

UNIVERSITE PAUL SABATIER

TOULOUSE III

THESE DE 3^{ème} CYCLE

Géologie régionale, structurale et appliquée

**Le littoral Nord.Ouest de l'île de Ré
(Charente.Maritime)**

Les processus dynamiques de la sédimentation
et l'évolution côtière résultante.

par Bernard LONG

Thèse soutenue à Perpignan le Septembre 1975 devant la Commission d'Examen

JURY

Président : M. M. LELUBRE
Examineurs : M. J.P. BARUSSEAU
 M^{me} C. DUBOUL.RAZAVET
 M. J.P. HENRY
 M. R. MIROUZE

UNIVERSITE PAUL SABATIER

TOULOUSE III

THESE DE 3^{ème} CYCLE

Géologie régionale, structurale et appliquée

**Le littoral Nord.Ouest de l'île de Ré
(Charente.Maritime)**

Les processus dynamiques de la sédimentation
et l'évolution côtière résultante.

par Bernard LONG

Thèse soutenue à Perpignan le Septembre 1975 devant la Commission d'Examen

JURY

Président : M. M. LELUBRE

Examineurs: M. J.P. BARUSSEAU

M^{me} C. DUBOUL.RAZAVET

M. J.P. HENRY

M. R. MIROUZE

L'étude des déplacements sédimentaires de la côte nord-ouest de l'Ile de Ré m'a été confiée par le Centre de Recherches de Sédimentologie Marine de Perpignan en 1971, sur une proposition du Service Maritime de la Direction Départementale de l'Equipement de Charente-Maritime.

L'Ile de Ré, près de ma Vendée adoptive, fut pour moi le plus beau terrain auquel je pouvais espérer ; l'accueil profondément attirant des habitants, contribua pour moi à rendre cette contrée inoubliable. C'est avec un enthousiasme constant que je fis cette étude.

A l'issue de ce travail, je tiens à adresser l'expression de ma très sincère et respectueuse gratitude à tous ceux qui de près ou le loin m'ont apporté une aide tant matérielle que morale.

A M. le Professeur LELUBRE qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury. J'aimerais dire combien j'ai apprécié son sens humain, son calme et sa pondération m'ont été d'un grand secours. Qu'il trouve ici l'expression de tout mon respect.

A M. BARUSSEAU, Maître-Assistant, pour le dévouement constant qu'il m'a accordé, dès mon arrivée au laboratoire. Il m'a conseillé et encouragé tout au long de mes recherches et c'est grâce à son esprit de minutie que j'ai pu réaliser cette thèse. Je le remercie vivement.

A M^{me} le Professeur DUBOUL-RAZAVET qui a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire pour me confier ce sujet. Elle m'a permis de m'initier à la vie de chercheurs dans un domaine passionnant et attirant : la Sédimentologie Marine. Qu'elle trouve ici toute ma profonde reconnaissance.

A M. HENRY, Ingénieur en chef du Service Maritime de la Direction Départementale de l'Equipement de Charente-Maritime, pour l'aide technologique et matérielle considérable qu'il m'a toujours apporté dans l'Ile de Ré. Son dévouement et son efficacité ont toujours été pour moi d'un grand secours. Qu'il reçoive ici l'expression de toute ma gratitude.

A M. le Professeur MIROUZE, pour son sens constant de l'exactitude scientifique et de la précision dans la dialectique qu'il a tenté de m'inculquer au cours du D.E.A. Je l'en remercie vivement et attend avec intérêt toutes ses critiques.

Je tiens à remercier tout particulièrement M. COURTOIS de la section d'application des radioéléments ; par son aide et ses conseils il m'a permis de mener à bien ce travail. Que tout le personnel de la S.A.R. reçoive aussi mes remerciements ; en particulier MM. JEANNEAU et SAUZAY pour leur collaboration scientifique et MM. JOUBERT, MASSIAS et TANGUY pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans la réalisation technique et expérimentale.

Que M. le Professeur MESTRES trouve ici toute ma reconnaissance pour l'intérêt et l'enthousiasme qu'il a apporté à mon travail durant les différents stages dans son laboratoire. Je l'en remercie vivement et lui exprime ainsi qu'à tous les membres de son équipe, toute ma gratitude.

Parmi les nombreuses personnes qui m'ont été d'un grand secours scientifique et technique, je n'aurai garde d'omettre :

M. et M^{me}. THOMMERET du Centre Scientifique de Monaco qui ont accepté d'effectuer quelques datations absolues indispensables à la reconstitution paléogéographique du Fier d'Ars.

M. DRIAU du Port Autonome de La Pallice qui m'a fourni les marégrammes et m'a fait bénéficier de la vedette "Trait-d'Union".

M. PASSANI et M. LEBRISHOUAL du Service Maritime des Ponts & Chaussées qui ont mis à ma disposition avec bienveillance et efficacité, divers moyens logistiques : bateaux et ponton de forage.

Mes remerciements vont aussi à tous les équipages des bateaux qui ont contribué pour une grande part à la réussite de mes missions.

M. MONTAGNE de la Subdivision des Ponts & Chaussées d'Ars-en-Ré pour son aide inoubliable et son accueil toujours sans réserve. Je n'oublierai pas ici tout le personnel et en particulier ceux qui se sont toujours sacrifiés pour m'aider dans les moments difficiles tels MM. VERDON et MALARD. Je serai toujours redevable à Albert LUCAS dont le dévouement extrême me le fit considérer comme un père.

A tous, je leur exprime ma profonde gratitude.

J'ai contracté une dette importante auprès de tous les obscurs qui par leur ténacité, leur dévouement ont contribué à la réalisation de cet ouvrage souvent dans des conditions difficiles en m'apportant leur soutien et leur amitié ; en particulier à MM. AGUADO, AGUILO, Melle BORDENAVE, Mme COTTET, M. CAUWET, Mme DELLA RIVA, MM. DE RENEVILLE, EMERIAUD, Mme FONS, MM. GADEL, GARCON, LE BOULICAUT, MARJOLET, Melle MAUFRAIT, MM. PAUC, SERRA-RAVENTOS, Melles SIMONNEAU, VILE....., je leur donne tout mes remerciements.

La réalisation de ce présent volume a été possible grâce à :

Mmes COSTEJA, LUCHAIRE et BOURGINE pour la dactylographie,

M. CARBONNE pour la réalisation des dessins et figures,

Le Service de Duplication du Centre Universitaire de Perpignan pour l'impression et la reliure de ce mémoire.

Je suis heureux de leur témoigner ici ma gratitude.

C'est avec émotion que je dédie ce travail à ma femme ; je n'oublierai jamais sa participation morale et matérielle tout au long de cette épreuve.



SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	
I° PARTIE : LES FACTEURS DE L'ENVIRONNEMENT	3
INTRODUCTION	7
CHAPITRE I - CARACTERES MORPHOSTRUCTURAUX	9
INTRODUCTION	9
I - LES PRINCIPAUX TRAITES DE LA GEOGRAPHIE REGIONALE	11
ii - LA MORPHOSTRUCTURE REGIONALE	15
II.1. LE SOCLE HERCYNIEN DU MASSIF ARMORICAIN	15
II.1.1. Structure géologique de l'Ile	15
II.1.2. Constitution des stocks sédimentaires : les ga- lets et cailloutis métamorphiques et éruptifs ...	17
II.1.3. Conclusion	19
II.2. LE JURASSIQUE DE L'ILE DE RE ET DU SUD DE LA VENDEE	19
II.2.1. Le Lias	19
II.2.2. Le Dogger	21
II.2.3. Le Malm	21
II.2.4. Conclusion	22
II.3. LE QUATERNAIRE	25
II.3.1. Le Quaternaire terrestre	25
II.3.1.1. Le Tyrrhénien I et II	25
II.3.1.2. Le Würm dans l'Ile de Ré	27
II.3.1.3. L'Ile de Ré au Flandrien	28

a) La tourbe	28
b) Les pélites du marais	28
c) Les dunes dunkerquiennes	28
d) Les plages surélevées	29
II.3.1. Le Quaternaire marin	30
II.3.2.1. Les nappes sédimentaires	30
a) Définition	30
b) Chronologie de mise en place	30
II.3.2.2. Répartition des nappes aux abords de l'Ile de Ré	31
a) Les pélites du Pertuis Breton	31
b) Les sables fins	31
c) Le recouvrement meuble des couloirs d'alimen- tation du Pertuis Breton	31
II.4. CONCLUSION	31
III - MORPHOLOGIE DU DOMAINE D'ETUDE	34
III.1. CONDITIONS DE REALISATION DES CARTES BATHYMETRIQUES	34
III.2. ELEMENTS OROGRAPHIQUES REMARQUABLES	34
III.2.1. La Fosse de Chevarache et le Seuil Vendéo- rétais	35
III.2.2. La Falaise tectonique du Lizay et le couloir d'alimentation côtier	37
III.2.3. L'estran et le littoral	37
III.3. CONCLUSION	38
CHAPITRE 2 - CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES ACTUELLES	41
INTRODUCTION	41
I - LES MAREES	43
I.1. DANS L'ATLANTIQUE	43
I.2. DANS LE PERTUIS BRETON	43
II - LES VENTS	44

	Page
II - L'AVANT-CÔTE	72
II.1. PRESENTATION DU SITE	72
II.2. DISTRIBUTION DES NAPPES SEDIMENTAIRES	75
II.2.1. Le rebord de la Fosse de Chevarache	75
II.2.2. Le secteur de l'arrête rocheuse	75
III - CONCLUSION	76
CHAPITRE 2 - LA BORDURE SUD DU PERTUIS BRETON	79
INTRODUCTION	79
I - LE COULOIR DU LIZAY	80
I.1. PRESENTATION DU SITE	80
I.2. REPARTITION DES CLASSES MODALES	80
II - LE PLATEAU DE LOIX	80
II.1. PRESENTATION DU SITE	80
II.2. DISTRIBUTION DES NAPPES SEDIMENTAIRES	85
II.2.1. Distribution des nappes (F) et (A)	85
II.2.2. Distribution des sables moyens (B) et grossiers (G)	86
II.3. REPARTITION VERTICALE DES SEDIMENTS SUR LE BANC DU BÛ- CHERON	91
II.3.1. Etude de SARS 39	91
II.3.2. Etude de SARS 44	91
III - CONCLUSION	92
CHAPITRE 3 - LE FIER D'ARS	97
INTRODUCTION	97
I - REPARTITION HORIZONTALE DES MODES GRANULOMETRIQUES DANS LE FIER D'ARS	98
I.1. PRESENTATION DU SITE	98
I.2. LES SABLES MOYENS (B)	98
I.3. LES SABLES MOYENS (A)	101

	Page
I.4. LES SABLES FINS (F)	101
I.4.1. Les sables fins (FII)	101
I.4.2. Les sables fins (FI)	102
I.5. LES PELITES	102
I.6. REPARTITION DES CARBONATES	103
I.7. CONCLUSION	103
II - REPARTITION VERTICALE DES SEDIMENTS DANS LE FIER D'ARS	104
II.1. ETUDE DE QUELQUES TYPES DE MILIEU	104
II.1.1. Le gros sable	104
II.1.2. Les chenaux de marée	105
II.1.3. Les plateaux vaseux	106
II.1.4. Les marais perdus	107
II.1.5. La dune de la Conche des Baleines	108
II.1.6. Conclusion	109
II.2. COUPES OUEST-EST	110
II.3. COUPES NORD-SUD	110
II.4. CONCLUSION	115
III - CALCUL DES VITESSES DE SEDIMENTATION	115
III.1. RECHERCHE DU CARBONE ORGANIQUE	115
III.2. CALCUL DU RAPPORT C^{14}/C^{12} - DATATION ABSOLUE	116
III.3. CONCLUSION	120
IV - CONCLUSION II° PARTIE	124
III° PARTIE : LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE	125
INTRODUCTION	127
CHAPITRE I - ETUDE DES PHENOMENES BREFS	131
INTRODUCTION	131
I - ESSAI PONCTUEL DE DEPLACEMENT SEDIMENTAIRE PAR IMMERSION DE TRACEURS LUMINESCENTS	132

	Page
I.1. BUT DE L'ETUDE	132
I.2. RESULTATS ET DISCUSSIONS	132
I.2.1. A l'est de l'épi 4, au lieu-dit "La solitude"	139
I.2.2. Lieu-dit "Le Peu Bouillat"	139
I.2.3. Aux lieux-dits "Descente Rivière" et "Le Lizay" ...	140
I.2.4. La Plage de La Loge et l'Anse du Fourneau	145
I.3. CONCLUSION	145
II - ETUDE DES FIGURES SEDIMENTAIRES	146
II.1. BUT DE L'ETUDE	146
II.2. ETUDE DES RIDES	147
II.2.1. Banc du Bûcheron	147
II.2.2. Les estrans	147
II.2.3. Le couloir d'alimentation du Lizay	148
II.2.4. Conclusion	148
II.3. ETUDE DES CROISSANTS DE PLAGE	153
III - CONCLUSION	154
CHAPITRE 2 : ETUDE DES PHENOMENES SAISONNIERS	155
INTRODUCTION	155
I - EVALUATION DES TRANSITS PAR L'IMMERSION DE TRACEURS RADIOACTIFS	156
I.1. BUT DE L'ETUDE	156
I.2. SITES DES IMMERSIONS	156
I.3. IMMERSIONS	163
I.4. RESULTATS ET DISCUSSIONS	164
I.4.1. Banc du Bûcheron : expérience préliminaire (P1) du 7 au 16 mars 1972	164
I.4.2. Banc du Bûcheron : expérience (P2) d'octobre 1972 .	168
I.4.2.1. Déroulement de l'expérience	168
I.4.2.2. Discussion	177
a) En flot	177
b) En jusant	177

	Page
I.4.2.3. Conclusion	179
I.4.3. Plage du Lizay (P3)	179
I.4.3.1. Description des réseaux d'isochocs	179
I.4.3.2. Vitesse moyenne de la dispersion du sédiment	195
I.4.3.3. Bilan des taux de comptage	195
I.4.3.4. Débits de charriage	196
I.4.3.5. Conclusion	198
I.4.4. La Conche des Baleines (P4)	198
I.4.4.1. Le réseau d'isochocs	198
I.4.4.2. Bilan des taux de comptage	203
I.4.4.3. Conclusion	203
II - EVOLUTION DES PROFILS DE PLAGE	211
II.1. BUT DE L'ETUDE	211
II.2. REALISATION DES PROFILS	211
II.3. LA COUVERTURE DE SEPTEMBRE 1971	211
II.3.1. La zone comprise entre la "Pyramide" et l'épi 4 .	212
II.3.2. La zone de transition	212
II.3.3. La pointe du Lizay	213
II.3.4. Les plages de dépôt du Gros Jonc et de La Loge ..	213
II.3.5. Conclusion	214
II.4. EVOLUTION, AU COURS DU TEMPS, DE LA CONCHE DES BALEINES .	214
II.4.1. Zones à forte énergie de houle	214
II.4.2. Zones à moyenne énergie de la houle	214
II.4.3. Conclusion	214
III - CONCLUSION	217
CHAPITRE 3 : ETUDE DES PHENOMENES ANNUELS ET SEDULAIRES ET RECONSTITI- TION PALEO GEOGRAPHIQUE DU DOMAINE D'ETUDE	221
INTRODUCTION	221

I - ETUDE DU BANC DU BUCHERON D'APRES PHOTOGRAPHIES AERIENNES.....	221
II - EVOLUTION DU NORD-OUEST DE L'ILE DE RE D'APRES LES CARTES ANCIENNES.....	222
III - RECONSTITUTION PALEOGEOGRAPHIQUE DE L'ILE DE RE.....	222
III.1. ESQUISSE PALEOGEOGRAPHIQUE.....	225
III.2. NOTION DE NAPPES SEDIMENTAIRES.....	226
III.2.1. Rappel des hypothèses de travail.....	226
III.2.2. Relation entre les divers ensembles.....	227
IV - CONCLUSION DE LA III ^e PARTIE.....	229
CONCLUSION GENERALE.....	233

LISTE DES TABLEAUX

	page
I - Corrélation entre les horizons continentaux et insulaires du jurassique charantais.....	23
II - Références adoptées.....	24
III - Le Quaternaire sur la côte atlantique française.....	26
IV - Fetch maximum des vents de terre.....	46
V-- Incidence des différentes houles sur la côte Nord-Ouest de l'Ile de Ré.....	51
VII - Datation absolue des échantillons de coquilles sédimentaires Fier d'Ars.....	119
VIII - Calcul de vitesses de sédimentation dans les éléments grossiers du Fier d'Ars.....	120
IX - Vitesse de sédimentation dans le Fier.....	123
X - Classification des mouvements cycliques d'après leur période...	128
XII - Indice de dissymétrie des croissants résiduels à la Conche des Baleines.....	153
XIII - Site d'immersion des traceurs radioactifs.....	156
XIV - Conditions météorologiques aux immersions.....	164
XV - Conditions météorologiques durant l'expérience du 7 au 16 mars 1972.....	164
XVI - Calcul du défaut d'activité au point P2.....	177
XVII - Valeur de la surface moyenne pondérée entre les activités S_0 et 500 00 cps. au cours des différentes détectations.....	178
XVIII - Position successive du centre de gravité.....	195
XIX - Bilan des taux de comptage au point P3.....	196
XX - Bilan d'activité au point P4.....	203

LISTE DES FIGURES

		Page
Fig.	1 - Le Golfe de Gascogne	8
-	2 - Le littoral vendéo-charentais	10
-	3 - Cadre général	12
-	4 - Cadre géologique général	14
-	5 - Répartition des galets exotiques de la côte charentaise ...	16
-	6 - Carte géologique de l'Ouest de l'Ile de Ré	20
-	7 - Répartition des pélites et des sablons	32
-	8 - Répartition des nappes de sables fins et moyens.....	32
-	9 - Carte bathymétrique du NW de l'Ile de Ré	33
-	10 - Evolution du profil bathymétrique	36
-	11 - Direction et vitesse des courants de marée dans le Pertuis Breton et le Pertuis d'Antioche	42
-	12 - Courbes de marées relevées au marégraphe de La Palice	42
-	13 - Régime des vents	44
-	14 - Mesures de courant à la Bouée du Bûcheron	48
-	15 - Plans de vagues d'après CHAUVÉAU	50
-	16 - Histogramme cumulé des modes granulométriques	63
-	17 - Schéma de la répartition des nappes sédimentaires sur la Conche des Baleines	69
-	18 - Les nappes sédimentaires sur la Conche des Baleines	74
-	19 - Carte des positions des prélèvements	78
-	20 - Carte des Isodensités du mode granulométrique F	81
-	21 - Carte des Isodensités du mode granulométrique A	84
-	22 - Carte des Isodensités du mode granulométrique B	87
-	23 - Carte des Isodensités du mode granulométrique G	90
-	24 - Schéma interprétatif global de migration des sables sur le Banc du Bûcheron	23bis

Fig. 25 - Courbes granulométriques	95
- 26 - Répartition des sédiments dans le Fier d'Ars	99
- 27 - Coupes lithologiques W-E du Fier d'Ars	111
- 28 - Coupes lithologiques N-S du Fier d'Ars	113
- 29 - Répartition verticale du carbone organique dans le Fier d'Ars	117
- 30 - Chromatogramme de P.C.B.	121
- 31 - Schémas des concentrations en P.C.B.	121
- 32 - Sites d'immersion des traceurs luminescents	133
- 33 - Cartes d'isodensité des grains luminescents : station la Solitude	135
- 34 - Cartes d'isodensité des grains luminescents : station le Peu Bouillat	138
- 35 - Cartes d'isodensité des grains luminescents : Le Lizay	141
- 36 - Cartes d'isodensité des grains luminescents : a) La plage de la Loge.....	144
b) L'Anse du Fourneau.....	144
- 37 - Evolution des croissants résiduels sur la Conche des Baleines.....	150
- 38 - Evolution des croissants résiduels sur la Conche des Baleines.....	152
- 39 - Sites d'immersion des traceurs radioactifs.....	157
- 40 - Courbes granulométriques des traceurs radioactifs.....	157
- 41 - Relevés météorologiques A) Période du 5 au 14 oct. 1972... B) Période du 12 oct. au 8 nov. 1972.....	159
C) Période du 9 nov. au 28 nov. 72	162
D) Période du 9 nov. 1972 au 9 janvier 1973.....	162
- 42 - Carte bathymétrique du Banc du Bûcheron.....	165
- 43 - Détection sur le Banc du Bûcheron - Point P1.....	169
- 44 - Détection sur le Banc du Bûcheron - Point P2.....	171
- 45 - Le Banc du Bûcheron.....	173
- 46 - Variation du N ₅₀₋₅₀₀ OO en fonction de S _G	175
- 47 - Diagramme d'activité d'une carotte.....	175
- 48 - Carte bathymétrique de la Pointe du Lizay.....	181
- 49 - Pointe du Lizay, Point P3 - détection du 04-10-72.....	183 3
- 50 - Pointe du Lizay, Point P3 - détection du 11-10-72.....	185
- 51 - " " " " - détection du 08-11-72.....	187
- 52 - " " " " - détection du 28-11-72.....	189
- 53 - " " " " - détection du 09-01-73.....	191

	Page
- 54 - Pointe du Lizay.....	194
- 55 - Rotation des axes de transport de la tâche radioactive.....	197
- 56 - Carte bathymétrique de la Conche des Baleines.....	199
- 57 - Conche des Baleines - Point P4.....	201
- 58 - Position des profils de plage.....	205
- 59 - Profils topographiques transversal de la Plage de la Con- che des Baleines.....	207
- 60 - " " " des plages de la Conche des Baleines.....	209
- 61 - Evolution des profils de plage.....	215
- 62 - Evolution du Banc du Bûcheron d'après photographies aérien- nes.....	220
- 63 - Evolution du Nord-Ouest de l'Ile de Ré.....	223.

PLAN DE L'ANNEXE I - MÉTHODOLOGIE

	Page
I - ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE	3
I.1. CONDITIONS DE PRELEVEMENT	3
I.1.1. Nature et situation des prélèvements	3
I.1.1.1. A terre	3
a) Echantillonnage du littoral	3
b) Carottages dans le Fier d'Ars	4
I.1.1.2. En mer	4
I.1.2. Modalités des prélèvements	4
I.1.2.1. Dragages en mer	4
I.1.2.2. Carottages dans le Fier d'Ars et sur le Banc du Bûcheron	4
a) A pied sec	4
b) A partir d'un ponton	5
I.2. ETUDE DES SEDIMENTS	5
I.2.1. Sédimentologie	5
I.2.1.1. Pré-traitement des carottes	5
a) Radiographie aux rayons X	5
b) Banc de gamma-densimétrie	6
c) Ouverture des carottes	6
I.2.1.2. Analyse préliminaire des échantillons	6
a) Détermination de la composition globale du sédiment.....	6
b) Détermination du pourcentage de la fraction carbonatée	7

I.2.1.3. Etude de la fraction organogène : datation au C ¹⁴	7
I.2.1.4. Analyse granulométrique	7
I.2.2. Dosage du carbone organique	8
II - MISE EN OEUVRE DES TRACEURS LUMINESCENTS	8
II.1. CHOIX DU TRACEUR	8
II.2. DEFINITION DE LA BASE	9
II.2.1. A terre	9
II.2.2. En mer	10
II.3. METHODE DE PRELEVEMENT A TERRE	10
II.3.1. Le repérage	10
II.3.2. L'échantillonneur	10
II.3.3. Détection	13
II.3.4. Dépouillement	13
II.4. METHODE DE PRELEVEMENT EN MER	13
II.4.1. Le repérage	13
II.4.2. Le prélèvement	13
II.4.3. La détection	13
III - MISE EN OEUVRE DES TRACEURS RADIOACTIFS	14
III.1. TRACEUR UTILISE	14
III.2. IMMERSION.....	17
III.3. ENSEMBLE DES DETECTIONS	17
III.3.1. Détection sur le Banc	17
III.3.2. Détection en mer	17
III.4. METHODOLOGIE DE DETECTION	18
III.5. DEPOUILLEMENT DES INFORMATIONS	18

III.5.1. Tracé des courbes isochocs	21
III.5.2. Diagramme de transport	21
III.5.2.1. Mode opératoire	21
III.5.2.2. Présentation des diagrammes de transport.....	21
III.5.2.3. Détermination de résultats chiffrés..	21
a) Longueurs parcourues et vitesses moyennes de transport	21
b) Bilan des taux de comptage et épaisseur de transport	22
III.5.3. Débit de charriage	23
III.5.4. Calculs de paramètres particuliers	23
III.5.4.1. Calcul de la surface moyenne pondérée	24
III.5.4.2. Calcul de l'effet de seuil	25
III.5.4.3. Calcul du centre de gravité.....	27
 IV - REALISATION DES PROFILS DE PLAGE	 29
Tableau I Caractéristiques des émetteurs radioactifs.....	14
II Composition chimique des verres radioactifs.....	14
 Figures Annexe	
I Maille de prélèvement des expériences de traceurs lumineux sur les estrans.....	9
II Balisage du périmètre d'expérience au large.....	10
III E.P.I.....	11
IV Système d'immersion.....	16
V Appareillage électronique.....	16
VI Courbes de décroissance.....	20
VII Effet de seuil.....	26
VIII Centre de gravité.....	27

PLAN DE L'ANNEXE II - FORMULES MODALES

	Page
Plage de la Conche des Baleines.....	2
Plage de la Pointe du Lizay.....	3
Dragage Ile de Ré.....	4
Dragage Ars.....	6
Dragage Perthuis Breton.....	7
Carotte SARS 03.....	8
" SARS 04.....	9
" SARS 05.....	9
" SARS 06.....	10
" SARS 07.....	10
" SARS 08.....	11
" SARS 09.....	12
" SARS 11.....	12
" SARS 15.....	13
" SARS 16.....	13
" SARS 20.....	14
Carotte SARS 21.....	15
" SARS 24.....	15
" SARS 30.....	16
" SARS 31.....	16
" SARS 39.....	17
" SARS 40.....	17
" SARS 41.....	18
" SARS 42.....	19
" SARS 43.....	20
" SARS 44.....	21
" SARS 45.....	23

ANNEXE III - PLANCHES

	Planche
Photo 1 - Appareil d'immersion de sédiments sur Estran.....	1
Photo 2 - Appareil utilisé pour la détection sur le banc.....	1
SARS 03.....	2
" 04.....	2
" 05.....	2
" 06.....	2
" 07.....	3
" 08.....	3
" 09.....	3
" 11.....	3
" 15.....	4
" 16.....	4
" 20.....	4
" 21.....	4
" 24.....	5
" 30.....	5
" 31.....	5
" 39.....	5
" 40.....	6
" 41.....	6
" 42.....	7
" 43.....	8
" 44.....	9
" 45.....	9
Dynamique de la classe sédimentaire (F)	10
" (A)	11
" (B)	12
" (G)	13

INTRODUCTION



INTRODUCTION GÉNÉRALE

En bordure du Golfe de Gascogne, dans la région de Charente-Poitou, l'Ile de Ré est sujette actuellement, comme tout le rivage atlantique, à un remodellement profond de ses estrans du fait des fluctuations du niveau marin :

- sa partie occidentale, la Conche des Baleines, subit une forte érosion se traduisant par un recul de 1 m par an du cordon dunaire,
- son rivage nord, au large des falaises du Lizay, est le siège d'un important transit de matériaux variés qui empruntent un étroit couloir de 1 km à peine entre la Fosse de Chevarache et la côte,
- dans les secteurs internes se développe une sédimentation hétérométrique. Elle est caractérisée par la formation d'une flèche sableuse de plus de trois kilomètres de longueur : le Banc du Bûcheron qui en s'accroissant, se rapproche de la côte de Loix et obstrue l'entrée d'un marais ostréicole : le Fier d'Ars. Ce wadden subit simultanément un colmatage sableux important.

Notre propos est de définir la modalité de cette évolution afin de connaître le devenir du marais ostréicole et plus précisément du port d'Ars-en-Ré situé sur le flanc sud de cette "vasière".

Les processus de transits sédimentaires sont analysés en tenant compte de l'importance relative de chaque agent dynamique aussi bien dans l'espace que dans le temps. Nous différencierons les mouvements spontanés à caractère spectaculaire, sans grande influence sur le cadre général, des évolutions à long terme, souvent discrètes qui mettent cependant en mouvement toute la masse sédimentaire.

Afin de cerner chaque problème nous proposons d'adopter le plan suivant :

La première partie est consacrée aux facteurs de l'environnement. Nous examinerons successivement la géographie et la géologie de la région afin de dégager l'importance des apports de la roche-mère au stock sédimentaire, puis la morphologie pour connaître l'influence du socle insulaire sur les transits. Enfin nous ferons état des données climatologiques et hydrodynamiques du milieu car elles conditionnent tous les mouvements sédimentaires actuels.

La seconde partie traite des dépôts post-glaciaires du littoral rétais. L'analyse de ces accumulations nécessite la différenciation des nappes sédimentaires dans le secteur d'étude ; puis leur répartition et importance respectives sont mises en évidence sur les quatre cellules morphosédimentaires individualisées :

- la Conche des Baleines,
- le couloir d'alimentation du Lizay,
- le Plateau de Loix,
- le Fier d'Ars (des vitesses de sédimentation sont calculées dans ce dernier).

Le problème des relations entre ces entités sera abordé dans la troisième partie. Nous envisagerons successivement les différents phénomènes qui entrent en jeu et leur moyen d'étude. Les limites de validité de chacune de ces méthodes de même que leur champ d'application feront l'objet d'une discussion après chaque estimation quantitative dans l'annexe I consacrée à la méthodologie. Ainsi nous pourrons envisager, après avoir calculé la masse sédimentaire en mouvement, l'évolution paléogéographique de la côte nord-ouest de l'Ile de Ré. En conclusion, nous établirons les grands traits des modifications futures et probables de ce secteur littoral.

PREMIERE PARTIE

Les facteurs de l'environnement.



I N T R O D U C T I O N

La première partie de ce mémoire est consacrée à la description des facteurs qui définissent l'environnement du littoral, au Nord-Ouest de l'île de Ré (Charente-Maritime) (fig. 1 et 2).

En effet, la structure géologique et la lithologie des formations de l'île et des fonds adjacents, interviennent sur la morphologie et la nature des matériaux meubles. De plus, le régime climatique et la marée déterminent des phénomènes éoliens et hydrodynamiques dont la connaissance est essentielle pour interpréter les mécanismes sédimentaires de la région considérée.

L'interaction de ces agents conditionne le bilan des apports et des départs de matériaux sous l'effet des transits ; les modalités du cheminement des sédiments aboutissent finalement à :

- une érosion,
- un équilibre, statique ou dynamique, des plages,
- une accumulation.

L'érosion du cordon dunaire de la Conche des Baleines, l'équilibre de la côte du Lizay, la progression du Banc du Bûcheron et le colmatage d'une baie, le Fier d'Ars, illustrent ces différents types d'évolutions dans notre domaine de recherche.

Nous analyserons successivement :

- la morphostructure régionale (chapitre 1),
- les actions dynamiques qui s'y exercent (chapitre 2).

Tous, sont des facteurs déterminant l'évolution de cette région.

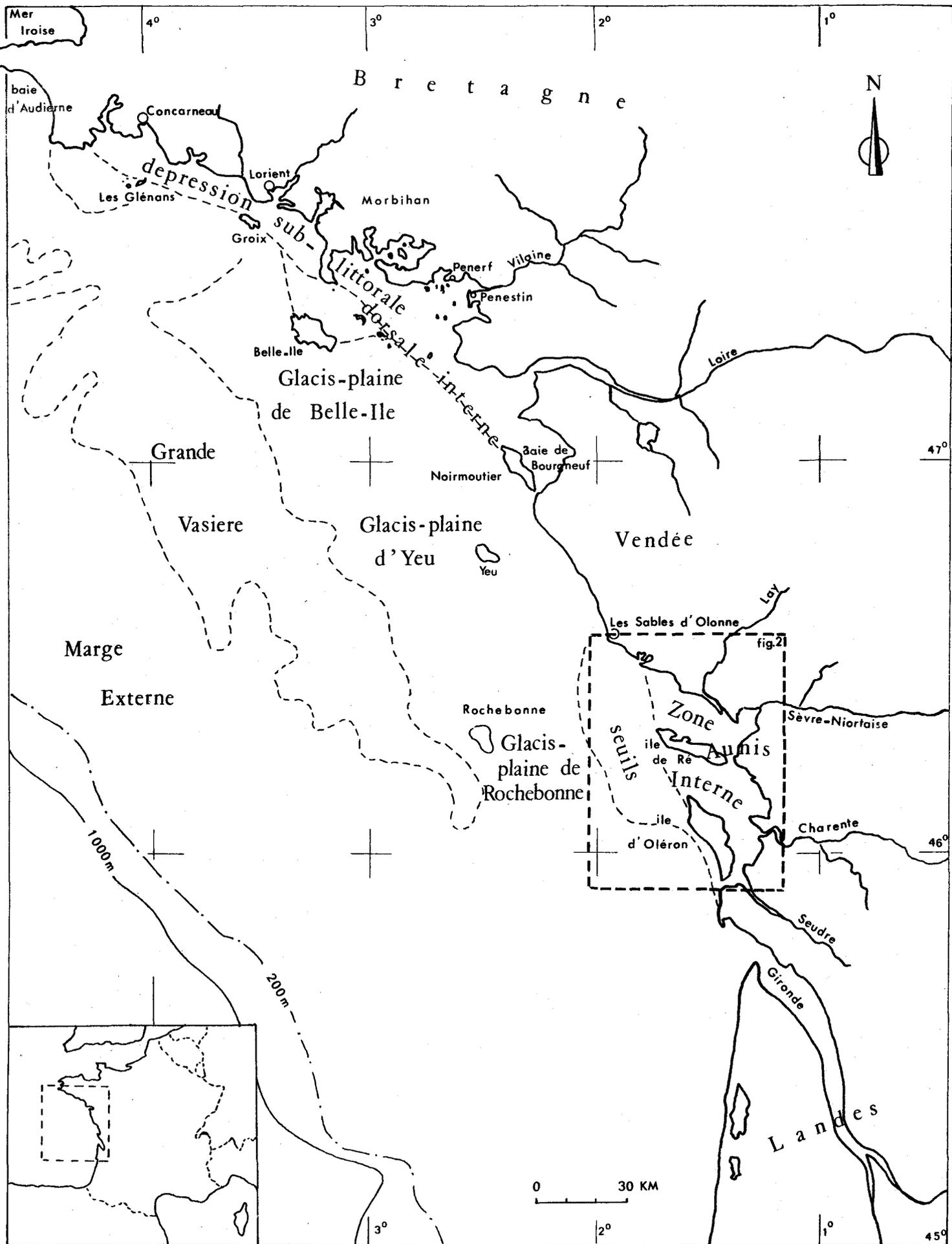


fig.1

LE GOLFE DE GASCOGNE

- C H A P I T R E . I -

CARACTERES MORPHOSTRUCTURAUX

SOMMAIRE - L'île de Ré est située entre le Massif Armoricaïn, au Nord et le Bassin Aquitain, au Sud.

Sa morphologie reflète l'agencement structural de la bordure du bassin sédimentaire aquitain soumise depuis le Mésozoïque au rejeu des dislocations hercyniennes.

Les formations quaternaires tendent à masquer ces interactions complexes.

La morphologie semble étroitement subordonnée aux structures géologiques au Nord de l'île de Ré.

Les contours du rivage et les isobathes suivent, dans l'ensemble, les grandes orientations des accidents régionaux, toutes choses égales d'ailleurs et compte tenu de la lithologie des séries stratigraphiques. Toutefois, le Quaternaire récent, discordant sur le substratum, apporte une morphologie résiduelle qui efface partiellement les caractères des formes initiales.

La géographie régionale s'intègre dans ce complexe morphostructural.

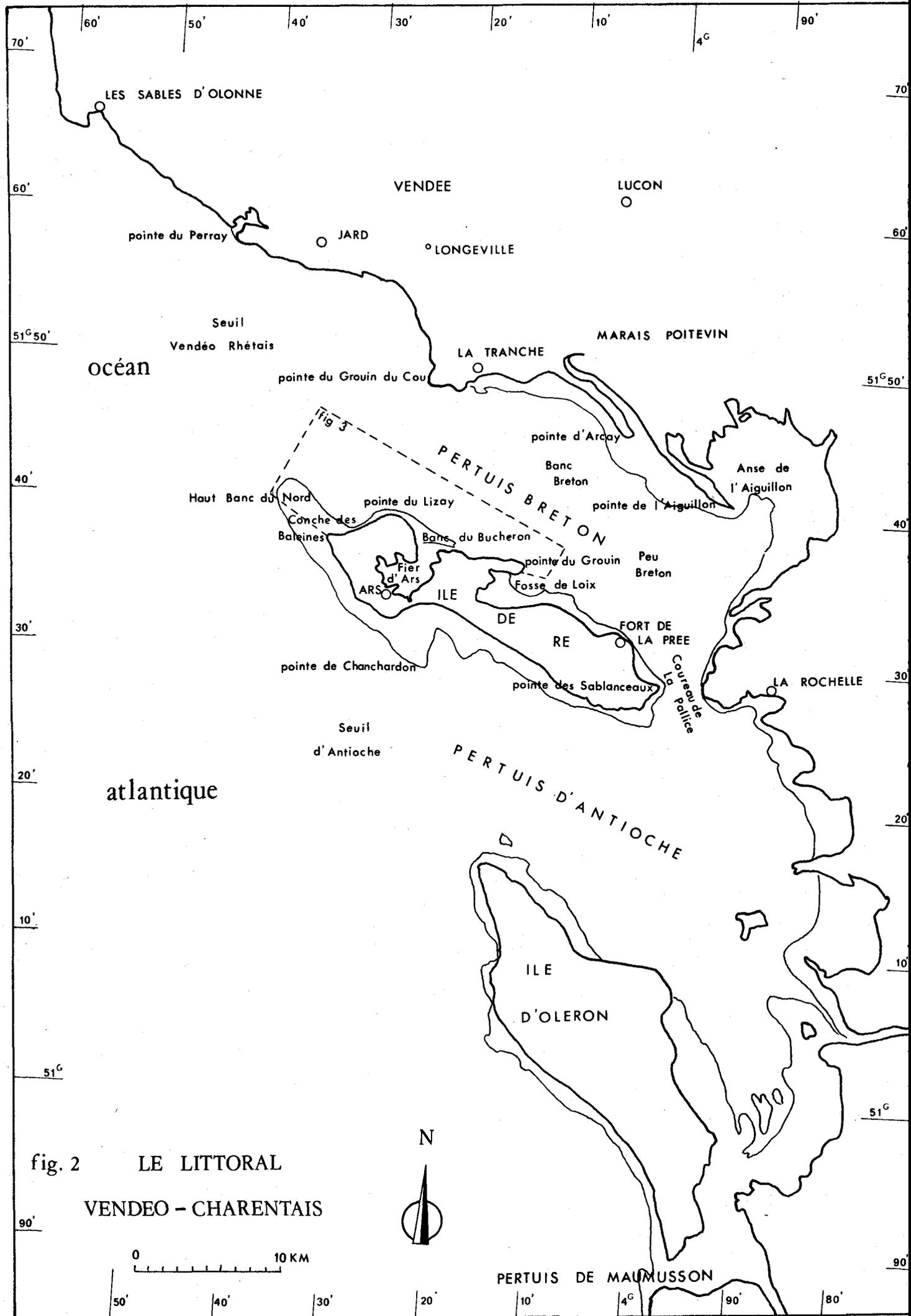


fig. 2 LE LITTORAL
VENDEO - CHARENTAIS

I - LES PRINCIPAUX TRAITES DE LA GEOGRAPHIE REGIONALE

L'Ile de Ré, située dans le Golfe de Gascogne, a une position privilégiée par rapport au continent voisin. En effet, elle en est très proche, moins de deux kilomètres la séparent de l'avant-port de La Pallice. Toutefois, la profondeur des pertuis qui l'entourent (le Pertuis Breton au Nord et le Pertuis d'Antioche au Sud), accroît son isolement.

Ces pertuis se rattachent au vaste plateau continental atlantique qui s'étend de la Bretagne au Sud des Landes sur environ 70 000 km² et se subdivise au niveau du plateau continental rochelais en trois unités distinctes :

- *Les unités externes constituées par : la marge externe, le glacis-plaine de Rochebonne et la Grande Vasière*, continuité des ensembles sud-armoricains décrits par SAINT-REQUIER (au large de la baie d'Audierne), VANNEY (à l'embouchure de la Loire), PINOT (entre Lorient et Concarneau) et HINSCHBERGER (en Mer d'Iroise) (fig. 1).

La zone de la Grande Vasière ne dépasse guère les hauts-fonds du plateau de Rochebonne (situés à une trentaine de milles au Sud-Ouest des Sables d'Olonne). En effet, au Sud de cet obstacle naturel, au niveau du 46° de latitude nord, les masses sédimentaires de la marge externe et du glacis-plaine de Rochebonne fusionnent.

- *Les bombements des seuils Vendéo-rétais, d'Antioche et de Maumusson*, formations littorales ennoyées dont l'axe est normal aux structures régionales.

Ils ne peuvent être assimilés à la dorsale interne Sud-armoricaine, de direction hercynienne, qui est continue entre les Glénans et la Vendée, mais disparaît au niveau de l'Ile de Noirmoutier (fig. 1).

- *Les dépressions internes*, entités originales du Plateau continental rochelais, constituées par les trois pertuis charentais : les Pertuis Breton, d'Antioche et de Maumusson.

Deux îles délimitent ces dépressions : l'île de Ré et celle d'Oléron.

Dans la partie septentrionale de cette unité interne, nous nous sommes plus particulièrement attachés à reconnaître les secteurs marginaux littoraux, le littoral et l'avant côte du Nord-Ouest de l'Ile de Ré (fig. 3).

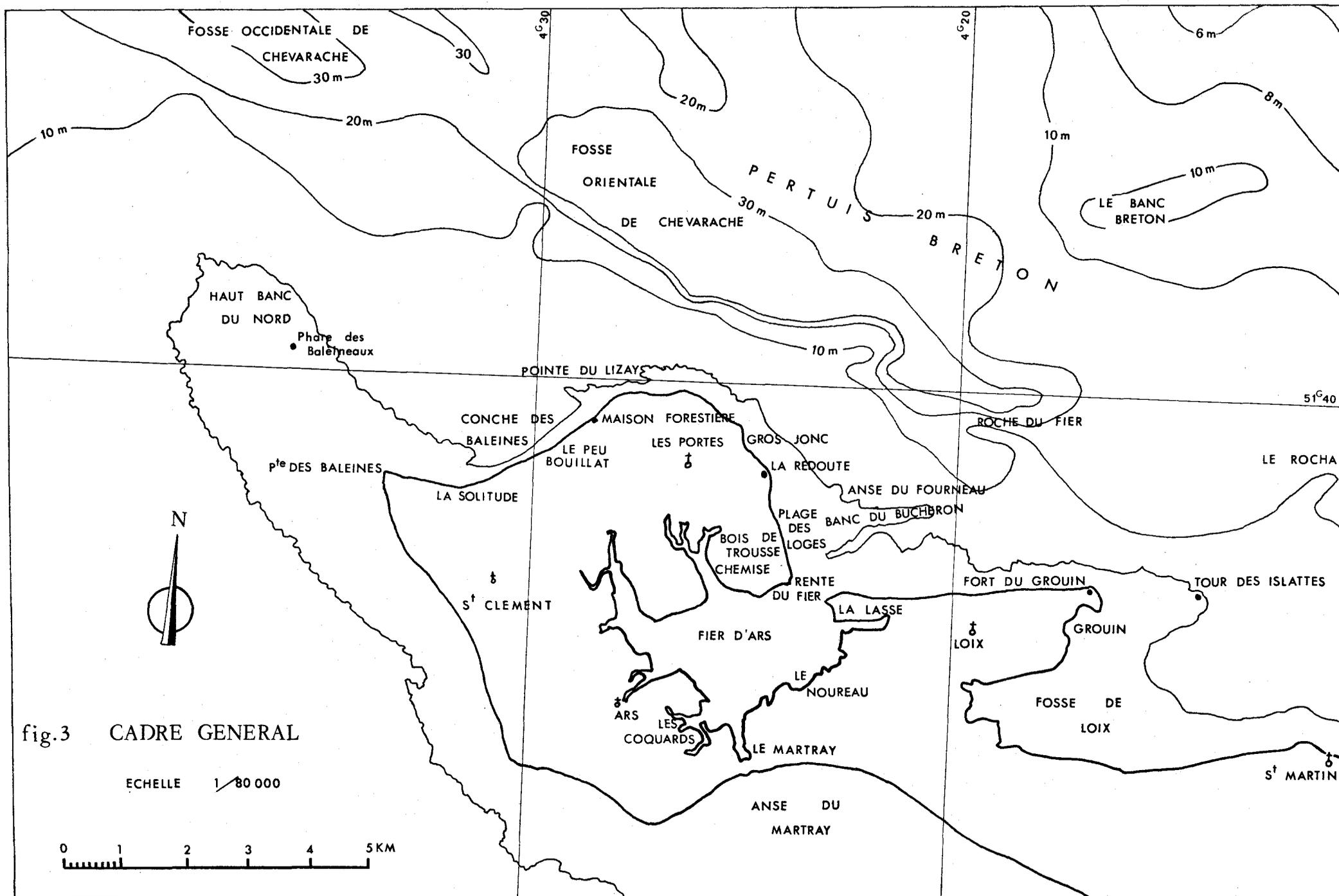


fig.3 CADRE GENERAL

ECHELLE 1/80 000



Débordant largement sur la troisième unité, les limites du domaine prospecté sont :

- au Nord, l'isobathe de 20 m,
- à l'Est, le haut-fond du Rocha,
- au Sud, l'Ile de Ré,
- à l'Ouest, le méridien du phare du Haut Banc du Nord,

Le périmètre fixé s'étend donc entre :

- 1°45 et 1°38 de longitude Ouest,
- 46°10 et 46°17 de latitude Nord.

Le territoire délimité s'appuie sur deux unités physiographiques, le Pertuis Breton et l'Ile de Ré, que nous décrirons successivement.

. Vestige d'une ancienne baie s'étendant de Longeville (en Vendée) à Coulon (Deux-Sèvres), le Pertuis Breton forme un bras de mer d'une longueur de 35 km. Sa largeur varie de 9 km au Nord du Lizay à 12 km au Nord de St. Martin-de-Ré (fig. 2 et 3).

Il communique avec l'Océan par deux ouvertures d'importance inégale :

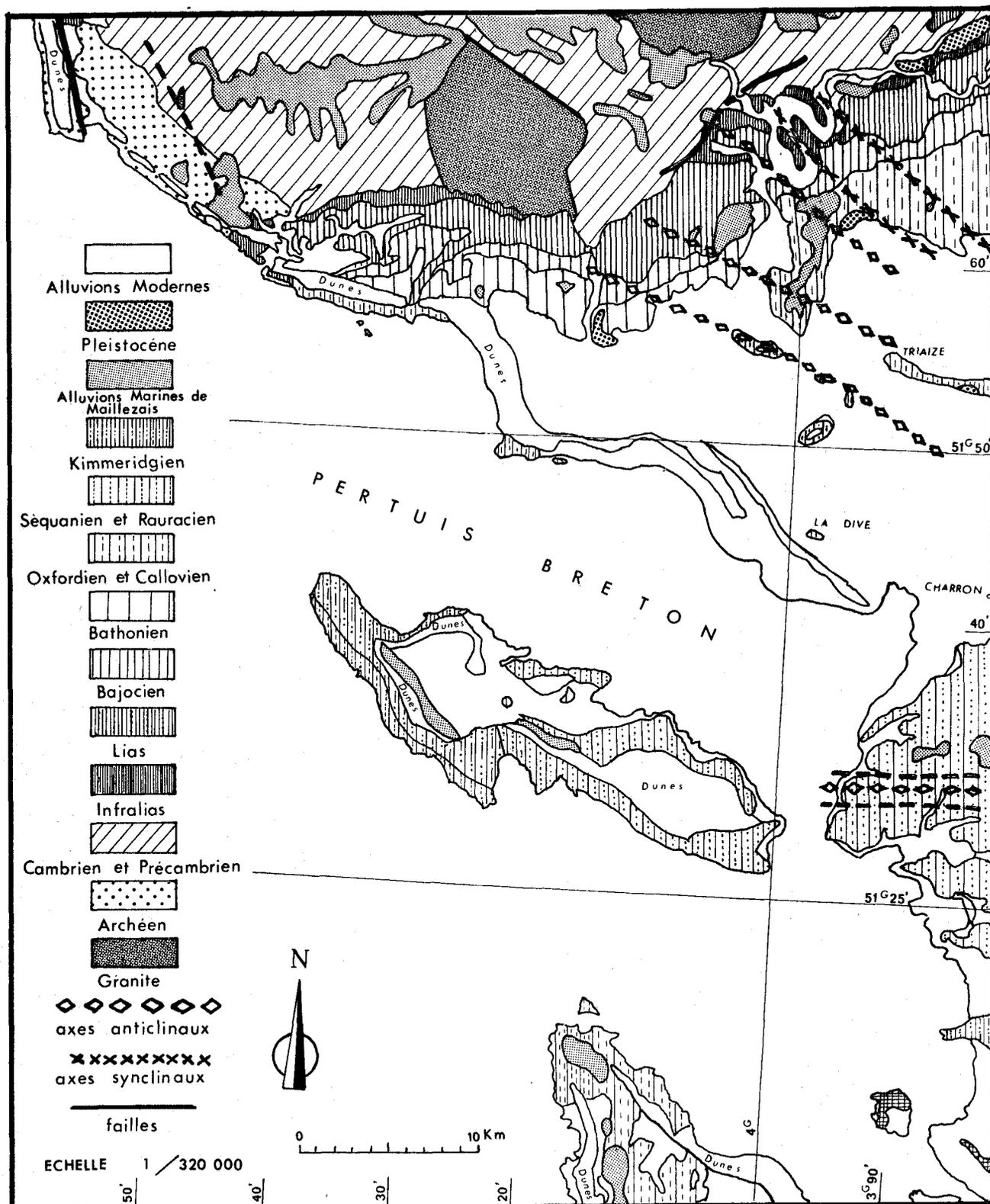
- le Seuil Vendéo - rétais à l'Ouest,
- le coureau de La Pallice au Sud-Est.

. L'Ile de Ré est séparée du continent par le coureau de La Pallice, bras de mer de 2 km entre la pointe des Sablanceaux et l'avant-port de La Pallice (fig. 2). Orientée WNW-ESE, elle s'allonge sur 25 km ; sa largeur varie entre 6 km à l'aplomb de St. Martin et 200 m au niveau du Fort du Martray.

De nombreuses échancrures côtières lui impriment une forme tourmentée résultant de l'emprise marine, favorisée par la structure et la lithologie locale. L'unité de l'île est due au colmatage sableux récent de bras de mer qui la séparaient en quatre flots distincts (les flots de Loix, de Saint Martin, d'Ars et des Portes).

Le Fier d'Ars reste le témoin de cette "mer intérieure" qui s'ouvrait aux quatre points cardinaux. Actuellement, seule la passe nord subsiste ; toutefois, elle est menacée par la progression d'une flèche sableuse qui s'accroît rapidement et en obstrue l'entrée : Le Banc du Bûcheron.

fig. 4 CADRE GEOLOGIQUE GENERAL



II - LA MORPHOSTRUCTURE REGIONALE

L'Ile de Ré, située sur le flanc nord du Bassin Aquitain, est constituée par des formations mésozoïques et quaternaires. Elle subit dans sa morphologie l'influence tectonique du socle armoricain sous-jacent.

II-1- LE SOCLE HERCYNIEU DU MASSIF ARMORICAIN

Le socle hercynien joue un rôle discret qui s'exprime par deux caractères régionaux : la structure géologique de l'île et la formation des stocks sédimentaires repris actuellement.

II-1-1- STRUCTURES GEOLOGIQUES DE L'ILE

Malgré une stratigraphie rattachée à l'histoire du Bassin Aquitain, l'Ile de Ré dépend étroitement du substratum hercynien du Massif Armoricain. En effet, son orientation est hercynienne et parfois anté-hercynienne (fig. 4).

Deux directions principales de plissement affectent l'île (TERS, 1952); elles appartiennent aux grandes familles structurales reconnues sur le continent (WELSCH, 1903-1905 ; MATHIEU, 1938 ; WATERLOT, 1941 ; BRILLANCEAU et NICOLAS, 1971).

Ainsi distingue-t-on :

- une direction EW, anté-hercynienne, qui affecte localement le massif ancien briovérien sur lequel reposent les terrains jurassiques ; elle a déterminé le tracé des ondes synclinales et anticlinales à la fois post-jurassiques et anté-cénomaniennes par des rejeux tardifs.

- une direction NW-SE, d'âge hercynien, qui a dirigé le jeu de nombreuses failles tertiaires sur toute la bordure nord du Bassin Aquitain.

Ces jeux de fractures et de plissement sont responsables de la formation de l'Ile de Ré.

Le croisement de deux axes anticlinaux provoque un bombement qui donne naissance à la formation d'îles dans le Marais Poitevin (WATERLOT, 1941) ; l'île de Triaize en est un exemple (fig. 4). Parallèlement on peut supposer que la même disposition est à l'origine des quatre îlots dont la coalescence a donné l'île de Ré (TERS, 1952).

REPARTITION DES GALETS EXOTIQUES DE LA COTE CHARENTAISE

d'après V. GABIS

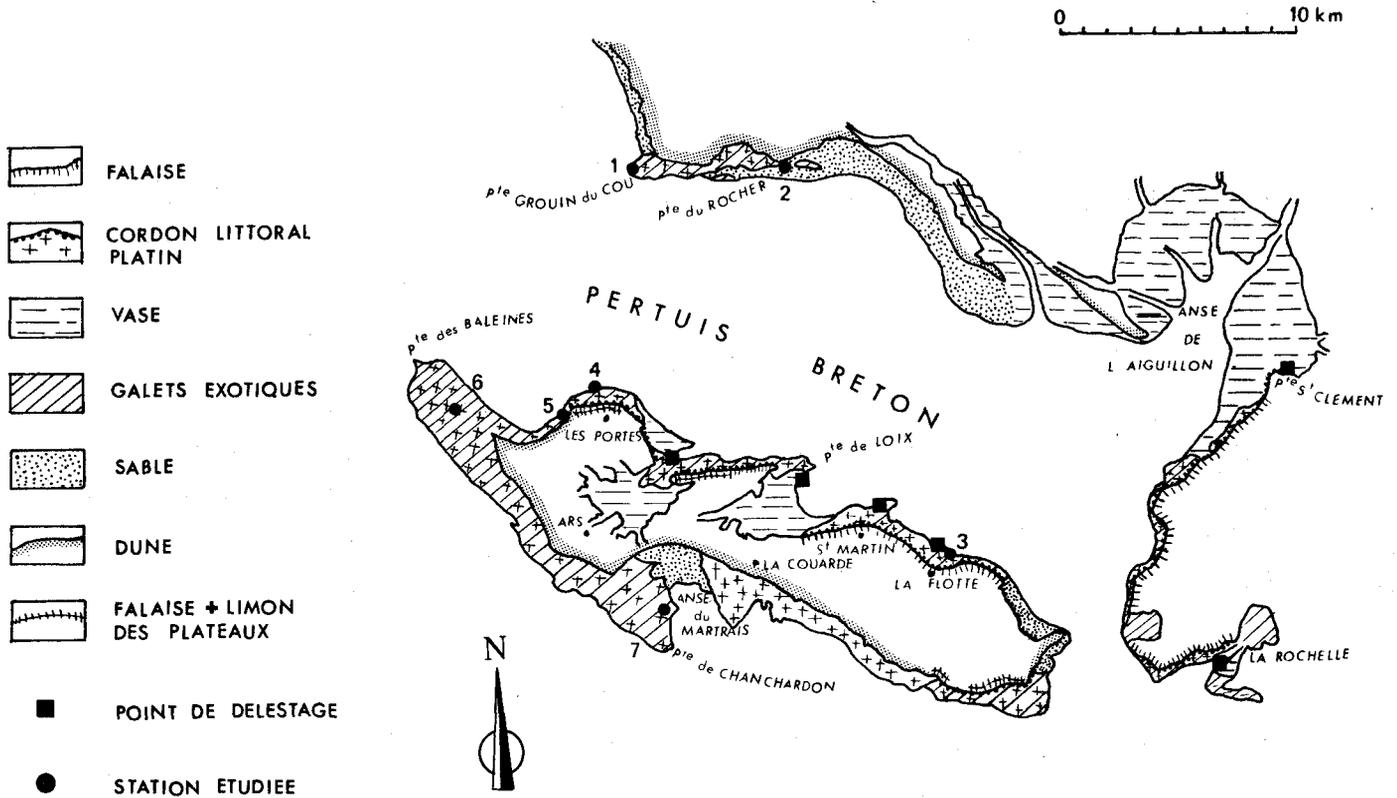


fig. 5 a CARTE DE LA POINTE DU PERRY A LA ROCHELLE

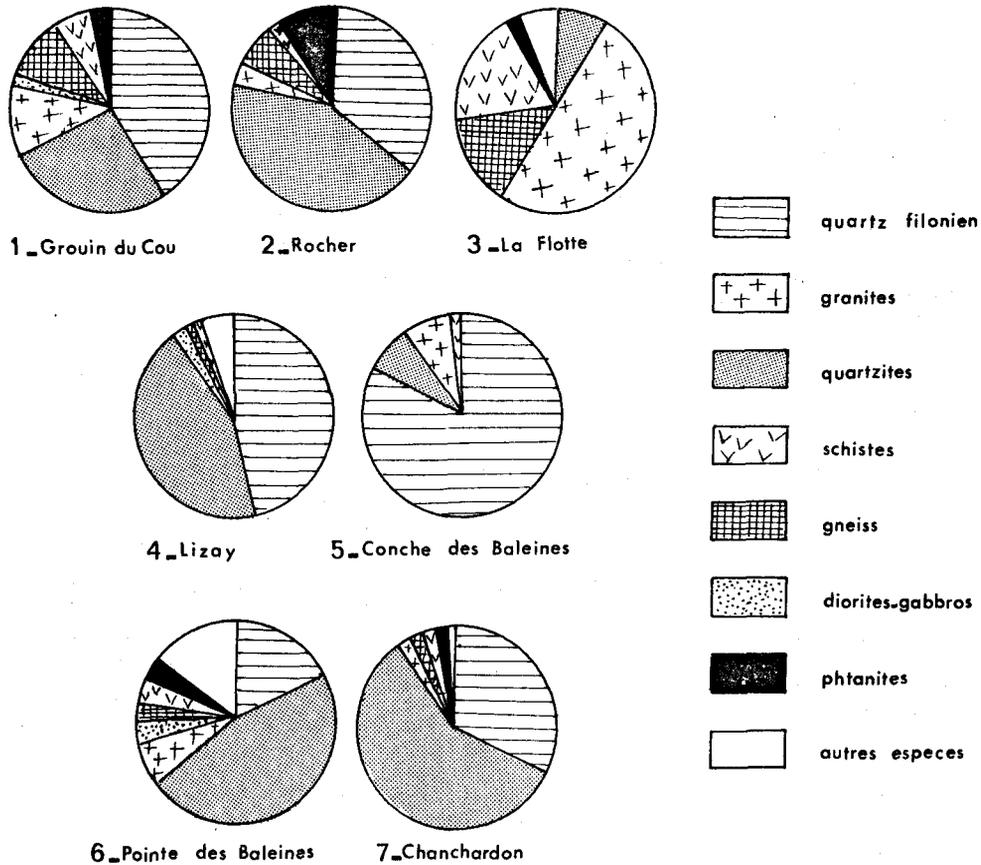


fig. 5 b PETROGRAPHIE

Cette hypothèse, reprise et complétée dans les travaux de BOURCART (1953), explique la formation de l'Ile de Ré selon le schéma suivant :

- les îles et les pertuis ont adopté des directions sud-armoricaines NW-SE,

- l'isolement des îles s'achève par l'apparition de détroits normaux aux directions précédentes; ces détroits seraient dûs à des paléosystèmes hydrographiques empruntant des fractures anciennes nord-sud au moins hercyniennes.

Les plissements nord-sud qui déforment les séries métamorphiques des Sables d'Olonne (BRILLANCEAU et NICOLAS, 1971) pourraient confirmer cette hypothèse. Mais de telles structures n'ont pas, à notre connaissance, encore été mises en évidence sur la bordure septentrionale du Bassin Aquitain.

Il serait également logique d'expliquer l'isolement de l'île par l'existence de paléocours conséquents qui auraient creusé leurs lits dans le substratum. En Aunis, la série jurassique peut être considérée comme monoclinale car les ondulations qui l'affectent sont de faible amplitude.

II-1-2- CONSTITUTION DES STOCKS SEDIMENTAIRES : LES GALETS ET CAILLOUTIS METAMORPHIQUES ET ERUPTIFS.

De nombreux galets "exotiques" jonchent l'Ile de Ré (fig. 5 a et b). Ils sont issus du socle du massif vendéen.

Au Nord, le socle affleure à moins de vingt kilomètres de l'Ile de Ré, dans les bassins fluviaux du Lay, de la Sèvre Niortaise et sur l'estran des Sables d'Olonne. Cette ville est implantée sur le flanc nord d'un anticlinal orienté NW-SE, replissé secondairement. Des formations métamorphiques appartenant au faciès à amphibolites y affleurent.

Il s'agit :

D'ectinites :

- schistes verts à chlorite et séricite du Briovérien,
- micaschistes à deux micas,
- micaschistes feldspathiques à disthène et staurotide,
- micaschistes feldspathiques intermédiaires entre ectinites et migmatites.

De migmatites :

- embréchites amygdalaires,
- leptynites ocellées,
- embréchites ocellées,
- anatexites.

A la série métamorphique de la côte s'ajoutent de nombreuses roches éruptives affleurant en massifs intrusifs ou en filons.

En mer, le plateau de Rochebonne est également constitué par une grande diversité de roches métamorphiques et éruptives (CALLAME, 1965, 1966 ; NESTEROFF et al., 1967).

L'existence des galets allochtones dans les pertuis et sur les platins des îles a suscité de nombreuses recherches, notamment celles de DOUVILLE (1918), de BOURCART (1953) et de GABIS (1965).

Une étude systématique des galets "exotiques" de la côte charentaise, entreprise à partir de leurs caractères pétrographiques (fig. 5 b), granulométriques, morphologiques et l'examen de leur usure, permet de différencier deux séries de gisement (GABIS, 1955) :

- d'une part, les galets de dimension moyenne, usés, provenant du socle vendéen,
- d'autre part, les galets de grande dimension, aux arêtes vives, jamais déplacés, de nature pétrographique variée.

L'origine de ces deux stocks sédimentaires pose le problème du transport. Quatre hypothèses de transit sont proposées : les glaces flottantes, les courants de marée, les enrochements de protection côtière et les algues flottantes, mais aucune n'explique la répartition des galets sur le littoral charentais. Le délestage ancien des navires venant chercher du sel et du vin était important aux voisinage des ports (fig. 5a), mais demeurerait un phénomène localisé à l'entrée du Fier d'Ars et de la Fosse de Loix, devant les ports de la Flotte et de St. Martin. On peut supposer qu'il est à l'origine des gisements de galets aux arêtes vives, du deuxième stock. Ce stock sédimentaire a peu d'influence sur les transits actuels car il n'est jamais déplacé.

Les galets enrobés dans les "limons des plateaux" du continent présentent une analogie pétrographique avec ceux du premier mode de gisement littoral. Une origine unique leur est attribuée : le Massif Vendéen. Toutefois, pour certains, une source plus lointaine est envisagée : les Massifs Armoricaïn et Central (GABIS, 1955).

Leur mise en place est fluviatile, comparable au mode de dépôt du revêtement préflandrien grossier des pertuis (cf. II-3-2).

La mer transgressive flandrienne les a remaniés, favorisant leur dispersion.

II-1-3- CONCLUSION

Le socle hercynien a une influence discrète sur la constitution des stocks sédimentaires rétais. Les "galets exotiques" sont mélangés en faible proportion aux éléments calcaires ; ils rappellent la proximité du Massif Armoricaïn.

L'agencement structural de l'île reflète les déformations hercyniennes de la Vendée.

II-2- LE JURASSIQUE DE L'ILE DE RE ET DU SUD DE LA VENDEE :

Dans le secteur étudié n'affleurent que les calcaires du Jurassique supérieur. Néanmoins une étude plus élargie du Jurassique de la bordure nord du Bassin Aquitain est nécessaire afin de préciser l'éventualité d'une contribution des formations de ce système à l'alimentation des stocks sédimentaires sableux aux abords de l'île de Ré. Il nous appartiendra alors d'en déterminer la nature et la provenance.

II-2-1- LE LIAS :

Au Nord de la plaine de Luçon, en contact discordant avec le socle vendéen, les terrains liasiques se présentent en une mince auréole, témoin du début de la transgression jurassique.

Les faciès sont assez détritiques. Au début du Toarcien, la sédimentation devient franchement marine.

fig.6

CARTE GEOLOGIQUE DE L' OUEST

DE L' ILE DE RE

D' après la carte à l' échelle 1 / 80 000

51° 40

HAUT BANC

DU NORD

PERTUIS

BRETON

FIER D'ARS

N

-  vase découvrant à marée basse
-  sable découvrant à marée basse
-  cordon littoral de galets
-  alluvions marines
-  dunes
-  calcaires et marnes à *Aspidoceras* Lallier
-  calcaires oolithiques et marnes à *Rosania cymodoce*
-  calcaires à nérinées
-  calcaires à polypiers
-  calcaires et marnes
-  calcaires gréseux

Kimmeridgien

Sequanien
Supérieur

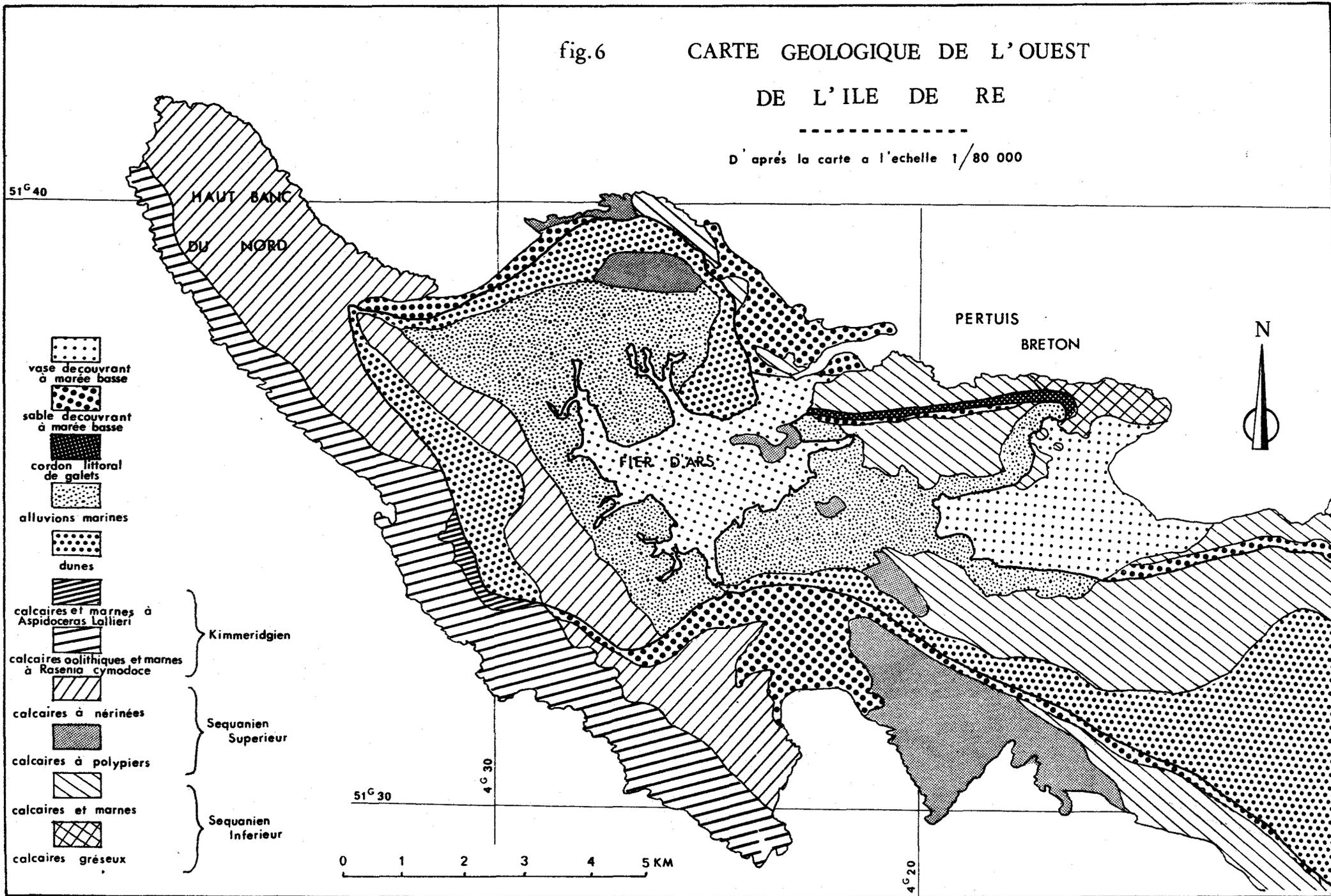
Sequanien
Inférieur

51° 30

4° 30

0 1 2 3 4 5 KM

4° 20



II-2-2- LE DOGGER :

Au *Bajocien*, se déposent successivement des calcaires gréseux, puis des calcaires blancs. L'ensemble très fossilifère ne dépasse pas quelques mètres d'épaisseur.

Le *Bathonien*, a une puissance variant de 16 à 18 m. C'est un calcaire crayeux avec des silex cornus blancs ou rosés.

Le *Callovien*, souligne la limite nord du Marais Poitevin et forme la majeure partie du soubassement de ce marais. On différencie trois niveaux stratigraphiques :

- un calcaire marneux gris ou blanc-jaunâtre,
- des marnes jaunes,
- un banc de calcaire dur, noduleux.

II-2-3- LE MALM :

L'*Oxfordien* (12 m), forme la pointe et le banc du Grouin du Cou ainsi que le soubassement des îles du marais Poitevin. Il constitue le pied de la falaise de la Fosse de Chevarache (BARUSSEAU et MARTIN, 1971).

Il présente une alternance de calcaires et de marnes.

Le *Rauracien* (20 à 30 m) s'observe dans les "îles" de la Dive et de Charron. Il est composé d'un calcaire marneux gris clair et de marnes schisteuses blanches. Dans la presqu'île de Loix, un affleurement représente le passage entre le Rauracien supérieur et le Séquanien inférieur (BUTEL, 1952).

Le *Séquanien* (60 m) borde la limite sud du Marais Poitevin et forme la plus grande partie des collines d'Aunis et de l'île de Ré (fig. 4 et 6) ; il est responsable des différentes pointes insulaires. Ce niveau comprend de bas en haut :

- un calcaire marneux avec des lits de marnes, surmonté d'un calcaire blanc (Pointe du Grouin, Tour des Islattes),
- un calcaire compact, à grain fin, constituant le substratum des îles de St. Martin, de Loix et des Portes. Au niveau de la Pointe du Lizay, le calcaire est à l'origine de la falaise et du banc qui prolongent la pointe en mer.

- un calcaire marneux blanchâtre crée la dépression centrale de l'île occupée par le cordon dunaire de la Conche des Baleines, la Vasière du Fier d'Ars et l'Anse du Martray.
- une succession de bancs de calcaires glauconieux jaunâtres et de calcaires durs, forme le soubassement de l'île d'Ars et la pointe rocheuse des Baleines.

Le *Kimméridgien*, se présente devant St. Clément, au niveau de la laisse de basse mer, sous la forme de calcaires très marneux interstratifiés dans d'épaisses marnes argileuses bleues noirâtres du Kimméridgien inférieur. La série se poursuit vers le haut de l'estran par une formation attribuée au Kimméridgien moyen (BUTEL, 1952).

En résumé, le tableau I établit la corrélation entre les horizons continentaux et insulaires du Jurassique charentais.

II-2-4- CONCLUSION

La série jurassique, comme toute série transgressive complète, comporte des faciès de moins en moins détritiques à mesure que l'on s'élève dans l'échelle stratigraphique : c'est une "séquence positive". En conséquence, les *formations de marnes, de marnocalcaires et de calcaires* sont prédominantes. Leur érosion fournit des éléments très grossiers (galets de calcaires oolithiques de la pointe du Lizay) ou des boues calcaires (marnes et marno-calcaires).

En général, aucun sable ne dérive du substratum jurassique : en effet, le fractionnement progressif des galets, en milieu marin, aboutit à la formation de boues calcaires issues du détrempe et de la dissolution des carbonates. Toutefois, se conservent de petits éléments calcaires de la taille des cailloutis et des graviers qui se retrouvent modestement disséminés dans les sédiments insulaires.

Si la roche-mère joue un rôle dans la morphologie de l'île, sa contribution à l'alimentation des stocks sédimentaires reste secondaire.

TABLEAU I

CORRELATION ENTRE LES HORIZONS CONTINENTAUX ET INSULAIRES DU JURASSIQUE CHARENTAIS

Etages	Zones adoptées et affleurements sur le littoral de la Charente maritime et Vendée	G. BUTEL (1952) affleurement dans l'île de Ré	J.P. BARUSSEAU et G. MARTIN - affleurement dans le Pertuis Breton
Kiméridgien	Zone à <i>longispinum</i>		46°17,8 N - 1°37,9 W H = 12 m
	Zone à <i>Orthocera</i> et à <i>Lallieri</i> du ROCHER D'YVES	POINTE DE GRIGNON calcaires marneux et marnes à <i>Asp. Orthocera</i> et <i>Lallieri</i> , avec lamachelle à <i>O. virgula</i>	Biopelmirite à <i>Haplophragmoides</i> sp.
	Zone à <i>Cymodoce</i> : calcaires oolitiques du VIEUX CHATE-LAILLON marnes bleu noirâtre et calcaires de la POINTE DES BOUCHOLEURS.	GREVES D'ARS et de CHANCHARDON, calcaire oolithique gris, <i>O. Gregarea</i> , <i>Pterocera oceani</i> , <i>Natura grandis</i> , marnes foncées à <i>Rasenia Cymodoce</i> .	HAUT BANC DU NORD Biomicrite à <i>Pseudocydolina Sequana</i> .
Séquanien	Zone à <i>Nérinea</i> POINTE DU CHE	LES BALEINES, ARS, le MARTRAY calcaire glauconieux jaune verdâtre oolithique à <i>Nérinées</i> .	
	Zone à oursins et polypiers rameux. POINTE DU CHE	POINTE de LIZAY, LES PORTES, LA COUARDE calcaire jaunâtre polypiers rameux.	
	Zone à <i>Montlivaultia</i> Zone des calcaires lithographiques inférieurs : AYTRE, LA ROCHELLE	SAINTE MARIE, LA NOUE, CHAUVÉAU, LA FLOTTE, SAINT-MARTIN calcaires blanchâtres grumeleux, intercalés ou surmontant les calcaires compacts sublithographiques à lits de petits fossiles <i>Montlivaultia contorta</i> , <i>Astarte</i> , <i>Zeilleria egena</i>	
	Zone des calcaires marneux, schistoïdes. ESNANDES	POINTE de LOIX, POINTE DES BARRES, SAINT-MARTIN (Grève) calcaires marneux grisâtres à <i>Cereb. subsella</i> et lamellibranches.	
Rauracien		POINTE de LOIX calcaires oolithiques, sonores : <i>Asp. ruppelense</i> et grands lamellibranches. (Passage au Rauracien)	
Oxfordien	POINTE du GROUIN du COU marnes argileuse blanchâtres <i>Gryphaea dilatata</i> marnes à spongiaires calcaire gris		BORD DE LA FOSSE DE CHEVARACHE - LE ROCHA : Pelmirite argileuse à <i>Spiroloculina</i> Sp.

TABLEAU II . REFERENCES ADOPTEES

Echelle absolue B.P.	Chronologie marine		Episodes Climatiques	Industries humaines
0	Flandrien	Dunkerquien	Subatlantique Sub-boreal Atlantique Boréal Préboréal	Champ d'Urnes Campaniforme Néolithique (Pen - Richardien) Magdalénien ou Périgordien
5 000				
10 000				
15 000	Préflandrien	Néotyrrhénien ou Tyrrhénien III ou Normannien III ou Monastirien	Würm III-IV	Aurignacien Levalloisien Moustérien
30 000		Tyrrhénien ou Normannien	Eutyrrhénien ou Tyrrhénien II ou Normannien II	Würm II Würm I
100 000		Paléotyrrhénien ou Tyrrhénien I ou Normannien I	Néoriss	
150 000			Rissien	

II-3- LE QUATERNAIRE

Le Quaternaire terrestre dans l'Ile de Ré a fait l'objet de nombreuses études notamment celles de TERS (1952-1963), BOURCART (1953), DEBYSER et al. (1955), FRIDMAN (1958), RIVIERE et al. (1960-1970) et TARDY (1972). En mer, il n'y a pas d'étude de détail de ce secteur mais des travaux fournissent une base bibliographique plus générale comme ceux de LAFOND (1959), de LORIN (1958), de LAPIERRE (1968) et de BARUSSEAU (1973).

Afin de corréler les différentes nomenclatures employées par les auteurs nous résumons dans le tableau II la position chronologique des étages, horizons et repères stratigraphiques utilisés dans le texte.

II-3-1- LE QUATERNAIRE TERRESTRE :

La série stratigraphique de l'Ile de Ré présente une lacune du Kimméridgien moyen au Paléotyrrhénien.

II-3-1-1- Le Tyrrhénien I et II

Le Tyrrhénien revêt plusieurs aspects à la pointe du Lizay. Ce secteur littoral, formé de trois plateformes d'abrasion à + 3,50 m (l'estran actuel), + 5 m (le haut-estran) et + 8 m au-dessus du zéro marin actuel* (la surface topographique actuelle de l'Ile de Ré), présente des sols polygonaux et des coulées de solifluction sur les deux terrasses supérieures (TERS, 1952).

Au-dessus du calcaire séquanien cryoturbé des formations argilo-sableuses rubéfiées analogues aux "couches ocracées" argilo-limoneuses du Morbihan, constituent le Tyrrhénien I.

L'épisode glaciaire du Riss est marqué par un premier niveau de galets, noté D1 (tabl. III). Des grattoirs moustériens datent l'horizon surincombant (D2) ; ainsi est-il possible d'établir un parallèle entre le Lizay et les formations de Vendée (Jard, Noirmoutier) et de Bretagne (Penerf, pénestin) attribuées au Tyrrhénien II (RIVIERE et al. 1966).

* Le zéro NGF est, pour le littoral charentais, à 3,69 m au-dessus du zéro marin.

TABLEAU III

LE QUATERNAIRE SUR LA COTE ATLANTIQUE FRANCAISE (Adapté de RIVIERE, 1970)

Niveaux selon A. RIVIERE	Ile de Ré-Lizay Charente Maritime	Ile de Noirmoutiers Vendée	Plage de la Mine d'Or Morbihan
Accumulation post-flandrienne	Dune dunkerquienne (sable blanc) Niveau Hallstattien	Dune actuelle	
Accumulation flandrienne	Dune flandrienne (sable rouge) Niveau campaniforme		
D 4 Tyrrhénien III	Niveau néolithique série ocre-rougeâtre Niveau levalloisien		galets aplatis et sable plus ou moins graveleux
D 3 glaciation würmienne	Deuxième niveau de galets et Deuxième sols polygonaux	sables clairs	couche plus sableuse avec coquilles
D 2 Tyrrhénien II	Niveau à grattoirs moustériens	couche argilo-sableuse jaunâtre	formation claire grisâtre ou jaunâtre
D 1 glaciation du RISS	Premier niveau à galets	cailloutis	cailloutis
C Tyrrhénien I	Formation argilo-sableuse rubéfiée	sables jaunes marbrés sables clairs fins	"couche ocracée" argilo-limoneuses cailloutis de base
B Mindel	Phénomène de cryoturbation "Le Head" Premiers sols polygonaux	grès de Sabalites	"cailloutis rouges" argilo-sableux marbrés de zébrures grisâtres
A' Eocène			
A		formations argilo-sableuses jaunâtres	sables jaunes
"Bed rak" 0	calcaire séquanien	Briovérien arénisé	Briovérien arénisé

L'ensemble des deux plateformes les plus hautes représente les témoins de stationnement de la mer néotyrhéniennne en régression.

II-3-1-2- Le Würm dans l'île de Ré

Au cours des glaciations würmiennes, la surface topographique de l'île fût fortement remodelée. Les empreintes périglaciaires sont importantes. Nous ne décrivons que le gisement très représentatif du Lizay (FRIDMAN, 1958 ; RIVIERE, 1966 ; TARDY, 1972) qui repose sur la plateforme de + 8 m, remaniée sur 0,50 m d'épaisseur.

Le niveau de base est constitué par une matrice marneuse qui enrobe des plaquettes de calcaire séquanien surmontée des niveaux (D1) et (D2).

Au-dessus reposent deux formations qui sont, de bas en haut (tabl. III) :

- un horizon de galets de quartz (D3),
- une série ocre-rougeâtre (D4) comprenant deux niveaux d'industries préhistoriques (TARDY, 1972) :
 - . un niveau à pointes levalloisiennes,
 - . un niveau de témoins néolithiques (silex et tessons).

Ces couches sont surmontées par un horizon de sable rouge de la dune ancienne (flandrienne) possédant à la base des témoins campaniformes (TARDY, 1972).

Cette dernière est recouverte par les sables blancs de la dune moderne (dunkerquienne) qui reposent sur un niveau de la couche archéologique hallstattienne.

Sur la plateforme + 3,50 m, une génération de sols polygonaux est contemporaine des formations du Würm D3 (TERS, 1952).

En conclusion : la surface topographique de l'île a été rabotée et déblayée de tout revêtement durant les transgressions quaternaires et en particulier pendant la transgression néotyrhéniennne. Les phénomènes de cryoturbation würmiens se sont développés avec intensité, sur les calcaires mis à nu. La pente, très faible, de l'île a favorisé les actions de cryoturbation sur place par rapport aux phénomènes de solifluction. Actuellement tous ces témoins périglaciaires sont fossilisés sous les dunes flandriennes et dunkerquiennes.

II-3-1-3- L'Ile de Ré au Flandrien.

L'Ile de Ré, érodée à la fin de la régression pré-flandrienne va subir une forte sédimentation durant la transgression flandrienne. Les accumulations de cette période existent actuellement sous divers faciès :

a) La tourbe

M. TERS décrit des dépôts tourbeux datant de la fin de cette période sur les platins voisins du phare de Chanchardon et aux pointes extrêmes du Banc du Bûcheron. Cette dernière station n'a toutefois pas été retrouvée. La progression rapide du banc l'a probablement ensevelie. D'autre part, il en existe également sur le bas-estran de la Conche des Baleines (GABET, Comm. orale).

b) Les pélites des marais

Au cours de la transgression flandrienne, la mer envahit la zone centrale déprimée de l'île. Elle comble progressivement les zones érodées : le Fier d'Ars, la Fosse de Loix et l'Anse du Martray, puis réunit trois îlots (St. Martin, Ars et les Portes). Au XVII^e siècle, l'îlot de Loix est enfin rattaché au reste de l'Ile de Ré. (Cartes des Costes de Poitou et d'Aunis, 1624, d'ARGENCOURT, 1625).

Actuellement, le niveau de bri* se situe entre 4 et 5 m au-dessus du zéro marin dans certains marais perdus du Nouveau (fig. 3).

Sous le bri du Fier d'Ars existe un sable sinon antérieur, du moins contemporain de la formation de la vasière.

c) Les dunes dunkerquiennes

De nos jours, le revêtement dunaire couvre la majeure partie des terres émergées de l'île et borde presque tout le littoral. Nous avons pu vérifier que les dunes reposent indifféremment sur le calcaire jurassique et le bri, qui permet de les dater du Dunkerquien. Toutefois, en reliant les différents îlots, le cordon dunaire a favorisé une sédimentation pélimitique à l'intérieur des zones abritées telles le Fier d'Ars et la Fosse de Loix montrant ainsi que leur genèse est indissociable dans le temps.

