continuent à fixer le sable : les dunes élémentaires finissant par fusionner et constituent un long cordon, qui n'est coupé que par les graus.

Les vents des secteurs terrestres, tramontane en particulier, rejetant à la mer les sables apportés par la houle, empêchent la formation de dunes puissantes. C'est pourquoi on ne trouve sur le littoral du Languedoc-Roussillon que des dunes de hauteur fort modeste.

Les dunes "adultes" sont les dunes les plus éloignées de la mer et ne reçoivent que peu ou plus de sable par transport éolien. Elles sont soumises à l'érosion par les vents de terre. Leur résistance dépend de l'aptitude des plantes à lutter contre le déchaussement. Celle de l'oyat est faible, mais d'autres plantes dunaires sont mieux organisées à cet effet.

La résistance de la végétation à la corrosion éolienne n'est efficace qu'avec des vents faibles à modérés. Au-delà d'une vitesse de 20 m/s les vents l'emportent.

Sur les portions du littoral où l'approvisionnement en sable est abondant et où le vent souffle avec force, on peut assister au déplacement des dunes.

Sur la zone étudiée, les massifs dunaires sont situés à l'Est du débouché de l'Orb et à l'Ouest du casino de Valras-Plage. Ces massifs ont une importance réduite.

### Chapitre 3

#### AMENAGEMENTS PROPOSES POUR LA RESTAURATION ET LA PROTECTION DE LA PLAGE

##### 3.1 RAPPEL DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE. CONSEQUENCES SUR L'AMENAGEMENT

Le régime hydrosédimentaire du littoral de Valras, dont le principal agent est la houle, est caractérisé par un transit littoral qui ne présente pas une résultante marquée dans une direction donnée. Ceci se déduit de l'analyse du régime des houles et est confirmé par l'absence d'engraissement préférentiel d'un côté ou de l'autre des digues du débouché en mer de l'Orb.

Ceci conduit à proposer une protection du littoral par des brise-lames. Ces ouvrages parallèles à la côte permettent de diminuer l'énergie de la houle atteignant celle-ci. Des ouvrages transversaux (épis) qui fonctionnent en bloquant une partie du transit littoral ne paraissent pas adaptés.

L'érosion de la plage à l'Ouest du débouché de l'Orb, qui s'est manifestée à la fin des années 1970 a été particulièrement exacerbée par la tempête de 1982. Le brise-lames réalisé en 1986 a joué son rôle en formant un tombolo au droit du poste de secours ou la mer atteignait le Boulevard. La grande longueur de cet ouvrage et surtout le fait qu'il n'y ait pas eu d'apport de sables simultanément à sa réalisation ont fait que le tombolo s'est essentiellement formé au détriment des plages adjacentes qui se sont érodées.

La partie de la plage située entre le brise-lames et le débouché de l'Orb qui constitue en l'état actuel une cellule relativement isolée du reste du littoral, s'est réengraissée, et ne présente pas actuellement d'érosion. Par contre à l'Ouest du brise-lames l'érosion s'est poursuivie et la mer qui était à 5 m du Boulevard en Février 1991 a atteint ce dernier lors des tempêtes de Mars 1991.

### 3.2 OBJECTIFS ET CONTRAINTES A SATISFAIRE

La Municipalité souhaite à terme protéger la partie du littoral comprise entre le brise-lames actuel et le Casino, c'est-à-dire s'étendant sur un linéaire de 550 m. Cependant l'examen des photographies aériennes montre que le trait de côte en 1989 marque un point d'inflexion à environ 400 m à l'Ouest de l'extrémité du brise-lames. Cette zone est celle qui est en érosion.

Outre le brise-lames actuel, la protection du littoral doit tenir compte de la présence d'ouvrages qui sont :

- . Un épi de 75 m de longueur situé à 80 m environ de l'extrémité Ouest du brise-lames, cet ouvrage peut éventuellement être détruit et les enrochements les constituant réutilisés pour la construction d'autres ouvrages.
- . Le débouché en mer d'un collecteur d'eaux pluviales qui est situé 5 m à l'Ouest de l'épi (le rejet en mer se fait par pompage).

Par ailleurs dans le cadre de l'aménagement de la "ZAC Evasion", la Commune envisage au droit du Casino, l'implantation d'un ouvrage destiné aux promenades et se terminant 60 à 80 m en mer par rapport au trait de côte actuel.

Enfin il convient que la protection de la zone en érosion ait un impact le plus faible possible sur le littoral non protégé et particulièrement à l'Ouest.

Ainsi les solutions doivent :

- . assurer la protection du littoral entre le brise-lames actuel et le Casino, et plus particulièrement sur un linéaire de l'ordre de 400 m à partir du brise-lames qui correspond à la zone effectivement en érosion,
- . intégrer les ouvrages actuels tels que : le brise-lames et le débouché en mer du collecteur d'eaux pluviales, l'épi situé à l'Est immédiat de ce débouché pouvant être détruit,
- . avoir un impact le plus faible possible sur le littoral avoisinant.

### 3.3 CRITERES POUR LE DIMENSIONNEMENT EN PLAN DES BRISE-LAMES

#### 3.3.1 GENERALITES

Il existe de nombreuses relations empiriques pour aider au dimensionnement en plan d'une protection constituée par des brise-lames.

Ces relations doivent être adaptées au littoral considéré (pente des fonds, mouvements sédimentaires, ...).

Nous avons retenu celles qui paraissent convenir le mieux au littoral de Valras en tenant compte des caractéristiques du site et aussi du fait que les brise-lames seront situés dans la zone de déferlement (par des fonds de -1,5 à -4 m).

Les grandeurs prises en compte sont (voir figure 3.1) :

$L_s$  : Longueur (m) du brise-lames.

$X$  : Distance (m) entre le brise-lames et le trait de côte initial.

$L_g$  : Longueur (m) de l'ouverture entre deux brise-lames.

$X_g$  : Distance (m) entre le centre de l'ouverture et le trait de côte initial ( $X_g = X$  dans le cas de brise-lames alignés).

$X_r$  : Recul (m) du trait de côte face à l'ouverture entre deux brise-lames.

Les caractéristiques du tombolo qui va se former derrière le brise-lames vont dépendre principalement du rapport  $L_s/X$ .

$$\frac{L_s}{X} \geq 1$$

Le tombolo se rattachera au brise-lames et ce d'autant plus que ce rapport est grand.

$$\frac{L_s}{X} < 1$$

Le tombolo ne se rattachera pas au brise-lames et en sera éloigné d'autant plus que le rapport diminue.

$$\frac{L_s}{X} < 0,3$$

Le brise-lames n'aura pratiquement pas d'effet sur la plage.

Dans le cas d'une batterie de brise-lames la valeur prise par le rapport  $Lg/X$  va indiquer :

$$\frac{Lg}{X} \geq 1,3$$

L'écartement des brise-lames est trop grand et un recul très important du trait de côte se produira face à l'ouverture.

$$0,8 \leq \frac{Lg}{X} \leq 1,3$$

Un recul du trait de côte se produira face à l'ouverture, il peut éventuellement être considéré acceptable et ce d'autant plus que ce rapport se rapproche de 0,8.

$$\frac{Lg}{X} < 0,8$$

Pas de recul du trait de côte face à l'ouverture mais le linéaire d'ouvrage par rapport au littoral protégé augmente.

Un ordre de grandeur du recul du trait de côte  $X_R$  face à l'ouverture par rapport au trait de côte initial est donné pour :

$$X_R = 25 + 0,85 Lg - Xg$$

(d'après cette formule  $X_R = 0$  correspondrait théoriquement à

$$Lg/Xg = 1,17 - \frac{2,94}{Xg}$$

Remarques :

1. Dans le cas de brise-lames en quinconce (figure 3.1), on doit considérer l'ouverture "efficace" qui correspond à l'ouverture mesurée dans la direction de propagation de la houle. En pratique l'ouverture "efficace" peut être prise égale à la distance entre l'extrémité de 2 brise-lames adjacents, ce qui va dans le sens de la sécurité pour le dimensionnement.
2. Les valeurs de  $X$ ,  $Xg$  et  $X_R$  sont à considérer par rapport au trait de côte initial. Le trait de côte actuel à l'Ouest du brise-lames ne peut être considéré comme le trait de côte initial car perturbé par la présence de ce dernier. On doit considérer comme trait de côte initial la ligne qui joindrait le trait des zones non perturbées par l'ouvrage. Ce trait de côte doit être obtenu par un apport spécifique de sédiments.
3. Le trait de côte final correspond à celui de l'état d'équilibre moyen autour duquel le trait de côte oscillera suivant les périodes de tempêtes et de beau temps.

Le volume de sable mobilisé par le tombolo peut être estimé sommairement connaissant la bathymétrie des fonds et en considérant que l'emprise du tombolo le long du trait de côte initial est de 1 à 1,3 fois la longueur du brise-lames. L'extension vers le large du tombolo étant appréciée à partir des valeurs du rapport  $L_s/X$ .

### 3.3.2 APPLICATION A DES CAS EXISTANTS

#### 3.3.2.1 Cas de Valras

Pour le brise-lames actuel pour lequel le tombolo s'est rattaché au brise-lames (voir figure 3.2) :

.  $L_s = 200$  m

.  $X = 135$  m

soit  $L_s/X = 1,48$  ; c'est-à-dire supérieur à 1, ce qui correspond bien au cas d'un tombolo rejoignant le brise-lames.

Le tombolo formé par le brise-lames actuel a une surface de l'ordre de 24 000 m<sup>2</sup> pour un volume de l'ordre de 50 000 m<sup>3</sup>.

#### 3.3.3.2 Cas des brise-lames du Lazaret à Sète

La protection de la plage du Lazaret est constituée par 3 brise-lames (2 de 75 m et 4 de 150 m de longueur) disposés en quinconce (figure 3.3).

##### a. Petits brise-lames

Pour ces brise-lames, les tombolos formés sont rattachés et restent bien développés :

.  $L_s = 75$  m

.  $X = 40$  m

Le rapport  $L_s/X = 1,88$  nettement supérieur à 1.

b. Grand brise-lames

Le brise-lames central a une longueur ( $L_s$ ) de 150 m pour une distance à la côte (X) de 125 m.

Le rapport  $L_s/X$  est de 1,2 et le tombolo qui s'est formé ne se rattache pas au brise-lames. Il est possible que le stock de sable n'est pas suffisant pour que le tombolo ai pu se développer.

c. Recul du trait au droit des ouvertures

L'ouverture efficace  $L_g$  entre les ouvrages est de 100 m et la distance  $X_g$  entre le trait de côte "initial" et l'ouverture entre les ouvrages (prise au centre de cette ouverture) est de l'ordre de 85 m pour l'ouverture Ouest et 90 m pour l'ouverture Est.

Avec ces valeurs le recul calculé à partir de la formule  $X_R = 25 + 0,85 L_g - X_g$  serait de l'ordre de :

- . 20 m pour la cellule Est.
- . 25 m pour la cellule Ouest.

Or sur la photo aérienne (figure 3.3) le recul réel mesuré est de l'ordre de :

- . 15 m pour la cellule Est.
- . 20 m pour la cellule Ouest.

Ainsi les reculs estimés sont du même ordre de grandeur que ceux observés.

3.4 DISPOSITIONS GENERALES

3.4.1 CRITERES RETENUS POUR LE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

Le tombolo qui se forme en arrière du brise-lames sera ou non rattaché à celui-ci.

Un tombolo qui ne rejoint pas le brise-lames favorise la circulation des eaux dans les alvéoles et consomme moins de sable qu'un tombolo qui se rattache de façon définitive et sur une grande largeur à l'ouvrage.

Pour ces raisons il semble souhaitable de dimensionner les brise-lames pour obtenir des tombolos qui ne se rattachent pas.

Compte tenu de ce qui précède, une telle condition serait obtenue pour  $L_s/X < 1$ . Cependant cette condition théorique ne garantit pas dans l'absolu le non-rattachement du tombolo. En effet, dans le temps il se produit un triage granulométrique, les sédiments les plus fins allant se déposer en extrémité du tombolo. Un moyen de limiter au mieux ce phénomène est de procéder au rechargement (Cf. paragraphe 3.4.3) avec un matériau plus grossier que l'existant, quand cela est possible.

Pour le dimensionnement des brise-lames (longueur, distance au rivage) on cherchera à obtenir une valeur du rapport  $L_s/X$  de l'ordre de 0,7 à 0,9.

En ce qui concerne l'espacement entre brise-lames, on peut rechercher à limiter le recul face à l'ouverture, cependant il n'est pas souhaitable tant du point de vue économique que du point de vue environnemental de rapprocher de trop les ouvrages. Une valeur de  $L_g/X$  de l'ordre de 0,9 apparaît être un bon compromis permettant de limiter le recul face aux ouvertures tout en ayant des ouvrages relativement espacés.

#### 3.4.2 PROTECTION DU DEBOUCHE EN MER DES EAUX PLUVIALES

Il est situé à l'endroit où la plage est actuellement très érodée. Le débouché en mer de cet ouvrage doit être protégé.

A cette fin il convient qu'il soit situé derrière un brise-lames, le débouché en mer pourrait être intégré dans cet ouvrage, ce qui permettrait de rejeter les eaux pluviales en mer et non sur la plage. Ceci impose des contraintes quant à la disposition des brise-lames.

En effet si la protection vers l'Ouest était continuée par un brise-lames implanté par même profondeur et dans l'alignement de l'actuel, la distance entre ces deux ouvrages situés à 200 m du trait de côte initial devrait être de l'ordre de 150 m. Dans ces conditions le débouché en mer serait situé au droit de l'ouverture entre les deux brise-lames, c'est-à-dire dans la zone la plus exposée ce qui n'est pas satisfaisant.

Pour que le débouché en mer se trouve à l'abri d'un brise-lames, ce dernier doit être plus proche de l'actuel et peut donc être rapproché du littoral. Un brise-lames de 60 m de longueur écarté de 60 m de l'actuel et implanté à 130 m du Boulevard, c'est-à-dire à 70 m du trait de côte initial ( $L_s/X = 60/70 \text{ m} = 0,86$ ) satisfait à cela. Ainsi le tombolo qui se formerait ne devrait pas être rattaché en permanence avec le brise-lames.

Le collecteur des eaux pluviales serait prolongé par une conduite qui se jetterait en mer sur la face côté large du brise-lames. Cette conduite serait ensouillée dans le sable et protégée par des enrochements arasés à la cote 0. Elle traverserait le brise-lames à une cote comprise entre -0,5 et -1 m. Un renfort en béton la maintiendrait dans les enrochements de la carapace de l'ouvrage (figure 3.4).

A cette disposition, l'épi existant n'a plus d'utilité du point de vue stockage des sables. Il pourra donc être :

- . soit supprimé, après mise en place du brise-lames A, les enrochements qui le constituent seraient utilisés pour la réalisation des autres ouvrages,
- . soit adapté, afin de protéger la conduite des eaux pluviales.

### 3.4.3 REDUCTION DE L'IMPACT SUR LE LITTORAL AVOISINANT

Deux types de disposition doivent être prises pour limiter l'impact de l'aménagement sur le littoral avoisinant.