* bri : terme charentais équivalent des argiles à Scrobiculaires (WELSCH, 1903)

Lors de la petite régression postérieure au Dunkerquien, certaines dunes se sont trouvées séparées de la plage actuelle. Tel est le cas de celle recouvrant le substratum rocheux de la pointe du Lizay dont la base, à la cote + 8 m, repose sur la troisième plateforme d'abrasion.

d) Les plages surélevées.

Des formations sableuses situées au pied des dunes perchées à sept mètres au-dessus du zéro marin (un mètre au-dessus de la laisse de tempête actuelle) renferment une faune littorale et sont attribuées au Dunkerquien (TERS, 1952). Leur position anormalement haute serait due, selon TARDY (1972), à l'action d'une phase tectonique récente.

Un cordon littoral de gros galets calcaires existe également à la même cote, à l'Est de La Flotte.

La présence de ces rivages dunkerquiens en position anormale au-dessus du zéro des cartes marines pose le problème d'un niveau marin supérieur à celui de l'actuel pendant l'Holocène. Un haut niveau de la mer au Flandrien moyen est exclu ; mais l'existence d'une oscillation marine positive est admise au Subatlantique, probablement au début de l'Ere Chrétienne (LARSONNEUR, 1971).

Cette idée rejoint la conclusion de BOURDIER (in PRUVOST, 1957) sur le Quaternaire de l'Ile de Ré : "Le remblaiement marin terminal du Post-Würm aurait atteint un niveau plus haut que l'actuel, constituant la ligne de rivage post-glaciaire eustatique de 6 m ou ligne de rivage de Nansen". Cette ligne est bien marquée dans l'Ile de Ré (TERS, 1952).

Certaines de ces formations sédimentaires, actuellement reprises par l'érosion (cas du cordon dunaire de la Conche des Baleines), jouent un rôle important dans le déroulement des phénomènes récents en alimentant d'autres secteurs, tels le Banc du Bûcheron. Par la suite, nous nous efforcerons d'étudier la cinématique des sables qui en résultent.

II-3-2- LE QUATERNAIRE MARIN :

II-3-2-1- Les nappes sédimentaires.

a) Définition :

Une nappe sédimentaire est une unité formée par le dépôt de sédiments allochtones appartenant à une même population granulométrique. Elle est mise en place pendant un temps défini sous des conditions hydrodynamiques données. Elle peut se mélanger ou reprendre des nappes sédimentaires antérieures sans se fondre avec elles.

Sur le plateau continental rochelais, sept nappes prédominent (BARUSSEAU, 1973)).

- les pélites (< 40 μm)
- I - les sablons (de 60 à 120 μm)
- II - les sables fins (de 120 à 200 μm)
- III - les sables moyens A (200 à 330 μm)
- IV - les sables moyens B (340 à 490 μm)
- V - les sables grossiers A (500 à 990 μm)
- VI - les sables grossiers B (> 1 mm).

b) Chronologie de mise en place :

Les différents sédiments constituant les nappes du glacis-plaine de Rochebonne se sont déposés au cours du Quaternaire terminal.

Pendant la régression préflandrienne, l'érosion détruit les cordons dunaires littoraux et remodèle les nappes sédimentaires en place. Des sables éoliens recouvrent toutes les terres émergées. La nappe des sables grossiers fluviatiles se dépose sur les flancs des pertuis.

Dans la seconde partie de la transgression flandrienne, les basses vallées fluviatiles sont envahies. Le recouvrement sableux fluviatile et éolien est repris par l'érosion marine.

Au cours de la remontée des eaux, les sédiments transitent ; dans le secteur étudié, les sables fins I, II s'installent sur un rivage situé à - 20 m sous le niveau marin actuel. De nos jours, nous assistons à une reprise de cette nappe qui chemine sous l'effet des houles exceptionnelles vers les zones internes des pertuis.

II-3-2-2- Répartition des nappes aux abords de l'Ile de Ré :

a) Les pélites du Pertuis Breton (fig. 7)

Les pélites de l'Anse de l'Aiguillon, refoulées de ce wadden, s'insèrent profondément dans les bas-fonds de la Fosse de Chevarache jusqu'à sa fermeture ouest.

Les sablons leur sont associés dans une faible proportion sauf au niveau du Banc Breton où ils représentent plus de 50 % du sédiment total.

b) Les sables fins (fig. 8)

Située aux environs de - 20 m, la nappe des sables fins occupe d'une façon continue tout le Seuil vendéo-rétais depuis Les Sables d'Olonne jusqu'au Sud de l'Ile de Ré.

A l'Ouest du méridien 4,60 gr W, elle s'estompe progressivement au profit de la nappe des sables moyens A.

Au Sud, dans le Pertuis d'Antioche, les sables fins sont scindés en deux unités distinctes par une digitation des sables moyens B du seuil d'Antioche qui entre en contact avec le platin rocheux du Haut-Banc du Nord.

Cette disposition particulière des unités sédimentaires sur la périphérie de la zone de hauts-fonds du Haut-Banc du Nord révèle l'existence d'une source abondante et proche en matériel varié au large de l'Ile de Ré.

c) Le recouvrement meuble des couloirs d'alimentation du Pertuis Breton

De part et d'autre de la Fosse de Chevarache, les couloirs d'alimentation du pertuis breton représentent des sites sur lesquels tous les éléments des différentes nappes sont représentés. Ce sont des zones actuelles à sédimentation instable.

II-4- CONCLUSION

L'étude de la géologie régionale et plus particulièrement de la géologie du Quaternaire permet de définir la nature et la provenance des matériaux qui sont susceptibles d'être repris actuellement.

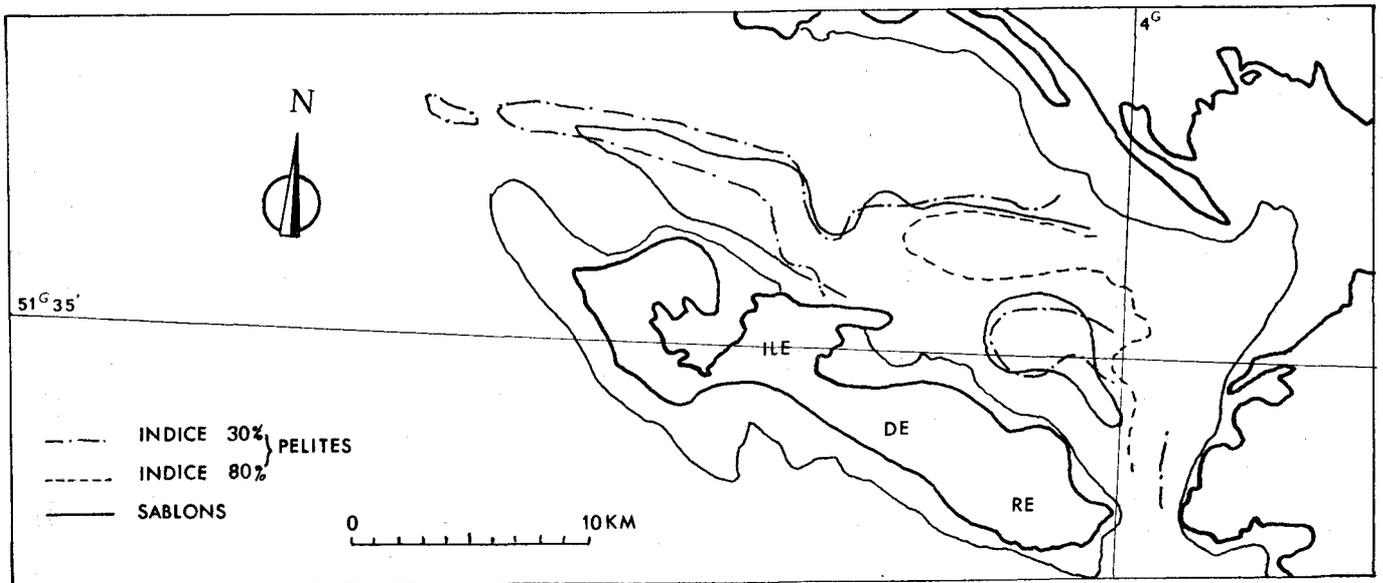


fig.7 REPARTITION DES PELITES ET DES SABLONS

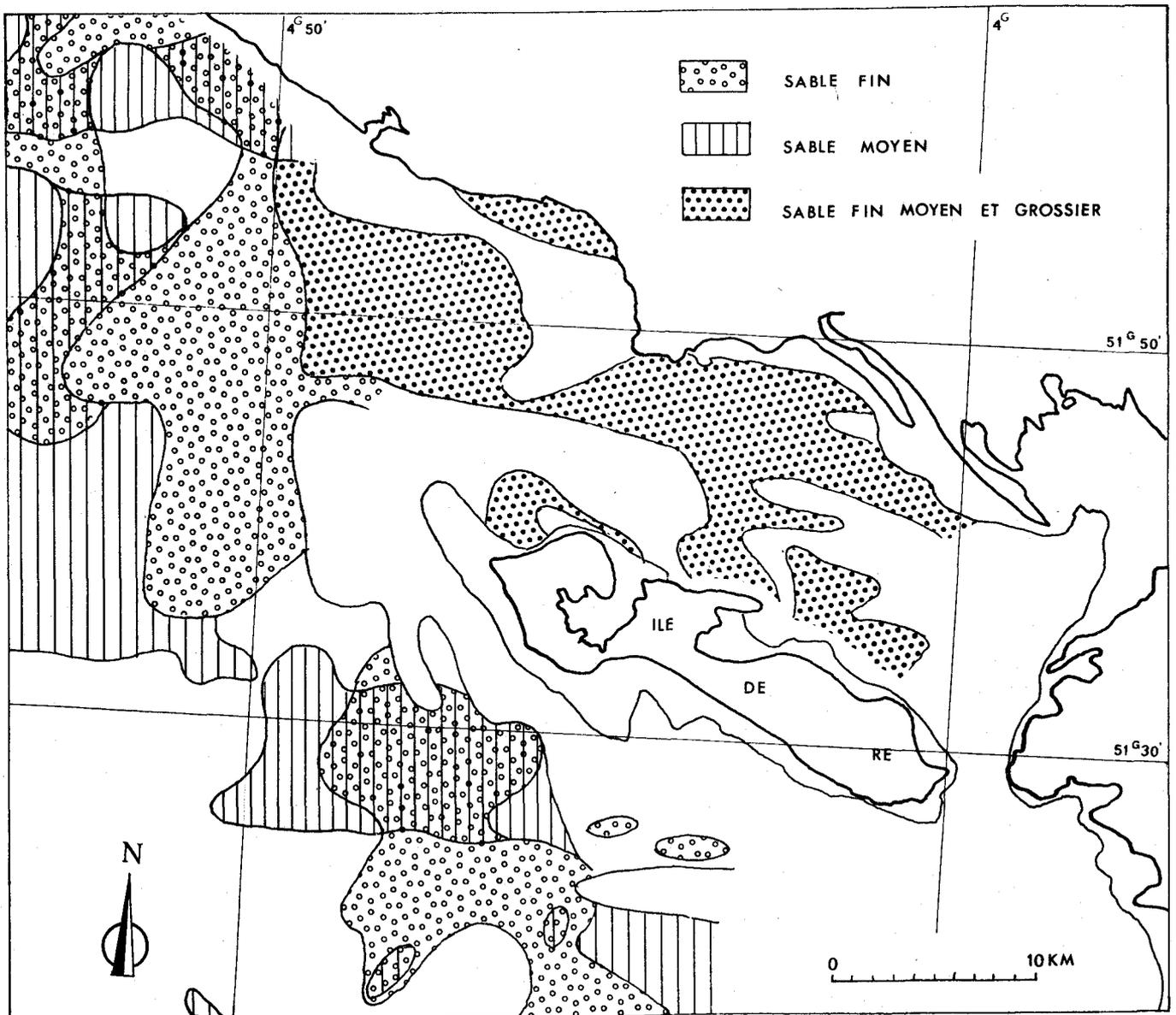


fig. 8 REPARTITION DES NAPPES DE SABLE FIN ET MOYEN

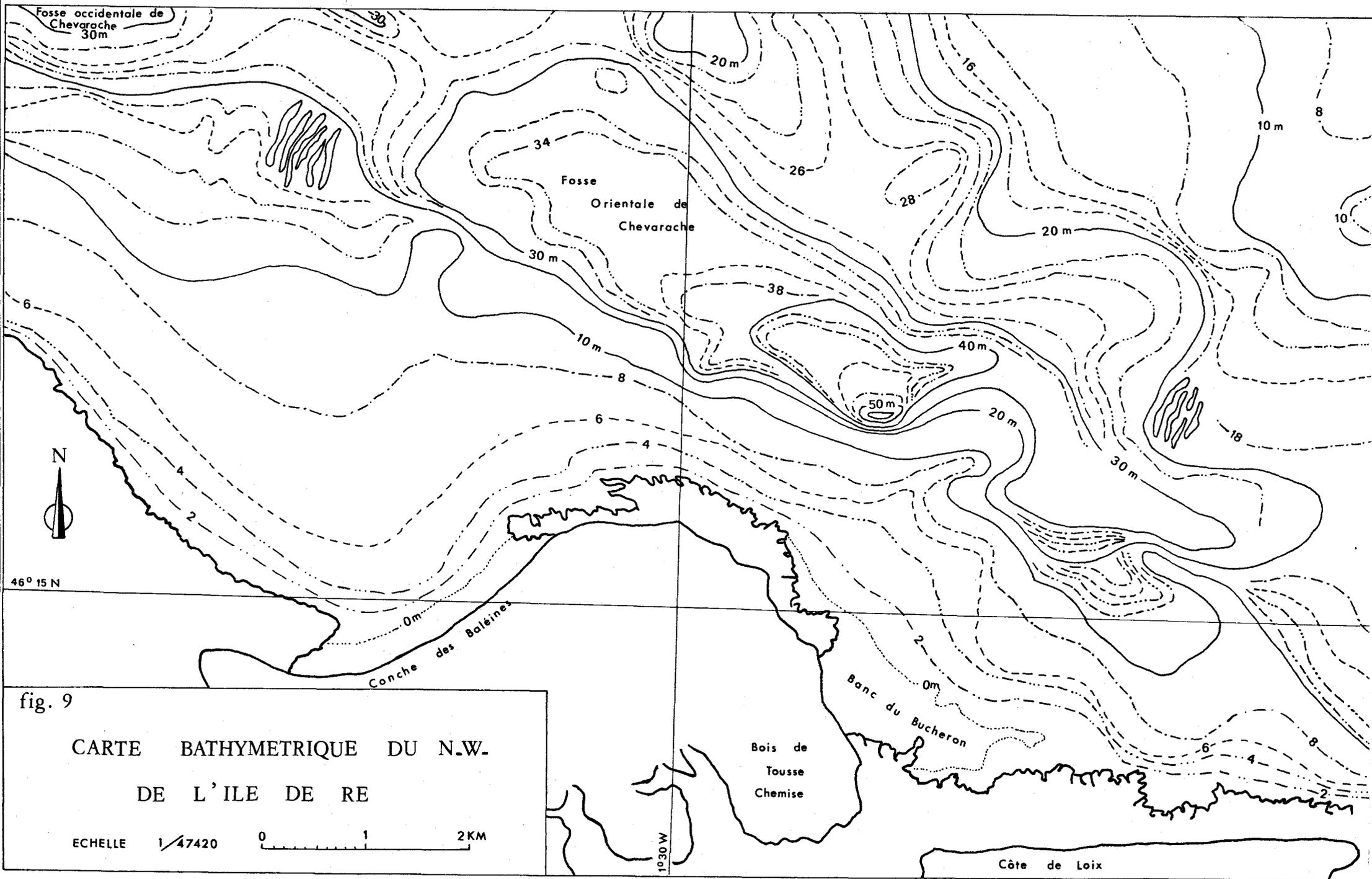


fig. 9
 CARTE BATHYMETRIQUE DU N.W.
 DE L'ILE DE RE

ECHELLE 1/47420 0 1 2KM

De par sa morphologie, le substratum rocheux influence les directions des axes de transit mais il ne peut être considéré comme une source d'alimentation des stocks sableux.

Le matériel actuellement en déplacement est représenté, d'une part, par les masses sédimentaires de l'avant côte correspondante aux sédiments fins du Seuil Vendéo-rétais et aux matériaux hétérogènes franchissant le Haut-Banc du Nord (BARUSSEAU, 1973) et, d'autre part, ^{par} les sables éoliens du cordon du-naire de la Conche des Baleines.

III - GEOMORPHOLOGIE DU DOMAINE D'ETUDE

Sur la côte nord de l'Ile de Ré, le Pertuis Breton forme un bras de mer d'orientation générale NW-SE.

Des facteurs tectoniques, paléohydrographiques, sédimentologiques et climatiques impriment un aspect original à la morphologie de ce secteur littoral.

III-1- CONDITIONS DE REALISATION DES CARTES BATHYMETRIQUES

Durant les campagnes de 1971, 1972 et 1973 nous avons procédé à un relevé bathymétrique systématique de frange côtière du Nord de l'Ile de Ré. Les minutes du Service Central Hydrographique et Océanographique de la Marine et les travaux de BARUSSEAU (1973), nous ont servi à compléter nos données personnelles (fig. 9).

Le marégramme de La Pallice a servi de référence pour calculer les corrections de marée, car il n'existe qu'une différence de + 4 mm entre la station de La Pallice et le port de Saint-Martin (n° 550 du S.H., 1969) représentant la limite est de notre domaine d'étude.

III-2- ELEMENTS OROGRAPHIQUES REMARQUABLES

Dans le Pertuis Breton, plusieurs unités orographiques s'individualisent de par leurs caractères morphologiques. Ainsi distingue-t-on :

- la Fosse de Chevarache et sa terminaison ouest formée par le Seuil Vendéo-rétais,

- la Falaise tectonique du Lizay et le couloir d'alimentation côtier,
- les estrans et le littoral constitués des plages et avant-plages de La Loge, du Gros Jonc et de la Conche des Baleines.

Nous étudierons chaque entité séparément du Nord au Sud.

III-2-1- LA FOSSE DE CHEVARACHE ET LE SEUIL VENDEO-RETAIS

Le Pertuis Breton présente une dépression dans sa partie centrale, la Fosse de Chevarache (-62 m) dont le bord méridional est constitué par une "falaise" d'origine tectonique. Il existe une dissymétrie entre les pentes nord et sud, la déclivité est beaucoup plus marquée sur le flanc méridional que sur le bord septentrional.

La fosse est divisée en deux unités distinctes :

- la fosse orientale (- 62 m) qui se creuse au droit de la Tour des Islattes,
- la fosse occidentale (- 39 m) séparée de la première par une zone de haut fond (- 27 m) marquée par des mégarides de sable d'orientation N-S, perpendiculaires aux courants de marée.

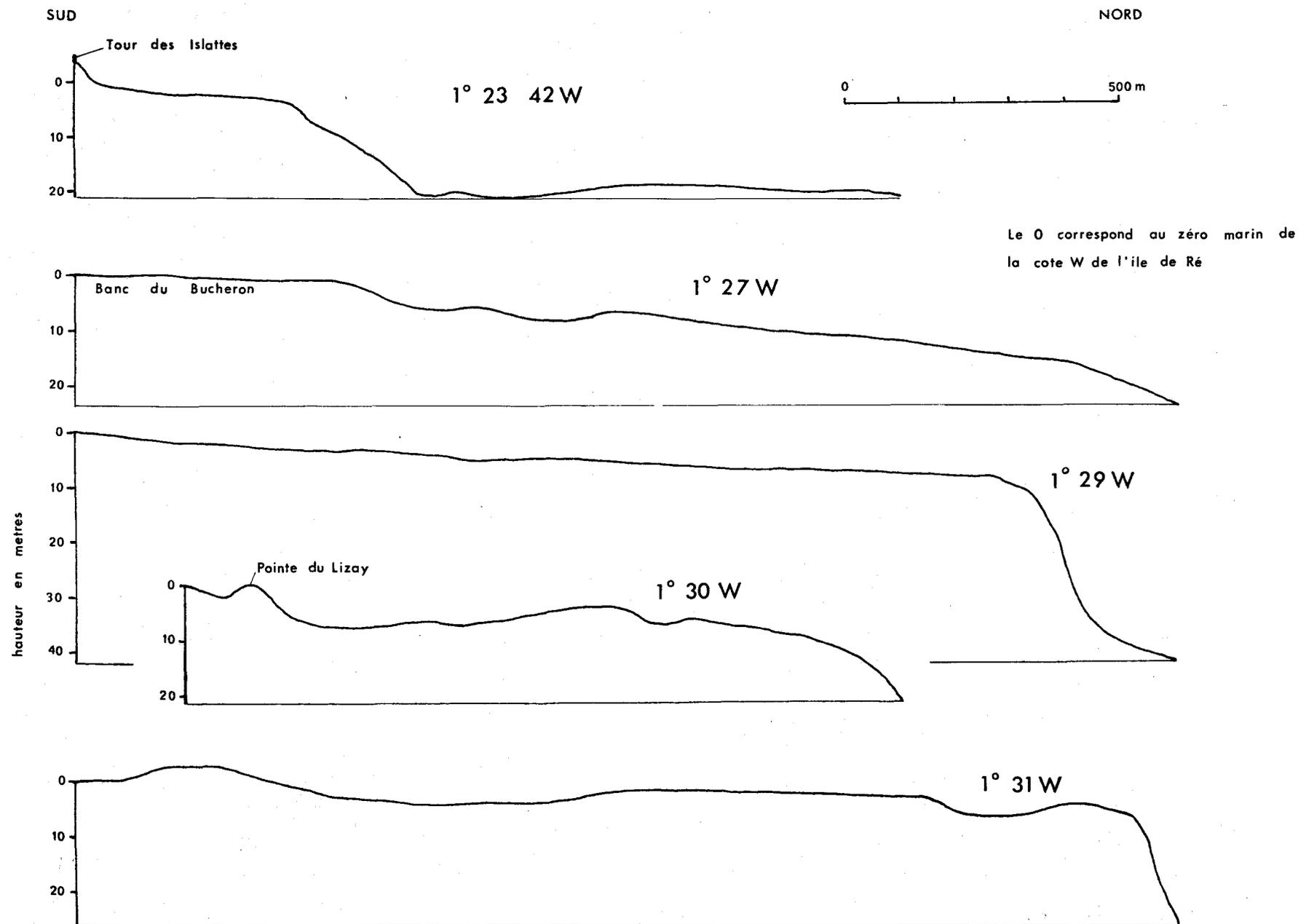
La dépression se ferme à l'Ouest entre le Banc du Grouin du Cou, appendice de la côte Vendéenne et le Haut-Banc du Nord, prolongement de la Pointe des Baleines, dans l'Ile de Ré.

Cet étranglement est très important car il modifie les vitesses des courants de marée du Nord du phare des Baleineaux. De plus, il détermine une déformation de la ligne de crête des houles et provoque leur rotation dans le Pertuis ; en effet, les directions "s'enroulent" sur les hauts fonds, (CHAUVEAU, 1973).

La terminaison ouest de cet ensemble est constituée par le Seuil Vendéo-rétais. En effet, le paléocours du complexe fluvial formé par la Sèvre Niortaise et le Lay est obstrué, dans sa partie distale, par un énorme épandage sédimentaire qui forme une contre-pente de - 62 m à - 17 m (BARUSSEAU, 1973).

fig. 10 EVOLUTION DU PROFIL BATHYMETRIQUE

entre 1° 23' 42 W et 1° 31 W



III-2-2- LA FALAISE TECTONIQUE DU LIZAY ET LE COULOIR D'ALIMENTATION COTIER

Au Sud, la Fosse de Chevarache est limitée par une falaise tectonique, l'escarpement du Lizay, dont la pente est en général de l'ordre de 20 %. Toutefois, ce flanc peut devenir vertical, par exemple au droit de la Roche du Fier, voire même engendrer des surplombs.

La "falaise" constituant la bordure septentrionale de l'Ile de Ré forme une dénivellation qui varie de 20 m à 50 m au Nord de la Pointe du Lizay. Elle se prolonge à l'Est par un jeu de failles est-ouest responsable du découpage en gradins des fonds au large du Haut-Banc du Nord, de la Pointe du Lizay et de la Roche du Fier.

La fosse est séparée de l'Ile de Ré par le couloir d'alimentation qui est constitué en réalité par deux replats superposés, l'un à - 10 m et l'autre à - 5 m, dessinant deux étages faisant suite à ceux du Lizay (terrasses de + 3,5 m et + 8 m). La largeur du couloir varie de 1 km, au droit de la pointe, à 5 km sur la Conche des Baleines (fig. 10). Cette modification de la morphologie provoque une augmentation des vitesses des courants dans la partie resserrée et au contraire une diminution sur les secteurs élargis.

Le couloir d'alimentation est barré localement par des affleurements rocheux formant les caps de l'île, tels la Pointe du Lizay, ou submergés comme la Roche du Fier (de - 10 m à - 20 m) et les têtes de roches au droit du Gros Jonc. Ces obstacles influencent les régimes de courant sur la côte nord de l'Ile de Ré; de plus, ils amortissent l'effet des houles du large.

III-2-3- L'ESTRAN ET LE LITTORAL

Prolongeant les couloirs d'alimentation vers le littoral, les plages et avant-plages de La Loge, du Gros Jonc et de la Conche des Baleines, forment des unités morphologiques originales. A l'Ouest de la Conche des Baleines, la pointe rocheuse du Haut-Banc du Nord forme un écran de 5 à 6 mètres de hauteur. Il modifie le sens des courants, amortit et détourne les houles d'Ouest et, de ce fait, protège la côte entre les îles d'Ars et des Portes.

Le littoral ainsi abrité est formé par le cordon dunaire et la plage de la Conche des Baleines. Cette accumulation sableuse permet une alimentation continue de la plage, siège d'un important transit. L'estran,

de pente moyenne 2 %, présente entre sa partie ouest (pente de 1 %) et l'extrémité orientale (pente de 3 %) un gauchissement qui témoigne de l'influence croissante des houles sur le littoral en se rapprochant de la pointe du Lizay.

A ce niveau, la pointe rocheuse, formée de calcaires durs, détermine une zone asédimentaire qui borde le couloir d'alimentation marin.

A l'abri des houles d'Ouest, derrière l'Ile des Portes, la plage de l'Anse du Fourneau est le siège d'une forte sédimentation, sa pente est très faible, de 1 à 0,5 %. Sa partie orientale formée par la dune de Trousse-Chemise et le Banc du Bûcheron (+ 4 m), s'accroît et tend à colmater l'entrée du Fier d'Ars.

La vasière intérieure forme un vaste réservoir qui s'assèche presque entièrement à marée basse, seuls subsistent les chenaux d'écoulement et la Rente du Fier (fig. 3).

III-3- CONCLUSION

L'étude de la morphologie de l'Ile de Ré et du Pertuis Breton, permet de définir les grands accidents orographiques qui conditionnent les déplacements sédimentaires de ce secteur littoral.

Le Haut-Banc du Nord dévie les houles d'Ouest et protège partiellement la Conche des Baleines.

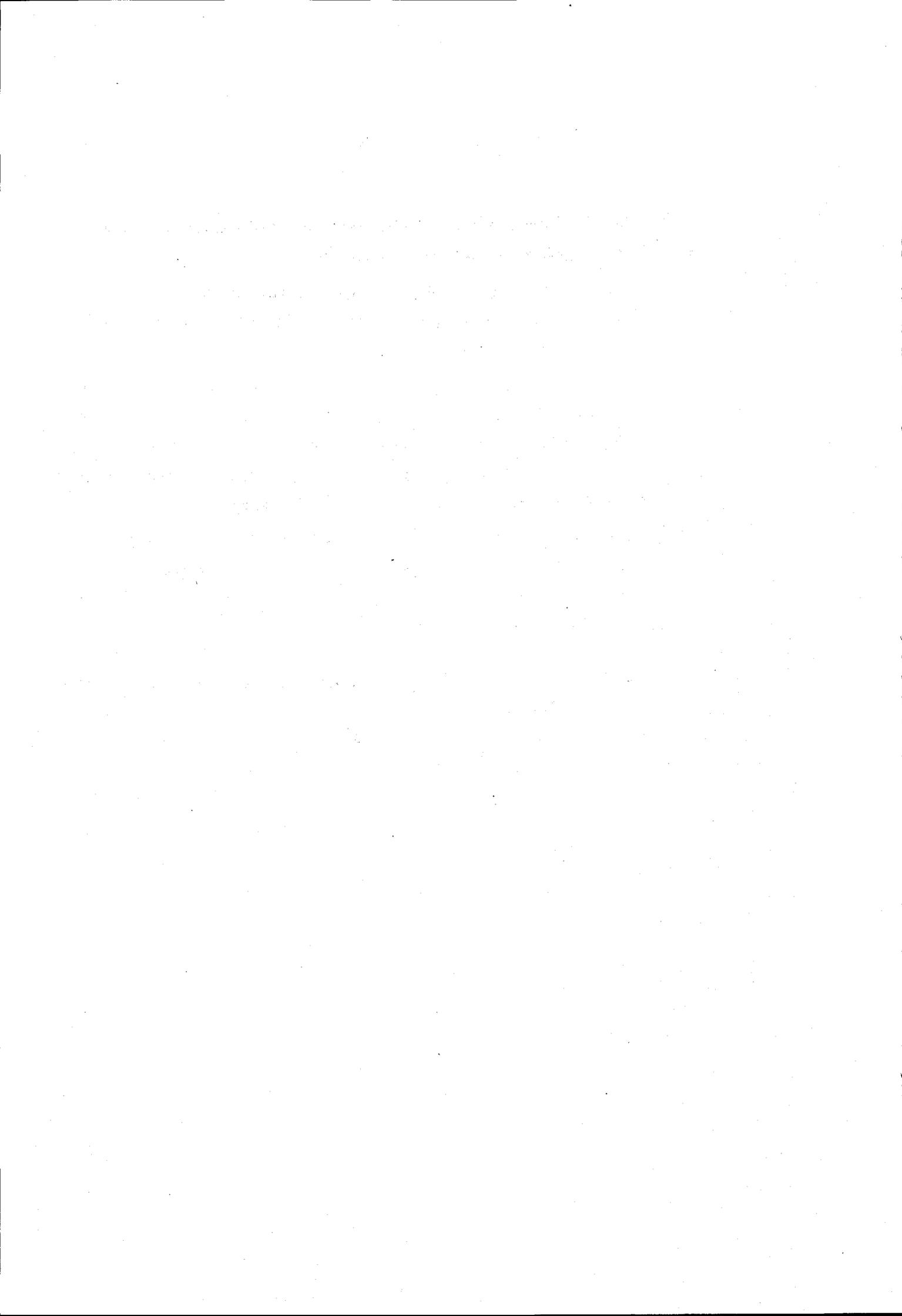
Le couloir d'alimentation, enserré entre la Fosse de Chevarache et la Pointe du Lizay, forme une liaison entre deux secteurs littoraux, la Conche des Baleines et le complexe sédimentaire formé par la plage de La Loge et le Banc du Bûcheron. Cette dernière zone tend à obstruer la passe de sortie du Fier d'Ars.

CONCLUSION

La diversité des aspects morphologiques de la côte nord-ouest de l'Ile de Ré est due à l'interaction de nombreux agents :

- la structure géologique du substratum détermine l'orientation générale de l'Ile, des bancs rocheux et de la "falaise" sud de la Fosse de Chevarache,
- les caractères lithologiques impriment l'existence de secteurs résistants formant des promontoires rocheux (Haut-Banc du Nord, Pointe du Fier, Banc du Grouin du Cou et Roche du Fier) et d'échancrures plus ou moins profondes du littoral éventuellement remodelées (Conche des Baleines, Fier d'Ars),
- la sédimentation a provoqué l'accumulation des matériaux du Seuil Vendéo-rétais, le colmatage des zones en dépression, l'édification des cordons dunaires (Conche des Baleines) et des flèches sableuses (Banc du Bûcheron).

L'étude des facteurs dynamiques actuels, abordée dans le chapitre suivant, montre l'influence de ce modelé sur la disposition des courants réglant les transits sur cette portion du littoral.



- CHAPITRE II -

CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES ACTUELLES

SOMMAIRE - L'île de Ré se présente comme un modèle dynamique original dont les différents caractères morphostructuraux influencent les actions des houles et des courants de marée.

Le Haut-Banc du Nord perturbe la propagation des houles de secteur Ouest en provoquant une rotation de leur ligne de crête.

La résultante des courants de marée et des houles commande un transit sédimentaire en direction des zones internes du Pertuis Breton.

Le Fier d'Ars forme un réservoir hydraulique dont la décharge modifie le sens du courant de jusant du Pertuis Breton au droit de la plage de La Loge et détermine lors de la charge, durant le flot, un transit sédimentaire important le long de la côte de Loix.

L'action des marées, des vents et des houles conditionne les grands axes de transit sédimentaire dans le Pertuis Breton.

Une étude séparée des effets de ces différents facteurs est nécessaire pour connaître leur importance respective dans la dynamique actuelle.

Nous présenterons successivement les caractères généraux des principaux agents des mouvements marins : les marées et les vents. Dans l'Atlantique Nord, leur régime conditionne, pour l'essentiel, la distribution des courants. Nous insisterons sur leurs particularités au niveau du Golfe de Gascogne et analyserons leurs effets sur la frange côtière au niveau de l'île de Ré.

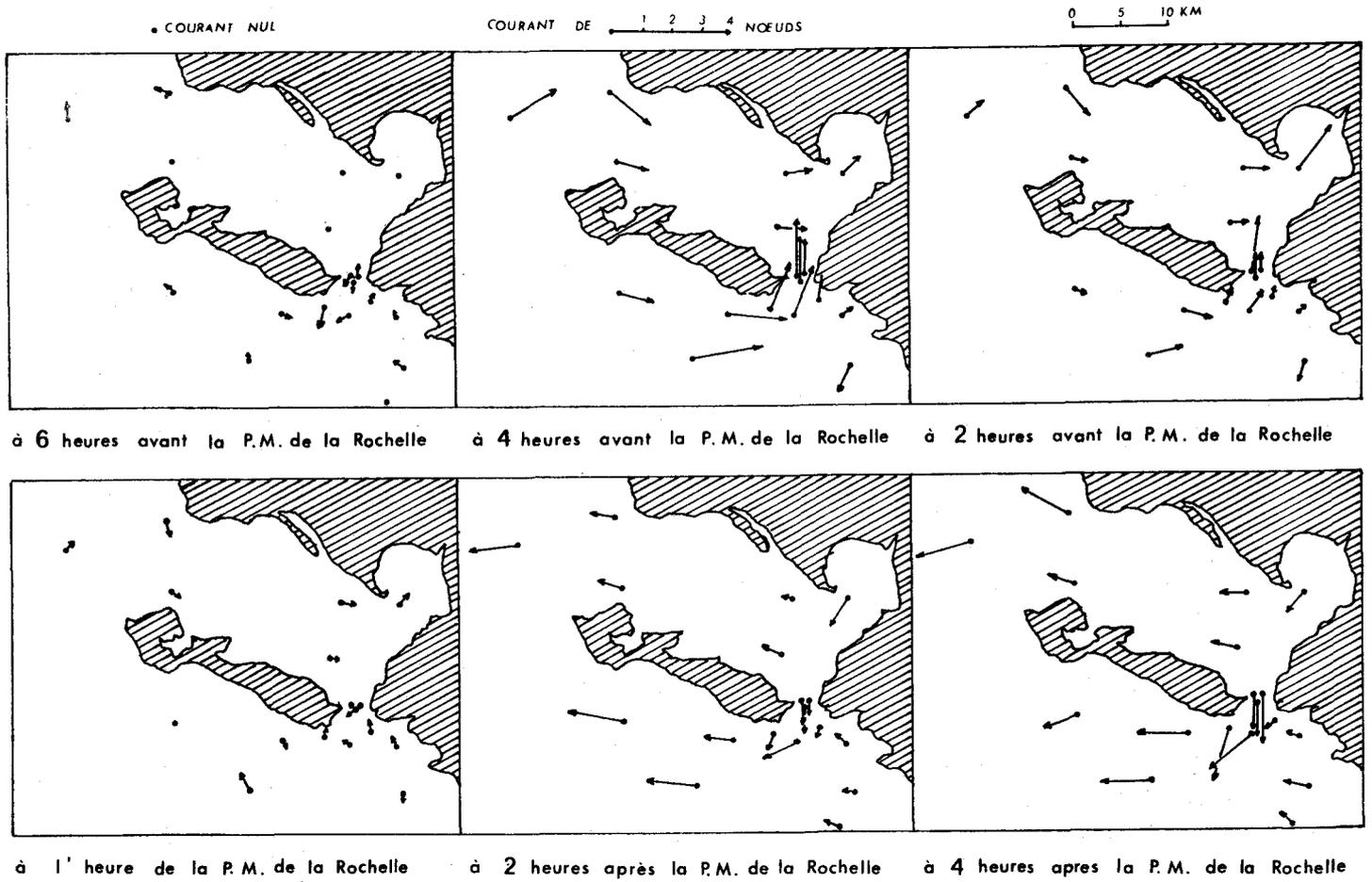


fig. 11 DIRECTION ET VITESSES DES COURANTS DE MAREE DANS LE PERTUIS BRETON ET LE PERTUIS D'ANTIOCHE

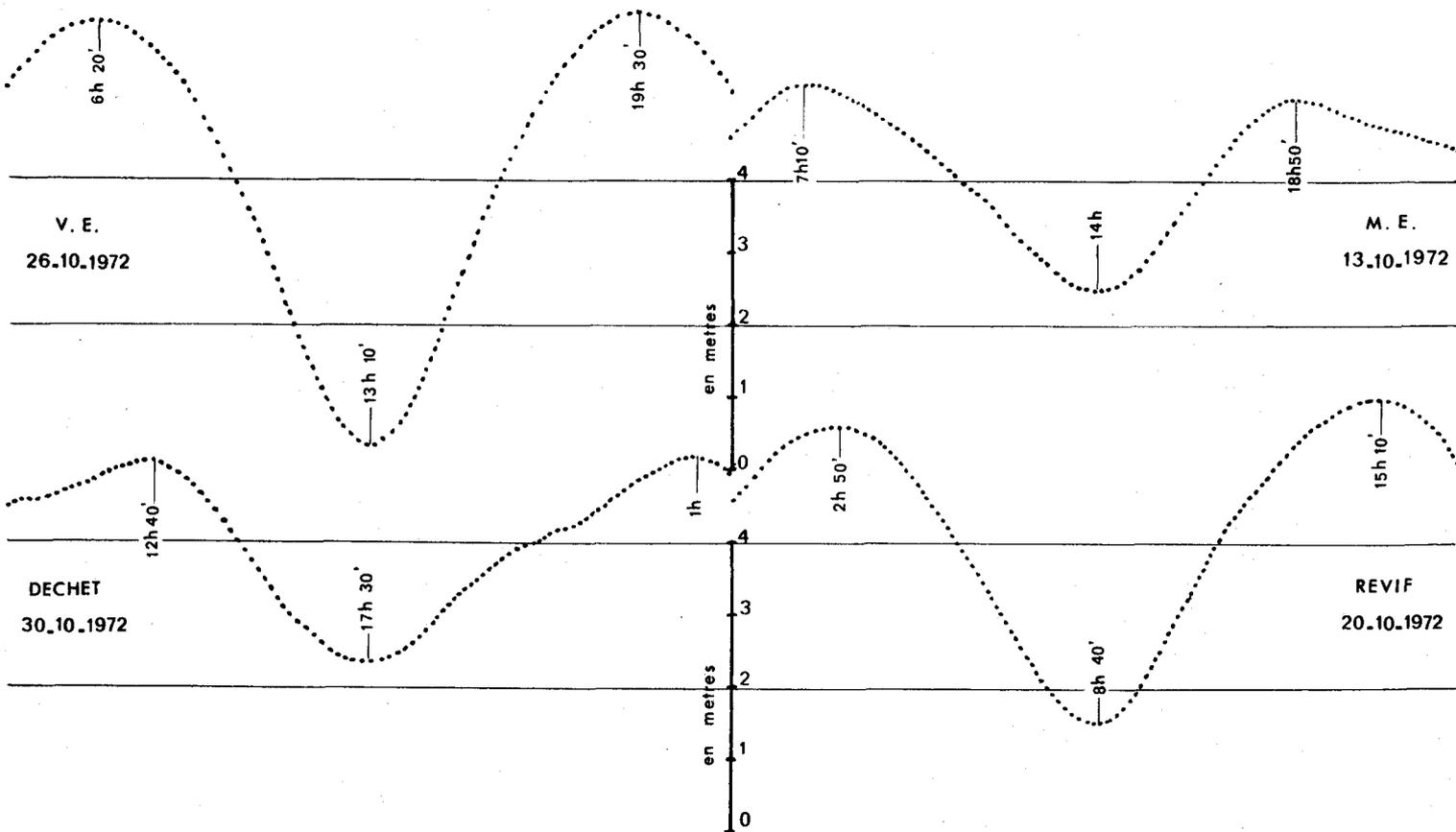
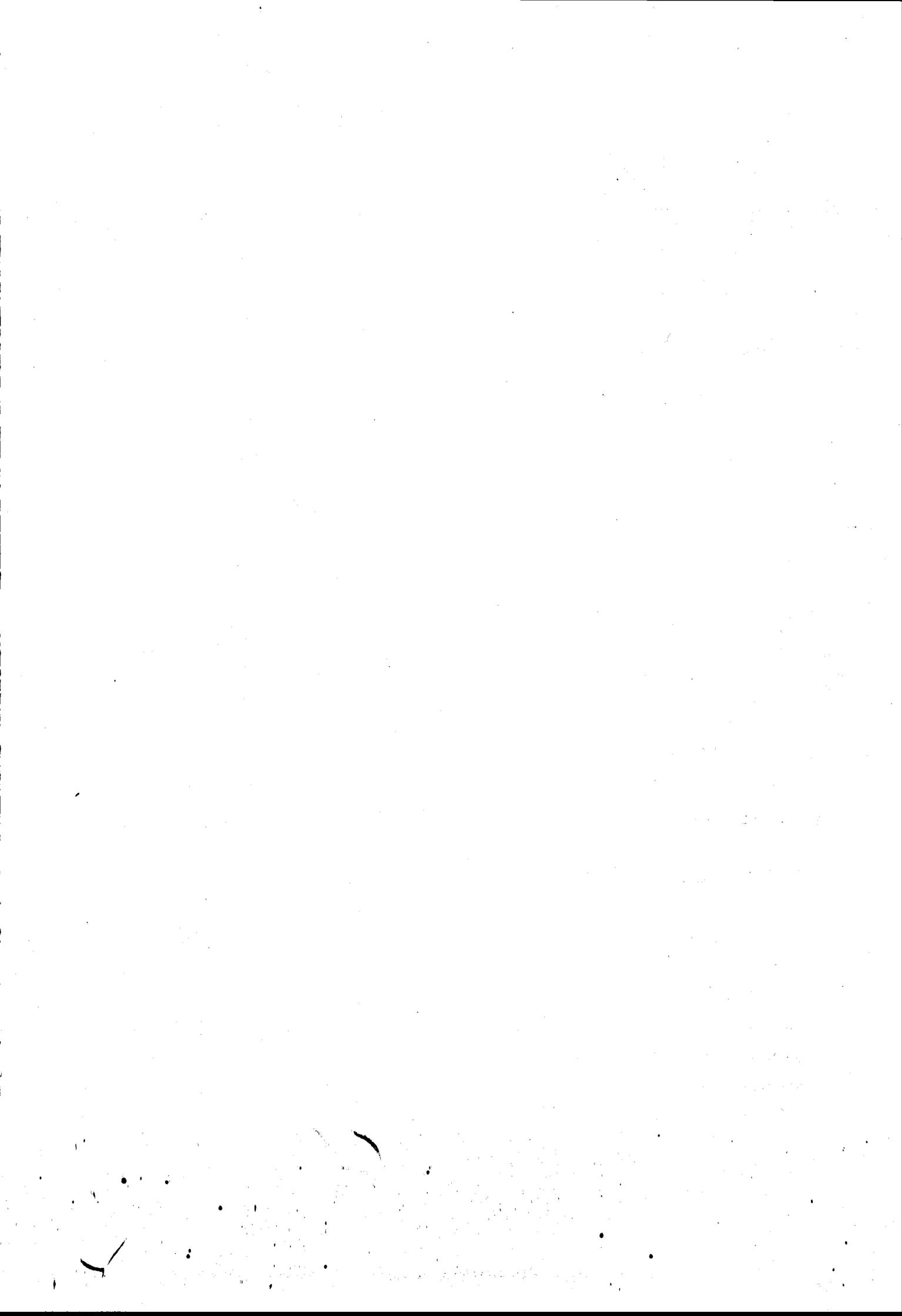


fig. 12 COURBES DE MAREES RELEVES AU MAREGRAPHE DE LA PALLICE



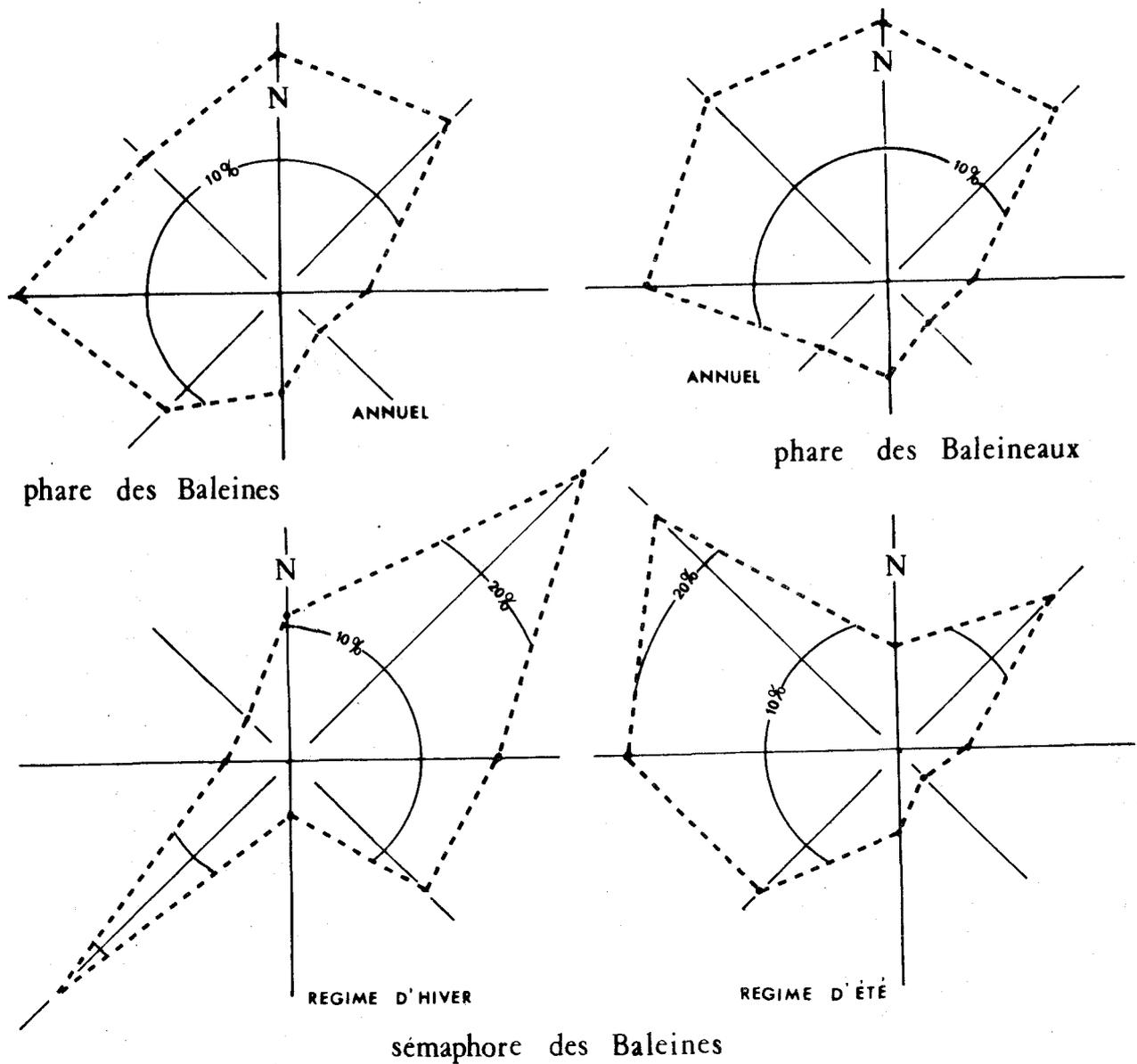


fig. 13 REGIME DES VENTS

II - LES VENTS

II-1- REGIME DES VENTS

L'Ile de Ré est soumise, comme tout le littoral atlantique aux circulations des dépressions océaniques de la bordure du continent européen.

Les régimes de Sud et d'Est sont assez rares. La moyenne annuelle montre une prédominance des vents de Suroit (12%), d'Ouest (20%), de Norois (14%), de Nord (18%) et de Nordet (18%) avec, cependant, une différence entre la période hivernale et la période estivale : en hiver, prédominent les régimes de Suroit (25%) et de Nordet (31%) en été, ceux d'Ouest (20%) et de Norois (29%).

Ces caractéristiques sont représentées sur la figure 13 ci-dessus.

II-2- INFLUENCE DES VENTS SUR LA DYNAMIQUE LITTORALE

Le vent est un agent dynamique dont la double action se traduit par :

- un transport éolien intense sur les plages et les dunes du littoral,
- la formation de la houle en mer.

II-2-1- L'EROSION ET LE TRANSPORT EOLIEN

Seules certaines parties du littoral sont remodelées par le vent ; il s'agit des zones émergeantes et des secteurs émergés dépourvus de couverture végétale. Les têtes* du Banc du Bûcheron, le haut-estran et les dunes de la Conche des Baleines, du littoral du Lizay et de la Pointe de Trousse-Chemise en sont des exemples.

Sur la Conche des Baleines, orientée pratiquement SW-NE, les régimes de Suroît provoquent en hiver un transit aérien en direction du Nord-Est, au niveau de la haute plage et du flanc nord du cordon dunaire. Cette action est toutefois compensée par les vents de Nordet qui déterminent le retour du matériel. L'action du vent, en période hivernale, se traduit donc par un équilibre dynamique. En été, l'érosion éolienne des vents d'Ouest et de Noroît, importante lors de la mise en place dunkerquienne des dunes, s'est profondément atténuée depuis leur fixation au milieu du siècle dernier.

Sur le Banc du Bûcheron, les vents de Nordet, en période hivernale, entraînent vers la côte les sables des parties hautes de la flèche sédimentaire. Ce phénomène contribue à alimenter le cordon dunaire de Trousse-Chemise où s'enracine le banc, provoquant ainsi, depuis 100 ans, un engraissement de plus de 300 m de cette pointe.

II-2-2- FORMATION DE LA HOULE

Les particularités de la houle sont liées aux trois caractéristiques du vent :

- sa vitesse,
- sa durée,
- son fetch (surface marine où le vent est constant).

* Têtes : parties hautes du Banc du Bûcheron découvrant à toutes les marées.

Les houles de secteur Ouest se forment très au large, au milieu de l'Atlantique, sous l'influence des dépressions océaniques. Les vents locaux ont peu d'influence sur la hauteur, la longueur d'onde et la célérité des vagues qui en résultent.

En outre, les vents de secteurs est et nord engendrent des houles dans le Pertuis Breton. Les fetchs sur lesquels ils sont susceptibles de perturber le plan d'eau sont indiquées dans le tableau IV. Nous avons considéré les deux domaines particulièrement affectés par ces vents en raison de l'importance de leur recouvrement meuble : la Conche des Baleines et le Banc du Bûcheron.

TABLEAU IV : Fetch maximum des vents de terre

	Conche des Baleines	Banc du Bûcheron
Nord	12 km	9 km
Nord-Est	8 km	12 km
Est	0 km	20 km

Nous avons observé durant l'hiver 1971-1972 que les houles locales créent un clapot. En effet, de multiples interférences dues aux réflexions sur les côtes et aux réfractions sur les hauts-fonds leur confèrent les caractères d'une onde stationnaire.

La méthode de SVERDRUP, MUNK et BRETSCHEIDER(1966) a été utilisée pour déterminer les houles maxima engendrées par les vents locaux, dans le Pertuis Breton.

Ainsi, pour la région considérée, le clapot peut atteindre 1 m par vent de Nord-Est de force 5 (échelle BEAUFORT) sur le Banc du Bûcheron, à marée haute, et 0,80 m sur la Conche des Baleines.

Par vent du Nord de force 5 BEAUFORT, l'amplitude de l'onde stationnaire est de 0,80 m au niveau du Banc du Bûcheron. Des mesures effectuées lors de la mise en place des traceurs radioactifs de février 1972 et pendant la campagne de mesures de l'été 1972, vérifient ces prévisions théoriques puisque nous avons alors rencontré des hauteurs de houle atteignant 0,70 m à 0,90 m à la Bouée du Bûcheron.

Les vents d'Est, dont le fetch atteint 20 km, engendrent sur le Banc du Bûcheron une mer suffisamment grosse pour influencer le transit littoral. En effet, un clapot de 1 m d'amplitude y provoque la mise en suspension des sables en raison de la faible hauteur d'eau. Les sédiments sont alors transportés par le courant de marée qui se surimpose au clapot. Le moment et la durée du coup de vent déterminent donc le sens du transit.

III - ACTION DES HOULES ET DES COURANTS

Les courants sont engendrés par trois agents dynamiques importants :

- les marées,
- les houles,
- les vents.

La résultante des interactions de ces différents facteurs est susceptible de provoquer des transits sédimentaires. Or nous pouvons considérer qu'un courant de 20 cm.s^{-1} (0,43 noeud) agissant au niveau du fond peut mettre en mouvement des particules sableuses d'une dimension inférieure à 400 μm (STERNBERG et Mc MANUS in BARUSSEAU, 1974). D'autre part il est admis qu'une vitesse de 20 cm.s^{-1} au fond correspond à une célérité mesurée de 35 cm.s^{-1} (0,75 noeud) à 1 m du fond ou bien de 40 cm.s^{-1} (0,86 noeud) à 3 m du fond. Ces vitesses sont toujours atteintes dans le secteur étudié.

III-1- LES COURANTS DE MARÉE

Dans le Pertuis Breton, la morphologie imprime une orientation des courants de marée parallèlement à l'allongement de la dépression. Ces courants présentent en conséquence une composante générale dirigée WNW-ESE. Il en résulte un système d'écoulements alternants bien visible sur la figure 11. Cependant, en particulier en fin de flot, un vaste mouvement de rotation se dessine à l'entrée du pertuis. Le courant s'oriente SW-NE au Nord-Nord-Ouest de la pointe des Balesines, il s'infléchit vers le Sud au droit de la pointe du Grouin du Cou et se trouve finalement rabattu vers le Sud-Est par la côte rétaise.

La morphologie de détail près du Banc du Bûcheron (Anse du Fourneau) induit des particularités momentanées en déterminant un contrecourant portant au Nord au cours de la première moitié du flot. La situation redevient normale dès la submersion du Banc.

Les renverses ont lieu, sauf circonstances locales particulières, vers - 06^H00 et 00^H00 par rapport à La Rochelle (Service Hydrographique de la Marine, 1969).

Sur la côte nord-occidentale de l'Ile de Ré, les vitesses de courant maxima résultant du jeu de la marée sont à peu près partout de l'ordre de 1,4 à 2 noeuds en vive eau. Ainsi, à 1 mille au Nord de la pointe du Lizay, la vitesse du courant ne dépasse pas 1,4 noeud.

Cependant, à l'aplomb de la bouée du Bûcheron, un courantographe immergé durant l'été 1972 a mis en évidence, en fort coefficient de marée (85), un courant de flot atteignant 2,2 noeuds pendant 2 heures et un courant de jusant de 1,3 noeud pendant 5 heures (fig. 14). Ces mesures montrent une disproportion entre le flot et le jusant. Les courants de monté agissent entre la deuxième et la cinquième heure du flot ; le baissé se produit de manière continue durant tout le jusant. La disparité des durées d'action se traduit, au niveau des passes, par une dominance du jusant.

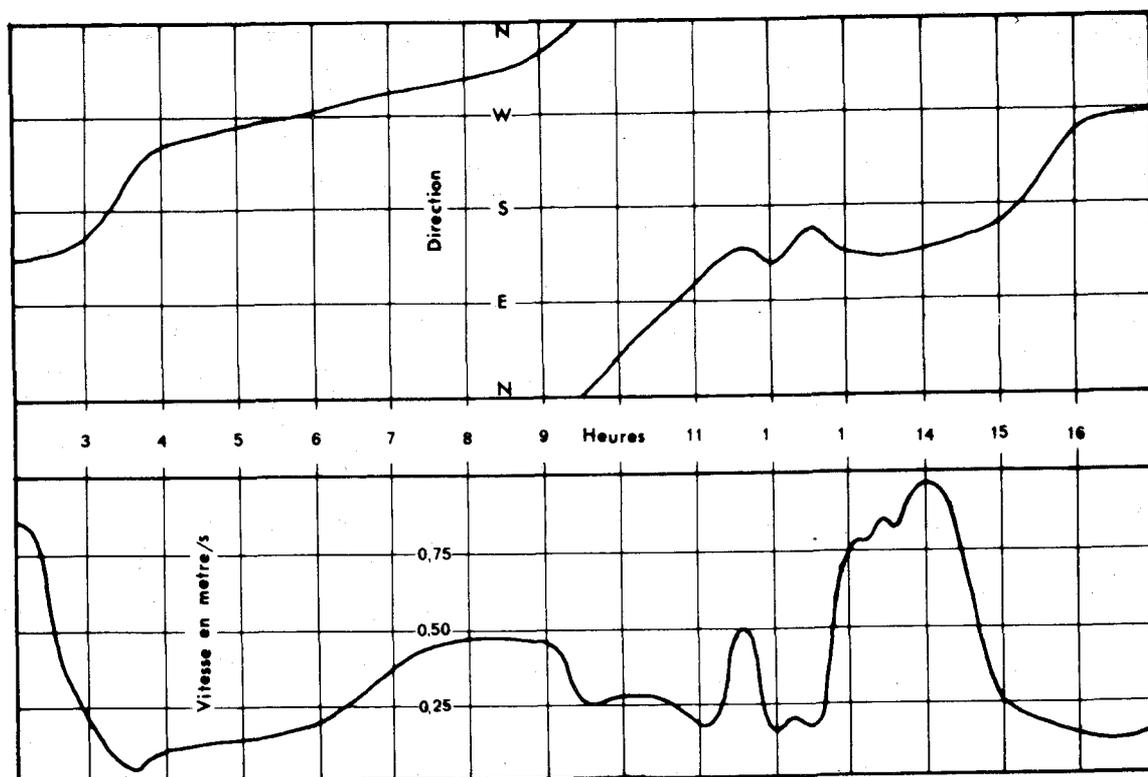


fig.14 MESURES DE COURANT A LA BOUEE DU BUCHERON le 11.8.1972

De même dans la passe du Fier d'Ars, le courant est plus fort. La vaste zone découvriante du Fier d'Ars emmagasine, à chaque marée, un volume d'eau supérieur à 20.000.000 m³ et, dans l'entrée, le courant présente des vitesses atteignant 4,5 noeuds au cours des grandes marées.

En résumé : Les courants de marées sont alternants dans le Pertuis Breton et dépassent toujours le seuil de transport (0,40 noeud). Au voisinage des côtes, la morphologie provoque de fortes variations des caractéristiques du courant tant en direction qu'en vitesse.

III-2- LES HOULES

Les houles, au niveau du littoral modifient la distribution déjà complexe des courants liés aux marées.

Nous présenterons successivement les plans de vagues qui définissent les lignes d'action générales de la houle dans la région puis nous examinerons les modalités élémentaires de l'action des vagues sur la côte et l'avant-côte.

III-2-1- PLANS DE VAGUES

Les houles de secteur ouest atteignent la côte de l'Ile de Ré après avoir été déviées par les hauts-fonds du large, plateau de Rochebonne et les platins rocheux des îles, Haut Banc du Nord et du continent, Banc du Grouin du Cou.

Nous utiliserons les plans de vagues théoriques de CHAUVÉAU (1973) pour définir les approches de la houle (fig. 14) et différentes campagnes de photographie aériennes (1950, 1957, 1963, 1970) pour en montrer l'action à la côte.

Seules les houles de période 8s, 10s et 12s sont étudiées car ce sont les régimes les plus fréquents sur le littoral charentais. En effet, un houlographe* immergé à la Bouée du Bûcheron durant l'été 1972 enregistre des clapots (20%), des houles de 8 à 12s (70%), des houles supérieures à 12s (10%).

Les résultats sont synthétisés dans le tableau V ci-après.

*

L'appareil immergé est un houlographe Hydro Products - Model 521.

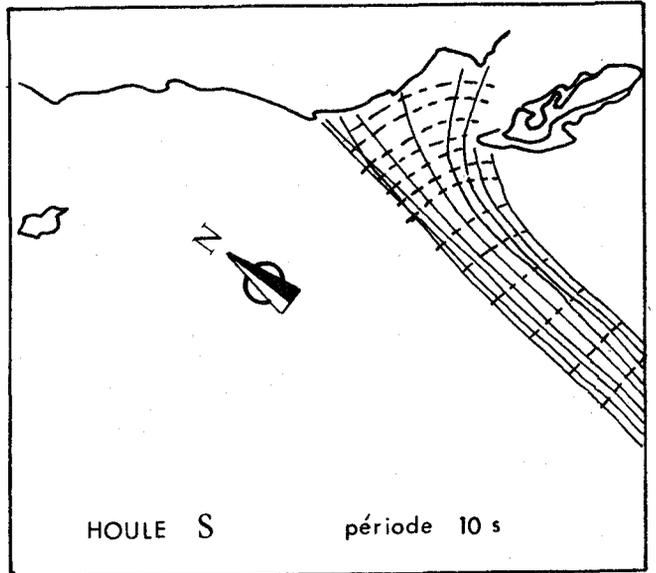
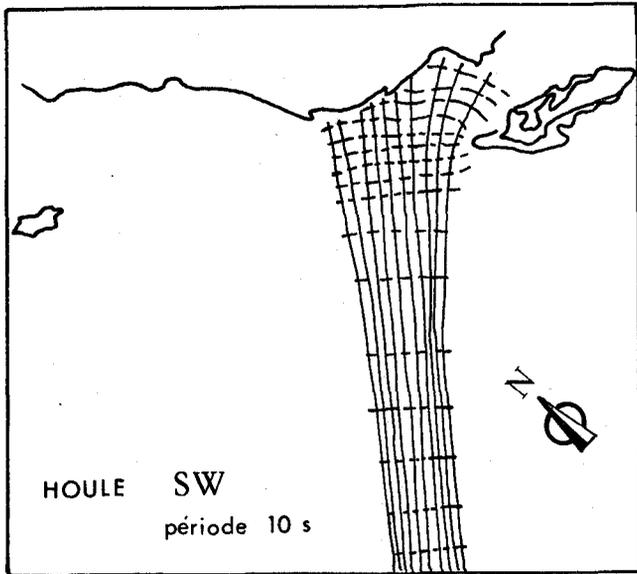
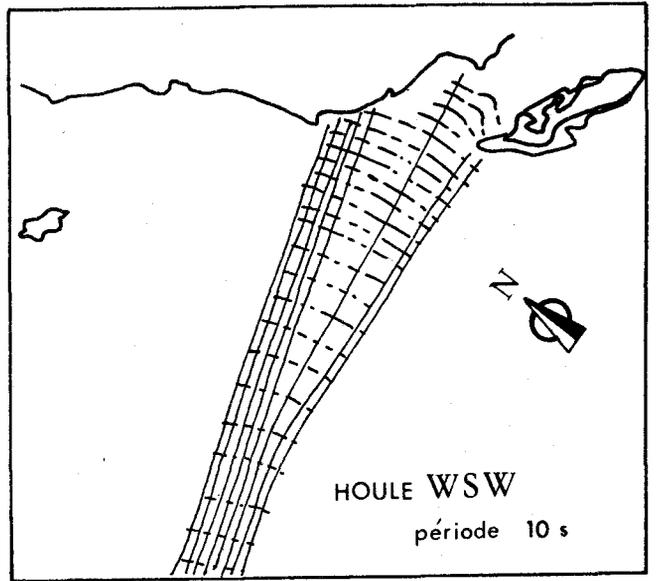
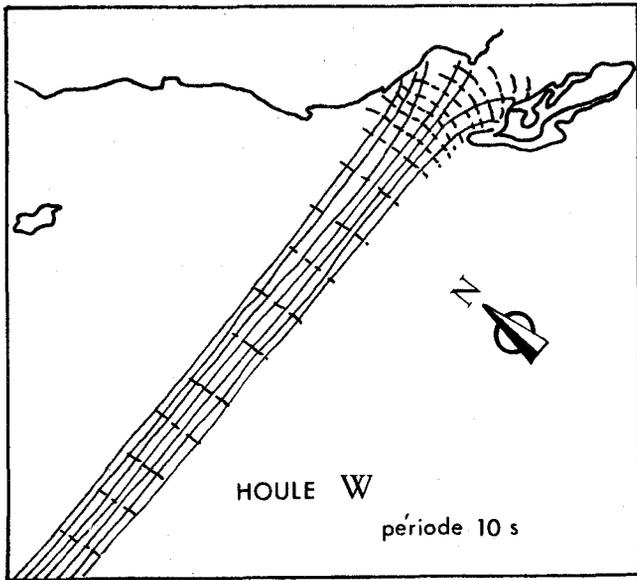
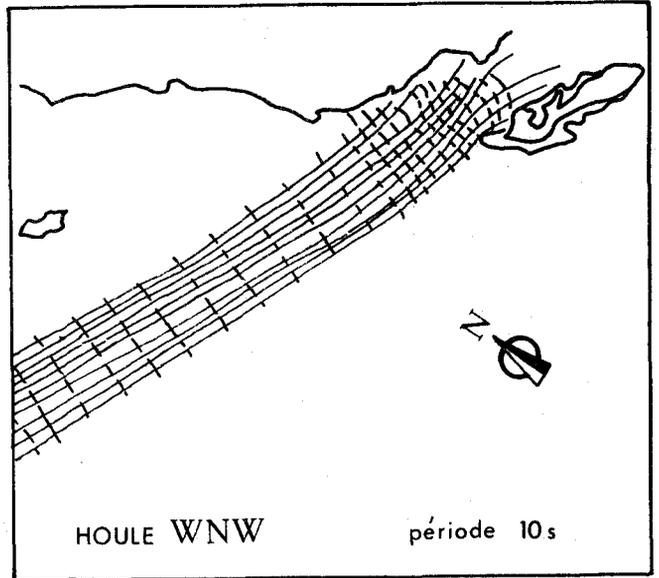
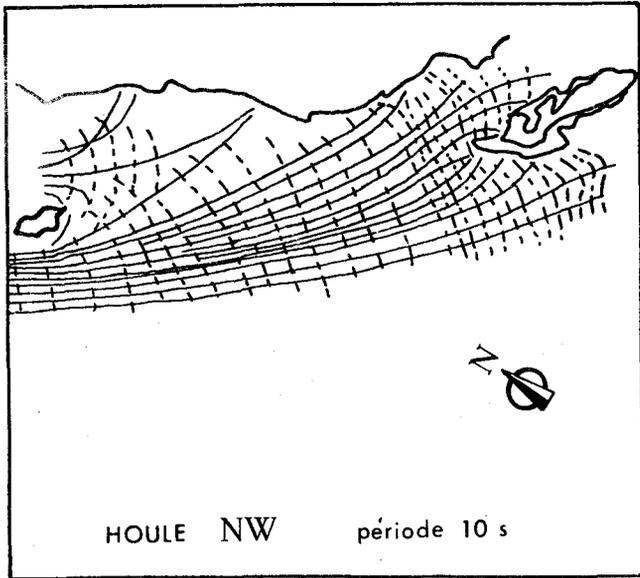


fig.15 PLANS DE VAGUES (d'après CHAUCHEAU, 1973)

TABLEAU V - Incidence des différentes houles sur la côte Nord-Ouest de l'Ile de Ré.

Direction des Houles	Houle de période 8 s	Houle de période 10 s	Houle de période 12 s
N W	C B* - Houle frontale	C B - Houle frontale	C B - Houle concentrée sur l'Ouest de la plage
	B B** - Houle oblique	B B - incidence 45°	B B - incidence faible
WNW	C B - Houle frontale après rotation	Houle directe oblique	Houle directe oblique
	B B - Houle oblique	Houle réfléchie	Houle réfléchie
W	C B - Houle frontale après rotation	Houle directe oblique	Houle directe oblique
	B B - Houle frontale	Houle réfléchie	Houle réfléchie
WSW	pas d'observation	Houle oblique après rotation	pas d'observation
S W	Houle très amortie	Houle très amortie	Houle très amortie
SSW	Houle sans incidence	Houle sans incidence	Houle sans incidence

* C B - Conche des Baleines ** B B - Banc du Bûcheron

III-2-2- ACTION DE LA HOULE SUR LA CÔTE ET L'AVANT CÔTE

III-2-2-1- Couloir d'alimentation du Lizay

La houle a un effet très atténué à partir d'une profondeur de 20 m (LACOMBE, 1957 ; FAIRBRIDGE, 1968). Ce critère est à l'origine du choix de l'isobathe - 20 m, dans la Fosse de Chevarache, comme limite nord de notre étude.

Les houles des secteurs Ouest, pénétrant dans le Pertuis Breton, après avoir subi une rotation sur les hauts-fonds (Haut-Banc du Nord et Banc du Groin du Cou), se propagent en direction WNW-ESE (fig. 15).

Au contact des multiples têtes rocheuses qui affleurent au voisinage de la Pointe du Lizay, elles ont tendance à s'infléchir pour attaquer la côte sous une incidence oblique par rapport au rivage.

Durant le Flot, au niveau du couloir d'alimentation du Lizay, les vecteurs formés par la résultante horizontale de la houle et le courant de marée, sont en conjonction. Ils deviennent en opposition pendant le jusant.

Le vecteur résultant du cycle de marée et de l'action de la houle est, en conséquence, orienté vers l'Est parallèlement à la côte, en direction des zones internes du Pertuis Breton.

III-2-2-2- Action de la houle sur les estrans

L'action de la houle a fait l'objet de très nombreux travaux parmi lesquels ceux de : LACOMBE (1957), LARRAS (1957, 1961, 1966), KING (1961), INGLE et JAMES (1966), TANNER (1967), ZENKOVITCH (1967, 1968), FAIRBRIDGE (1968) et TRENWAILLE (1973).

Nous rappellerons brièvement les principales conséquences de cette influence.

A la côte, l'action de la houle devient prépondérante par rapport aux autres facteurs de transit.

Elle agit sur les déplacements sédimentaires :

- dans les brisants ("breaker zone"),
- dans la zone de déferlement ("surf zone"),
- dans le jet de rive ("uprush zone" ou "swash zone").

Si la houle est frontale par rapport à la ligne de rivage son action est limitée. Les particules sableuses, mises en suspension dans les brisants, sont transportées puis projetées sur l'estran par le jet de rive. Cependant, le courant de retour (undertow) peut les entraîner de nouveau au niveau du fond jusqu'à la ligne des brisants. Dans cette zone les sédiments s'étalent en une bande parallèle à la côte. Nous avons vérifié ce phénomène en utilisant des traceurs luminescents durant les campagnes du printemps et de l'été 1972.

Dans le cas d'une houle oblique au littoral, le vecteur de transit se décompose en un vecteur transversal au profil ayant la même action qu'une houle frontale et un vecteur latéral qui provoque :

- une dérive littorale dans la zone de déferlement. Elle peut engendrer, dans certaines conditions, un "rip current" ou courant sagittal. Ce phénomène est mis en évidence lors de l'expérience de traceurs luminescents d'avril 1972 au lieu dit Le Peu Bouillat.

- un déplacement en "dent de scie" sous l'effet du jet de rive. La dissymétrie des croissants de plage sur la Conche des Baleines témoigne, en particulier, de cette influence.

Un autre phénomène peut venir se surimposer au jet de rive. En effet, si la pente de la plage est très faible, l'eau poussée par le "swash" a une énergie cinétique supérieure au "back wash", ce qui entraîne la formation d'un bourrelet sableux isolant un chenal longitudinal en pied de dune, dans la zone de forte énergie. L'eau se déplace alors parallèlement à la côte dans ce canal.

Lorsque l'accumulation d'eau, dans ce couloir, possède une énergie potentielle supérieure au jet de rive, le canal s'infléchit et se dirige vers le large. Ce phénomène de retour forme un "rip current" original dont l'action d'entraînement des particules vers le large est très importante. La morphologie originale du haut estran traduisant ce mode d'érosion, est illustrée par les profils de plage effectués en 1971 sur la Conche des Baleines.

III-2-2-3- Les courants provoqués par les vents de terre

Dans les pertuis, il est fréquent de constater que le vent de terre souffle en direction inverse du sens de propagation de la houle et atténue son influence. Par ailleurs, l'action directe du vent à la surface de l'eau crée des courants superficiels suffisamment importants pour réduire les courants de marée ou, au contraire, pour les renforcer considérablement. Ainsi des résultats obtenus par le L.C.H.F. (1954) illustrent cet accroissement substantiel de la vitesse moyenne du flot qui est 1 noeud, or dans le cas d'un vent de 13 m/s, la célérité des courants dépasse 3 noeuds.

IV - CONCLUSION

Les conditions dynamiques actuelles permettent de définir les processus physiques - les vents, les marées, les houles et les clapots - intervenant dans les déplacements sédimentaires du littoral de l'Ile de Ré.

L'action de la marée est prépondérante, par rapport aux autres agents, sur l'avant-côte.

Les courants de flot et de jusant dépassent généralement, au fond, le seuil de transport des matériaux arénitiques.

Il existe en fin de flot, un courant de 0,40 noeud (20 cm/s) sur la Conche des baleines, secteur élargi au niveau duquel on pourrait attendre un fort affaiblissement de la célérité. En quelques points la vitesse est élevée ; elle dépasse 1 noeud (0,5 m/s) au large de la Pointe du Lizay, atteint 4,5 noeuds (2,25 m/s) dans la Rente du Fier et 4 noeuds (2 m/s) à 1,5 m du fond au niveau de la Bouée du Bûcheron. Seules certaines aires très localisées, comme les parties internes de la vasière et le plateau situé au Nord de Loix sont le siège d'un régime de courants très faibles.

Les phénomènes complexes dus aux vents et aux houles se surimposent en intensifiant ou diminuant l'importance du transit, mais, si l'on excepte la frange côtière, cette interaction est toujours secondaire.

A la côte l'action de la houle devient dominante. Elle provoque, sur la Conche des Baleines, le transit des matériaux meubles qui se concrétise par :

- la formation d'un bourrelet sédimentaire dans la ligne des brisants,
- le déplacement latéral des matériaux par rapport à la côte, au niveau de la zone de déferlement sous l'effet de deux phénomènes distincts : la dérive littorale et le courant de retour,
- le mouvement en dent de scie sous l'action du jet de rive.

En outre, la morphologie de la haute-plage, bordée par un cordon dunaire, induit la création, par le retrait des hautes mers, d'une gouttière longitudinale écrétant les vagues. L'évacuation de l'eau ainsi collectée est assurée par un canal transversal dont le débit alimente un courant sagittal original responsable d'une érosion intense de l'estran.

Sur le littoral de la Conche des Baleines, au cours du flot les différentes zones d'influence migrent le long de l'estran avec la montée de l'eau ; ainsi la ligne des brisants peut balayer la totalité du domaine intertidal. Ce phénomène provoque, malgré la différenciation de la houle à la côte, une uniformisation des effets sur tout le profil transversal de l'estran.

Le schéma général des actions hydrodynamiques sur la côte nord-ouest de l'Ile de Ré s'interprète comme suit :

- les courants et les houles sur l'avant-côte de la Conche des Ba-leines ont deux résultantes dirigées d'une part vers le rivage d'autre part en direction des zones internes du Pertuis Breton,
- au Nord de la Pointe du Lizay le courant est dirigé NW-SE, sa vitesse augmente sur le couloir d'alimentation puis s'atténue sur le glacis situé entre la côte de Loix et la roche du Fier (Plateau de Loix),
- les courants de marée, violents, sont prépondérants dans la Rente du Fier.

CONCLUSION DE LA 1^{ÈRE} PARTIE

L'étude de l'environnement de l'Ile de Ré permet de définir les trois grandes catégories de facteurs qui conditionnent l'évolution sédimentaire de son littoral.

- le substratum et sa morphologie,
- les matériaux meubles,
- les conditions hydrodynamique.

La détermination des caractères généraux *de la géomorphologie et de la géologie* précise le cadre dans lequel évoluent les sédiments. L'Ile de Ré se présente comme une île plate, basse, fortement échanquée, encerclée par un liseré de plages. Elle est stratigraphiquement rattachée au Bassin Aquitain mais les grands traits de sa morphologie sont hérités des déformations hercyniennes du Massif Armoricain. Sa limite nord est constituée par une série de terrasses qui descendent en gradins dans la Fosse de Chevarache. Ces terrasses forment des couloirs sur lesquels les sédiments du large et de la Conche des Baleines sont susceptibles de transiter pour gagner les zones internes du Pertuis Breton.

Les caractères lithologiques et structuraux déterminent des particularités morphologiques. A cet égard, des accidents tectoniques comme la faille de Chevarache ou des changements du lithofaciès comme le passage des calcaires durs du Lizay aux calcaires marneux de la dépression interinsulaire, notamment, jouent un rôle précis dans le découpage morphologique de la région.

Quatre unités distinctes s'individualisent ainsi :

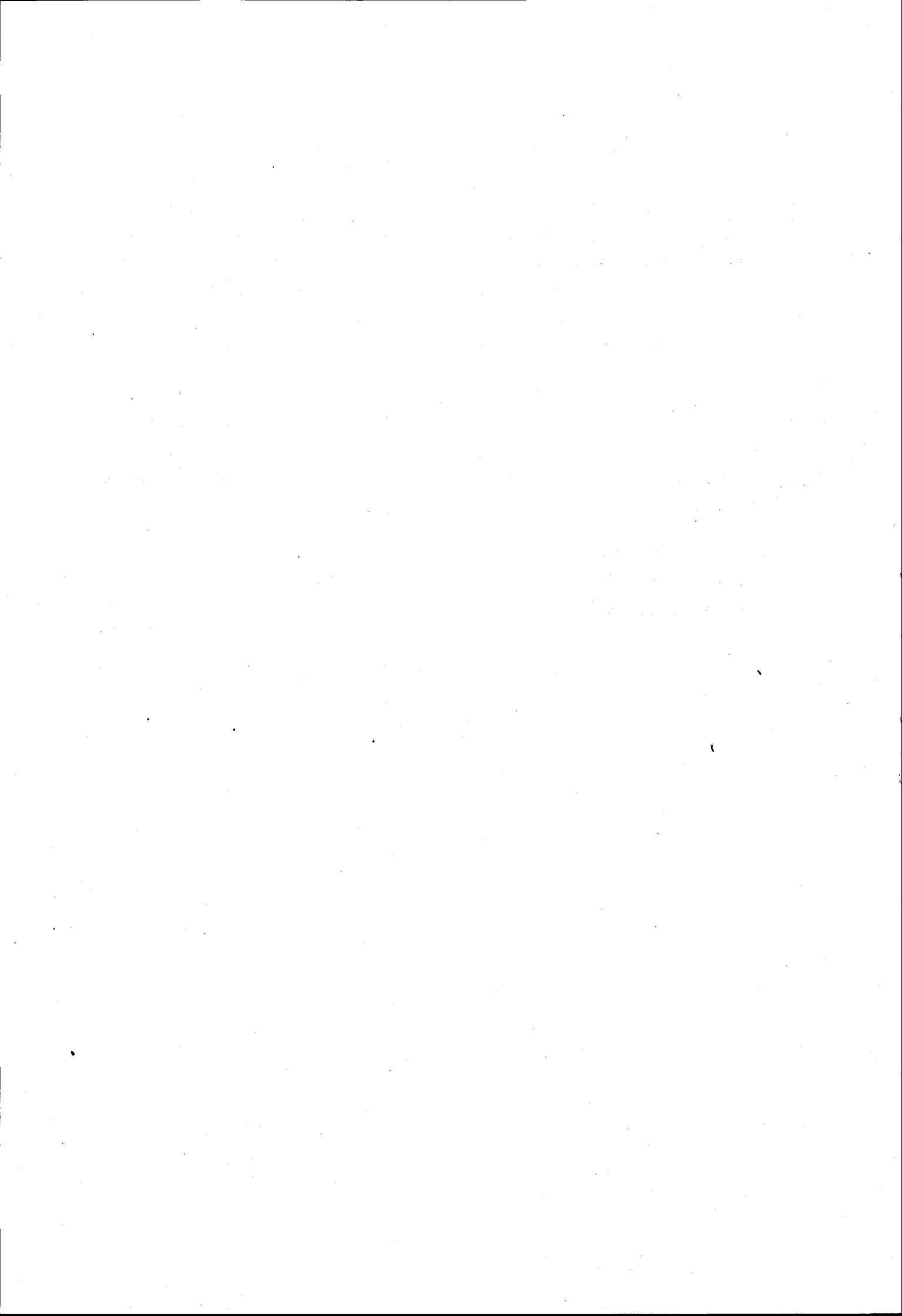
- la Conche des Baleines,
- le couloir d'alimentation du Lizay,

- le Plateau de Loix,
- le Fier d'Ars.

Les *masses sédimentaires* du large de l'Ile de Ré constituent des sources potentielles de matériaux sableux. Les sédiments mis en place lors des épisodes du quaternaire récent sont actuellement en état instable. En effet les conditions de milieu n'étant plus les mêmes que celles existant durant leur mise en place, ces sédiments peuvent être remis en mouvement et constituent les matériaux alimentant les transits actuels.

Les *conditions hydrodynamiques* déterminent les mouvements sédimentaires. Sur l'avant-côte, seuls les courants de marée ont une influence continue. En effet, les houles dues aux tempêtes sont des phénomènes exceptionnels dont l'incidence est limitée.

Sur les estrans l'interaction des houles et des courants de marée engendre une évolution variable selon les secteurs. Et nous chercherons à préciser les modalités et les résultats de cette interaction.



DEUXIEME PARTIE

Les sédiments post-glaciaires

de la côte Nord-Ouest

de l'île de Ré.



INTRODUCTION

Les sédiments post-glaciaires de la côte nord-ouest de l'île de Ré se répartissent différemment sur toutes les unités morphologiques de la bordure sud du Pertuis Breton. Ainsi pouvons-nous définir quatre grands secteurs morphosédimentaires isolés par des pointes rocheuses asédimentaires ou caractérisés par un changement important des conditions hydrodynamiques.

a) A l'Ouest, la Conche des Baleines peut être divisée en deux unités hydrodynamiques distinctes : l'avant-côte et l'estran.

b) Au centre, étranglé entre la Fosse de Chevarache et les falaises calcaires du Lizay, s'étire le couloir d'alimentation. Il forme un lien entre le domaine atlantique et les zones internes du Pertuis Breton.

c) Le Plateau de Loix représente la terminaison orientale élargie de ce domaine particulier. En effet, il est limité à l'Est par le haut-fond formé par la Pointe du grouin et le Banc du Rocha, obstacle qui le sépare d'un autre vaste secteur littoral : la Rade de St Martin, étudiée en détail par LAFONT (1959), LORIN (1968) et BARUSSEAU (1973). Le plateau forme un glacis pouvant atteindre 3 km de largeur. Sa bordure nord est représentée par la Roche du Fier surplombant la Fosse de Chevarache, étroite dépression à sédimentation pélagique (BARUSSEAU, 1973) qui occupe l'axe médian du Pertuis Breton et isole l'île de Ré de la côte vendéenne. La côte calcaire qui forme sa limite méridionale s'interrompt, entre le littoral des Portes et celui de Loix, au niveau de la Rente du Fier, seule ouverture du Fier d'Ars.

d) Le Fier d'Ars est une "mer intérieure" de grande étendue en cours de colmatage sablo-vaseux, qui découvre à marée basse et présente des caractères accusés de vasière littorale.

Dans ces quatre secteurs littoraux, les courants de marée dépassent généralement au cours du cycle tidal le seuil de transport des sables fins et moyens, d'autant plus que l'action des houles facilite leur mise en mouvement.