Tout d'abord les brise-lames vont favoriser la formation de tombolos, c'est-à-dire stocker des sédiments dans la zone abritée. Afin que cette accumulation ne s'effectue pas au détriment des plages adjacentes, il convient d'apporter simultanément à la réalisation des ouvrages, les sédiments nécessaires aux tombolos prévisibles. De plus il convient d'apporter le sédiment nécessaire au réaligement du trait de côte, c'est-à-dire retrouver un trait de côte analogue à celui existant avant que le processus d'érosion ne s'engage (matérialisé sur les figures 3.5, 3.6, 3.7).

Le sable apporté doit avoir une granulométrie au moins égale à celui du sable en place, c'est-à-dire  $D_{50} \geq 0,3$  mm. Un  $D_{50}$  de l'ordre de 0,5 mm serait plus satisfaisant du fait de sa moindre mobilité et limiterait les pertes et les risques de rattachement du tombolo aux brise-lames.

Enfin le dernier brise-lames (à l'Ouest) doit être le moins agressif possible pour le littoral, afin d'assurer une liaison harmonieuse entre la zone protégée et celle non protégée. Ceci conduit à préconiser un ouvrage pour lequel le rapport  $L/X$  est de l'ordre de 0,7, ce qui peut être obtenu par un brise-lames de 50 m de longueur environ situé entre 70 et 80 m du trait de côte.

CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES (LONGUEURS-POSITIONS)

VOLUMES D'APPORT DE SABLE

Solution	Brise-lames	Distance/ Boulevard (m)	Ls (m)	X (m)	Ls/X	Lg (m)	XR (m)	Volume du tombolo (m <sup>3</sup> )
1	Actuel	200	200	135	1,48	100* (60) 70 70 70	5 9,5 4,5 9,5	50 000
	Ouverture A1	140	60	70	0,86			3 000
	Ouverture B1	140	60	75	0,8			3 000
	Ouverture C1	145	60	80	0,75			3 000
	Ouverture D1	160	50	70	0,71			2 000
2	Actuel	200	200	135	1,48	100* (60) 100* (80) 100* (80) 70	5 5 10 9,5	50 000
	Ouverture A2	140	60	70	0,86			3 000
	Ouverture B2	220	100	135	0,74			8 000
	Ouverture C2	160	60	80	0,75			3 000
	Ouverture D2	170	50	70	0,71			2 000
3	Actuel	200	200	135	1,48	100* (60) 75 75 70	5 12,2 7,2 4,5	50 000
	Ouverture A3	140	60	70	0,86			3 000
	Ouverture B3	170	70	90	0,78			3 000
	Ouverture C3	155	60	75	0,8			3 500
	Ouverture D3	160	50	70	0,71			2 000

\* Ouverture efficace

#### 3.4.4 BILAN

Ainsi compte tenu de ce qui précède la protection du littoral devra comprendre :

- . un brise-lames de 60 m de longueur intégrant le débouché en mer du collecteur d'eaux pluviales,
- . un brise-lames extrême de 50 m de longueur implanté de 70 à 80 m du trait de côte "initial".

Etant donné d'une part, le linéaire du littoral à protéger 550 m environ jusqu'au Casino dont 400 m sont en érosion, et d'autre part, la prise en compte de ces deux brise-lames pour satisfaire aux contraintes spécifiques au site, il y a finalement peu de latitudes quant à différentes possibilités d'aménagement.

#### 3.5 SOLUTIONS PROPOSEES

Afin de faciliter la description des solutions, chacun des brise-lames est repéré par une lettre suivie d'un chiffre. La lettre indique l'ordre des brise-lames d'Est en Ouest et le chiffre est relatif au numéro de la solution. Par exemple le brise-lames C2 est le troisième brise-lames à partir de la deuxième solution.

Le tableau ci-après donne pour chacune des trois solutions proposées les principales caractéristiques de l'implantation des ouvrages.

##### 3.5.1 SOLUTION 1 (figure 3.5)

Elle est constituée par une série de 4 brise-lames, trois de 60 m de long et 1 de 50 m, espacés de 70 m et implantés entre 70 à 80 m du trait de côte "initial", par fond, de l'ordre de -3,50 m.

La réalisation de ces ouvrages doit être accompagnée d'un apport de sable de l'ordre de 41 000 m<sup>3</sup>\* se décomposant comme suit :

- . réalignement du trait de côte : 30 000 m<sup>3</sup> (pour la situation 1989),
- . apport pour le tombolo de chacun des brise-lames 2 000 à 3 000 m<sup>3</sup>, soit 9 000 à 11 000 m<sup>3</sup> pour les 4 brise-lames.

---

\* Volume mesuré en place. Il faut tenir compte d'un coefficient de foisonnement de 1,2 à 1,3 si ces volumes sont mesurés sur des canions, soit 20 000 m<sup>3</sup>.

Le recul du trait de côte par rapport à "l'initial" face aux ouvertures serait d'une dizaine de mètres.

Un tel aménagement peut être réalisé par phases. La réalisation des deux premiers brise-lames A1 et B1 et un apport de 36 000 m<sup>3</sup> permettraient d'enrayer le processus d'érosion dans la zone où il est le plus intense.

Les deux autres brise-lames pourraient être réalisés ultérieurement. Il est possible que seul le brise-lames C1 apparaisse ensuite nécessaire pour stabiliser l'ensemble de la plage. Dans ces conditions il pourrait être dimensionné comme D1, ce dernier étant supprimé.

### 3.5.2 SOLUTION 2 (figure 3.6)

Elle est aussi constituée par une série de 4 brise-lames A2 à D2, les brise-lames A2 et C2 auraient 60 m de longueur, et seraient implantés par fonds de -3,50 m environ.

Le brise-lames B2 aurait 100 m de long et serait placé par des fonds de l'ordre de -4 m.

Le brise-lames extrême D2 aurait 50 m de long et serait implanté entre 70 et 80 m du trait de côte par fonds de -2,50 m environ.

Le rechargement qui doit accompagner la mise en place de ces 4 ouvrages est de l'ordre de 46 000 m<sup>3</sup> (mesuré en place). Il se décompose comme suit :

- . Réalignement du trait de côte : 30 000 m<sup>3</sup>.
- . Apport pour chacun des brise-lames A2, C2 et D2, 2 000 à 3 000 m<sup>3</sup> soit 8 000 m<sup>3</sup> pour les trois.
- . Apport pour le brise-lames B2 : 8 000 m<sup>3</sup>.

Etant donné les caractéristiques de l'ouvrage B2, la réalisation des deux seuls ouvrages A2 et B2 aura un impact assez important sur le littoral à l'Ouest, ceci montre qu'il faudrait réaliser simultanément les trois premiers ouvrages (A2 et B2 et C2) avec un apport de sable de l'ordre de 44 000 m<sup>3</sup>. Comme pour la solution 1, le brise-lames D2 peut éventuellement ne pas apparaître nécessaire.

### 3.5.3 SOLUTION 3 (figure 3.7)

Cette solution est intermédiaire entre la 1 et la 2. Elle est constituée par 4 brise-lames ayant respectivement des longueurs de 60 m (A3), 70 m (B3), 50 m (C3 et D3) implantés par fonds de l'ordre de -3,50 m sauf le brise-lames B qui implanté par fonds est de l'ordre de -3,00 m.

Les apports de sables doivent être de l'ordre de 42 000 m<sup>3</sup> mesurés en place :

- . Réalignement du trait de côte : 30 000 m<sup>3</sup>.
- . Apport pour les brise-lames A3, C3 et D3 de l'ordre de 2 000 à 3 000 m<sup>3</sup>.
- . Apport pour le brise-lames B3 : 3 500 m<sup>3</sup>.

Un phasage pourrait consister à ne réaliser que les deux premiers brise-lames A3 et B3, cependant il serait préférable de mettre simultanément en place les 3 premiers.

Pour cette solution comme pour les précédentes, le brise-lames D3 n'apparaît pas nécessaire tout au moins dans un premier temps.

### 3.5.4 STRUCTURE DES OUVRAGES

Ces brise-lames peuvent être réalisés sur la base des profils définis par le SMNLR pour les ouvrages de ce type réalisés sur le Languedoc-Roussillon. Ce profil est représenté sur la figure 3.4 avec le tuyau du collecteur d'eaux pluviales intégré à l'ouvrage.

Des plates-formes bains de soleil peuvent être intégrées à ces brise-lames pour leur donner une fonction balnéaire. A cette fin, une dalle en béton peut remplacer une partie de la carapace de la crête de l'ouvrage. Une rampe d'accès peut être aménagée côté plage. De telles dispositions sont représentées sur la figure 3.8.

## 3.6 COMPARAISON DES SOLUTIONS

Globalement les 3 solutions proposées offrent une protection du littoral équivalente une fois mis en place 3 ou 4 brise-lames. Ainsi elles répondent aux objectifs visés en satisfaisant aux contraintes imposées (intégration du débouché du collecteur d'eaux pluviales et impact sur le littoral avoisinant minimal).

Les linéaires d'ouvrages et les volumes d'apport pour chacune des solutions sont donnés dans le tableau ci-après :

Ouvrage	Longueur d'ouvrage (m)			Volume d'apports (m3)		
	Solution 1	Solution 2	Solution 3	solution 1	Solution 2	Solution 3
A	60	60	60	3 000	3 000	3 000
B	60	100 (1)	70	3 000	8 000	3 500
C	60	60	50	3 000	3 000	3 000
Sous-total (3)	180	220	180	39 000	44 000	39 500
Linéaire protégé (2)	380	440	390	-	-	-
D	50	50	50	2 000	2 000	2 000
Total (A + B + C + D)	230	270	230	41 000	46 000	42 000
Linéaire protégé	500	560	510	-	-	-

- (1) Cet ouvrage est implanté par fonds de -3 m alors que tous les autres brise-lames sont par fonds de -1,50 m en moyenne.
- (2) Le linéaire protégé est égal à la somme des ouvertures entre les brise-lames et des longueurs de ces derniers mesurées parallèlement à la côte.
- (3) Y compris les 30 000 m3 nécessaires pour le réaligement du trait de côte, estimés à partir du trait de cote 1989-1990.

C'est la solution 2 qui nécessite le plus de linéaire d'ouvrage et d'apports mais permet une protection sur un linéaire de 560 m (440 m dans le cas de trois brise-lames) contre 500 et 510 m pour les solutions 1 et 2. Elle sera la plus coûteuse et ce d'autant plus que l'ouvrage B2 est implanté par fonds de -4 m. Les solutions 1 et 3 sont équivalentes.

Les solutions 1 et 3 se prêtent mieux à une réalisation par phases. La première phase consisterait à mettre en place les deux premiers brise-lames A et B, le brise-lames C pourrait être réalisé ultérieurement, et le D que si sa nécessité apparaissait, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Dans le cas de la solution 2, il paraît souhaitable de réaliser simultanément les trois premiers brise-lames car l'ouvrage B2 est relativement "agressif" en l'absence du brise-lames C2. Cependant cette solution permet d'obtenir un système de brise-lames en quinconce qui peut éventuellement mieux s'intégrer dans l'environnement (ouverture visuelle sur la mer plus importante en certains points, plages alvéolaires de différentes tailles).

Finalement le choix entre ces trois solutions techniquement équivalentes reste lié à des critères économiques (coûts, phasage...) et environnementaux.

Remarque : Les volumes d'apports nécessaires devront être actualisés sur la base d'un levé bathymétrique qui devra être effectué avant réalisation des ouvrages.

### 3.7 AMENAGEMENT D'UN OUVRAGE DE PROMENADE

L'ouvrage type "promenade" que la Commune envisage dans le cadre de l'aménagement de la ZAC "Evasion" se terminerait en mer 50 à 80 m au large après avoir traversé la plage.

L'analyse de la dynamique sédimentaire a montré qu'il n'y a pas sur une longue période de transit littoral résultant bien marqué dans une direction préférentielle.

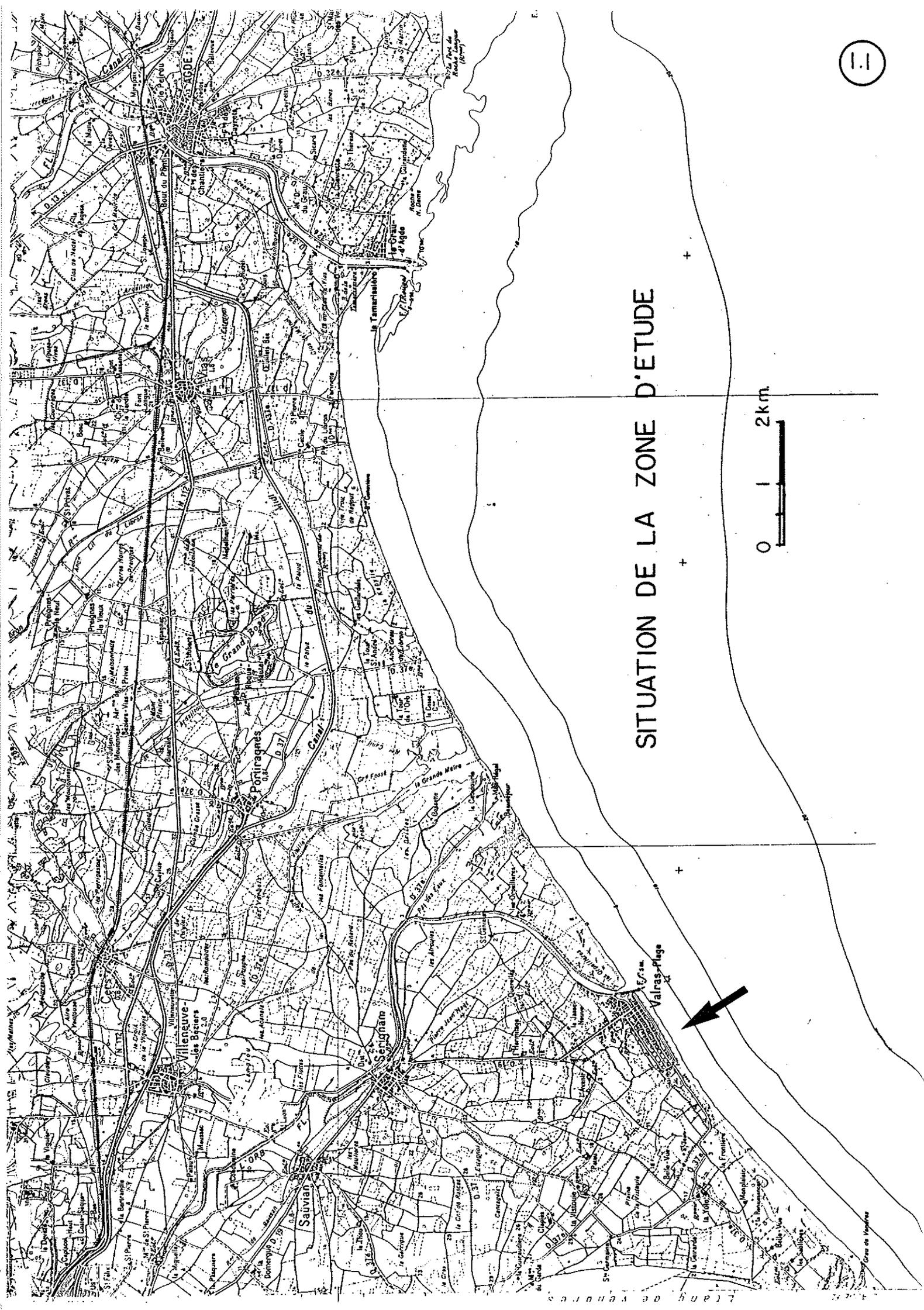
De ce fait, un ouvrage "plein" c'est-à-dire empêchant le transfert des sables de part et d'autre ne devrait pas avoir, à l'échelle de l'ensemble de la plage, d'impact très marqué.

Cependant, un tel ouvrage plein peut avoir des effets secondaires qui localement peuvent être importants et s'étendre ensuite. Ainsi, en période de tempêtes qui surviennent la plupart du temps avec surélévation du niveau moyen (0,50 à 1 m ne sont pas rares), un ouvrage plein est susceptible de canaliser les eaux de retour que les vagues apportent sur la plage et être la source d'un départ important de sédiments vers le large ce qui entraîne une érosion locale.

Généralement, la plage reprend sa morphologie initiale dans les semaines ou mois qui suivent. Toutefois dans le cas de très fortes tempêtes (celle de 1982 par exemple) ou suite à plusieurs tempêtes successives des évolutions "irréversibles" ou qui demandent de très longues périodes (plusieurs années) pour se rétablir peuvent survenir.

Ces considérations nous conduisent à déconseiller un ouvrage plein pour la partie terminale (plage et petits fonds marins) de cette "promenade". Un ouvrage type estacade sur pieux, c'est-à-dire transparent aux échanges sédimentaires est préférable car il n'aura quasiment pas d'impact sur l'évolution de la plage.

oOo



SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE



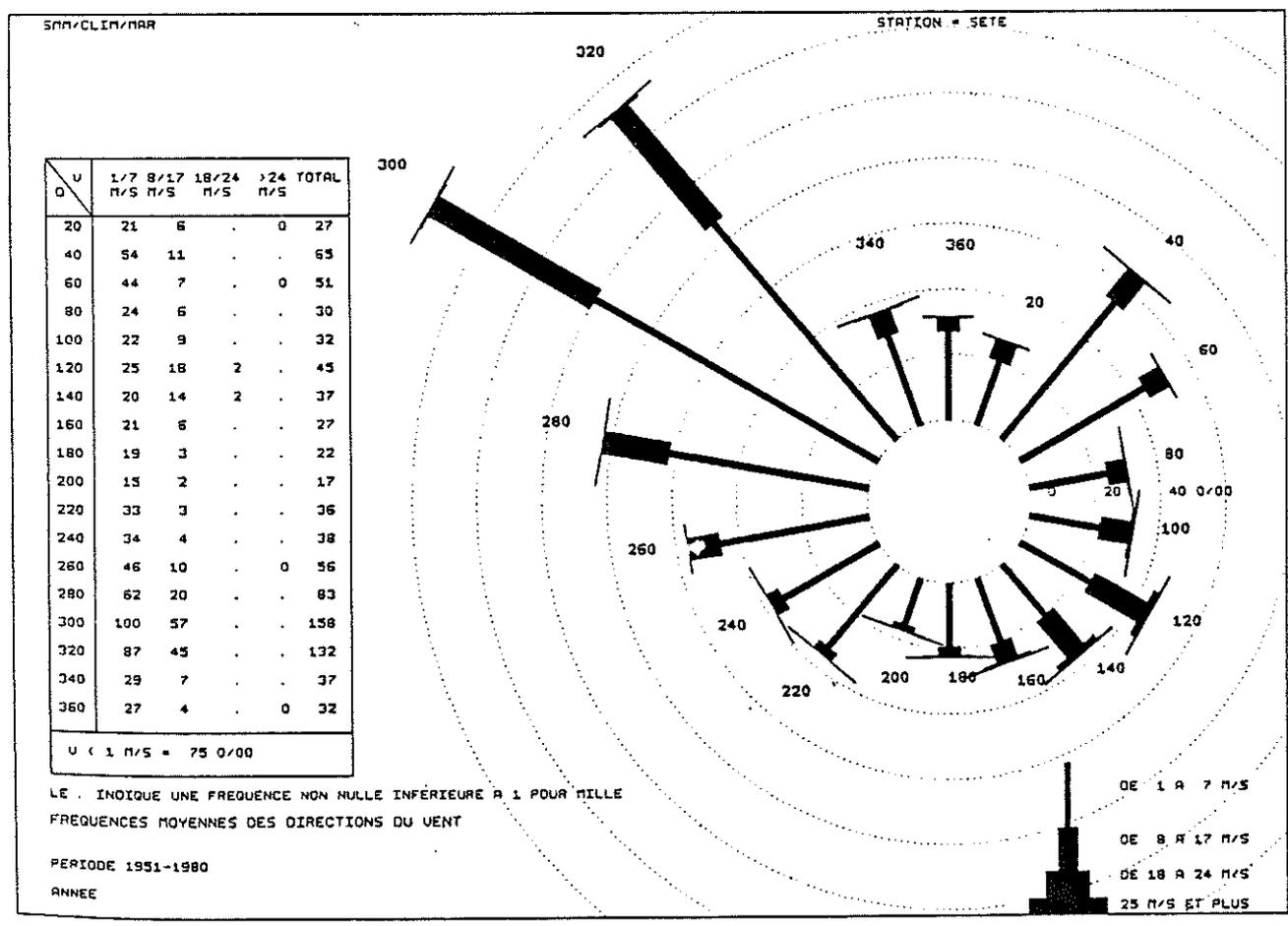
# VENT ANNEE

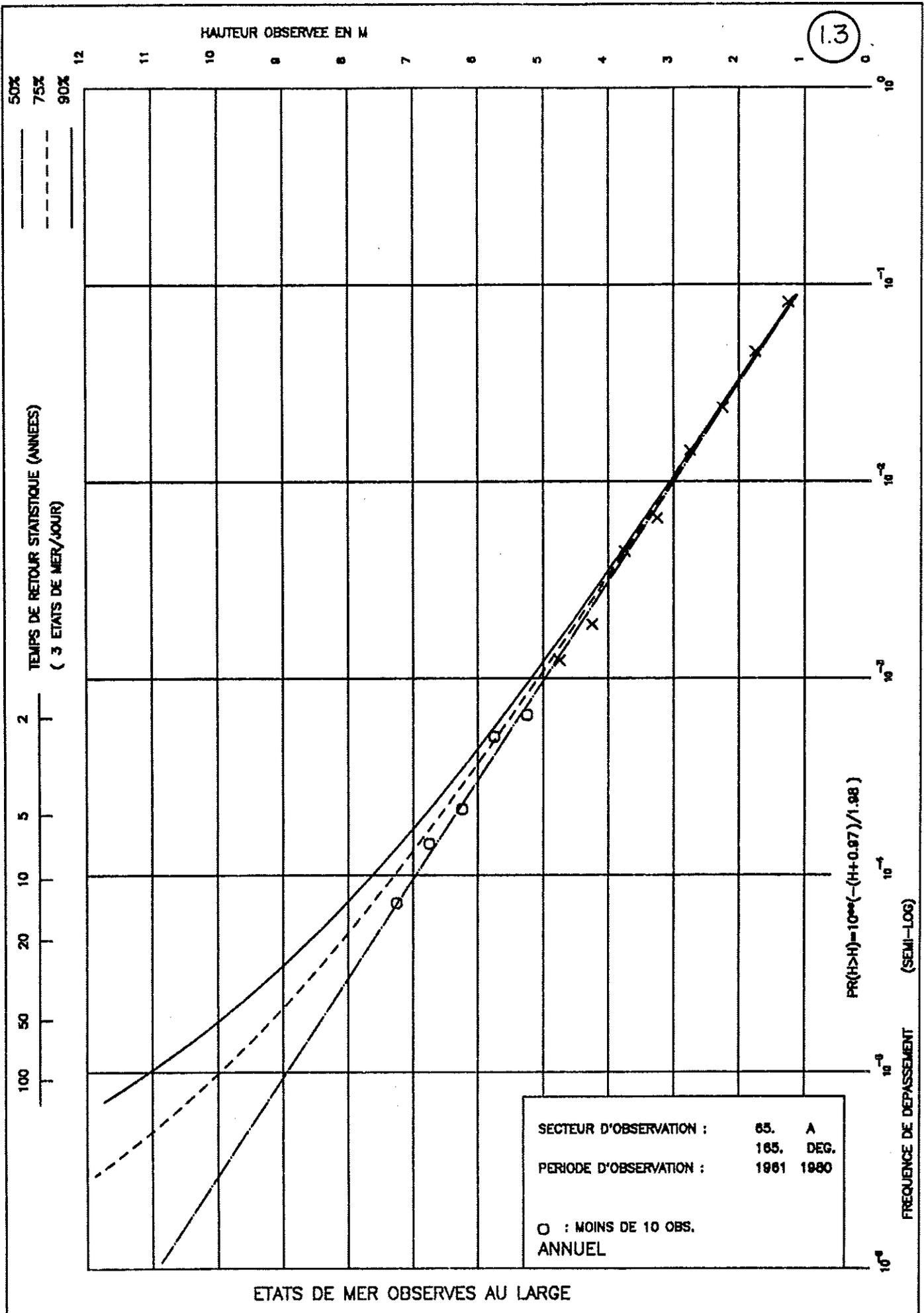
REPARTITIONS MENSUELLES DE LA DIRECTION DU VENT EN FREQUENCES POUR MILLE

DIRECTIONS (DEGRES)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
20	47	34	22	23	16	13	18	17	26	28	39	42	27
40	81	71	66	49	50	41	46	56	72	80	75	94	65
60	52	52	57	43	49	40	37	51	57	67	52	60	52
80	16	29	32	33	41	32	27	37	44	35	23	15	30
100	14	31	35	36	44	31	25	35	50	44	23	17	32
120	32	40	57	52	64	42	26	42	57	49	39	25	45
140	34	24	47	41	50	35	23	29	42	47	39	27	37
160	12	18	29	33	34	38	33	32	36	27	18	16	27
180	8	13	23	24	29	37	32	36	33	18	11	7	22
200	5	9	16	20	23	30	27	28	21	11	8	4	17
220	17	28	28	37	45	55	59	52	44	24	22	18	36
240	26	35	38	37	41	43	52	50	38	26	33	34	38
260	51	63	62	59	59	60	56	54	41	38	62	67	56
280	74	85	87	89	87	90	85	87	64	60	88	94	83
300	183	167	148	165	150	159	177	144	131	139	163	163	158
320	151	146	125	145	109	128	151	130	106	121	138	137	132
340	51	44	36	34	26	27	29	29	34	38	48	49	37
360	55	33	26	20	19	18	21	38	43	40	51	32	32
CALME	90	79	66	81	65	81	76	71	68	86	76	79	75

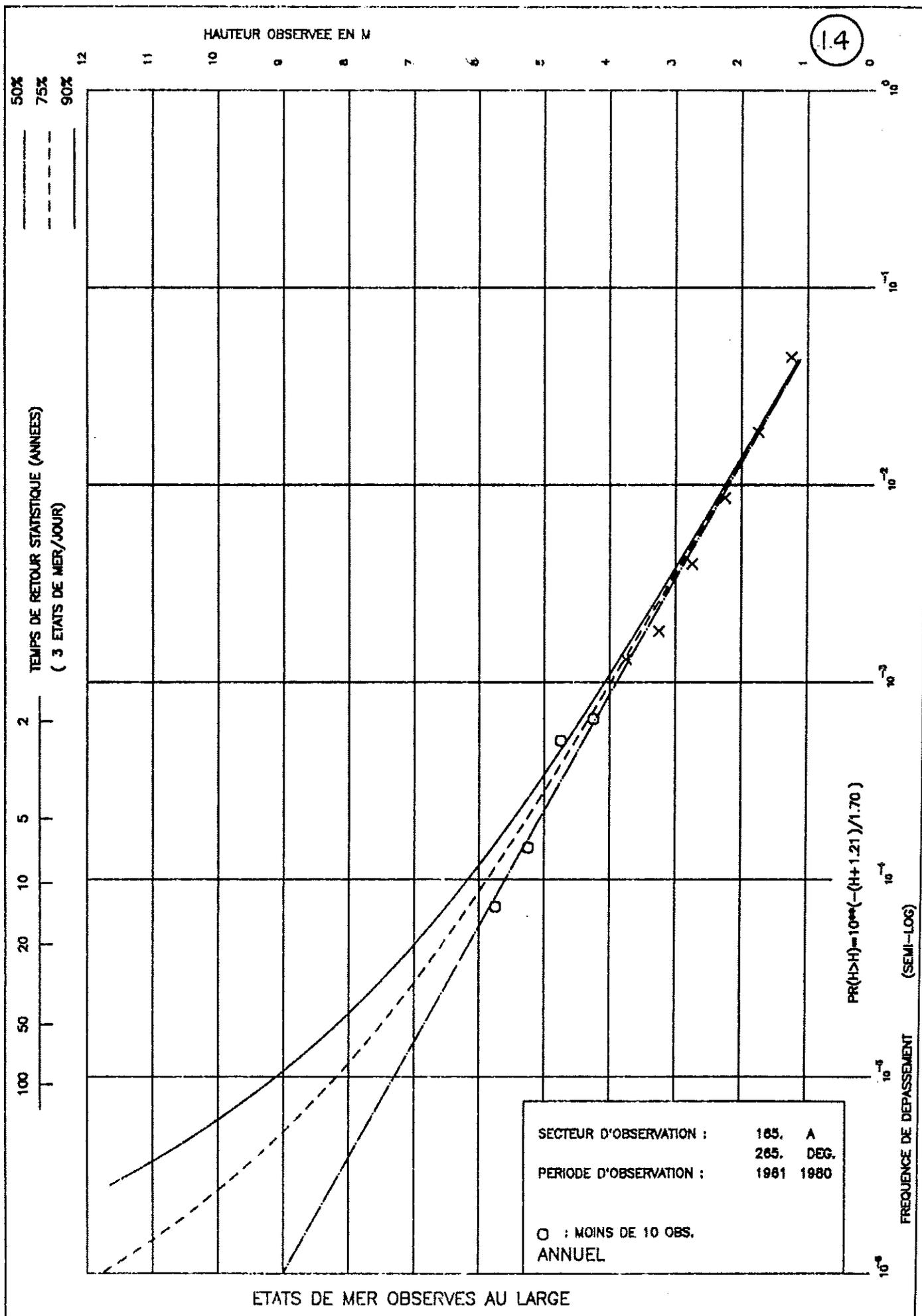
REPARTITIONS MENSUELLES DE LA VITESSE DU VENT EN FREQUENCES POUR MILLE

FORCE (BEAUFORT)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
12													
11													
10			2									2	
9	2		3	2								4	2
8	8	7	9	7	2	1	7	2	3	11	19	8	7
7	36	35	34	32	17	10	12	16	35	48	37	27	
6	87	74	65	72	51	37	35	38	44	57	69	74	57
5	170	175	170	169	149	126	125	133	124	140	149	156	149
4	168	170	170	175	196	178	175	185	162	163	164	166	173
3	217	215	240	246	269	283	293	279	282	237	230	223	251
1 ET 2	241	243	281	236	250	282	284	279	300	268	241	252	260
CALME	90	79	66	81	65	81	76	71	68	86	76	79	75