Seules les parties les plus internes du Fier d'Ars et les secteurs orientaux du Plateau de Loix sont à l'abri de ces conditions hydrodynamiques actives.

Il nous appartient d'esquisser, au cours de cette seconde partie, les relations qui s'établissent entre les unités ainsi définies. Dans ce but, nous décrivons successivement :

- la couverture sédimentaire de la Conche des Baleines (ch. I),
- le revêtement meuble de la bordure sud du Pertuis breton (ch. II),
- les modalités de comblement et les vitesses de sédimentation dans le Fier d'Ars (ch. III).

Toutefois avant de décrire la distribution des nappes sableuses qui participent à la formation des sédiments littoraux et avant-côtiers, nous présentons dans ce qui suit leurs différents constituants. En effet, une étude granulométrique systématique des échantillons du Fier d'Ars, de cinq classes modales différentes, définissant autant de nappes sédimentaires (BARUSSEAU, 1973). Ce sont des formations nettement individualisées par leur situation géographique, leur histoire et leur comportement vis-à-vis des facteurs hydrodynamiques (fig. 16 - carottages -).

Il s'agit :

- de sablons (fraction F I) : modes compris entre 40 et 90 microns,
- de sables fins (fraction F II) : modes compris entre 90 et 225 microns,
- de sables moyens A (fraction A) : modes compris entre 225 et 430 microns,
- de sables moyens B (fraction B) : modes compris entre 430 et 820 microns,
- de sables grossiers (fraction G) : modes supérieurs à 820 microns.

Il est tout à fait remarquable que la distribution des fréquences modales du littoral ouvert et de l'avant-côte conduit à mettre en évidence des nappes sédimentaires également bien différenciées (fig. 16 - dragages -) mais dont les limites ne coïncident pas toujours avec celles des types sédimentaires du Fier d'Ars. Plus précisément :

- la nappe de sablon n'est pas représentée en mer ouverte,
- les nappes F II et G conservent leurs caractéristiques (identité du mode le plus fréquent et des limites de classes),

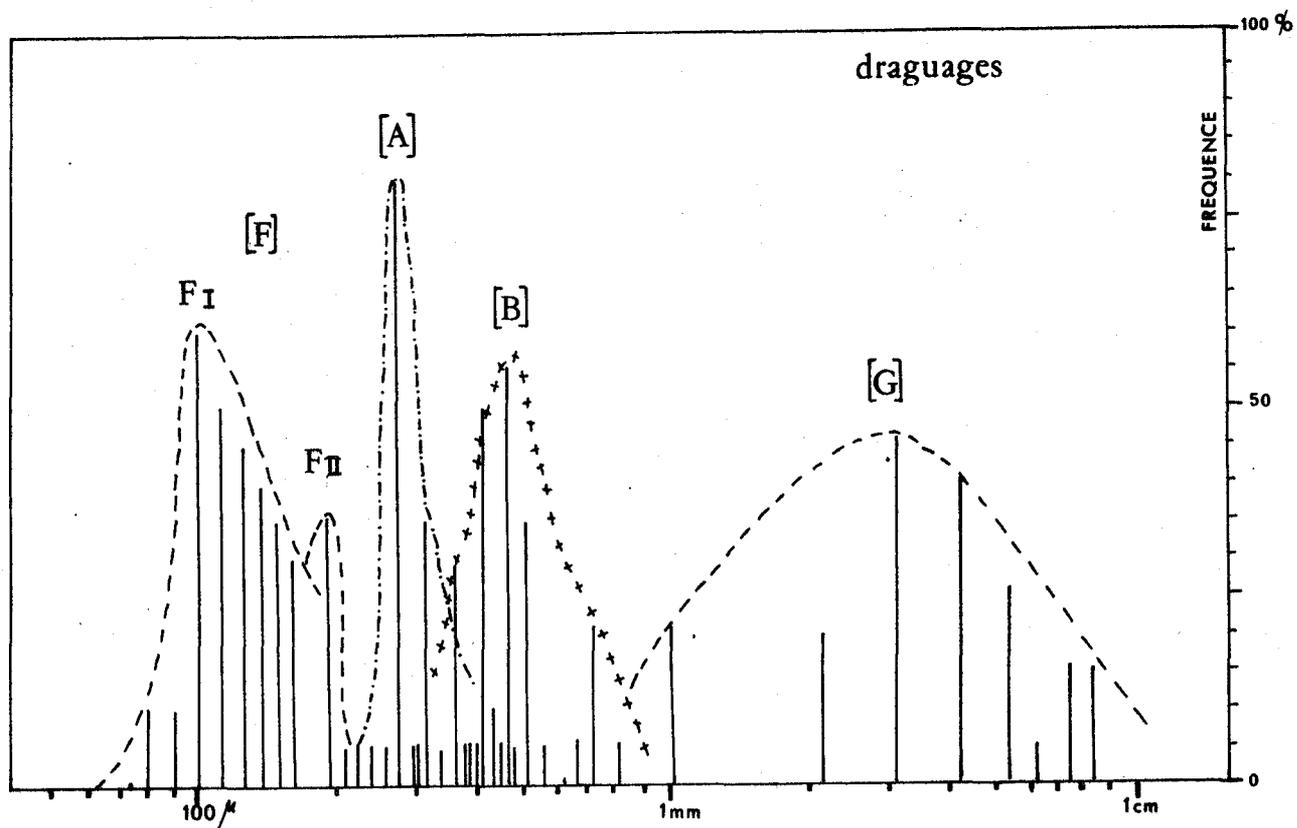
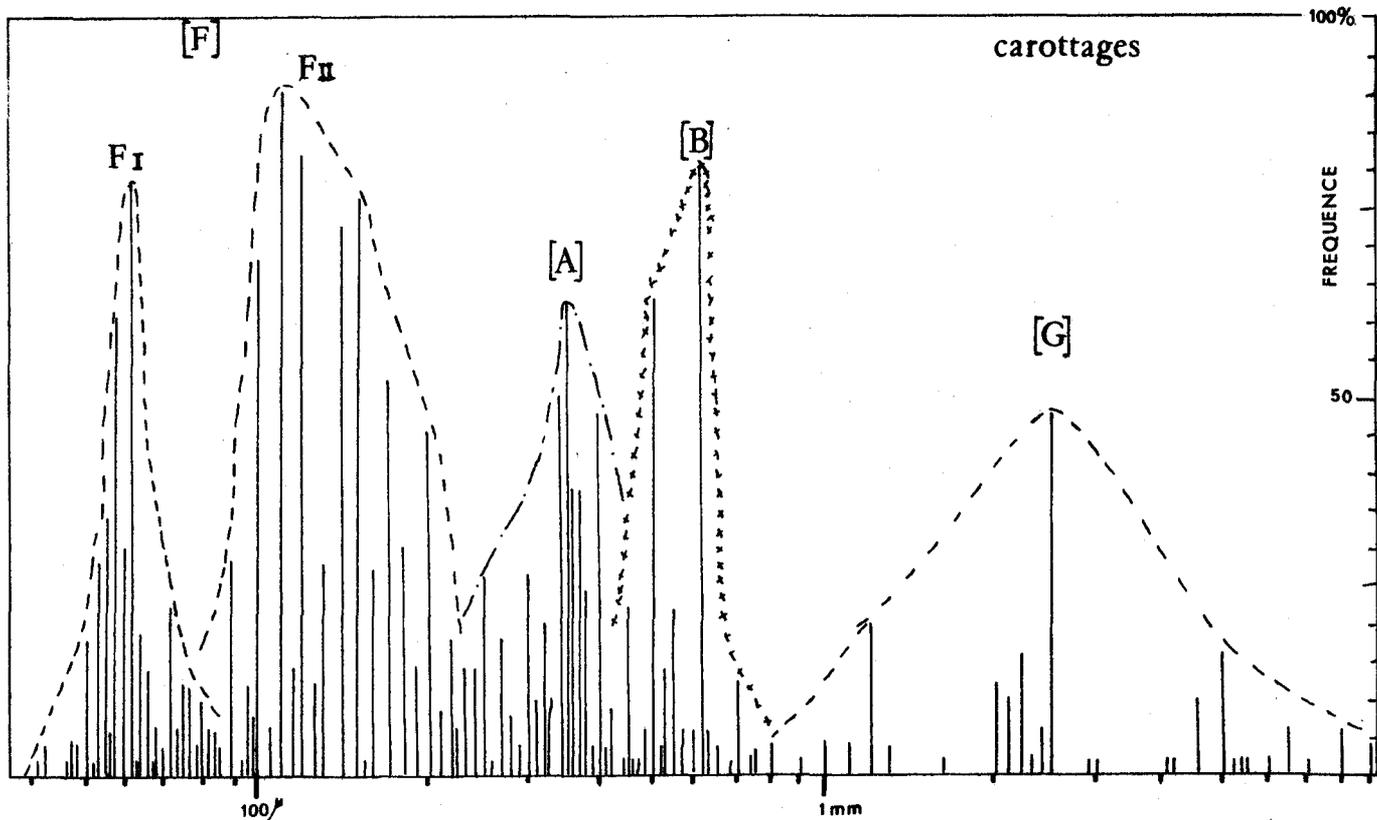


fig. 16 HISTOGRAMME CUMULE DES MODES GRANULOMETRIQUES



- par contre deux nappes de sables moyens apparaissent. *Par commodité, nous leur avons conservé la même appellation :*

- . sables moyens A : modes compris entre 225 et 350 μm ,
- . sables moyens B : modes compris entre 350 et 820 μm .

Nous reviendrons en dernière partie sur cette assimilation que nous discuterons alors.

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

- CHAPITRE I -

LA CONCHE DES BALEINES

SOMMAIRE - La Conche des Baleines, formée de deux unités distinctes, est le siège d'une sédimentation de sables variés. La classe modale des sables moyens A (225 microns - 430 microns) est particulièrement bien représentée dans ce secteur.

Situé à l'extrémité Nord-Ouest de l'Ile de Ré, ce secteur, particulièrement sensible aux influences dynamiques du large, représente le milieu le plus agité de la zone d'étude. Nous pouvons distinguer deux parties évoluant simultanément, presque indépendamment l'une de l'autre, l'estran et l'avant-côte. En effet, le premier milieu est modelé par l'action de la houle à la côte (brisants, "surf", jet de rive) et de façon accessoire par le vent, tandis que le deuxième, soumis également aux houles, est particulièrement affecté par les courants de marée, notamment aux abords de la Fosse de Chevarache dans la partie nord de la plateforme marine de Loix.

I - L'ESTRAN

I-1- PRESENTATION DU SITE

Orienté EW, au Phare des Baleines, l'estran s'incurve progressivement pour devenir NE-SW à la Pointe du Lizay. De ce fait, la Pointe du Phare des Baleines protège des vagues, de manière relative, tout le secteur est et ce n'est qu'à partir de l'épi 4 (fig. 17) que l'action des houles se manifeste pour revenir prépondérante entre les profils AL et AR situés dans la moitié nord-est de la plage, la moins abritée par le Haut-Banc du Nord. La partie orientale de l'estran est de nouveau protégée par la pointe rocheuse du Lizay. En conséquence, l'orientation du rivage, facteur essentiel de la disposition des sédiments sur le littoral, varie et engendre un changement continu des conditions d'équilibre de chaque fraction granulométrique.

La cartographie des classes modales (F), (A) et (G) permet l'élaboration d'un schéma sédimentologique et dynamique de la Conche des Baleines (fig. 17). La classe (B) n'est pas toujours individualisée dans ce secteur.

I-2- LES SABLES FINS (F)

Les sédiments de type F (modes compris entre 90 microns et 225 microns) occupent le bas de l'estran. Leur limite sud s'écarte de la terre au fur et à mesure qu'on se rapproche du Lizay ; cette disposition est en accord avec la mise en évidence d'un accroissement de l'énergie de la houle dans cette direction (LONG, 1972).

La classe F, sur cette plage à pente régulière normale (de l'ordre de 2 % en moyenne) trouve des conditions de stabilité à des profondeurs de plus en plus grandes lorsqu'on se déplace vers l'extrémité orientale de la Conche, marquant ainsi l'augmentation d'énergie de la houle dans ce secteur.

Il existe cependant un dépôt de sédiments fins situés près de la Pointe du Lizay sur la haute-plage. Il est dû à des conditions hydrodynamiques particulières qui sont imputables à cette barre rocheuse. En effet, cet obstacle interdit un transit régulier en direction des zones internes du Pertuis et le sable se trouve, de ce fait, piégé (entre les profils AS, BA et BB - fig. 17).

La répartition des sables fins se trouve en outre perturbée au niveau de l'épi 4 car l'obstacle artificiel induit, dans la partie est qu'il abrite, une évolution sédimentaire particulière, caractérisée par un dépôt de sable fin au voisinage de la partie distale de l'épi (LONG, 1972).

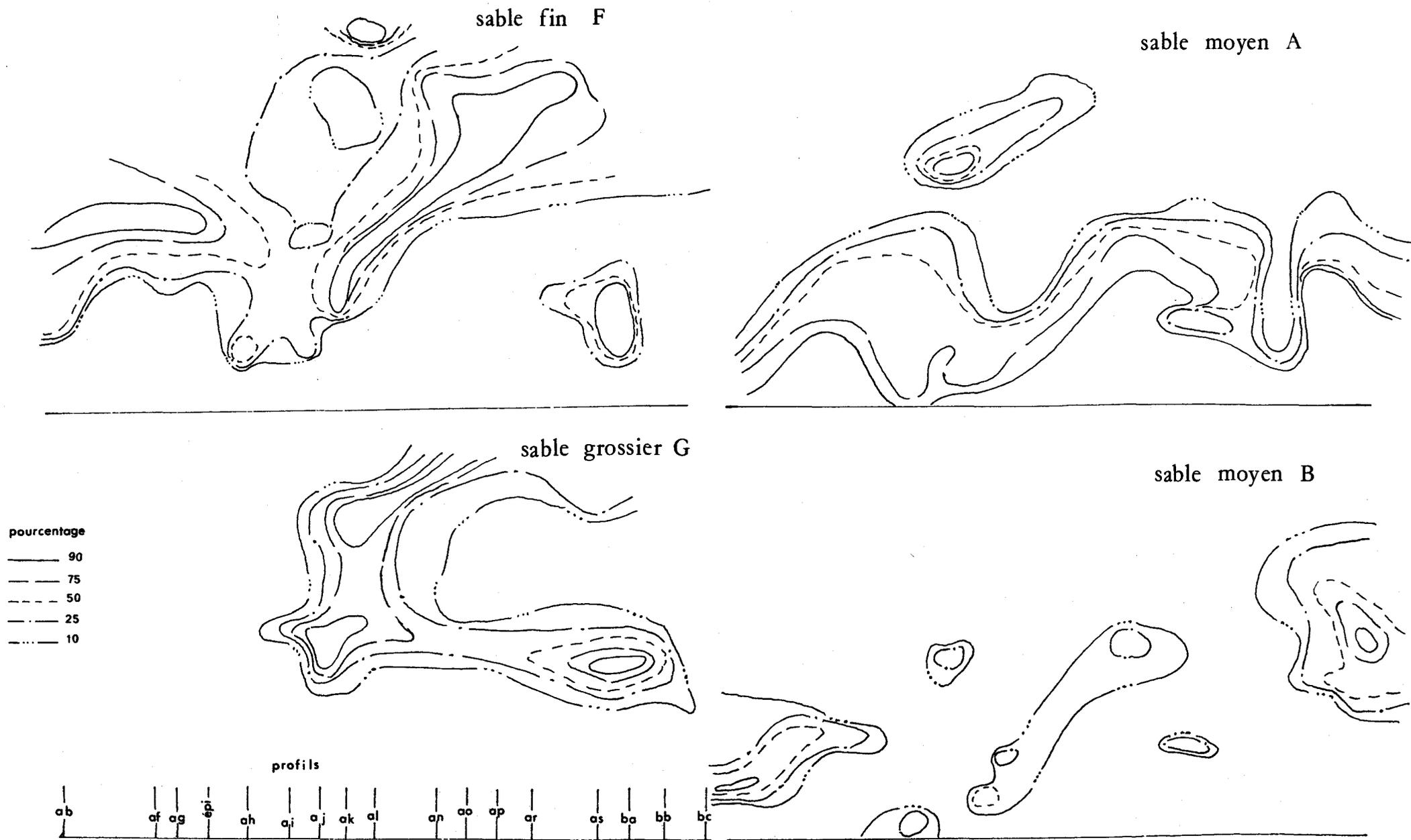


fig. 17 SCHEMAS DE LA REPARTITION DES NAPPES SEDIMENTAIRES SUR LA CONCHE DES BALEINES (la plage)



I-3- LES SABLES MOYENS (A)

La classe modale A (comprise entre 225 microns et 350 microns) est située sur la haute-plage et constitue la plus grande partie du stock sableux dunaire du cordon de la Conche des Baleines. C'est la catégorie dimensionnelle qui manifeste la plus grande aptitude à l'équilibre dans les conditions moyennes d'action de la houle sur le haut-estran.

L'apparition de la classe (A) exclut celle de (F) *car ils sont mis en place sur l'estran par un même agent : la houle*. Ils correspondent chacun à des conditions d'équilibre différentes qui varient suivant un gradient d'énergie croissant depuis le large vers la côte. Ce phénomène explique que les seules interruptions de recouvrement de la classe (A) se situent dans les zones de calme où elle est associée puis remplacée par les sables (F). Néanmoins, même dans ces zones, elle n'est pas totalement absente et constitue en général moins de 10 % du stock sédimentaire, sauf au Lizay où elle disparaît totalement. Au droit de l'épi 4, une petite bande s'étire en direction du Nord-Est. Elle est probablement due là encore, à un remous provoqué par la construction.

I-4- LES SABLES MOYENS (B)

La fraction (B), comprise entre 350 microns et 820 microns, s'établit de préférence à deux niveaux hydrodynamiques privilégiés. Elle marque la ligne des hautes mers de morte eau et la côte des basses mers de vive eau. Néanmoins, cette répartition est souvent interrompue par des conditions hydrodynamiques particulières, notamment dans les domaines perturbés par les épis et par la pointe du Lizay. Dans ce dernier secteur, elle coexiste avec les sables grossiers (G) sur la partie la plus basse de l'estran.

I-5- LES SABLES GROSSIERS (G)(supérieurs à 820 microns)

Les sables (G) occupent les zones de plus haute énergie et forment une tache continue, depuis le milieu de la Conche jusqu'au Lizay. L'aire ainsi recouverte se compose de deux digitations situées dans les zones de déferlement des basses mers et hautes mers. Les sables grossiers sont partout associés aux graviers et aux galets qui semblent suivre la même dynamique qu'eux. Parfois, ils servent de piège aux sables fins, surtout entre les profils AN et AR, au lieu dit " Le Peu Bouillat ".

I-6- CONCLUSION

Sur l'estran de la Conche des Baleines, il apparaît que la présence de la classe modale (A) exclut celle de (F). Cet agencement est le résultat de l'action croissante de la houle du large à la côte qui détermine un changement des conditions d'équilibre et par conséquent des répartitions des nappes sédimentaires. Les dispositions des nappes (A) et (F) ne doivent donc pas être dissociées dans ce milieu mais, au contraire, associées ; elles traduisent simplement l'accroissement vers la côte de l'énergie mise en oeuvre par la houle. Les sables moyens A s'implantent en conséquence plus près du rivage.

La nappe (G) semble paradoxalement se fixer dans la partie de l'estran affectée par les conditions les moins actives. En réalité, il faut voir dans sa répartition l'indication de deux instants privilégiés de la pulsation tidale, les étales de hautes et de basses mers. Au cours de ces périodes, le niveau marin se stabilise pendant un intervalle de temps appréciable et provoque, par conséquent, *la matérialisation de la zone de haute énergie où brisent les lames*, sous la forme de deux liserés que révèle néanmoins l'analyse modale.

Quant aux sables (B), ils témoigneraient, dans les mêmes conditions des zones de jet de rive mais leur faible étendue nous interdit d'assurer cette hypothèse.

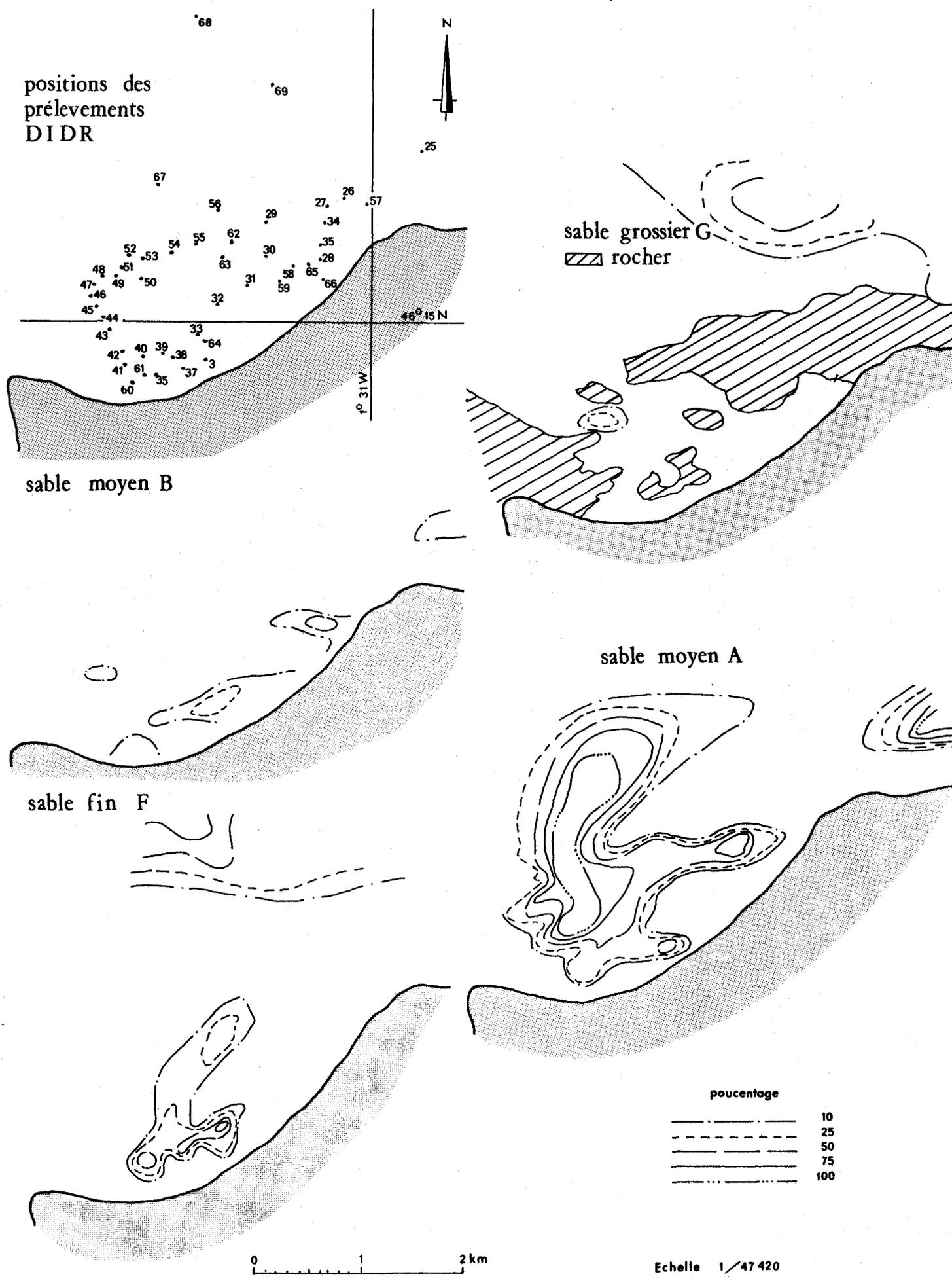
II - L'AVANT-CÔTE

II-1- PRESENTATION DU SITE

Secteur littoral situé entre l'estran et la ligne des 15 mètres, l'avant-côte de la Conche des Baleines forme un glacis de pente faible (0,3 %) pouvant atteindre 4 km de largeur. Il est limité au Nord par la Fosse de Chevache, au Sud par le Haut-Banc du Nord et au Sud-Est par la ligne des B.M.V.E. (fig. 9). Une arête rocheuse, allongée d'Ouest en Est, s'enracine sur la Pointe du Lizay et isole deux secteurs ; l'un au Nord est en relation directe avec le couloir d'alimentation, l'autre au Sud communique largement avec l'estran. Entre ces deux zones s'établissent des relations intermittentes soit au-dessus des assises rocheuses soit par d'étroits passages qui longent le Haut-Banc du Nord.



fig.18 LES NAPPES SEDIMENTAIRES SUR LA CONCHE DES BALEINES (avant côte)



positions des
prélèvements
DIDR

sable grossier G
▨ rocher

sable moyen B

sable moyen A

sable fin F

poucentage
 ————— 10
 - - - - - 25
 50
 = = = = = 75
 : : : : : 100

0 1 2 km

Echelle 1/47 420

II-2- DISTRIBUTION DES NAPPES SEDIMENTAIRES

Les nappes sableuses (F) et (G) sont surtout localisées le long du couloir d'alimentation, les sables moyens (A) recouvrent uniformément l'avant-côte tandis que les sables moyens (B) se retrouvent seulement dans la partie méridionale (fig. 18).

II-2-1- LE REBORD DE LA FOSSE DE CHEVARACHE

Le "couloir" longeant la Fosse de Chevarache possède une couverture hétérogène, formée en majorité des types sédimentaires (F) et (G). Le premier occupe la partie nord-occidentale du domaine tandis que le deuxième est surtout concentré au Nord-Est, secteur plus resserré parcouru par des courants plus forts. Au droit du Lizay, les deux classes modales sont intimement liées à la classe (A). Le mélange des types sédimentaires traduit des conditions dynamiques inconstantes, des apports variés et, peut-être, des remaniements de stocks plus anciens ; il s'agit donc d'une zone instable dans laquelle les sédiments n'ont pas trouvé leur équilibre dynamique.

II-2-2- LE SECTEUR DE L'ARÊTE ROCHEUSE

Les sables moyens (A) occupent la majorité du fond : leur vaste répartition indique qu'ils représentent le type en équilibre dans les conditions moyennes de ce milieu. Les seules fenêtres sont formées par des zones rocheuses asédimentaires.

Au Sud de l'arête rocheuse, après un rétrécissement souligné par une petite tache de sable grossier, les sables A dominent de nouveau largement et se répartissent sous l'influence de la houle. Plus près de la côte, ils disparaissent et sont relayés en bas de l'estran par les sables (G) dans les conditions décrites précédemment (cf. p. 68).

La distribution des nappes dépend donc clairement en premier lieu *des conditions dynamiques* mais ce n'est pas le seul facteur et à cet égard, la nappe (F) révèle la complexité réelle du problème de l'analyse des mécanismes de la sédimentation littorale. En effet, on voit que les sables fins *représentent un apport*, issu de l'Ouest, par dessus le Haut-Banc du Nord, et que cet apport se fonde, dans les zones propices à son équilibre, avec le sédiment dominant. Ainsi un mince filet se développe-t-il vers le Nord-Est, tout le long de la Conche des Baleines comme nous l'avons vu à propos de l'estran.

L'avant-côte de la Conche des Baleines est recouverte par un manteau sédimentaire discontinu, laissant entrevoir de vastes régions rocheuses asédimentaires (le Haut-Banc du Nord et la Pointe du Lizay). Ce recouvrement est constitué en majorité par des sables de la classe modale (A) et un autre type sédimentaire lui est associé dans ce site : la nappe (F). Les sables (G) dépendent du couloir d'alimentation et non de la Conche des Baleines.

III - CONCLUSION

Le secteur de la Conche des Baleines et de son avant-côte apparaît d'emblée comme un domaine de différenciation des types sédimentaires que révèle l'analyse modale. Différentes unités se distinguent nettement - le couloir d'alimentation s'individualise ainsi du glacis avant-côtier qui s'étale devant la Conche - mais, en outre, des cheminements sédimentaires apparaissent à différents niveaux : couloir d'alimentation, passage par dessus le Haut-Banc du Nord.

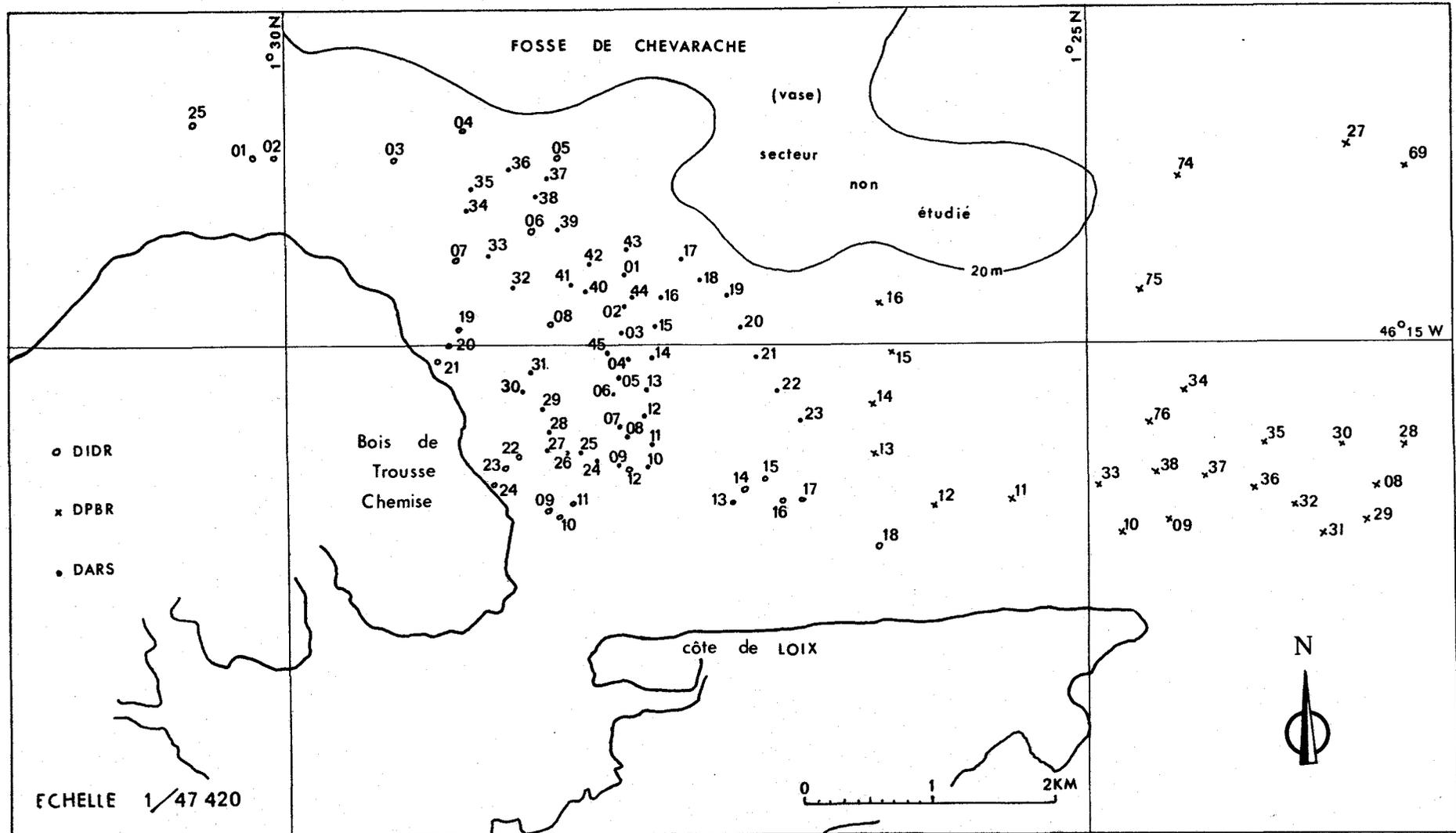
La cartographie des isoteneurs du sédiment en chacun des types sédimentaires montre le sens dans lequel se produisent les évolutions et souligne, notamment, le rôle prépondérant des houles sur l'étalement de la nappe des sables moyens (A).

Enfin, il faut remarquer que, si l'origine des sables fins transparait sans difficulté, l'impression se dégage que les nappes plus grossières, même si elles sont remaniées actuellement, pourraient résulter d'une mise en place plus ancienne car on ne voit guère les cheminements qu'elles emprunteraient et, il est bien évident qu'un apport généralisé en semi-suspension est hors de question en raison de la grossièreté du matériel.



fig.19

CARTE DES POSITIONS DES PRELEVEMENTS



- CHAPITRE II -

LA CÔTE ET L'AVANT-CÔTE DU LIZAY AU PLATEAU DE LOIX

SOMMAIRE - Du Lizay au plateau de Loix, la bordure sud du Pertuis Breton est le siège d'une sédimentation fine (sables F) sur laquelle vient se surimposer une flèche sableuse constituée d'éléments moyens (A) et (B). La classe modale (G) se présente comme un matériel fossile.

La bordure sud du Pertuis Breton au Nord-Ouest de l'Ile de Ré forme un glacis limité au Nord, par la Fosse de Chevarache et au Sud, par la côte de l'île. Il se présente d'abord comme un étroit couloir (1 km), au droit de la Pointe du Lizay, puis s'évase en un "plateau" de 3 km de largeur au Nord de la côte de Loix. Il communique par un goulet (la Rente du Fier) avec un marais intérieur, le Fier d'Ars. Trois campagnes successives de prélèvements ont permis d'étudier ce secteur complexe (fig. 19).

I - LE COULOIR DU LIZAY

I-1- PRESENTATION DU SITE

Cet important secteur charnière, compris entre la Conche des Baleines et le Plateau de Loix, représente *le couloir de transit sédimentaire* qui fait correspondre ces deux unités physiographiques (LONG, 1972).

Entre la falaise calcaire de la Côte des Portes et la Fosse de Chevache, le couloir est formé par deux terrasses sous-marines situées à - 7 mètres, séparées par un haut fond d'orientation ESE-WNW à la cote - 4 m. (fig. 9 et 48).

Au rivage, la terrasse de 0 m. correspond au stade actuel d'érosion de la côte. Cette bande côtière est soumise à d'importants courants de marée et subit l'action des houles de secteur ouest entrant dans le Pertuis. Cette double influence hydrodynamique imprime à la sédimentation un caractère hétérogène particulier car toutes les classes modales sont représentées.

I-2- REPARTITION DES CLASSES MODALES (fig. 22 à 25)

Les classes grossières (B) et (G) sont intimement liées aux classes (F) et (A) qui apparaissent partout, au large de la commune des Portes. Les nappes ont cependant des orientations différentes, les types sédimentaires (F) et (A) présentent un allongement remarquable suivant l'axe du couloir, les nappes grossières sont plus éparpillées. Les nappes s'individualisent sous l'influence du régime des courants de marée dont l'intensité s'atténue à cet endroit (cf. 1^{ère} partie).

II - LE PLATEAU DE LOIX

II-1- PRESENTATION DU SITE

Le Plateau de Loix prolonge à l'Est le couloir du Lizay en formant un glacis pouvant atteindre 3 km au Sud de la Roche du Fier. La profondeur demeure toujours faible, environ 5 m, jusqu'aux abords de la côte.

Cette région, hormis le clapot engendré par les vents de secteur Est, n'est affectée de manière efficace que par la marée et les houles de Nord-Ouest.

Le courant de flot a une action prépondérante sur les transits, mais il s'affaiblit progressivement à l'Est de la Pointe du Lizay.

fig. 20 CARTE DES ISODENSITES

du mode granulometrique [F] = [40 - 225 μ]

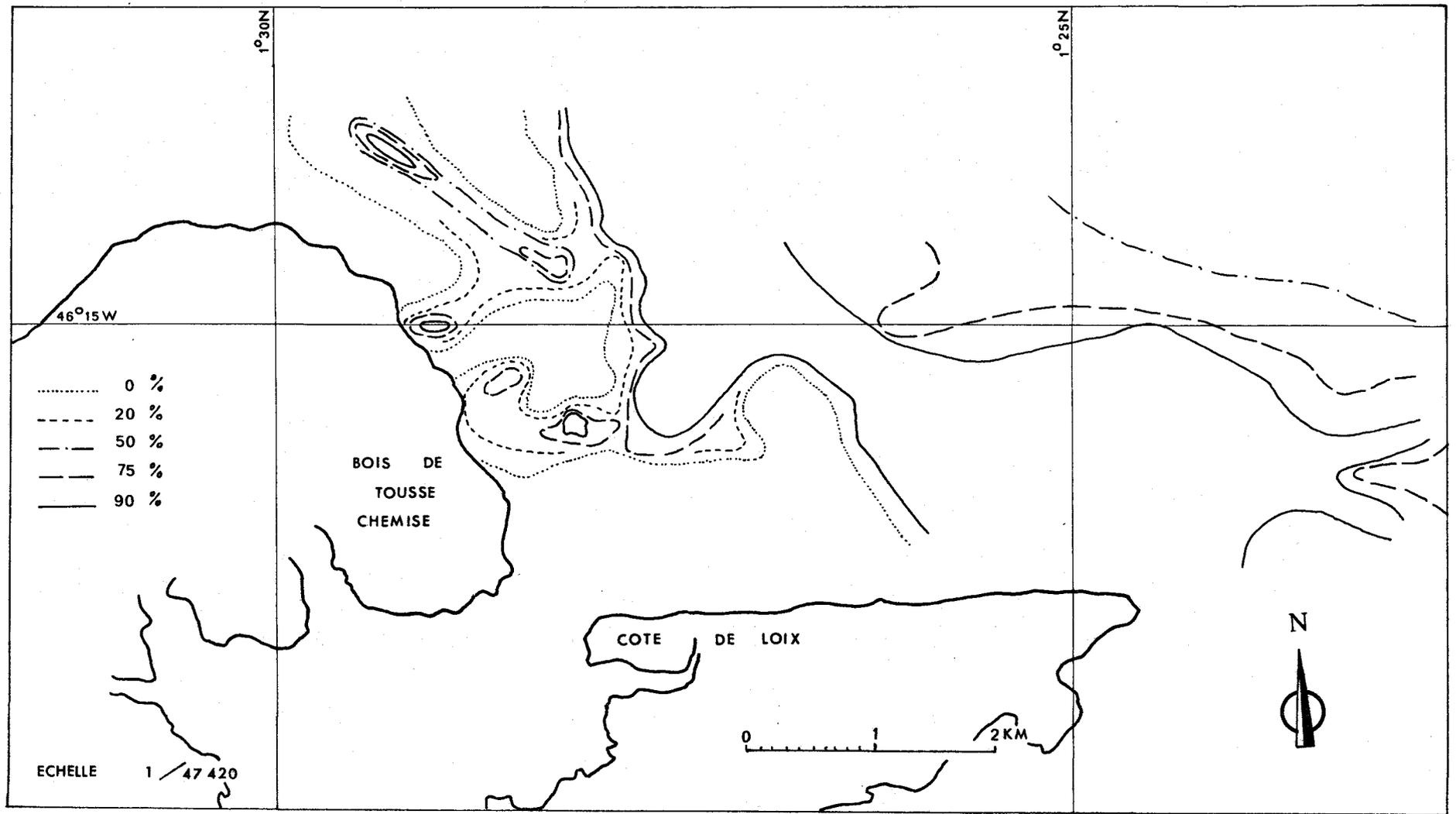


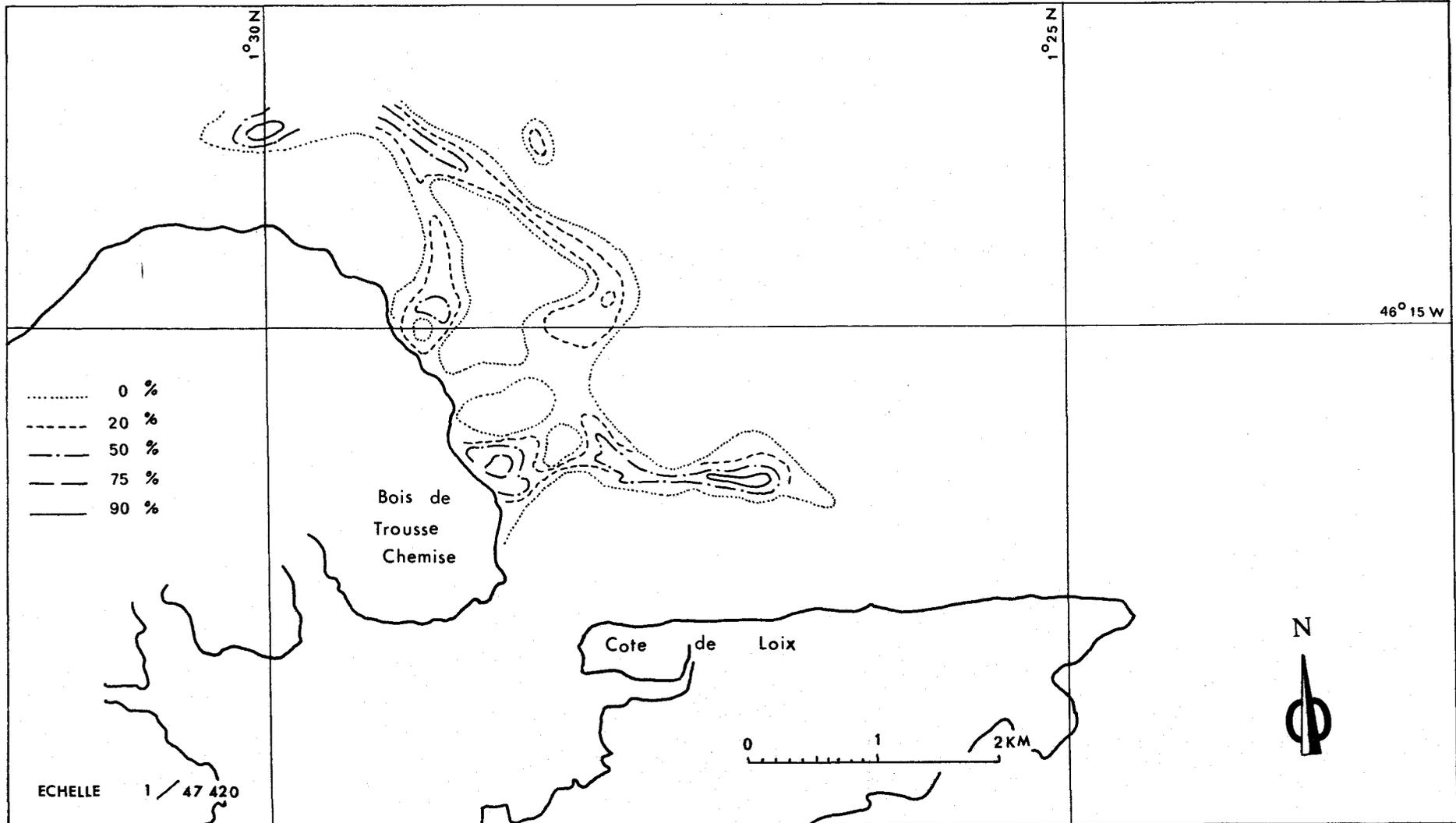




fig. 21

CARTE DES ISODENSITES

du mode granulometrique [A] = [225-430 μ]



II-2- DISTRIBUTION DES NAPPES SEDIMENTAIRES

La répartition des nappes sédimentaires (F) et (A), particulièrement significative, sera décrite dans un premier temps et la distribution des nappes grossières sera examinée ensuite.

II-2-1- DISTRIBUTION DES NAPPES (F) et (A)

Les sables fins (nappe F) répartis selon plusieurs axes (fig. 22) représentent la plus grande partie des dépôts.

Un premier axe forme une bande étroite, parallèle à la côte depuis 1°30' Ouest jusqu'à La Roche du Fier. Les concentrations souvent fortes soulignent la terrasse comprise entre 5 et 12 m de profondeur et subissent l'influence du courant de flot.

Au Nord de la Pointe de la Redoute, un second axe forme un mince trabécule qui s'isole et aborde la côte au Nord-Ouest de cette pointe. Il s'agit certainement d'un apport résultant de la réfraction des houles autour de la Pointe du Lizay. On peut considérer que, dans une large mesure, la dérive littorale et peut-être le flot entraînent le sédiment le long de la plage vers l'enracinement du Banc du Bûcheron.

Sous l'influence de phénomènes hydrodynamiques complexes dont ce secteur est le siège, le matériel s'écarte du rivage, au niveau des "passes" du Banc (en particulier de la "Passe des Goëlands), et alimente une zone de concentration s'étendant de - 5 à - 8 m environ (fig. 22-23). Ainsi se trouve clos un circuit qui, momentanément, avait dérivé une fraction du matériel fin vers la côte. Ceci explique la disposition de la nappe (F) sur la terminaison orientale du couloir d'alimentation.

Quant à la nappe de sables (A) (fig. 23), elle offre à l'origine la même disposition que celle des sables fins (F), mais très tôt, au droit des falaises des Portes, se produit un dédoublement. Un premier cheminement s'établit vers la côte sous l'action des houles réfractées autour de la Pointe du Lizay ; ce processus est identique à celui des sables fins mais le ruban est décalé vers l'Ouest, c'est-à-dire vers les *petits fonds*, car l'énergie des houles y est plus forte.

Le second cheminement traduit l'influence du flot, il pénètre vers l'Est, le long de la terrasse sous-marine de - 5 à - 12 m. La nappe s'incurve avant d'atteindre le rivage au niveau de la plage de la Loge.

Dans les deux cas, la nappe des sables moyens (A) arrive à la côte et va être entraînée sur la face externe du Banc du Bûcheron. Le matériel parcourt toute la flèche sableuse malgré les passes. Ce transit est temporaire car en pleine mer les passes forment des barrières hydrauliques qui interdisent tout déplacement longitudinal et conditionnent un mouvement transversal en direction du Fier d'Ars.

La nappe (A), à l'opposé des sables fins, est apparemment piégée au niveau du Banc.

II-2-2- DISTRIBUTION DES SABLES MOYENS (B) ET GROSSIERS (G)

Contrairement aux nappes précédentes, les sables moyens (B) et grossiers (G) ne subissent qu'une reprise modeste. D'une manière générale, leur répartition est opposée à celle des nappes plus fines (fig. 22-23) et est en désaccord avec les caractères hydrodynamiques de la zone ; elle apparaît, en conséquence, comme fossile, c'est-à-dire indépendante de la dynamique actuelle. Cette position est identique à celle des sables grossiers décrite à l'Est de la Tour des Islattes (LORIN, 1968) entre le Rocha et St Martin. Ce type sédimentaire définit donc un vaste épandage en bordure de l'Ile de Ré, sur le flanc sud de la paléovallée de Chevarache. Toutefois, localement, une faible reprise modifie la disposition initiale. Ainsi à la base externe du Banc du Bûcheron, la dérive littorale entraîne une flèche sableuse grossière.

Les sables moyens (B) et grossiers (G) apparaissent très irrégulièrement dans les fenêtres du recouvrement plus fin.

Au Nord-Ouest du Lizay, le type (B) forme un ensemble important environnant les alignements rocheux qui accidentent en ce lieu le couloir d'alimentation. Dans ce secteur de forte turbulence, balayé par les courants de marée, des sédiments ainsi isolés ne peuvent être que fossiles.

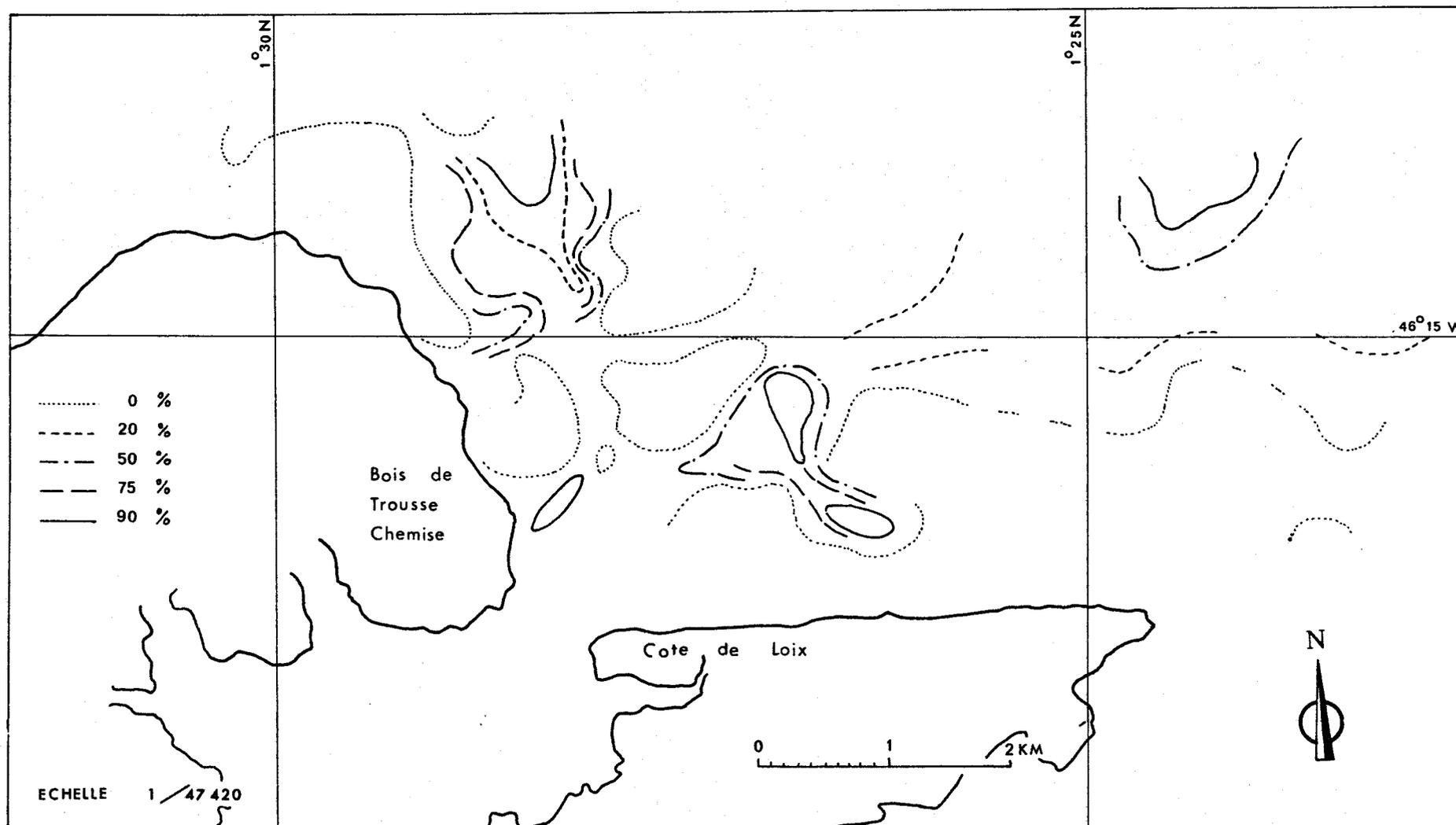
Il en est de même à l'extrémité nord-orientale du Banc du Bûcheron où les sables moyens (B) figurent le substratum sur lequel sont poussés les sables moyens (A) constituant la flèche sédimentaire.

La répartition de ce matériel fossile résulte de l'action de courants qui, avant la réunion des quatre îlots formant l'Ile de Ré, devaient parcourir les passages intermédiaires dont témoigne le Fier d'Ars, et remaniaient, au débouché de ces détroits, les matériaux plus anciens. Dans l'axe d'une passe située plus à l'Ouest que l'actuelle passe du Fier (la dune de Trouse-Chemise est une formation récente élaborée au cours des trois derniers siècles ; une comparaison des cadastres de 1826 et 1967 permet de mettre en évidence

fig. 2a

CARTE DES ISODENSITES

du mode granulometrique [B] = [430 - 820 μ]



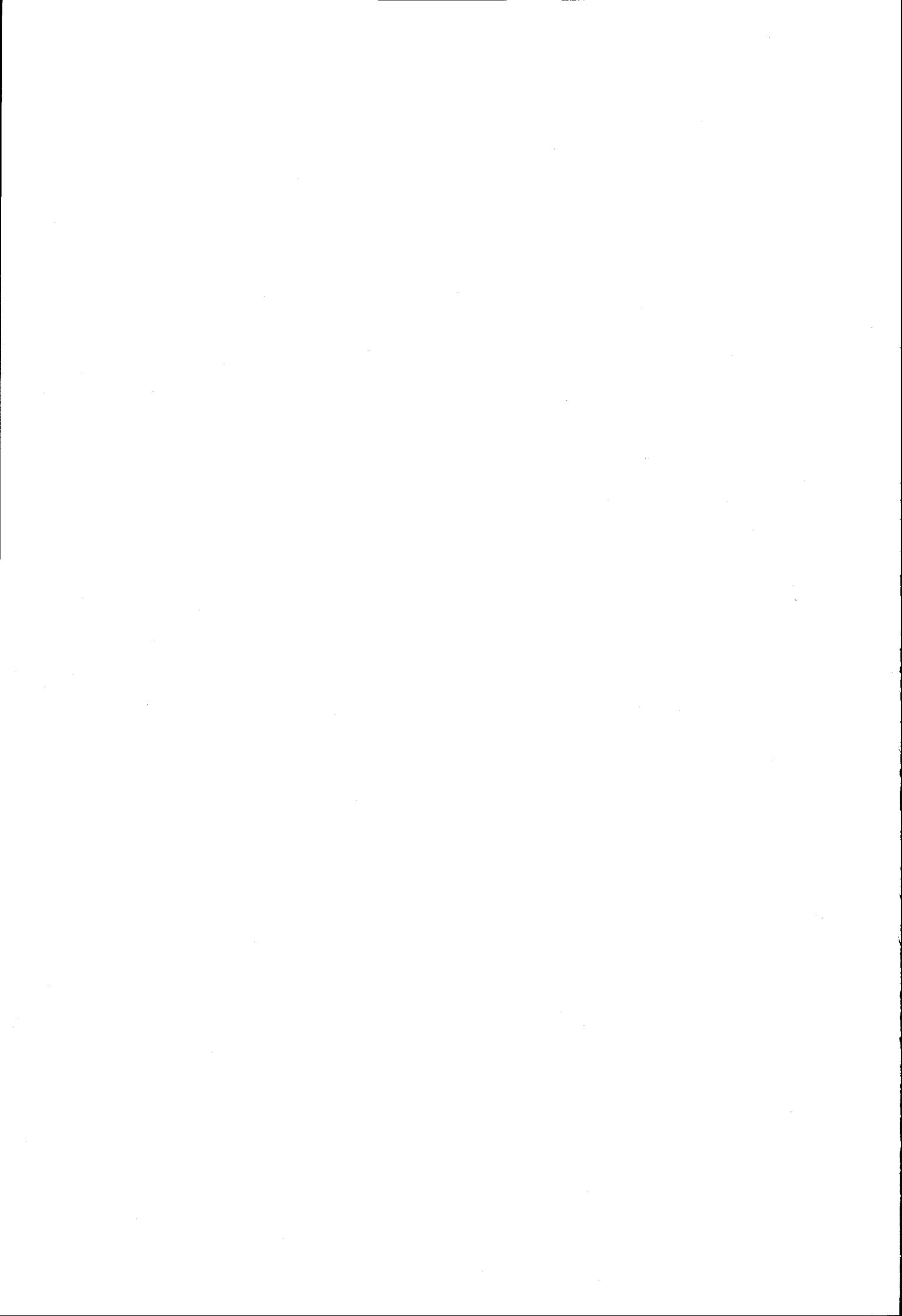
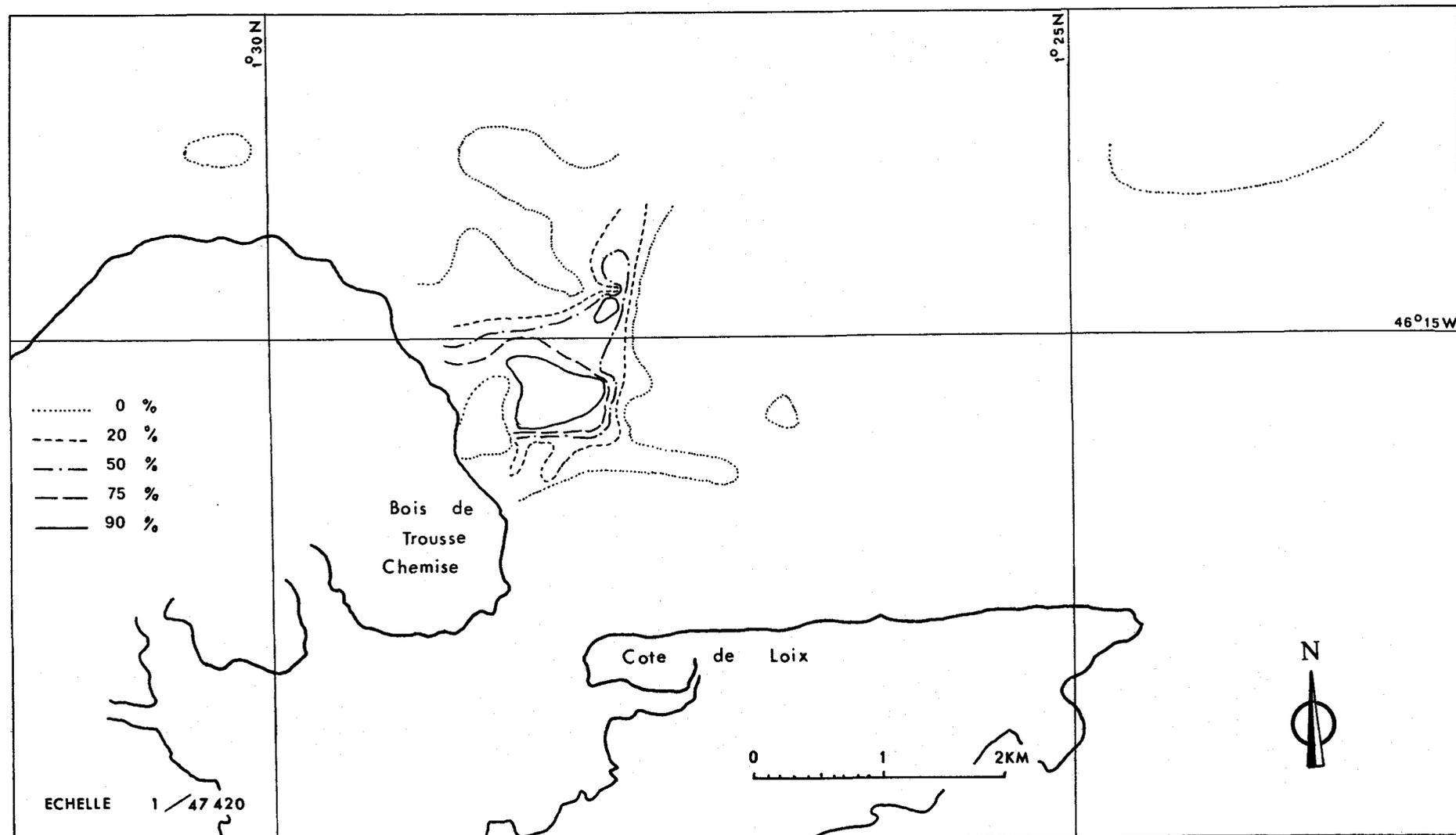


fig.27 CARTE DES ISODENSITES

du mode granulometrique $[G] = [\varnothing > 820 \mu]$



une progression de la dune en direction de l'Est de 300 m en moyenne), se sont déposés les matériaux les plus grossiers tandis que les sables moyens (B) s'éta-
laient de part et d'autre de l'axe de forts courants (LONG et BARUSSEAU, à paraf-
tre).

Le recouvrement moyen et grossier témoigne donc de conditions hydrodynamiques complètement différentes de celles qui caractérisent actuellement le régime courantologique du secteur et ceci à un double titre puisqu'il s'agit d'un remaniement de formations fossiles sous l'influence d'un régime de courants lui-même disparu.

II-3- REPARTITION VERTICALE DES SEDIMENTS SUR LE BANC DU BÛCHERON

Deux carottages ont été effectués afin de connaître la répartition verticale des sédiments sur le Banc. Le premier est situé à l'enracinement du Banc (SARS 39) et le second dans la partie interne de la Passe des Goëlands (SARS 44).

II-3-1- ETUDE DE SARS 39 (Annexe III-pl.5)

Située dans la partie actuelle de l'enracinement du Banc, la carotte SARS 39 met en évidence la progression de la côte de Trousse-Chemise.

Les dépôts sont constitués presque exclusivement par les nappes (A) et (B) qui recouvrent actuellement en surface les dunes de Trousse-Chemise et le Banc du Bûcheron. Seuls, deux horizons, situés à la base du son-
dage en entre - 40 cm et - 20 cm, renferment des sables fins ; ils correspondent probablement à une période calme. En effet, la flèche sableuse s'accroît inéga-
lement et parfois le cordon des dunes littorales abrite une zone calme, dans laquelle se trouve piégée une sédimentation fine.

II-3-2- ETUDE DE SARS 44 (Annexe III-pl.9)

Cette carotte est implantée à la cote + 80 cm par rapport au 0 marin, elle descend jusqu'au substratum rocheux.

Les 65 centimètres supérieurs sont constitués de sables moyens (A) associés parfois aux sables moyens (B) et grossiers (G). Le sédiment qui correspond à la zone émergente du Banc, est dépourvu de toutes les fractions fines car le milieu est agité et seuls les éléments les plus grossiers sont stables.

A partir de cet horizon, la composition du sédiment change : des sables fins F II (compris entre 90 microns et 225 microns) sont intimement liés, en faible quantité, à des sables moyens (B) et grossiers (G). Ces deux fractions grossières vont constituer la majeure partie du sédiment jusqu'à une profondeur de 2,30 m. Leur présence témoigne d'un milieu très agité, toujours submergé que l'on retrouve actuellement dans les deltas prolongeant les passes vers le large. Les sédiments (F II) sont contemporains des dépôts (B) et (G), ils ont été piégés dans les interstices intergranulaires des éléments grossiers lors de leur mise en place.

Entre 2,50 et 2,70 m, la carotte est constituée par des sables moyens (A) surmontant des sables grossiers associés aux sablons F I (40 microns - 90 microns) juste au-dessus du substratum (- 2,95 m).

La présence de la nappe des sables fins (F I et F II) indique que le Banc (constitué de modes B et A) s'est développé sur une couverture de sédiments fins comme il en existe une actuellement au Nord du Banc du Bûcheron, sur le "Plateau de Loix". Ce manteau recouvre des lambeaux de nappe fossile constituée par le type sédimentaire (G).

III - CONCLUSION

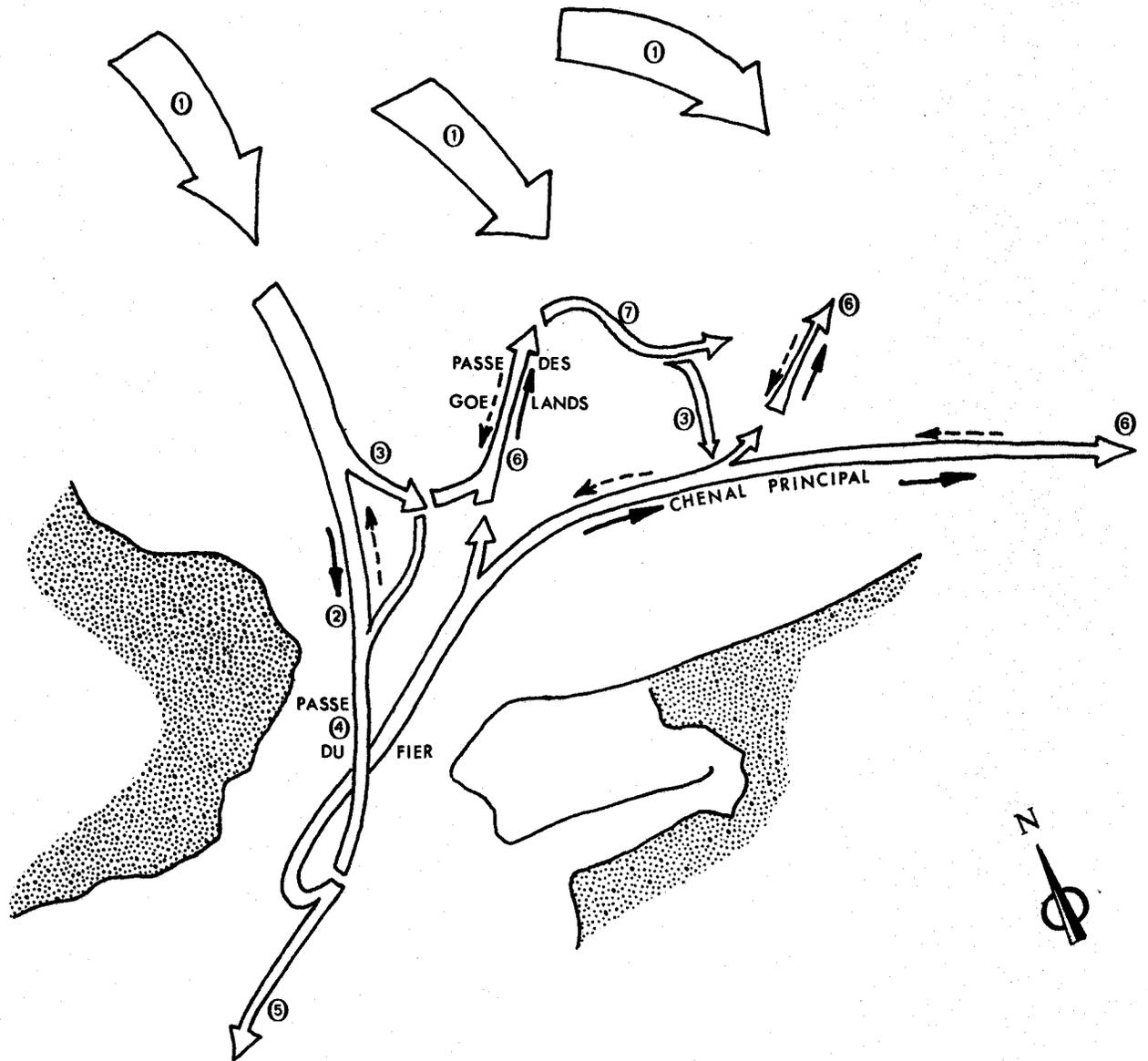
La sédimentation sur le couloir du Lizay et le plateau de Loix fait apparaître l'existence de zones jouant un rôle principal de transport ou de dépôt mais l'analyse modale quantitative montre que ce schéma doit être nuancé par l'étude détaillée des répartitions de chaque type sédimentaire.

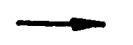
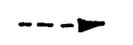
Les relations qui unissent le sédiment et les présents facteurs de la dynamique marine indiquent l'actualité de certains transits et de certaines mises en place. Ainsi le couloir du Lizay, prolongeant le couloir d'alimentation, assure le transit des sables fins mais aussi des sables (A) repris du littoral et de l'avant-côte de la Conche des Baleines ; le Banc du Bûcheron est une zone de dépôt et un axe de pénétration des sables (A) vers l'Est.

A l'opposé, même si une reprise discrète masque localement leur véritable nature, les nappes (B) et (G) sont fondamentalement fossiles.

Dans le détail, les mécanismes de la sédimentation présentent une grande complexité ; l'exemple du Banc du Bûcheron est, à cet égard, particulièrement significatif. Dans ce secteur, plusieurs facteurs dynamiques interviennent simultanément ou successivement.

fig. 24 Schéma interprétatif global de migration des sables sur le Banc du Bucheron



-  AXE DE TRANSPORT
-  COMPOSANTE PRINCIPALE
-  COMPOSANTE SECONDAIRE
- ①, ②... RENVOI AU TEXTE

Certains d'entre eux tendent à accroître les dimensions du Banc ; d'autres, au contraire, provoquant son érosion. Leur conjugaison, résultat de l'influence des houles, des marées et du cycle météorologique, détermine des modifications différenciées géographiquement.

De manière générale nous pouvons considérer que les sédiments poussés à la côte par les divers agents dynamiques se déplacent suivant le schéma décrit ci-dessous.

La migration ascendante, à partir des petits fonds, du couloir d'alimentation dans sa terminaison orientale, détermine un apport sableux sur toute la face nord du Banc (1 sur la fig. 24).

A haute mer, la dérive littorale par temps de Noroit et surtout le flot, se combinent pour alimenter un transit nord-sud le long de la dune de Trousse-Chemise (2 sur la fig. 20). La migration est perturbée à l'enracinement du Banc, par la rencontre de ce courant avec les houles réfléchies sur la côte de Loix et le flot du chenal principal longeant la face interne de la flèche sableuse (LONG, 1972). De nombreuses mégarides témoignent dans ce secteur, de l'intense remaniement ainsi provoqué (Cf. 3^{ème} partie, Ch. 1 § II.2.1.). Un phénomène annexe peut se produire ; en effet, au cours du flot, les sédiments progressent sur la face externe du cordon, puis franchissent le sommet au moment de sa submersion (3 sur la fig. 24). Ce phénomène est décrit dans la 3^{ème} partie de cette étude (cf. ch. 2 § I.4.1.).

Le matériel qui dépasse le Banc est entraîné (4 sur la fig. 24) par les forts courants de flot dans la passe du Fier (plus de 4 noeuds) et pénètre profondément dans la vasière (5 sur la fig. 24) où il sera partiellement stocké.

Au niveau des hauts fonds situés principalement sur le flanc ouest du "wadden" (comme par exemple sur le gros sable : voir ch. III § I).

Au cours du jusant, une partie de ce matériel est repris, migre en sens inverse, traverse la flèche sableuse au niveau des passes (6 sur la fig. 20) et s'étale en un glacis granoclassé (fig. 21).

Indépendamment de ces déplacements conditionnés de manière prépondérante par la marée, un transit s'instaure sous la seule action des houles au rivage. Le phénomène est particulièrement visible sur la face externe du Banc où il engendre un transport de matériel vers l'Est. Ces sables moyens (B) et grossiers (G) sont issus de l'apport sableux originel (1 sur la fig. 20) et de la reprise des éléments grossiers du glacis granoclassé. Le processus, associé au jusant, contribue à l'étirement du banc et à son alimentation en éléments moyens et grossiers.

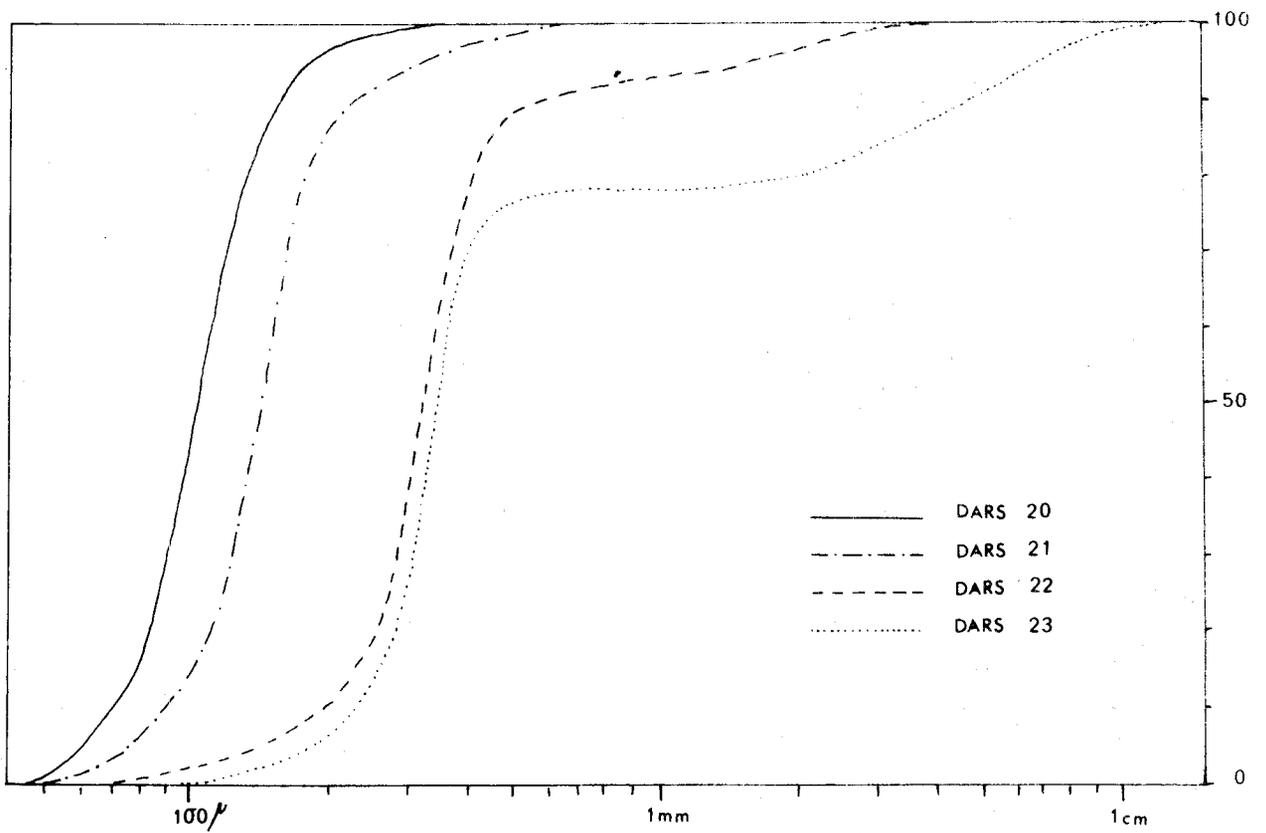


fig. 21

COURBES GRANULOMETRIQUES

- CHAPITRE III -

LE FIER D'ARS

SOMMAIRE - Le Fier d'Ars, comme tout marais ostréicole, atlantique, est actuellement le siège d'une sédimentation fine. Venant se surimposer à ces dépôts, un important apport de matériaux grossiers pénètre dans la vasière et contribue à son colmatage.

La vitesse de sédimentation est actuellement de l'ordre de 0,4 cm/an. Au cours du temps, elle a subi des variations en fonction de l'importance relative des différentes ouvertures communiquant avec la mer.

Le Fier d'Ars forme une vasière littorale dont une seule ouverture, la Rente du Fier, communique de nos jours avec la mer. Elle est le siège d'une sédimentation fine décrite en particulier par VERGER (1968).

Venant se surimposer à cette sédimentation pélagique, une importante quantité de sable pénètre chaque année dans le wadden accélérant le colmatage.

Nous étudierons dans un premier temps la répartition horizontale des sédiments, puis leur disposition verticale en essayant d'évaluer une vitesse de sédimentation moyenne.

I - REPARTITION HORIZONTALE DES MODES GRANULOMETRIQUES DANS LE FIER D'ARS

I-1- PRESENTATION DU SITE

Le Fier d'Ars représente un vaste marais ostréicole qui s'assèche presque entièrement à marée basse. En effet, seule subsiste, au Nord du marais, une petite zone inondée.

L'alimentation du wadden s'effectue par un réseau de chenaux temporaires creusés dans les sédiments du Fier.

Ce réseau comprend de nombreuses petites ramifications secondaires qui favorisent la rentrée des sables jusqu'à des points très avancés à l'intérieur des terres.

Des digues récentes de protection des marais salants, ont contribué à diminuer la capacité de ce réservoir naturel temporaire.

Les différents sédiments subissent un triage depuis la Rente du Fier et leurs dépôts se répartissent en nappes concentriques qui attestent de la diminution de l'intensité du courant de marée se propageant dans cette "mer intérieure".

Les sédiments des classes modales supérieures aux sablons (plus grand que 90 μ) forment la totalité de la couverture sédimentaire au Nord du Gros Sable et représentent environ 80 % des matériaux de surface dans le Fier. Leur aire tend à s'accroître au cours des ans.

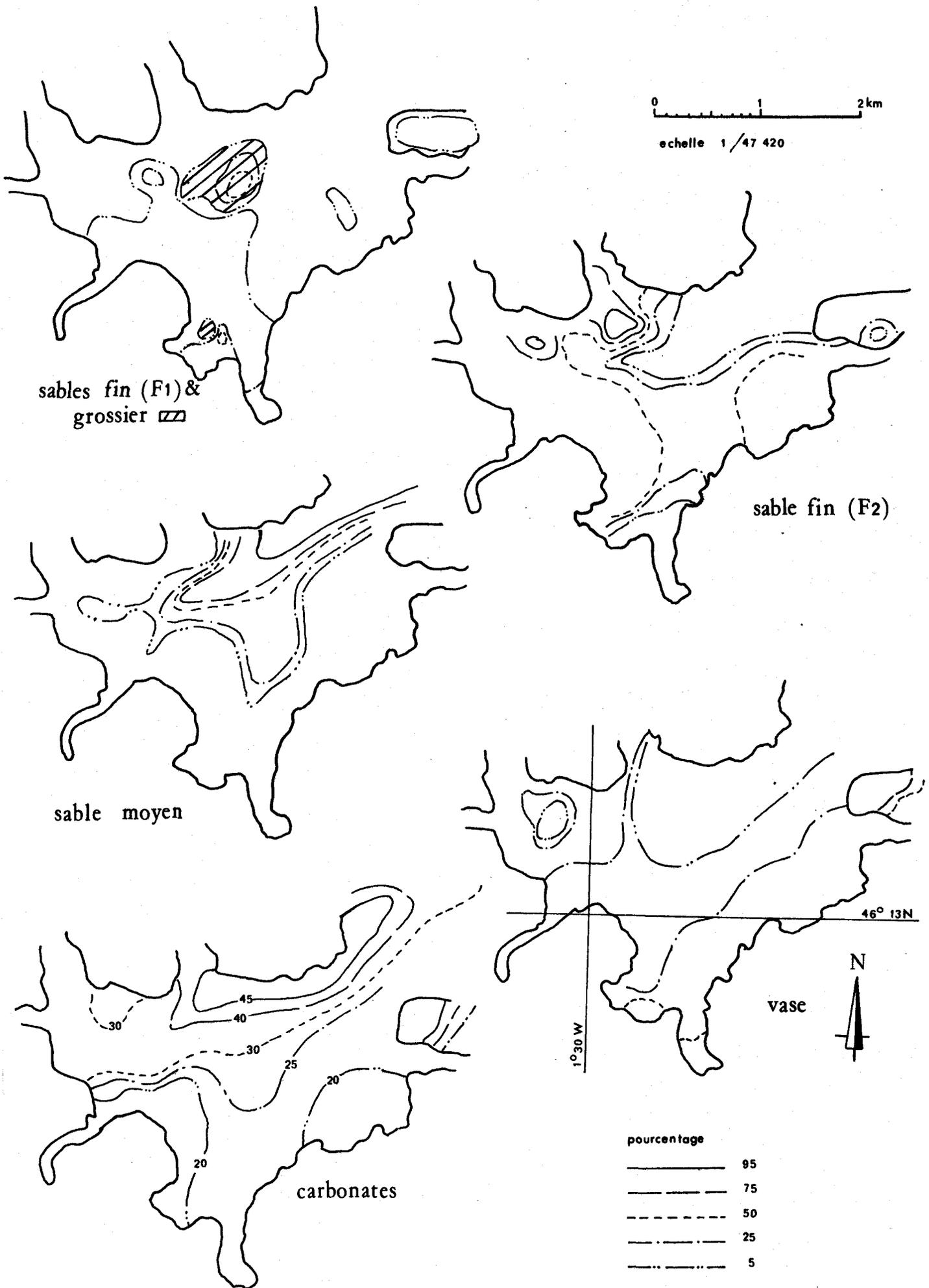
I-2- LES SABLES MOYENS (B) ET LES SABLES GROSSIERS (G)

La classe modale (G) est absente du recouvrement sableux du Fier d'Ars. Nous observerons par la suite, qu'en profondeur le sable (G) s'individualise cependant et peut devenir prépondérant.

La répartition actuelle du type (B) est discrète, elle ne forme que deux petites étendues (fig. 26) :

- la première au Coursoir, à l'abri d'une ancienne digue. Sa présence à cet endroit peut-être due à un apport artificiel résultant de la construction de cet ancien ouvrage de protection,
- la seconde sur le "Gros Sable" est intéressante car elle est le siège d'une importante sédimentation arénacée actuelle au débouché interne de la Rente du Fier. Elle représente un point critique au-delà duquel les sables ne transitent plus que par les fonds des chenaux.

fig. 26 REPARTITION DES SEDIMENTS DANS LE FIER D'ARS



I-3- LES SABLES MOYENS (A)

Les sables moyens (A) sont disposés suivant les axes de pénétration hydrodynamiques actuels, les chenaux dont ils occupent généralement les fonds, et débordent souvent dans les parcs ostréicoles vaseux. Dans la partie nord du wadden ils forment une couverture continue, masquant ainsi tous les autres sédiments (fig. 26).

La direction principale des dépôts correspond au chenal le plus important du Fier d'Ars, celui du port d'Ars-en-Ré. Néanmoins, à l'intérieur de ce marais, le courant de flot subit une rotation (dans le sens trigonométrique) et de ce fait, décale la localisation des dépôts sableux sur le flanc nord-ouest de la vasière. Ce phénomène est à l'origine d'une accumulation sableuse au niveau du Gros Sable. Le sédiment (A) représente dans cette station, une fraction toujours supérieure à 50 % par rapport aux matériaux déposés.

I-4- LES SABLES FINS (F)

Les sables fins (F) se déposent en avant des sables (A) et soulignent ainsi l'atténuation des courants de marée dans le fond des chenaux du Fier.

Ils sont généralement associés aux formations vaseuses, néanmoins est-il possible de distinguer des sablons (F I) et des sables fins (F II). En effet, dans le Fier d'Ars apparaît un nouveau type sédimentaire (F I) qui correspond aux sablons. Sur la côte nord-ouest de l'Ile de Ré cette classe modale est absente (fig. 16), car elle ne trouve pas de conditions hydrodynamiques favorables; par contre dans les régions très abritées de la vasière elle atteint son équilibre en association avec les pélites. Ce phénomène est commun à toutes les vasières littorales charentaises (BARUSSEAU, 1973).

I-4-1- LES SABLES FINS F II (compris entre 90 microns et 225 microns)

En quantité parfois importante (plus de 95 % du sédiment sur le Gros Sable), ils sont généralement associés à la classe modale (A) sauf le long de la commune d'Ars et l'entrée du marais perdu* (La Lasse) où ils sont mélangés aux éléments plus fins.

*

Marais perdu : ancien polder reconquis par la mer après rupture des digues de protection.

Ils se concentrent, de plus, sur les bords ouest du Gros Sable, le long des anciennes digues de protection du Coursoir. Cette répartition est en accord avec celle des sédiments plus grossiers déjà étudiés.

Ce mode granulométrique représente la fraction la plus importante du matériel qui migre et envahit actuellement le Fier d'Ars.

I-4-2- LES SABLONS F I (compris entre 40 microns et 90 microns)

Les sablons (F I) obéissent en grande partie à la même dynamique que les éléments pélitiques. Jamais très concentrés, ils représentent rarement plus de 25 % du sédiment total et occupent les parties internes de la vasière. Ils se répartissent dans les milieux les plus calmes, généralement dans les anciens marais perdus (La Lasse, Les Coquard) et au Martray, témoignant ainsi d'un régime hydrodynamique particulier.

Devant la digue de la commune d'Ars, ils sont associés avec des éléments plus grossiers : les sables fins (F II). Ce mélange indique qu'au niveau du site étudié, le triage granulométrique est incomplet et que le sédiment n'a pas encore atteint son équilibre dynamique.

I-5- LES PELITES (éléments inférieurs à 40 microns)

Nous n'avons pas cherché à étudier les différentes classes modales qui sont susceptibles d'exister dans cette fraction sédimentaire ; leur dépôt obéit, en effet, à un seul phénomène, la sédimentation en vasières littorales (POSTMA, 1967 in BARUSSEAU, 1973). Nous avons analysé ce matériel dans son ensemble.

La présence de pélites caractérise les marais ostréicoles et ne constitue pas un apport original, à la différence des classes plus grossières.

Les pélites absentes dans la partie nord (la Rente du Fier) occupent les parties internes de la vasière mais, ne représentent jamais plus de 50 % du sédiment total, sauf au niveau de La Lasse. Elles se concentrent en deux bandes sur les bords de la vasière. Leur teneur s'accroît en direction du port d'Ars-en-Ré et dans les zones amont des chenaux du Martray ou des Villages marquant ainsi l'atténuation du régime hydrodynamique dans le wadden.