REPARTITION STATISTIQUE DES HAUTEURS DES HOULES  
 REGION LANGUEDOC (42°-44° N 3°-5° E) par secteur

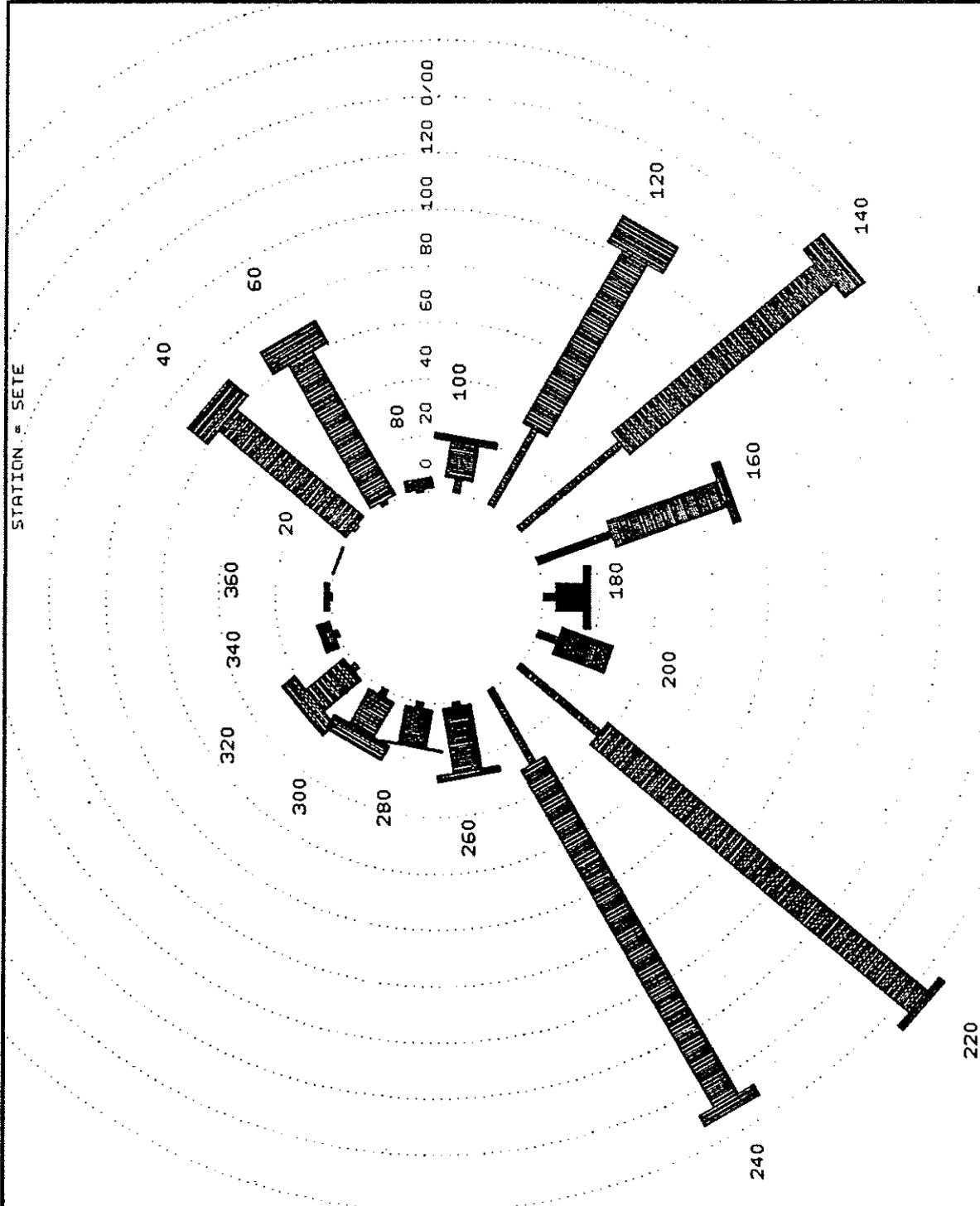


REPARTITION STATISTIQUE DES HAUTEURS DES HOULES  
 REGION LANGUEDOC (42°-44°N 3°-5°E) par secteur

SMN/CLIN/MAR

STATION : SETE

H \ D	0/2	3/4	5/6	>7	TOTAL
	....	CODE	S	.....	
20	0		0	0	0
40	1	59	9	0	69
60	2	58	9	0	69
80	1	4	0	0	5
100	5	13	2	0	20
120	31	71	11	0	112
140	47	94	9	0	150
160	28	42	3	0	73
180	4	10	3	0	17
200	7	19	0	0	27
220	37	148	3	0	187
240	30	138	4	0	172
260	2	23	2	0	27
280	2	13	0	0	16
300	3	14	6	0	22
320	2	17	6	0	25
340	2	5	0	0	6
360	1	2	0	0	3
H = 0 = 0 0/00					



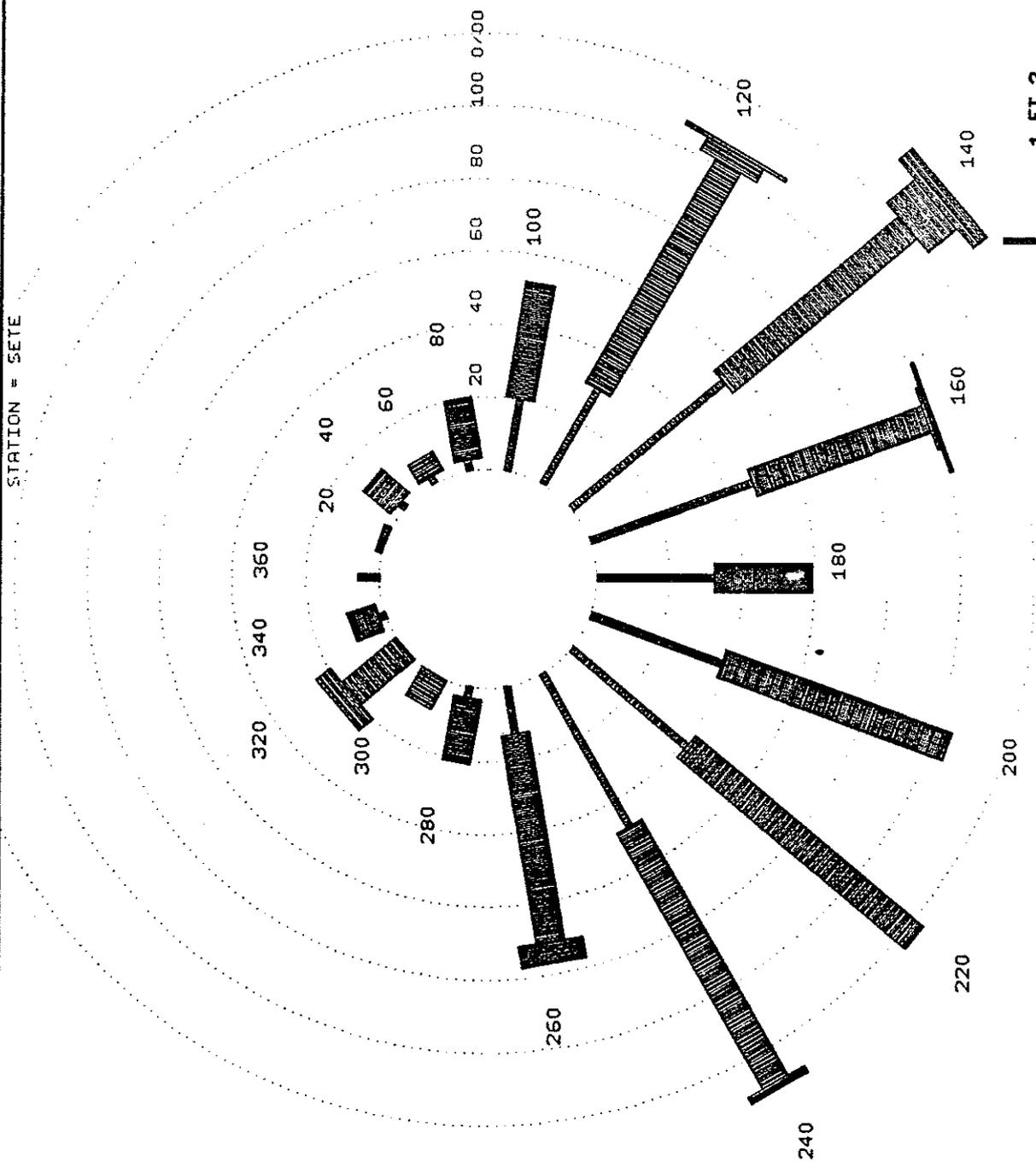
LE . INDIQUE UNE FREQUENCE NON NULLE INFÉRIEURE A 1 POUR MILLE  
 FREQUENCES MOYENNES DES DIRECTIONS POUR LA HAUTEUR DES VAGUES

1 ET 2  
 3 ET 4  
 5 ET 6

SMM/CLIN/MAR

STATION = SETE

H D	0/2 ....	3/4 CODE S	5/6 S	>7 ....	TOTAL
20	0	2	0	0	2
40	2	10	0	0	12
60	2	6	0	0	8
80	3	17	0	0	20
100	20	32	0	0	52
120	30	71	4	1	106
140	54	66	10	5	135
160	47	51	1	1	100
180	32	27	0	0	59
200	38	66	0	0	104
220	41	82	0	0	123
240	48	81	2	0	131
260	13	58	6	0	77
280	3	18	0	0	21
300	0	9	0	0	9
320	0	19	5	0	24
340	2	8	0	0	10
360	6	0	0	0	6
H = 0 = 0 0/00					



1 ET 2  
3 ET 4  
5 ET 6

FREQUENCES MOYENNES DES DIRECTIONS POUR LA HAUTEUR DES VAGUES

ANNEE 1982

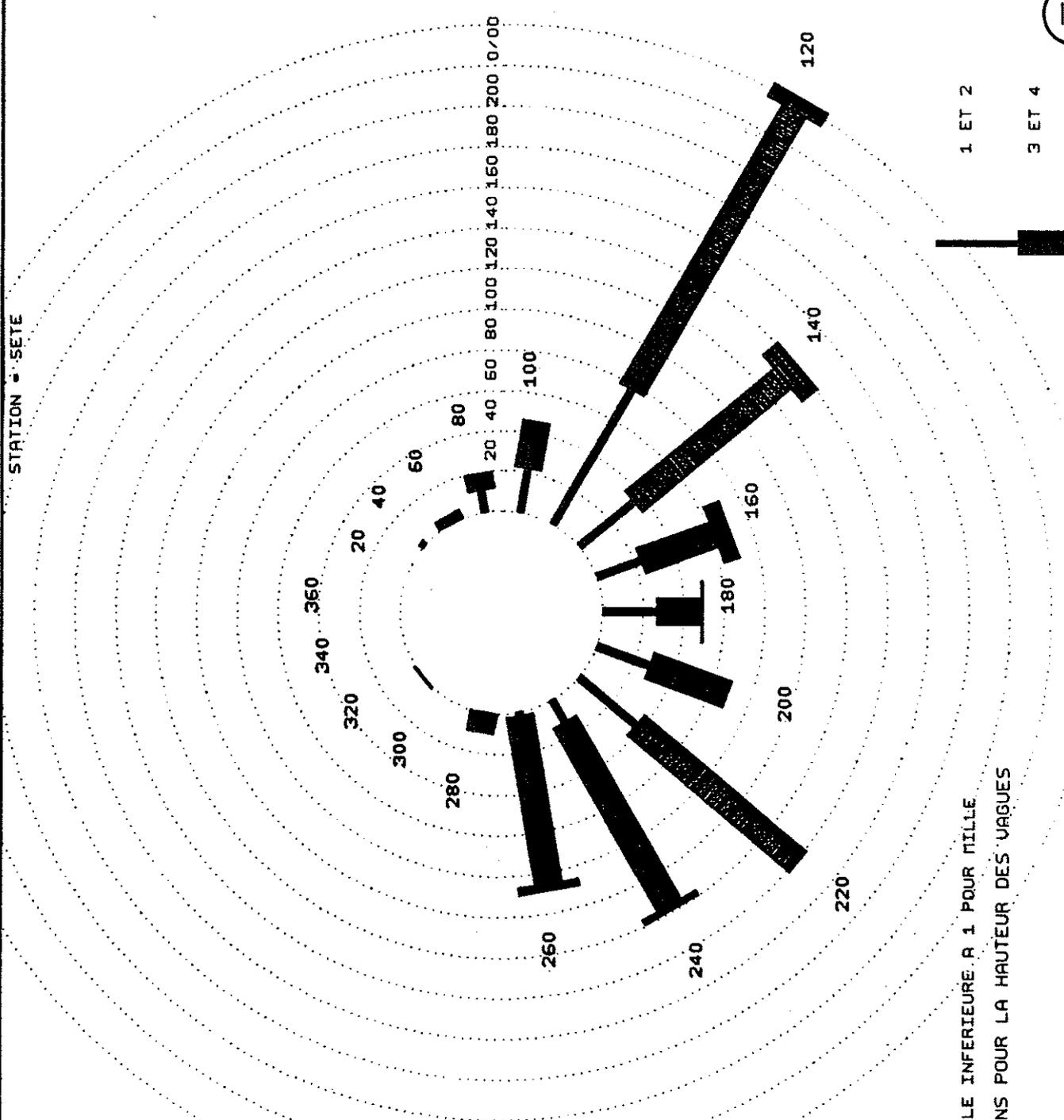
SMM/CLIM/MAR

STATION - SETE

H 0	0/2 ....	3/4 CODE	5/6 S	>7 .....	TOTAL
20	0	0	0	0	0
40	3	0	0	0	3
60	0	5	0	0	5
80	11	8	0	0	19
100	22	24	0	0	45
120	77	158	7	0	243
140	35	95	10	0	140
160	23	38	8	0	69
180	26	22	.	0	49
200	27	41	0	0	68
220	36	104	0	0	141
240	13	104	3	0	119
260	2	84	4	0	89
280	0	10	0	0	10
300	0	0	0	0	0
320	0	.	0	0	.
340	0	0	0	0	0
360	0	0	0	0	0
H = 0 = 0 0/00					

LE . INDIQUE UNE FREQUENCE NON NULLE INFERIEURE A 1 POUR MILLE  
 FREQUENCES MOYENNES DES DIRECTIONS POUR LA HAUTEUR DES VAGUES

- 1 ET 2
- 3 ET 4
- 5 ET 6
- 7, 8 ET 9



SYNTHESE DES ROSES DE HOULES

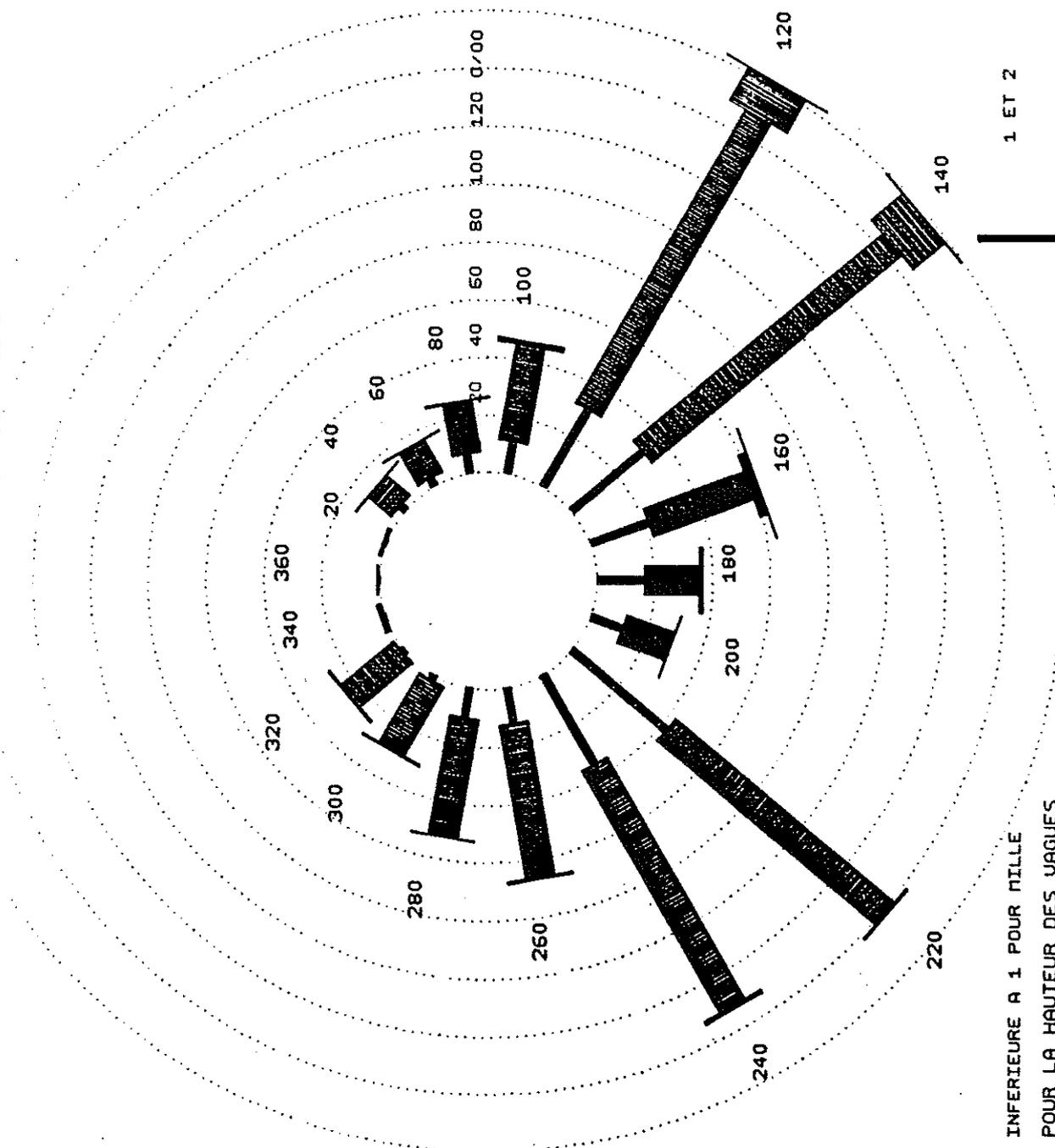
- Sémaphore de Sete -

H D	0/2 ....	3/4 CODE	5/6 S	>7 ....	TOTAL
20	.	1	0	0	1
40	2	10	.	0	13
60	3	13	.	0	16
80	7	18	.	0	25
100	11	34	2	0	46
120	31	117	13	.	161
140	32	112	14	.	158
160	21	37	3	.	61
180	16	19	.	0	36
200	11	18	.	0	29
220	42	99	.	0	141
240	36	96	1	0	133
260	13	54	.	0	67
280	10	42	.	0	52
300	2	28	.	0	30
320	1	24	.	0	25
340	.	2	0	0	2
360	940	.	0	0	1
H = 0 = 0 0/00					

LE . INDIQUE UNE FREQUENCE NON NULLE INFERIEURE A 1 POUR MILLE  
 FREQUENCES MOYENNES DES DIRECTIONS POUR LA HAUTEUR DES VAGUES