I-6- REPARTITION DES CARBONATES

Il nous a semblé utile de préciser la répartition des carbonates dans ce secteur privilégié, car elle confirme parfois les résultats dégagés par l'étude des différentes classes modales des sédiments.

Leur concentration varie de 15 % à 50 % par rapport au sédiment total et suit généralement la même répartition que celle de la classe (A) sauf au niveau des marais perdus.

Les carbonates se trouvent en quantité importante le long de la pointe de Trousse-Chemise ; ils se disposent dans le Fier lui-même selon un axe nord parallèle au chenal du port. Leur densité diminue de la digue des Portes jusqu'aux digues de La Couarde et d'Ars. Dans les marais perdus du Martray et surtout de La Masse, les carbonates sont bien représentés. Ceci est dû à une intense activité biologique locale et non à un déplacement sédimentaire sur ces deux secteurs à dominance ostréicole ; les débris de coquilles contribuent à alimenter une source importante de fragments carbonatés. A cet égard, il paraît difficile de corréler la répartition des carbonates avec les éléments sableux liés à la dynamique sédimentaire.

I-7- CONCLUSION

Dans le Fier d'Ars, la répartition des sédiments suit les axes hydrodynamiques principaux matérialisés par les chenaux de remplissage et de vidange du marais. Un classement différentiel caractérise cette disposition, témoignant de la variation de vitesse des courants de marée dans la vasière. Les classes modales (A), (F I) et (F II), largement représentées, sont, à cet égard, les plus significatives. En effet, les différentes classes modales représentées en mer ouverte, bien individualisées alors par les caractères de leur implantation et par leurs relations avec la dynamique actuelle, sont reprises et amalgamées en entrant dans le Fier d'Ars. Par la suite, elles se disjoignent de nouveau mais leur disposition "concentrique" fait apparaître l'unicité du processus de dépôt. Seuls les sablons (F I) présentent un comportement dynamique particulier que traduisent leurs relations géographiques avec les pélites.

Le Fier d'Ars, par la prépondérance des fractions sableuses sur la sédimentation fine habituelle des wadden de la côte atlantique française (Bassin d'Arcachon exclu), figure un type original de vasière littorale déterminé par sa position avancée. L'ensablement progressif du Fier d'Ars est la preuve manifeste de l'intensité des transits sableux sur le littoral.

II - REPARTITION VERTICALE DES SEDIMENTS

Plusieurs campagnes de carottages furent effectuées dans la vasière afin de préciser la chronologie et les modalités de la sédimentation de ce secteur original.

Les formules modales des distributions granulométriques sont consignées dans l'annexe II, et la carte de positionnement des carottes est donnée dans l'annexe III, ainsi que les diagrammes de répartitions sédimentaires.

Au cours de son évolution, le Fier d'Ars a subi d'intenses modifications qui se traduisent par de profonds changements dans les milieux de dépôt : bancs sableux, chenaux, plateaux vaseux, marais perdus, cordons dunaires. Aussi est-ce à la caractérisation de ces types de milieu de dépôt que nous consacrerons un premier paragraphe avant de tenter de préciser les étapes du colmatage en analysant deux coupes est-ouest et Nord-Sud.

II-1- DEFINITION DES TYPES DE MILIEU DE DEPÔT

Le Fier d'Ars forme une "mer intérieure" constituée par des unités morpho-sédimentaires distinctes dont l'évolution simultanée aboutit à un milieu complexe. En conséquence, nous définirons les principaux types de milieux existants :

- les bancs sableux,
- les chenaux de marée,
- les plateaux vaseux,
- les marais perdus,
- les dunes de la Conche.

II-1-1- UN BANC SABLEUX : LE GROS SABLE

Le banc du Gros Sable occupe une vaste zone limitée initialement par la rive ouest du chenal d'Ars-en-Ré, le chenal des Portes et celui des Villages. Son étendue actuelle dépasse toutefois largement ces limites.

Il est constitué exclusivement par des sédiments moyens (A), (B) et grossiers (C). Le carottage SARS 43 représente à cet égard le sondage le plus significatif du milieu (Annexe III, pl. 18).

L'épaisseur du revêtement atteint 3,80 m mais l'horizon de base non carotté, formé de sables grossiers coquilliers et de galets, constitue une couche de 40 cm sur les calcaires marneux du substratum.

Au-dessus du niveau coquillier, la sédimentation est hétérogène, elle représente une alternance d'horizons constitués soit par le type (A) soit par des éléments plus grossiers de types (B) et (G). Les couches grossières, au nombre de dix, déterminent des niveaux repères qui feront l'objet de datations ultérieures. (cf. § III.2).

En surface, la nappe sédimentaire des sables fins (F II) est associée aux nappes plus grossières.

Cette hétérogénéité dans les dépôts traduit les variations des conditions hydrodynamiques qui ont présidé à la mise en place des sédiments. Le banc de sable forme un épandage à structures entrecroisées dans lesquelles plusieurs classes modales peuvent être associées à celle des sables moyens (A).

II-1-2- LES CHENAUX DE MAREE

Actuellement le réseau hydrographique est constitué par les chenaux secondaires, du Martray, des Villages et des Portes qui se jettent dans le chenal d'Ars-en-Ré. Leur tracé a varié au cours du colmatage du Fier et parfois leur paléocours se retrouve en profondeur sous les bancs sableux ou les plateaux vaseux.

Les chenaux de marée représentent les axes de pénétration de l'eau dans le Fier durant sa submersion. Ils sont le siège d'un important courant tant en flot qu'en jusant et seuls certains éléments plus grossiers que les sédiments des plateaux voisins peuvent s'y fixer.

Néanmoins, l'intensité des courants diminue dans le marais depuis la Rente du Fier jusqu'aux limites des terres totalement émergées. Cette variation de la compétence des chenaux entraîne une répartition zonée des nappes sédimentaires sur le lit. Ainsi, au Nord du Fier, existe l'association : sables moyens (A) dans les chenaux et sables fins (F II) sur les plateaux ; plus à l'intérieur, près des digues de la commune d'Ars les sables fins (F II) caractérisent les chenaux tandis que les sablons (F I) et les pélites couronnent les rives.

Les carottes SARS 05 et SARS 04 mettent en évidence cette progression, SARS 05 est située au confluent des chenaux d'Ars-en-Ré et du Martray au Nord-Est du Gros Sable, SARS 04 se place en amont du premier sondage sur le chenal du Martray.

SARS 05 est constituée en profondeur par un mélange de trois types sédimentaires (F II), (A) et (B) ; progressivement, la classe modale la plus fine (F II) disparaît et seuls en surface subsistent les sables moyens (A) et (B).

Plus en amont, SARS 04 est composée de sédiments plus fins ; en profondeur les sables fins (F II) sont associés aux pélites ; en surface, la proportion du type (A) augmente très sensiblement.

On voit donc que les assemblages granulométriques des chenaux actuels diffèrent de la sédimentation sous-jacente par une plus forte dimension d'ensemble liée à l'arrivée, au cours du cycle de marée, de " bouffées " sédimentaires grossières qui se déposent tandis qu'une partie du matériel antérieur est remanié.

On soulignera d'ailleurs que le phénomène, qui accompagne l'installation d'un régime de chenal en un point donné, manifeste un caractère récurrent lié à des abandons et à des réactivations successifs du réseau de chenaux. Il est remarquable que plusieurs carottes, montrent cinq passées plus grossières, révélant peut être cinq séquences générales d'intensification des transits (SARS 04, 05, 41 et 42 notamment).

Nous discuterons, dans un paragraphe ultérieur (cf. III) de l'importance de ces horizons repères dans la détermination des vitesses de sédimentations .

Dans les chenaux actuels, les sables moyens (A) paraissent stables dans la partie nord du Fier, ils sont relayés vers le Sud par les sables fins (F II) et parfois les sablons (F I).

II-1-3- LES PLATEAUX VASEUX

Les plateaux vaseux forment la majorité des parcs ostréicoles actuels à l'Est du chenal d'Ars-en-Ré et au Sud du chenal des Villages.

Les dépôts sont homogènes et forment une série monotone dans laquelle le rapport des sables F II au sédiment total augmente de la base jusqu'à la surface. Ainsi, prenons l'exemple de SARS 06 où le rapport est de 0,05 à 120 cm, de 0,45 à 70 cm et de 0,62 en surface. Cette augmentation s'explique car actuellement les marais sont envahis par la nappe des sables fins F II qui vient se surimposer à une sédimentation plus fine, constituée de sablons F I et de pélites.

De nos jours, les plateaux vaseux sont donc le siège de deux dépôts simultanés d'origine différente :

- les sablons et les pélites liés aux parcs ostréicoles du littoral charentais,
- les sables fins (F II) dépendant des transits sableux de la côte nord-ouest de l'Ile de Ré.

La variation du régime courantologique liée à la marée permet, en effet, la succession, au cours du cycle tidal, de conditions de dépôt favorables tantôt aux éléments fins, tantôt aux éléments grossiers.

Localement, des modifications du schéma général se produisent. Dans la carotte SARS 16 (Annexe III, pl. 4), effectuée au Martray, des horizons plus grossiers (F II, A et B) apparaissent au cours du colmatage vaseux ; ils sont liés aux apports de sables éoliens, poussés par les vents du Sud, depuis les dunes de l'Anse du Martray (littoral sud-rétais baigné par le Pertuis d'Antioche) qui sont situées à moins de 200 m du carottage.

En profondeur, dans certaines carottes situées sur les plateaux vaseux (comme SARS 03 à - 80 cm et SARS 08 à - 100 cm) des passées de sables (F II), intercalées dans des matériaux plus fins, témoignent de la mobilité des tracés des chenaux de marée dans le Fier au cours de son remplissage sédimentaire.

Parfois, les conditions de dépôts changent radicalement ; ainsi dans le sondage SARS 42, situé à la Pointe des Niges, à la limite de la vasière et des terres émergées, les vases et les sables fins dominant dans la sédimentation actuelle mais, à partir de - 150 cm, ils sont remplacés par la nappe (A). Seule, une strate de sables fins (F II) subsiste entre - 265 cm et - 240 cm. Au-dessous de - 290 cm les éléments deviennent de plus en plus grossiers et sont mélangés à de nombreux fragments coquilliers.

La disparition de la vase et des sablons associés montre que les conditions d'abri n'ont pas toujours été réalisées à cet endroit ; un milieu de chenal ouvert, analogue à celui que montre la Rente du Fier, a déterminé une sédimentation profondément différente de l'actuelle en liaison avec le fonctionnement des chenaux qui séparaient les îles à la fin de la remontée flandrienne.

II-1-4- LES MARAIS PERDUS

Les marais perdus sont d'anciens terrains gagnés par l'homme sur la mer ; puis ils ont été reconquis par l'océan après la destruction des ouvrages de protection, au cours des tempêtes. Une sédimentation marine s'est

ainsi développée sur un sol continental. La limite entre les deux lithofaciès du dépôt est très nette et la date du changement généralement bien connue.

La carotte SARS 15 (Annexe III, pl. 4) représente le sondage le plus typique à cet égard. Elle est située au lieu-dit " Les Coquards ", sur la commune d'Ars-en-Ré, la rupture de la digue s'est produite en 1922. La sédimentation rappelle celle des plateaux vaseux mais le paléosol végétal est conservé en place à - 20 cm. Au-dessus, une sédimentation plus grossière se développe actuellement. En 50 ans, il s'est déposé 20 cm de sédiment, ce qui correspond à une vitesse de sédimentation de 0,4 cm/an.

Cette vitesse peut varier suivant l'exposition du site de mesure ; ainsi pour deux sondages SARS 20 et SARS 21 (Annexe III, pl. 4), situés dans le même marais perdu, les changements de sédimentation se produisent respectivement entre - 35 cm et - 25 cm dans le premier et - 50 à - 30 cm dans le deuxième cas, ce qui indique respectivement des vitesses de sédimentation de 0,5 à 0,7 cm/an et de 0,6 à 0,8 cm/an.

Nous retiendrons la valeur de 0,6 cm/an comme valeur moyenne de la vitesse de sédimentation dans les Coquards.

Dans la Lasse, marais installé sur un soubassement rocheux qui le protège des actions directes de la mer, une digue, construite au Sud, céda durant l'hiver 1923-1924. Depuis cette époque une importante sédimentation fine a lieu dans ce secteur particulièrement bien protégé.

Deux carottages SARS 30 et SARS 31 (Annexe III, pl. 5) effectués le premier près de la brèche, le deuxième au fond, dans la partie la plus protégée, montrent des dépôts identiques, formés par une association d'éléments fins (vases, sablons et parfois F II).

Cependant, les 30 derniers centimètres de SARS 30 ont une teneur en sable très supérieure à celle des niveaux plus anciens. Ainsi, il est possible de calculer une vitesse de sédimentation de 30 cm en 50 ans soit 0,6 cm par an. Ce résultat est identique à celui trouvé dans le marais des Coquards.

La vitesse de sédimentation dans les marais perdus peut donc être estimée en moyenne à 0,5 cm/an.

II-1-5- LA DUNE DE LA CONCHE DES BALEINES

Un carottage SARS 45 (Annexe III, pl. 9) a été effectué dans la dune surplombant le bord nord du Marais de la Conche au lieu-dit " La Solitude " pour connaître les modalités du colmatage ancien de la " Mer intérieure ".

La répartition des sédiments est très intéressante car la cote du carottage est de + 1 m au-dessus du marais, or le sable dunaire occupe les 180 cm supérieurs. Il s'agit des diverses nappes que l'on trouve sur la Conche des Baleines, toutefois les sables fins (F II) prédominent car la station SARS 45, en arrière du cordon dunaire, est alimentée par voie éolienne et la sédimentation se trouve enrichie en éléments fins, surtout depuis la fixation des dunes.

Au-dessous des sables dunaires un changement brutal se produit car le carottier s'est enfoncé dans le bri, vase ancienne (c'est l'argile à Scrobiculaire de WELSCH) bien connue dans les marais maritimes charentais. Il est donc possible d'établir une stratigraphie des dépôts en cet endroit montrant la succession des milieux.

Sur un substratum vaseux ancien, formé dans un milieu abrité dont témoignent le bri mais aussi les tourbes découvertes par GABET (1974) sur l'estran de la Conche des Baleines, la dune s'est avancée vers l'intérieur du Fier jusqu'à sa fixation par l'homme. Depuis cet épisode, la sédimentation fine de colmatage du wadden a déposé 80 centimètres de pélites. Si l'on considère que la stabilisation des dunes a eu lieu au milieu du siècle dernier (depuis 150 ans) on peut de nouveau calculer une vitesse de sédimentation de 0,5 cm/an.

II-1-6- CONCLUSION

Durant le colmatage du Fier d'Ars, chaque variation des conditions morphologiques et hydrodynamiques entraîne des modifications du type de dépôt ; par exemple, la formation du cordon dunaire de la Conche des Baleines provoque, en arrière, une sédimentation fine sur les dépôts grossiers coquilliers recouvrant le substratum.

D'autres modifications apparaissent dans la vasière, elles sont dues à l'évolution simultanée de plusieurs secteurs indépendants formant des types de milieux particuliers :

- les bancs sableux,
- les plateaux vaseux,
- les chenaux,
- les marais perdus.

Néanmoins, actuellement, les matériaux de ces différents milieux résultent d'un même apport sédimentaire venu de la Rente du Fier. Ils entrent en suspension dans le Fier et forment à ce niveau un sédiment indifférencié. Parfois, un apport éolien peut venir se surimposer aux sédiments marins comme au Martray par exemple.

Dans le Fier, les facteurs hydrodynamiques s'atténuent progressivement et les classes modales vont s'individualiser, elles se mettent en place lorsque les conditions de milieu deviennent favorables. Néanmoins, en raison de l'étroitesse du plan d'eau et de l'instabilité des conditions qui y règnent, un mélange notable tend à estomper les particularités des différents milieux que, seule, une analyse permet de restituer.

II-2- COUPE OUEST-EST (fig. 27)

On n'a représenté que la partie supérieure des carottes, actuellement comparables.

Le chenal du port d'Ars-en-Ré constitue une frontière qui sépare deux régions à sédimentation différenciée. Sur le flanc ouest, les dépôts dont témoignent le banc du Gros Sable ont toujours existé et on les retrouve jusqu'à l'intérieur de la vasière, à la Pointe des Niges. Les sédiments de surface deviennent actuellement de plus en plus fins en s'éloignant à l'Ouest. A l'Est, les sédiments fins sont mieux représentés sur toute la hauteur sauf dans SARS 04 où la dimension moyenne croît vers la surface.

D'une manière générale une double évolution se fait jour :

- en profondeur, les dépôts sont de plus en plus fins d'Ouest en Est,
- en surface, les nappes (A) et (F II) manifestent la pénétration actuelle des sables par la Rente du Fier suivant un axe NE-SW. Ces nouveaux apports tendent à masquer les dépôts antérieurs.

II-3- COUPE NORD-SUD (fig. 28)

L'examen de cette coupe souligne l'arrivée des sédiments récents dans le wadden. En effet, les matériaux grossiers (G) et (B) entrent dans une forte proportion dans la composition du sédiment de SARS 44 ; cette concentration diminue dans SARS 39, persiste dans SARS 43 et disparaît dans SARS 41.

Les sables (F) suivent une répartition inverse de celle des éléments grossiers confirmant la diminution de compétence du courant de marée dans le Fier en direction du Sud.

fig.27 COUPES LITHOLOGIQUES W-E DU FIER D'ARS

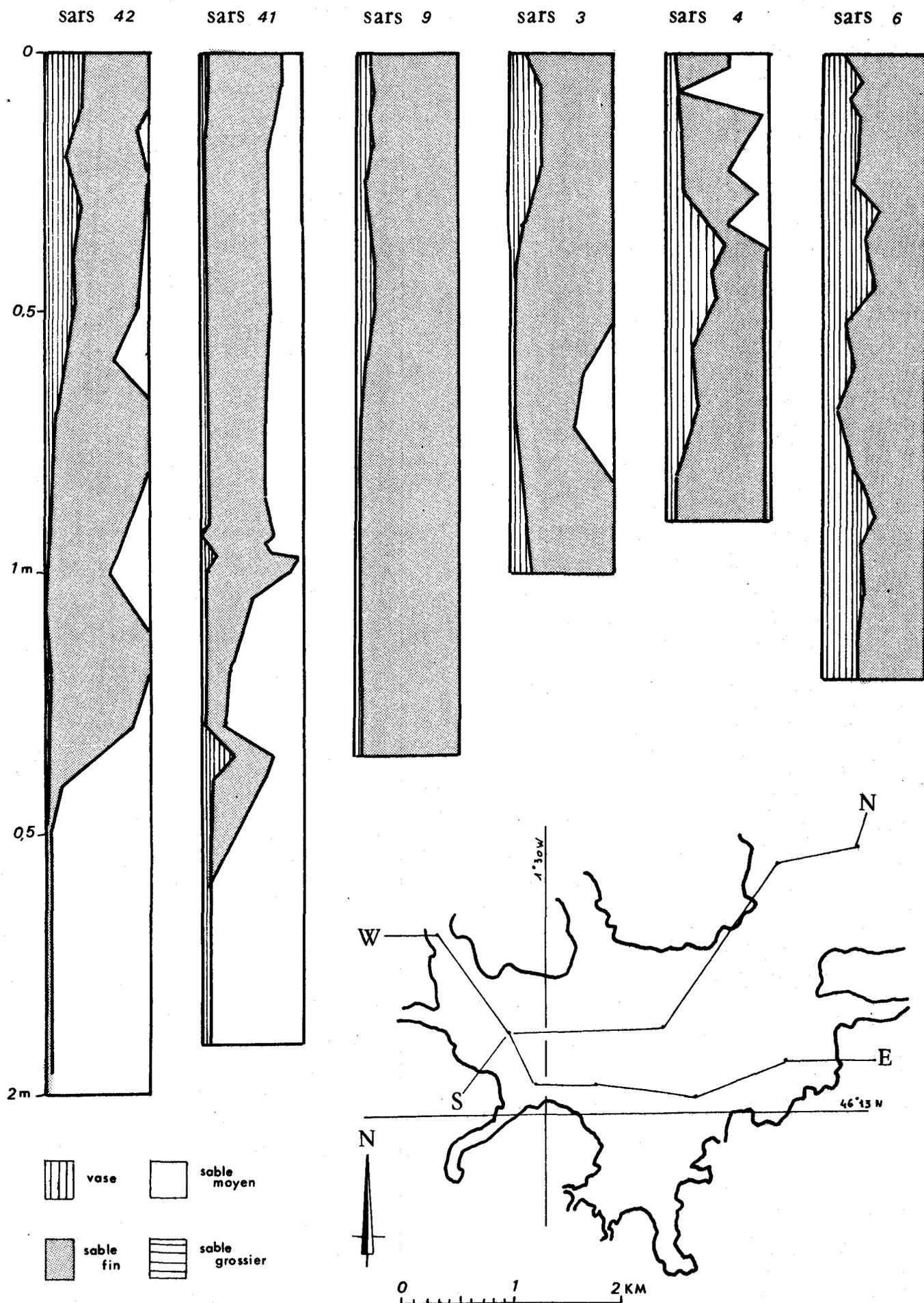
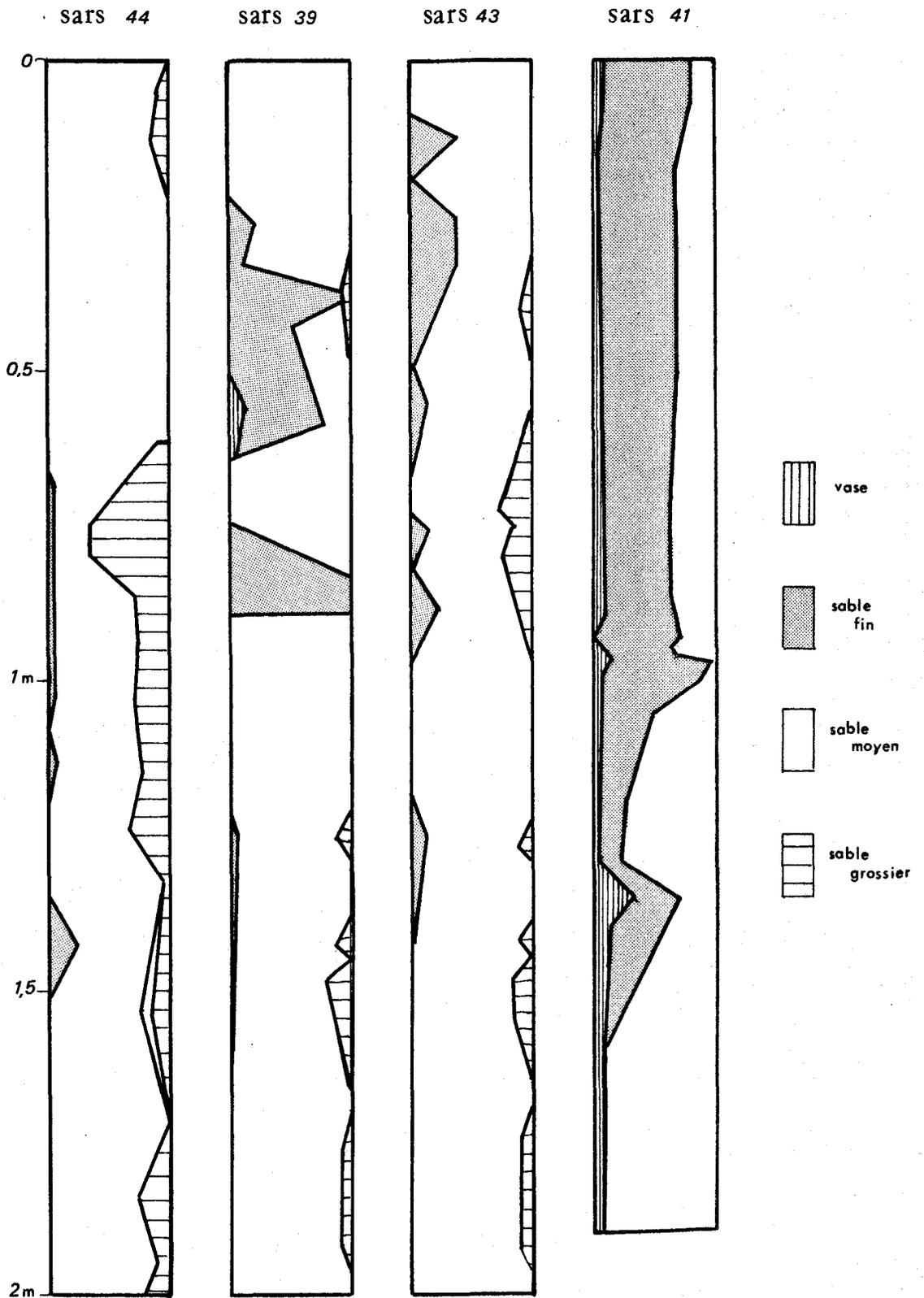




fig. 28 COUPES LITHOLOGIQUES N-S DU FIER D'ARS



II-4- CONCLUSION

L'étude de la répartition verticale et horizontale des dépôts permet de définir les grandes lignes de la formation du Fier d'Ars depuis sa mise en eau à la fin de la transgression flandrienne et les tendances de son évolution actuelle.

Au début, la sédimentation est franchement grossière, elle correspond à un épisode pendant lequel le cordon de la Conche des Baleines n'est pas encore totalement constitué ; des apports marins sableux, venant de l'Ouest, franchissent les passes et envahissent la dépression interne de l'Ile de Ré. La fermeture du cordon dunaire provoque un changement profond dans le mode de dépôt et une sédimentation fine s'instaure dans le marais. Progressivement, de nouvelles entrées de sédiments grossiers d'effectuent par la Rente du Fier en direction du Sud et des nappes sédimentaires s'individualisent dès que les conditions hydrodynamiques sont favorables à leur installation.

Diverses estimations de la vitesse de sédimentation fournissent un ordre de grandeur (0,5 cm/an) du colmatage actuel. Nous avons cherché à préciser cette évaluation par d'autres voies ; les résultats sont présentés dans le paragraphe suivant.

III - CALCUL DES VITESSES DE SEDIMENTATION

Les vitesses de sédimentation peuvent être déterminées en confrontant les résultats obtenus par deux méthodes différentes :

- la mesure de la concentration du carbone organique dans les marais perdus,
- l'évaluation du rapport C^{14}/C^{12} des fragments de coquilles.

III-1- RECHERCHE DU CARBONE ORGANIQUE

Une recherche systématique du carbone organique dans les pélites des marais perdus a été entreprise afin de mettre en évidence un paléosol végétal permettant la détermination de l'épaisseur de la sédimentation strictement marine surincombante. Nous estimerons, à la suite de GADEL (communication orale), qu'une concentration de carbone organique supérieure à 1,5 % correspond à un sol végétal continental.

La méthode d'analyse est définie dans l'Annexe I. Les résultats sont rassemblés dans la figure 29.

Plusieurs mesures ont été effectuées sur des carottes situées hors des marais perdus ce qui permet de connaître le taux moyen de carbone organique dans la vase. Les concentrations sont généralement constantes ; elles sont comprises entre 0,6 et 1,2 % et nous retiendrons cette dernière valeur comme limite supérieure de la concentration en carbone organique d'origine marine (SARS 6, 16, 20 et 21).

Par contre dans les marais perdus des Portes (SARS 23), au lieu-dit " Le Boutillon ", existe une forte concentration qui s'établit à 1,6 % vers - 10 cm. On peut donc considérer que le niveau carboné témoigne du dernier sol végétal formé avant la rupture de la digue en 1942, ce qui correspond à une vitesse de sédimentation de 0,35 cm/an.

Le sondage SARS 24 révèle également une forte concentration de 1,6 % à - 70 cm ; la couche supérieure représente cent ans de dépôts, donc une vitesse de sédimentation de 0,7 cm/an. Cette valeur semble élevée par rapport aux autres résultats trouvés dans le Fier, mais elle s'explique car le carottage est effectué dans un marais en cours de colonisation par les salicornes. Or, dans un marais planté, la vitesse de sédimentation est très importante car les végétaux piègent les particules et provoquent une "montée" rapide de la vase.

Les analyses effectuées sur le sondage SARS 31 font ressortir un niveau à concentration élevée à - 40 cm, la teneur dépasse 2 %.

Dans ce cas, la vitesse de sédimentation est de 0,8 cm/an.

Les vitesses peuvent donc varier du simple au double suivant le site de mesures choisi.

III-2- CALCUL DU RAPPORT C^{14}/C^{12} - DATATION ABSOLUE

Des essais de datation ont été faits sur la macrofaune, principalement sur les coquilles de Lamellibranche (*Cardium*) et de Gastéropodes. Les échantillons séparés sont en quantité insuffisante dans les sondages pour permettre deux datations sur chaque niveau.

Deux mesures ont été réalisées sur SARS 40 - entre 108 et 124 cm, entre 177 et 199 cm - et une datation entre 148,5 et 161 cm sur SARS 41.

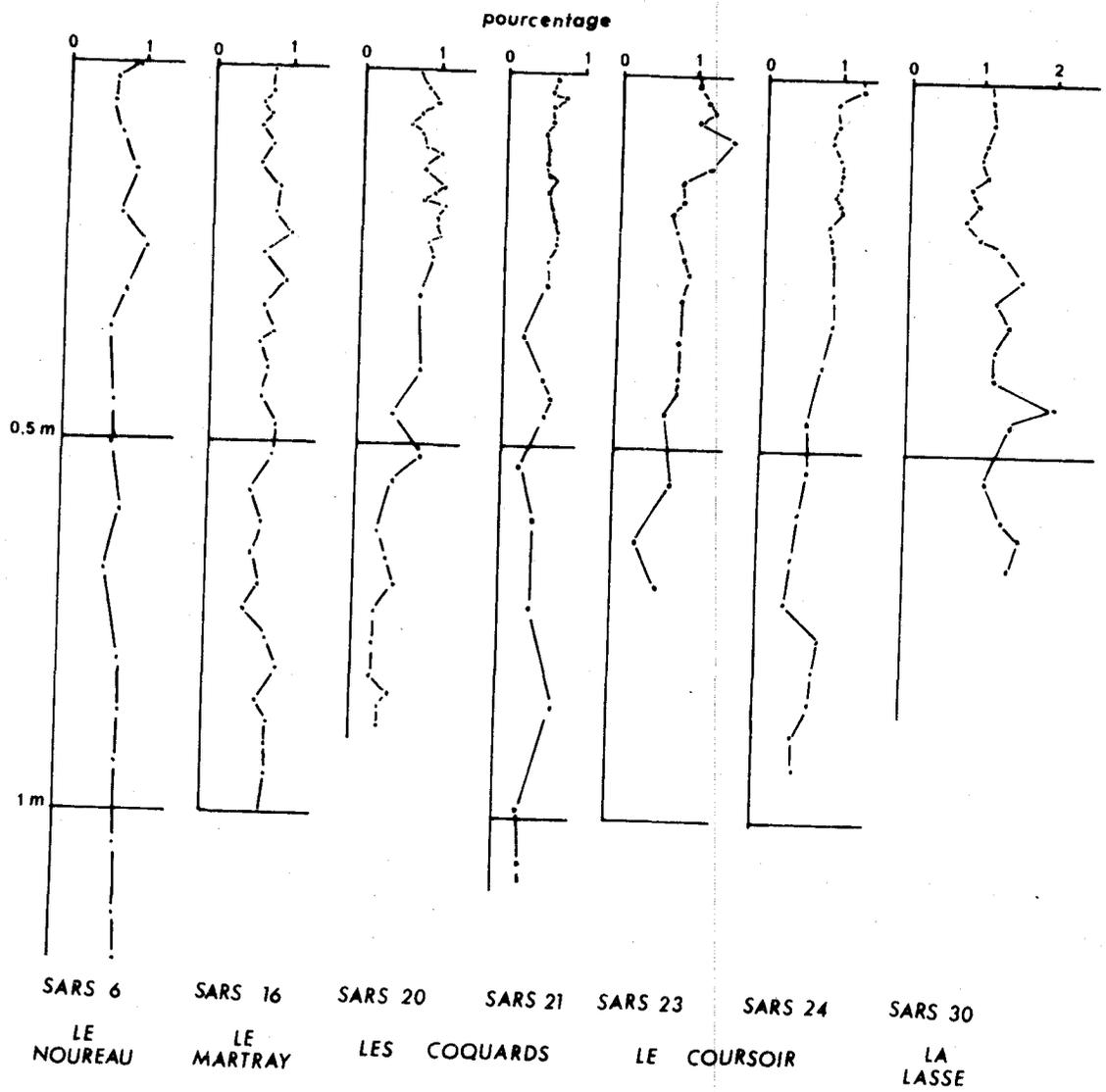


fig. 29 REPARTITION VERTICALE DU CARBONE ORGANIQUE
DANS LE FIERS D'ARS

Les résultats sont donnés dans le tableau VII ci-dessous :

Carottes	Niveau en cm.	$\delta^{14}\text{C}\%$	Age B.P. ^{1/} (ans)	Age A.D. ^{2/} (ans)
SARS 40	108	-124 - 78 ± 8	650 ± 70	1.300
SARS 40	177	-199 -125 ± 8	1070 ± 75	880
SARS 41	148,5-161	- 53 ± 8	450 ± 70	1.500

TABLEAU VII : datation absolue des échantillons de coquilles sédimentaires, Fier d'Ars.

1/ B.P. : Before Present (1950 = année de référence)

2/ A.D. : Anno Domini

Les vitesses de sédimentation correspondantes atteignent :

- 0,35 cm./an pour SARS 41 depuis 450 ans,
- 0,17 cm./an pour SARS 40 de l'An 880 à l'An 1300,
- 0,18 cm./an pour SARS 40 de l'An 1300 à nos jours.

La sédimentation est donc très lente dans les parties ouvertes du Fier. Il semble que la vitesse augmente de plus en plus (0,17 à 0,18 et 0,35) dans les terrains plus récents.

Si nous supposons que les cinq passées grossières rencontrées dans plusieurs carottes (voir supra) sont contemporaines, nous pouvons établir la valeur de la vitesse de sédimentation moyenne dans la partie sableuse du Fier d'Ars. Les résultats sont récapitulés dans le tableau VIII. Les vitesses sont comprises entre 0,1 cm/an et 0,5 cm/an, elles semblent donc plus faibles que dans la partie du Fier occupée par des vasières.

Niveaux grossiers	SARS 04	SARS 05	SARS 41	SARS 42	SARS 43
I	- 10 cm	- 15 cm	- 45 cm	- 20 cm	- 30 cm
II	- 20 cm	- 30 cm	- 60 cm	- 55 cm	- 45 cm
III	- 35 cm	- 60 cm	- 80 cm	- 100 cm	- 75 cm
IV	- 45 cm	-70-80cm	- 110 cm	- 150 cm	- 110 cm
V	- 60 cm	- 100 cm	- 150 cm	-	- 145 cm
Vitesse de sédimenta- tion cm/an	0,10-0,15	0,20-0,25	0,30-0,35	0,45-0,50	0,30-0,35

TABLEAU VIII - Calcul de Vitesses de sédimentation dans les éléments grossiers du Fier d'Ars.

III-3- DISCUSSIONS DES RESULTATS

Dans la mesure où nous cherchons à établir un parallèle entre un changement de milieu et un évènement connu qui l'a déterminé, il est nécessaire :

- que la relation de cause à effet soit indubitable,
- que l'horizon sédimentaire qui traduit le changement de milieu soit bien délimité.

A cet égard, nous devons discuter les résultats que nous présentons.

En effet :

- nous n'avons pu déterminer la teneur en azote et donc calculer le rapport C/N qui nous aurait permis d'affirmer la présence d'un sol végétal (ARRHENIUS, 1950 ; DEBYSER, 1961 ; HARTMAN, 1971 in GADEL, 1974),

- la matière organique, selon son état de dégradation est susceptible de migrer dans les sédiments, "contaminant" ainsi des couches adjacentes (GADEL, 1974 ; CAHET, 1974). Il est d'ailleurs fréquent de constater la diffusion de matières organiques dans les sédiments fins. Une recherche de produits organochlorés dans quelques carottes du Fier d'Ars (fig. 30 et 31) en apporte une preuve supplémentaire (MESTRES et al., 1974).

Ainsi sommes-nous amenés à différencier la qualité des résultats.

Seul le sondage SARS 15 montre un sol en place et fournit un résultat non critiquable. Dans les autres cas, la définition d'un sol terrestre à partir de la concentration du carbone organique est plus délicate. En dessous de

fig.30 CHROMATOGRAMME DE PCB
sur chromatographe DC 200 Ni

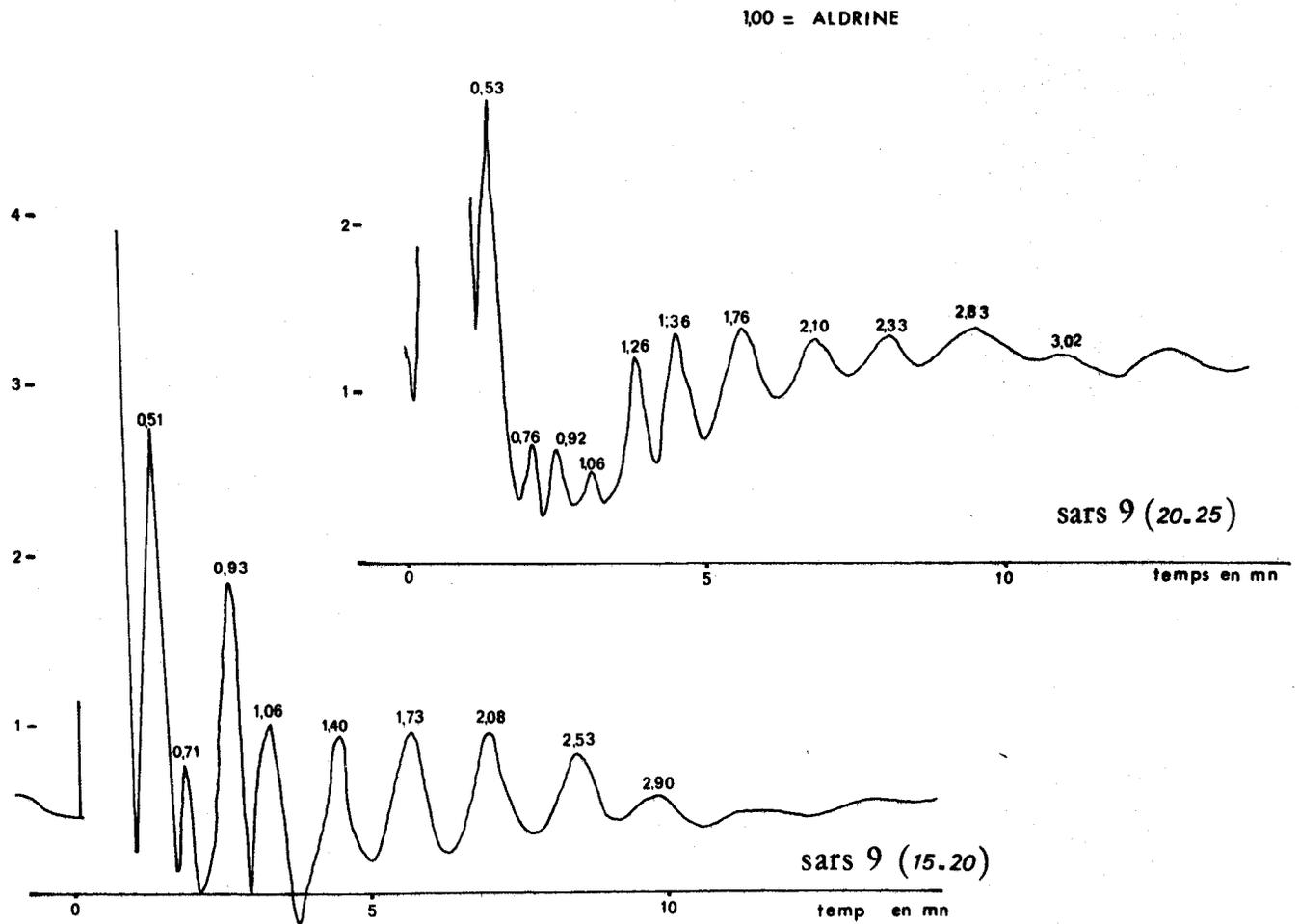
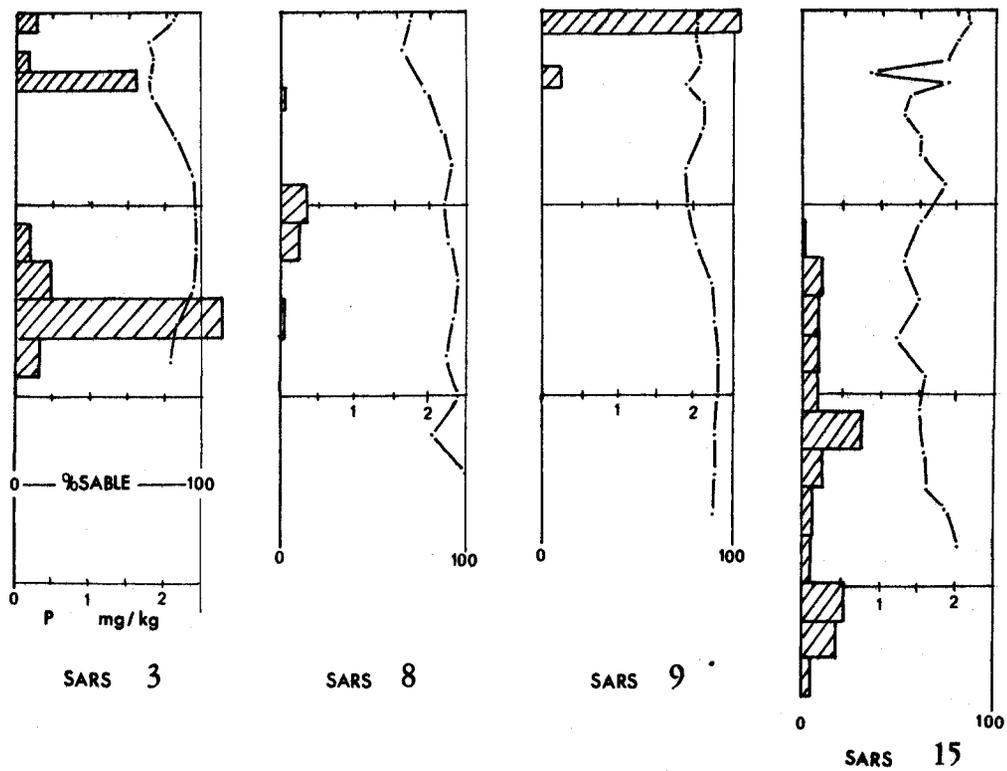


fig.31 SCHEMAS DES CONCENTRATIONS EN PCB
en fonction de la profondeur et du % argile-sable



1,7 %, nous devons considérer le résultat comme douteux et Mauvais s'il est inférieur à 1,2 %. En conséquence, seuls les résultats obtenus sur SARS 31 (La Lasse) peuvent être considérés comme significatifs.

De même, l'étude des corrélations de niveaux sédimentaires à lithofaciès identique ne peuvent donner des résultats valables car on ne dispose pas d'autre argument pour affirmer la validité des corrélations, dans un milieu où les interstratifications de faciès lithologiques sont la règle.

Nous avons consigné tous les résultats dans le tableau IX en indiquant les résultats valables (trait continu) et les résultats douteux (tiretés).

Site	Carotte	Durée de la mesure	Vitesse de sédimentation (cm/an)
Chenal des Villages	<u>SARS 40</u>	420 ans	0,15 - 0,20
	<u>SARS 40</u>	650 ans	0,15 - 0,20
	<u>SARS 41</u>	450 ans	0,35
La Lasse	<u>SARS 30</u>	50 ans	0,4
	<u>SARS 31</u>	50 ans	0,8
Le Coursoir	<u>SARS 24</u>	100 ans	0,7
Le Boutillon	<u>SARS 23</u>	30 ans	0,35
Les Coquards	<u>SARS 15</u>	50 ans	0,4
	<u>SARS 20</u>	50 ans	0,6
	<u>SARS 21</u>	50 ans	0,8
Pointe des Niges	<u>SARS 42</u>	330 ans	0,45 - 0,50
Gros Sable	<u>SARS 43</u>	450 ans	0,30 - 0,35
Chenal du Martray	<u>SARS 04</u>	450 ans	0,10 - 0,15
	<u>SARS 05</u>	450 ans	0,20 - 0,25

TABLEAU IX : Vitesse de sédimentation dans le Fier

Nous pouvons finalement considérer que les moyennes probables atteignent :

- 0,4 cm/an dans les chenaux,
- 0,4 cm/an sur les plateaux vaseux et dans les marais perdus ouverts,
- 0,7 cm/an dans les marais perdus très protégés.

IV - CONCLUSION

Le Fier d'Ars subit actuellement un colmatage sableux important qui tend à faire progresser les nappes des sables fins (F II) et des sables moyens (A) et (B) à l'intérieur en direction du Sud. Simultanément, une accumulation de sédiments pélitiques se développe dans les zones abritées. Les vases sont partout liées à la répartition des sablons (F I).

Dans le wadden, les sablons et les vases suivent la même dynamique, leur vitesse de dépôt est élevée (jusqu'à 0,8 cm/an dans La Lasse et dans Les Coquards). Dans les secteurs dominés par la sédimentation sableuse les nappes progressent sur la sédimentation fine plus ancienne.

La suite des événements qui ont contribué à la formation du Fier d'Ars semble s'établir ainsi.

Sur une morphologie différenciée, le remblaiement du Fier a pris naissance dans les zones protégées marginales. Ainsi, notamment, s'est constituée une vasière à l'abri d'un cordon dunaire plus occidental que l'actuelle dune de la Conche des Baleines. Au centre des " coureaux " interinsulaires, balayés par des courants, la sédimentation est réduite, grossière et coquillière.

Par la suite, probablement après la fermeture des passes situées entre les files, les caractères de la sédimentation ont changé. L

L'analyse des particularités lithologiques des dépôts montre que :

- En profondeur, le triage granulométrique des sédiments s'effectue d'Ouest en Est,
- En surface, une entrée de matériaux par la Rente du Fier détermine une répartition zonée des nappes sédimentaires entre le Nord et le Sud avec toutefois un domaine d'accumulation privilégié au niveau du banc du Gros Sable.
- A l'Ouest, la dune progresse sur la vasière jusqu'à sa fixation récente.
- La vitesse de sédimentation varie suivant le régime dynamique :
 - . Dans les chenaux, où règnent les plus fortes vitesses, la valeur moyenne est de 0,2 cm/an.
 - . Sur les étendues de vases et de sables du Fier d'Ars, les dépôts sont plus rapides : 0,4 cm/an.
 - . A l'intérieur des marais perdus et dans les secteurs très calmes du wadden, la sédimentation est de l'ordre de 0,7 à 0,8 cm/an.

CONCLUSION DE LA 2^o PARTIE

Les dépôts post-glaciaires de la côte nord-ouest de l'Ile de Ré suivent les grands axes de l'hydrodynamique ; leur étude met en évidence les directions de transits sédimentaires dans le Pertuis Breton depuis les zones externes situées à l'Ouest du Haut-Banc du Nord jusqu'aux régions internes, le Fier d'Ars.

Nous résumons brièvement les différentes répartitions des nappes sédimentaires en utilisant particulièrement les sables (A) et (F) qui sont les éléments les plus mobiles actuellement. Les nappes grossières (B) et (G) sont les témoins d'une couverture fossile mise en place durant la régression pré-flandrienne sous l'action des cours d'eau (BARUSSEAU 1973).

- La nappe (A) : Annexe III pL. 10

Les sables moyens (A) forment une nappe continue au large, sur la zone des seuils vendéo-rétais (voir 1^o partie). Ils franchissent le Haut-Banc du Nord (1), transitent le long du couloir d'alimentation du Lizay (2) ou bien viennent se stocker au niveau de la Conche des Baleines (3). Sur l'estran, ils progressent le long de la côte, en direction de la Pointe du Lisay (4) où ils traversent le platin rocheux (5) pour revenir sur le couloir d'alimentation. Les cheminements sont ainsi réunis (6) en un axe dirigé vers le plateau de Loix qui s'infléchit à la côte (7). Les sédiments, par la suite, sont :

- ré-entraînés au large par le courant de jusant (8)
- accumulés sur le Banc (9)
- portés dans le Fier (10) où ils s'étalent en respectant les chenaux de pénétrations du flot dans la vasière.

- La nappe (F) : Annexe III, pl. 11

Les sables fins suivent de manière générale la répartition des sables (A) au large. Dans le Fier, deux populations différentes (les sables fins F II et les sablons F I) s'individualisent. En fait, les premiers correspondant aux sables (F) du large tandis que les seconds forment une classe nouvelle qui était absente au large. Ils suivent la dynamique des pélites dans les zones internes et les marais perdus.

- Les nappes (B) et (G) : Annexe III, pl. 12 et 13

La disposition des éléments grossiers (B) et (G) ne peut être expliquée par les conditions hydrodynamiques régnant actuellement dans le milieu. En effet, ils apparaissent à la faveur de fenêtres dans le recouvrement meuble constitué par les nappes (A) et (B). Ils sont plus anciens que la couverture.

Dans le Fier d'Ars, la disposition des nappes n'a pas toujours été la même ; ainsi pouvons-nous résumer l'évolution de cette région par le processus suivant :

- Les îles (des Portes, d'Ars, de Loix et de St Martin) sont indépendantes et dans la dépression interinsulaire se déposent des éléments grossiers souvent coquilliers.

- Progressivement, le cordon dunaire de la Conche des Baleines colmate le détroit situé entre les îles des Portes et d'Ars. En arrière, des dépôts pélagiques s'accumulent.

- Après la fermeture du Martray deux seules ouvertures subsistent : la Rente du Fier et le "détroit" de Loix (situé entre l'île de Loix et l'île de St Martin). Par la première entrée, pénètrent des nouveaux éléments grossiers qui s'épandent dans la vasière sous forme de grandes nappes sédimentaires individualisées. Au XVII^e siècle, l'îlot de Loix est rattaché à l'île de Ré (voir 3^e partie) et le wadden subit un comblement de plus en plus rapide qui peut atteindre 0,8 cm/an dans les zones les plus protégées. La vitesse moyenne de sédimentation que nous retiendrons, est de 0,4 cm/an pour l'ensemble de la vasière.

Dans la 3^e partie de cette étude, nous nous efforcerons de vérifier l'importance des axes de transit et calculerons les vitesses actuelles de migration des nappes sédimentaires sur la côte nord-ouest de l'île de Ré.

TROISIEME PARTIE

La dynamique sédimentaire.

INTRODUCTION

Après avoir décrit les caractères de l'environnement et la répartition des nappes sédimentaires sur le littoral rétais, nous chercherons à déterminer les relations qui les unissent.

Nous nous efforcerons tout au long de cet essai de discerner le rôle et l'importance des différents facteurs dans l'évolution du littoral.

Dans ce but, nous présenterons les résultats obtenus par diverses méthodes mises en oeuvre en tenant compte de l'espace dans lequel se déroulent les phénomènes de déplacement sédimentaire et de leur durée.

Les mouvements océaniques et atmosphériques sont pratiquement tous assimilables à des mouvements périodiques. Au sens large du terme, la répétition des saisons, par exemple, représente un phénomène cyclique et la courbe des températures au cours des années peut-être également assimilée à un tel phénomène.

Afin d'évaluer l'importance de chaque agent dynamique, nous essayerons de déterminer son champ d'action et sa période :

- le champ d'action correspond à l'espace dans lequel il agit,
- la période représente l'intervalle de temps durant lequel il s'accomplit.

Nous présentons dans le tableau X une classification des mouvements cycliques ordonnés d'après leur période.

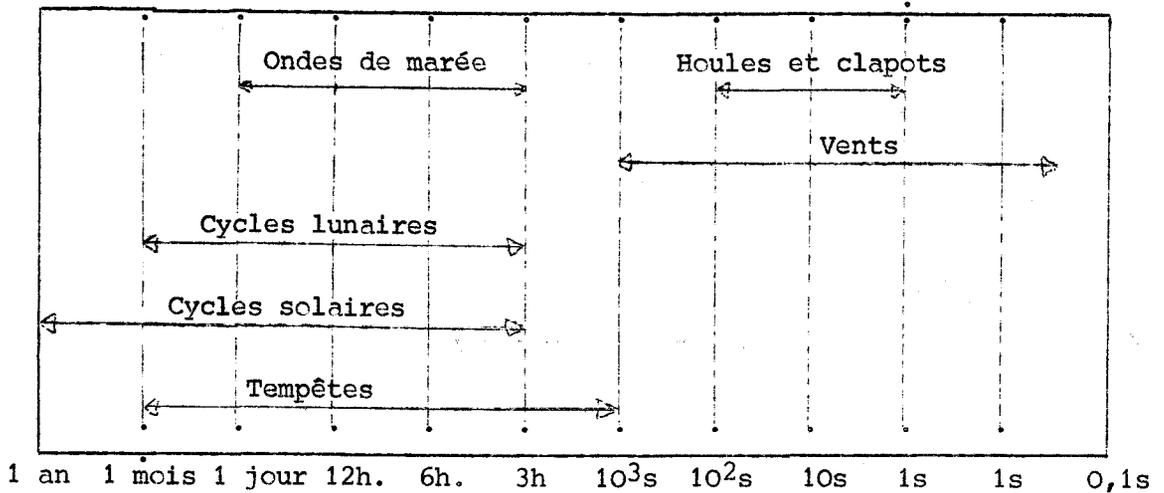


TABLEAU X : Classification des mouvements cycliques d'après leur période (adapté du MUNK, 1951).

Ce tableau met en évidence les différents phénomènes (cycles solaires, cycles lunaires, tempêtes, marées, vents, houles) ayant une influence dynamique sur le milieu sédimentaire. Il établit également la durée de leur action puisque trois groupes de phénomènes cycliques affectent le milieu marin :

- les phénomènes brefs : houle, clapot, vent,
- les phénomènes de durée moyenne : marée et sa pulsation luni-solaire (déchet et récif),
- les phénomènes de longue durée : saisons.

On ajoutera une quatrième catégorie déterminée par l'existence de processus de très longue durée, notamment les phénomènes liés à l'achèvement de la transgression flandrienne.

En conséquence, l'étude de chaque catégorie implique l'usage de méthodes différentes. Plus précisément, nous analyserons :

- l'action de la houle à la côte et son influence pendant le flot, par l'emploi de traceurs luminescents et l'étude des figures sédimentaires,
- les déplacements dus aux marées et aux cycles saisonniers, à l'aide de marqueurs radioactifs à plus ou moins longue période (or, chrome, ou iridium),

- les transits à l'échelle de plusieurs années le long de l'île, par l'étude des relevés systématiques de la bathymétrie et la comparaison des photographies aériennes,
- enfin, l'évolution séculaire du littoral, par la comparaison des cartes anciennes et par l'interprétation sédimentologique de la disposition de la couverture meuble.

CHAPITRE I

ETUDE DES PHENOMENES BREFS

SOMMAIRE : L'emploi de traceurs luminescents, associé à une étude systématique des figures sédimentaires, révèle l'importance des transits côtiers provoqués par l'action conjuguée d'un cycle de marée et d'un régime de houle donnés.

L'étude des phénomènes brefs sur les estrans rétais, c'est-à-dire des processus sédimentaires engendrés essentiellement par les houles, a conduit à l'emploi de luminophores.

L'utilisation des traceurs luminescents connaît un développement très important depuis les vingt dernières années. Employé de manière intensive en U.R.S.S., ce moyen de contrôle des transits a fait l'objet de nombreuses études dans les pays occidentaux. Nous citerons les travaux de TELEK (1965), INGLE et JAMES (1966), WARREN et YASSI (1966) et CHAUVEAU (1973) établissant des méthodes qualitatives de ceux de BASTIN (1965), DE VRIES (1966) et JOUANNEAU (1974) représentant des méthodes quantitatives.

Les expériences auxquelles nous nous sommes livrés se sont déroulées suivant le protocole d'étude préconisé par INGLE et JAMES (1966) décrit en annexe (I. § II).

En outre, il nous a fallu définir les conditions hydrodynamiques existantes lors de chaque expérience. A cet effet, un relevé systématique des figures sédimentaires de la plage renseigne sur les conditions de milieu antérieures et leur évolution au moment de l'expérience (plage d'acréation : La Loge, ou d'érosion : la Conche des Baleines).

I - ESSAI PONCTUEL DE DEPLACEMENT SEDIMENTAIRE PAR IMMERSION DE TRACEURS LUMINESCENTS :

I.1. BUT DE L'ETUDE

Les traceurs luminescents ont été employés dans un double but, d'une part mettre en évidence le déplacement des sédiments au moment du flot sous l'effet de la dynamique littorale et des courants de marée, d'autre part déceler un transport sableux sur l'avant-côte.

Nous établirons une comparaison entre plusieurs séries d'immersions de traceurs en divers point du littoral et de l'avant-côte (fig. 32) :

- à l'Est de l'épi 4 sur la Conche des Baleines, au lieu-dit "La Solitude",
- au centre de la Conche, au lieu-dit "Le Peu Bouillat",
- à la Pointe du Lizay ("Descente de Rivière"),
- sur la plage de La Loge et l'Anse du Fourneau.

Les expériences ont été réalisées au cours de trois périodes : en mars, avril et août-septembre 1972.

Pendant la première et la troisième période, sous un régime de vent d'Est, la houle est pratiquement absente. La deuxième série effectuée après une tempête, accuse les effets d'un régime de fortes houles de secteur ouest.

I.2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Au cours des premières expériences nous avons cherché à déterminer le comportement hydrodynamique des différentes populations mises en évidence par l'analyse modale [fractions (F), (A), (B)].

Dans le domaine géographique accessible, à ce type d'investigations (annexe I. § II.2.) les fractions (F) et (B) présentent une trop grande mobilité et échappent rapidement au contrôle. En conséquence, seule la fraction (A) fournit des informations exploitables.

Ce résultat était prévisible dans la mesure où la population (A) est, nous l'avons vu, en équilibre dynamique sur l'estran. Les résultats sont résumés par des cartes d'isodensité des grains luminescents.

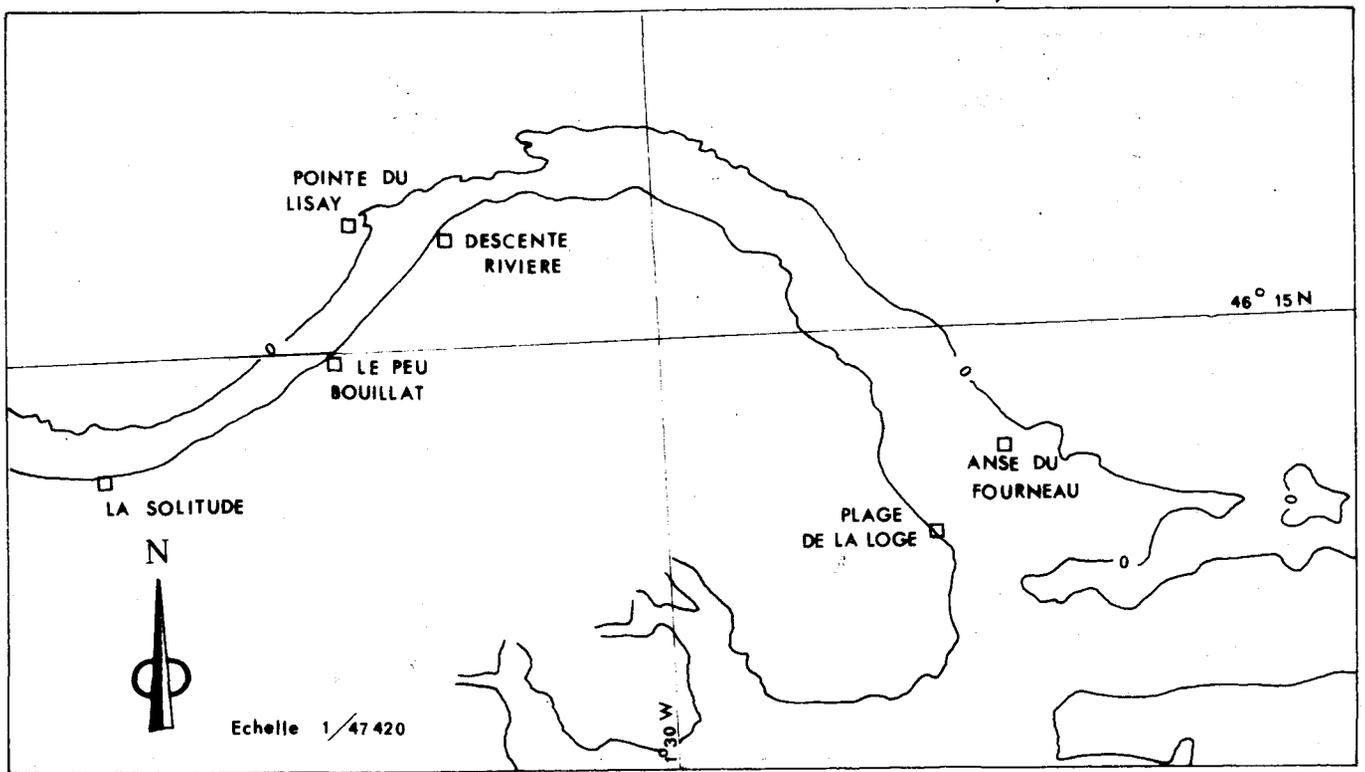


fig.32 SITES D'IMMERSION DES TRACEURS LUMINESCENTS

Légende des figures 33, 34, 35 et 36

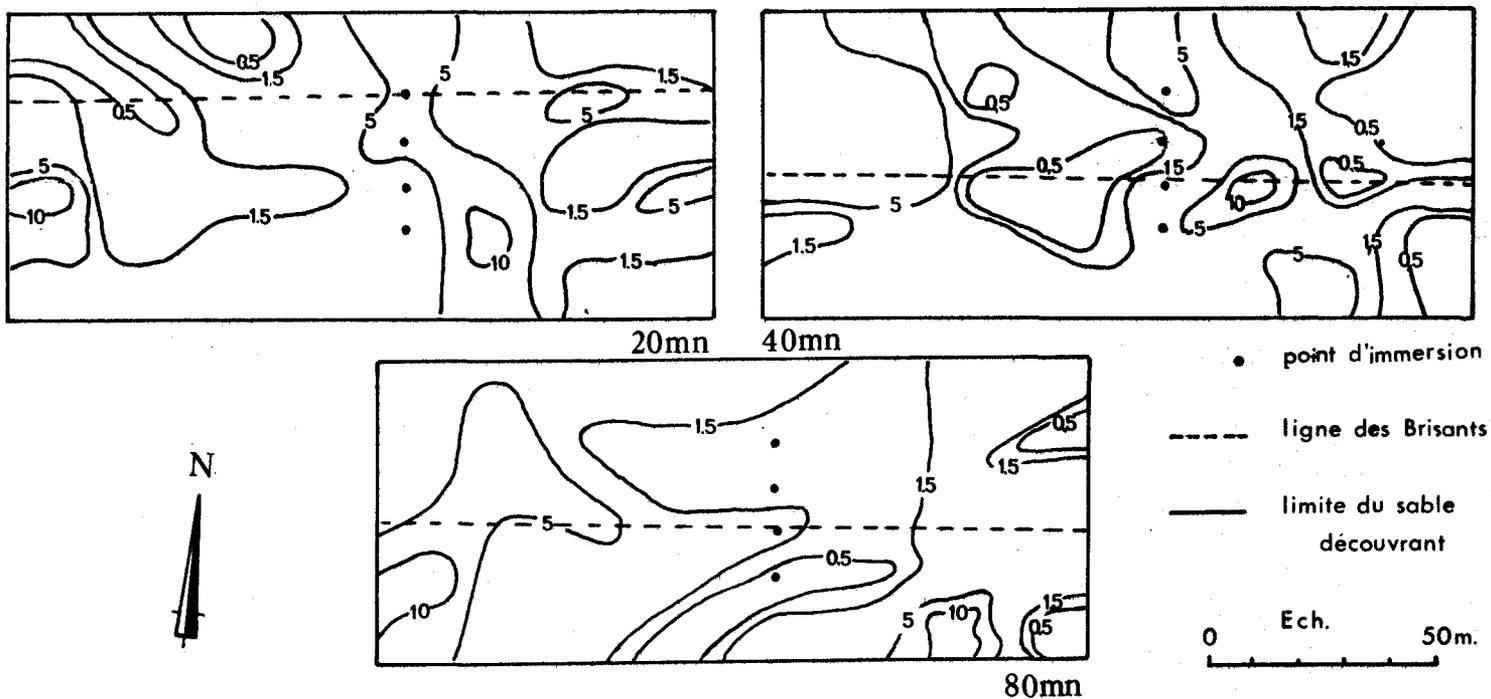
—— 5 —— courbe d'isodensité des grains luminescents. Le chiffre "5" représente le nombre de grains luminescents retrouvés sur une plaque carrée de 10 cm de côté.

20 mn : Etalement des grains luminescents 20 minutes après l'immersion.

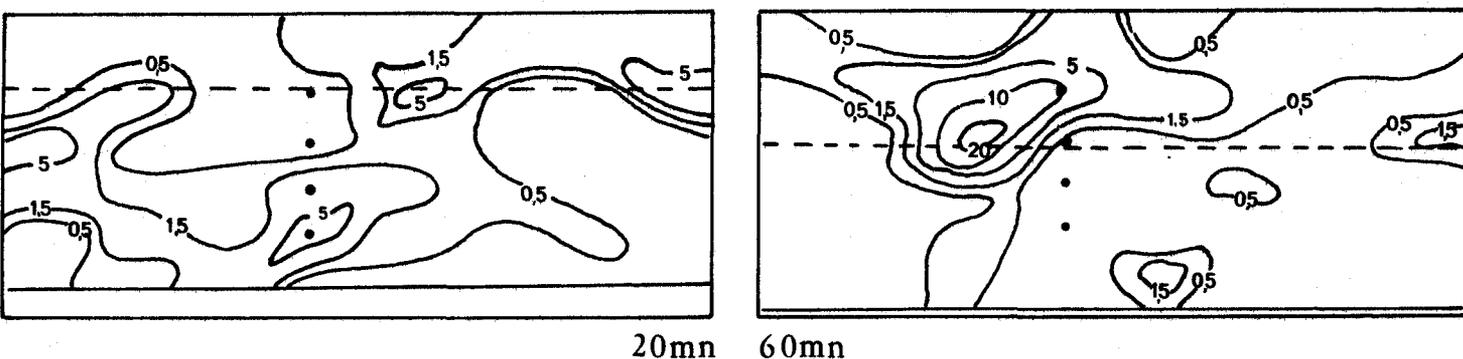
fig.33 CARTES D'ISODENSITE DES GRAINS LUMINESCENTS

Station : LA SOLITUDE

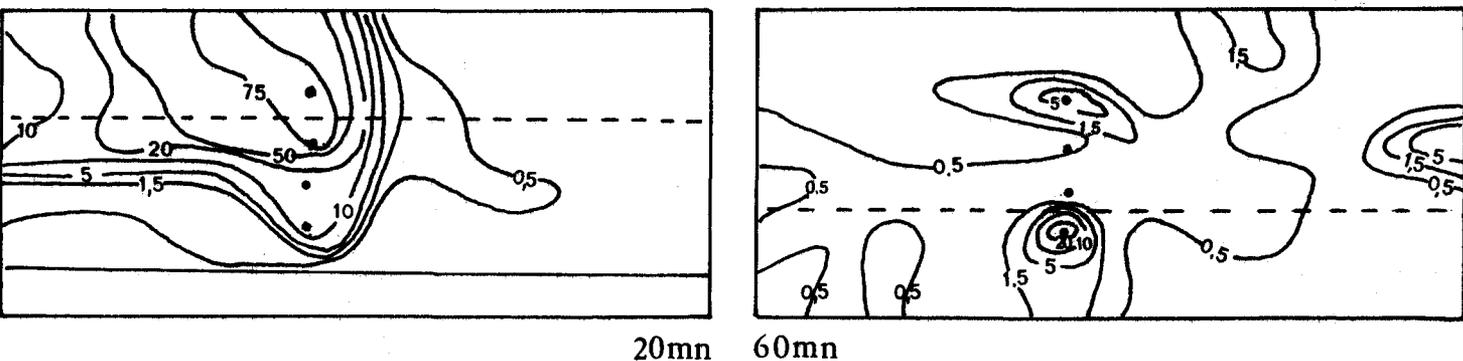
Expérience du 11 mars 1972



Expérience du 31 mars 1972



Expérience du 5 septembre 1972



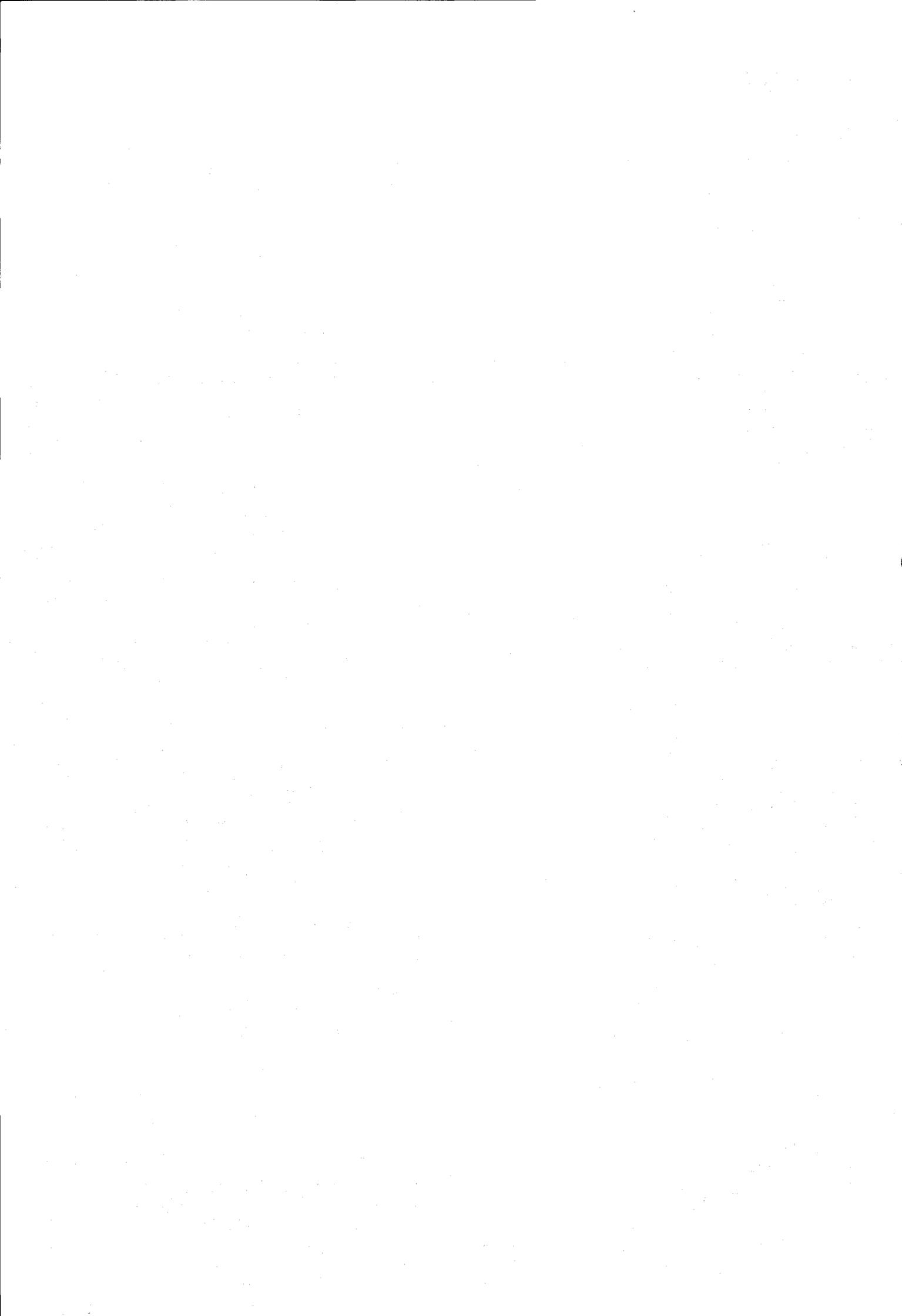
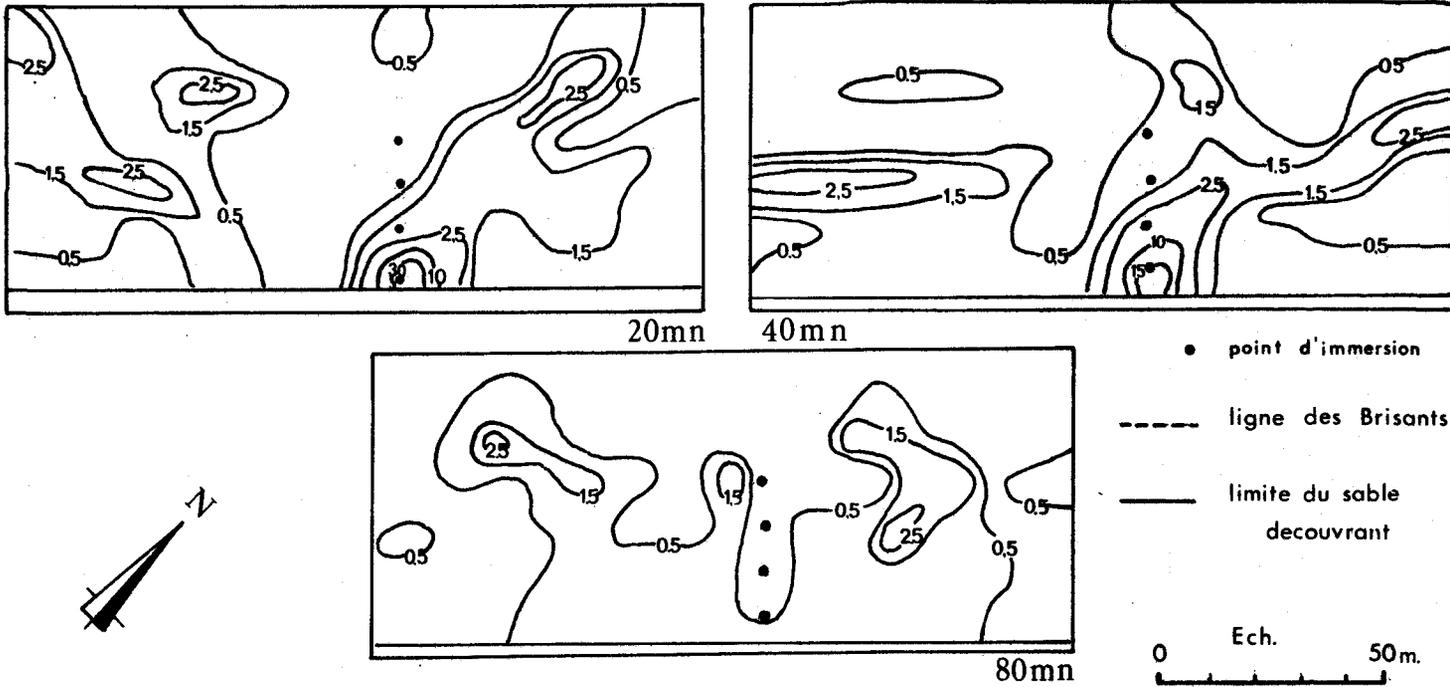


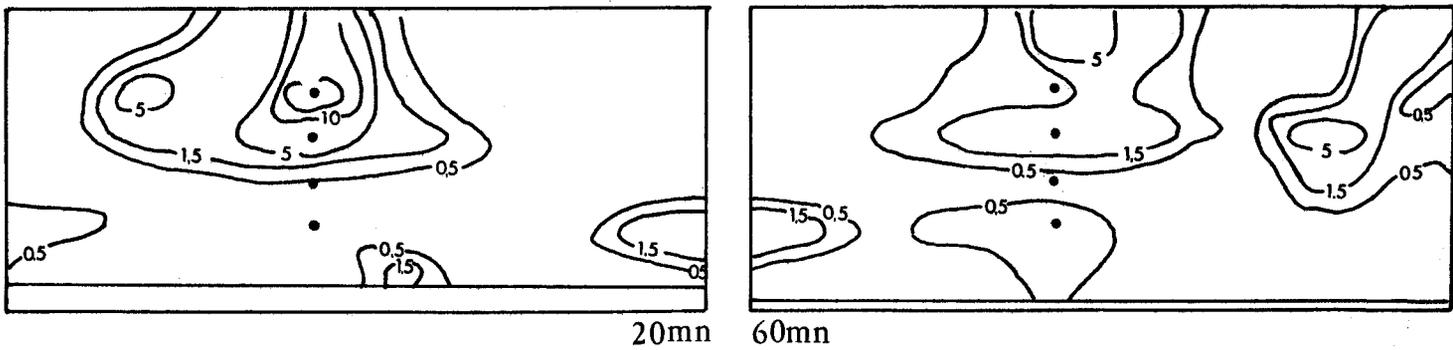
fig.34 CARTES D'ISODENSITE DES GRAINS LUMINESCENTS

Station : LE PEU BOUILLAT

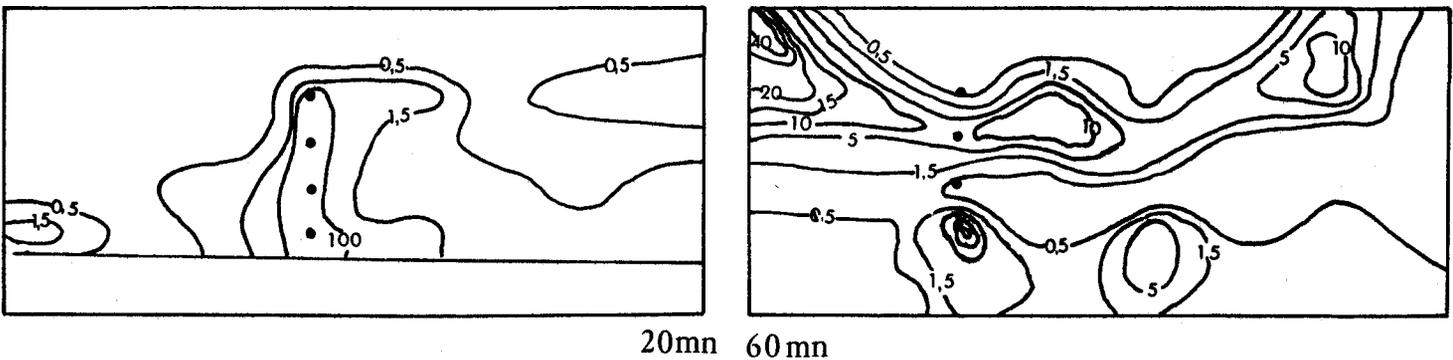
Expérience du 14 mars 1972



Expérience du 2 avril 1972



Expérience du 6 septembre 1972



1.2.1. A L'EST DE L'EPI 4, AU LIEU-DIT "LA SOLITUDE" (fig. 33)

Trois expériences (11 mars, 31 mars et 5 septembre 1972) ont été réalisées. Malgré des conditions météorologiques très différentes, nous observons une accumulation circonstancielle à l'abri de l'épi 4, soit près de la dune (le 11 mars), soit en direction de la partie distale de l'obstacle artificiel (le 31 mars).

Mais le phénomène essentiel dans cette partie de la côte, est un entraînement vers l'Est dans deux zones privilégiées de l'estran :

- dans la zone de jet de rive, où a lieu le déplacement classique en "dents de scie", dû à l'attaque oblique de la houle par rapport à la plage (expérience du 11 mars).

- dans la zone de déferlement, où la dérive littorale résulte de l'action de la houle (expérience du 31 mars et du 5 septembre). Ce phénomène provoque une accumulation d'eau, entraînant un déplacement parallèle à la plage (CUCHLAINE et KING, 1959). La bande de transit résultante occupe donc une surface comprise entre le jet de rive et la zone des brisants.

1.2.2. LIEU-DIT "LE PEU BOUILLAT" (fig. 34)

La morphologie particulière de la plage en ce lieu semble responsable de la formation d'un courant d'arrachement (cf. I^o Partie, § II.3.). Ce phénomène est épisodique et ne se produit que durant de brefs intervalles de temps au cours des hautes mers de vive eau et des tempêtes. Les vitesses élevées atteintes par ce type de courant, déterminent l'entraînement des grains vers le large. L'absence de grains luminescents à ce niveau en est une preuve.

Le déplacement des sédiments est commandé par trois processus :

- le jet de rive permet une dispersion du sédiment grâce à son transport en "dents de scie" en direction de l'Est (expérience du 14 mars et du 6 septembre),
- le mouvement de retour reprend le sédiment en direction du Nord-Ouest ; il existe donc une complémentarité entre le jet de rive et le mouvement d'undertow. Une concentration du sédiment s'effectue dans la zone des brisants qui demeure un secteur d'accumulation préférentielle (expérience du 2 avril et du 6 septembre),

- enfin, un courant sagittal, se manifeste, notamment au cours de la première détection le 14 mars par l'interruption, immédiatement au Nord-Ouest de la ligne des points d'immersions, des courbes d'isodensité en grains colorés.

I.2.3. AUX LIEUX DITS "DESCENTE RIVIERE" ET "LE LIZAY" (fig. 35)

Le premier site d'expérience retenu est situé à l'Est de la Conche des Baleines près de la pointe rocheuse du Lizay, limite orientale de la plage proprement dite.

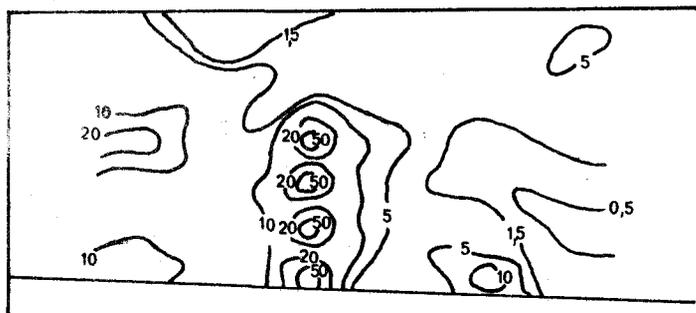
Le second se trouve à 200 m, au large du précédent, de l'autre côté de la ligne des brisants.

Les résultats obtenus mettent en évidence :

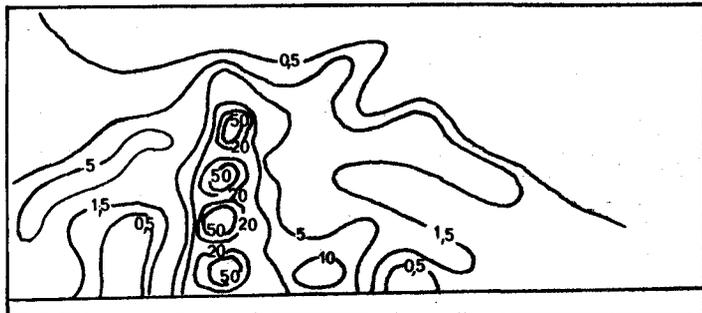
- l'étalement du sable marqué dans la zone de déferlement en direction de la plage,
- le piégeage des matériaux dans une zone calme, formée par l'abri de la Pointe du Lizay,
- la mise en suspension et le départ du sédiment à partir de l'estran et de l'avant-côte en direction du Nord-Est sous l'effet du courant de retour ("Undertow").

Finalement, à la Pointe du Lizay, se situe une zone de concentration du matériel sableux en transit sur l'estran de la Conche. Cependant, en raison de la faible hauteur (1 m) de la micro-falaise calcaire qui limite ce compartiment à l'Est, le site ne fonctionne pas totalement comme un piège et une certaine quantité, que nous déterminerons par la suite, se trouve être entraînée soit vers le large, soit sous la forme d'une mince bande sableuse sur le platin rocheux.