PERIODE 1952-1984

ANNEE



1 ET 2

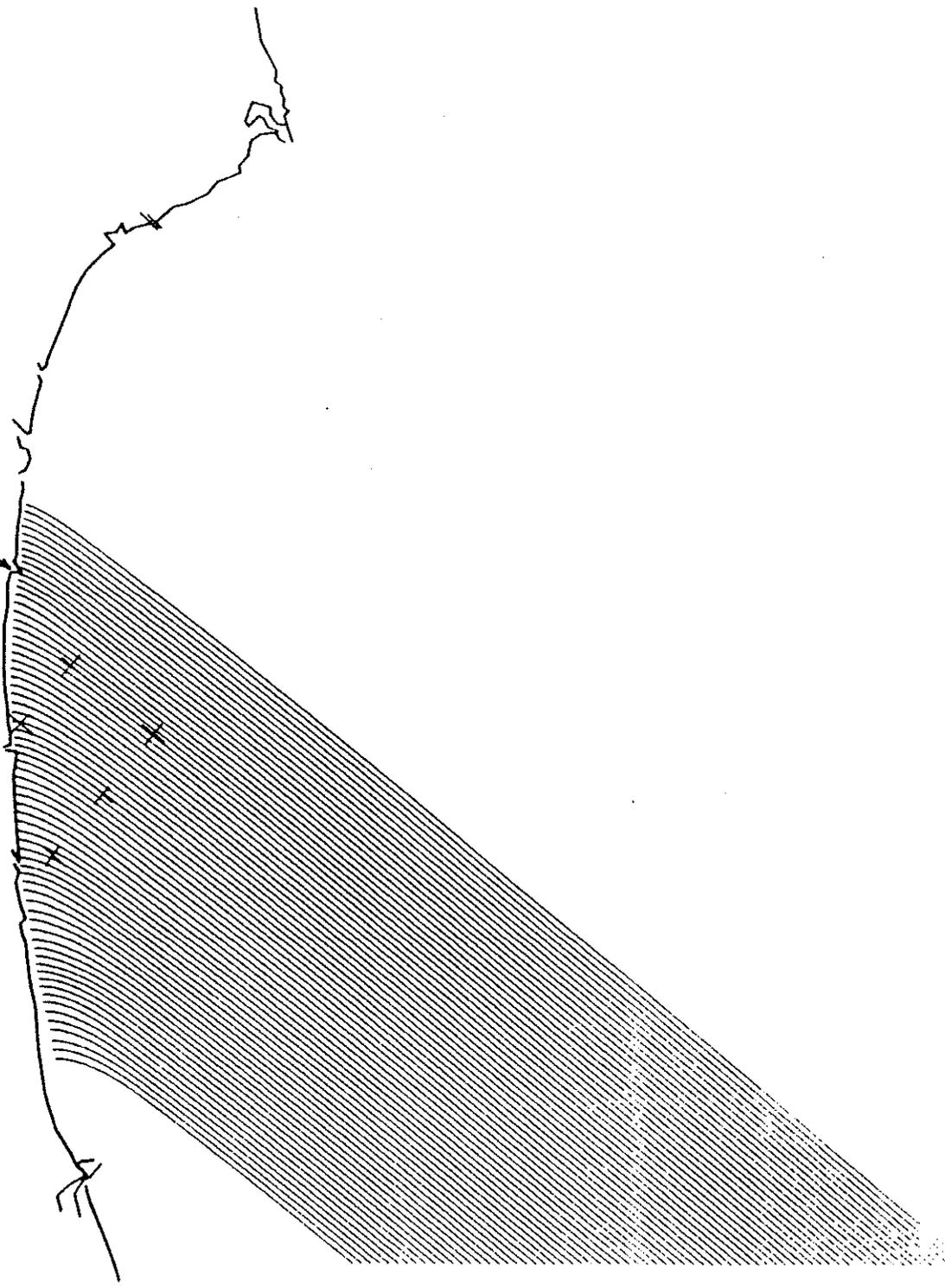
3 ET 4

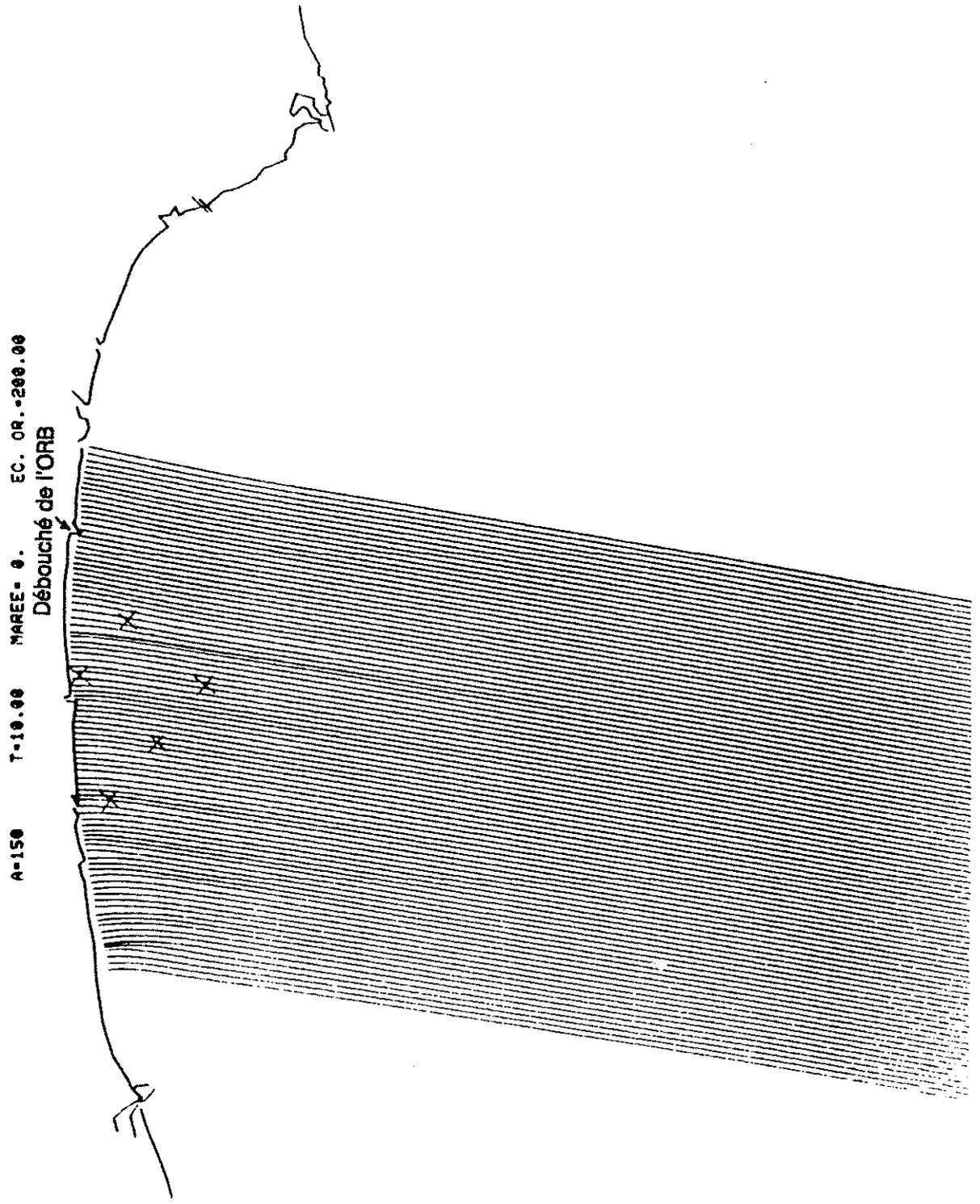
5 ET 6

7, 8 ET 9

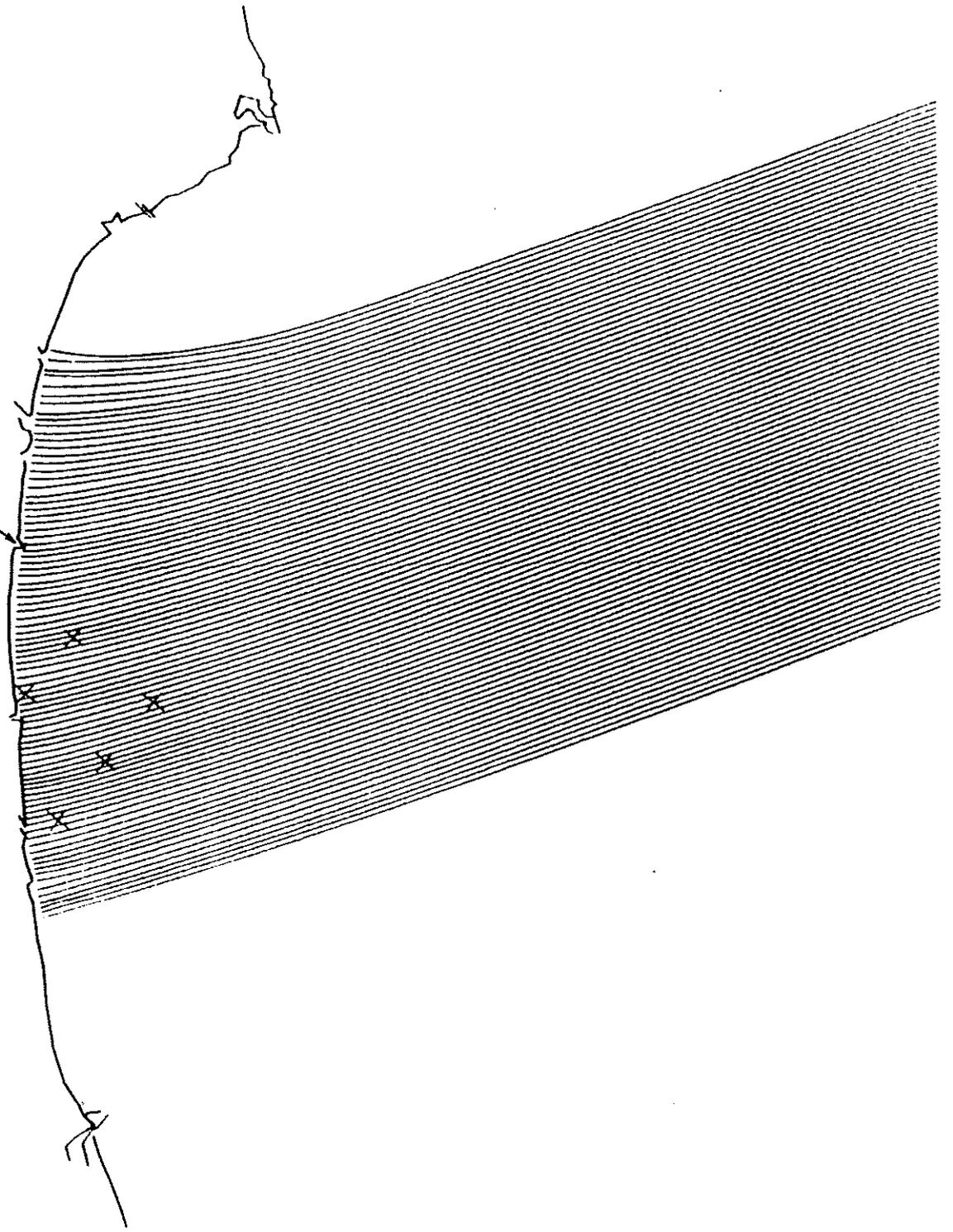
1.8

A=100 T= 8.00 MAREE= 0. EC. OR.=200.00  
Débauché de l'ORB

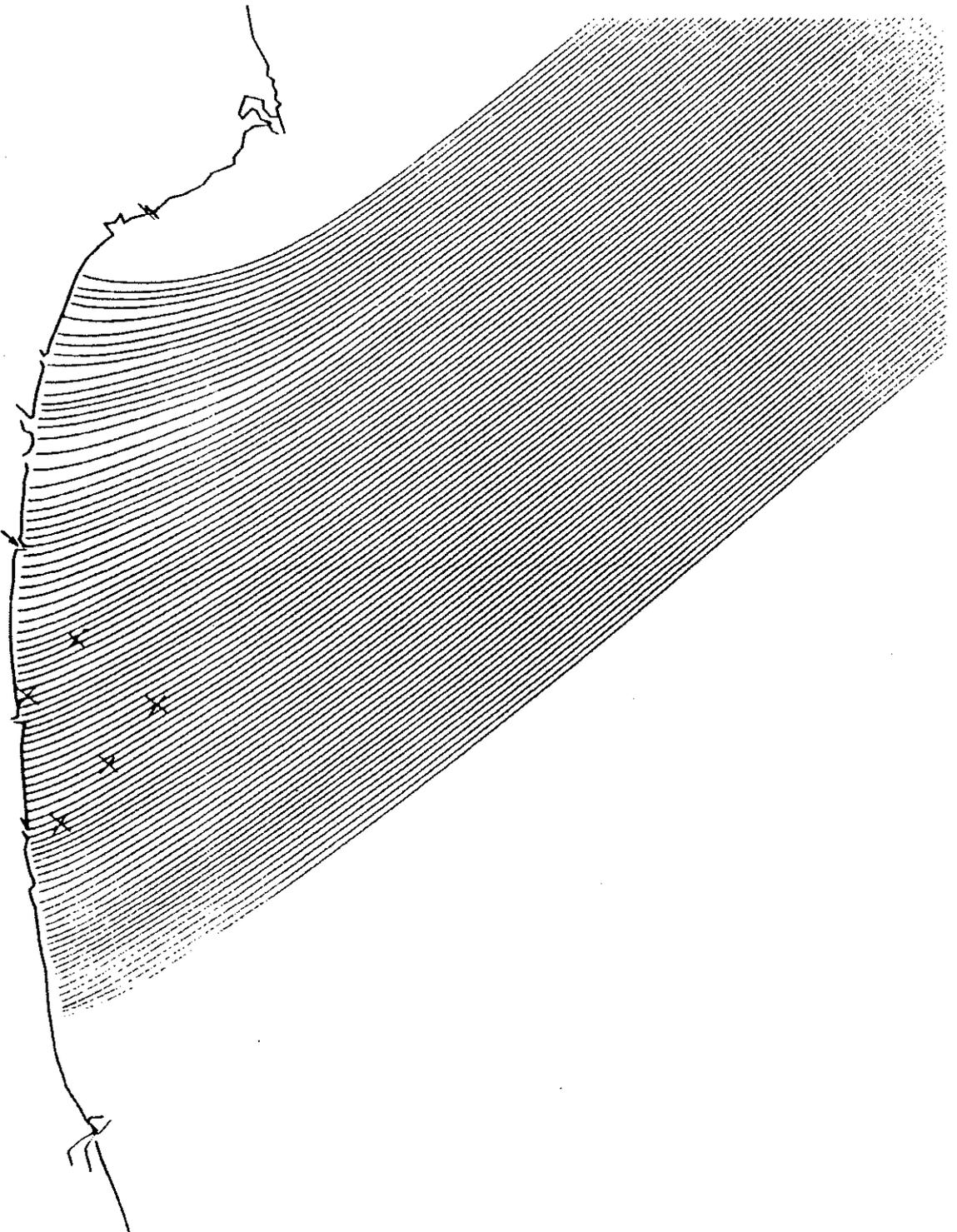




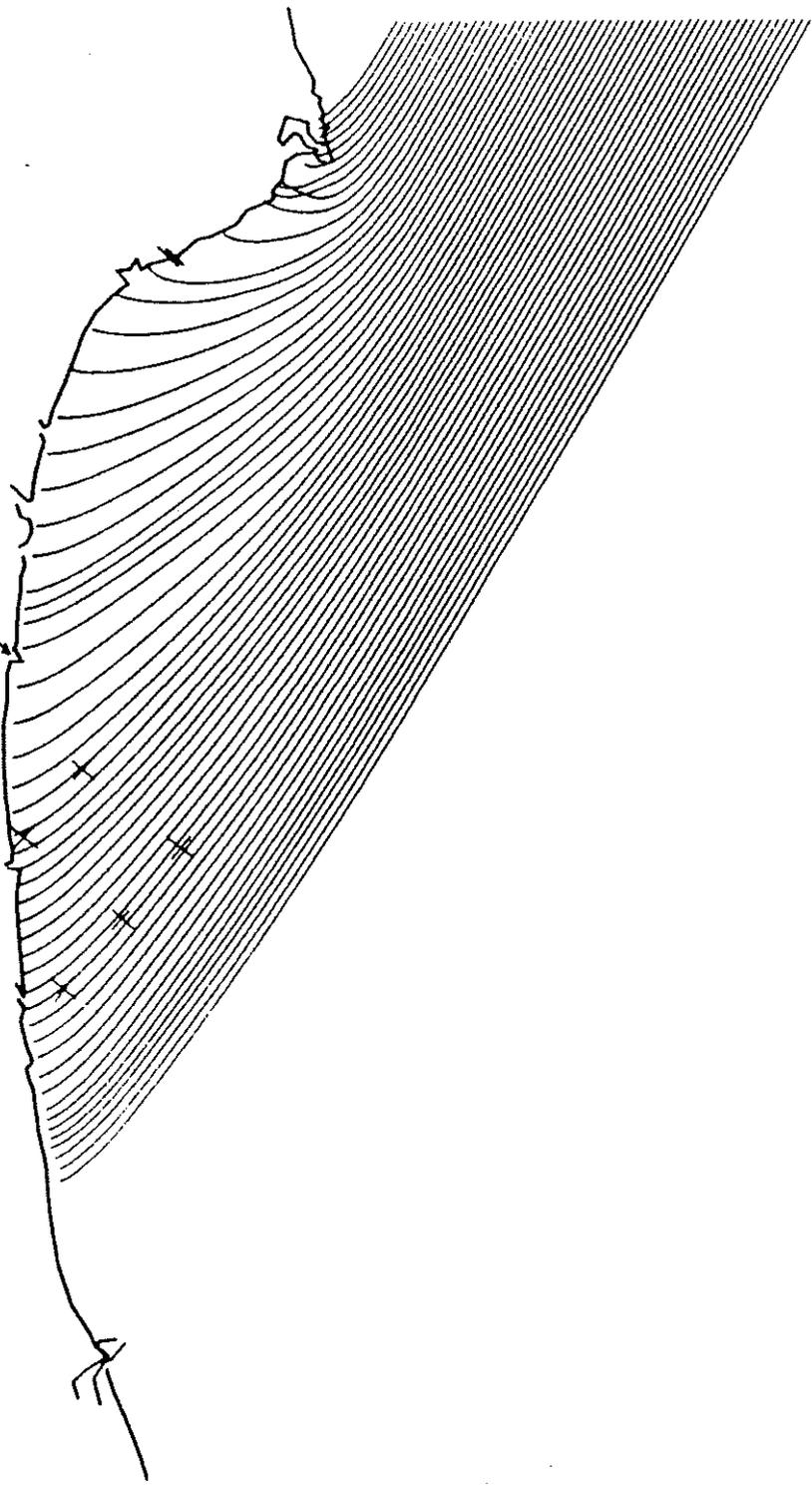
A-120 T-10.00 MAREE-0. EC. CR. 200.00  
Débouché de l'ORB