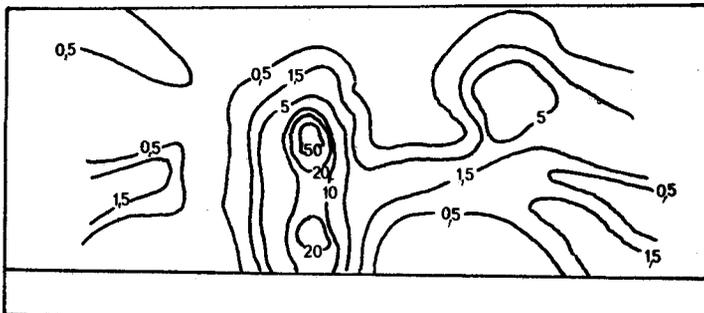
En conséquence, on peut préciser que le courant de retour, moteur de cette action, n'en est pas la seule cause puisque le déséquilibre du bilan sédimentaire est également un facteur de processus.



15 mn



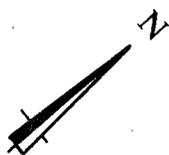
30 mn



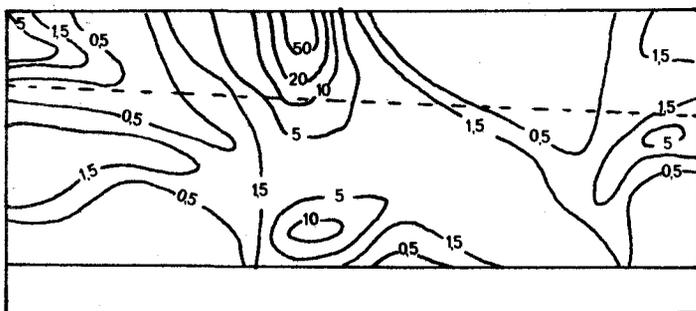
60 mn

— limite du sable
découvrant

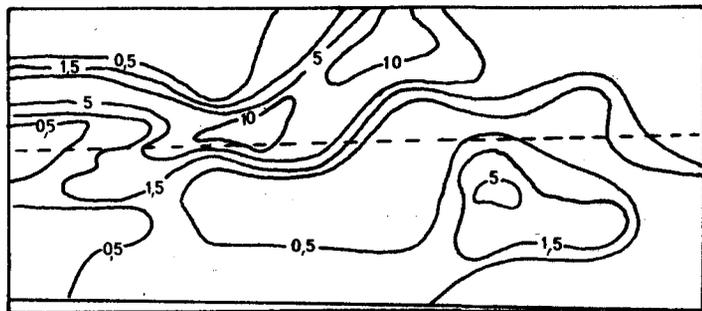
0 50 m



station: Descente Riviere le 15.3.1972



20 mn

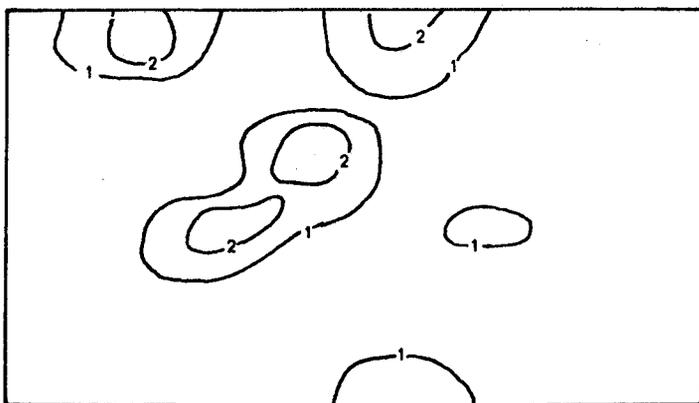


60 mn

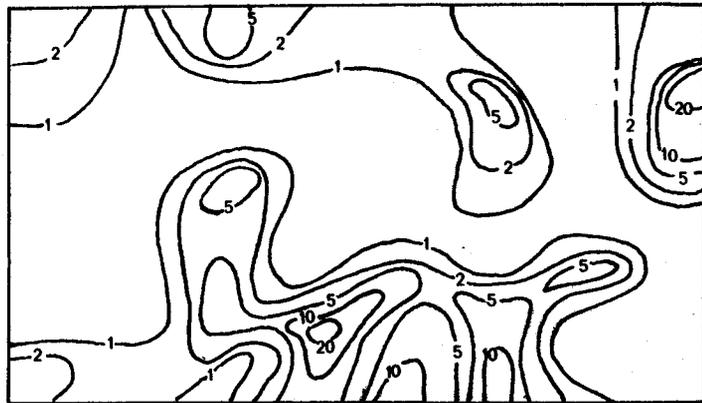
station: Descente Riviere le 3.4.1972

fig.35 CARTE D'ISODENSITE DES GRAINS LUMINESCENTS

station: Le Lizay le 8 & 9.8.1972



1h



24 h

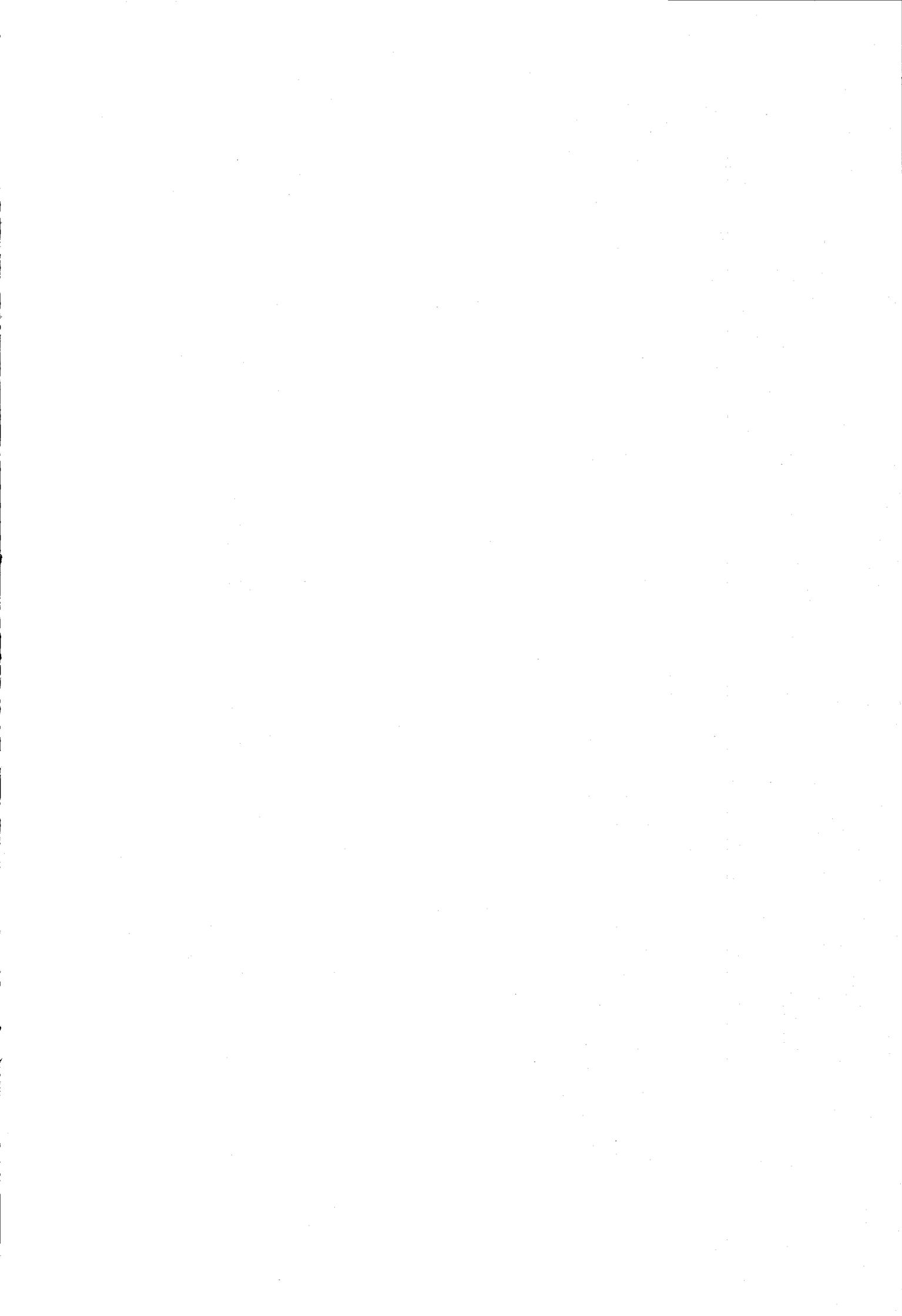
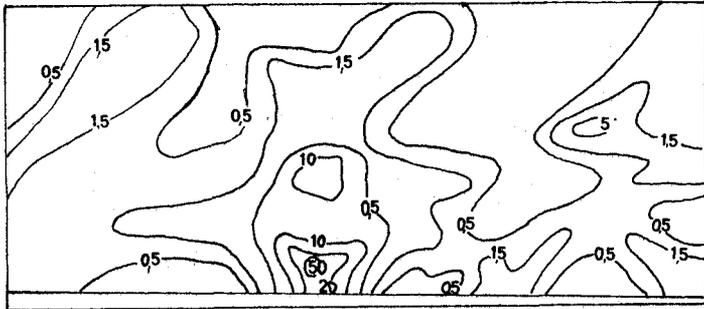
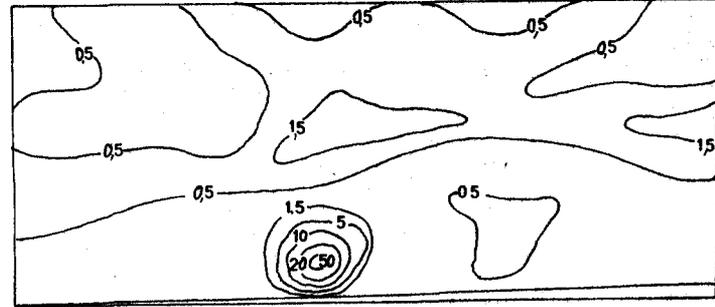


fig. 36 CARTES D'ISODENSITE DES GRAINS LUMINESCENTS

a) station de la Plage de la Loge le 17.08.1972

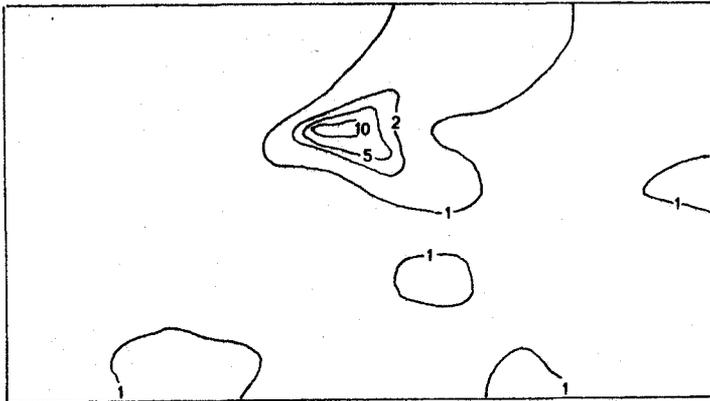


20'



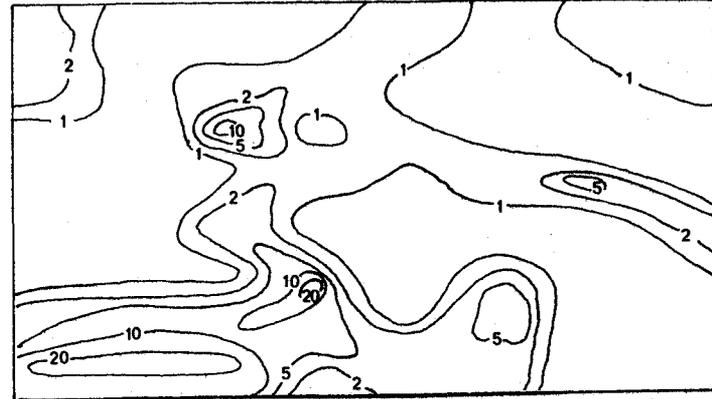
60'

b) station de l'Anse du Fourneau

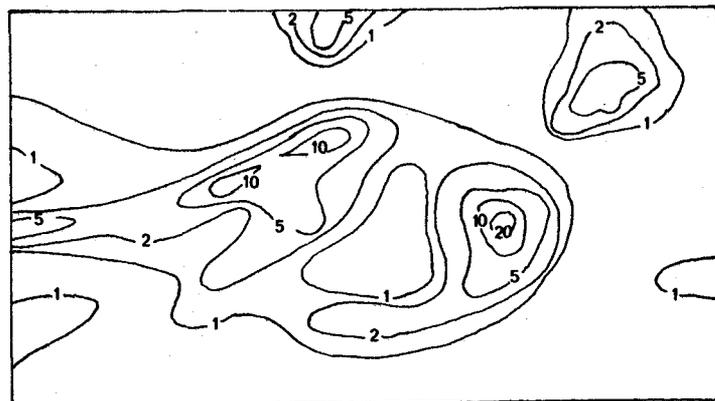


le 30 & 31. 8. 1972

4 h



23 h



le 4 & 6. 8. 1972

48 h



— limite du
sable découvert

I.2.4. LA PLAGE DE LA LOGE ET L'ANSE DU FOURNEAU (fig. 36)

Ce secteur d'étude est constitué par la zone d'enracinement du Banc du Bûcheron. Nous avons effectué trois expériences :

- une sur le haut estran (la plage de La Loge) par un régime météorologique exceptionnellement calme (mer zéro). Seul le courant de marée agit parallèlement à la côte sur les déplacements sédimentaires en étalant le sable situé au large. La dispersion s'accuse par la suite soulignant ainsi le rôle dynamique important joué par les courants de flot aux abords du Banc du Bûcheron.
- deux sur l'avant-côte (l'Anse du Fourneau) par une mer belle engendrant un clapot inférieur à 0,40 m. Le sable luminescent se concentre dans la ligne des brisants de basse mer, zone de forte énergie qui draine le matériel sableux à partir du point de dépôt. De plus, dans les deux cas, le centre de gravité de la tache luminescente se déplace vers le Sud-Ouest, en direction du littoral.

I.3. CONCLUSION

La méthode des traceurs luminescents, malgré le handicap de la dilution considérable des grains marqués dans le sédiment naturel, offre néanmoins une technique de choix pour mettre en évidence *les éléments de la dynamique littorale*. Il est nécessaire pour cela de procéder à des *expériences répétées dans le temps et l'espace*, ce que nous avons tenté de réaliser en choisissant quatre points du littoral et deux points de l'avant-côte et en pratiquant plusieurs détectations en chacun de ces points.

Sur la côte nord-ouest de l'île de Ré, les phénomènes essentiels de la dynamique littorale sont clairement matérialisés, notamment :

- le transit par jet de rive (La Solitude),
- le stockage des sédiments au niveau des brisants (La Solitude - Le Peu Bouillat),
- la mise en évidence de courant d'arrachement (Le Peu Bouillat),
- la sédimentation temporaire à l'abri d'une barrière rocheuse (Descente Rivière),
- l'entraînement en direction du Nord-Est au Lizay (Descente Rivière),
- l'influence locale de la morphologie (Anse du Fourneau).

Ces mouvements sub-instantanés malgré leur faible ampleur intrinsèque jouent, à la longue, un rôle important en déplaçant des masses sédimentaires considérables. Il est évidemment regrettable que l'on ne puisse évaluer quantitativement ces mouvements et les volumes mobilisés mais il est néanmoins possible d'apprécier la grande rapidité de l'étalement des grains et leur rapide disparition du champ d'expérience. Un intense *brassage littoral* est ainsi suggéré et des *orientations fondamentales de transits* apparaissent clairement, à savoir :

- sur la Conche des Baleines, une migration des sédiments *vers l'Est*,
- à la Pointe du Lizay un piégeage momentané suivi d'une élimination *vers le large*,
- à l'Est de cette pointe, un déplacement progressif *vers des secteurs plus internes*.

II - ETUDE DES FIGURES SEDIMENTAIRES

II.1. BUT DE L'ETUDE

Les figures sédimentaires sont des altérations de l'horizontalité des couches meubles sous l'influence d'agents variés ; facteurs dynamiques ou biologiques, gravité. Nous nous sommes intéressés aux traces superficielles des plages qui traduisent l'adaptation du sédiment aux houles et aux courants et plus particulièrement les rides, les mégarides et les croissants de plage.

L'étroite dépendance entre ces figures sédimentaires et la dynamique littorale ressort de nombreux travaux et l'énumération qui suit, loin d'être exhaustive, en fournit les bases. BOURCART et ROMANOVSKY (1945) décrivent la formation des rides sur les estrans ; LAFOND (1954), RIVIERE et al, (1961-1962) précisent ces notions, tandis que les premières mesures in situ reviennent à CUCHLAINE et KING (1959), CHERRY (1966), GRIM (1968) et INMAN et al (1969). Récemment, TANNER (1966) et surtout TRENHAILE (1973) établissent les relations entre les figures de plages et la vélocité des courants. Simultanément des travaux sur la formation des rides et des dunes sont entrepris sur modèles réduits ; remarquons plus précisément ceux de LARRAS (1957, 1959, 1961) ; ceux de CHABERT et CHAUVIN (1965) et de ALLEN (1965).

La géométrie des figures sédimentaires dépend de deux facteurs :

- l'action de la houle à la côte que nous illustrerons par l'étude des croissants de plage et des rides de la Conche des Baleines,
- la direction et la vélocité des courants de marée dont les mégarides du Banc du Bûcheron montrent l'influence.

Néanmoins en raison de leur identité de forme et de genèse nous étudierons, dans un premier temps, les rides et mégarides et dans un deuxième la formation des croissants de plage.

II.2. ETUDE DES RIDES ET MEGARIDES

Sur les estrans ou sur le Banc du Bûcheron, les figures sédimentaires observables sont évidemment déterminées par le jusant car la submersion du site empêche toute observation durant le flot. Sur le couloir du Lizay cependant, une série de mesures a été effectuée en plongée durant la montée.

II.2.1. BANC DU BÛCHERON

Des mégarides affectent le sommet du banc lorsque le coefficient de marée dépasse 50 ; elles atteignent 0,50 m de hauteur et 1,50 m de longueur d'onde pour des coefficients de 100. Elles sont orientées suivant deux axes bien définis :

- un premier axe W-E,
- un deuxième axe SW-NE.

A la partie proximale du banc, ces deux faisceaux interfèrent et forment un quadrillage bien souligné par les sillons "interdunaires".

Ces "dunes" sont produites par le courant de jusant. Elles sont parfois affectées de petites rides ($h = 2$ cm, $\lambda = 20$ cm) ; on peut les assimiler non pas aux anti-dunes mais aux "grandes rides" décrites par SIMONS et RICHARDSON (in ALLEN, 1965). En effet, leur flanc abrupt est orienté au Nord et la vidange du Fier provient du Sud.

II.2.2. LES ESTRANS

Sur l'estran de la plage de La Loge, deux systèmes de rides (ripples-marks) sont associés ; leur présence s'explique par l'action conjuguée de la houle et du courant de marée. La première génération de figures sédimen-

taires, dont la longueur d'onde atteint 10 cm et la hauteur 2 cm, souligne la réfraction de la houle sur la Pointe de la Redoute car les directions d'allongement des rides convergent en ce point (LONG, 1972) ; il s'agit de rides d'oscillation dues à l'action de la houle à la côte telles qu'elles sont définies par TANNER (1966). En effet, le RI (ripple index) est $RI = \frac{\lambda}{h} = \frac{10}{1} = 10$; et le RSI (ripple symmetry index), rapport des longueurs des deux flancs de la ride, est $RSI = \frac{La}{Lb} = \frac{6}{4} = 1,5$.

La seconde génération ($\lambda = 20$ cm ; $h = 2$ cm) est perpendiculaire à la première, elle doit son origine au courant de jusant ; car, dans ce cas, le rapport RI est de 10 alors que le rapport de symétrie RSI est beaucoup plus élevé (4 à 5), ce qui indique une mise en place par un courant et non par la houle. Ces figures sont identiques à celles qui se surimposent aux mégarides du Banc du Bûcheron. De préférence, elles sont situées sur la partie orientale de la plage de La Loge ; leur position confirme l'atténuation du courant de vidange du Fier au droit de l'Anse du Fourneau. En effet, d'après le diagramme établi par SIMONS et RICHARDSON (in ALLEN, 1965), les nombres de Froude correspondant aux mégarides et aux rides sont respectivement 0,4 et 0,2 ; or on sait que le nombre de Froude est proportionnel au carré de la vitesse de l'écoulement.

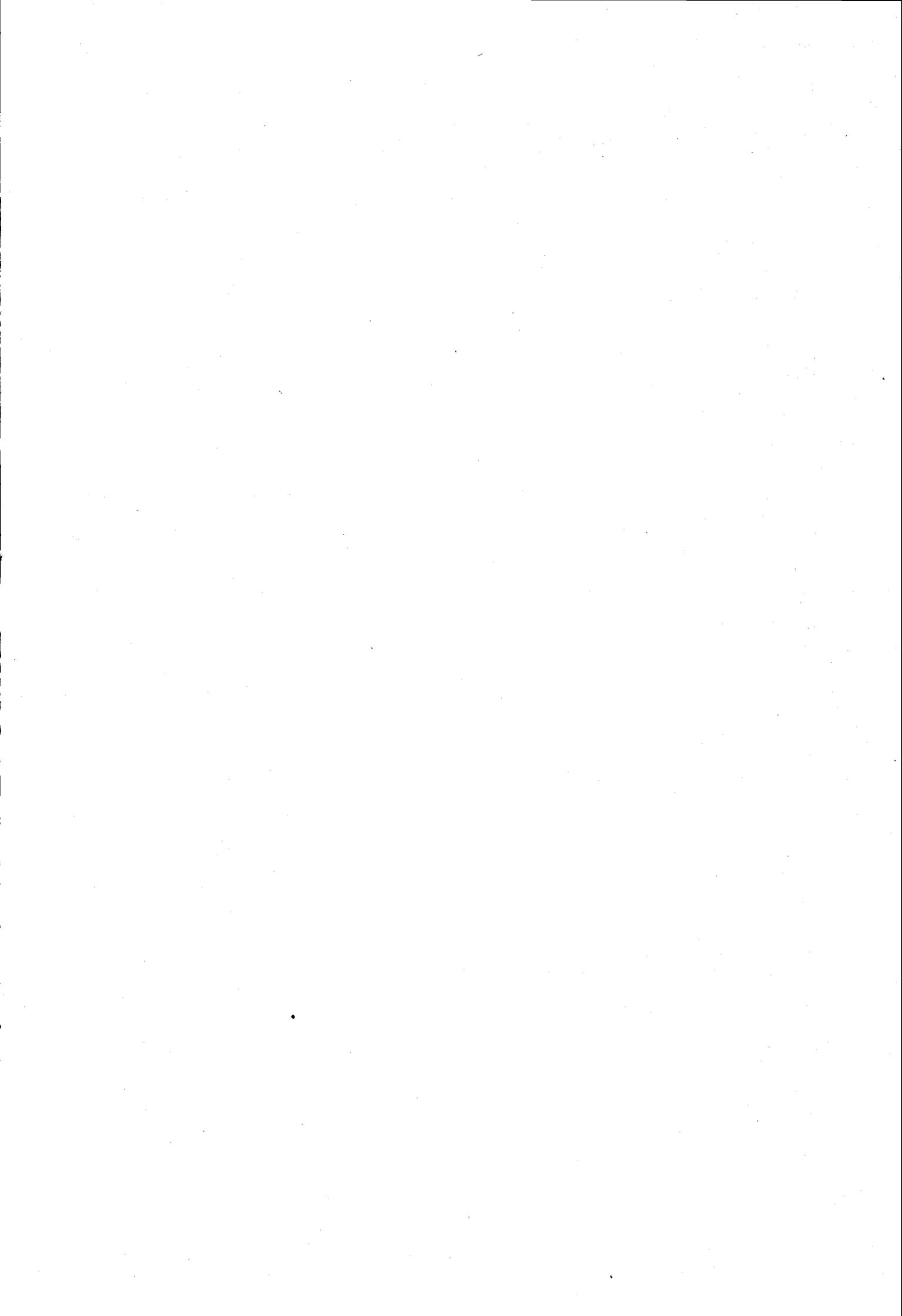
II.2.3. LE COULOIR D'ALIMENTATION DU LIZAY

Des mesures de paramètres géométriques des figures sédimentaires sous-marines du Lizay furent effectuées en plongée durant l'été 1972. Elles ont permis de mettre en évidence la présence de mégarides sur le couloir d'alimentation par - 10 m de fond ; leur longueur d'onde est d'environ 1 m et la hauteur de 0,30 m.

Les sables sont donc *remaniés* sur une profondeur au moins égale à 20 cm car seuls les 2/3 supérieurs sont vraiment affectés par le remaniement (DE VRIES, 1966). Nous verrons que ces épaisseurs de charriage sont confirmées par les expériences de traceurs radioactifs effectuées en ce site.

II.2.4. CONCLUSION

Les ondulations sédimentaires de la côte nord-ouest de l'île de Ré sont dues généralement aux courants de marée. Sur les estrans par contre, l'action de la houle à la côte intervient également dans leur élaboration.



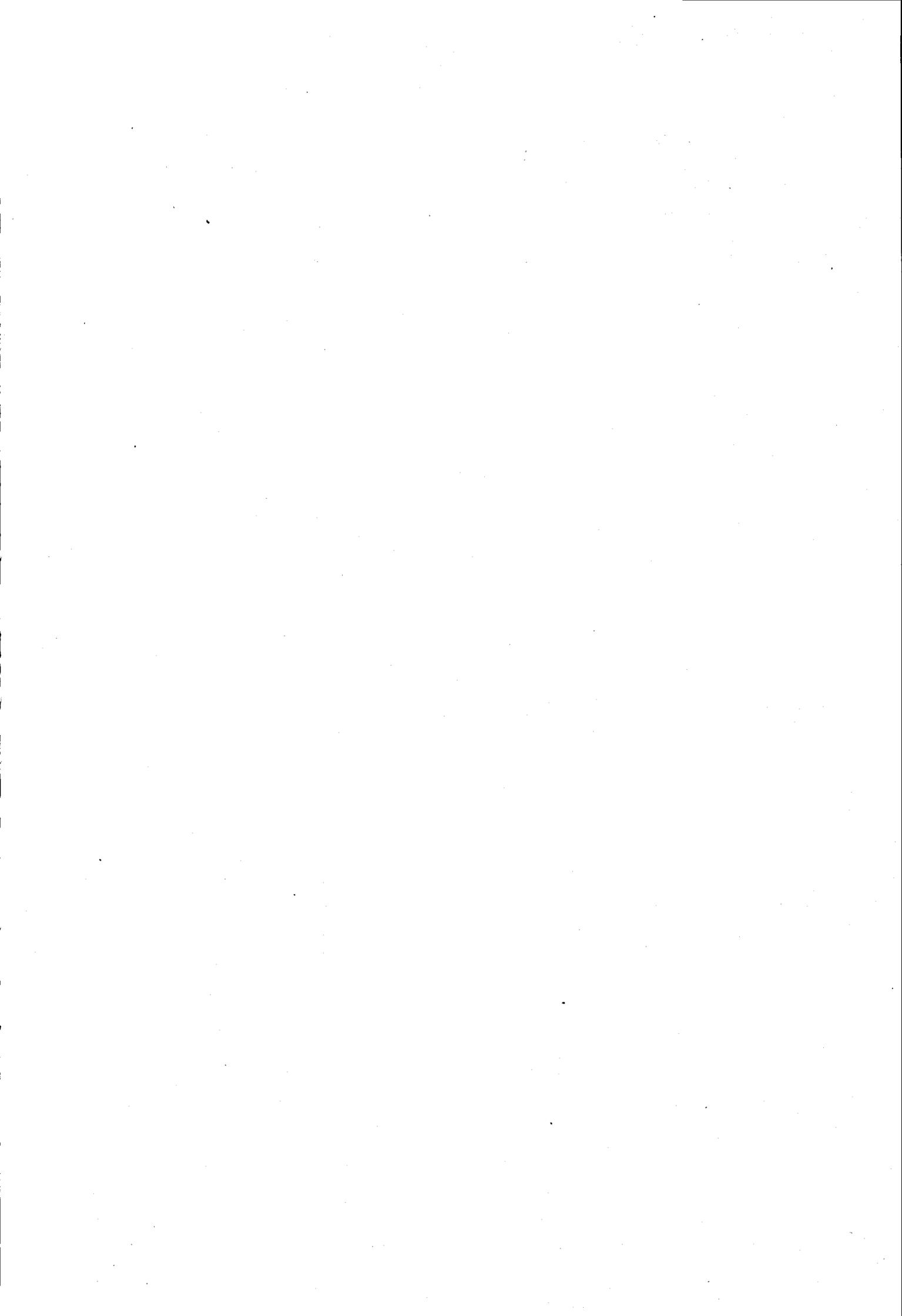
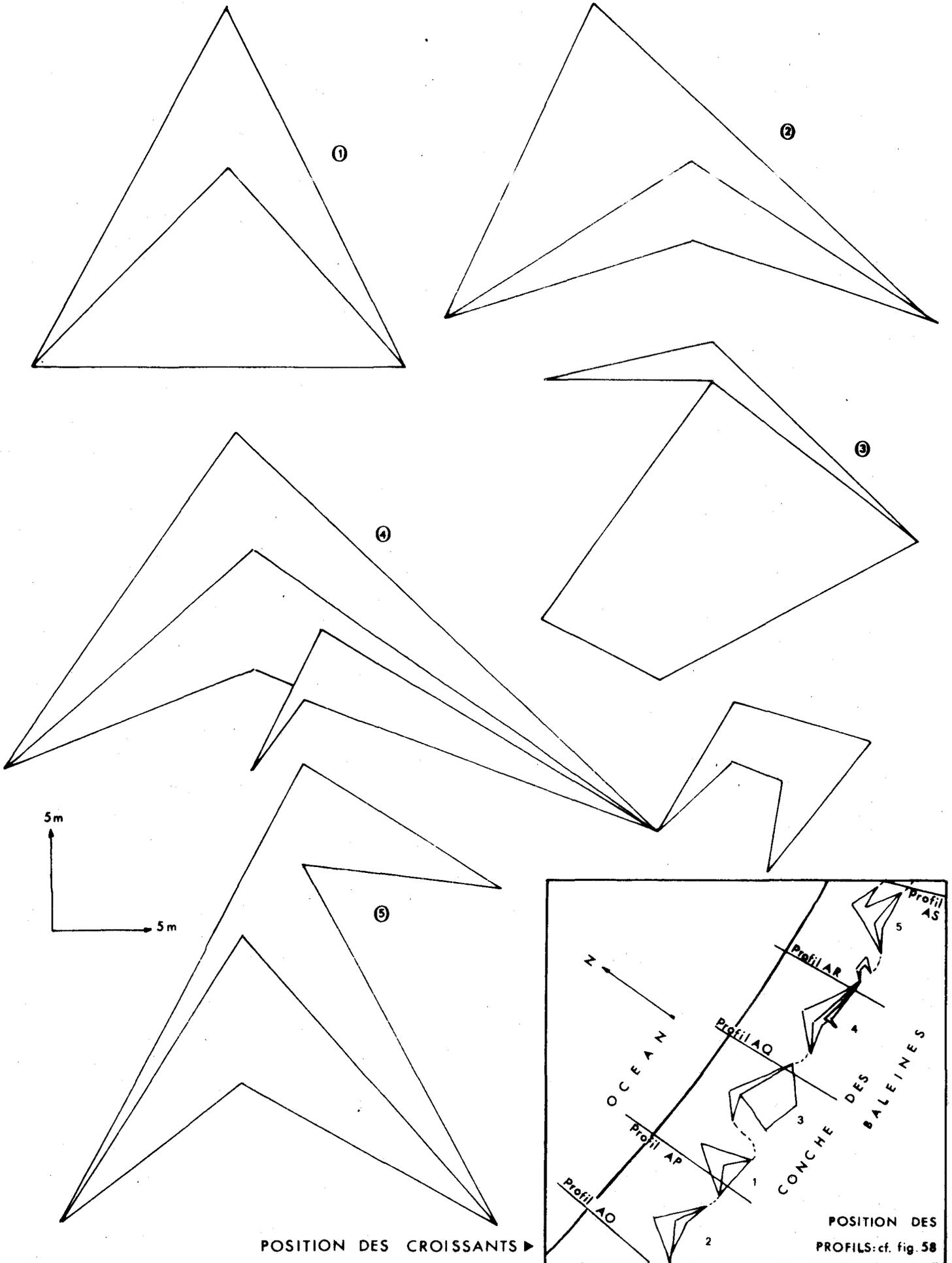


fig.38 EVOLUTION DES CROISSANTS RESIDUELS

sur la Conche des Baleines le 10.1.1973
entre les profils AO & AS



La présence des mégarides souligne les secteurs de forts courants comme l'on montré les mesures de vitesses que nous avons rapportées en première partie. Rappelons que ces mesures s'établissent à 0,70 m/s au Lizay ; 1,10 m/s à la Bouée du Bûcheron et 2,25 m/s dans la Rente du Fier.

II.3. LES CROISSANTS DE PLAGE (fig. 37 et 38)

Trois campagnes de mesures sur les croissants de plage de la Conche des Baleines, entre 1972 et 1973 ont eu pour but de confirmer les axes de transits déterminés par la houle à la côte, tels qu'ils apparaissent après évaluations par traceurs lumineux.

L'étude de la *longueur moyenne (LM)* des croissants de la Conche des Baleines confirme un *découpage*, déjà reconnu, déterminé par la distribution des zones d'énergie le long de la plage (fig. 3) :

- de la Pointe des Baleines à l'épi 4 (Lm = 15 - 20 m), la plage est fixée, l'intensité de la houle est faible,
- de l'épi 4 au Peu Bouillat (Lm = 20 m) l'action de la houle croît d'Ouest en Est,
- du Peu Bouillat à la Maison Forestière (LM = 31 m), l'énergie des vagues est au maximum de son intensité pour la Conche des Baleines,
- de la Maison Forestière à la Descente Rivière (Lm = 22 m) la région est relativement protégée par le haut-fond du Lizay.

Ces domaines originaux se retrouvent dans l'étude des variations du profil de la Conche des Baleines étudié dans le chapitre II.

Les croissants résiduels de la Conche des Baleines, formés de matériaux grossiers - graviers et galets -, présentent tous une dissymétrie qui résulte d'une dérive littorale en direction du Lizay. Ainsi l'indice de dissymétrie est-il de 1 pour une attaque frontale et de 1,8 à 2 pour une attaque oblique par régime d'Ouest (tableau XII).

	I.D. (1)	I.D. (2)	I.D. (3)
1° Génération	1	1,4	0,5
2° Génération	2,2	1,7	1,8

$$ID(n) = \frac{\text{Longueur de l'aile est}}{\text{Longueur de l'aile ouest}}$$

TABLEAU XII : Indice de dissymétrie des croissants résiduels de la Conche des Baleines (expérience du 15 août 1972).

Ils montrent de nouveau nettement que toute la dynamique sédimentaire résultante de la côte nord-ouest de l'Île de Ré se résume en un déplacement massif vers l'Est même si des composantes circonstancielle dont témoignent les branches occidentales des croissants, orientent momentanément à l'opposé la dérive d'une partie du matériel.

III - CONCLUSION GENERALE

L'étude des phénomènes brefs de transit sédimentaire met en évidence une *composante générale de transit en direction de l'Est*, le long du rivage soit par l'action du jet de rive comme en témoignent les expériences de traceurs lumineux (notamment à La Solitude et entre le Peu Bouillat et la Descente Rivière), soit par celle des brisants (le Peu Bouillat et l'Anse de Fourneau).

Ces différents axes de transit affectent successivement tout l'estran en raison de la pulsation *distale* depuis la ligne des brisants de marée basse de vive-eau jusqu'au jet de rive de marée haute de vive-eau. Les sédiments contenus dans cette *bande de transit* ont une composante générale de déplacement dirigée vers les zones internes du Pertuis. Des phénomènes annexes peuvent venir perturber localement ce déplacement comme par exemple le courant sagittal temporaire qui s'établit parfois au Peu Bouillat lorsque les conditions hydrodynamiques le permettent ou le courant de jusant qui s'atténue progressivement depuis le Banc du Bûcheron jusqu'à l'Anse du Fourneau.

CHAPITRE II

LES PHENOMENES SAISONNIERS

SOMMAIRE : Les déplacements sédimentaires provoqués par les phénomènes saisonniers agissant sur la côte nord-ouest de l'Ile de Ré ont été déterminés à l'aide de traceurs radioactifs. Ainsi sont mis en évidence :

- un transit sableux en direction du Fier d'Ars, par dessus le Banc du Bûcheron,
- un stockage sableux sur la flèche même,
- un déplacement sédimentaire au Lizay en direction du Plateau de Loix,
- un léger apport de sédiments vers la Conche des Baleines.

L'étude de l'évolution du profil des plages permet la distinction de zones à bilan sédimentaire déficitaire (la Conche des Baleines) et de secteurs en voie d'engraissement (plages du Gros Jonc et de La Loge).

Si l'étude des modifications du littoral sous l'influence de l'onde de marée ou d'un régime de houle donné, définit les grands axes de transit sur les estrans, il est intéressant de mesurer les variations des côtes, dues au cycle d'érosion ou d'accrétion saisonnier. En effet, le deuxième mode d'évolution est souvent moins spectaculaire ; il engendre des transits sédimentaires faibles, incessants, qui, au cours des années, modifieront profondément le littoral.

Nous avons tenté d'apprécier leur importance en utilisant les traceurs radioactifs sur le Banc et l'avant-côte et en analysant l'évolution du profil topographique des plages.

I - EVALUATION DES TRANSITS PAR L'IMMERSION DES TRACEURS RADIOACTIFS

Les traceurs radioactifs constituent actuellement la méthode d'investigation la plus fiable pour apprécier un transit sédimentaire. Cette technique a fait l'objet de nombreux travaux ; sans en faire une liste exhaustive nous citerons néanmoins ceux d'ANGUENOT et al. (1965, 1967) et de COURTOIS et al. (1965, 1966, 1968, 1969) en France, de PILON (1965) aux Pays Bas et de SCHULZ (1965) en Allemagne.

Nous avons utilisé le protocole d'étude du débit de charriage des matériaux sableux établi par SAUZAY (1968) ; les résultats ont fait l'objet de plusieurs rapports (DUBOUL-RAZAVET et al., 1972 ; LONG, 1972 ; JEANNEAU et al., 1973) nous ne retiendrons ici que les faits les plus intéressants.

I.1. BUT DE L'ETUDE

Deux campagnes de mesures ont eu pour but de confirmer ou d'infirmier l'hypothèse d'un transport sableux du Banc du Bûcheron en direction du Fier d'Ars et de montrer sa migration le long du Banc lui-même. Nous avons en outre effectué un contrôle des transits sédimentaires sur la Conche des Baleines et sur le couloir d'alimentation du Lizay afin de quantifier l'apport sédimentaire du large sur le plateau de Loix.

I.2. SITES DES IMMERSIONS (fig. 39)

Lors des deux campagnes, quatre sites d'immersion furent retenus (tableau XIII).

P 1	1° 28' 07" W 46° 14' 32" N	Flanc externe du Banc du Bûcheron
P 2	1° 27' 20" W 46° 14' 28" N	Flanc interne du Banc du Bûcheron
P 3	1° 29' 28" W 46° 15' 27" N	Couloir d'alimentation du Lizay
P 4	1° 32' 55" W 46° 15' 18" N	Conche des Baleines

TABLEAU XIII - Sites d'immersion des traceurs radioactifs.

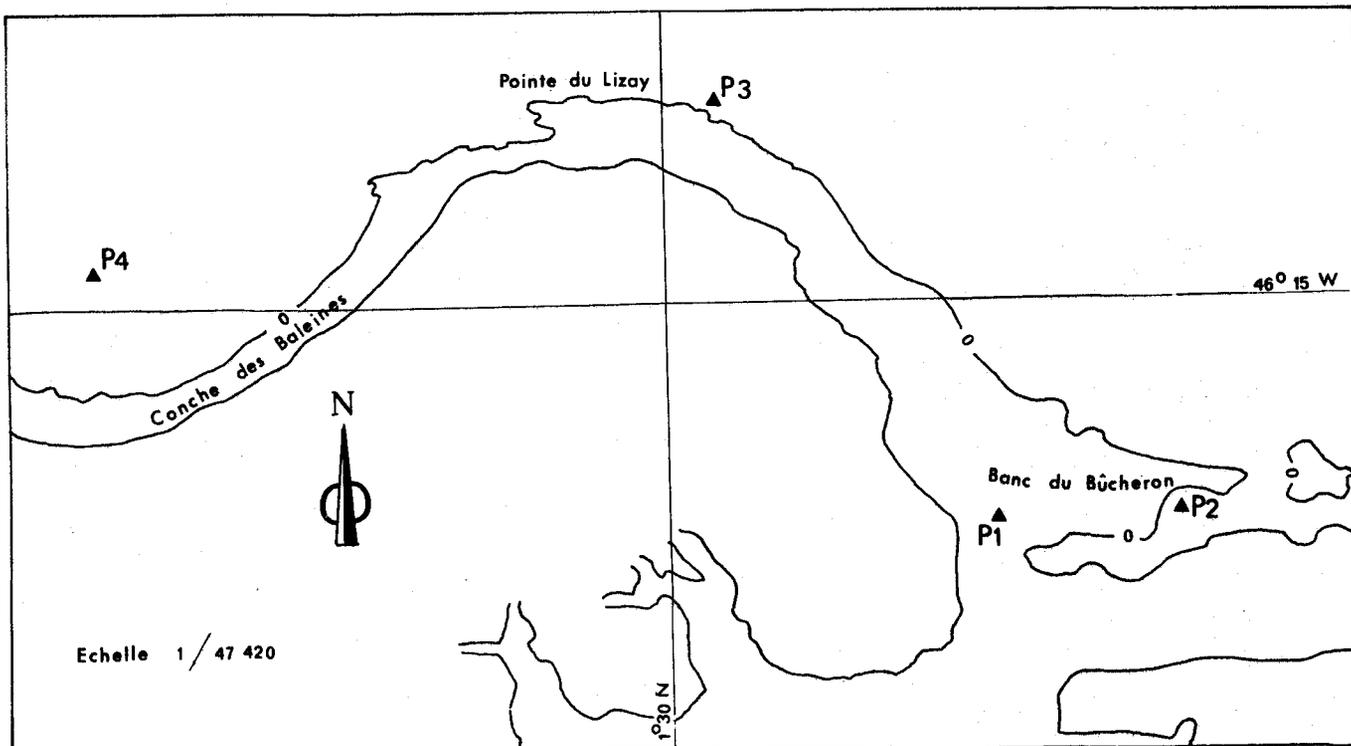


fig.39 SITE D'IMMERSION DES TRACEURS RADIOACTIFS

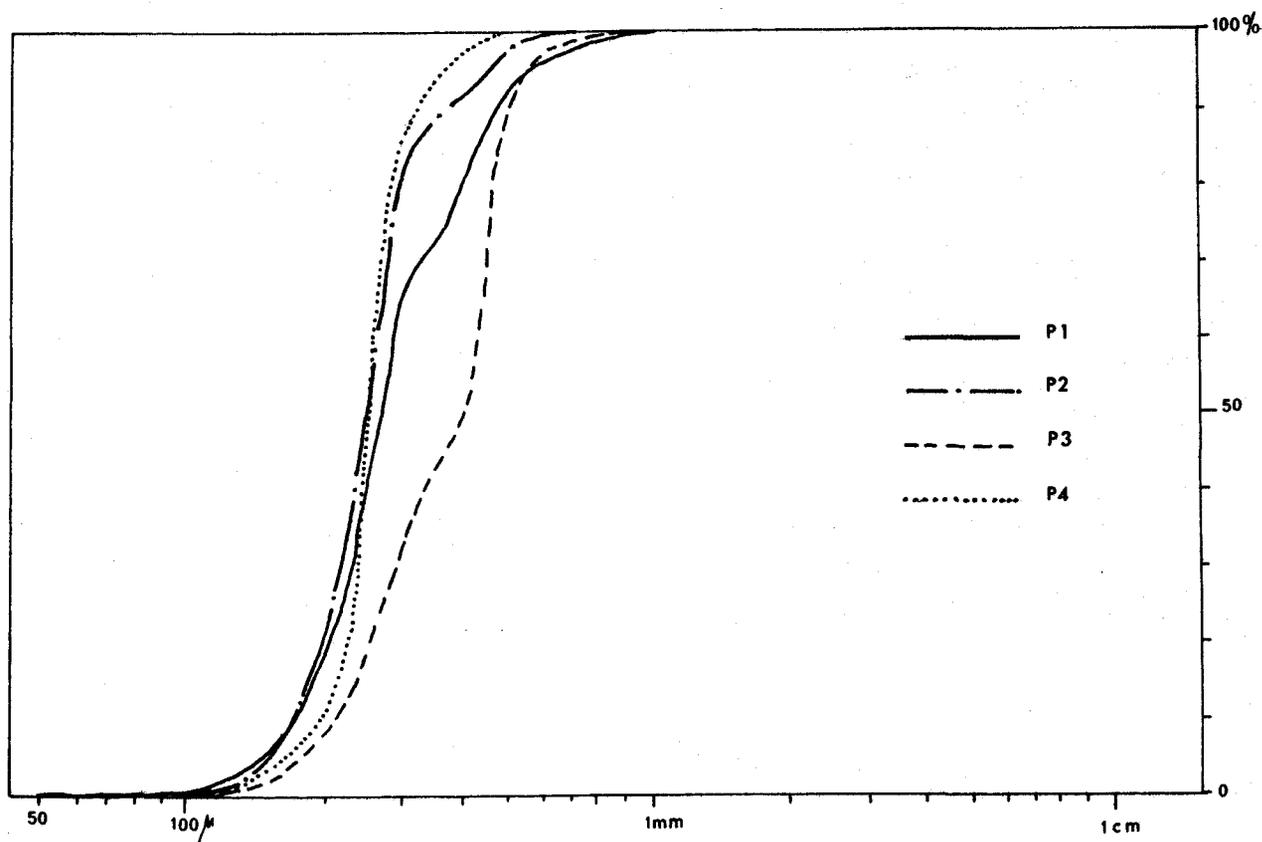
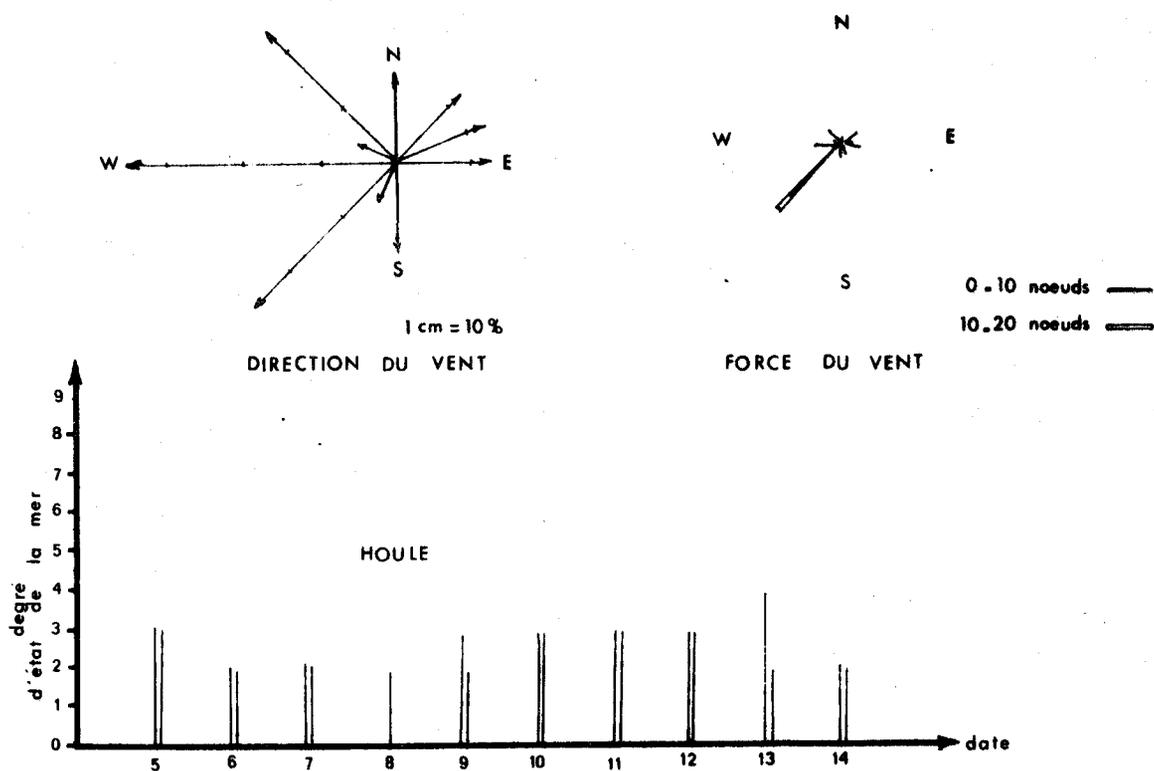
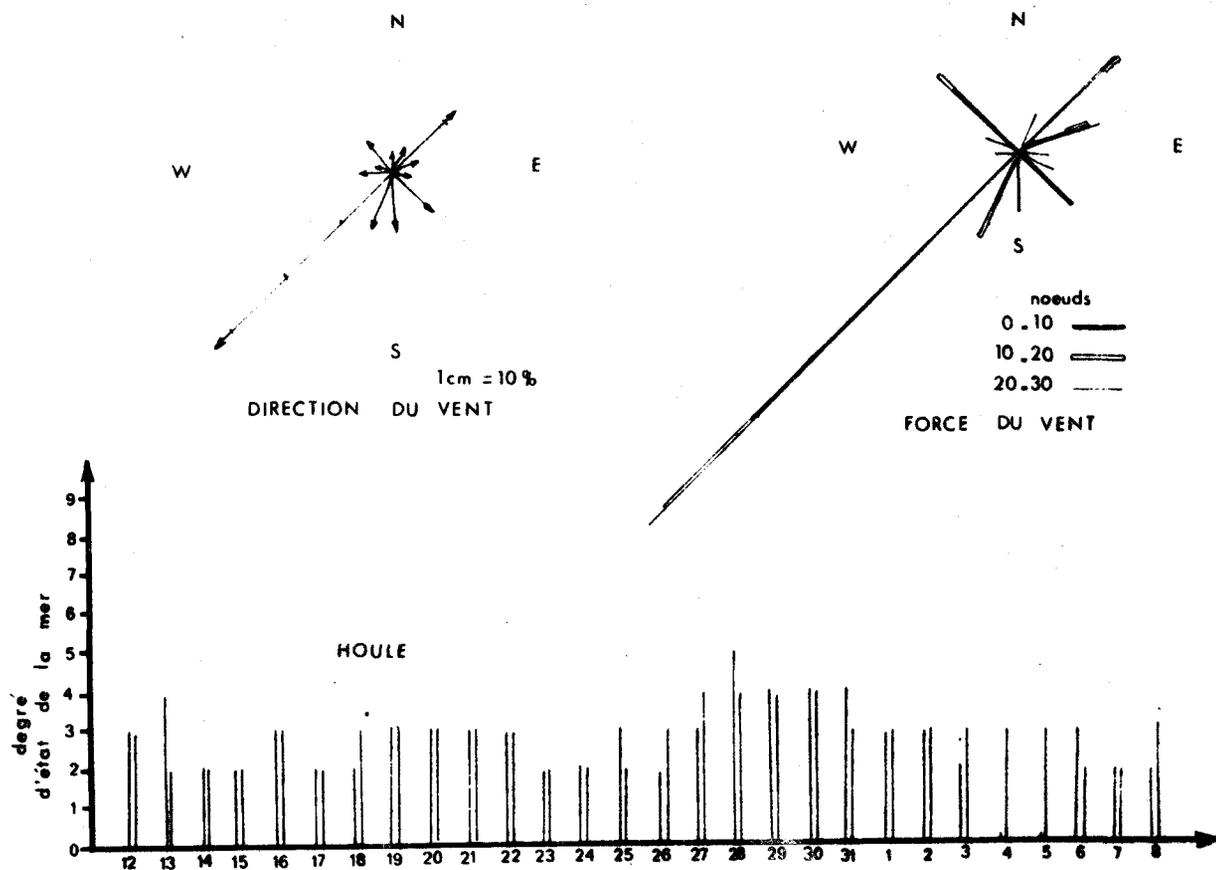


fig. 40 COURBES GRANULOMETRIQUES DES TRACEURS RADIOACTIFS

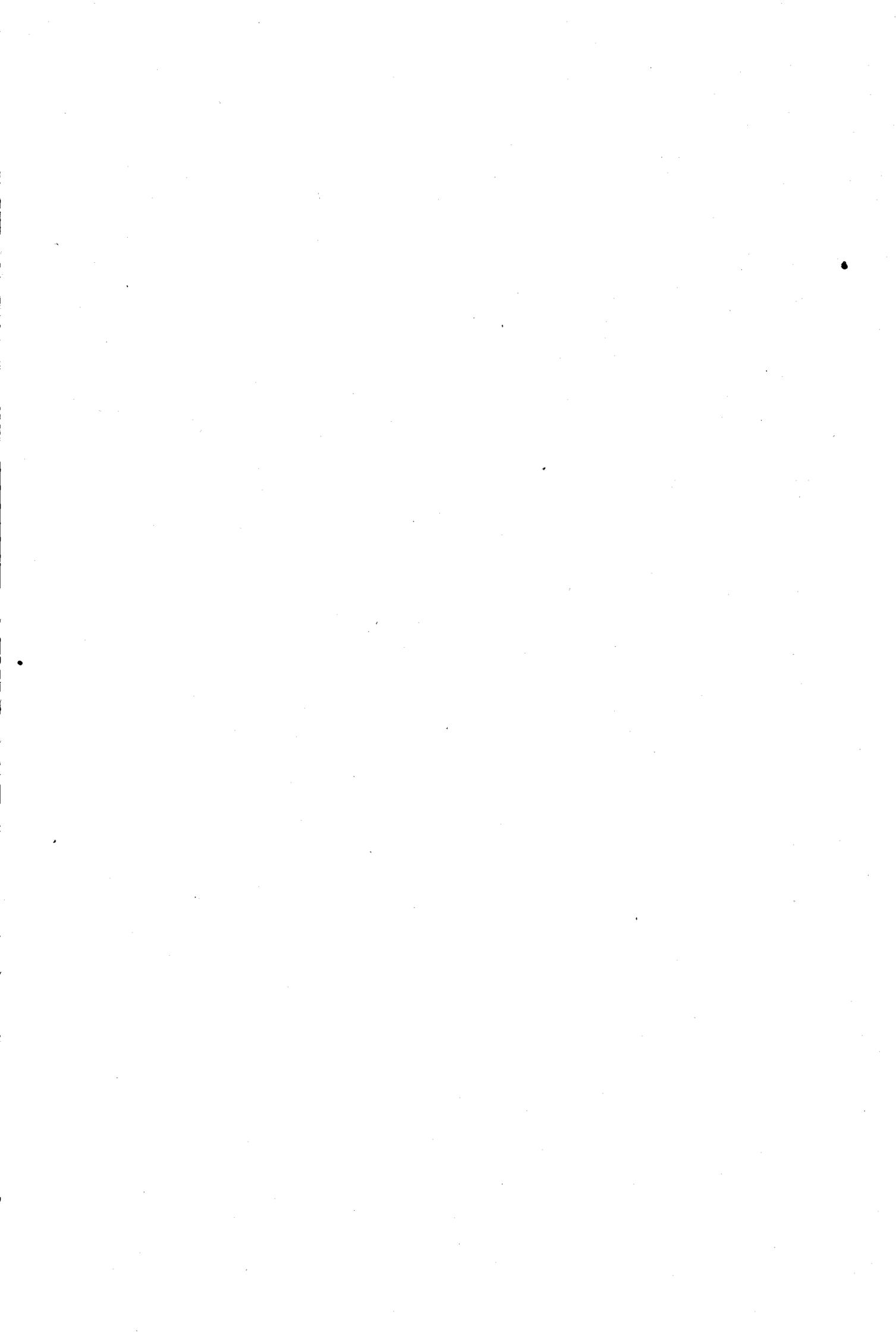
fig. 41 RELEVES METEOROLOGIQUES (Sémaphore des Baleines)

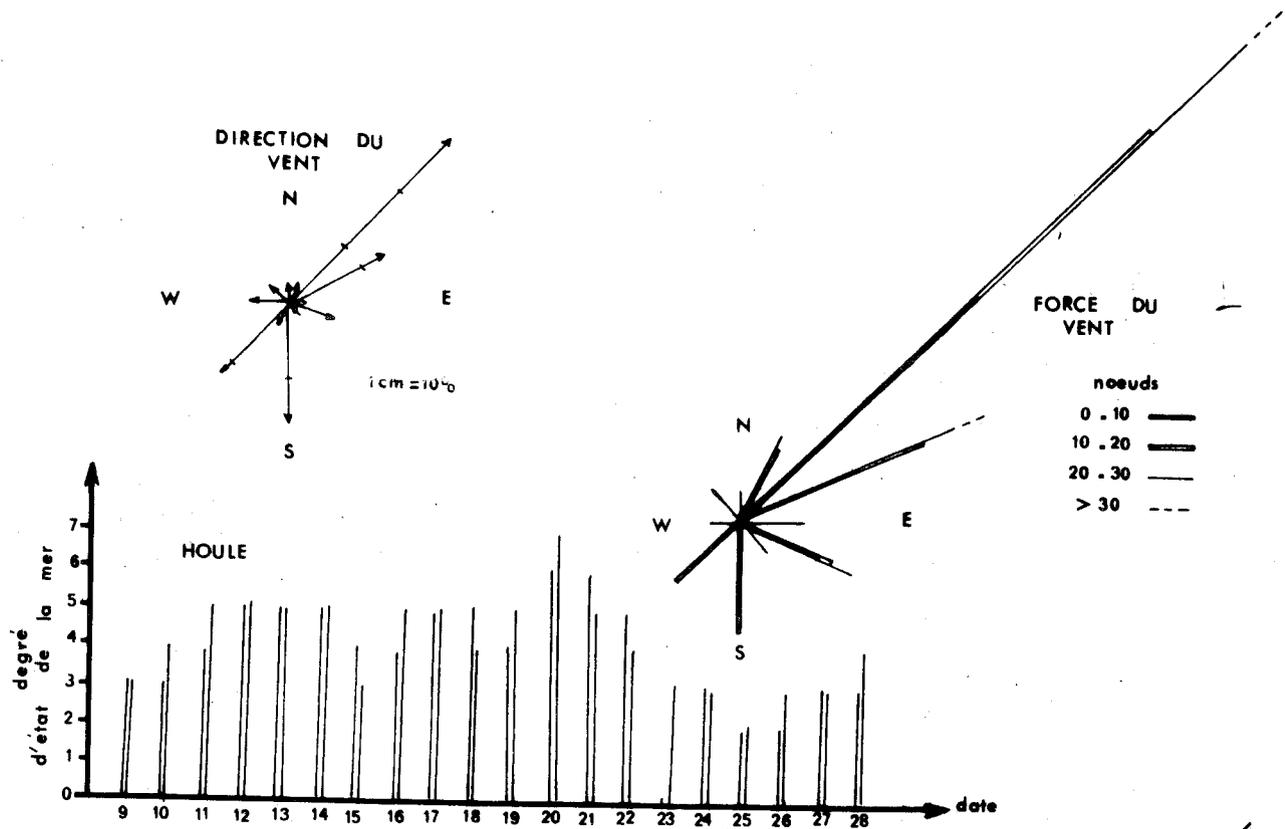


A) periode du 5 au 14 octobre 1972

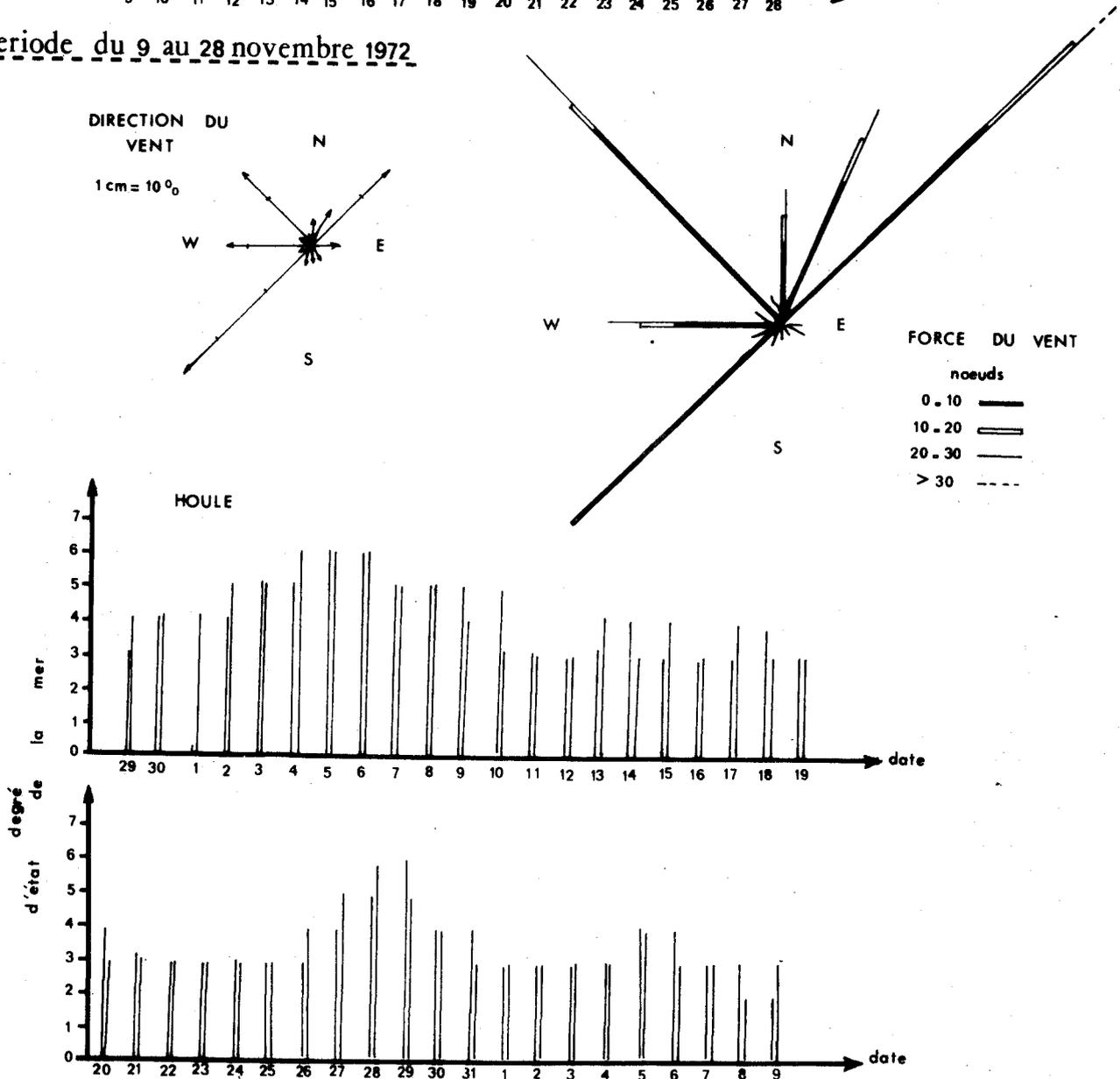


B) periode du 12 octobre au 8 novembre 1972





C) periode du 9 au 28 novembre 1972



D) periode du 29 novembre 1972 au 9 janvier 1973

La granulométrie des sables de chaque site d'immersion est indiquée dans le diagramme représenté figure 40. La technique de mise en oeuvre des traceurs radioactifs est décrite dans l'annexe I (cf. §. III).

I.3. IMMERSION

Les mises en place des traceurs au points P1 et P2 s'effectuent à marée basse.

Les immersions des sables activés des points P3 et P4 ont eu lieu à l'étale de haute mer.

Les corps radioactifs utilisés varient suivant le site. Ils sont *choisis en fonction de la durée assignée à l'expérience*. Ce sont :

- de l'or pour P1 et P2 (période 27 j. - activité 3 ci),
- de l'iridium pour P3 (période 27 j. - activité 12,48 ci),
- du chrome pour P4 (période 74,4 j. - activité 1,27 ci).

Les conditions météorologiques au moment des immersions sont consignées dans le tableau XIV. L'évolution quotidienne de ces conditions au cours de l'expérience de mars 1972 est récapitulée dans le tableau XV et celle des campagnes d'hiver 1972-1973 sont résumées dans la figure 41.

	P1	P2	P3	P4
Jour	7 mars 1972	4 octobre 1972	3 octobre 1972	3 octobre 1972
Vent	WSW 11m/s	NE 13m/s	NE	NE
Force de la mer	3	3	2	2
Houle	N	NW	NW	NW
Coef. de marée	42	61	61	61
Profondeur	-	-	9,5m	7m
Pression atmosphérique	997 mbars	1020 mbars	-	-

TABLEAU XIV : Conditions météorologiques aux immersions

Jours en Mars 1972	Vent						Etat de la mer
	06 heures		12 heures		18 heures		
	Direction	Force (noeuds)	Direction	Force (noeuds)	Direction	Force (noeuds)	
07	SW	24	W	22	SSW	16	4-3
08	SSE	8	SSE	6	SSE	20	2-1
09	-	0	SE	6	SSE	10	1-2
10	-	0	NE	12	NNE	10	0-2
11	NNE	10	NE	14	NE	10	1
12	NE	10	NE	14	ENE	10	1
13	ENE	8	SSE	6	SSE	6	1
14	SSE	6	SE	10	SSE	4	1-2
15	E	6	SE	6	E	4	1-2
16	E	4	S	8	-	0	1

TABLEAU XV : Conditions météorologiques durant l'expérience du 7 au 16 mars 1972.

I.4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats obtenus aux quatre points d'immersion sont présentés successivement en commençant par les sites du Banc du Bûcheron, puis par ceux du Lizay et de la Conche des Baleines.

I.4.1. BANC DU BUCHERON EXPERIENCE PRELIMINAIRE (P1) DU 7 AU 16 MARS 1972

L'immersion s'est effectuée par temps calme en morte eau. Un régime de vent stable de Sud-Est s'établit à partir du 8 mars sur le secteur de l'Ile de Ré, l'état de la mer ne dépasse jamais le degré n°2 de l'échelle Beaufort (tableau XV).

Le traceur est déposé sur le flanc externe du Banc (point P1) proche de son enracinement (fig. 39 et 42).

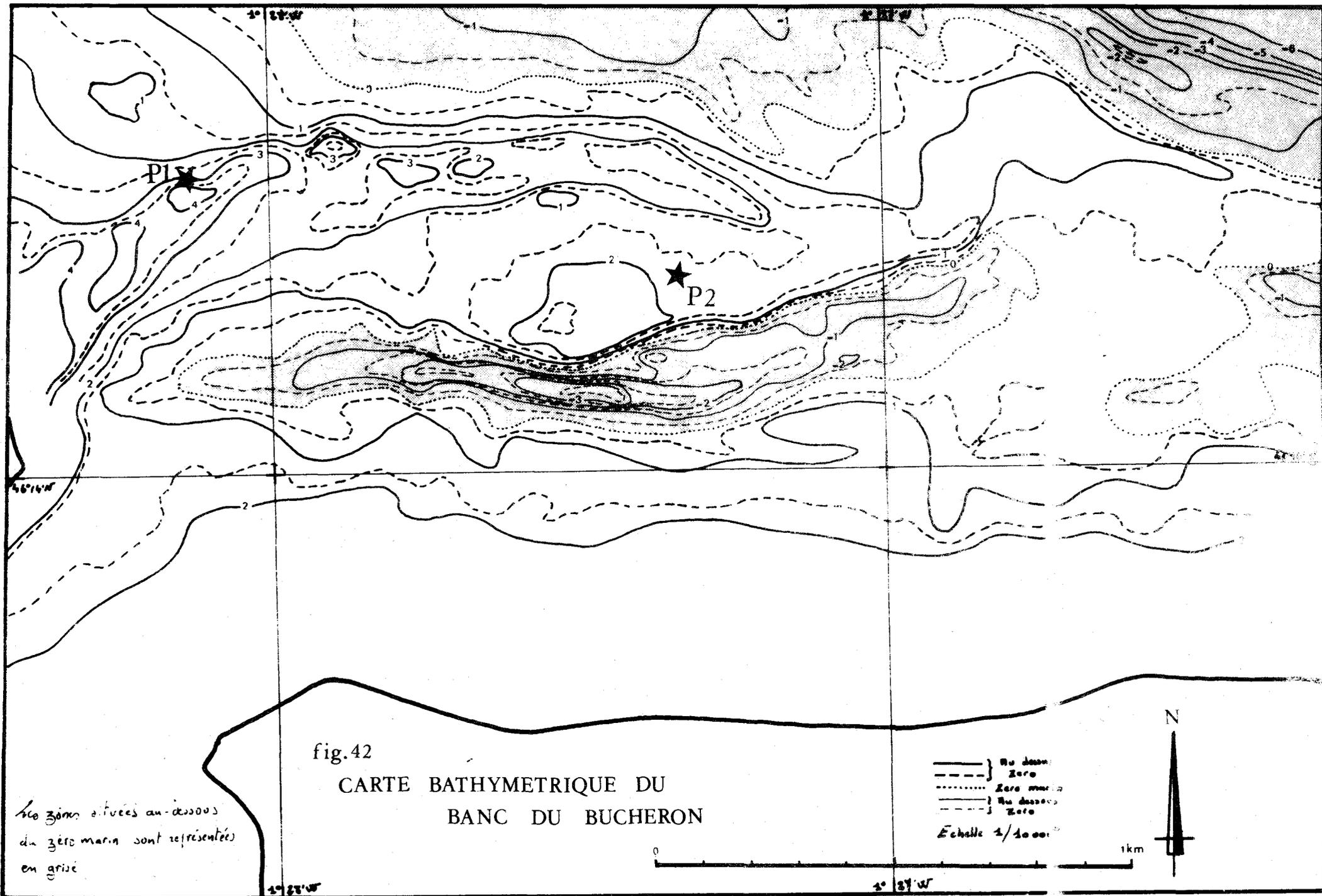


fig.42

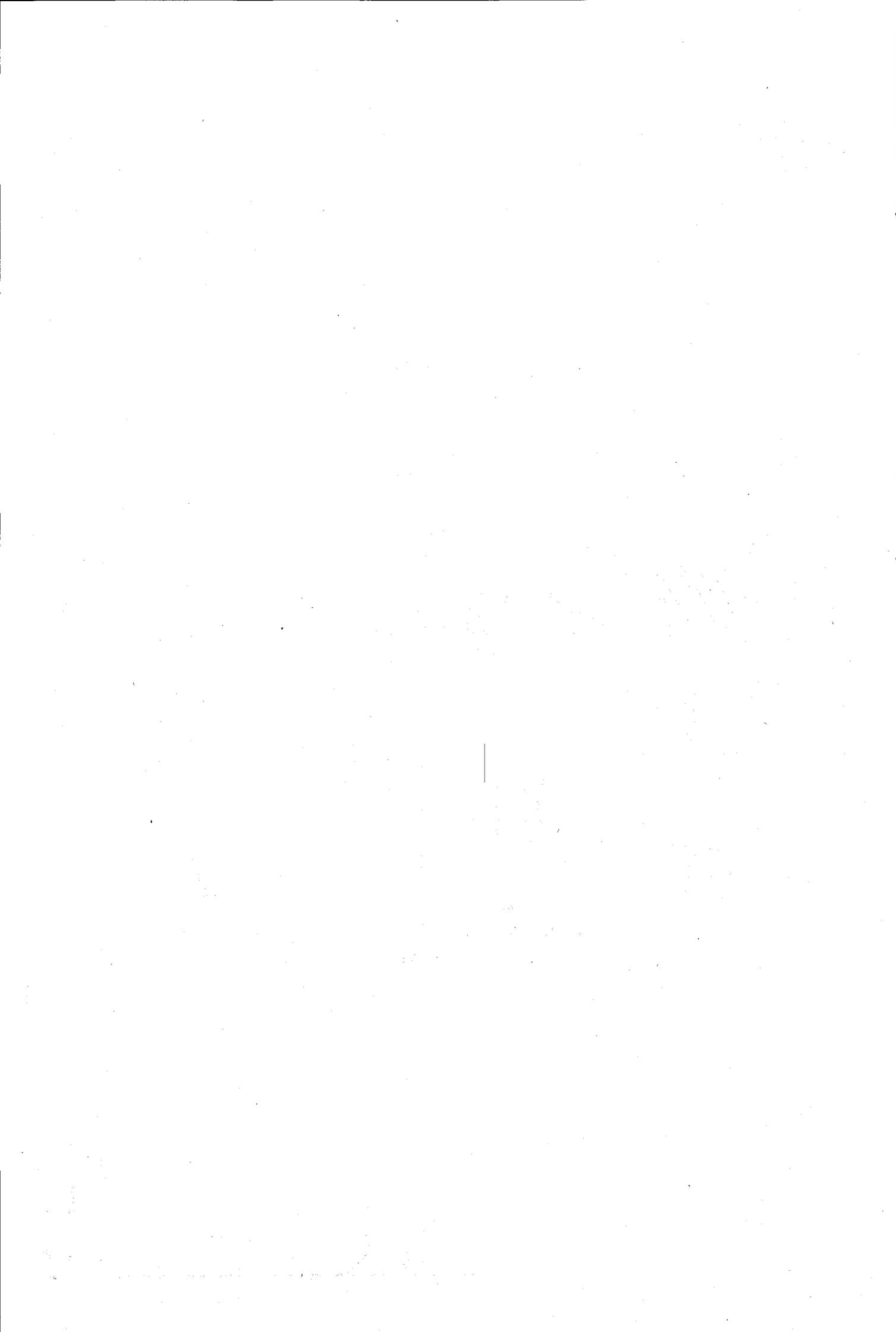
CARTE BATHYMETRIQUE DU
BANC DU BUCHERON

Les zones situées au-dessous
du zéro marin sont représentées
en gris.

- } Au dessus
- - - } Zéro
- } Zéro marin
- - - } Au dessous
- - - } Zéro

Échelle 1/10 000





LEGENDES DES FIGURES 43 - 44 - 49 - 50 - 51 - 52 - 53 - 57

P 1 : Point d'immersion n° 1 sur le Banc du Bûcheron

γ - 46° 14' 32" N

g - 01° 28' 07" W

P 2 : Point d'immersion n° 2 sur le Banc du Bûcheron

γ - 46° 14' 28" N

g - 01° 27' 203 W

P 3 : Point d'immersion n° 3 sur le couloir l'alimentation du Lizay

γ - 46° 15' 27" N

g - 01° 29' 28" W

P 4 : Point d'immersion n° 4 sur la Conche des Baleines

γ - 46° 15' 18" N

g - 01° 32' 55" W

Les différents schémas correspondent aux états des tâches radioactives aux diverses détections.

L'évolution de la tache au niveau du point P1 présente les caractéristiques suivantes (fig. 43) :

- après une mise en place de la tache à la première marée montante, on observe un étalement dans trois directions préférentielles ; deux sont dues au jet de rive, l'autre au courant de flot en direction du Fier d'Ars,
- l'axe de transport de la plage de La Loge (en direction de l'Ouest) évolue très peu et montre un léger transit côtier,
- la digitation en direction de la Passe des Goëlands (Est) se modifie sous l'effet de la houle d'Est et se résorbe au cours de l'expérience,
- le sable poussé par le jet de rive est repris par le vent, amené au pied de la dune et concentré en plusieurs taches de faible activité (50 cps) qui épouse le relief,
- la langue sud est prépondérante et montre un transit important en direction du Fier.

L'entraînement du sédiment vers le Fier se produit au niveau d'un point de mise en suspension qui se déplace au cours du revif en fonction du coefficient de marée.

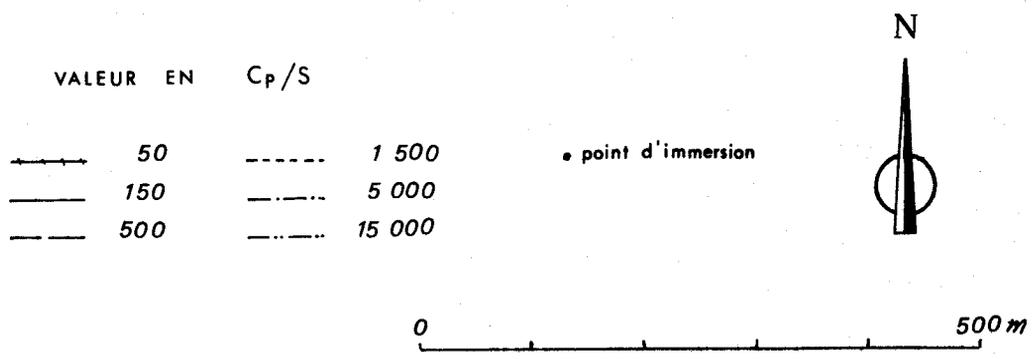
I.4.2. BANC DU BUCHERON - EXPERIENCE D'OCTOBRE 1972 (P2)

I.4.2.1. Déroulement de l'expérience

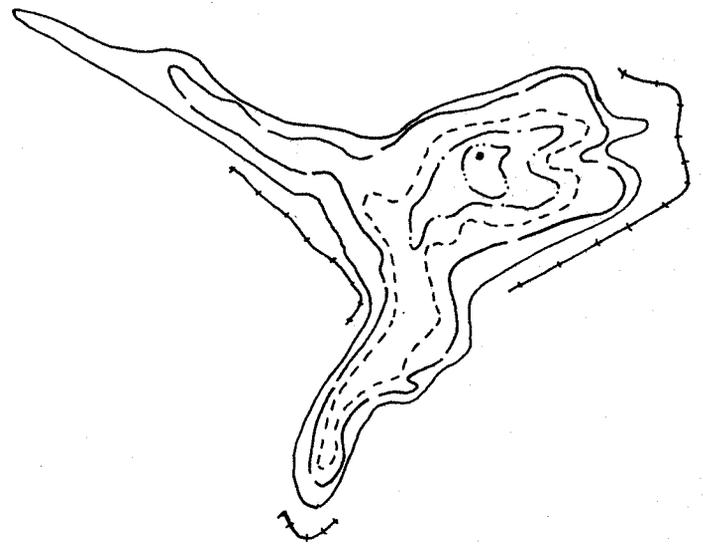
L'immersion est effectuée par un fort vent d'Est. Le traceur s'étale dès le premier flot (5 octobre) de façon concentrique ; seul, un léger mouvement se dessine suivant un axe E-W (fig. 44 qui subit une rotation pour devenir SW-NE le 7 octobre. Progressivement la tache des 50 000 cps diminue au profit de celle des 15 000 cps et les autres zones se retrécissent sur place en raison de la décroissance et par effet de seuil (cf. annexe I, § III.). Entre le 11 et le 14 octobre, la zone des 1 500 cps s'enrichit. Progressivement l'activité diminue et seul un point subsiste le 7 novembre, il correspond à l'activité prévue par le calcul (soit $0,64 \cdot 10^{-3}$ ci) ce qui constitue une preuve de la stabilité du sable en ce lieu.

En comparant l'activité retrouvée A après une détection à l'activité globale présente A₀, on note un défaut plus ou moins grand (tableau XVI).

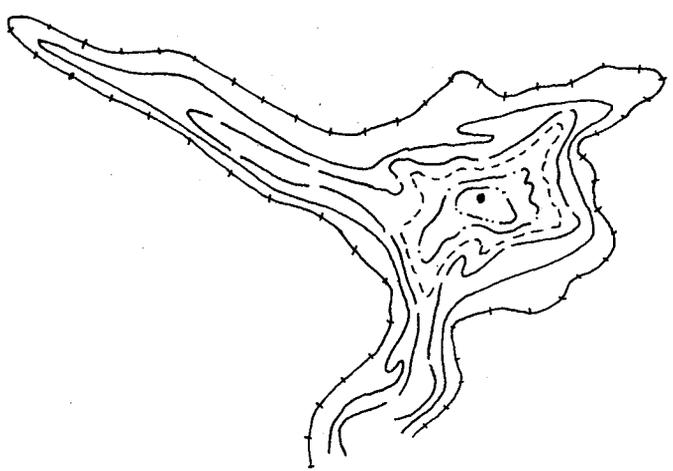
fig.43 DETECTIONS SUR LE BANC DU BUCHERON (P1)



le 8.3.72



le 9.3.72



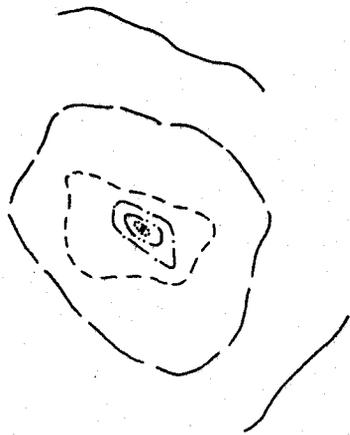
le 11.3.72



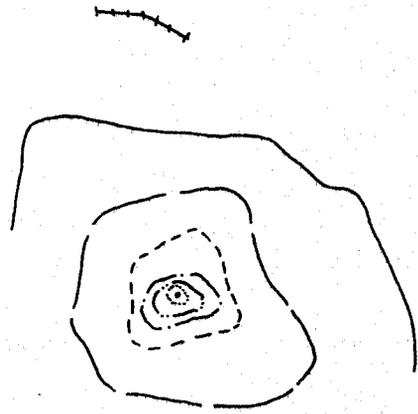
le 16.3.72



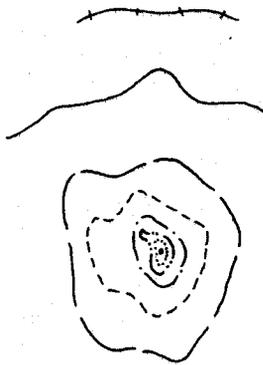
fig.44 DETECTIONS SUR LE BANC DU BUCHERON (P2)



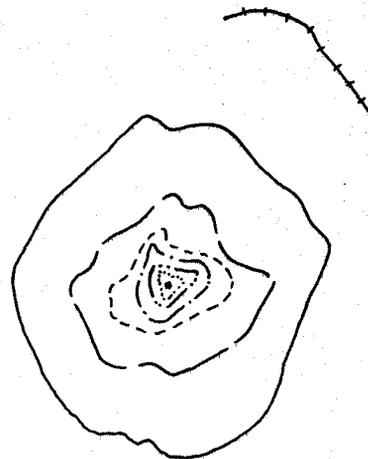
le 5 oct.72



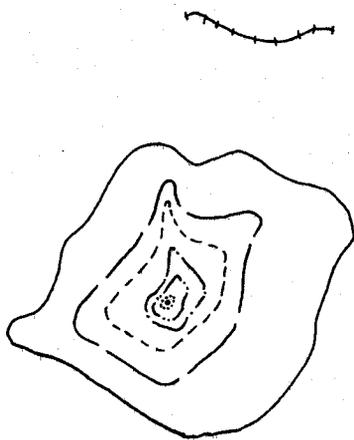
le 6 oct.72



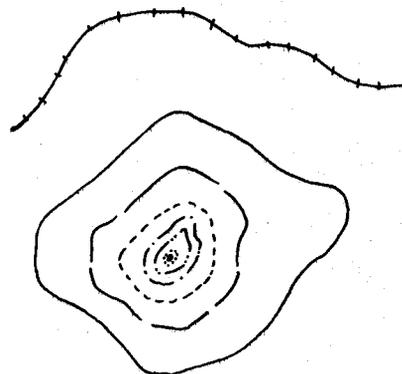
le 7 oct.72



le 10 oct.72



le 11 oct.72



le 14 oct.72



le 7 nov.72

• point d'immersion

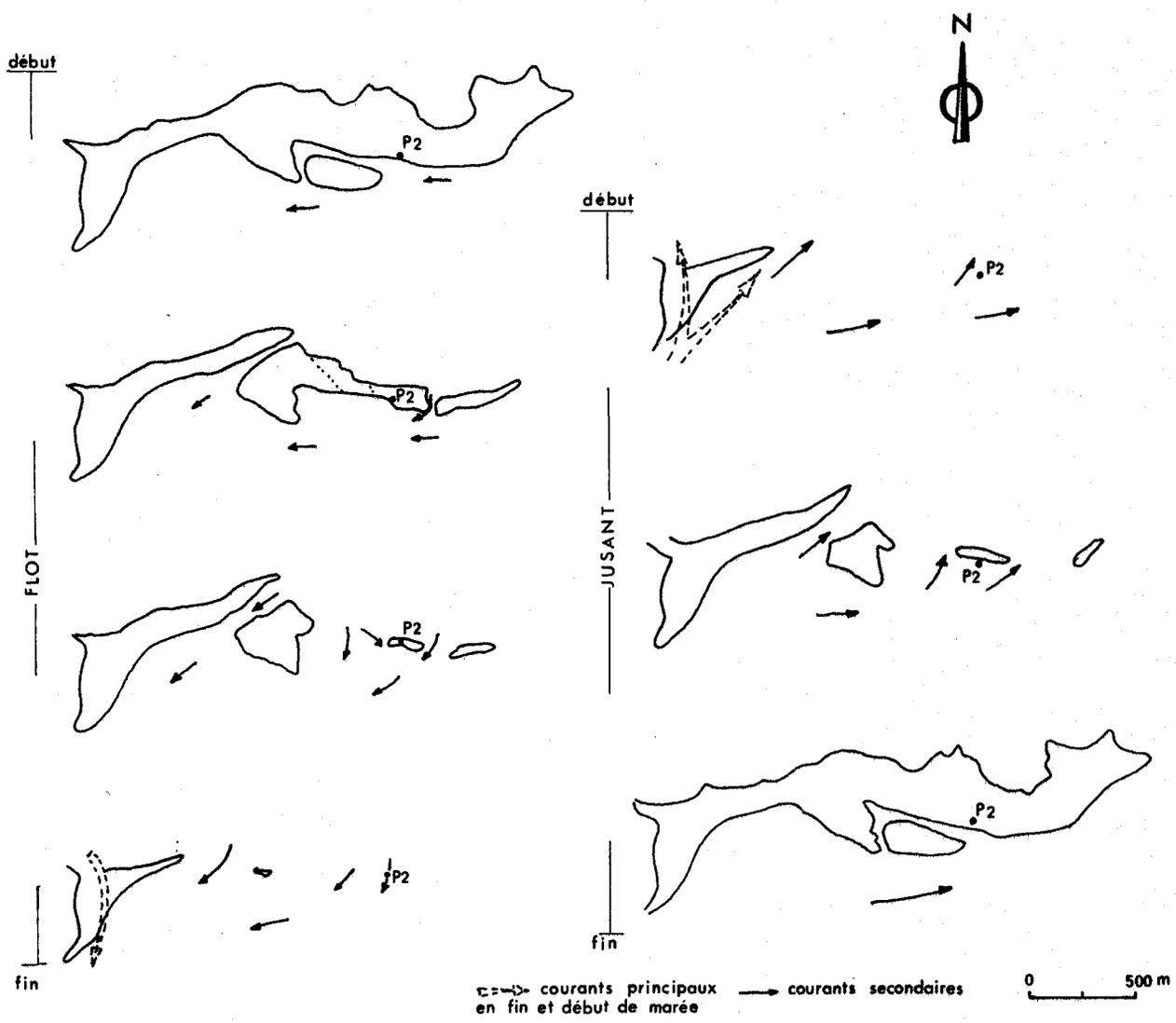
0 100m



valeur en Cp.S

- 50
- 150
- 500
- - - 1 500
- · · 5 000
- · · · 15 000
- · · · · 50 000





DIRECTION SCHEMATIQUE DES COURANTS DE MARÉE

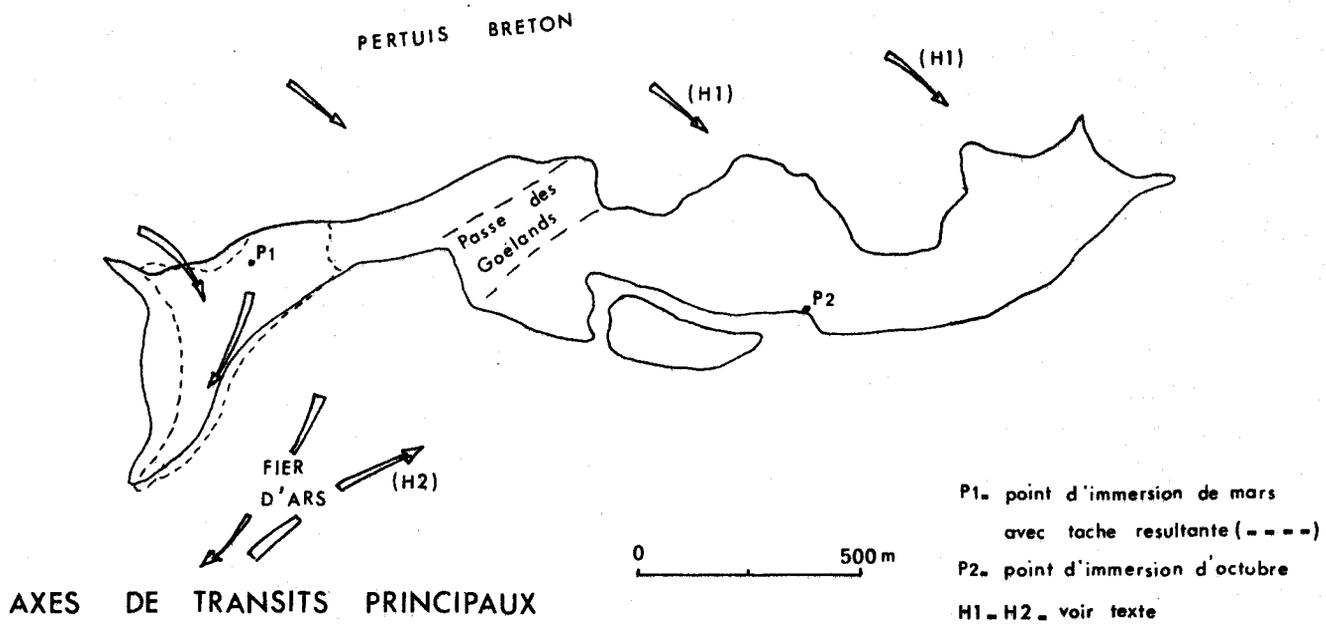


fig.45 LE BANC DU BUCHERON



fig.46 VARIATION du rapport de la différence d'activité entre l'enveloppe des 50 coups et celle des 50 000 coups ($N_{50-50\ 000}$) en fonction de la surface moyenne pondérée (S_g)

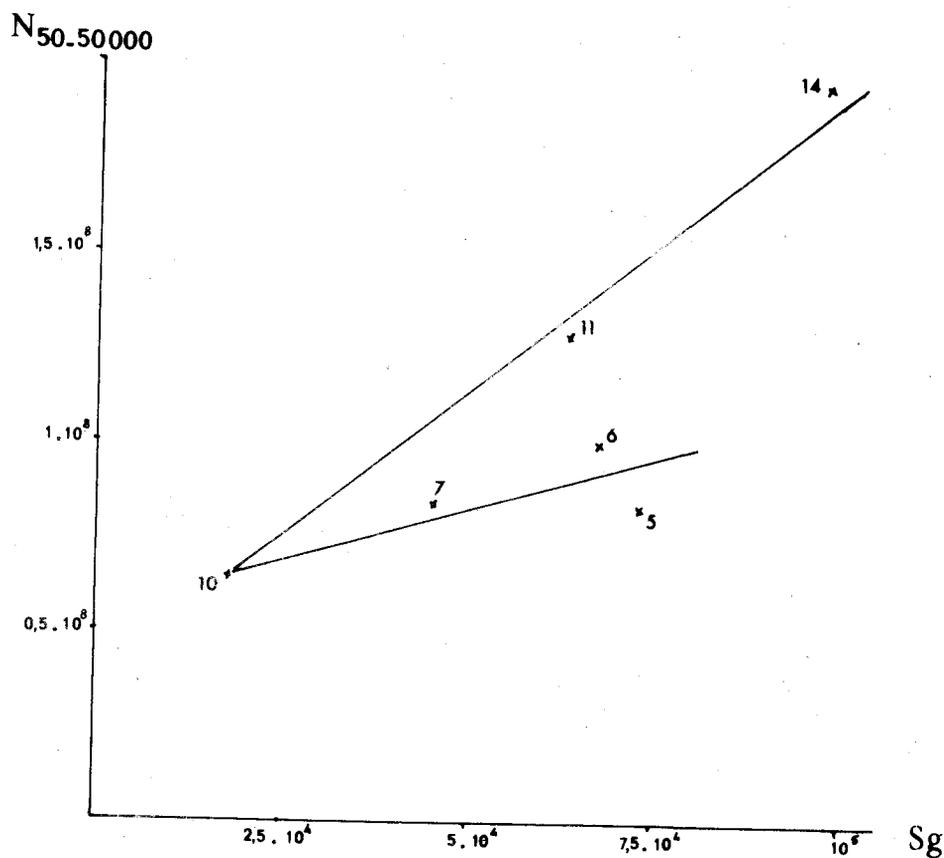


fig.47 DIAGRAMME D'ACTIVITE D'UNE CAROTTE

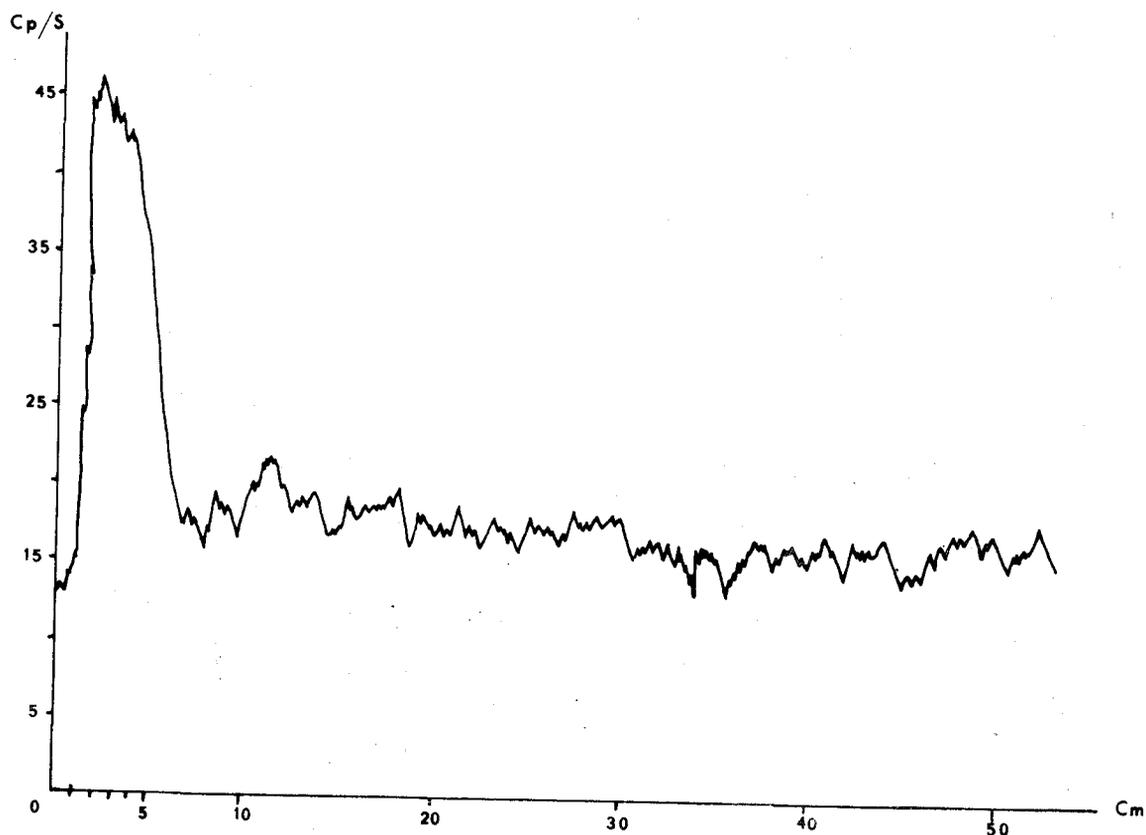


Fig. 46. Variations of the temperature of the body of the insect during the flight. (Temperature of the body of the insect in degrees Celsius.)

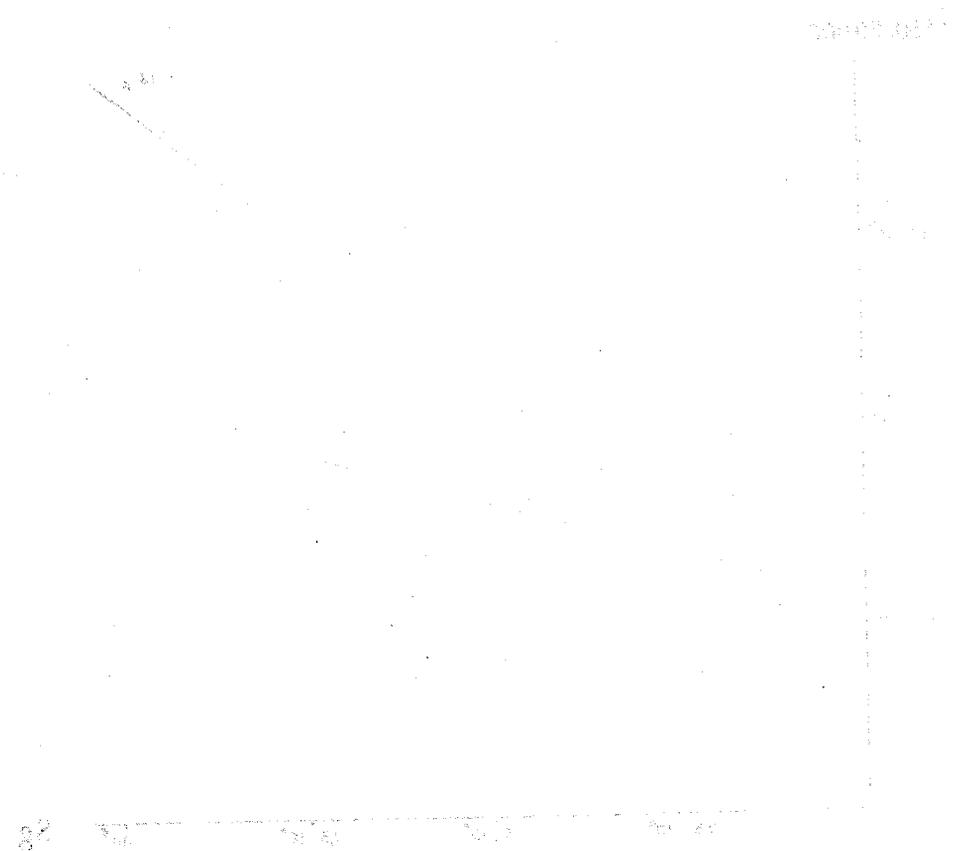
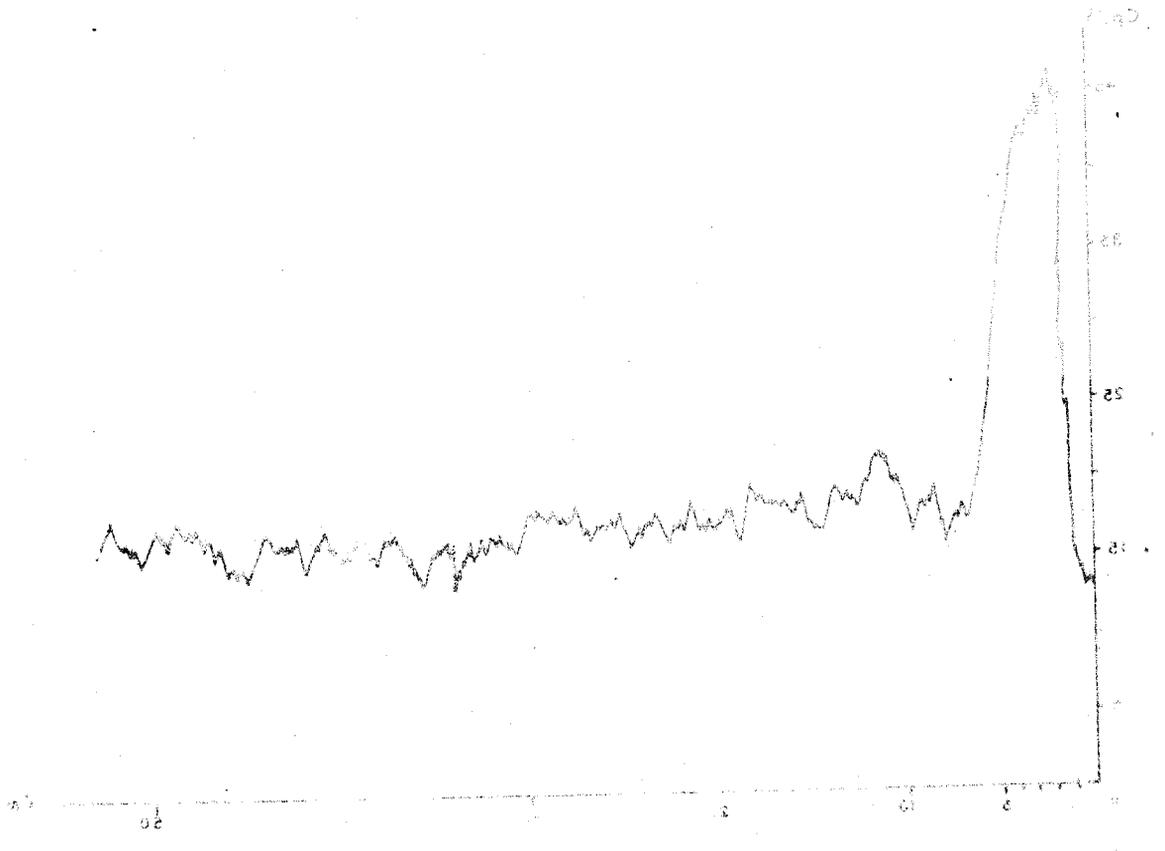


Fig. 47. Diagram of the flight curve of the insect.



Jours	5	6	7	10	11	24
Ao en mci	2770	2160	1655	792	594	276
A en mci	691,5	770	555	385,7	357,2	232,7
Défaut en mci	2078,5	1390	1100	408,3	236,8	43,3

TABLEAU XVI : Calcul du défaut d'activité au point P2.

qui peut avoir deux causes :

- la limite de sensibilité de l'appareil (cf. annexe I : effet de seuil),
- l'enfouissement ou le recouvrement du sable actif.

Le maximum d'activité a été retrouvé le 14 octobre. Si l'on suppose que tout le déficit est dû à l'enfouissement, le calcul indique que l'épaisseur d'enfouissement est comprise entre 5 cm et 10 cm, valeur corroborée par la mesure faite in situ, sur une carotte (fig. 47).

I.4.2.2. Discussion

L'étude de la morphologie du Banc du Bûcheron (disposition des "passes" et des "têtes") permet d'établir les axes de cheminement des courants de marée au cours du flot et du jusant et contribue à expliquer l'évolution du traceur.

Quelle est au cours d'une marée, la configuration des courants et quelles sont leurs actions sur le site de l'expérience ? (fig. 45).

a) En flot

En début de montée, le courant de flot alimentant le Fier d'Ars contourne le Banc et pénètre en direction E-W, entre la flèche sableuse et la côte de Loix. Le point d'immersion (P2) est balayé, de ce fait, par un courant E-W (fig. 45).

Le niveau de la mer montant, un certain nombre de "passes" apparaissent en travers du Banc (2° et 3° illustration en flot). Au point d'immersion le courant a une composante SSW.

b) En jusant

Lors du jusant, les courants sont inversés et la vidange du Fier, au point d'immersion (fig. 45), a une direction qui varie du Nord au début du baissé puis Nord-Est au milieu, pour devenir Est en fin de

baissé. La composante Nord-Est qui a lieu pendant la 3^e et 4^e heure, induit un axe de déplacement du nuage radioactif car le courant est alors au maximum de son intensité (fig. 44).

Les courants de marée dispersent donc le traceur dans toutes les directions.

Cependant un second phénomène contribue à stabiliser la tache, son *recouvrement par du sable inactif*. Nous montrerons cette influence en calculant le rapport de la différence d'activité entre l'enveloppe des 50 cps et celle des 50 000 cps ($N_{50} - N_{50\ 000}$) en fonction de la surface moyenne pondérée (SG) définie dans l'annexe I.

Les résultats sont consignés dans le tableau XVII et la figure 46.

Date	n en cps	$N_{50} - N_{50\ 000}$ en cps .m ²	S.G en m ²
5 oct.	$2,06.10^6 s^{-0,828}$	$8,3 . 10^7$	72240
6 oct.	$5,03.10^6 s^{-0,897}$	$10,0 . 10^7$	64130
7 oct.	$6,67.10^6 s^{-0,941}$	$8,3 . 10^7$	44170
10 oct.	$27,46.10^6 s^{-1,111}$	$6,56. 10^7$	18340
11 oct.	$12,95.10^6 s^{-0,964}$	$12,97. 10^7$	62630
14 oct.	$17,47.10^6 s^{-0,955}$	$19,54. 10^7$	97910

TABLEAU XVII : Valeurs de la surface moyenne pondérée entre les activités 50 et 50000 cps. au cours des différentes détections.

Le bilan $N_{50} - N_{50\ 000}$ apparaît comme une fonction croissante de la surface (S_G). Les diminutions d'activité sont dues à un enfouissement de la tache et les augmentations proviennent soit d'une diminution de l'enfouissement soit d'un étalement du traceur. Ainsi, un *enfouissement* du traceur se produit *par temps calme* (période du 5 au 10). Ce point représente donc une zone de sédimentation, par contre, lors des plus fortes houles (du 11 au 15), cette région s'érode et, probablement, un étalement du nuage radioactif se produit.

I.4.2.4. *Conclusions*

La zone expérimentale du point P2 est une région de stockage de sable. En effet, le sédiment se déplaçant par dérive littorale arrive au point P2 (Fig. 45) et entre dans le Fier d'Ars (expérience du mois de mars). La Passe des Goëlands joue le rôle de barrière hydraulique au déplacement du sable le long du banc par dérive littorale ; malgré cela le banc s'allonge et augmente de volume. Quelles sont les modalités de cet engraissement ? Deux processus essentiels entrent en jeu :

- une arrivée de sédiment du Pertuis Breton (H1 sur la figure 45),
- une restitution partielle du sable qui a pénétré dans la rente du Fier à partir du pédoncule du banc (H2 sur la figure 45).

I.4.3. *PLAGE DU LIZAY (P3)*

La localisation du point d'immersion P3 est indiquée sur la figure 48.

Au large de la Pointe du Lizay, le bruit de fond varie entre 15 et 30 cps. Les valeurs les plus élevées se situent près de la côte.

I.4.3.1. *Description des réseaux d'isochocs*

Lors de la détection de mise en place, le 4 octobre (fig. 49) du traceur, la plus grande partie de l'activité se trouve concentrée autour du point d'immersion. La houle engendrée par un régime de vents d'Ouest instauré à partir du 10 (fig. 41), rabat la tache à la côte (fig. 50). L'axe de la tache reste le même, mais l'activité située au Nord de l'axe se déplace au Sud.

Après un mois, le 8 novembre 1972 (fig. 51), la tache prend une forme allongée suivant un axe WNW-ESE. Cette orientation matérialise un rabattement dans une direction parallèle à la côte. Le nuage reste identique jusqu'au 28 novembre (fig. 52).

Compte tenu de la décroissance du radioélément, le nuage a perdu sa digitation est le 9 janvier (fig. 53).

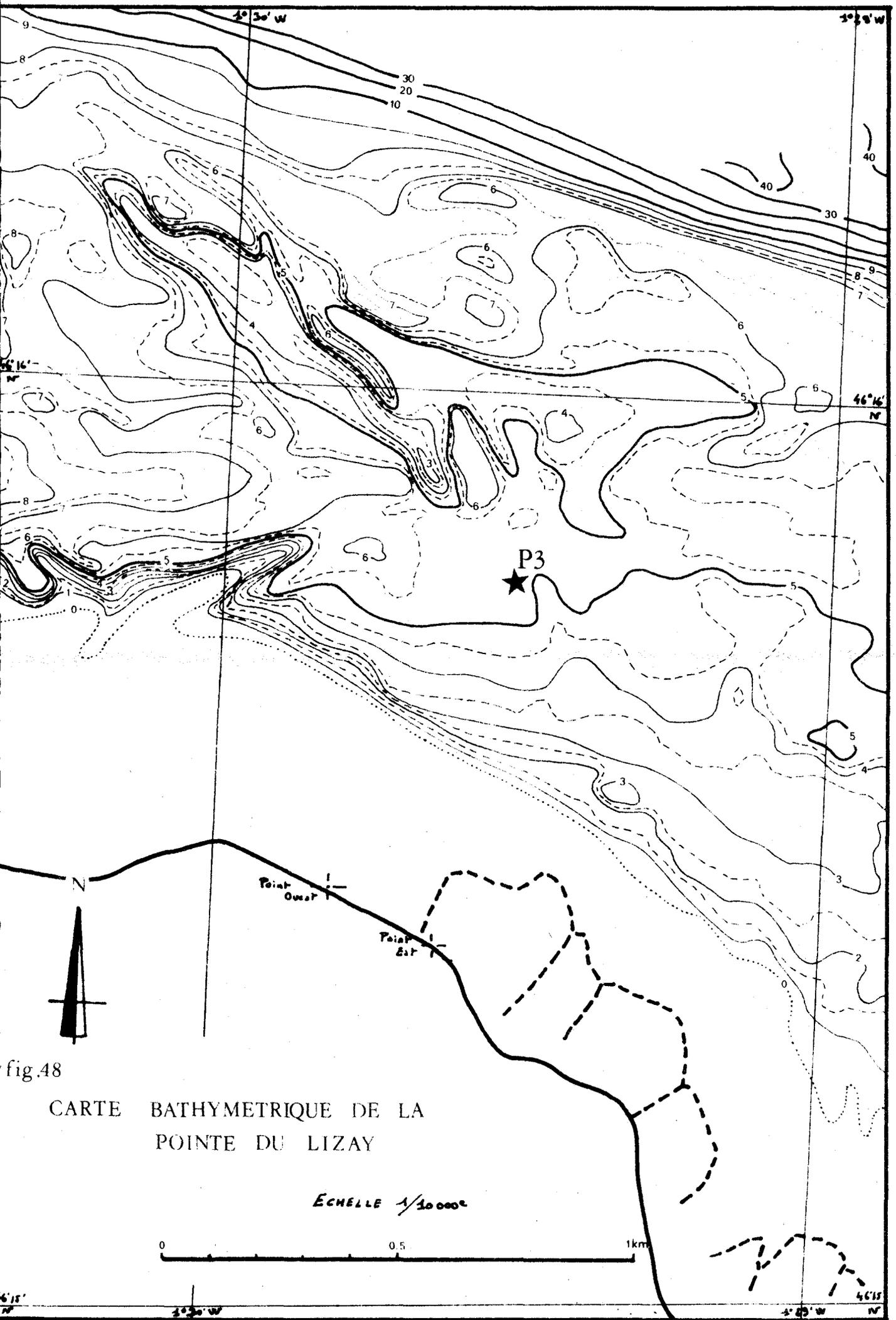


fig.48

CARTE BATHYMETRIQUE DE LA
 POINTE DU LIZAY

ECHELLE 1/10 000^e

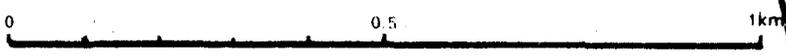




fig.49

POINTE DU LIZAY
au point P3

detection du 4.10.72

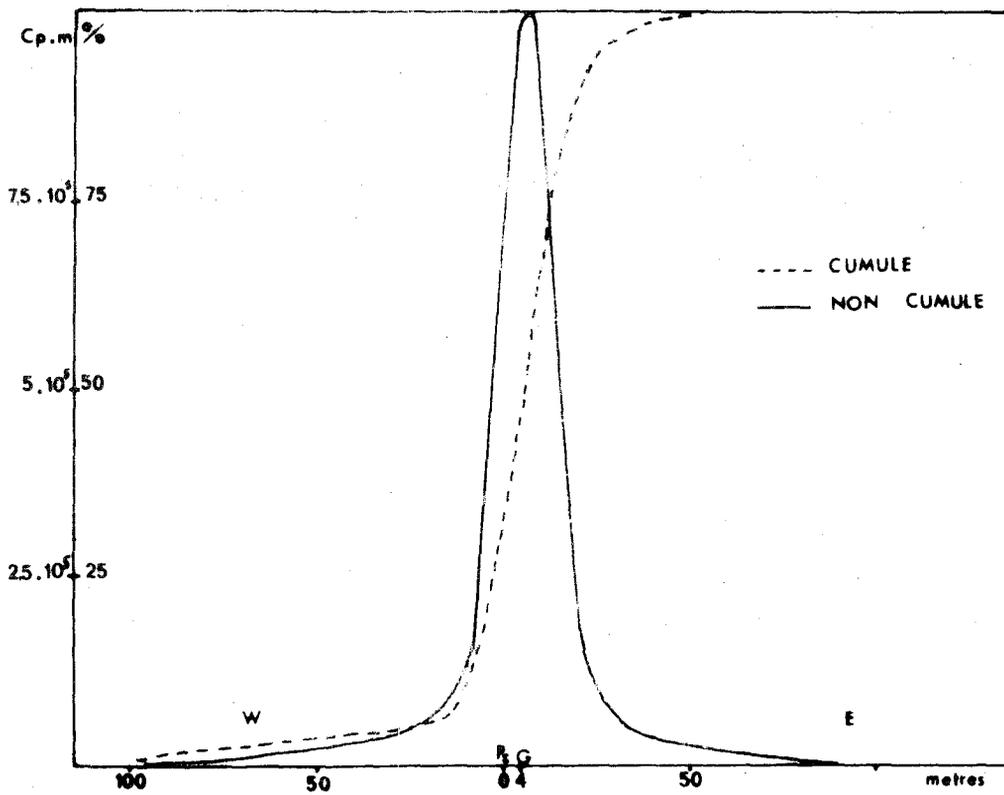
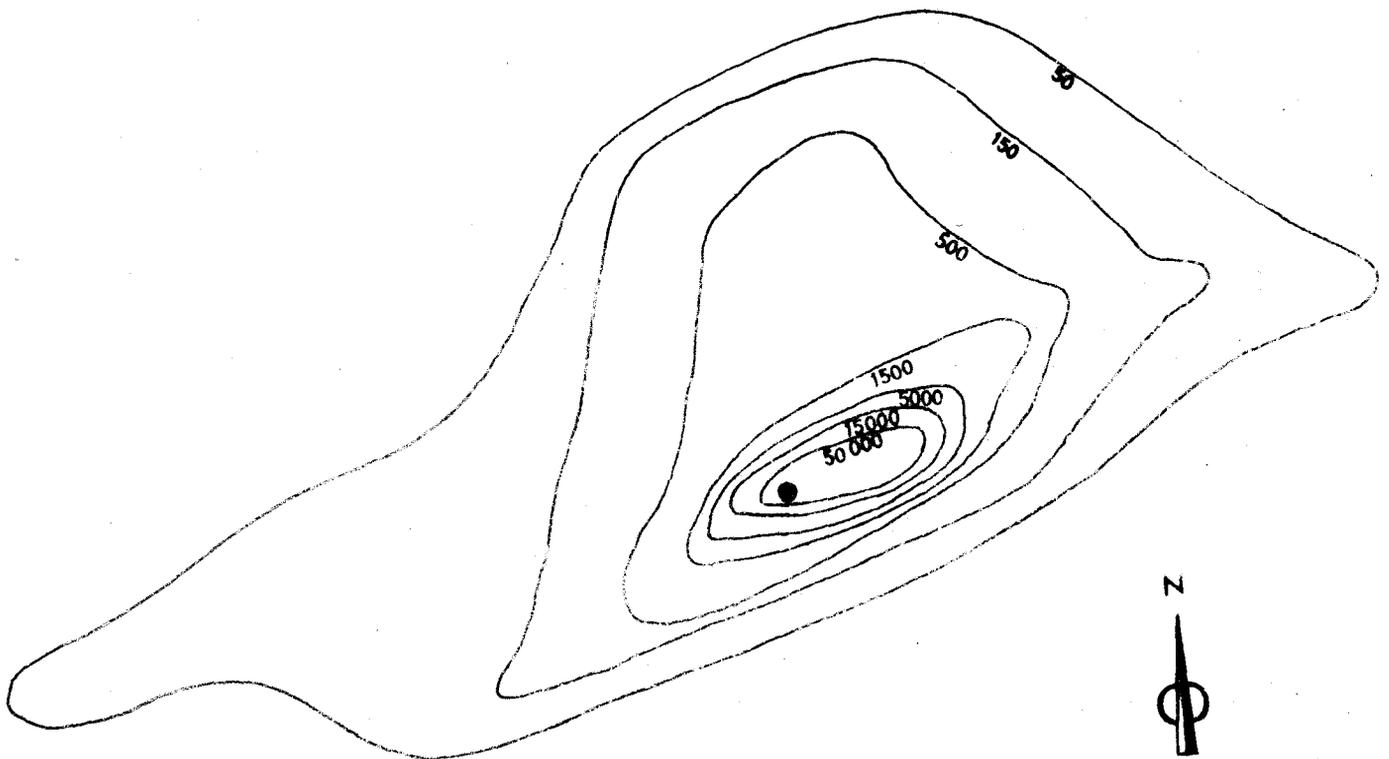


DIAGRAMME de TRANSPORT des SABLES



SITUATION DE LA TACHE RADIOACTIVE

Echelle 1/1000

valeur en Cp/S

● point d'immersion P3

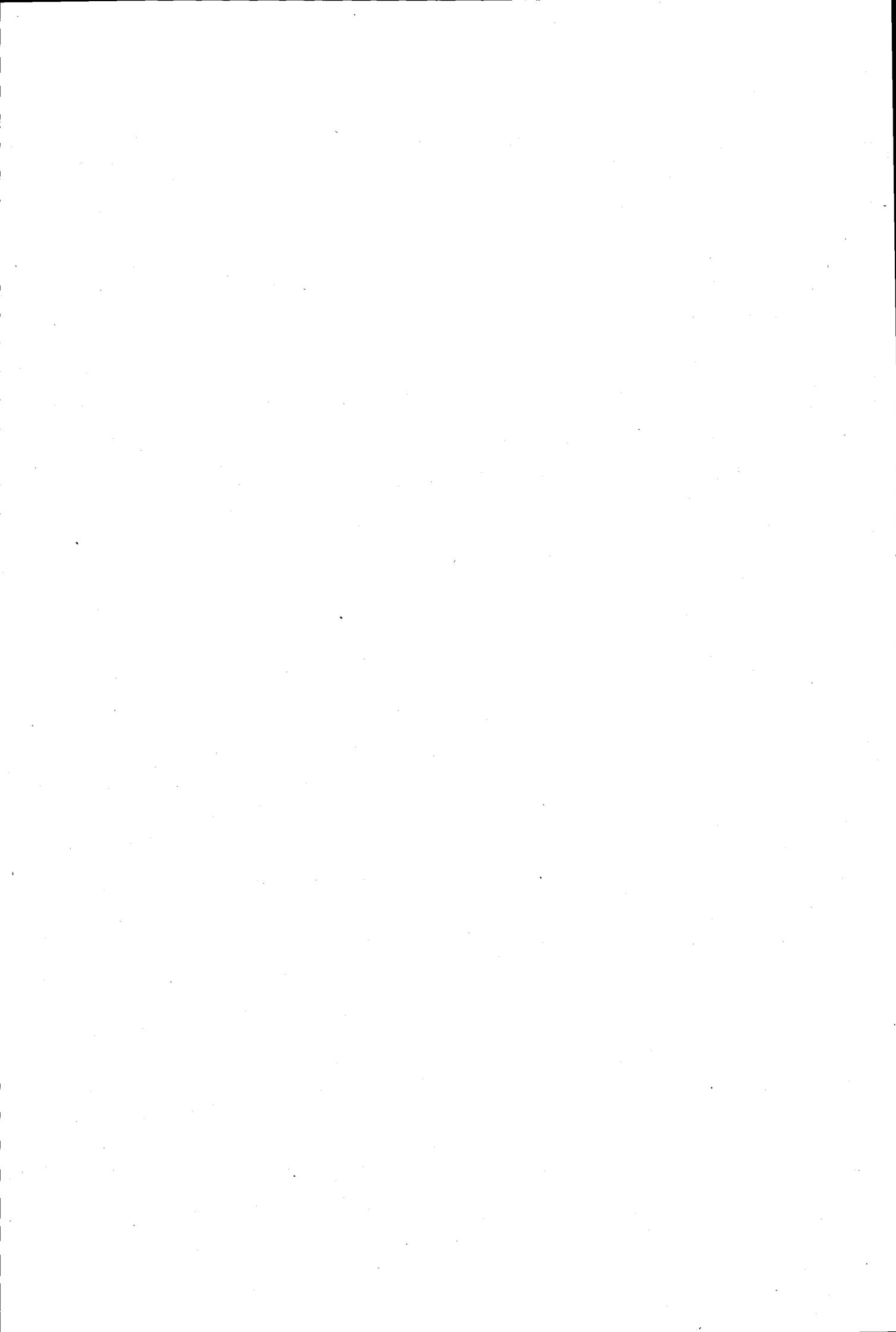


fig. 50 POINTE DU LIZAY
au point P3

detection du 11.10.72

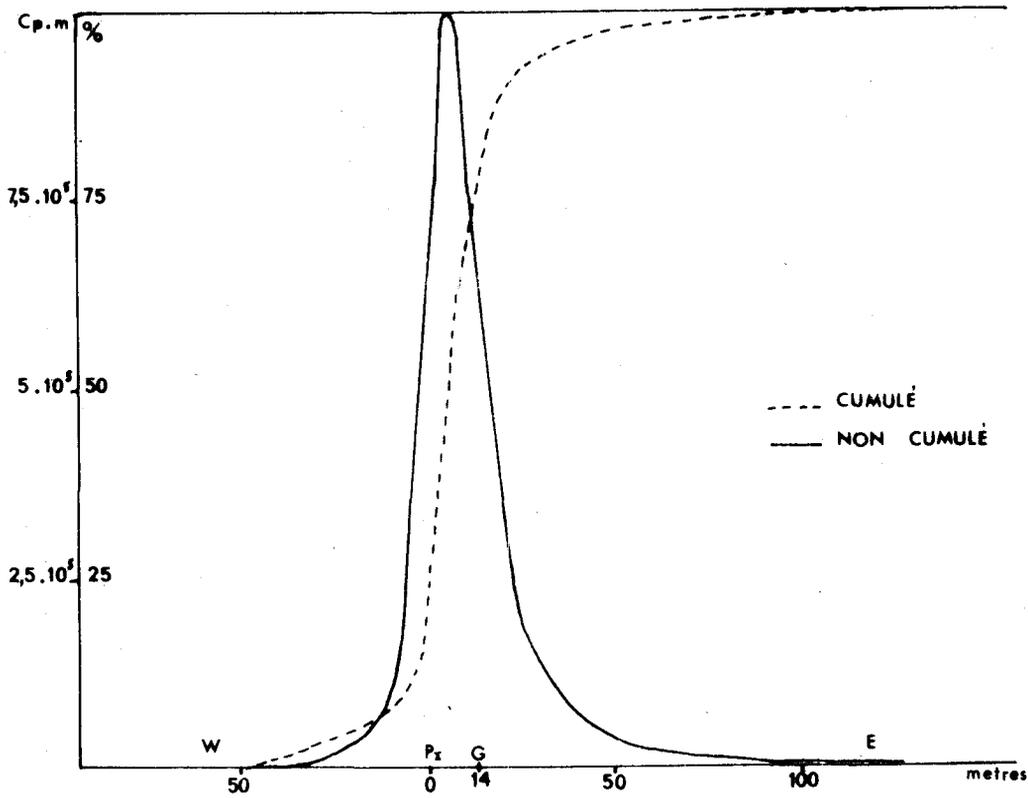
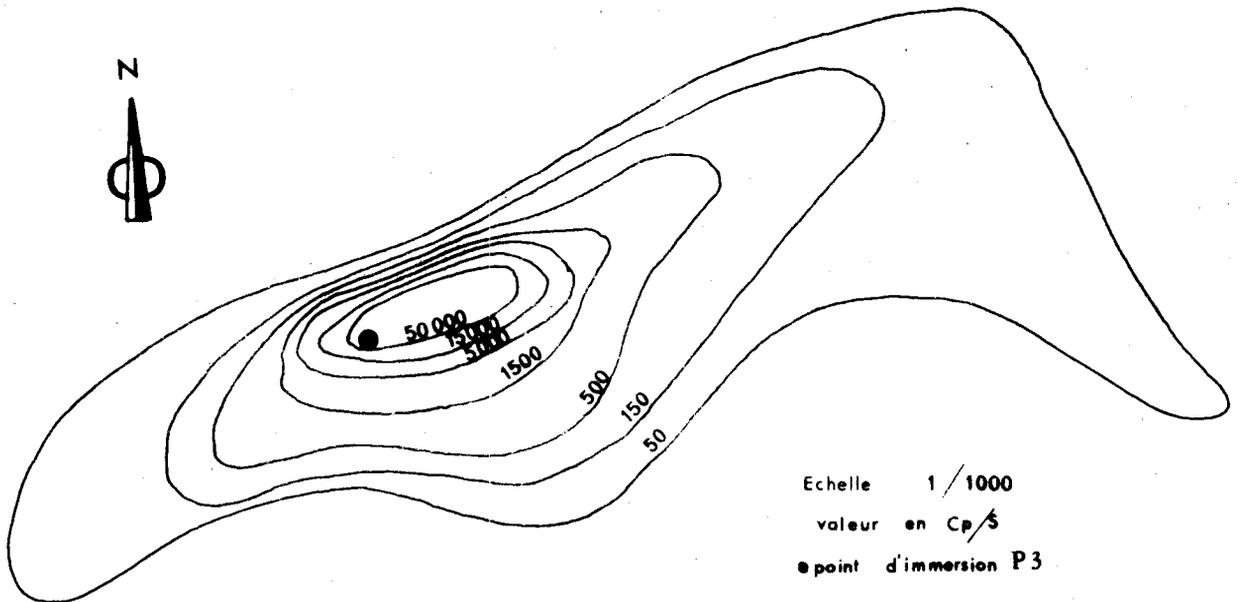


DIAGRAMME DE TRANSPORT DES SABLES



SITUATION DE LA TACHE RADIOACTIVE



fig. 51

POINTE DU LIZAY
au point P3

detection du 8.11.72

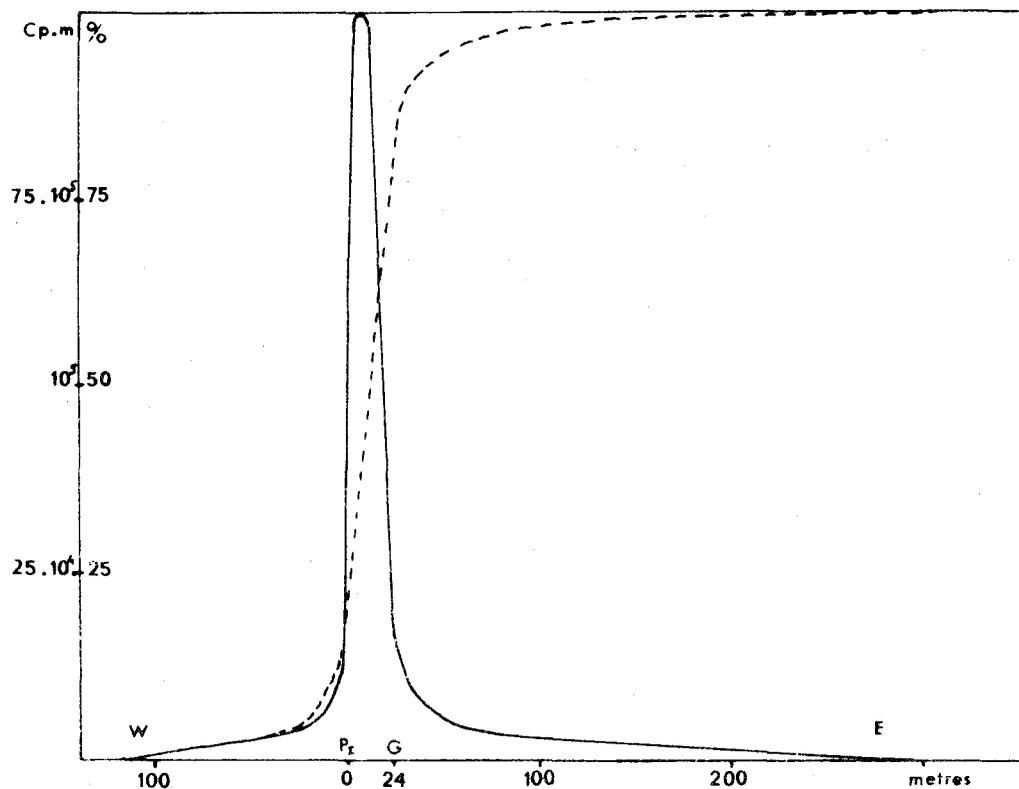
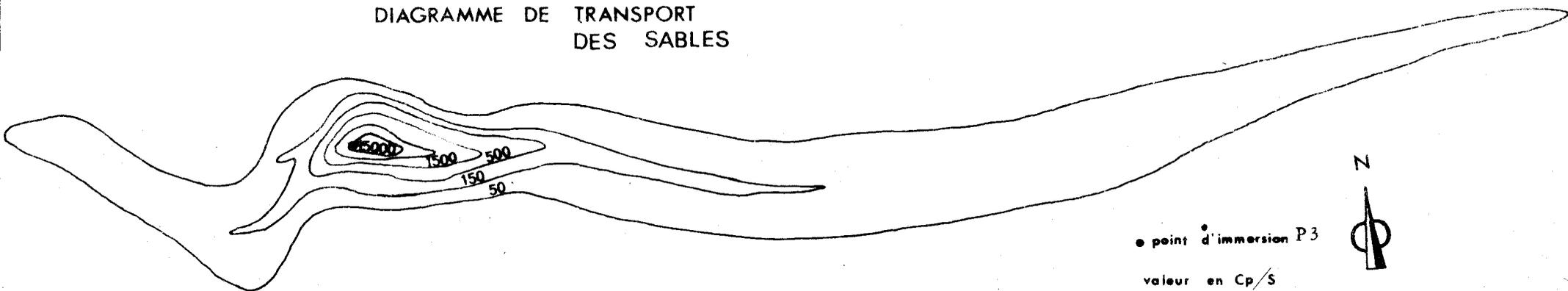


DIAGRAMME DE TRANSPORT
DES SABLES



SITUATION DE LA TACHE RADIOACTIVE

point d'immersion P3

valeur en Cp/S

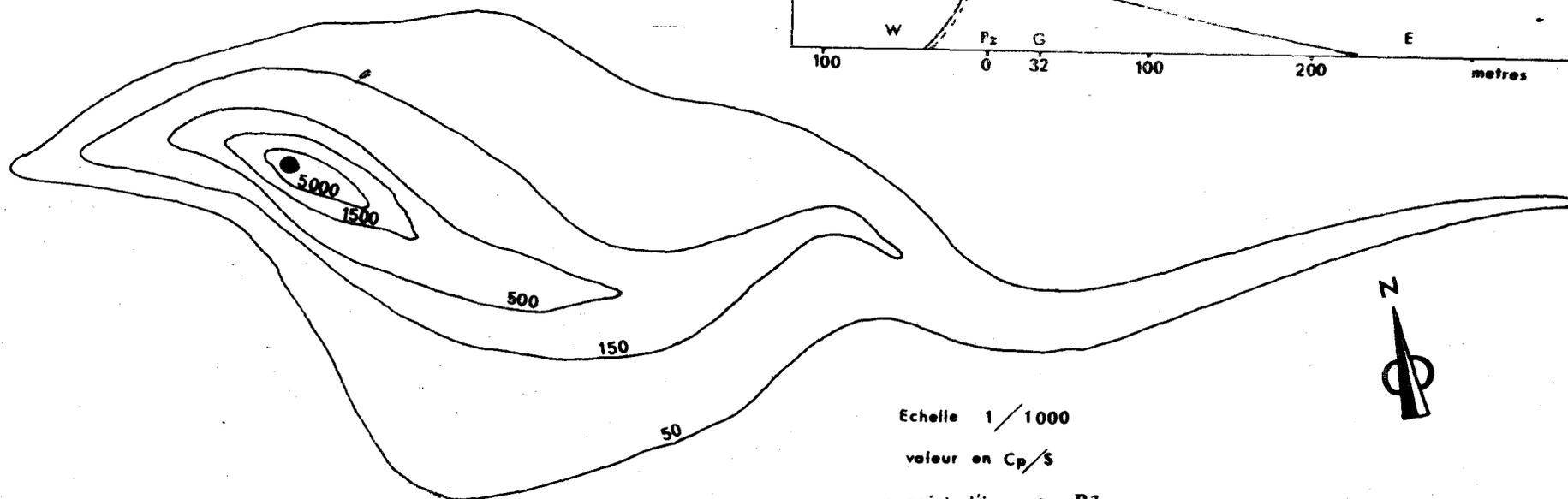
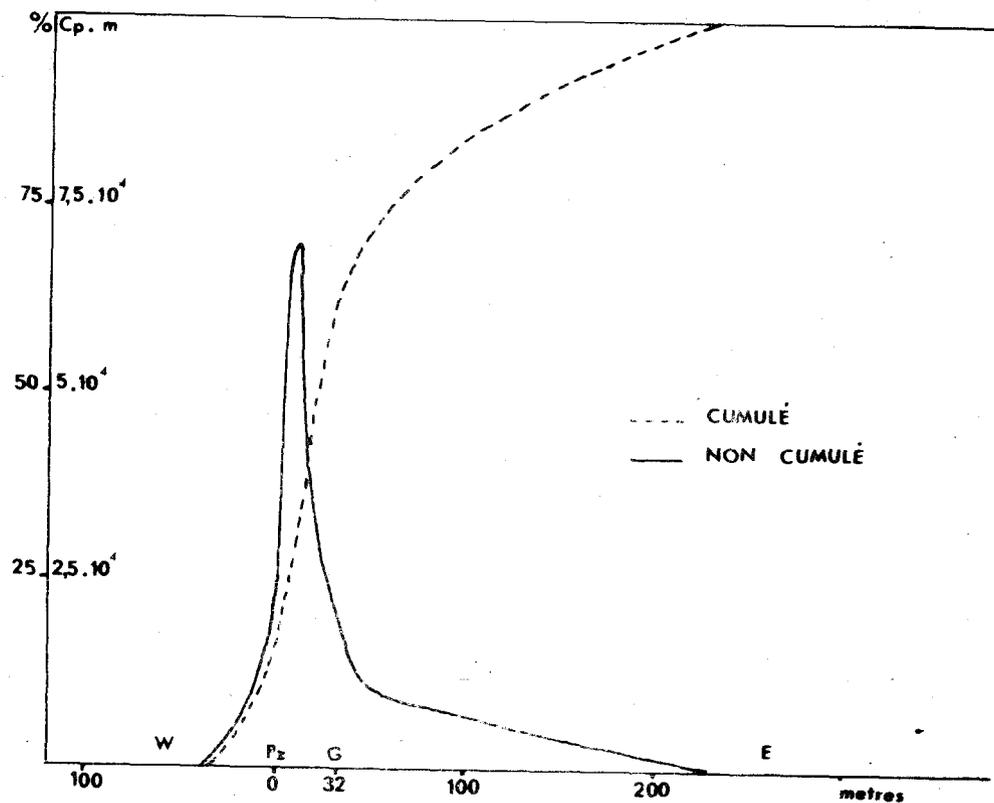
Echelle 1/1000



fig. 52 POINTE DU LIZAY au point P3

detection du 28.11.72

DIAGRAMME DE TRANSPORT
DES SABLES



SITUATION DE LA TACHE RADIOACTIVE

Echelle 1 / 1000

valeur en Cp/S

● point d'immersion P3



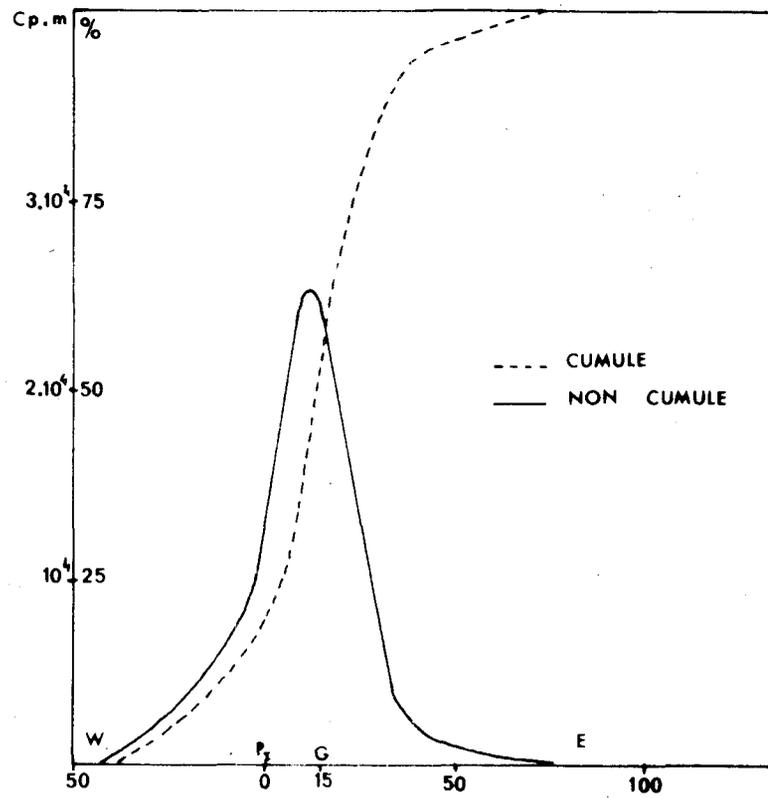
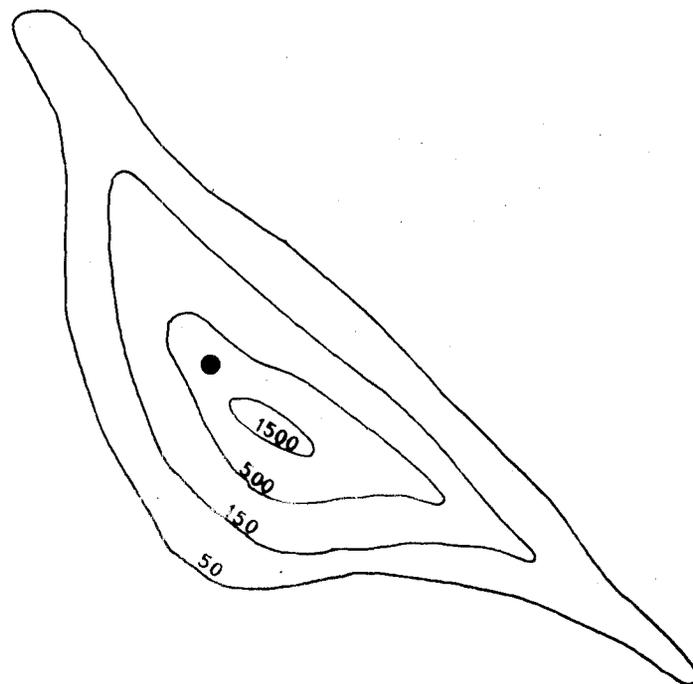
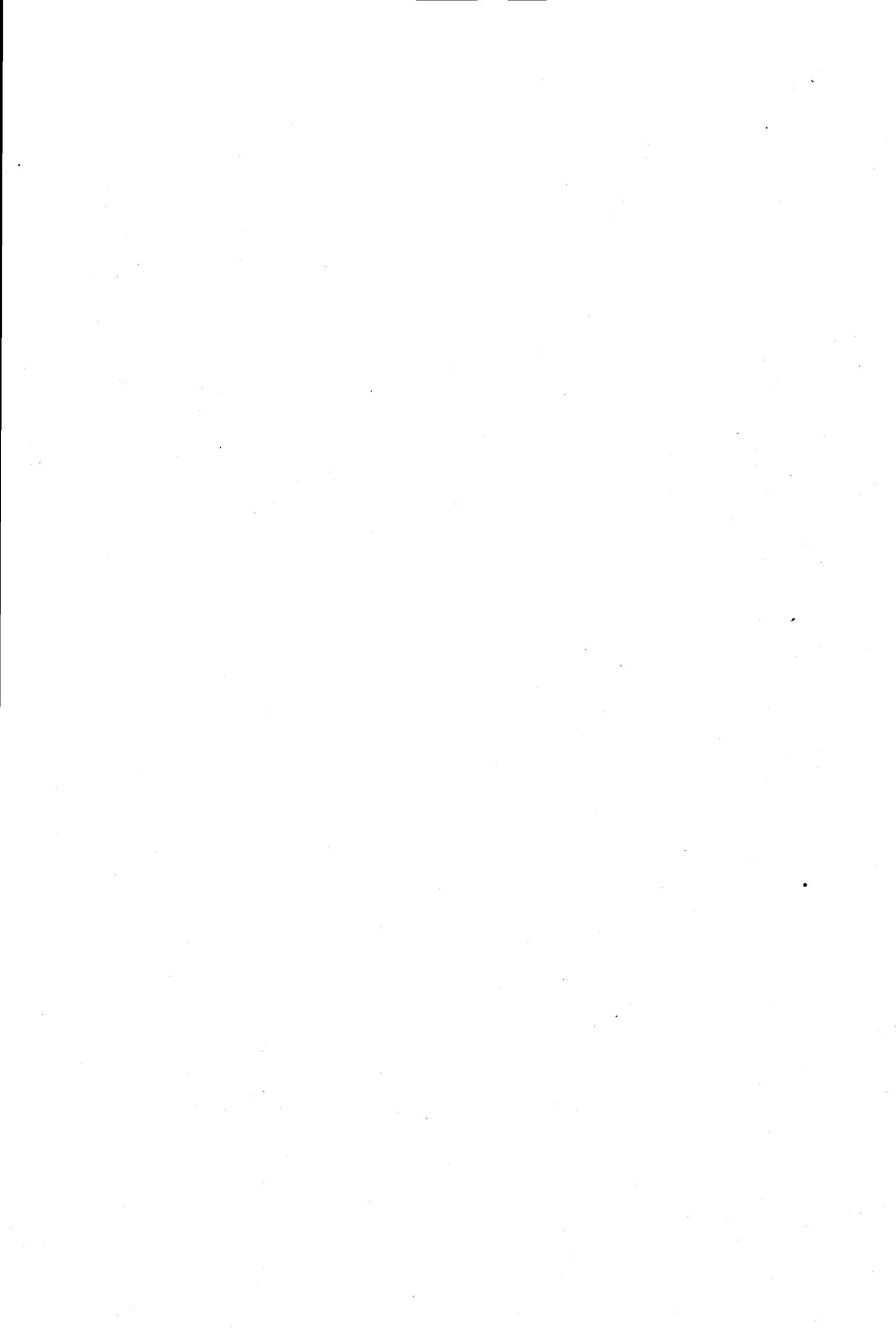


DIAGRAMME DE TRANSPORT DES SABLES



Echelle 1 / 1000
 valeur en Cp / S
 e point d'immersion P3

SITUATION DE LA TACHE RADIOACTIVE



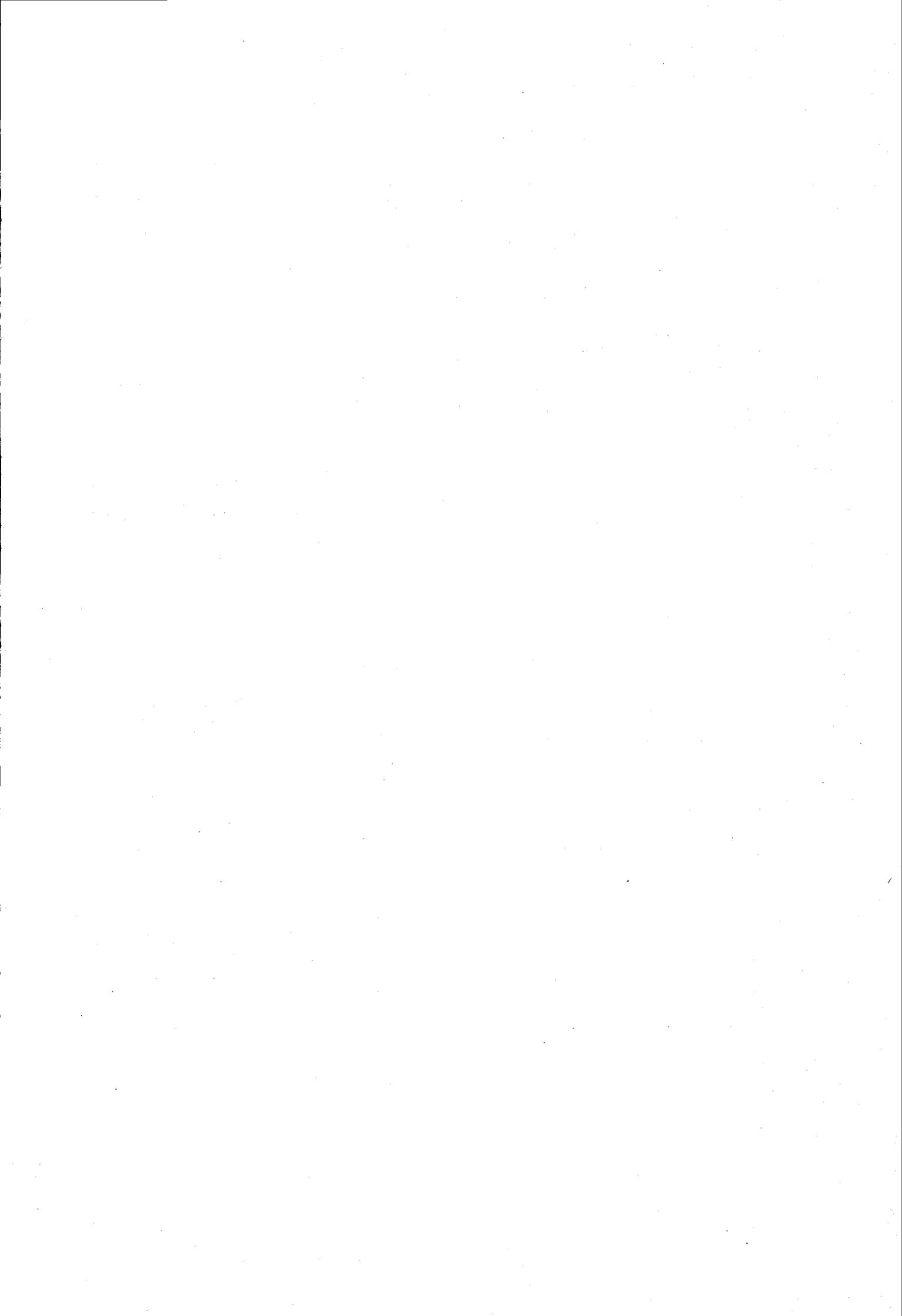
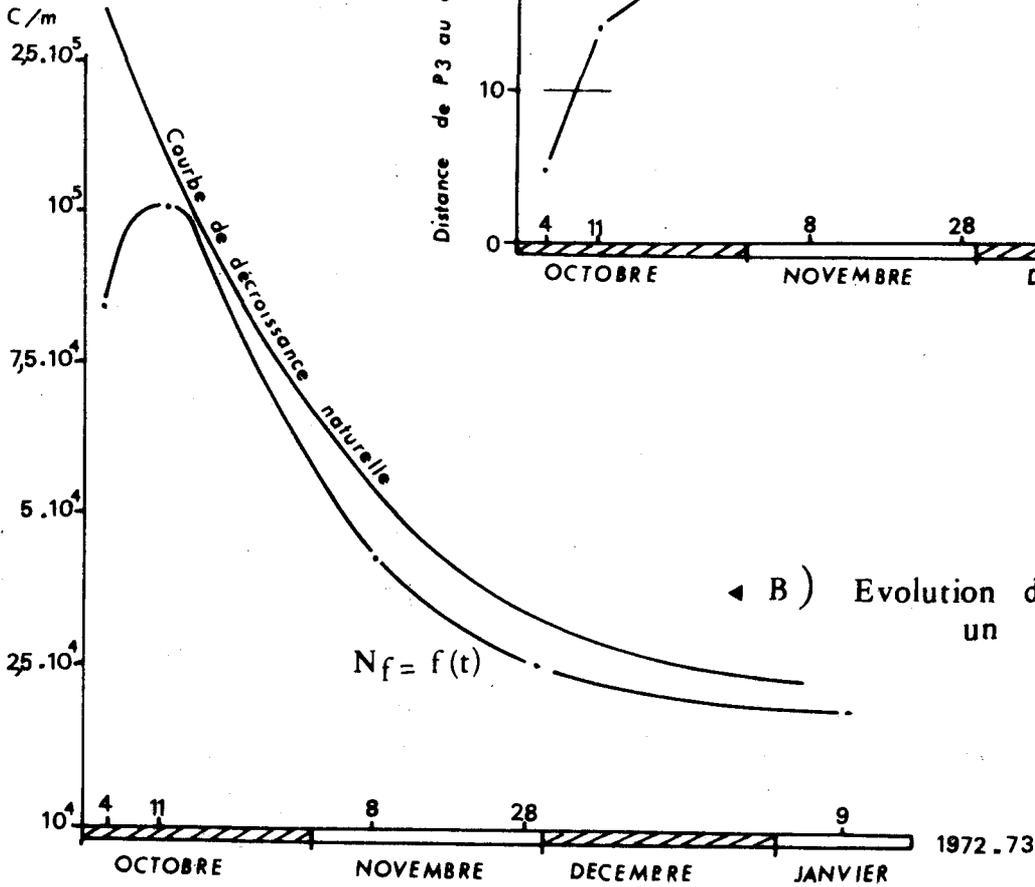
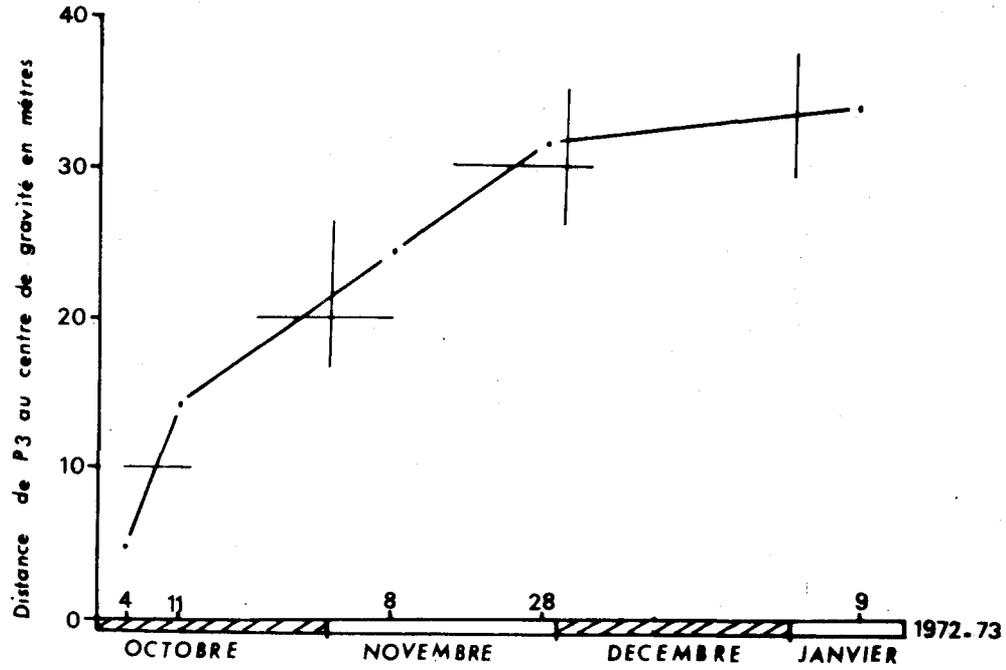


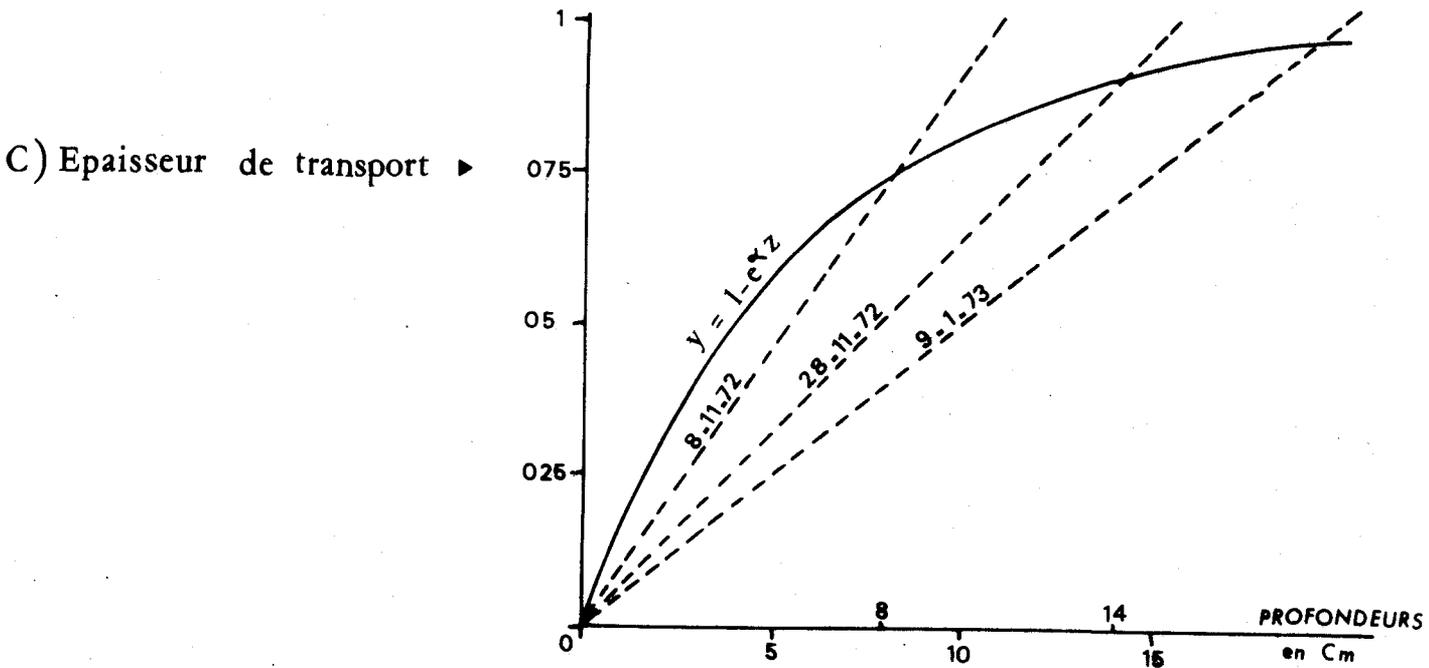
fig. 54

POINTE DU LIZAY

A) Variation du centre de gravité



B) Evolution de l'activité sur un profil



C) Epaisseur de transport

I.4.3.2. Vitesse moyenne de la dispersion du sédiment

Durant l'expérience, les grains s'étaient dans toutes les directions mais la majorité d'entre eux se regroupent dans une direction préférentielle.

Pour calculer les vitesses moyennes de déplacement, il faut déterminer les positions successives du centre de gravité, en tenant compte de l'effet de seuil.

Le tableau XVIII résume les positions successives du centre de gravité.

Date	Temps cumulé	Distance $C_G - P_3$ (en m)	Distance par rapport au 4.10.72 (en m)
4.10	1	4	0
11.10	8	14	10
8.11	36	24	20
28.11	56	32	28
9.01	98	-34	30

TABLEAU XVIII : Positions successives du centre de gravité C_G .

La courbe du déplacement du centre de gravité (C_G) en fonction du temps est représentée dans la figure 54 A. Après une mise en place rapide du traceur (1 m/j), le centre de gravité progresse uniformément en direction du Sud-Est jusqu'au 28 novembre à la vitesse moyenne de 0,30 m/j, puis sa migration se ralentit (3 cm/j).

I.4.3.3. Bilan des taux de comptage

En exprimant le nombre de chocs (N_f) retrouvé sur le meilleur profil par curie d'activité, pour chaque détection (fig. 54 B), on note

- une augmentation de l'activité due à une désaturation des appareils de détection,
- une diminution très rapide.

Le bilan de l'activité exprimé par cette courbe est alors en déficit par rapport à celui résultant de la seule décroissance naturelle du radioisotope (fig. 54 B). Par conséquent, intervient un autre processus d'atténuation apparente de l'activité mesurée ; l'enfouissement du traceur dans le sédiment.

Nous allons chercher à apprécier l'épaisseur de cet enfouissement en utilisant le protocole de détermination du "bilan des taux de comptage" (cf. annexe I, § III.5.).

On trouvera dans le tableau XIX et la figure 54 C, les éléments permettant cette évaluation et les résultats qui en découlent.

Dates	4.10	11.10	8.11	28.11	9.01
A en μCi	$12,19.10^6$	$10,10.10^6$	$4,95.10^6$	$2,97.10^6$	$1,127.10^6$
N cps. m^2	$20,62.10^6$	$21,56.10^6$	$6,68.10^6$	$2,80.10^6$	$0,884.10^6$
$1-e^{-\alpha z}$	$1,16.10^{-1}$	$1,50.10^{-1}$	$9,66.10^{-1}$	$6,70.10^{-1}$	$5,13.10^{-1}$
E en cm	0	0	8	14	19

TABLEAU XIX : Bilan des taux de comptage au point P3

Lors des deux premières détections, le déficit de comptage est dû à une saturation des appareils, à partir du 8 octobre le sédiment est remanié et se déplace sur une épaisseur variant de 8 à 14 cm.

I.4.3.4. Débit de charriage

Nous possédons maintenant tous les éléments, vitesse moyenne de déplacement, surface et épaisseur de la tache permettant le calcul du débit de charriage. Le principe des calculs est exposé en annexe (Annexe I, § III.5.3.) et nous ne retiendrons ici que les résultats.

Les débits sont indiqués en tonnes par jour et par mètre linéaire mesuré perpendiculairement à l'axe du transport ; ils sont très légèrement surestimés en raison d'une évaluation par excès de la valeur de l'épaisseur d'enfouissement (tableau XX).

Dates	4 octobre	11 octobre	8 novembre	28 novembre	9 janvier
$Q_T/j/m$	0	-	0,09	0,144	0,120

TABLEAU XX : Débit de charriage au point P3

1.4.3.5. Direction du déplacement

L'évolution de la position de la tache au cours du temps nous renseigne sur la direction générale du charriage. Dans ce but nous avons reporté les directions relatives de la côte et de l'axe de transport correspondant aux différentes détections (fig. 55).

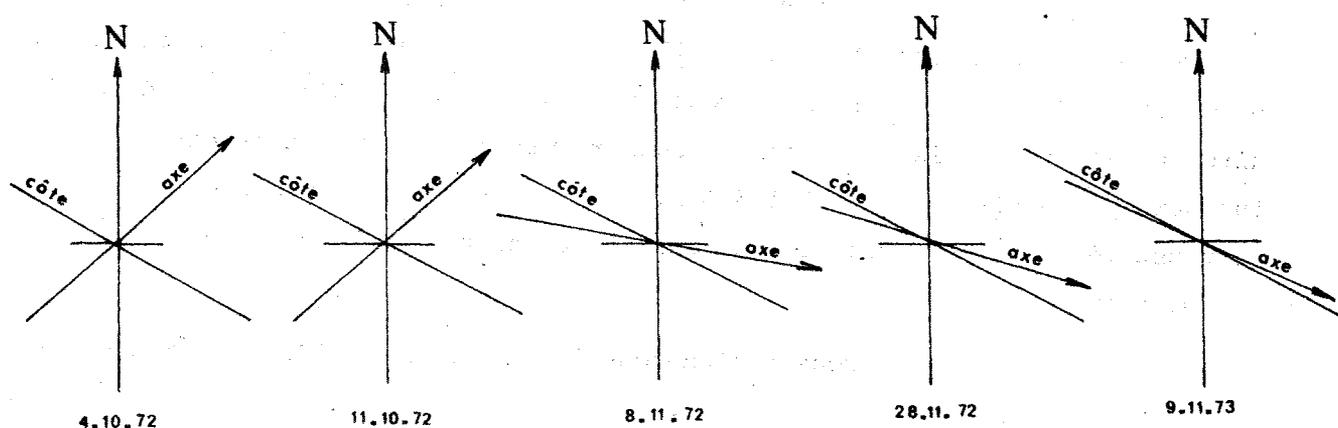


Fig. 55 ROTATION DES AXES DE TRANSPORT de la tache radioactive du point P3 aux diverses dates de détection

A l'immersion, un léger saupoudrage du traceur, en direction inverse du courant de marée car le bateau est obligé de maintenir son cap en remontant le courant, provoque une dispersion anormale du traceur. Par la suite l'action combinée de la houle et du courant de flot détermine le basculement de la zone d'activité par rapport à l'axe, et, dès le 8 novembre, le traceur prend la direction ESE (fig. 55, 8 et 28 novembre) sur le couloir d'alimentation du Lizay.

La résultante s'infléchit ensuite vers la côte et à partir de fin novembre, le régime de Nord-Est s'établit et provoque un gonflement de la tache en direction du rivage ; les axes de transport deviennent alors parallèles à la côte.

Quand au sens, il est clairement démontré par la constante dissymétrie de la tache vers l'Est, résultante dans laquelle se conjuguent l'action de la marée (flot) et celle des houles dominantes du secteur ouest.

I.4.3.6. Conclusions

Le déplacement du verre au chrome immergé le 4 octobre 1972 a pu être suivi pendant plus de trois mois, permettant ainsi de confirmer un certain nombre d'hypothèses.

Le sable à une tendance naturelle à migrer vers le Sud-Est parallèlement à la côte, mais dans les conditions météorologiques favorables rencontrées durant la période du 8 au 28 novembre (houle de secteur ouest), il se rabat à la côte.

Lorsqu'un charriage se produit, l'épaisseur du sable en mouvement est importante puisqu'elle atteint une quinzaine de centimètres. Le débit de charriage journalier reste cependant faible (150 kg par mètre linéaire et par jour) mais le transit annuel résultant est important car il s'effectue sur un couloir de 1 000 à 1 500 m. de largeur. Si on suppose que ce déplacement est identique sur tout le couloir, le transit annuel est de 55 000 t/an à 82 000 t/an.

Nous retiendrons la valeur de 70 000 t/an comme grandeur moyenne.

I.4.4. LA CONCHE DES BALEINES (P4)

Le point d'immersion est situé sur l'avant-côte à une profondeur faible (tableau XIII, fig. 56).

L'activité naturelle sur le fond sableux est assez stable, elle ne dépasse pas 30 cps avec une moyenne de 15 cps.

I.4.4.1. Le réseau d'isochocs (fig. 57)

Jusqu'au 12 octobre le nuage radioactif se réduit à quelques mètres carrés et ce n'est qu'à partir du 8 novembre 1972 que le nuage radioactif s'étale ; la surface de la zone de 50 cps est de 1 600 m² et a presque la forme d'une ellipse de 70 m de grand axe et 30 m de petit axe. La majeure

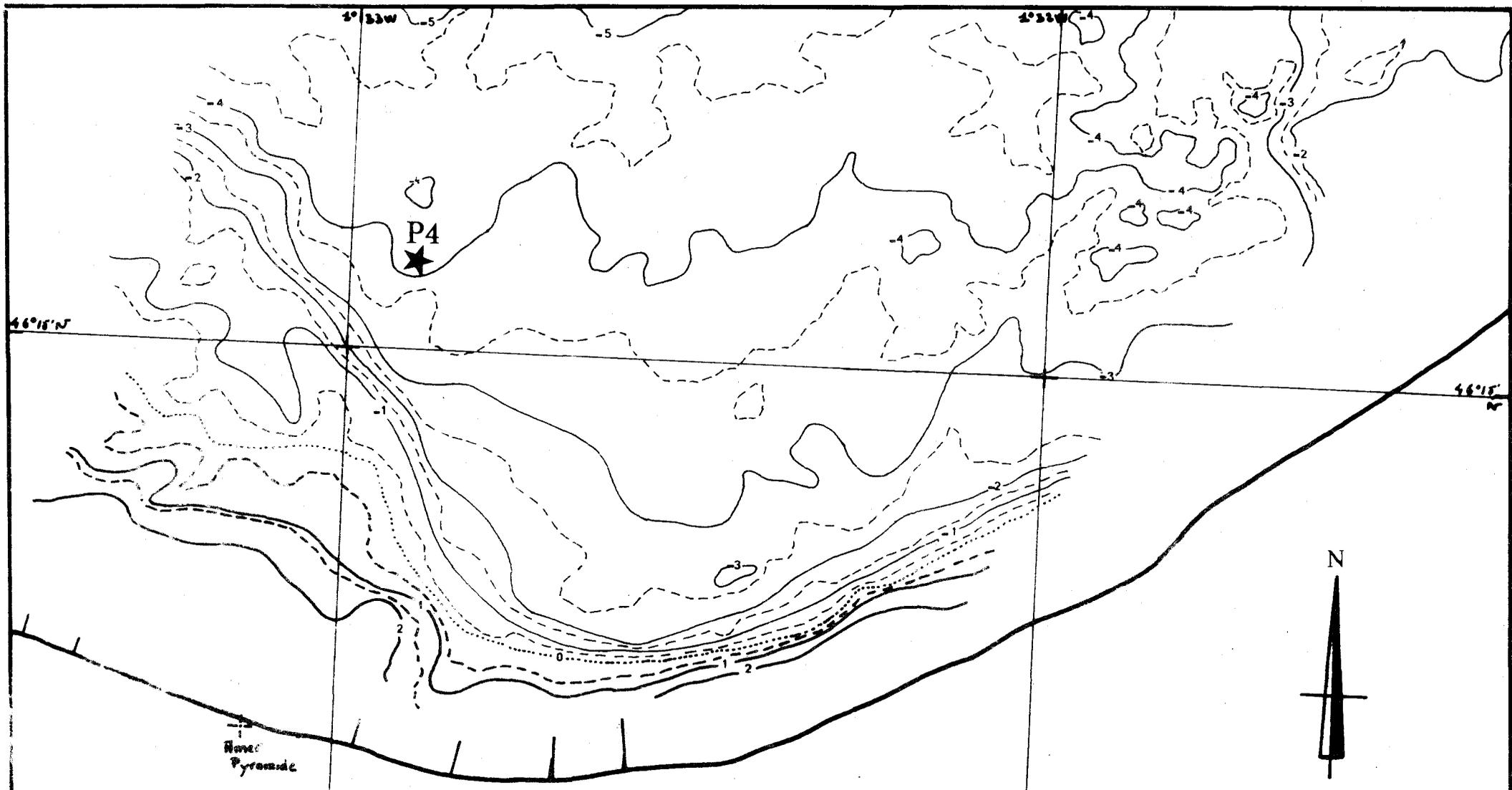
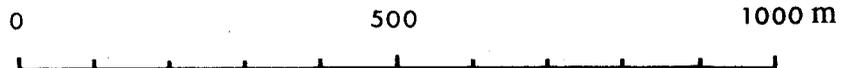


fig.56 CARTE BATHYMETRIQUE DE LA CONCHE DES BALEINES

Ech. $\frac{1}{10.000^e}$

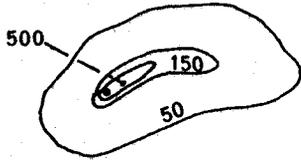


- au dessus du zero
- - - - - zero marin
- · · · · au dessous du zero

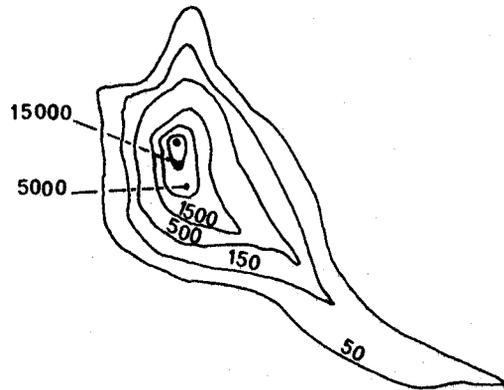


fig.57 CONCHE DES BALEINES (P4)

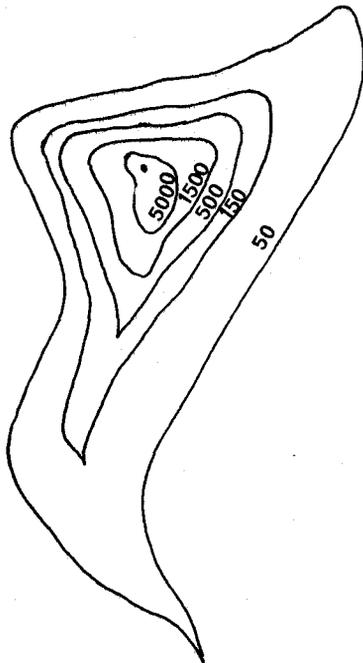
détection du 8.11.72



détection du 28.11.72



détection du 9.1.73



valeur en Cp/S

Echelle 1 / 1000





partie de l'activité s'étend sur une dizaine de mètres carrés et semble admettre un allongement W-E.