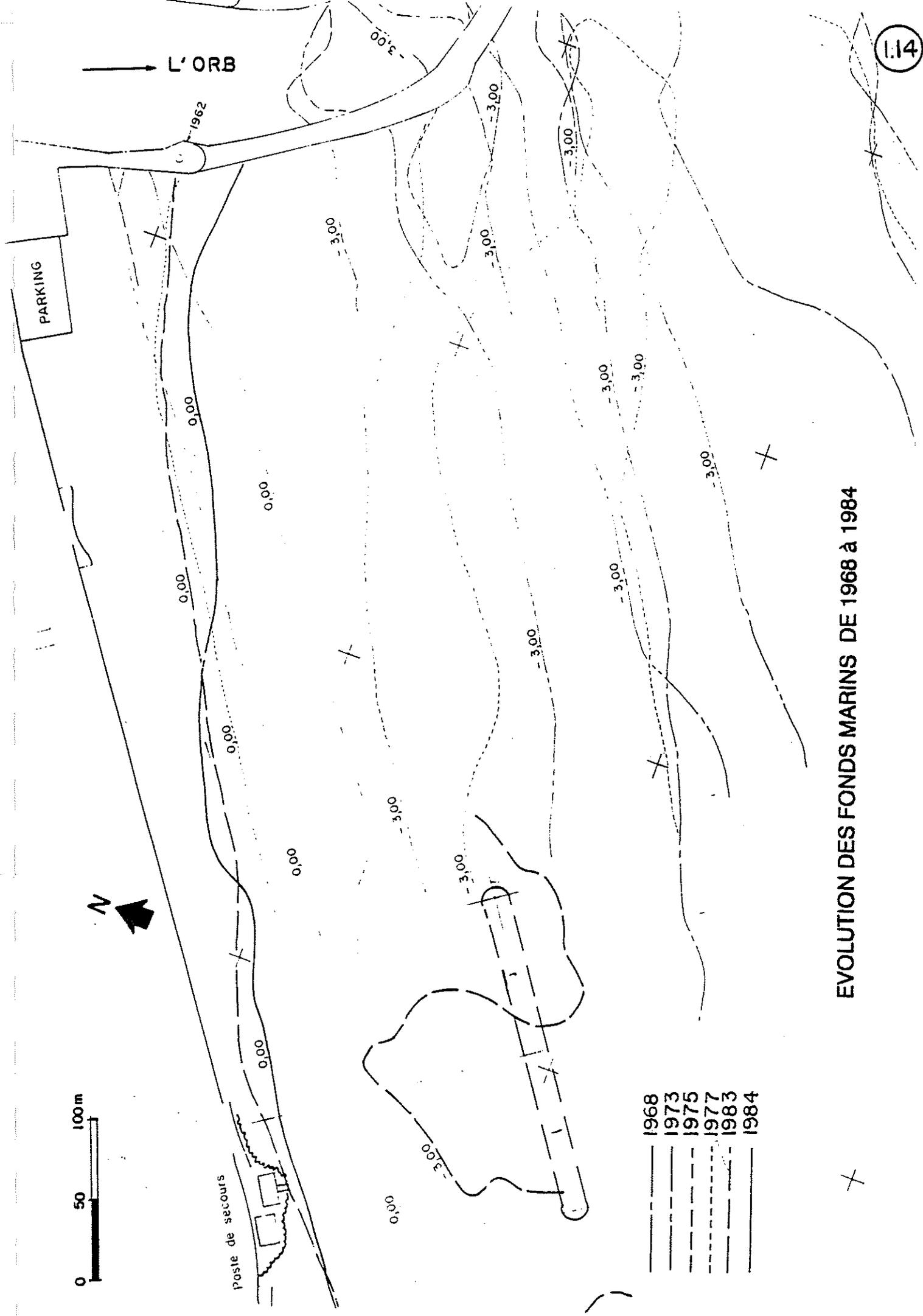


A=100 T=10.00 MAREE=0. EC. CR.=200.00  
Débouché de l'ORB



A-80 T= 8.00 MAREE= 0. EC. OR.=200.00  
Débouché de l'ORB



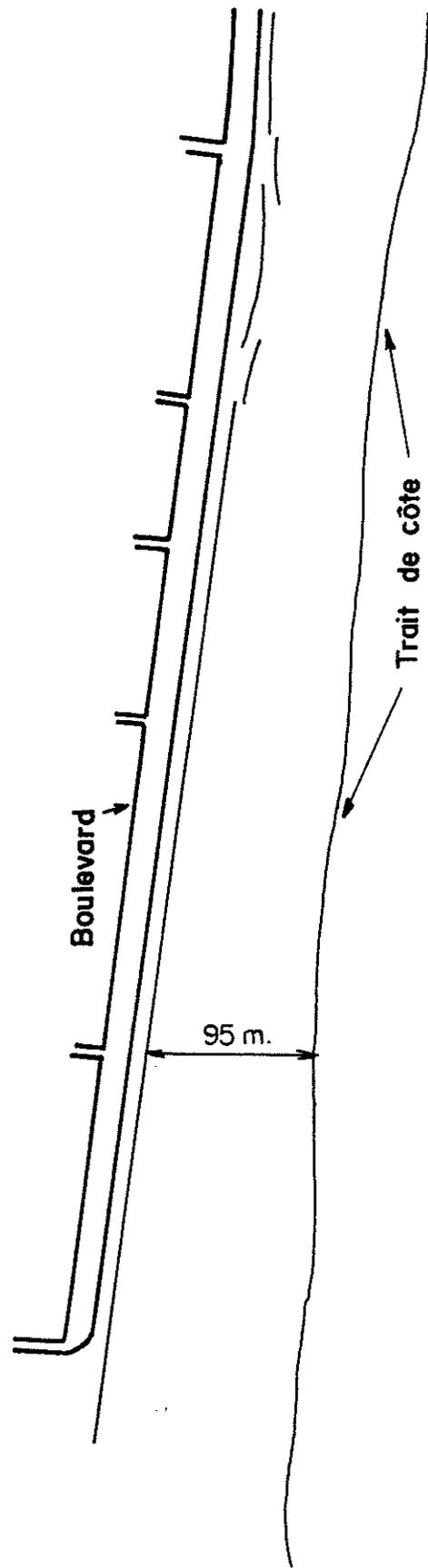


EVOLUTION DES FONDS MARINS DE 1968 à 1984

- 1968
- - - 1973
- · - · 1975
- · · 1977
- · · 1983
- 1984

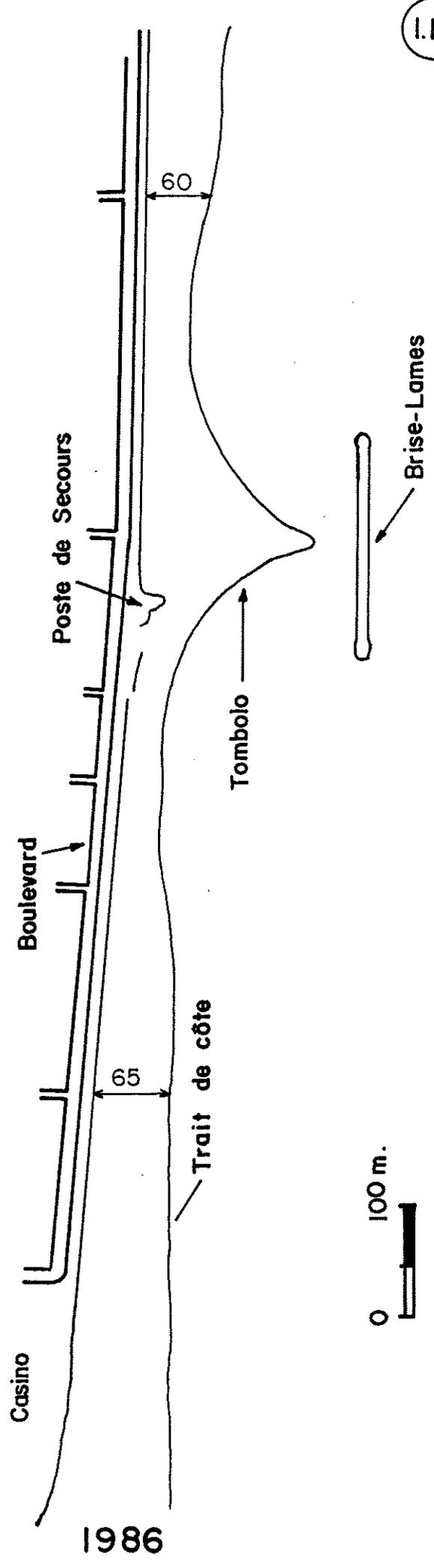
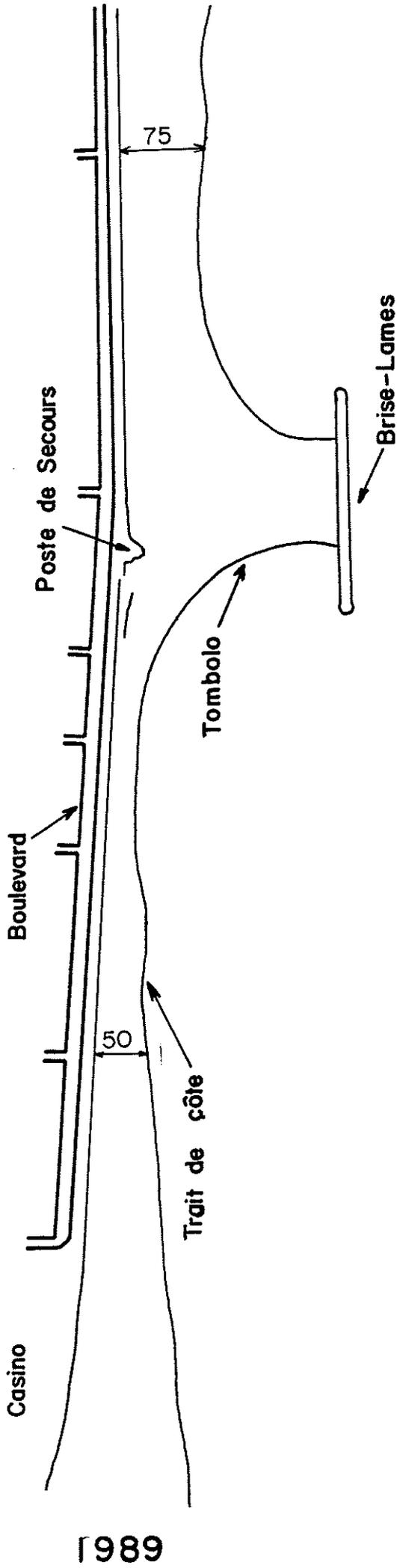
+





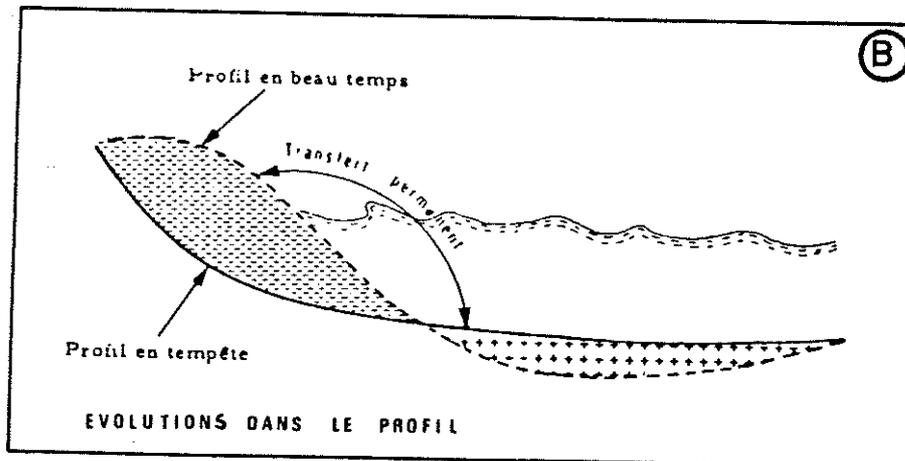
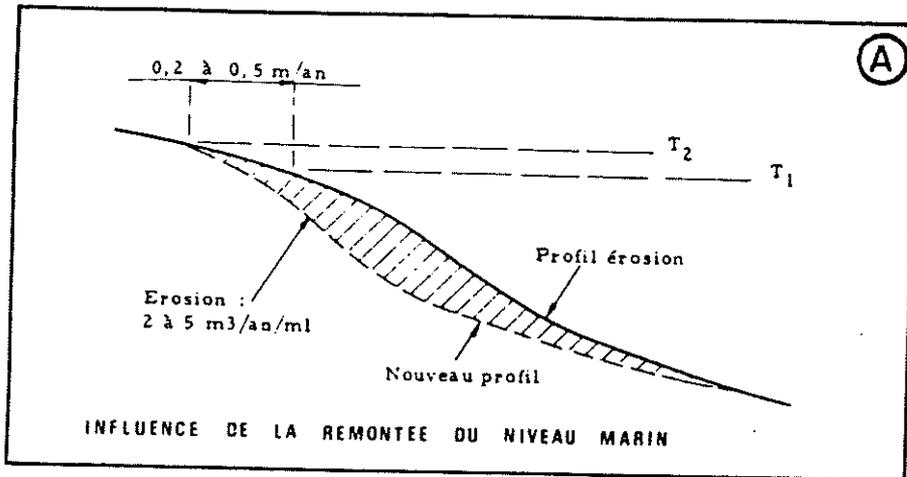
1974



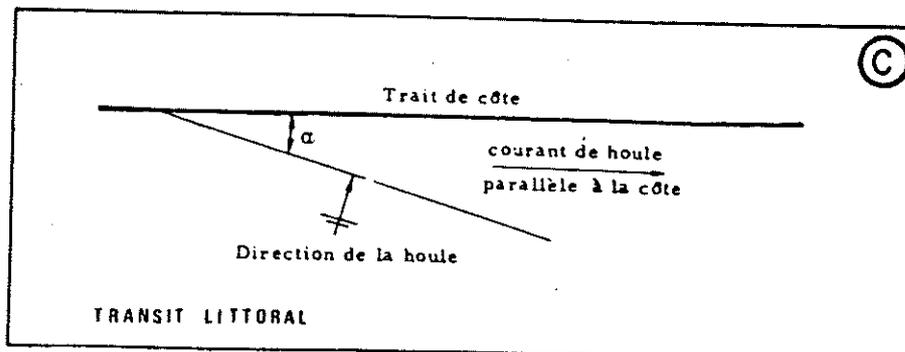


0 100 m.

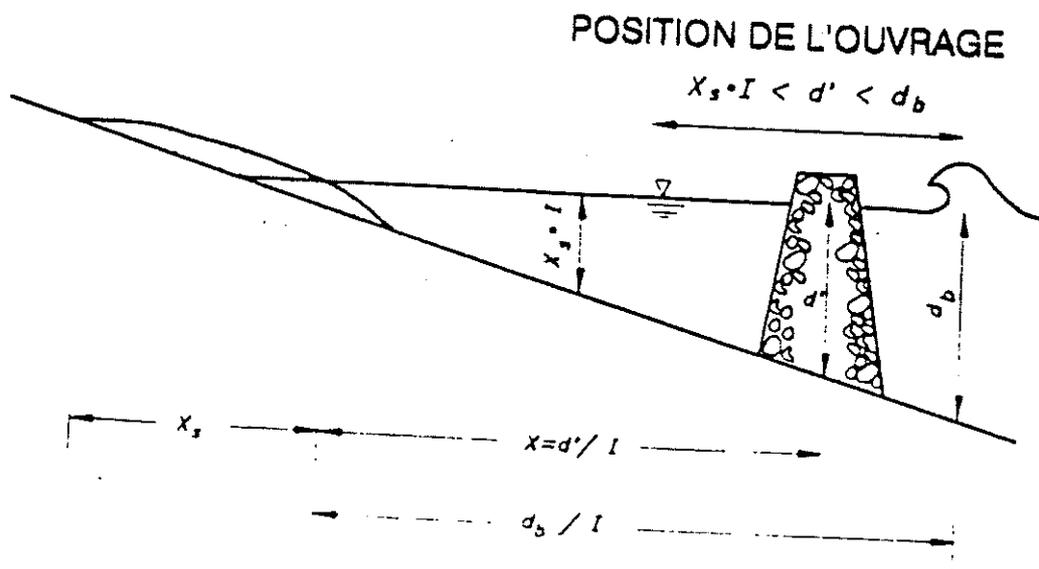
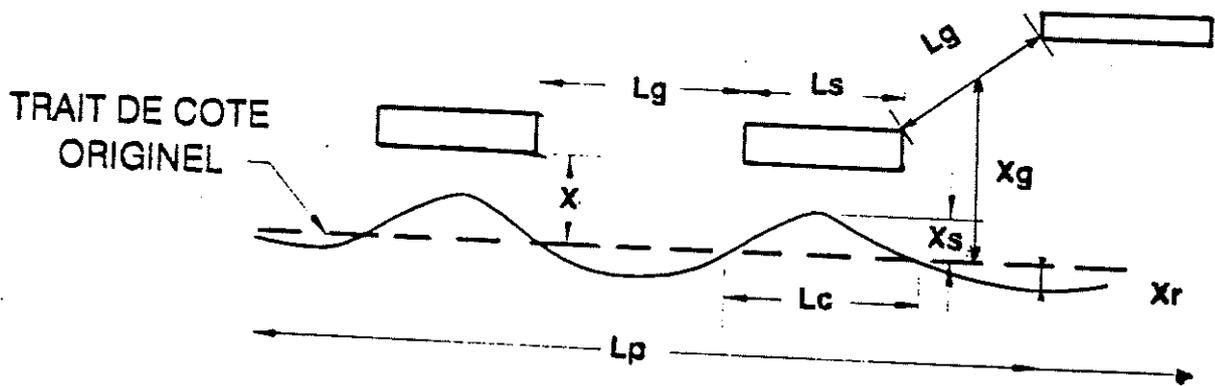
D'après photographies aériennes SMNLR

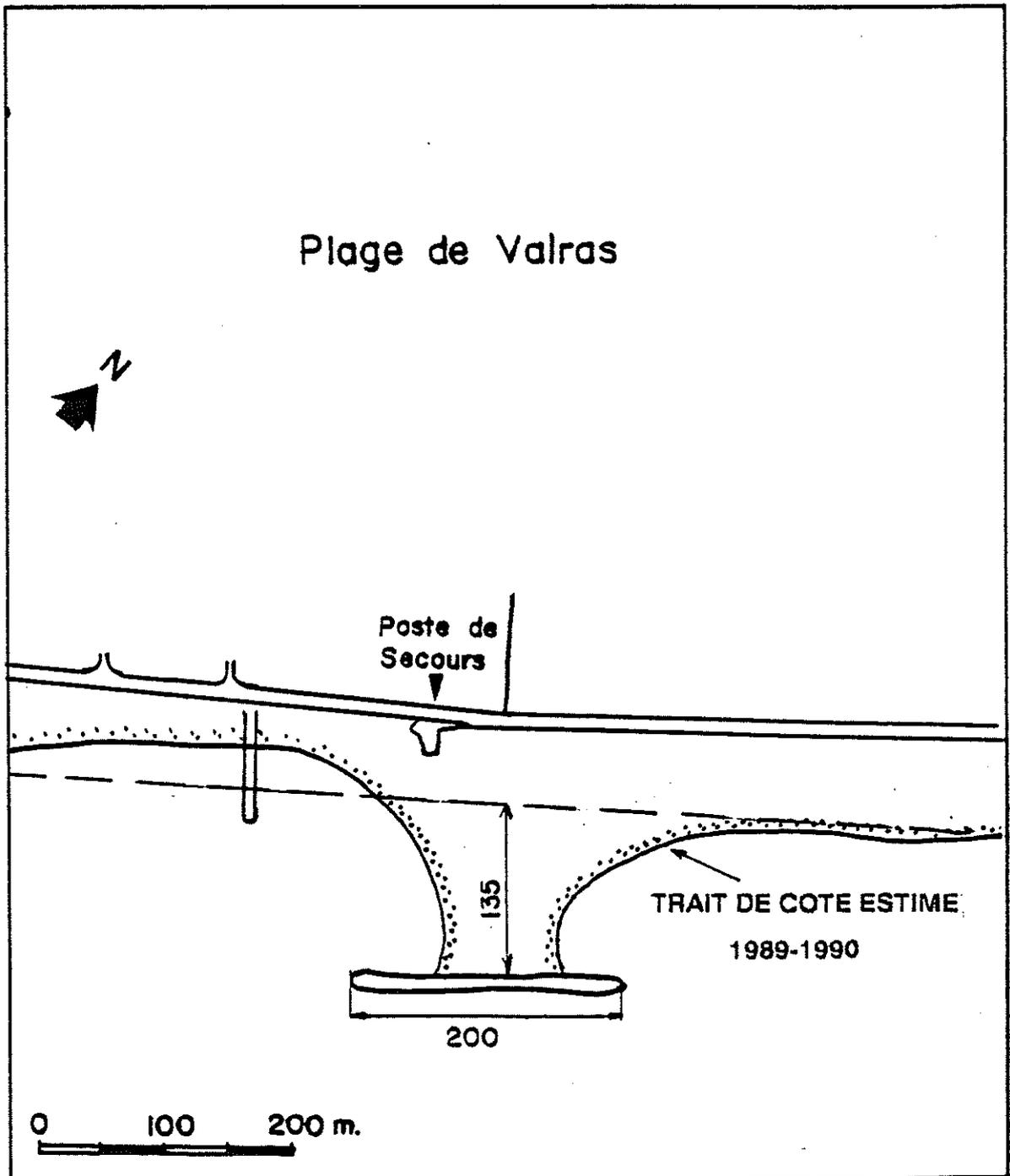


MOUVEMENT DANS LE PROFIL.

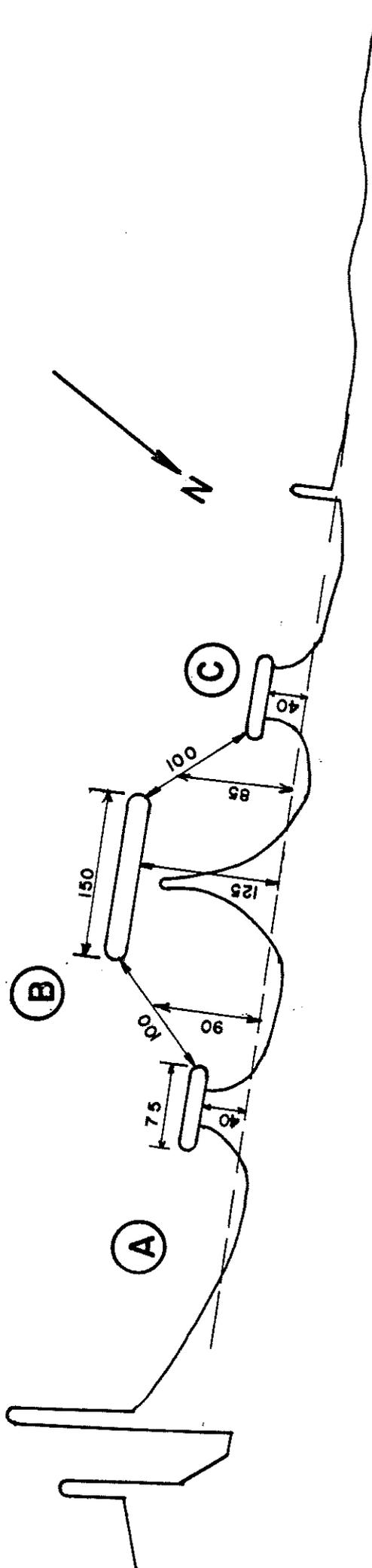


TRANSIT LITTORAL





# Plage de Sète Lazaret



Brise-lames      Ouverture

**(A)**  
 $L_s = 75 \text{ m}$   
 $X = 40 \text{ m}$

**(B)**  
 $L_s = 150 \text{ m}$   
 $X = 125 \text{ m}$

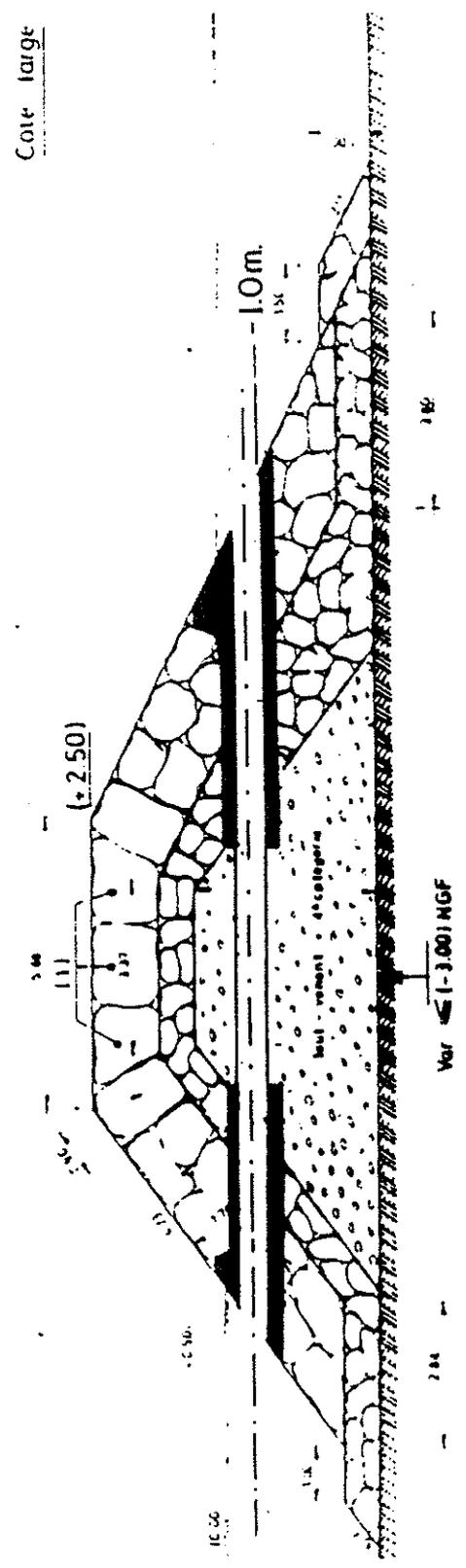
**(C)**  
 $L_s = 75 \text{ m}$   
 $X = 40 \text{ m}$

$L_g = 100 \text{ m}$   
 $X_g = 90 \text{ m}$

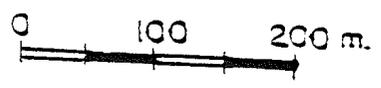
$L_g = 100 \text{ m}$   
 $X_g = 85 \text{ m}$



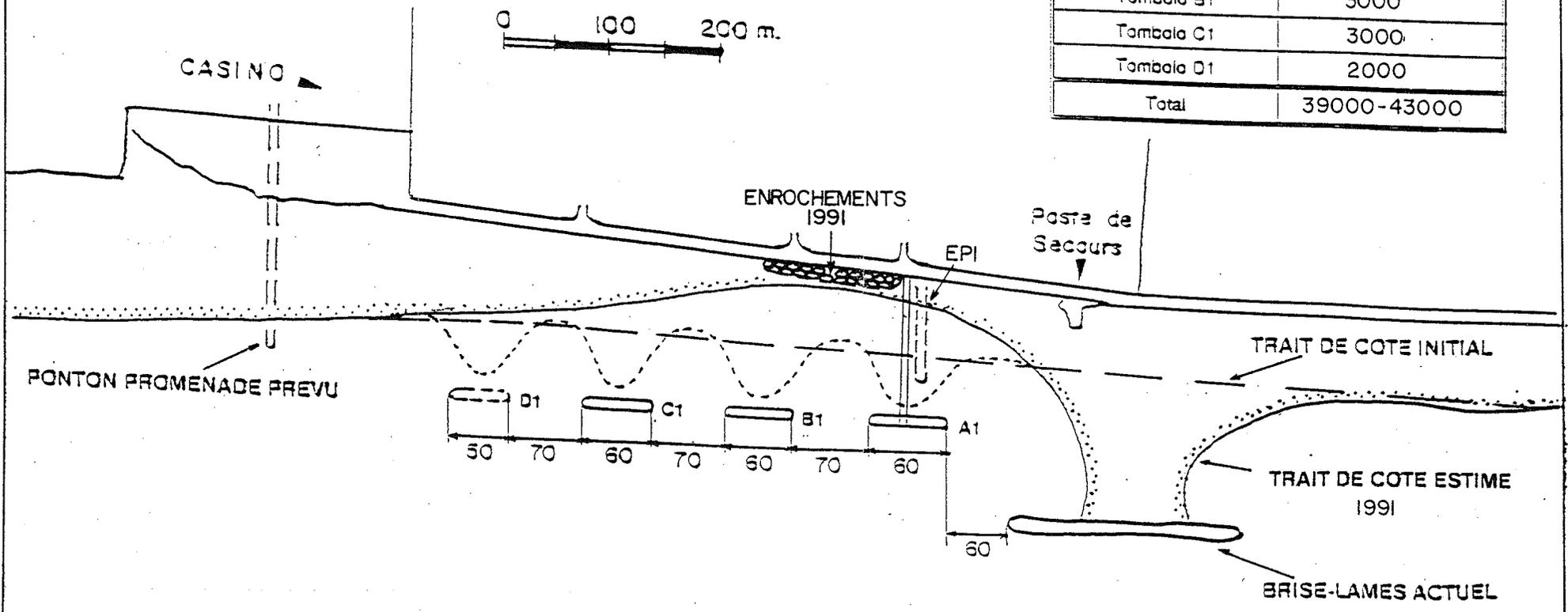
# DEBOUCHE DES EAUX PLUVIALES



# VALRAS PLAGE SOLUTION 1

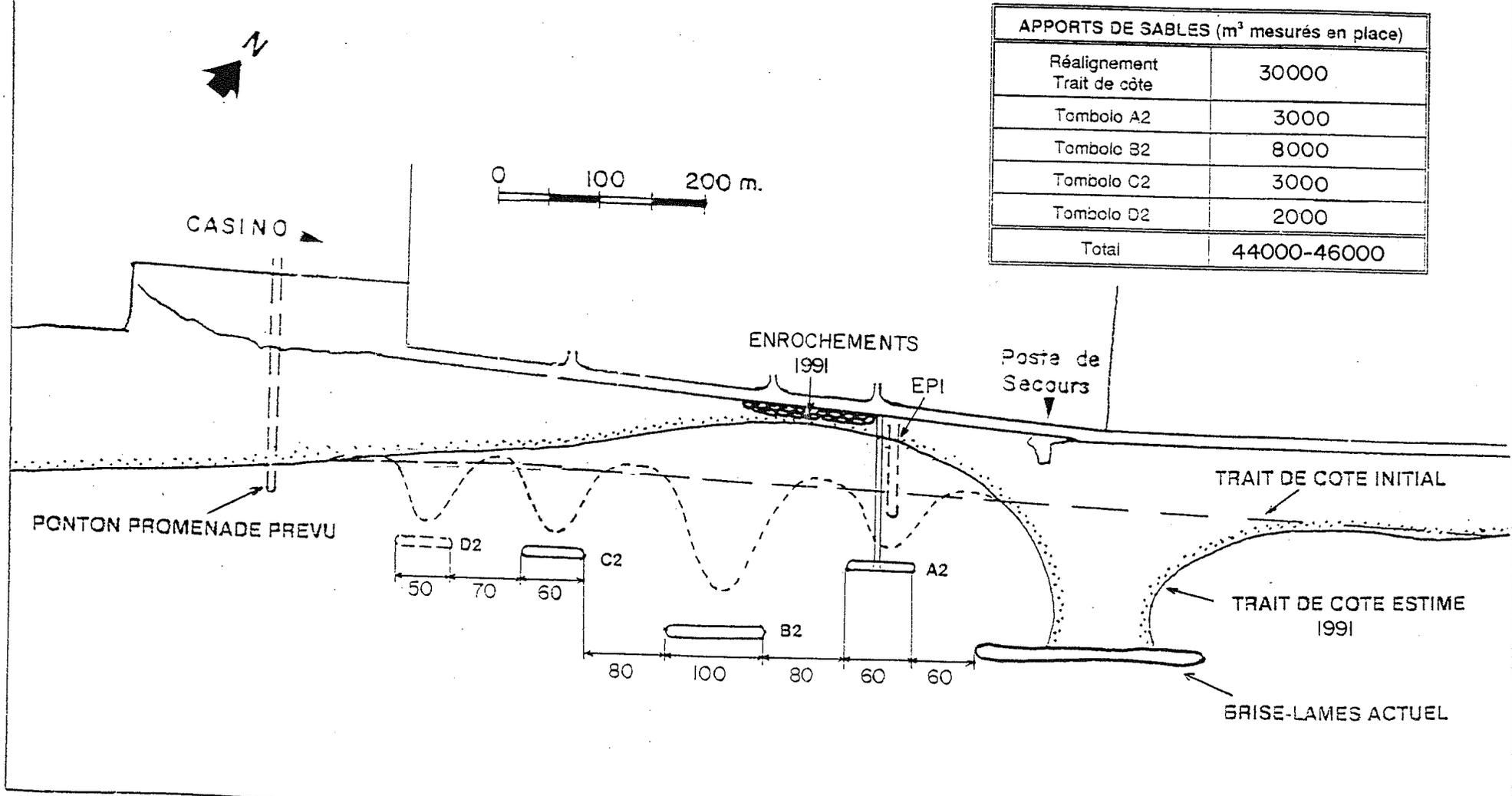


APPORTS DE SABLES (m <sup>3</sup> mesurés en place)	
Réalignement Trait de côte	30000
Tambolo A1	3000
Tambolo B1	3000
Tambolo C1	3000
Tambolo D1	2000
<b>Total</b>	<b>39000-43000</b>



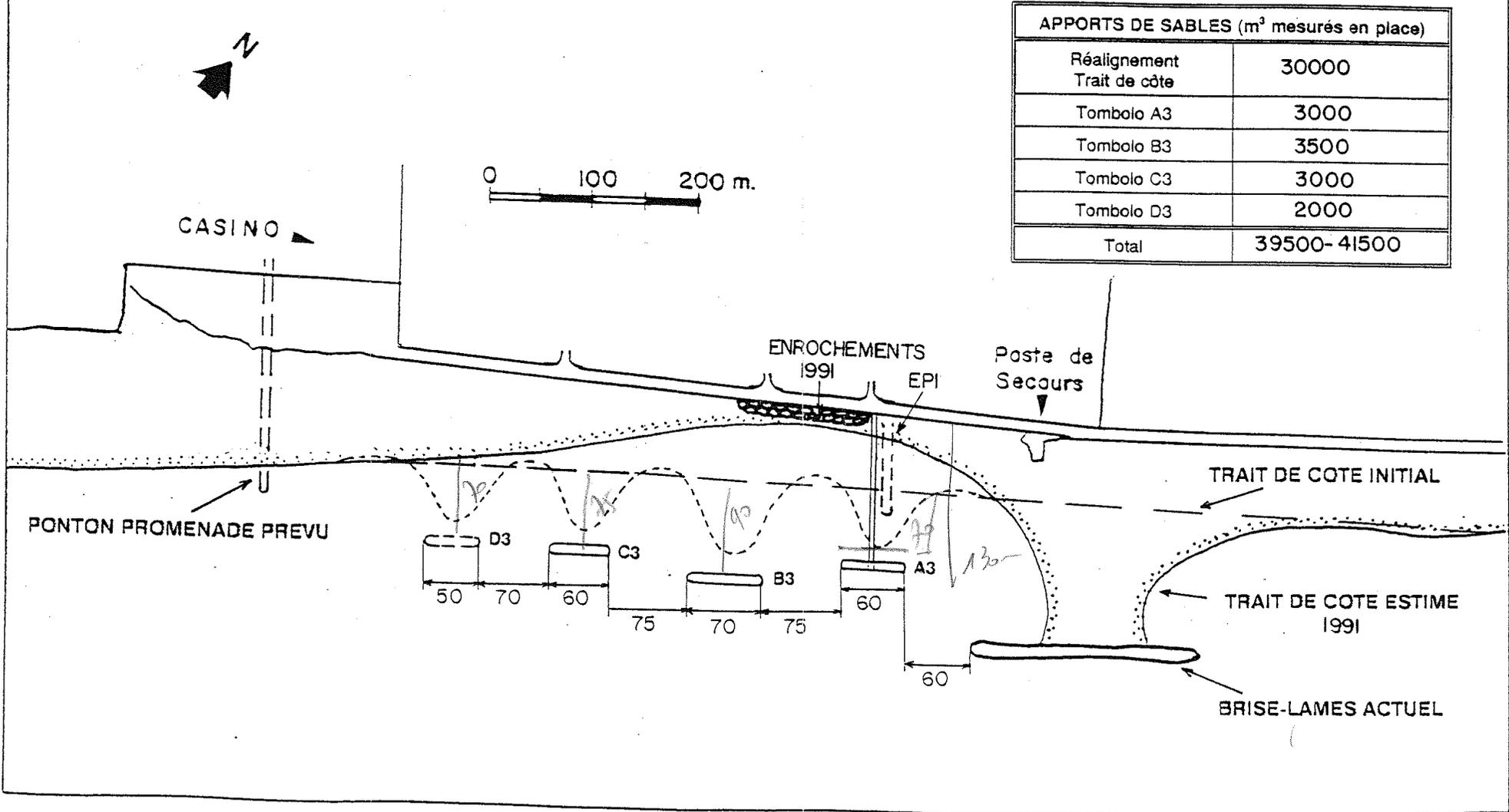
# VALRAS PLAGE SOLUTION 2

APPORTS DE SABLES (m <sup>3</sup> mesurés en place)	
Réalignement Trait de côte	30000
Tombolo A2	3000
Tombolo B2	8000
Tombolo C2	3000
Tombolo D2	2000
<b>Total</b>	<b>44000-46000</b>



# VALRAS PLAGE SOLUTION 3

3.7



# AMENAGEMENT DE PLATEFORMES SUR LES BRISES LAMES

Côté large