Le 28 novembre 1972, l'activité reste concentrée mais la direction préférentielle du nuage est maintenant bien définie, un axe NW-SE est très marqué. Un rabattement s'est opéré vers la côte, dû aux tempêtes du mois de novembre. Ce mouvement s'amplifie entre le 28 novembre et le 9 janvier et la zone à 15 000 cps a disparu. Le nuage reste de faible importance.

I.4.4.2. Bilans des taux de comptage

Un bilan ne peut être évalué qu'à partir des deux dernières détections.

Comme le montrent les courbes d'isochocs, le déplacement du sable est très faible. Il est difficile de récupérer toute l'activité du nuage (tableau XIV) car on dépasse le plus souvent le seuil de saturation des sondes de détection.

Dates	Chocs retrouvés	Epaisseurs d'enfouissement	% A/Ao
28.11.72	4,25.10 ⁶	56 cm	11,3
9.01.73	6,08.10 ⁶	25 cm	23

TABLEAU XXV : Bilan d'activité du point P4.

Malgré la décroissance du radioélément entre les deux détections l'activité retrouvée est plus grande lors de la dernière. Ceci est dû à la saturation des appareils lorsque la tache est très concentrée. L'épaisseur calculée à partir de l'activité détectée ne figure ici qu'à titre indicatif et en aucun cas ne peut être prise comme valeur significative, le 28 novembre. Par contre l'épaisseur du recouvrement calculée à partir des mesures du 9 janvier est probablement valable. En effet, l'activité maximum atteint 5 000 cps. Il n'y a donc pas saturation du détecteur. L'enfouissement des grains se fait sur place. Malheureusement nous ne possédons pas assez de mesures pour évaluer avec précision un déplacement dont la mise en évidence reste qualitative.

I.4.4.3. Conclusion

Les conditions hydrodynamiques existant sur la Conche des Baleines permettent d'expliquer les résultats obtenus au cours de l'expérience.

Sur la Conche des Baleines, une houle du Sud-Ouest a la même incidence qu'une houle du Nord-Ouest car elle subit une rotation sur le Haut-Banc du Nord (cf. 1^o partie ch. IV). Les lignes d'énergie ont donc finalement une direction NW-SE.

Par ailleurs, les courants de marée agissent en direction du Nord-Ouest au jusant (0,40 noeud à 30 cm du fond le jour de l'immersion) et du Sud-Est en flot. Le monté tend à étirer la tache en direction de la côte (détection du 28-11-72 et du 9-01-73) alors que le baissé, opposé à l'action de la houle, produit une légère protubérance en direction du Nord-Ouest.

Le régime de Nord-Est instauré à partir de la deuxième quinzaine de décembre jusqu'à la détection du 9 janvier 73, rabat le traceur à la côte en direction du Sud.

De cette expérience, malgré la proximité de la barrière rocheuse du Haut-Banc du Nord servant de piège à sable, un double transit (très limité) se dessine :

- en direction de la plage (alimentation de la plage),
- parallèlement à celle-ci.

Les résultats obtenus sont cependant trop limités pour évaluer un débit de charriage.

I.5. CONCLUSIONS

Par l'emploi de traceurs radioactifs nous avons ainsi mis en évidence trois axes de transport :

- sur le Banc du Bûcheron le sable se dépose sur le flanc externe, les courants de marée l'étalent et la houle le remet en suspension. C'est en fonction de ce couple de facteurs que le sédiment a la possibilité d'entrer dans le Fier ou d'engraisser le Banc. Malheureusement, les conditions météorologiques n'ont pas permis de quantifier ce phénomène.

Le point P1 représente du point de vue dynamique, la partie la plus active du banc alors que P2 est une aire de stockage des particules sableuses.

- au large de la Pointe du Lizay, le sable a tendance à migrer vers l'Est.

Le débit de charriage est de l'ordre de 150 kg par mètre linéaire par jour perpendiculairement à l'axe de transport. L'épaisseur intéressée par ce transit est comprise entre 15 et 20 cm.

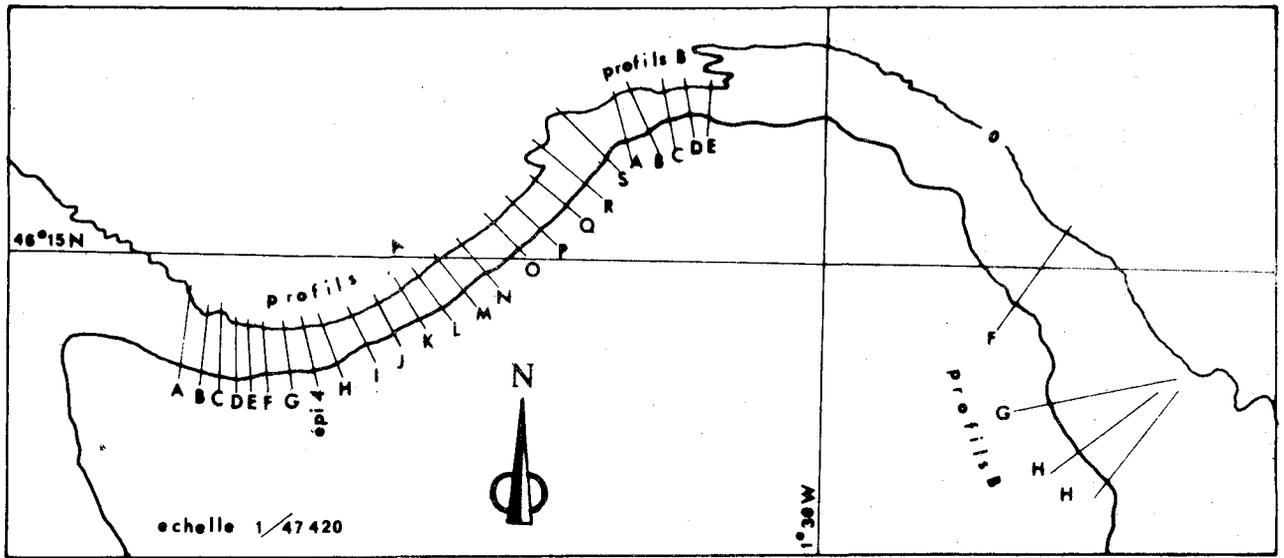


fig.58 POSITION DES PROFILS DE PLAGES



fig.59 PROFIL TOPOGRAPHIQUE TRANSVERSAL DE LA PLAGE
DE LA CONCHE DES BALEINES

du 18 au 21 Septembre 1971

Echelle 1/1100

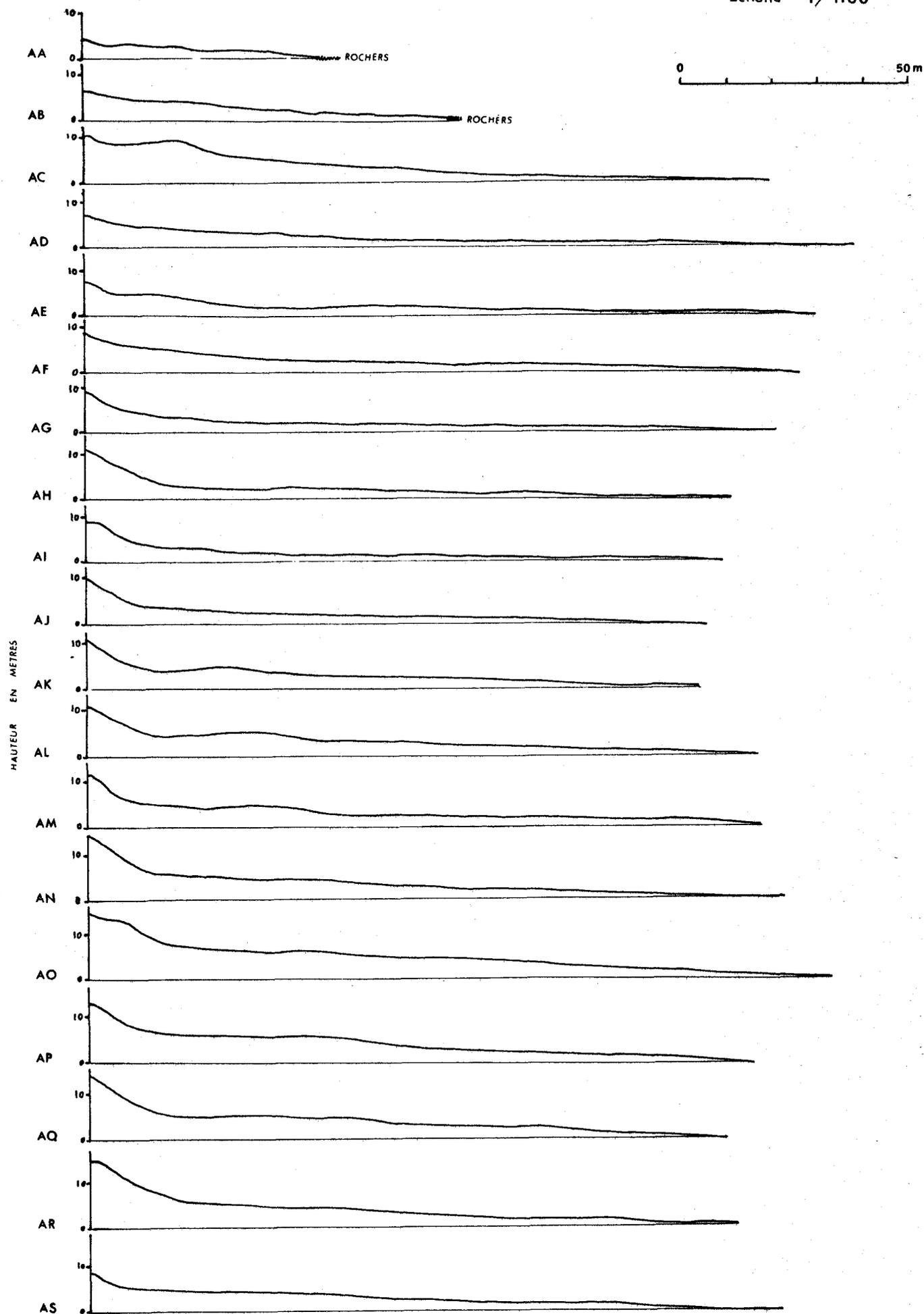


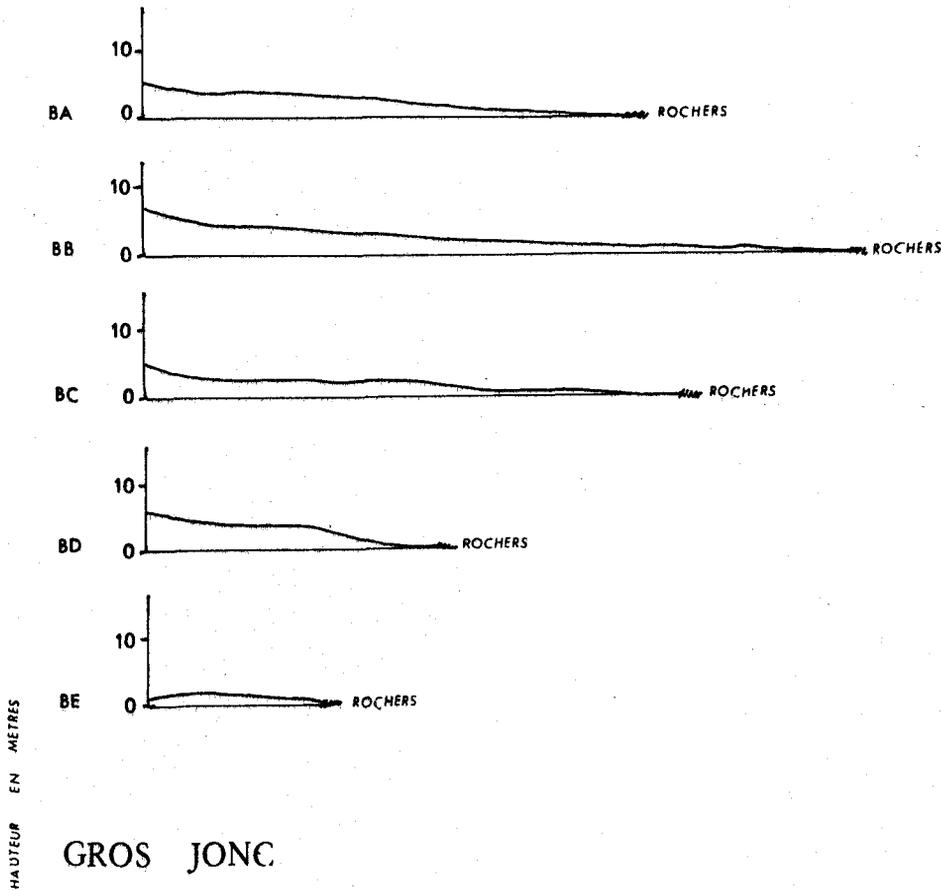


fig.60 PROFIL TOPOGRAPHIQUE TRANSVERSAL DES PLAGES

du 18 au 21 Septembre 1971

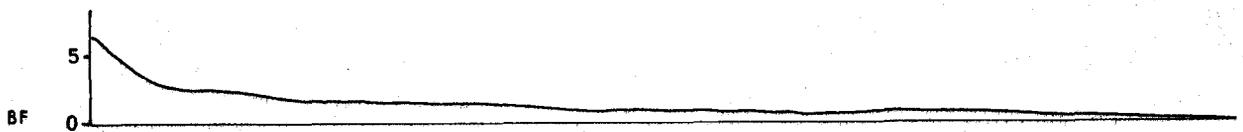
POINTE DU LIZAY

Echelle 1 / 1100



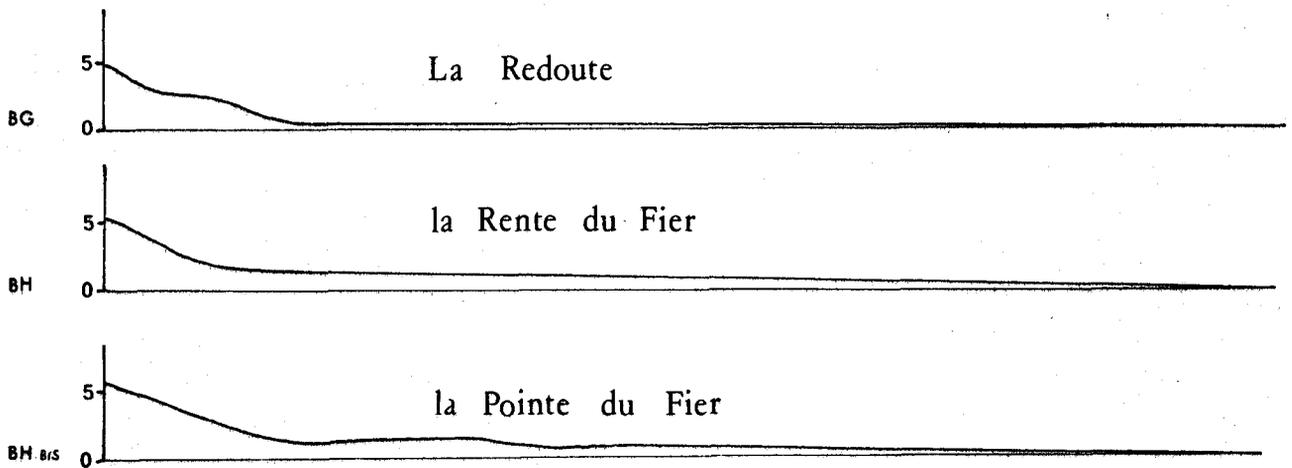
GROS JONC

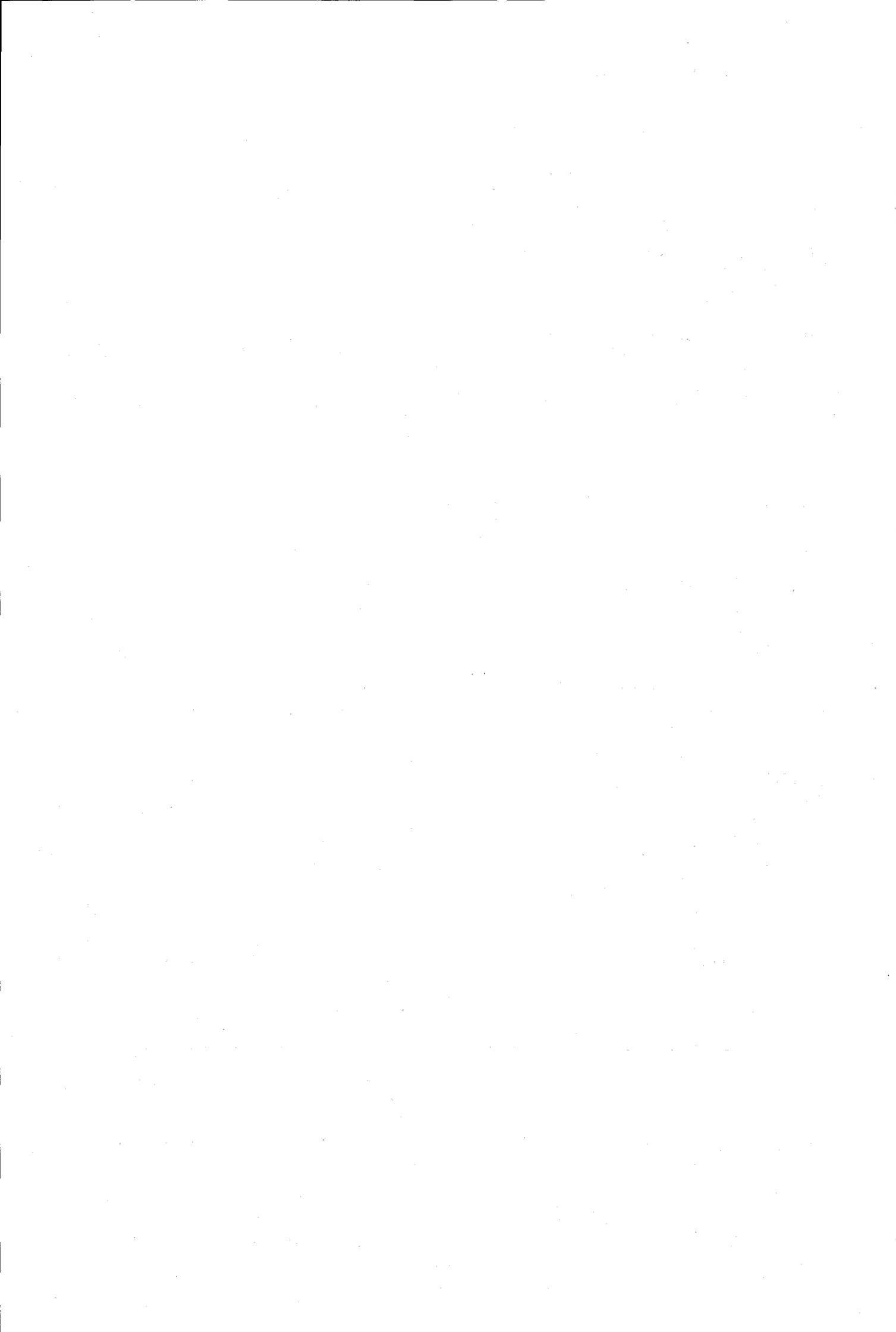
Echelle 1 / 2200



LA LOGE

Echelle 1 / 2200





- en face de la Conche des Baleines, un double transit très limité se dessine d'une part en direction de la plage, d'autre part parallèlement à celle-ci.

Ces données confirment les résultats obtenus par l'analyse sédimentologique de la côte nord-ouest de l'île de Ré.

II - EVOLUTION DES PROFILS DE PLAGES

II.1. BUT DE L'ETUDE

Une double étude est entreprise à partir des profils topographiques des plages afin d'une part de mettre en évidence les différentes zones d'énergie sur les estrans, d'autre part de montrer leur évolution annuelle.

II.2. REALISATION DES PROFILS

Au cours du mois de septembre 1971, une série de profils a été exécutée sur les plages de la "Pyramide" (extrémité ouest de la Conche des Baleines) au bois de Trousse-Chemise (extrémité sud-est de la plage de La Loge). Les coupes topographiques (fig. 58) sont écartées de 200 m sur la Conche des Baleines et la Pointe du Lizay.

Plus à l'Est, elles sont moins nombreuses en raison de la présence d'un platin rocheux développé. A partir de la plage du Gros Jonc, la morphologie uniforme du secteur a conduit à l'adoption d'une maille plus large par opposition à la Conche des Baleines où une extrême diversité longitudinale imposait un intervalle plus petit (une coupe au niveau de la plage du Gros Jonc et trois coupes sur la plage de La Loge).

Quatre profils, les plus représentatifs des différentes zones (AH, AM, AO et AS) ainsi que l'épi 4 ont fait l'objet de relevés successifs.

Les méthodes de repérage et de réalisation de ces coupes sont expliquées dans l'annexe I.

II.3. LA COUVERTURE DE SEPTEMBRE 1971 (fig. 59-60)

L'étude comparative des profils fait apparaître d'Ouest en Est une évolution caractérisant quatre secteurs :

- une zone de faible énergie à l'Ouest de l'épi oriental de la Conche des Baleines (entre AQ et AH),
- une zone de transition dans laquelle le gradient d'énergie augmente progressivement depuis l'épi 4 jusqu'à la Pointe du Lizay,
- une zone de transit, la plage de la Pointe du Lizay,
- une zone de sédimentation où le sable se trouve piégé au niveau des plages du Gros Jonc et de La Loge.

II.3.1. LA ZONE COMPRISE ENTRE LA "PYRAMIDE" ET L'EPI ORIENTAL

Secteur très cloisonné par des épis, cette partie du littoral manifeste une hétérogénéité morphologique déterminée par leur implantation et par l'évolution quasi indépendante des cellules comprises entre ces épis. La pente de la plage est nettement influencée dans sa partie haute par les ouvrages mais elle s'uniformise sur le bas estran.

II.3.2. LA ZONE DE TRANSITION

A l'Ouest du secteur, le raccordement de la plage avec la dune est marqué par une rupture de pente témoignant de l'incidence oblique des vagues de secteur ouest. Il se produit alors un important courant de dérive en direction de l'Est qui est dû à la composante longitudinale de l'énergie des houles. Par contre la composante transversale (dans le profil) est beaucoup plus faible (LONG, 1972).

Plus à l'Est, le processus s'amplifie avec le changement d'orientation de la côte ; la composante transversale tend à se renforcer au détriment de la composante longitudinale intensifiant ainsi la mise en mouvement. En outre, la composante transversale induit la formation du sillon de bas de dune nettement marqué sur les profils AK, AL, AM, AO, AP, AQ et AR. (cf. I^o partie arch. IV).

Le sillon ainsi formé peut atteindre de grandes dimensions (30 m de largeur, 0,50 m de hauteur et parfois 500 m de long) ; il draine les vagues d'énergie moins grande et de ce fait diminue ultérieurement l'action de la houle contribuant ainsi à l'équilibre local de la plage.

La forte énergie transversale de l'ensemble de ce secteur est également responsable de la formation des croissants de plage déjà mentionnés.

L'alternance des vives eaux et des mortes eaux engendre donc sur la partie nord orientale de la Conche des Baleines une différenciation poussée du profil caractérisé par la succession des éléments longitudinaux suivants (LONG, 1972) :

- sillon de bas de dune,
- gradin de haute plage,
- zone des croissants de plage,
- zone de jet de rive des hautes mers de morte eau.

II.3.3. LA POINTE DU LIZAY

La plage devient une zone de transit temporaire (LONG, 1972). En effet, les dépôts sableux ne recouvrent que partiellement le platin rocheux, ils sont en association avec des éléments grossiers de la "banche"* et forment des langues détritiques non stabilisées migrant en fonction de phénomènes météorologiques.

II.3.4. LES PLAGES DU GROS JONC ET DE LA LOGE

Après une haute plage très réduite l'estran possède une pente faible (1,1 % pour la plage du Gros Jonc et 0,45 % pour celle de La Loge) qui est le siège d'une importante sédimentation fine.

II.3.5. CONCLUSION

L'étude des profils de plage permet de mettre en évidence les zones que les houles affectent et qui sont, de ce fait, le siège d'un important transit sédimentaire (comme sur la Conche des Baleines entre le Peu Bouillat et la Maison Forestière). D'autres secteurs, tels les plages du Gros Jonc ou de La Loge, témoignent au contraire d'un engraissement car la pente y est très faible.

*

" banche " ; roche mère affleurant à marée basse.

II.4. EVOLUTION AU COURS DU TEMPS DE LA CONCHE DES BALEINES (fig. 61)

Quatre profils (AS, AO, AM et AH) ont été sélectionnés car ils représentent des types de la variation sédimentologique et morphologique de la Conche des Baleines. Ces quatre stations qui se répartissent dans la zone à forte énergie et la zone d'énergie moyenne, ont fait l'objet de relevés entre septembre 1971 et septembre 1972.

II.4.1. ZONES A FORTE ENERGIE DE LA HOULE

En fin de période estivale, aux grandes marées du mois de septembre, le profil AS présente un chenal de haut de plage occupant le pied de la dune. Ce chenal est séparé de la mer par une accumulation sableuse constituant une ligne de protection naturelle pour le cordon dunaire. Cette morphologie particulière disparaît progressivement en hiver. Seule une gouttière occupe la mi-pente de l'estran au mois de mars ; elle tend à se résorber puis à disparaître au mois d'avril.

Comme dans le cas précédent au niveau de AO, le sillon de pied de dune existant au mois de septembre s'accroît sous l'influence des tempêtes d'octobre. A ce moment là, une série de croissants de plage se forme en avant du couloir sous l'action du jet de rive et protège l'arrière plage.

Les tempêtes d'hiver provoquent une érosion intense de la dune, ceci se traduit par la formation d'une "falaise sableuse" et par le décapage de l'estran jusqu'au niveau du bri. Au cours du mois suivant la déclivité de la plage va, à cause du vent, reprendre un profil plus équilibré.

II.4.2. ZONE A MOYENNE ENERGIE DE LA HOULE (profils AM et AH)

L'influence de la houle s'atténue d'Est en Ouest. En septembre, le sillon de bas de dune existant au profil AM disparaît au niveau de AH.

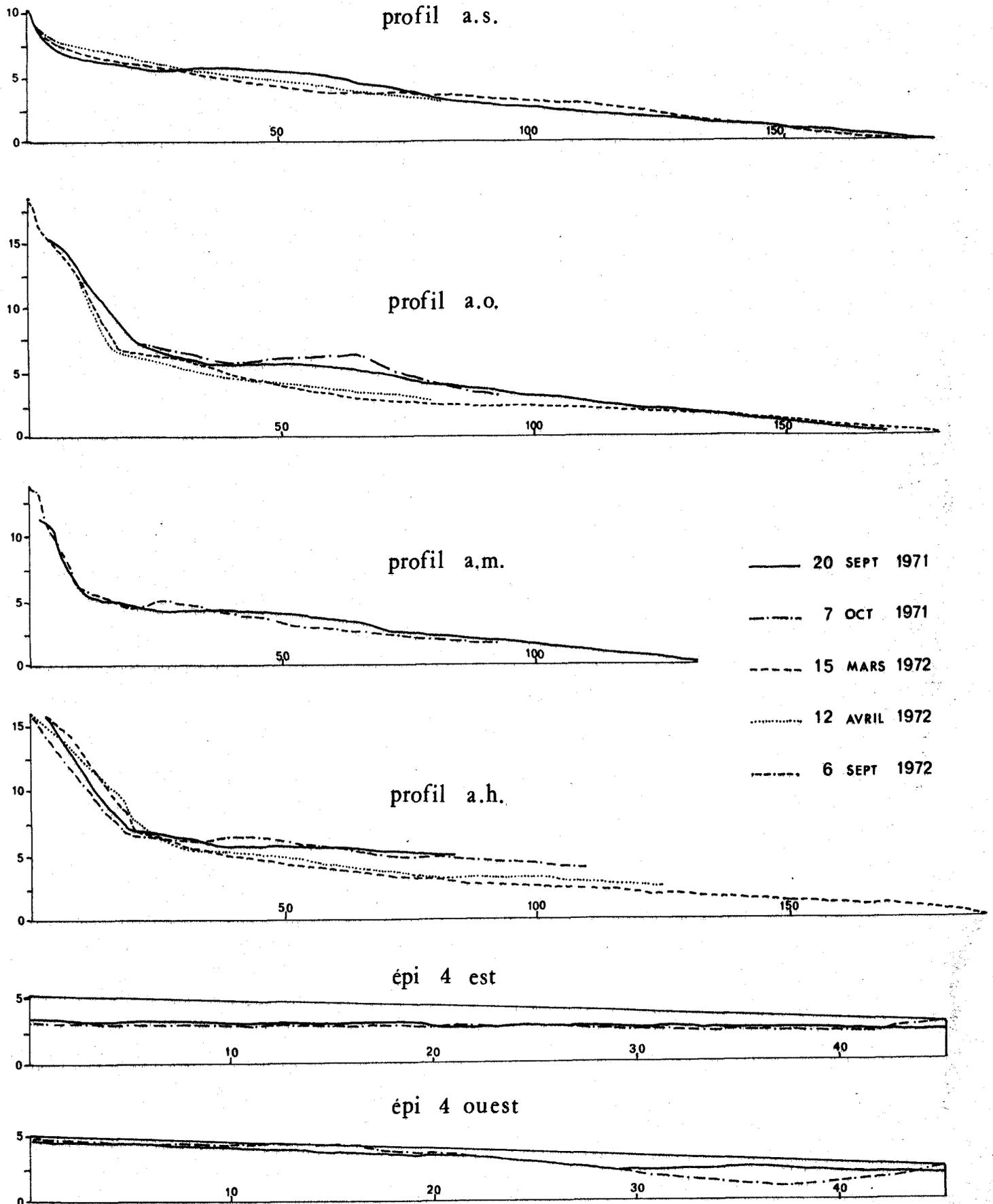
Les tempêtes hivernales érodent profondément la dune et provoquent la formation d'un léger sillon de bas de dune qui s'estompe dès le mois d'avril. Seul le côté est de l'épi 4 subit des modifications.

II.4.3. Conclusion

En fin de période estivale, un sillon de bas de dune se forme

fig.61 EVOLUTION DES PROFILS DE PLAGES

- valeurs en mètres -





sur toute la Conche des Baleines. Il est important au centre et s'atténue aux deux extrémités. Ce couloir disparaît sous l'influence des tempêtes hivernales qui sont très violentes ; elles entament la dune et provoquent la formation d'une "falaise sableuse" pouvant atteindre 3 m de hauteur.

Dès le printemps, la dune va s'ébouler progressivement et un nouveau profil d'équilibre s'instaure. Ce processus entraîne un recul progressif de la dune qui a pu être évalué en comparant les différents cadastres à 100 m en 100 ans. Ceci représente un volume annuel de 2 500 m de long sur 1 m d'épaisseur et 8 m de hauteur (hauteur moyenne de la dune), donc de 20 000 m³ soit environ 40 000 t. Cette masse transite vers la Pointe du Lizay puis vers les zones internes du Pertuis Breton.

III - CONCLUSION GENERALE

Les phénomènes saisonniers sont responsables de nombreuses modifications très importantes du littoral rétais. En effet, les *déplacements sédimentaires sur le couloir d'alimentation du Lizay* sont évalués à environ 70 000 t/an et *l'érosion de la Conche des Baleines* représente une masse sédimentaire d'environ 40 000 t/an soit respectivement entre 35 000 et 20 000 m³/an.

De nos jours, la Conche des Baleines subit une ablation supérieure à son alimentation et joue, en conséquence, le rôle de *source*. En effet, la quantité de matériel érodé représente la somme des matériaux issus de l'avant-côte et la fraction issue de la dune elle-même. Seul le second terme peut être évalué par des estimations annuelles. Quoiqu'il en soit les déterminations expérimentales de déplacement sédimentaire sur l'avant-côte de la Conche des Baleines ont démontré la faiblesse de l'apport marin proprement dit. Il est, en conséquence, possible de considérer que la totalité des sables provenant de la Conche des Baleines résulte de l'érosion du cordon dunaire qui la borde.

Ce matériel rejoint, nous l'avons vu, les nappes sableuses du couloir d'alimentation dont le bilan général se traduit par la pénétration de 70 000 t. de sédiment par an (35 000 m³/an). La participation de l'apport dunaire représente donc les 2/3 de ce volume déplacé et celui provenant de l'avant-côte se réduit à 1/3.

Ces matériaux vont se déposer sur trois domaines ; les sables fins sédimentent essentiellement sur le *Plateau de Loix*, les sables moyens A et B s'accumulent sur le *Banc du Bûcheron*, tandis que le *Fier d'Ars* recueille un matériel

varié qui s'y différencie de nouveau. Nous essayerons de déterminer l'importance relative des apports annuels dans ces secteurs géographiques.

Dans la vasière le dépôt annuel peut être estimé à 24 000 m³ (cf. 2^e part. chap. 3 §III); or, 70 % des sédiments (16 500 m³) sont constitués par des éléments arénitiques. Le type FII représente 25 % des matériaux soit 6 000 m³/an.

Les deux autres unités recueillent 13 500 m³/an.

Le Plateau de Loix est presque entièrement recouvert par la nappe des sables fins (F). Or ce mode granulométrique, dans les zones d'alimentation du Lizay, ne constitue en moyenne que 20 % du matériel transitant sur le couloir soit l'équivalent de 7 000 m³/an. Si l'on considère que 6 000 m³ entrent dans le Fier, 1 000 m³ seulement se déposent sur le Plateau de Loix.

Le Banc du Bûcheron reçoit chaque année 12 500 m³ (13 500 m³ - 1 000 m³ du Plateau). La vitesse de sédimentation (en supposant qu'elle soit uniforme sur tout le Banc) est évaluée entre 0,9 et 1,2 cm/an.

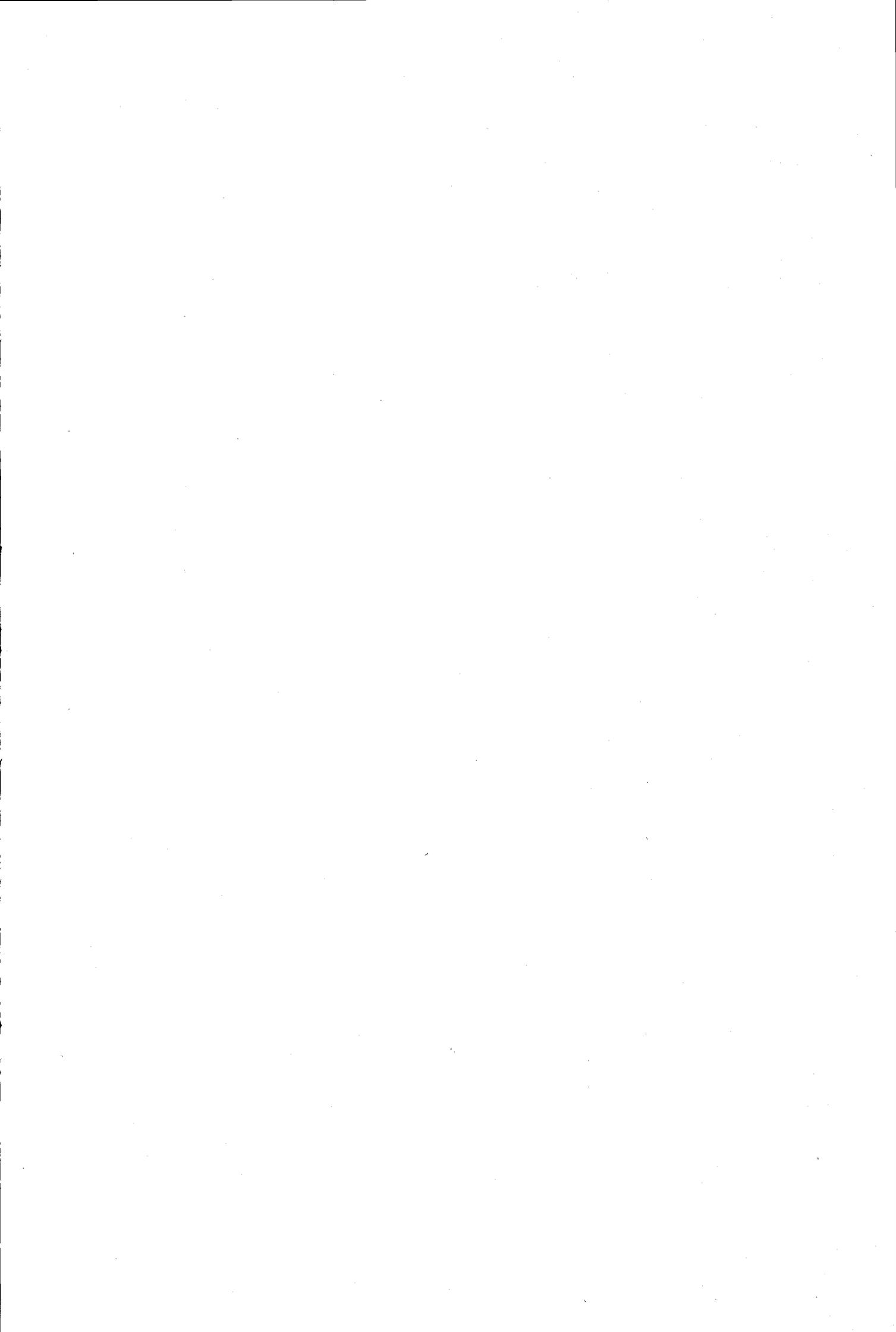
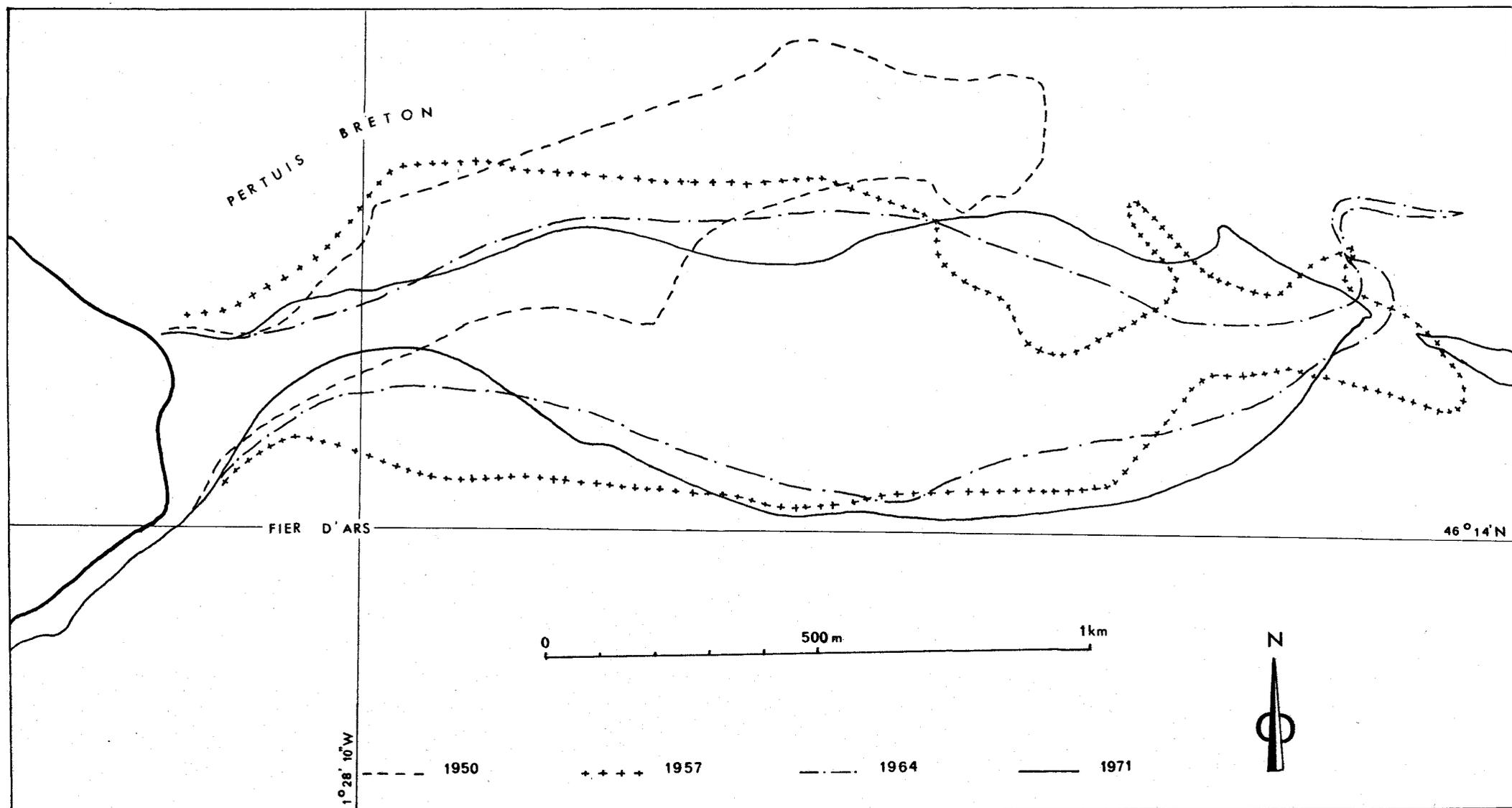


fig.62 EVOLUTION DU BANC DU BUCHERON
d'après photographies aériennes



CHAPITRE III

ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES SÉCULAIRES ET RECONSTITUTION PALÉOGÉOGRAPHIQUE DU DOMAINE D'ÉTUDE

La côte de l'île de Ré subit une évolution lente qui au cours des siècles modèle les estrans et les marais. L'examen des cartes anciennes montre l'évolution historique du secteur d'étude.

Une étude comparative des photographies aériennes sur le Banc du Bûcheron et des cartes anciennes permet de reconstituer l'évolution historique de cette partie de l'île de Ré.

I - ÉVOLUTION DU BANC DU BÛCHERON D'APRÈS LES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Quatre missions de l'Institut Géographique National (1950, 1957, 1964 et 1971) ont été comparées (fig. 62).

Le tracé de 1950 traduit l'allongement du Banc en direction du Nord-Est sous l'effet de deux facteurs principaux :

- la dérive littorale qui l'alimente en matériel,
- le jusant du Fier d'Ars, qui, dirigé selon l'actuelle Passe des Goëlands, joue un rôle de barrière pour les sédiments et en détermine l'orientation vers le Nord-Est.

L'entrée de sédiment dans le Fier restreint la capacité en eau de ce réservoir naturel et diminue son pouvoir de chasse. Ceci provoque le ralentissement du courant de sortie du Fier et affaiblit son rôle de "barrière hydraulique". Le Banc change d'orientation sous l'influence des houles directes (LONG, 1972) et prend une nouvelle orientation est-nord-est (tracés de 1957 à 1964).

De plus en plus exposé aux vagues par son développement, le banc se creuse sur sa face nord d'échancrures axées selon les lignes d'énergie de la houle. Ces anses ne franchissent pas toutefois la ligne de crêtes du Banc dont le développement traduit la résultante du transport. Puis, l'équilibre compromis impose de nouvelles conditions dans la direction de déplacement et le résultat est illustré par le tracé de 1971.

Ainsi, depuis 1950 un rabattement progressif du banc s'effectue sur la côte de Loix. Cette évolution est favorisée par l'importance sans cesse décroissante du Fier d'Ars.

II - EVOLUTION DU NORD-OUEST DE L'ILE DE RE D'APRES LES CARTES ANCIENNES (fig.63)

L'évolution du Nord-Ouest de l'Ile de Ré ressort clairement de l'examen des documents anciens : cartes des Costes de Poitou-Aunis (1624), de MASSE (1752), de CASSINI (1815) et de celle du Service Hydrographique de la Marine (1967).

En 1624, l'Ile de Loix (Yle de Loye) est séparée de l'Ile de Ré par une zone marécageuse découvrant à marée basse. Le Fier d'Ars forme un bras de mer permanent et le Banc du Bûcheron prolonge la Pointe de la Redoute en direction est-ouest. Des hauts fonds émergent entre le Banc du Bûcheron et l'Ile de Loix : Les Pelées.

Dès 1752 l'Ile de Loix est réunie à celle de Ré. Ce fut au départ la construction d'une route de liaison qui mit fin à l'isolement puis progressivement un colmatage vaseux se développe de part et d'autre de cet obstacle artificiel. Le Banc du Bûcheron se déplace vers le Sud et son enracinement se situe au niveau actuel de la plage de La Loge ; le bras de mer, pénétrant dans le Fier, s'assèche et seul le goulet étroit subsiste à marée basse entre le Banc et la commune de Loix.

En 1815, l'Ile de Ré a son aspect actuel, la liaison entre Loix et le reste de l'Ile est bien établie, le Fier d'Ars tend à diminuer sous l'influence des

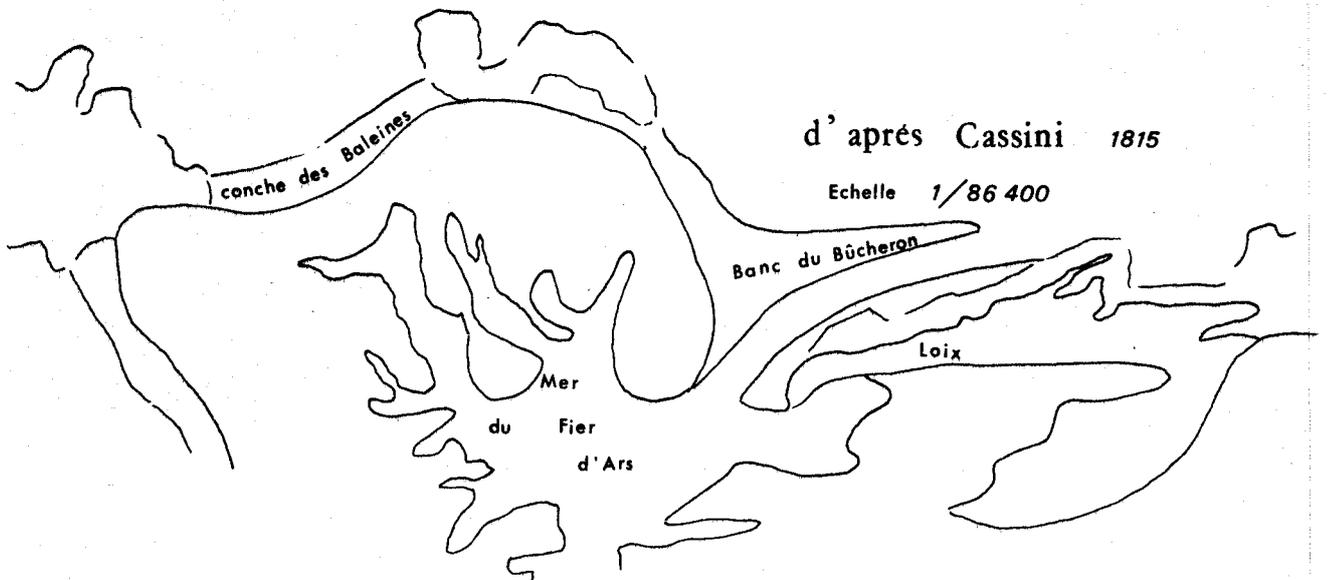
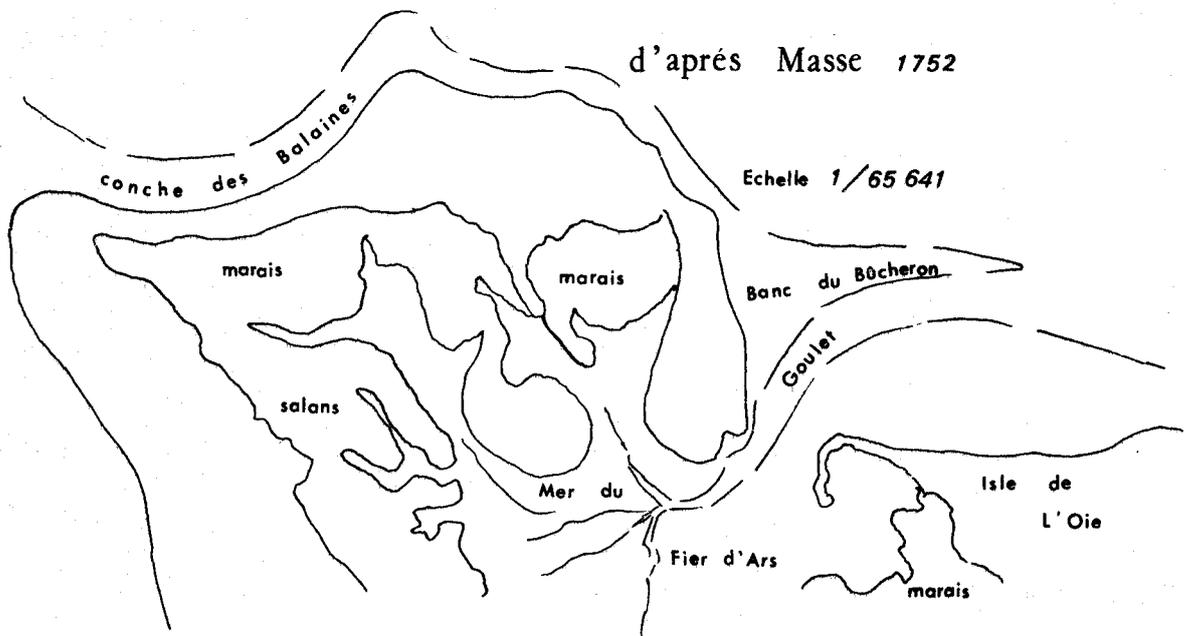
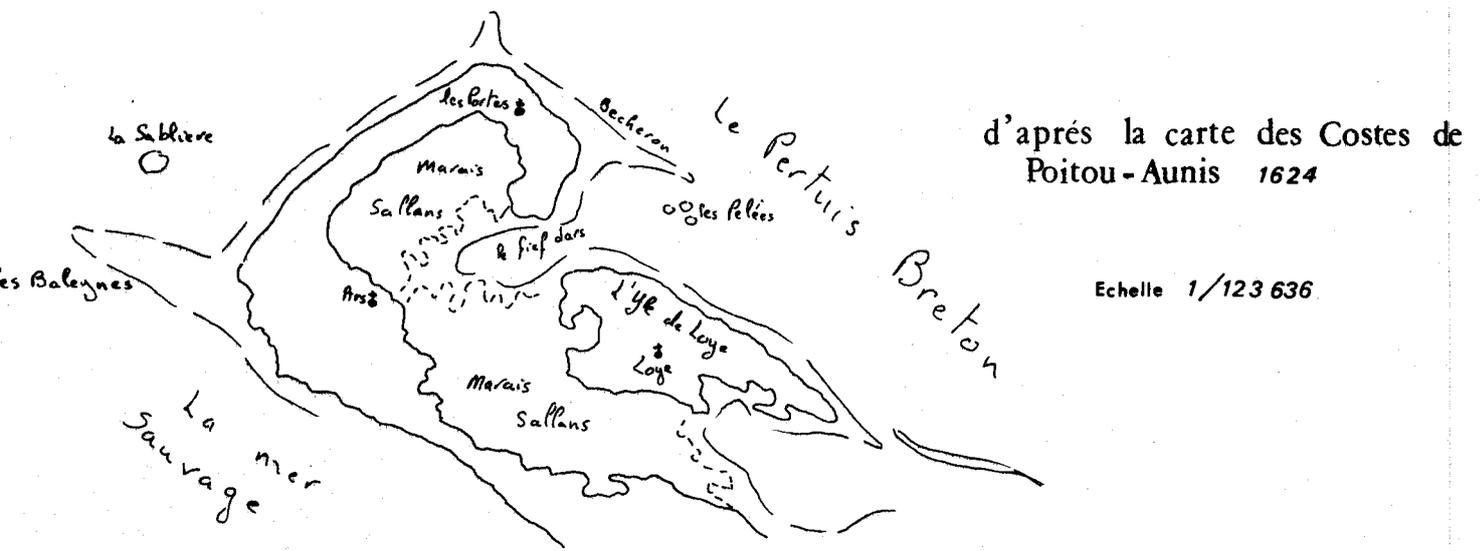
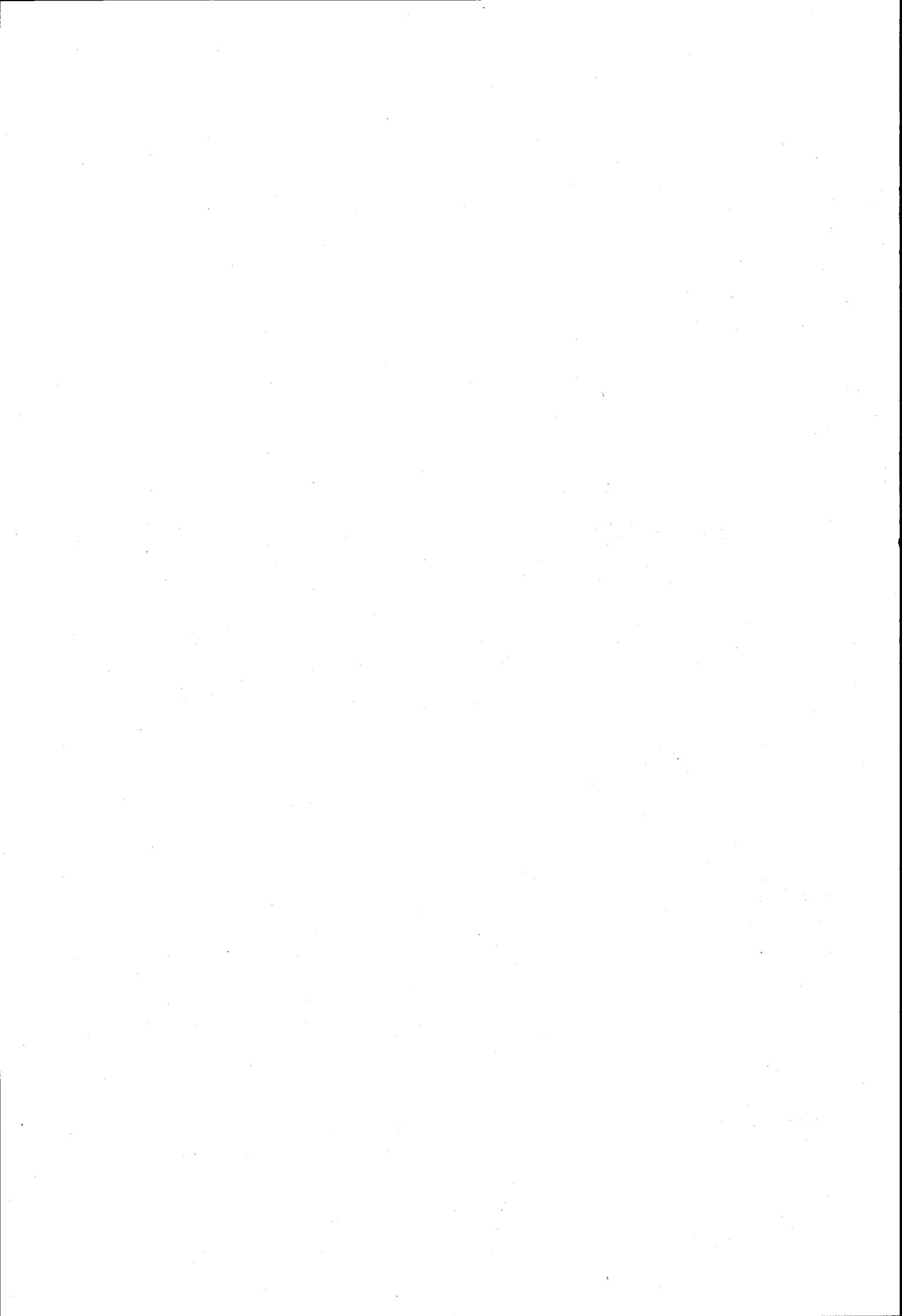


fig.63 EVOLUTION DU N.W. DE L'ILE DE RE



aménagements anthropiques (construction de digues de protection). Le Banc du Bûcheron a subi une translation vers le Sud et son enracinement correspond au bois de Trousse-Chemise actuel.

Depuis 150 ans la Conche des Baleines a reculé de 150 m et la Pointe de Trousse-Chemise a progressé de 300 m environ. Le colmatage du wadden s'accroît et les travaux récents de digues de protection vont accélérer encore ce phénomène.

II.1. ESQUISSE PALEOGEOGRAPHIQUE

L'île de Ré au début de la transgression flandrienne forme une ligne de relief limitée au Nord par la vallée fluviale de la Sèvre Niortaise et au Sud par la vallée de la Charente. Sa bordure septentrionale est constituée par une falaise calcaire. Une couverture sédimentaire, formée d'éléments grossiers (sables grossiers, cailloutis, galets), recouvre la topographie.

Progressivement, le niveau marin s'élève et des sédiments fins colmatent l'entrée du Pertuis en déterminant une contre-pente d'environ 50 m (BARUSSEAU, 1973).

En fin de transgression, la mer envahit toutes les vallées fluviales et commence à submerger l'île de Ré ; seules les îles des Portes d'Ars, de St Martin et de Loix émergent. La dépression interinsulaire est le siège d'une importante sédimentation grossière qui est due à une reprise des éléments grossiers des hauts fonds voisins par la houle. Ces matériaux trouvent des conditions d'équilibre dans le goulet interinsulaire et les nappes sédimentaires s'individualisent à partir de l'ouverture ouest en direction de l'île de St Martin.

Déjà la Rente du Fier fonctionne, car un delta, constitué des classes modales (B) et (G), s'installe au Nord-Est de l'île des Portes à l'emplacement actuel du cordon dunaire de Trousse-Chemise. Sur les îles, des dunes littorales se créent et tendent à masquer le substratum émergé.

Progressivement, une flèche sableuse se développe entre les îles des Portes et d'Ars. Simultanément une sédimentation fine s'instaure en arrière du cordon dunaire. Celui-ci, sous l'influence des vents d'Ouest recule en envahissant le marais qu'il abrite.

Ses sédiments fins sont issus des pélites des waddens charentais et vendéens qui occupent les anciennes baies de la côte continentale ; le Fier d'Ars de plus en plus sous-trait à l'action des vagues et des courants, offre un milieu calme favorable au dépôt.

La liaison entre l'Ile d'Ars et l'Ile de St Martin doit être ancienne mais l'isthme situé entre l'Ile de St Martin et celle de Loix date du XVII^e siècle.

Actuellement, le cordon dunaire de la Conche régresse (40 000 t/an) ; un transit sédimentaire s'établit sur le couloir d'alimentation du Lizay et contribue à l'approvisionnement en sable des parties internes.

II.2. NOTION DE NAPPE SEDIMENTAIRE

II.2.1. RAPPEL DES HYPOTHESES DE TRAVAIL

Une nappe sédimentaire est une unité formée par le dépôt de sédiments allochtones appartenant à une même population granulométrique. Elle est mise en place pendant un temps défini sous des conditions hydrodynamiques données. Elle peut se mélanger ou reprendre des nappes sédimentaires antérieures sans se fondre avec elle.

Cette hypothèse a permis de déterminer, suivant le domaine d'étude, un certain nombre d'ensembles sédimentaires ; ainsi sur le Plateau rochelais, 6 groupes sont mis en évidence (BARUSSEAU, 1973) :

- groupe I	60-120 microns	- sablons,
- groupe II	120-200 microns	- sables fins,
- groupe III	200-330 microns	- sables moyens A,
- groupe IV	340-490 microns	- sables moyens B,
- groupe V	500-990 microns	- sables grossiers,
- groupe VI	1000 microns	- sables grossiers.

Sur la côte nord-ouest de l'Ile de Ré 4 ensembles s'individualisent :

- les sables fins	40-180 microns,
- les sables moyens A	180-320 microns,
- les sables moyens B	320-800 microns,
- les sables grossiers G supérieurs à	800 microns.

et dans le Fier d'Ars 5 unités apparaissent :

- les sablons FI	40- 90 microns,
- les sables FII	90-225 microns,
- les sables moyens A	225-430 microns,
- les sables moyens B	430-820 microns,
- les sables grossiers G supérieurs à	820 microns.

Mais existe-t-il une corrélation possible entre ces unités sédimentaires et pouvons-nous les comparer entre elles ?

II.2.2. RELATION ENTRE LES DIVERS ENSEMBLES

Actuellement, nous l'avons vu, les sables fins du Plateau continental rochelais alimentent la bordure sud du Pertuis Breton.

En effet, depuis la mise en place des sables fins sur le seuil vendéo-rétais et le seuil d'Antioche, une évolution continue a entretenu la remontée du matériel vers les côtes. Les mécanismes de ce cheminement furent :

- la transgression flandrienne au cours de sa dernière étape (de - 15m au niveau actuel),
- les houles, en particulier celles qui accompagnent les fortes mers.

Le résultat, dans la zone étudiée, se traduit par l'existence de plusieurs axes de transit :

- un axe principal emprunte le couloir d'alimentation depuis le seuil vendéo-rétais jusqu'à la Roche du Fier ; après les avancées rocheuses du Haut-Banc du Nord et de la Pointe du Lizay, la réfraction des houles provoque l'entraînement d'une faible fraction du matériel vers les plages (Conche des Baleines, littoral des Portes),
- la terminaison rocheuse qui prolonge l'Ile de Ré à l'Ouest joue le rôle de tremplin sédimentaire pour la nappe des sables fins du seuil interinsulaire (BARUSSEAU, 1973). Ce matériel, en régime de houles du Sud-Ouest a donc la possibilité d'escalader le secteur fortement turbulent du Haut-Banc du Nord et d'alimenter ainsi l'avant-côte de la Conche des Baleines.

Les sables fins figurent donc un type sédimentaire dont l'évolution se fait sans solution de continuité depuis que les seuils ont été mis en place vers 6 000 ans BP environ.

Il n'est pas exclu que le mécanisme de remontée des sédiments, sous l'effet des houles au niveau du tremplin sédimentaire, n'agisse également pour les sables moyens A. Il est probable cependant que leur source essentielle est à rechercher dans les *témoins fluviatiles* mis en place au début du Préflandrien sur les flancs du Pertuis Breton. Une réactivation partielle de cette nappe a contribué à l'élaboration du type sédimentaire, à partir d'un ensemble polymodal mal défini, après la longue interruption s'étendant du Préflan-

drien, période de leur émergence, à leur submersion, au début de l'Atlantique.

Une relation d'équivalence s'établit ainsi entre les sables du groupe II du Plateau rochelais et les sables fins de la côte nord-ouest de l'Ile de Ré (les sablons étant absents) ; de même entre les sables moyens (A) des deux ensembles.

Les relations entre les nappes du plateau continental et le recouvrement des littoraux et de l'avant-côte nord-ouest de l'Ile de Ré sont donc aisées à interpréter à la lumière de la reconstitution paléogéographique esquissée dans ce qui précède. Le problème est plus complexe dans le cas du Fier d'Ars.

Au niveau de la Rente du Fier, les sédiments entrent dans le Fier sous la forme d'un matériel indifférencié qui se redifférencie en nappes à l'intérieur de la vasière ; ce sont donc des types sédimentaires nouveaux qui apparaissent et leur histoire débute au moment de leur dépôt sous les conditions hydrodynamiques présentes : nous les appellerons nappes actuelles. La différenciation secondaire explique les écarts qui peuvent exister entre les limites des classes modales du Pertuis Breton et celles du Fier d'Ars. Nous proposerons en conséquence la classification suivante (LONG et BARUSSEAU, à paraître) pour distinguer les sédiments d'après leurs relations avec les conditions actuelles.

- *éléments fossiles*, des sédiments comme les sables fins des seuils, qui, mis en place sous des conditions de milieu différentes de celles rencontrées de nos jours, alimentent néanmoins des dépôts, identiques au matériel initial, en équilibre avec des nouvelles conditions (exemple : les sables fins du Pertuis),
- *éléments actuels*, les sables mis en mouvement, transportés et déposés présentement (exemple : les sables moyens A du couloir et les nappes du Fier d'Ars),
- *éléments reliques*, les dépôts, témoins de conditions de sédimentation aujourd'hui disparues, ayant subi une reprise partielle, actuelle ou ancienne, éliminant une population granulométrique déterminée (exemple : les sables moyens B et grossiers G et l'Ouest de l'Ile de Ré).

CONCLUSION DE LA 3^{ÈME} PARTIE

Après avoir défini les conditions morphologiques et hydrodynamiques locales, les répartitions des nappes sédimentaires et les vitesses de dépôts, l'étude de la dynamique sédimentaire établit un lien entre ces différentes notions.

Les déplacements sédimentaires s'effectuent selon les processus suivants :

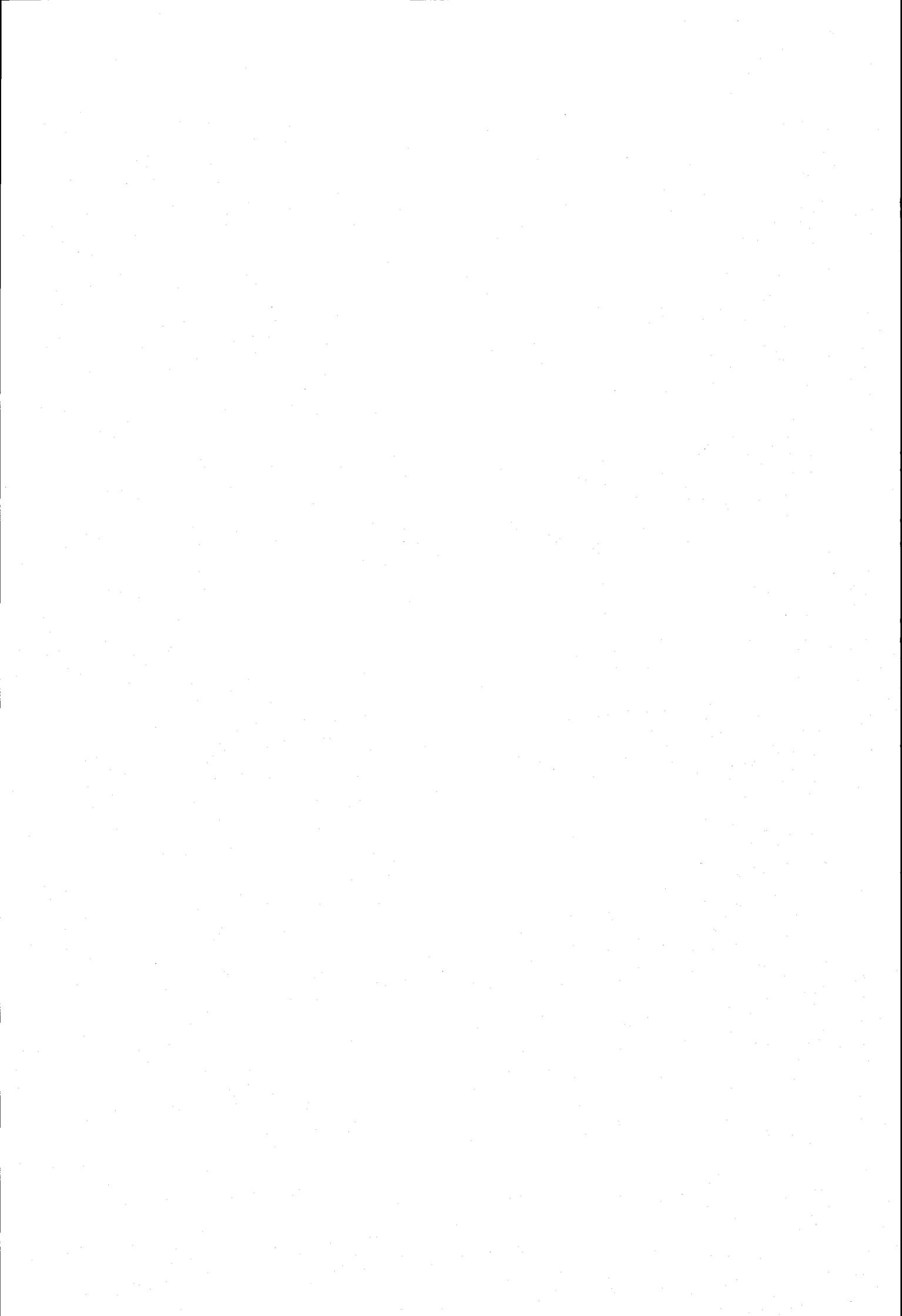
- les sables venus du large, franchissent le Haut-Banc du Nord, atteignent la Conche des Baleines et une partie seulement alimente la plage. Cet apport est inférieur au départ des matériaux et l'érosion du cordon dunaire représente une ablation de 20 000 m³/an. Les sables transitent en direction de l'Est, suivant une étroite bande située entre la zone des brisants de marée basse et le jet de rive de haute mer. Parfois des phénomènes locaux perturbent le mouvement général au voisinage d'un épi construit en travers de la Conche des Baleines au lieu-dit "La Solitude",
- Au droit de la falaise du Lizay, ce courant est dévié vers le large et rejoint le couloir d'alimentation où il est entraîné en direction des zones internes du Pertuis sous l'influence conjuguée des courants du flot et de la houle. Un volume de 33 500 m³ de sable est ainsi déplacé en un an ; il va se déposer sur trois unités distinctes situées plus à l'Est :

- le Plateau de Loix	:	700 m ³ /an
- le Banc du Bûcheron	:	12 800 m ³ /an
- le Fier d'Ars	:	20 000 m ³ /an.

- Le Banc du Bûcheron s'accroît ainsi de 1 cm/an en moyenne ; mais il semble que la partie proximale soit plus alimentée que la partie distale. En effet, le bois de Trousse-Chemise a gagné 300 m en 150 ans soit une moyenne de 2 m par an.

A cette avancée de la flèche sableuse, un autre mouvement se surimpose et l'étude des cartes anciennes et des photographies aériennes fait apparaître une migration de toute la flèche en direction de la côte de Loix. Le Banc a toujours gardé son orientation générale ouest-est ; la réunion de l'île de Loix et de l'île de St Martin, entraîne une translation de la flèche depuis la Pointe de la Redoute jusqu'à la Pointe de Trousse-Chemise. Ce phénomène s'accroît et il est en relation avec le colmatage rapide du Fier d'Ars.

CONCLUSION



CONCLUSION GÉNÉRALE

L'Ile de Ré, située sur le flanc nord du Bassin Aquitain, est constituée par des formations mésozoïques (Séquanien) et quaternaires. Elle subit dans sa morphologie l'influence tectonique du socle armoricain sous-jacent. L'emprise marine actuelle provoque la formation de nombreuses échancrures côtières.

L'unité de l'Ile est due au colmatage sableux flandrien et parfois même dunkerquien de bras de mer qui la séparaient en quatre îlots distincts (les îlots de Loix, de St Martin, d'Ars et des Portes). Le Fier d'Ars reste le témoin de cette mer intérieure dont seule la passe nord subsiste. L'érosion du cordon dunaire de la Conche des Baleines et la progression du Banc du Dûcheron obstruant l'entrée du Fier, sont les deux secteurs qui subissent de nos jours les plus grandes variations.

L'avant-côte représente une étroite frange située entre la fosse tectonique de Chevarache et le littoral rétais. Elle se divise en quatre unités morphosédimentaires distinctes :

- la Conche des Baleines,
- le couloir d'alimentation du Lizay,
- le Plateau de Loix,
- le Fier d'Ars.

La couverture post-glaciaire du littoral rétais est constituée d'un manteau continu de sables sans relations avec la roche-mère sous-jacente. Les nappes sédimentaires subissent actuellement une reprise car les courants de marée sont toujours supérieurs au seuil de transport. Cette dernière peut être

partielle (nappe des sables grossiers) ou au contraire totale ; elle favorise alors la formation d'un nouvel ensemble sédimentaire en équilibre par rapport aux conditions hydrodynamiques.

De manière générale nous pouvons considérer que les grands ensembles du Plateau Rochelais se retrouvent à la côte (BARUSSEAU) ; néanmoins, dans des secteurs particuliers, comme le Fier d'Ars, des classes modales s'individualisent ; ainsi avons-nous mis en évidence cinq grands ensembles supérieurs aux pélites :

- les sablons FI (40 à 90 microns),
- les sables fins FII (90 à 225 microns),
- les sables moyens A (225 à 430 microns),
- les sables moyens B (430 à 820 microns),
- les sables grossiers G (supérieurs à 820 microns).

Nous avons différencié, uniquement dans le Fier d'Ars, les sablons FI et les sables fins FII car les sablons suivent la dynamique des éléments fins (les pélites) alors que les sables fins FII sont liés aux matériaux plus grossiers.

La nappe (G) est considérée comme fossile car elle s'est mise en place sous des conditions de milieu différentes de celles rencontrées de nos jours et alimente néanmoins des dépôts (flèche de la face externe du Banc du Bûcheron) en équilibre avec les conditions hydrodynamiques.

En règle générale, sur ce secteur littoral, la base du recouvrement meuble quaternaire est composée de sables grossiers (G) associés à des débris coquilliers.

La classe modale (A) représente la fraction granulométrique la plus stable, elle semble être pour une grande part néoformée sur le littoral rétais et elle est donc en conséquence adaptée au milieu. Parfois, les sables moyens (B) se différencient à partir de (A) dans les milieux agités. De même les sables fins (FII) s'individualisent par granoclassement, comme dans le Fier d'Ars.

Sur le Plateau de Loix la classe modale (F) représente le mode de dépôt récent alors qu'au niveau du Banc du Bûcheron ce sont les sables moyens (A) et (B).

L'étude sédimentologique du remplissage de la vasière révèle la succession stratigraphique suivante, généralisée dans l'ensemble du wadden :

- une nappe de sables (G) coquilliers,
- une nappe granoclassée d'Ouest en Est,
- une nappe granoclassée du Nord au Sud.

Dans les zones internes du marais se développe une sédimentation fine.

Les vitesses de dépôts varient de 0,8 cm/an dans les marais perdus à 0,15 cm/an dans les chenaux. Une moyenne de 0,4 cm/an semble être acceptable pour l'ensemble du Fier d'Ars et du Banc du Bûcheron.

La mise en évidence des transits sédimentaires a conduit à définir des zones et des directions de déplacements.

Sur la Conche des Baleines, les populations modales se répartissent en fonction de la morphologie de la plage. La dérive littorale déplace les sables fins et moyens vers le Nord-Est suivant une large bande côtière limitée par la ligne des brisants de basse mer et la zone de jet de rive de haute mer.

Au voisinage de la Pointe du Lizay, le sable franchit le haut estran rocheux et est entraîné au nord-nord-est sur le couloir d'alimentation. Sur l'avant-côte, une expérience de traceurs radioactifs (P4) a montré une double migration :

- en direction de la plage sous l'effet de la houle,
- parallèlement au littoral.

De nos jours, la Conche des Baleines subit une ablation supérieure à son alimentation et joue le rôle de source sédimentaire (15 000 à 20 000 m³/an).

A la pointe du Lizay, les deux courants sédimentaires fusionnent sur le couloir d'alimentation et progressent en direction du Plateau de Loix à raison de 20 000 à 25 000 m³/an. L'apport, résultant de la Conche des Baleines, représente environ 4/5 du total. Les sables sont indifférenciés et toutes les classes modales s'y rencontrent.

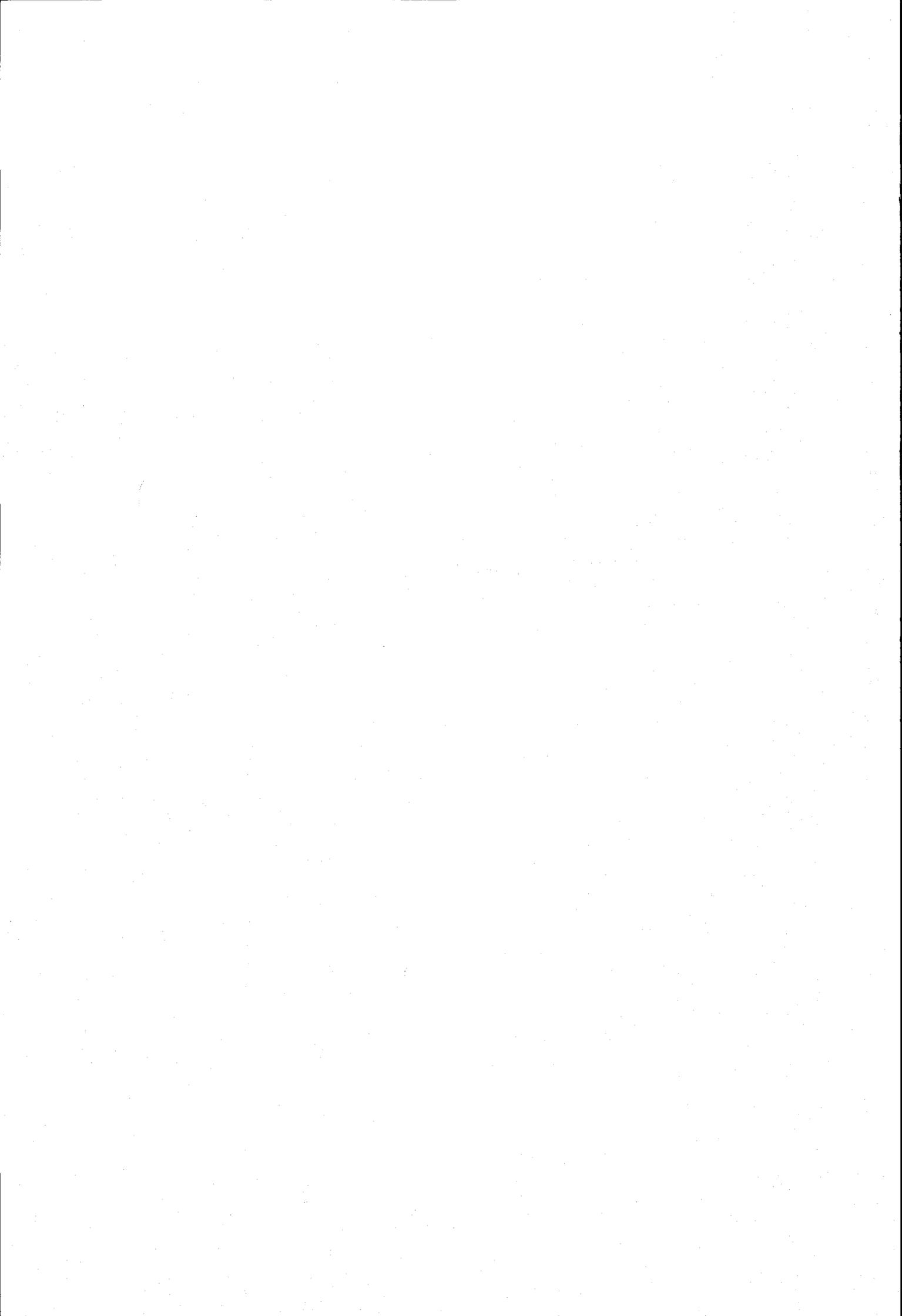
Dès la Pointe de la Redoute un triage s'effectue :

- les sables fins s'épandent en une couverture continue sur tout le Plateau de Loix,
- les sables moyens (A) et (B) sont rabattus à la côte et arrivent jusqu'au Banc du Bûcheron. A ce niveau, le sédiment est soit stocké soit entraîné en suspension dans le Fier d'Ars.

Le premier mouvement provoque une augmentation de la flèche sableuse qui s'accroît, tel un remblai et progresse en discordance en direction de l'Est par dessus les sables fins. A ce déplacement se surimpose un rabattement progressif du Banc en direction de la côte de Loix.

L'entrée de matériaux grossiers dans le Fier provoque une sédimentation arénacée importante qui entraîne un colmatage rapide (0,4 cm/an) du wadden et transforme progressivement la vasière en sablière. Ce phénomène s'accroît de nos jours du fait de la fermeture artificielle de chenaux par des digues de protection.

BIBLIOGRAPHIE



ABREVIATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

- Ann. Fals. Exp. Chim.----- Annales des Falsifications et de l'Expertise chimique
- Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Marit.----- Annales de la Société des Sciences Naturelles de la Charente Maritime
- Bull. de l'Assoc. Fr. pour l'étude du Quaternaire ----- Bulletin de l'Association Française pour l'étude du Quaternaire
- Bull. de l'Assoc. des Géogr. Fr.----- Bulletin de l'Association des Géographes Français
- Bull. du B.R.G.M.----- Bulletin du Bureau des Recherches Géologiques et Minières
- Bull. of Env. Contamination and Toxicology ----- Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology
- Bull. de l'I.G.B.A. ----- Bulletin de l'Institut Géologique du Bassin d'Aquitaine
- Bull. de la Soc. Géol. Fr. ----- Bulletin de la Société Géologique de France
- Bull. de la S.P.F. ----- Bulletin de la Société Préhistorique Française
- Bull. du Musée Anthr. Préhist. ----- Bulletin du Musée d'Anthropologie Préhistorique de Monaco
- Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop ----- Cahier d'Information du Bureau Eurisotop
- Cah. Océanogr. ----- Cahiers Océanographiques
- C.R. Acad. Sc. Paris ----- Compte-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris

II

- C.R. Somm. de la Soc. Géol. Fr.----- Compte-Rendus Sommaires de la Société
Géologique de France
- D.E.A. ----- Diplôme d'Etudes Approfondies.
- D.E.S. ----- Diplôme d'Etudes Supérieures
- Journal of the A.O.A.C. ----- Journal of the Association of Official
Agricultural Chemists.
- Journal of Sed. Petr. ----- Journal of Sedimentary Petrology
- NOROIS ----- Revue Géographique de l'Ouest et des
Pays d'Atlantique Nord. Institut de
Geographie de Caen, Poitiers, Rennes.
- Rapport C.E.A. ----- Rapport du Centre d'Etude Atomique
- Rev. Géogr. phys. et de Géol. dyn ----- Revue de Géographie physique et de
Géologie dynamique
- Trav. Soc. de Pharmacie de Montpellier -- Travaux de la Société de Pharmacie
de Montpellier.

B I B L I O G R A P H I E

AGUADO J., 1973.

Estudio de la sedimentacion actual en la plataforma continental al W de Cabo de Gata (Almeria).

Thèse Université, Madrid, 60 p.

ALIMEN H., 1963.

Considérations sur la chronologie du Quaternaire saharien.

Bull. de la Soc. Géol. Fr., 7è série, Tome V., pp. 627-634.

ALLARD A., DUBREUILH J., MARIONNAUD J.M., 1973.

Contribution de la méthode historique à la résolution d'un problème de géologie récente : exemple du Bas-Médoc (Gironde).

Bull. du B.R.G.M., 73 AQI 37, 15 p.

ALLEN G. et al., 1969.

Observation sur la répartition des dépôts sédimentaires sur les fonds actuels à l'embouchure de la Gironde.

C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., 7, pp. 247-249, 1 fig.

ALLEN G., KLINGEBIEL A., CASTAING C., FERAL A., VIGNEAUX M., 1970.

Contribution à l'étude des faciès de comblement et interprétation paléogéographique de l'évolution des milieux sédimentaires récents et actuels de l'estuaire de la Gironde.

Bull. de l'I.G.B.A., n°8, pp. 99-155, 20 fig.

ALLEN G., CASTAING P., KLINGEBIEL A., 1971.

Preliminary investigation of the surficial sediments in the Cap Breton Canyon (Southwest France) and the surrounding continental shelf.

Marine Geology, 10 (1971), pp. 27-32.

ALLEN G.P., 1972.

Etude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde.

Thèse Sciences, Bordeaux, 310 p., 134 fig., 13 tabl.

ALLEN J.R.L., 1969.

Physical Processes of Sedimentation.

Earth Sciences Series 1, 248 p.

ANGUENOT F., CARBONNEZ J.P., COURTOIS G., DANION R., FORSBERG H., HEUZEL M., 1965.

Emploi de radio-éléments dans le transport solide par charriage du Stung Sen au Cambodge.

Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, Série 8, compte rendu 2, pp. 143-170.

ANGUENOT F. et MONACO A., 1967.

Etude de transits sédimentaires sur le littoral du Roussillon par la méthode des traceurs radioactifs.

Cah. Océanogr. t. XIX, 7, pp. 579-589.

ARMOUR J.A. and BURKE J.A., 1970.

Method for separating polychlorinated biphenyls from D.D.T. and Its analogs.

Journal of the A.O.A.C., vol. 53, n°4, 1970, pp. 761-768.

BALUJA G., FRANCO J.N., MURADO M.A., 1973.

Contaminacion del medio por plaguicidas organoclorados. VI. Residuos de insecticidas y PCB en especies marinas, significado ecologico y su relacion con la contaminacion litoral nacional.

Investigation Pesquera, vol. 37 (3), 1973, pp. 593-620.

BARBAROUX L., DUPLESSY J.C., MARGEREL J.P. et VISET L., 1974.

Variations climatiques et sédimentologiques récentes (période Atlantique à Actuel) dans l'estuaire de la Loire. Mise en évidence d'épisodes lagunaires.

C. R. Acad. Sc., Paris, D, 278, 5, pp. 573-576.

BARUSSEAU J.P., 1967.

Etude granulométrique préliminaire des sédiments détritiques non cohésifs.

Cah. Océanogr., t. 19, n°4, pp. 311-327.

BARUSSEAU J.P., 1974.

Cours de Géologie Marine, Dynamique et Sédimentation.
E.N.S.T.A.

C.R.S.M.P., 144 p., 226 fig.

BARUSSEAU J.P., 1973.

Evolution du Plateau Continental Rochelais (Golfe de Gascogne) au cours du Pléistocène terminal et de l'Holocène.

Thèse Sciences, Bordeaux, 363 p. 96 fig. 23 pl.

BARUSSEAU J.P., DOREL D., 1974.

Essai d'interprétation des dépôts meubles de la marge externe du Golfe de Gascogne entre 46°00 et 46°20 Nord.

C. R. Acad. Sc. Paris, D, 278, 10, pp. 1333-1337.

BASTIN A., 1965.

Méthodes utilisant un traceur fluorescent dans l'étude de l'évolution des plages belges.

Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, série 8, compte rendu 2, pp. 99-108.

BOILLOT G., BOUYASSE P. and LAMBOY M., 1971.

Morphology, sediments and Quaternary history of the continental Shelf between the Straits of Dover and Cape Finisterre.

Institute of Geological Sciences Report n° 70/15, pp. 75-90.

BONIFAY E., MARS P., 1959.

Le Tyrrhénien dans le cadre de la chronologie Quaternaire méditerranéenne.

Bull. de la Soc. Géol. Fr., 7è série, t. I, pp. 62-78.

BOULANGER D., ROUVILLOIS A., PINOT J.P., STREIFF G., 1968.

Géologie, Sédimentologie et Microfaune de la Butte d'Ar Vein située à 30 km. au SW de Penmarc'h par 105 m de fond.

Cah. Océanogr., XX (3), mars 1968, pp. 217-223.

BOURCART J. et ROMANOVSKY V., 1945.

Note sur les conditions de formation des rides de plage ou ripples-marks.

C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., pp. 224-225.

BOURCART J., 1953.

Le littoral de la Tranche (Vendée) à l'île Madame (Charente-Maritime).

Bull. de la Soc. Géol. Fr., 6, III, pp. 393-398.

BROSSE R. et GROVEL A.P., 1968.

Evolution actuelle du littoral de la région de Lorient.
Cah. Océanogr., mai 1968, XX, n°5, pp. 395-402.

CALLAME B., 1965.

Note sur une exploration du haut fond sous-marin de Rochebonne.
Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Mart., 5 p.

CALLAME B., 1966.

Nouvelles observations sur le haut-fond sous-marin de Rochebonne.
Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Mart., pp. 8-12.

CASTAING P., FERAL A., KLINGEBIEL A., 1970.

Sur la nature et l'origine des minéraux lourds des alluvions quaternaires de la Garonne et de la Dordogne.
C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., fasc. 2, (2), fév. 1970, p. 38.

CASTAING P. et KLINGEBIEL A., 1970.

Interprétation dynamique des caractéristiques granulométriques de quelques formations quaternaires du Bordelais.
Bull. de la Soc. Géol. Fr., XII, 7 (2), 1970, pp. 169-173.

CASTAING P., FERAL A., KLINGEBIEL A., 1971.

Paléogéographie de l'Holocène sur le Plateau Continental au large de l'embouchure de la Gironde.
C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., fasc. 6, pp. 325-326.

CASTAING P., CIRAC P., GENSONS B., KLINGEBIEL A.,

Caractérisation de sables dunaires fossiles sur le Plateau Continental du Golfe de Gascogne.
Bull. de l'I.G.B.A., n°12, pp. 69-78. *Communication au 3° Congrès de Sédimentologie. Heidelberg.*

CHABERT J., CHAUVIN J.L., 1965.

Formation des dunes et des rides dans les modèles fluviaux.
Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, série 8, compte rendu 2, pp. 23-44.

CHAUVEAU M., 1973.

Essai de bilan sédimentologique de la Baie des Sables d'Olonne (Vendée).
Thèse 3° cycle, Nantes, 165 p., 28 fig., 21 pl.

CHERRY J.A., 1966.

Transport littoral.

Journal of Sed. Petr., t. 36, n°2, p. 341.

CORLIEUX J., 1971.

Mise au point à propos du Banc Bleu.

Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Marit., vol. V, fasc. 3, pp. 134-135.

CORLIEUX J., 1971.

Découverte de Spongiaires et de Stomatoporidaes dans le Séquanien Supérieur de l'Ile de Ré.

Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Marit., vol. V, fasc. 3, pp. 136-138.

COURTOIS G., 1965.

Possibilités d'emploi d'un nombre limité de grains radioactifs dans les études quantitatives de mouvements de sédiments.

Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, 8 (20), pp. 333-348.

COURTOIS G. et HOURS R., 1965.

Propositions concernant les conditions particulières d'emploi des radioéléments artificiels pour étudier les mouvements des sédiments.

Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, 8 (29), pp. 441-480.

COURTOIS G., 1966

Emploi des radioéléments en sédimentologie.

Colloque de Vienne (1966) sur l'emploi des Radioisotopes en Hydrologie.

COURTOIS G. et MONACO A., 1966.

Méthode des traceurs radioactifs appliquée à l'étude des transits sédimentaires le long du littoral roussillonnais.

Cah. Océanogr., t. XVIII, n°2, pp. 139-149.

COURTOIS G. et SAUZAY G., 1966.

Les méthodes de bilan des taux de comptage de traceurs radioactifs appliquées à la mesure des débits massiques de charriage.

"*HOUILLE BLANCHE*", 3, pp. 279-290.

COURTOIS G. et MONACO A., 1968.

Sur des essais d'évaluation massique des transports sédimentaires littoraux au large de Port Saint-Cyprien (P.O.).

Cah. Océanogr., t. XX, n°9, pp. 775-783.

COURTOIS G. et MONACO A., 1969.

Radioactive methods for the quantitative determination of coastal drift rate.

Marine Geology, 7, pp. 183-206. Elsevier Publis. Compagny Amsterdam.

CUCHLAINE A.M. KING, M.A., Ph. D., 1961.

Beaches and coasts.

Edward Arnozd (Publishers) LTD - London, p. 403.

DEBYSER J., VATAN A., BOYER F., 1955.

La sédimentation sableuse sur la côte atlantique entre la Loire et le Bassin d'Arcachon.

Geologischen Rundschau Bd. 43, Heft 2, pp. 406-425.

DE LAPPE W., RISEBROUGH R.W., MENDOLA J.T., BOWES G.W., MONOD J.L., 1972.

Distribution of Polychlorinated Biphenyls on the Mediterranean coast of France.

XXIII Congrès Assemblée plénière de la C.I.E.S.M., 3-11 nov. 1972, 2p.

DELESSE M., 1969.

Lithologie des Mers de France et des Mers Principales du Globe.

Librairie Scientifique Industrielle et Agricole Eugène Lacroix. Imprimeur-Editeur.

DELFAUD J., 1969.

Essais sur la géologie dynamique du domaine aquitano-pyrénéen durant le Jurassique et le Crétacé inférieur.

Thèse Sciences, Bordeaux, 5 volumes, 177 pl., 6 tabl., 5 pl. Hors texte.

DE VRIES M., 1966.

Applications of Luminophores in Sandtransport - Studies.

Delft Hydraulics Laboratory - Publication n° 39, 86 p. 15 fig.

DONZE P., 1959.

Les formations du Jurassique terminal dans la partie Nord-Ouest de l'île d'Oléron (Charente Maritime).

Ann. de l'Université de Lyon, section C, fasc. XI-XII, pp. 5-30, 1959-1960.

DOUILLACH A., 1969.

Contribution à l'étude du transport et de l'évolution des matériaux de la rivière de l'Agly.

D.E.S. Univ. Montpellier - C.S.U. Perpignan, 124 p. 30 fig. 10 pl.

DUBOUL-RAZAVET Ch., BARUSSEAU J.P., LONG B., 1972.

Compte rendu des expériences de déplacements sédimentaires de l'Ile de Ré par emploi de traceurs radioactifs du 6 mars au 16 mars 1972.

Rapport Com. Inter. Ministérielle, 15 p., 10 fig.

DUBREUILH J., L'HOMER A., MARIONNAUD J.M., THIBAUT C., 1971.

Observations nouvelles sur le Quaternaire de la région de Gurg (Gironde).

C. R. Somm. de la Soc. Géol. Fr., fasc. 10/11, séance 25-01-1971, pp. 28-29.

DUBREUILH J., MARIONNAUD J.M., 1972.

Notice de la Carte Géologique au 1/50 000^e de la feuille St Vivien-de-Médoc - Souillac-sur-Mer.

Edition du B.R.G.M.

DUKE T.W., LOWE J.I. and WILSON A.R., 1970.

A Polychlorinated Biphenyl (Aroclor)(1254) in the water, Sediment, and Biota of Escambia Bay, Florida.

Bull. of Env. Contamination and Toxicology, vol. 5, n°2, pp. 171-180.

ELHAI H. et PRENANT A., 1963.

Présence et extension d'un niveau marin littoral interglaciaire sur la côte du Médoc.

Bull. de la Soc. Géol. Fr. t. V, pp. 495-507.

FAHSE H., 1965.

Techniques de mesure radio-isotopique du cheminement des sables dans l'Innenjade et l'Aussen Jade.

Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, série 8, compte rendu 2, pp. 45-54.

FAIRBRIDGE R.W., 1968.

Swash - Swash mark.

The Encyclopedia of Geomorphology - Reinhold book corporation, pp. 1101-1103.

FAIRBRIDGE R.W., YASSO W.E., 1968.

Cuspate Fureland or spit.

The Encyclopedia of Geomorphology - Reinhold book corporation, pp. 234-237.

FRIDMAN R., 1950.

Observations morphologiques sur le littoral Vendéen.

C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., p. 117.

FRIDMAN R., 1951.

Première vue d'ensemble sur les phénomènes littoraux en Charente Maritime.

Proc. 3 rd, Int. Congr. Sedim., Netherlands.

FRIDMAN R., 1953.

Observations sédimentologiques sur le littoral de la Coubre et son voisinage.

Bull. de la Soc. Géol. Fr., série 6, t. IV, pp. 987-996.

FRIDMAN R., 1954.

Traces d'actions périglaciaires anciennes dans l'Ile d'Oléron.

C. R. Acad. Sc. Paris, t. 239, pp. 1306-1309.

FRIDMAN R., 1955.

Etudes sédimentologiques dans l'Ile de Ré.

Géol. Rundschau, C. R. 4° Congr. F. Sedim. Göttingen.

FRIDMAN R., 1957.

Généralité des phénomènes périglaciaires würmiens sur le littoral et les îles de la Charente Maritime.

Bull. de la Soc. Géol. Fr., série 6, t. VII, pp. 585-596.

FRIDMAN R., 1958.

Origine probable de la nappe de graviers post-moustériennes de la Charente Maritime.

Ecologie, Géolog. Helvetige, vol. 51, 3, pp. 515-520.

FRIDMAN R., 1960.

Les sédiments récents de l'Anse de l'Aiguillon et de ses limites marines à l'Ouest.

Cah. Océanogr., 1960, 4, XII, p. 268.

FRIDMAN R., TERS M., GUILLIEN Y., 1962.

Minéraux lourds de la Basse Tardoire et de la Charente moyenne.

Bull. de la S.P.F., LVIII, 1961, n°11-12, pp. 763-772.

GABET C., 1966.

Le Dunkerquien sur le littoral de l'Aunis.

Norais, t. XIII, pp. 215-219.

GABET C., 1971.

Les variations des lignes du rivage d'Aunis et de Saintonge.

Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Marit., 1971, vol. V, fasc. 3, pp. 108-123.

GABIS V., 1955.

Les galets exotiques des côtes charentaises.
Bull. de la Soc. Géol. Fr., (6), V, pp. 471-488.

GOT H., 1973

Etude des corrélations tectonique - sédimentation au cours de l'histoire Quaternaire du Précontinent Pyrénéo-Catalan.
Thèse Sciences, Montpellier, 294 p., 67 fig.

GRIJM W., 1968.

Coast lines : theoretical Shapes.
The Encyclopedia of Geomorphology, pp. 156-160, Reinhold book corporation.

GROVEL A.P., 1970.

Etude d'un estuaire dans son environnement. Le Blavet Maritime et la Région de Lorient.
Thèse Sciences, Nantes, 251 p., 122 fig.

GROVEL A.P., JALLADEAU P., 1971.

Prévision de la houle maximale en un point et son application à la région côtière Lorient - Ile de Groix.
Cah. Océanogr., XXIII, n°10, déc. 1971, pp. 921-934.

GUIZERIX J., GRANDCLEMENT G., 1965.

Procédé de mesure "in situ" de sédiments traceurs radioactifs.
Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, série 8, compte rendu 2, pp. 331-332.

GUSTAFSON C.G., 1970.

PCB'S - Prevalent and persistend. Intensified research is needed to minimize their dangers.
Environmental Science and Technology, vol. 4, n°10, 1970, pp. 814-819.

HERZEL F., 1971.

Polychlorierte Biphenyle und ihre Unterscheidung von Organochlorinsektiziden.
Von Wasser, XXXVIII, Band 1971, Verlag Chemie GmbH, Weinheim Bergstr., pp. 70-80.

HEURTEAUX P., MESTRES R. et VAQUER A., 1973.

Contamination des milieux aquatiques Camarguais par les résidus de produits phytosanitaires.
Actes de la réserve de Camargue, n°38, 1970-1971. *La Terre et la Vie* n° 1-1973, pp. 33-61.

- IMMAN D.L., KUMAR P.D., BOWEN E.J., 1969.
Longshore transport of sand.
Conf. Coast Eng., vol. 1, pp. 298-306.
- INGLE Jr., JAMES C., 1966.
Developments in sedimentology. The movement of beach Sand.
Elsevier Publish. Comp., 221 p.
- JEANNEAU B., SAUZAY G., BARUSSEAU J.P., LONG B., 1973.
Compte rendu des études de déplacements sédimentaires le long de l'île de Ré par l'emploi de traceurs radioactifs.
Rapport C.E.A., DR/TAAR/AR.S/73-16, 35 p., 35 fig.
- JENSEN S., JOHNELS A.G., OLSSON M. and OTTERLIND G., 1972.
DDT and PCB in herring and cod. from the Baltic, the Kattegat and the Skagerrak.
Ambio Special Report, n°1, 1972, pp. 71-85.
- JOUANNEAU J.M., 1974.
Etude sédimentologique d'un système côtier évolutif : La Pointe de la Coubre (Embouchure de la Gironde, France).
Thèse 3° cycle, Bordeaux, 161 p., 85 fig.
- JOHN R., DUNCAN Jr., 1964.
The effects of water table and tide cycle on swash - back wash sediment distribution and beach profile development.
Marine geology, t. 2, n°3, pp. 186-197.
- KING C.A.M., 1961.
Beachs and coasts.
Edi. Edward Arnold, 403 p.
- KING C.A.M., 1971.
The relation ship between wave incidence wind direction and beach changes et marsden bay, Country Durham.
Dev. Ed. Stcers j. Mac Millan, pp. 117-132.
- LACOMBE M., 1965.
Cours d'Océanographie Physique.
Gauthiers-Villars Edt. Paris, 392 p.
- LAFOND L.R., 1954.
Sur des systèmes de rides observés localement sur certaines plages de Bretagne.
C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., n°15, séance du 6 décembre 1954, pp. 394-396.

LAFOND L.R., 1959.

Baie de l'Aiguillon et ses accès. Compte rendu de la Mission d'études en nature.

3^o partie, *Rapport de Sédimentologie L.C.H.F.*, 67 p.

LAPIERRE F., 1969.

Répartition des sédiments sur le plateau continental du Golfe de Gascogne. Intérêt des minéraux lourds.

Thèse Sciences, Bordeaux, 182 p.

LARRAS J., 1957.

Effets de la houle et du clapotis sur les fonds de sable. (Communication présentée aux 4^{èmes} journées de l'Hydraulique, Paris, juin 1956).

La Houille Blanche, 1957, n^o spécial, pp. 579-589.

LARRAS J., 1957.

Plages et côtes de sable.

Eyrolles Edit., Paris, 117 p.

LARRAS J., 1959.

Les profils d'équilibre des fonds de sable sous la mer.

Mémoires et documents n^o18, pp. 391-404.

LARRAS J., 1961.

Cours d'Hydraulique maritime et de travaux maritimes.

Paris, Dunod 1961.

LARRAS J., 1966.

Cubes de sables charriés par la houle parallèlement à la côte.

Ann. des Ponts et Chaussées, II, pp. 71-76.

LARRAS J., 1969.

Remarques sur les transports de sables parallèles à la côte.

Ann. des Ponts et Chaussées, I.

LARSONNEUR C., 1971.

Manche centrale et Baie de Seine ; géologie du substratum et des dépôts meubles.

Thèse Sciences, Caen, 389 p., 93 fig.

LE MEHAUTE B., 1968.

Littoral Processes - Quantitative treatment.

The Encyclopedia of Geomorphology, pp. 667-672, Reinhold book corporation.

LONG B., 1972.

Contribution à l'étude des phénomènes de dynamique sédimentaire de la côte Nord Ouest de l'île de Ré. Evolution d'un cordon dunaire (La Conche des Baleines) et d'une flèche sableuse (Le Banc du Bucheron).

Rapport D.E.A., Toulouse 1972, 43 p. 41 fig.

LORIN J., 1968.

Contribution à l'étude des transits sédimentaires dans la partie orientale du Pertuis Breton et de la Baie de l'Aiguillon.

Bull. de l'I.G.B.A., n°5 - 1968.

MASSON P., 1973.

Contribution à l'étude sédimentologique des côtes charentaises (Estuaire de la Gironde, presque île d'Avert, île d'Oléron).

Thèse 3° cycle, Orsay, 1973, p. 125, 59 fig.

MASUMOTO H.T., 1972.

Study of the Silicic Acid Procedure of Armour and Burke for the Separation of Polychlorinated Biphenyls from DDT and Its Analogs.

Journal of the AOAC, vol. 55, n°5, 1972, pp. 1092-1141.

MESTRES R., DUDIEUZERE, 1969.

Résidus de Pesticides. Procédé simple d'élimination du soufre des extraits.

Trav. Soc. de Pharmacie de Montpellier, 1969, 29, fasc. 2, pp. 93-96.

MESTRES R., LEONARDI G., CHEVALLIER Ch. et TOURTE J., 1969.

Résidus de pesticides. XIX - Méthode de recherche des résidus de pesticides dans les eaux naturelles.

Ann. Fals. Exp. Chim. 1969, Mars-Avril, pp. 75-85.

MESTRES R., BELAMIE R. et AGUESSE P., 1971.

Rôle joué par les substances organo-chlorées dans la pollution des eaux douces. Etudes de la région centre.

Trav. Soc. de Pharmacie de Montpellier, 1971, 31, fasc. 2, pp. 85-96.

MESTRES R., CHEVALLIER Ch., 1971.

Pénétration des insecticides dans les sols submergés. Deuxième partie : Etude au laboratoire de la pénétration de l'abate.

Trav. Soc. de Pharmacie de Montpellier, 1971, 31, fasc. 2, pp. 125-132.

- MESTRES R., CHEVALLIER Ch., ROUX J.A., COUSSERANS J. et SINEGRE G., 1971.
Pénétration de deux insecticides dans les sols halomorphes temporairement submergés.
Trav. Soc. de Pharmacie de Montpellier, 1971, 31, fasc. 2, pp. 159-166.
- MESTRES R., ILLES S., 1971.
Expérience de fixation de plastifiants chlorés par des poissons.
Trav. Soc. de Pharmacie de Montpellier, 1971, 31, fasc. 3, pp. 237-244.
- MESTRES R., HEURTEAUX P., VAQUER A., ILLES S., 1972.
Incidence des thérapeutiques agricoles sur la pollution du milieu aquatique.
Ann. Hyg. L. Fr., Med et Nut, 1972, t. 8, n°3, pp. 71-90.
- MESTRES R., DUBOUL-RAZAVET Ch., LONG B., 1974.
Présence de micropolluants de la classe des organo-chlorés dans les sédiments d'une vasière littorale "Le Fier d'Ars".
Trav. Soc. de Pharmacie de Montpellier, 1974, 34, fasc. 1, pp. 79-90.
- MEYER-PETER E., MULLER R., 1948.
Formulas for bed-load transport.
Association Internationale de Recherche pour Travaux Hydrauliques AIRTH - 2° réunion - Stockholm (7, 9 VI 1948).
- MEYN G., 1965.
Technique de marquage radio-actif pour l'étude des mouvements de sable dans les eaux côtières allemandes.
Cah. d'Info., du Bureau Eurisotop, série 8, compte rendu 2, pp. 195-200.
- MONACO A., 1971.
Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du Plateau Continental du Roussillon (Golfe du Lion).
Thèse Sciences, Montpellier, 295 p. 2 fasc., 93 fig., 40 pl.
- MOUTERDE R., ENAY R., CARIOU E., CONTINI D., ELMI S., GABILLY J., MANGOLD C., MATTEI J., RIOULT M., THIERRY J., TINTANT M., 1971.
Les zones du Jurassique en France.
C. R. Somm. de la Soc. Géol. Fr., 1972, t. 2, pp. 76-107.

MURAOUR P., MARTIN G. et HORN R., 1969.

Etude préliminaire de la structure géologique du Plateau Continental au large de La Rochelle.

Trav. du Laboratoire de Géophysique Appliquée à l'Océanographie, Montpellier, 12 p.

NESTEROFF W.D., LANCELOT Y. et MELIERES F., 1967.

Reconnaissance du haut fond de Rochebonne.

"Vie et Milieu", B, 18, 1, pp. 103-111.

NEWMAN W.S., 1968.

Coastal Stability.

The Encyclopedia of Geomorphology. Reinhold book corporation, pp. 150-156.

NICOLAS A. et BRILLANCEAU A., 1971.

Age précambrien du métamorphisme de la série des Sables d'Olonne.

C. R. Acad. Sc. Paris, 26, avril 1971, t. 272, pp. 2131-2133.

NORMAND M., 1970.

Stratigraphie de la série du Jurassique Supérieur du littoral charentais au nord de La Rochelle.

Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Marit., 1970, vol. V, fasc. 2, pp. 58-69.

NORMAND M., 1971.

Tectonique de la série du Jurassique supérieur du littoral charentais au nord de La Rochelle.

Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Marit., 1971, vol. V, fasc. 3, pp. 139-149.

NORMAND M., 1971.

Observations géologiques sur la falaise du Vieux-Châtelailon, Les Bouchôleurs.

Ann. de la Soc. des Sc. Nat. de la Chte Marit., 1971, vol. V, fasc. 3, pp. 150-156.

OTTMANN F., 1965.

Introduction à la géologie marine et littorale.

Masson et Cie, Edit., 243 p.

OTTMANN F., ALIX Y., LIMASSET J.C. et LIMASSET O., 1968.

Sur le lit ancien de la Loire dans son cours inférieur.

Bull. du B.R.G.M., I, (2), pp. 27-62.

PAUC H., 1970.

Contribution à l'étude dynamique et sédimentologique des suspensions solides au large de l'embouchure du Grand-Rhône.

Thèse 3^o cycle, C.S.U. Perpignan, 126 p. 35 fig.

PEAKALL D.B., LINGER J.L., 1970.

Polychlorinated Biphenyls. Another Long Life Widespread Chemical in the Environment.

Bio Science vol. 20, n°17, 1970, pp. 958-963.

PELLISSIER F., MONOD J.L., REGLI P., 1974.

Cheminement des Polychlorobiphenyls.

Journées du Comité "Contamination des chaînes Biologiques" S.G.H.C.E., janvier 1974, 12 p.

PETERSEN M., 1965.

Rapport sur l'expérience acquise lors de l'utilisation de méthodes radio-actives dans la Communauté européenne.

Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, série 8, compte rendu 2, pp. 107-112.

PILON J.J., 1965.

Mesures par traceurs radio-actifs du mouvement des sables aux Pays-Bas.

Cah. d'Info. du Bureau Eurisotop, série 8, compte rendu 2, pp. 201-314.

PINOT J.P., 1965.

La migration des galets à l'intérieur des plages de sable. Exemple de la plage de Tresmeur (Trêbeurden, Côtes-du-Nord) et application à l'interprétation des coupes de plages anciennes.

C. R. Somm. de la Soc. Géol. Fr., fasc. 5, p. 164.

PINOT J.P., 1966.

La disposition générale du précontinent entre Penmarc'h et Belle-Ile.

Bull. de l'Assoc. des Géogr. Fr., n° 340-341, janvier, février, 1966, pp. 4-20.

PINOT J.P., 1966.

Découverte d'un rivage submergé et d'autres preuves d'un niveau marin quaternaire à 37 m sous l'Actuel. Sur la côte sud de la Bretagne.

"Quaternaria", VIII, 1966, pp. 225-230.

PINOT J.P., 1968.

Littoraux würmiens submergés à l'Ouest de Belle-Ile.
Bull. de l'Assoc. Fr. pour l'Etude du Quaternaire, 3,
pp. 197-216.

PINOT J.P., 1974.

Le précontinent breton entre Penmarc'h, Belle Ile et l'es-
carpement continental. Etude Géomorphologique.
Impram Lanion, 256 p.

PRUVOST P., 1957.

Lexique stratigraphique international.
Vol. 1, Europe, fasc. 4 B, 231 p.

PUYCOUYOUL J., 1962.

Particularités du régime des marées entre la Loire et la
Gironde.
*Com. Trav. Hist. Sc. Actis. 86ème Congr. Nat. Soc. Savantes
(Poitiers, 1962), Sect. Géogr.*, pp. 161-175, 10 fig.

REGRAIN R., 1971.

L'altitude des marais maritimes, étude statistique (le cas
du marais de Brouage).
Com. Géogr. Phys. et de Géol. Dyn., (2), vol. XIII, fasc. 2,
pp. 123-142., paris 1971.

REYNOLDS L.M., 1969.

Polychlorobiphenyls (PCB's) and their Interference with
Pesticide Residue Analysis.
Bull. of. Env. Contamination and Toxicology, vol. 4, n°3,
1969, pp. 128-143.

RISEBROUGH R.W., REICHE P., OLCOTT H.S., 1969.

Current progress in the Determination of the Polychlorinated
Biphenyls.
Bull. of. Env. Contamination and Toxicology, vol. 4, n°4,
1969, pp. 192-201.

RIVIERE A., ARBEY F. et VERNHET S., 1961.

Remarques sur l'évolution et l'origine des structures de
plage à caractère périodique.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 252, pp. 767-769.

RIVIERE A., VERNHET S., 1962.

Les structures de plages à caractères périodiques et leur
rôle dans la morphologie littorale.
Coll. Nat. C.N.R.S. Villefranche-sur-Mer, avril 1961,
pp. 73-82.

RIVIERE A., ARBEY F. et VERNHET S., 1962.

Sinuosités et festons de plages.

C.R. Acad. Sc. Paris, t. 254, pp. 3230-3232.

RIVIERE A., 1972.

Place et rôle des méthodes paléoclimatiques en stratigraphie.

Coll. sur les méthodes et tendances de la stratigraphie - Sept. 70. Ed. B.R.G.M., n°77, t. 2, pp. 699-703.

ROBERT J.P., CHAMLEY H., 1974.

Gypse et sapropels profonds en Méditerranée Orientale.

C. R. Acad. Sc. Paris, D, 278, 7, p. 84.

ROUSSEAU J., 1967.

Contribution à l'étude comparée des caractéristiques sédimentologiques et mécaniques des sables.

Thèse Doc. Ing., Paris, 125 p., 46 pl.

SAUZAY G., 1968.

Méthode du Bilan des taux de comptage d'indicateurs radioactifs pour la détermination du débit de charriage des lits sableux.

Rapport C.E.A., R., 3431 - C.E.N. Saclay.

SCHULZ H., 1965.

Résultats des recherches effectuées à l'aide d'isotopes radioactifs sur les mouvements de sable dans la région côtière allemande de la mer du Nord et de la mer Baltique.

Cañ. d'Info. du Bureau Eurisotop, série 8, compte rendu 2, pp. 113-138.

SIMONNEAU J., 1973.

Mar Menor (Province de Murcia-Espagne). Evolution sédimentologique et géochimique récente du remplissage.

Thèse 3° cycle, Toulouse, 169 p., 2 fasc.

TANNER W.T., 1967.

Ripple Mark indices and their uses.

Sedimentology, 9, (2), (1967), pp. 89-104.

TARDY P., 1970.

Céramique Campaniforme au Nord de l'Ile de Ré.

Bull. de la Soc. de Géogr. de Rochefort, 2° série, t. II, n°7, 1970, pp. 209-217.

TARDY P. et MASSAUD J., 1971.

Premiers indices de Paléolithique dans l'Ile de Ré.

Bull. de la Soc. Préhistorique Française, t. 68, 1971, C.R. S.M., fasc. 4, pp. 106-108.

TARDY P., 1972.

Ré avant l'histoire.

Extrait des Bull. n° 44 et 45, de l'Assoc. des Amis de l'Ile de Ré, 48 p., 2pl.

TELEK P.G., 1965.

Traceur fluorescent.

Journal. Sédim. Pétrol., vol. 35, p. 4.

TERS M., 1953.

Existence d'un désert froid au Quaternaire ancien dans la région du littoral vendéen.

Bull. de la Soc. Géol. Fr., 1953, série 6, t. III, fasc. 4-6, pp; 355-368.

TERS M., 1963.

Existence de deux phases périglaciaires, séparées par un haut niveau marin, en Vendée.

Bull. de la Soc. Géol. Fr., série 7, t. V, pp. 464-469.

THOMMERET J. et THOMMERET Y., 1965.

Quelques limitations à la méthode du carbone 14 pour la datation des coquilles.

Bull. Musée Anthr. Préhist., fasc. 12, pp. 17-22.

THOMMERET J. et THOMMERET Y., 1966.

Validité de la datation des sédiments du proche quaternaire par le dosage du carbone 14 dans les coquilles marines.

Comm. Inter. Explor. Scient. Méditerranée, vol. XVIII, fasc. 3, pp. 837-844.

TORRES O., 1973.

Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de l'Aunis (Charente Maritime).

Thèse 3° cycle, Bordeaux, 119 p., 34 pl., 11 tab.

TRENHAILE A.S., 1973.

Nearshore ripples : some hydraulic relationships.

Journal Sédim. Pétrol., 1973, 43 (2), pp. 558-568.

VANNEY J.R., 1969.

Le précontinent du centre du Golfe de Gascogne. Recherches géomorphologiques.

Thèse, Lettres Ecole Pratique des Hautes Etudes, 16, 365 p.

VENEC-PEYRE M. Th. 1973.

Etude micropaléontologique des vasières du Plateau Continental rochelais. Evolution des milieux de dépôts.

Thèse 3^o cycle, Université Paris-Sud-Orsay, 81 p.

VERGER F., 1968.

Marais et wadden du littoral français.

Bordeaux, Biscaye Frère, 541 p.

VILE F., 1974.

Contribution à la mise au point d'un protocole d'étude de la matière organique dans les sédiments marins et lagunaires.

Rapport D.E.A., Orsay, 30 p., 12 fig.

WARREN E., YASSO, 1966.

Formulation and use of fluorescent tracer wating in sédiment transport studie.

Sedimentology, t. 6, n^o4, pp. 287-301.

WILLIAMS A.T., 1973.

The problem of beach cusps development.

Journal Sédim. Pétrol., 1973, 43 (3), pp. 857-866.

ZENKOVICH V.P., 1967.

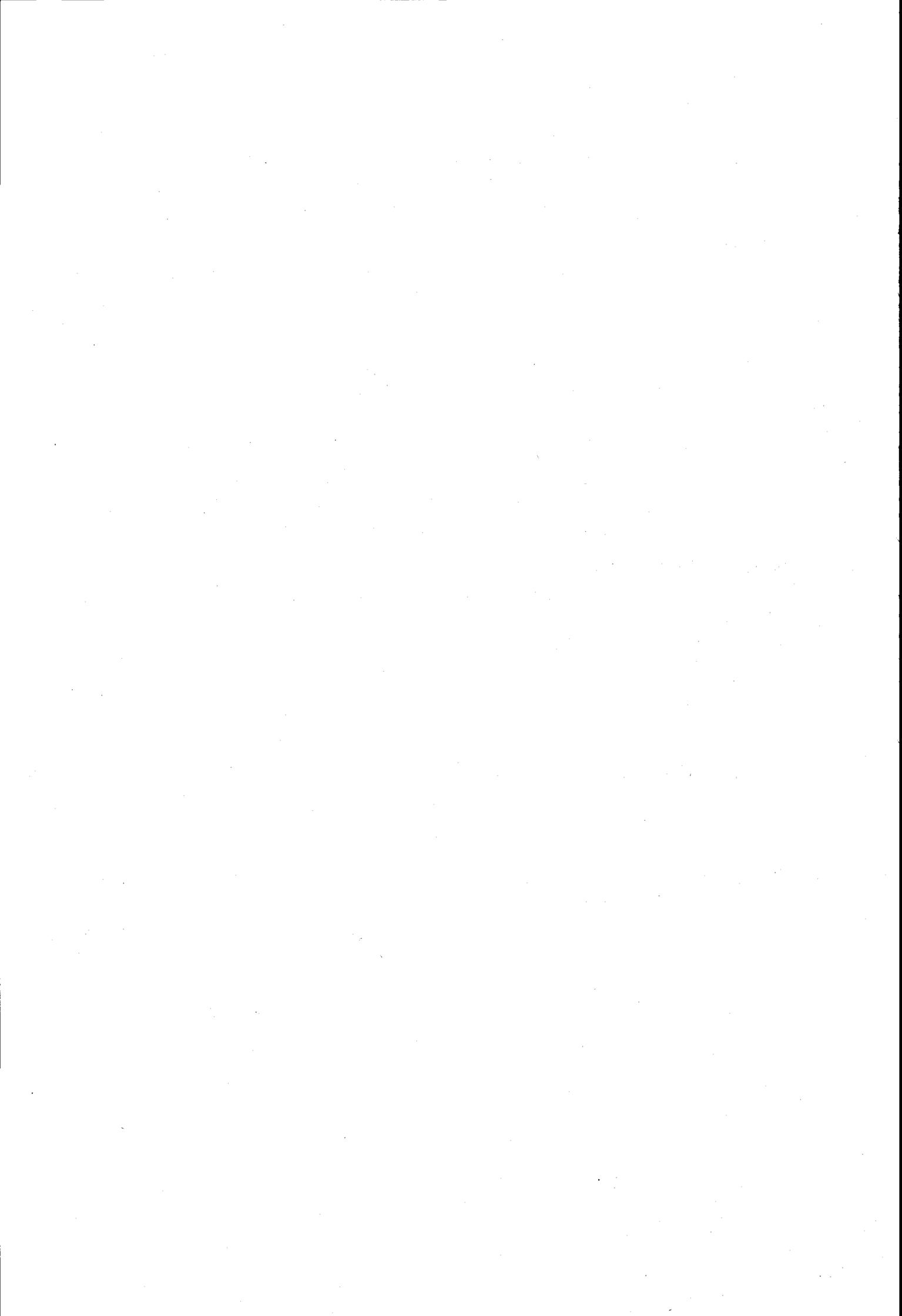
Processus of coastal development.

Edited by J.P. Steers, 736 p.

ZENKOVICH V.P., 1968.

Littoral processes, Field methods.

The Encyclopedia of Geomorphology, pp. 663-667. Reinhold book corporation.



DOCUMENTATION

CARTES MARINES

Cartes Anciennes :

- Cartes des Costes de Poitou-Aunis 1624 - 1/123636
- Carte d'ARGENCOURT (15 déc. 1625) in Ms. qq. Atlas (Folio 17) de la Bibliothèque du Comité technique du Génie.
- Carte de MASSE 1702 1/65641
- Carte de CASSINI 1815. 1/86400 Isle de Ré.

Carte Service hydrographique de la Marine :

- N° 150. De l'Ile d'Yeu à la pointe de Chassiron
1/124 200 - 1953
- N° 155. Partie Ouest de l'Ile de Ré : entre les Pertuis Breton, et d'Antioche.
1/47 500 - 1956
- N° 6521. De la pointe du Cou à la Rochelle ; Pertuis Breton, Ile de Ré.
1/47 460 - 1967
- N° 157. Rade de St Martin et ses environs (Ile de Ré)
1/14 400 - 1922

Levés non publiés au 1/10 000 Service hydrographique de la Marine

- . Mission hydrographique de dragage - R 10⁵, ing. M. DEMERLIAC
12.5.57.
- . Mission hydrographique de dragage - R 10⁶, ing. M. DEMERLIAC
12.5.58.

CARTES TOPOGRAPHIQUES

Cartes d'Etat Major, I. G. N.

- . 1/25000 Ile de Ré 3-4 1959
- . 1/25000 La Rochelle 1-2 1959
- . 1/5000 Ile de Ré XII-29 1959.

Relevés topographiques au 1/1000 (2cartes)

- . Banc du Bûcheron, levé et dressé par M. GUILLON aux marées du 6 au 8 septembre 1971. Nivellement N. G. F. (+3,69 m).

CARTE GEOLOGIQUE

au 1/320000 de

- . La Rochelle (21)
- . Nantes (17)

au 1/80000 de

- . Les Sables d'Olonne (140) 1965
- . Fontenay-le-Comte (141) 1968
- . La Rochelle (152) 1958.

PHOTOGRAPHIES AERIENNES - Missions de l'Institut géographique National.

- . Ile de Ré - 1963 1/5000
- . Ile de Ré - XII, 29 - FR 1964 760-150
- . Ile de Ré - Surgères - France 1957
- . Ile de Ré - FR 1969 - 1761-150
- . Ile de Ré à Melle - 1950
- . France 1958 - FR 115-350
- . Ile de Ré 1970 - Ministère Equipement 1/5000

DOCUMENTS DIVERS

Bulletins météorologiques :

- . Sémaphore des Baleines - Marine Nationale
- . Centre du Bout-Blanc & Chassiron - Service Météorologique Métropolitain.

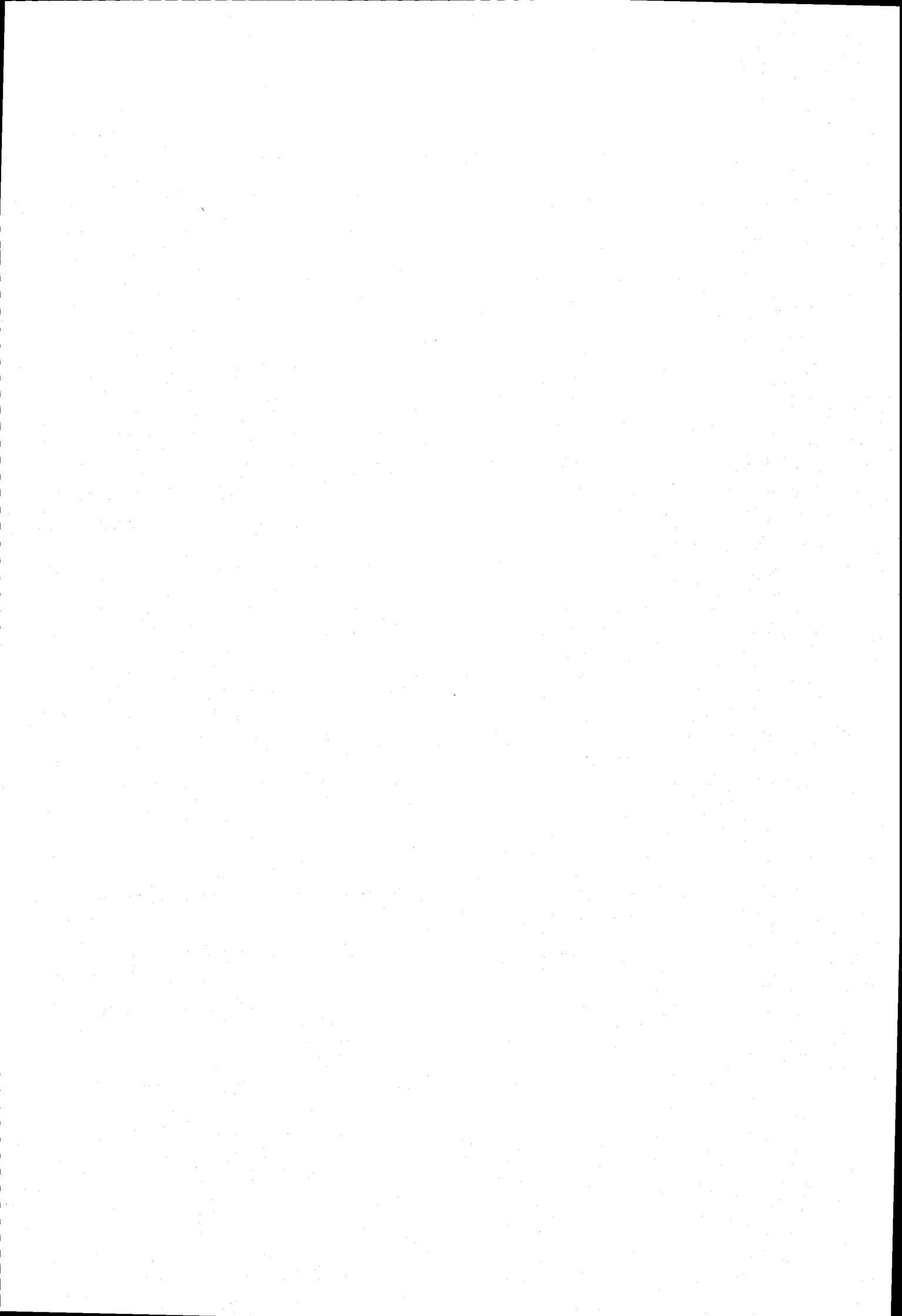
Courants de Marées dans la Manche et sur les côtes Françaises de l'Atlantique N° 550

Service Hydrographique de la Marine - 1969 - Imprimerie Nationale Paris

Almanach du Marin Breton. 1972 - 1973 - 1974.

ANNEXE I

Méthodologie



ANNEXE I

METHODOLOGIE

Les techniques appliquées au sédiment tant en sédimentologie qu'en géochimie sont pour la plupart classiques ; nous nous bornerons en général à en rappeler les principes. Nous insisterons, par contre, sur le caractère spécifique et original de certaines méthodes d'analyse et des conditions d'expérimentation afin de mieux apprécier la valeur des résultats.

I - ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE

I-1- Conditions de prélèvement :

Au cours de plusieurs missions (en 1971, 1972 et 1973) ont été effectués des prélèvements sur les rivages de l'Ile de Ré et dans le Pertuis Breton.

I-1-1- NATURE ET SITUATION DES PRELEVEMENTS

I.1.1.1. A terre :

a) *Echantillonnage sur le littoral.*

- Sur la Conche des Baleines (septembre 1971) : prélèvements de AB3 à AS 12,
- A la Pointe du Lizay (septembre 1971) : prélèvement de BA3 à BC8,
- Sur la plage de la Loge et le Banc du Bûcheron (septembre et octobre 1971) : prélèvement de DIDR 09 à 24.

b) Carottages dans le Fier d'Ars .

Trois campagnes de carottages ont permis la réalisation de deux dizaines de carottes dans le Fier d'Ars.

- Octobre 1971 : SARS 03 à SARS 15
- Avril 1972 : SARS 20 à SARS 39
- Août 1972 : SARS 40 à SARS 45.

I.1.1.2 - En mer :

Trois campagnes d'échantillonnages à la benne ont été faites sur le littoral rétais :

- Septembre - Octobre 1971 : campagne de Dragage Ile de Ré (DIDR) 01 à 08 et 25 à 69,
- Avril 1972 : campagne de Dragage Ars (DARS) 01 à 45,
- Août 1972 : campagne de Dragage du Pertuis Breton (DPBR) 01 à 76.

En mer, le *positionnement* a été effectué à l'aide de cercles hydrographiques, les repères fixes étant, suivant le secteur de prélèvement, des phares (phare des Baleines, des Baleineaux et du Grouin du Cou), des balises (Tour des Islattes, balise des Eveillons) ou des clochers (clocher d'Ars, de Loix, des Portes).

La *bathymétrie* a été définie à partir des sondes de la carte dressée par le Service Hydrographique de la Marine, des cartes établies par BARUSSEAU (1973) et des différents relevés de terrains entrepris durant chaque mission à l'aide d'un sondeur électro-acoustique de type "Elac". Les marégrammes de La Pallice ont servi de références pour réaliser les corrections de marée dans la période correspondant aux levés.

I-1-2- MODALITES DES PRELEVEMENTS

I.1.2.1 - Dragages en mer :

Au cours de trois missions (d'octobre 1971 à août 1972), nous avons procédé à 175 dragages à la benne "Neyrpic".

I.1.2.2 - Carottages dans le Fier d'Ars et sur le Banc du Bûcheron :

Les carottages sont effectués à marée basse, à pied sec (SARS 03 à SARS 39) ou à partir d'un ponton flottant mis à notre disposition par le Service des Phares et Balises de La Pallice (SARS 40 à SARS 44).

a) A pied sec :

Un tube de plastique de 10 cm de diamètre est enfoncé dans le sédiment à la masse ou parfois par simple pression. L'orifice supérieur du tube étant hermétiquement bouché par de la paraffine, le sédiment ne peut descendre lors de l'arrachage de la carotte. Après l'extraction, l'orifice inférieur est également obturé au moyen d'un bouchon de liège.

b) *A partir d'un ponton :*

Le sondage est effectué en deux phases :

- carottage du substratum rocheux,
- prélèvement des sédiments meubles.

Dans un premier temps, un tube en acier de 30 cm de diamètre est enfoncé à l'aide d'une lance jusqu'au substratum rocheux. Il sert de conduit de guidage à un trépan qui s'enfonce de 1 à 5 m dans le "bed-rock". Ce prélèvement permet d'avoir une idée des sédiments meubles (grâce aux remontées de "cuttings") et de connaître, par le carottage continu de la roche dure, la nature et la profondeur des matériaux sous-jacents.

Une deuxième opération est menée postérieurement : elle consiste à enfoncer un tube de plastique de 6 cm de diamètre à l'aide d'un mouton. Le tube est arrêté par les sédiments grossiers coquilliers qui surmontent le substratum.

La maille choisie pour les prélèvements diffère suivant la position du sondage dans le Fier. Certains points sensibles, comme les marais perdus, ont fait l'objet de plusieurs carottages.

Au total, 23 carottes de 6 cm de diamètre sur 340 cm de longueur ont été prélevées au cours des différentes missions.

Deux cartes présentent la position des différents prélèvements en mer (fig. 18 et 19) et l'emplacement des carottages est consigné dans l'Annexe III (pl. 2).

I-2- Etude des sédiments :

I-2-1- SEDIMENTOLOGIE

I.2.1.1. Pré-traitement des carottes :

a) *Radiographie aux rayons X :*

Toutes les carottes ont été systématiquement radiographiées, afin d'y déceler des structures sédimentaires particulières.

L'appareil utilisé est un Baltospot GM 300 de la C.G.R., réglé sur une tension de 275 KV et un débit de courant de 5 mA.

Les carottes, radiographiées par tronçon de 40 cm, sont posées sur une cassette, renfermant le film entre deux écrans de plomb, et centrées sous l'appareil à rayons X. Elles sont protégées des rayons diffusés, par des écrans de plomb placés contre leurs flancs et aux extrémités du tronçon de carotte.

Le temps d'exposition est de l'ordre de 30 secondes environ.

b) Passage au banc de Gamma-densimétrie :

Une étude systématique des carottes au banc de Gamma-densimétrie indique avec précision les changements de densité du sédiment. Ces variations sont dues soit à une coupure stratigraphique, soit à la présence d'eau dans les matériaux.

Ce mode d'investigation complète les données recueillies par la radiographie aux rayons X.

L'appareil employé comprend :

- un charriot mobile parcourant toute la longueur de la carotte. Il porte d'une part une source au Césium et d'autre part une sonde S.R.A.T. à cristal à scintillation en Iodure de Sodium activé au Thallium.

- un scintillomètre S.P.P.3.
- un enregistreur I.P.P.4.

Les étalons de densités utilisés sont :

- un cylindre d'aluminium,
- un cylindre de plexiglass,
- un cylindre de graphite,
- un cylindre en téflon.

c) Ouverture des carottes :

Le découpage des carottes suivant leur longueur s'effectue à l'aide d'une scie circulaire. Les "logs" sont établis à partir des radiographies RX, de l'enregistrement de Gamma-densimétrie et des observations directes.

Ils déterminent la fréquence des prélèvements le long des carottes.

Pour les recherches de carbone organique dans les sondages des marais perdus, des "prises d'essais" ont lieu tous les centimètres entre 0 et -20 cm et, tous les 2 cm entre -20 cm et -50 cm.

La maille retenue, pour la recherche des organochlorés est de 5 cm depuis la surface jusqu'à -50 cm.

I.2.1.2 - Analyse préliminaire des échantillons :

a) Détermination de la composition globale du sédiment :

Le sédiment brut, séché à 50°C, est pesé et fractionné sous l'eau distillée à l'aide d'un tamis de 40 μ , en ses deux constituants :

- la fraction **grossière** supérieure à 40 μ (arénite),
- la fraction **fine** inférieure à 40 μ (pélite ou lutite).

Le poids de la fraction grossière sèche nous donne les proportions de ces deux fractions dans le sédiment.

b) Détermination du pourcentage de la fraction carbonatée :

- dans les lutites, le dosage des carbonates est réalisé au calcimètre Bernard,

- dans les arénites, la teneur en carbonates est évaluée par attaque à l'acide chlorhydrique à 50 % (méthode pondérale).

I.2.1.3. Etude de la fraction organogène : datation au C¹⁴ :

La macrofaune a fait l'objet de quelques datations absolues au C¹⁴ effectuées par J. THOMMERET et Y. THOMMERET au Centre Scientifique de Monaco.

I.2.1.4. Analyse granulométrique :

Nous ne nous sommes intéressés qu'à la fraction grossière (>40 µ) car les éléments fins sont absents sur l'avant côte de l'Ile de Ré. Ils entrent de manière significative dans la composition du stock sédimentaire, uniquement dans la dernière unité morpho-sédimentaire, le Fier d'Ars, pour laquelle nous avons déterminé les pourcentages correspondants.

La fraction carbonatée ne dépasse pas 50 % du sédiment total ; le taux moyen est de 30 %. Encore faut-il retirer de ce pourcentage la fraction d'origine bioclastique qui représente environ 80 %. Aussi n'avons nous étudié que la fraction décarbonatée du sédiment de surface par tamisage sur une colonne de tamis de type AFNOR avec un accroissement de maille en progression géométrique de ¹⁰ 10.

Les résultats sont exprimés sous forme de courbes cumulatives semi-logarithmiques à partir desquelles sont tirées les formules modales faisant apparaître les "modes" (dimensions des grains les plus fréquentes) qui composent le sédiment (BERTHOIS, in BARUSSEAU, 1973).

Lorsque la courbe est unimodale, le sédiment est caractérisé par une seule valeur ; lorsque le sédiment est bi, tri ou plurimodal, la formule comporte 2, 3 ou plusieurs valeurs associées aux pourcentages respectifs qu'elles représentent.

L'Annexe III rassemble les formules modales des sédiments étudiés dans le cadre du présent ouvrage.

Une dispersion notable apparaît dans la statistique des modes rencontrés. Toutefois, un certain nombre de regroupements interviennent et permettent de ne tenir compte que d'un petit nombre de *modes fondamentaux*.

Leur prise en considération élimine les effets des fluctuations locales liées à la complexité des forces hydrodynamiques au niveau de l'avant-côte. Elle retient donc une échelle majeure de variabilité.

Nous avons isolé, comme on l'a vu, 5 classes modales fondamentales pour lesquelles nous avons présenté les distributions géographiques sous forme de carte d'isodensité.

Pour les répartitions verticales (Annexe III) nous avons établi les pourcentages respectifs des différentes classes modales.

I-2-2- DOSAGE DU CARBONE ORGANIQUE

Le dosage du carbone organique est effectué à l'aide d'un analyseur automatique LECO selon le principe suivant (VILE, 1974) :

L'échantillon est brûlé dans un four à induction et le gaz carbonique, produit de la combustion, est absorbé sélectivement par un tamis moléculaire.

Le gaz carbonique est récupéré par chauffage du piège et dosé en mesurant sa conductibilité thermique.

- L'étalonnage se fait à partir des valeurs données par des anneaux d'acier à teneur en carbone connue.

- Le blanc est donné par la combustion de l'accélérateur seul.

- L'échantillon finement broyé est pesé dans un creuset en matière réfractaire (80 à 120 mg). On y ajoute l'accélérateur (fer et cuivre). Le creuset placé dans le four est brûlé sous courant d'oxygène qui entraîne les produits de la combustion à travers un train de purification constitué de pièges à poussière, soufre, chlore et eau puis à travers un four catalyseur pour transformer quantitativement le CO en CO₂.

- L'analyseur adsorbe le CO₂ sur un tamis moléculaire à température ambiante.

- Le piège est alors chauffé automatiquement à 320°C pour libérer le CO₂. Un système de valves solénoïdes conduit un second vecteur, de l'oxygène, pour balayer le piège et entraîner le CO₂ vers les thermistors de mesure.

II - MISE EN OEUVRE DES TRACEURS LUMINESCENTS

II-1- Choix du traceur

Pour réaliser cette série d'expériences, nous utilisons comme support-traceur le sable du lieu d'immersion. Le sable est préalablement lavé et tamisé afin d'obtenir les classes (A) et (B) définies précédemment.

Chaque fraction est alors peinte avec une gouache à l'eau lumineuse de couleur différente.

Une expérience fut tentée en employant une laque acrylique qui résiste bien à l'abrasion mais cette peinture a l'inconvénient d'être hydrophobe, de ce fait, le sable ne se mouille plus et se concentre soit autour des bulles d'air, soit en surface ; le sédiment marqué perd ainsi ses caractéristiques dynamiques.

La peinture doit être appliquée en couche mince afin de modifier le moins possible le comportement hydrodynamique du sédiment.

La gouache évite ces inconvénients. En raison de l'énorme dispersion du sédiment, seules ont pu être effectuées des expériences limitées en durée dans des secteurs étroitement localisés du littoral.

II-2- Définition de la basse :

II-2-1- A TERRE

Le réseau de prélèvement choisi pour ces expériences a les caractéristiques suivantes :

- il est formé de 8 profils perpendiculaires à la plage, espacés de 20 m,
- chaque profil se compose de 6 stations à intervalle de 10 m (fig. 1).

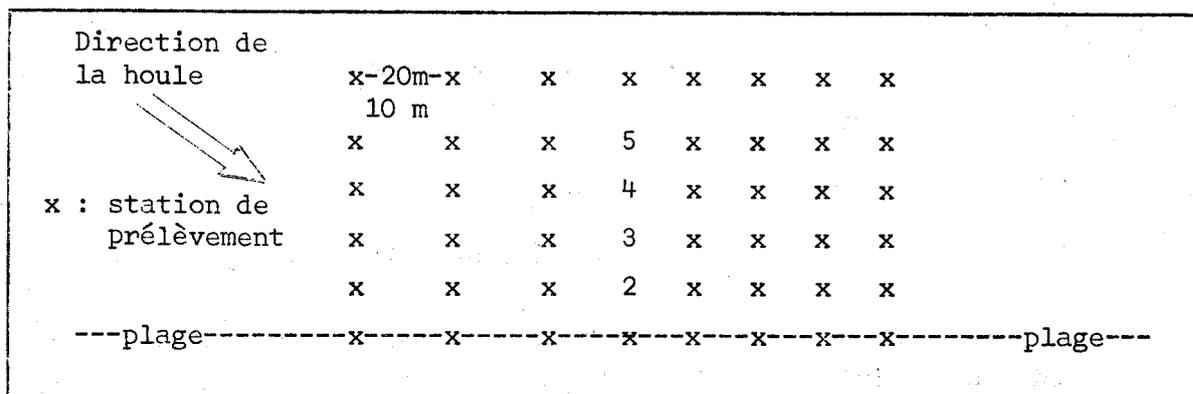


Fig. 1 : Maille de prélèvement des expériences de traceurs luminescents sur les estrans.

Sur le réseau ainsi défini, un kilogramme de sable luminescent est placé en chacun des 4 points de la quatrième radiale, comptée dans le sens de propagation de la houle. Ce mode opératoire permet de contrôler les transits sédimentaires de part et d'autre des points d'immersion et favorise une exploration plus étendue des résultats dans le sens de la dérive littorale probable.

Aucun dépôt de traceur n'est effectué aux stations 1 et 6 de la radiale marquée, afin de déceler un éventuel transport à la côte ou, au contraire, au large.

Sur la plage, la base est matérialisée par 8 jalons plantés à 20 m en amont de la première ligne de stations de contrôle de telle sorte qu'ils demeurent hors de l'eau.

II-2-2- EN MER (fig. 2).

A partir d'une bouée (n° 1), triangulée au cercle hydrographique, une série de sept repères est mise en place, parallèlement à la côte, à intervalles de 20 m. Le dernier est triangulé (n° 8).

Parallèlement à cette première ligne de mouillage (A), une seconde est disposée à 70 m de la première (ligne B).

Entre les deux bouées n° 1 de chaque ligne, 12 balises sont placées, formant ainsi 6 alignements.

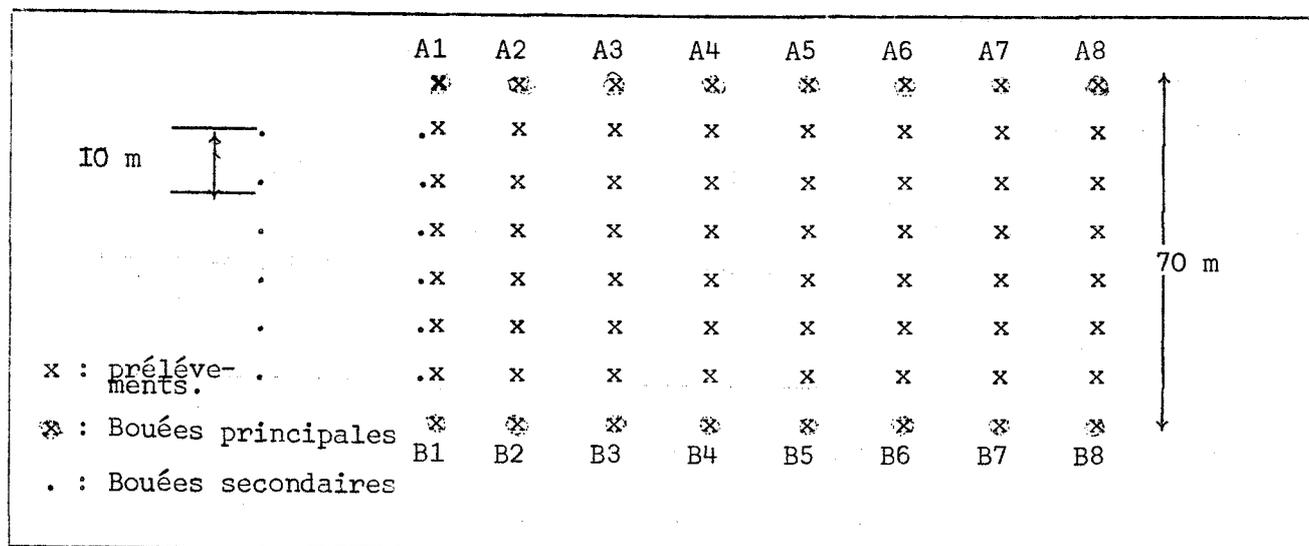


Fig. 2 : Balisage du périmètre d'expérience au large.

Un plongeur autonome immerge 5 kg de traceur au centre de la zone d'étude. La position du point d'immersion est relevée au cercle hydrographique.

II-3- Méthode de prélèvement à terre. :

II-3-1- LE REPERAGE

Pour se repérer chaque opérateur place une ligne de nylon de 70 m, graduée tous les 10 m, à partir du jalon référencé.

II-3-2- L'ECHANTILLONNEUR (Fig. 3)

Le prélèvement est effectué à l'aide d'un échantillonneur portatif. Cet appareil est formé d'un manche en bois auquel est fixée une plaque métallique à une extrémité. Cette pièce est munie d'une pince à dessin soudée par l'une des mâchoires. La mâchoire libre permet de retenir une plaque en bois de 10 cm de côté.

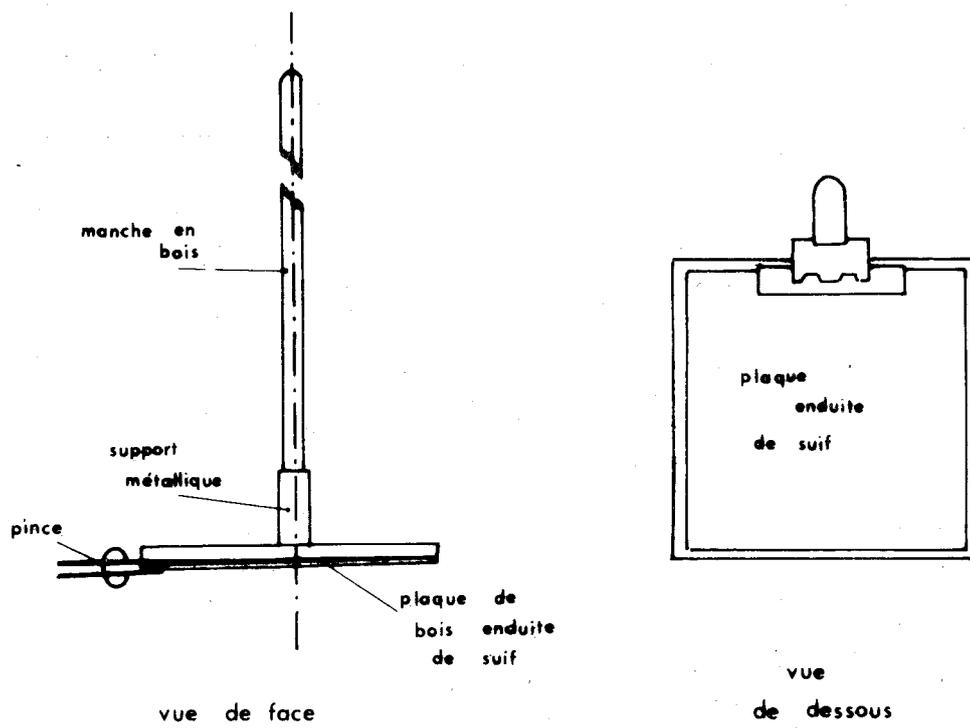
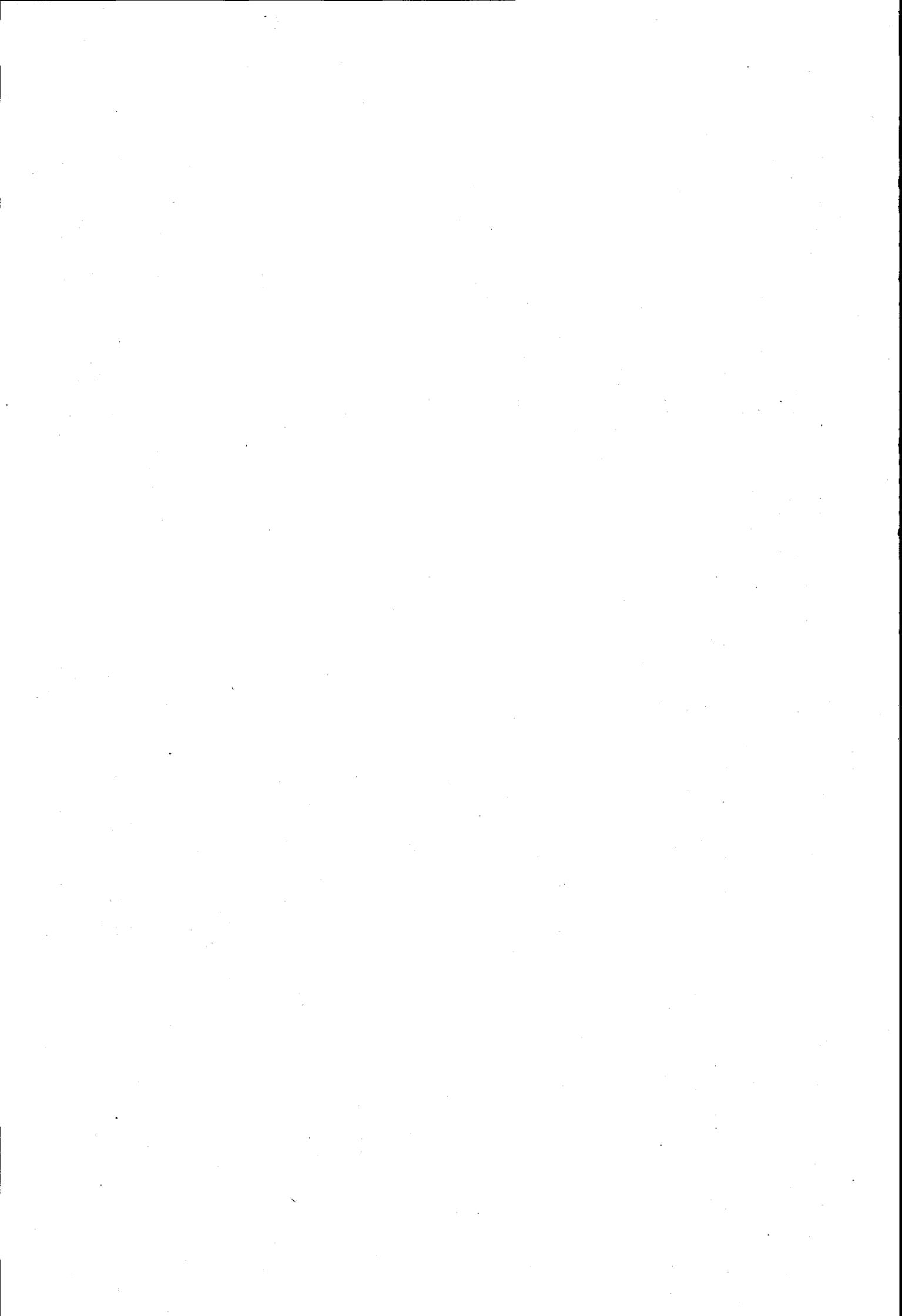


fig.1 E.P.I. (echantillonneur portatif individuel)



Les plaques sont numérotées sur une face et classées dans une boîte de rangement suivant un numéro d'ordre correspondant aux numéros des stations définis par la base.

La plaque est enduite sur la face opposée au numéro d'une couche de saindoux. Cette graisse a pour rôle de piéger le sable sur le carré de bois au moment de la prise.

II-3-3- DETECTIONS

L'expérience a lieu lors du flot. Les prises se font 20 mn, 40 mn et 80 mn après la mise en place des sables lumineux.

II-3-4- DEPOUILLEMENT

Pour le dépouillement des résultats nous utilisons une lampe à ultra-violet. Cette méthode revient à compter, sur chaque plaque, les grains de sables piégés, des différentes couleurs lumineuses correspondant aux classes granulométriques.

II-4- Méthode de prélèvement en mer :

II-4-1- LE REPERAGE

Le positionnement se fait en fonction des alignements constitués par les bouées.

II-4-2- LE PRELEVEMENT

Le prélèvement est effectué à partir d'un plomb de sonde auquel nous avons adjoint un système de fixation pour utiliser les plaquettes servant aux expériences terrestres.

II-4-3- LA DETECTION

L'expérience se prolonge sur 24 heures.

Un premier prélèvement a lieu une heure après l'immersion afin de connaître l'étalement de la tâche pendant sa mise en place.

Un deuxième relevé est fait entre trois et quatre heures après le début de l'expérience.

La dernière détection est menée après deux cycles de marée, c'est-à-dire pratiquement un jour après.

III - MISE EN OEUVRE DES TRACEURS RADIOACTIFS

III-1- Traceur utilisé :

Nous avons utilisé trois traceurs au cours des expériences : l'iridium, le chlore et l'or.

Rappelons brièvement les caractéristiques de ces émetteurs (tableau I)

Rayonnement	Ir Emetteur	Cr Emetteur	Au Emetteur
Energie	100 à 600 Kev moy. 360 Kev	320 Kev	410 Kev

Tableau I : Caractéristiques des émetteurs radioactifs.

Le support des traceurs est un verre inactivable dont la composition varie très peu en fonction du traceur (Tableau II).

Corps chimiques	Verre à l'Ir	Verre au Cr	Verre à l'Au
Si O ₂	48 %	48 %	50,53 %
Al ₂ O ₃	18,7 %	22 %	20 %
CaO	17 %	14 %	17,06 %
MgO	6 %	6 %	5,05 %
BaO	-	5 %	-
TiO ₂	5 %	5 %	3,06 %
K ₂ O	5 %	-	-
F	-	-	4 %
Cr	-	3 %	-
Ir	0,3 %	-	-
Au	-	-	0,30 %

Tableau II : Composition chimique des verres radioactifs.

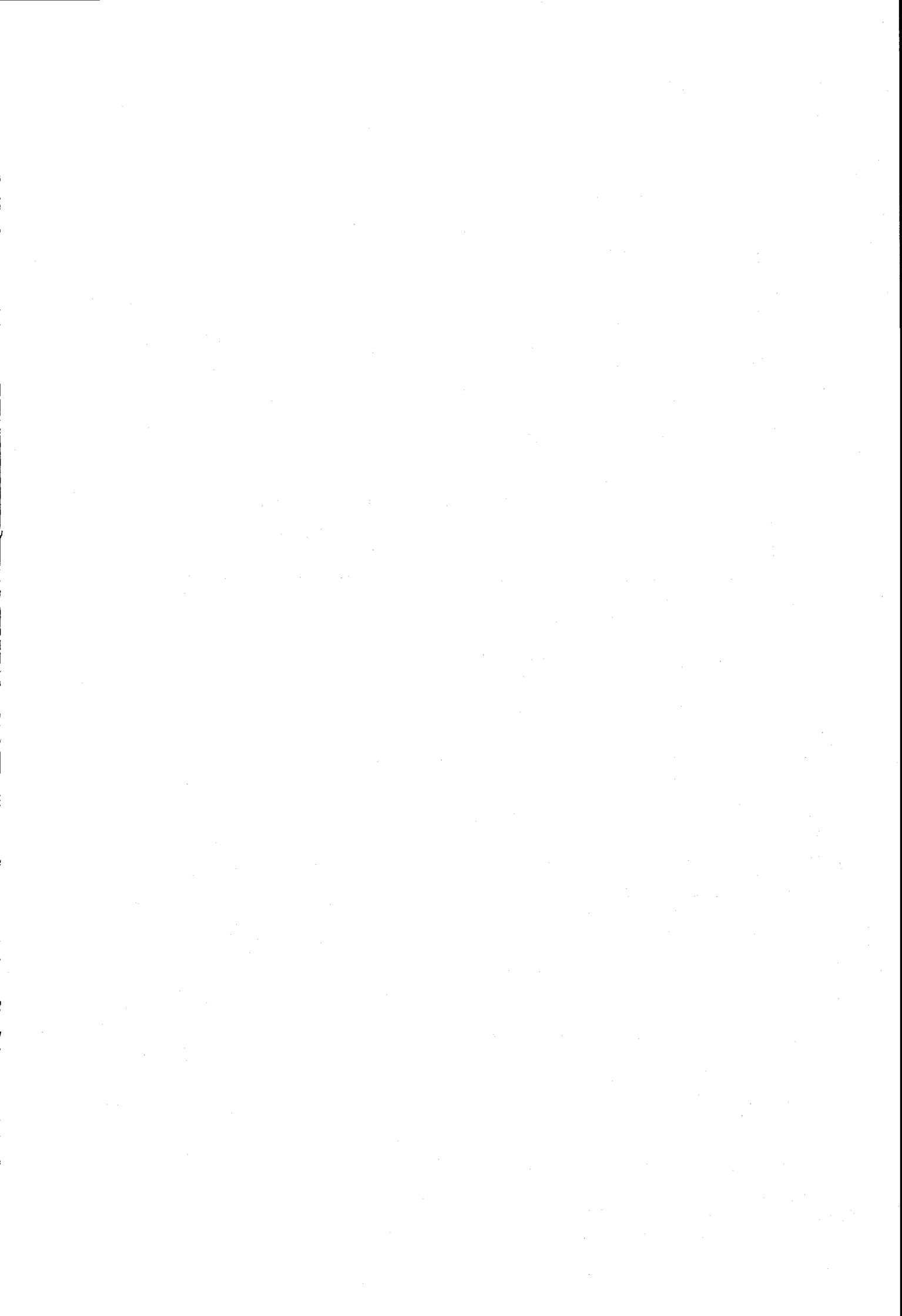


fig. 4 SYSTEME D'IMMERSION

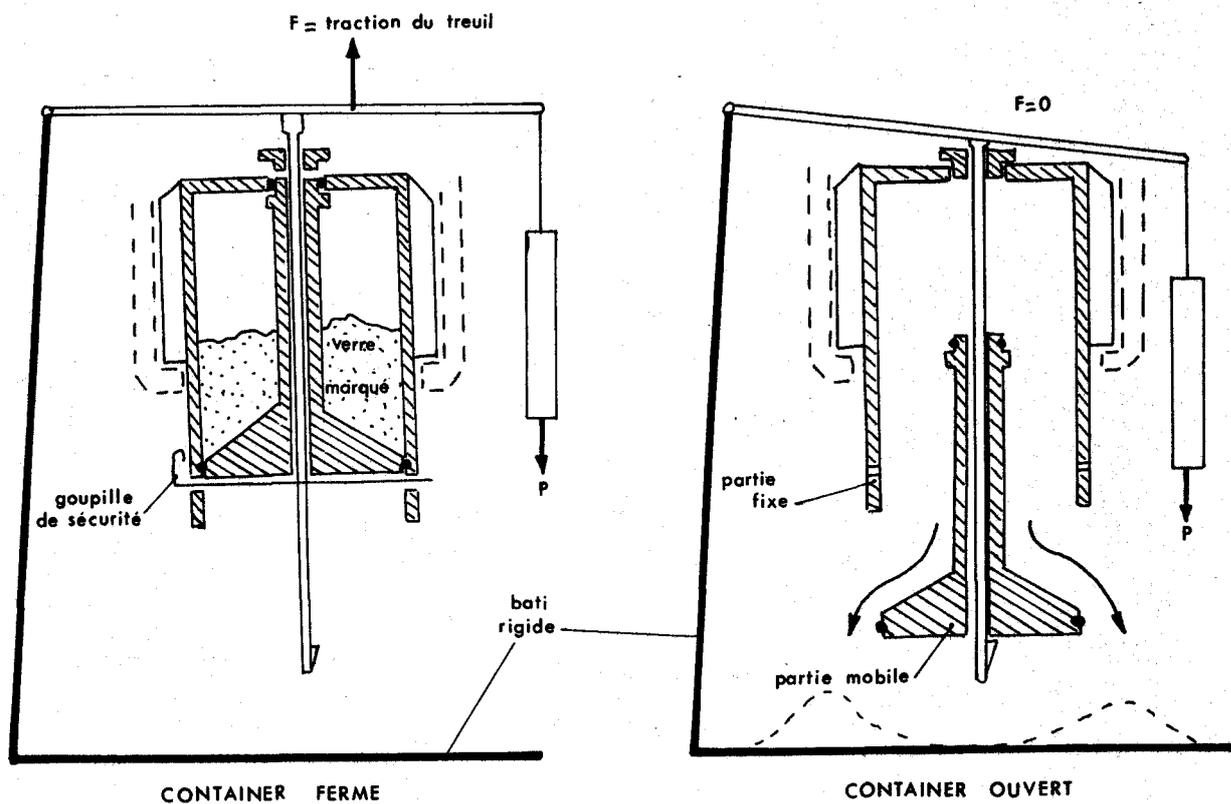
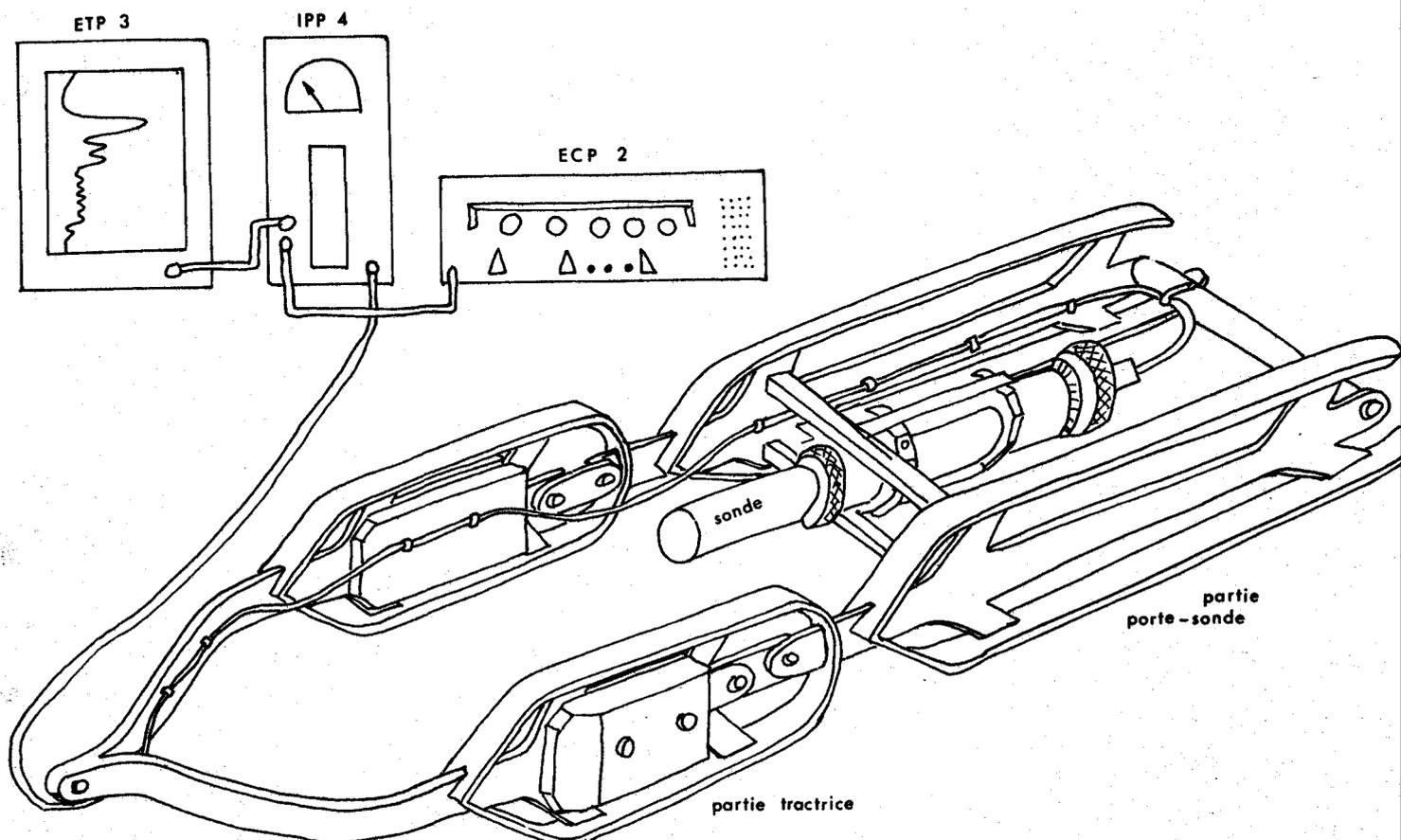


fig. 5 APPAREILLAGE ELECTRONIQUE



Le verre est broyé à la granulométrie du sable local. Chaque courbe granulométrique retenue est celle d'un échantillonnage représentatif des sables prélevés sur chaque zone expérimentale où se fera l'immersion.

Le transport du verre radioactif est effectué dans des contenrs spéciaux.

III-2- Immersion :

La mise en place des points P1 et P2 s'est effectuée à marée basse à l'aide d'un appareillage particulier (Annexe III, pl. 1).

Pour P3 et P4 l'immersion a eu lieu à partir d'une embarcation avec un dispositif spécial décrit dans la figure 4.

III-3- Ensemble de détection :

L'ensemble de détection est constitué par la sonde détectrice montée sur un traîneau et par un appareillage électronique de mesure.

III-3-1- DETECTION SUR LE BANC

Pour la détection à pied, l'appareillage électronique comprend un IPP4 avec sa sonde. Un odomètre branché sur les roues du traîneau permet de connaître à chaque instant la distance parcourue (Annexe III, pl. 1).

III-3-2- DETECTION EN MER

La sonde utilisée est une sonde marine Saphimo SRAT équipée d'un câble de 50 m de long. Elle est placée dans un traîneau constitué de deux corps dont le premier sert de plomb de lestage, le deuxième de porte-sonde proprement dit. Le câble électrique est fretté sur un câble en acier de traction, manoeuvré si besoin par un treuil.

L'appareillage électrique comprend (fig. 5)

- un intégrateur IPP4
- une échelle de comptage ECP2
- un enregistreur ETP3.

Ce dispositif permet d'enregistrer deux types d'informations :

- analogique grâce à l'enregistreur,
- digitale par l'échelle de comptage.

Avant son utilisation, la sonde subit en laboratoire deux étalonnages :

- un étalonnage en énergie montrant la correspondance entre les divisions de l'aliquote et l'indication du seuil en Kev.
- un étalonnage géométrique donnant le nombre de chocs fournis par la sonde pour une activité unité par unité de surface ($1\mu\text{Ci}/\text{m}^2$) enfoui à la profondeur z.

Cette réponse est de la forme $f = f_0 e^{-\alpha z}$
 f_0 et α sont des caractéristiques de la sonde, de sa géométrie et du seuil.

Dans la géométrie adoptée (sonde à 5 cm du sol) on a :

$f = R_0 e^{-0,163 z}$ (seuil de 50 Kev pour l'Iridium),

$f = 2,5 e^{-0,180 z}$ (seuil de 50 Kev pour le chrome),

$f = 32 e^{-0,151 z}$ (seuil de 50 Kev pour l'or).

Dans le cas d'un changement de sonde sur le terrain, on procède à un étalonnage avec une source de ^{137}Cs apportée sur le lieu de l'expérience. Il a été démontré que les constantes f_0 et α variaient peu d'une sonde à l'autre.

III-4- Méthodologie de détection :

Le but de la détection étant de suivre le déplacement du sable radioactif et sa diffusion au sein de la masse, il importe de relever au cours du temps, l'extension du nuage, la période du radioélément employé et la vitesse de transport de ce sable déterminant la fréquence des détections.

Pour ce faire, il faut traverser le nuage en coupes successives perpendiculaires à l'axe de transport, s'il existe. Il est particulièrement important que ces relevés soient serrés dans la région de maximum d'activité pour déterminer aussi précisément que possible le centre de gravité du nuage.

En conséquence, nous avons adopté le schéma topographique classique suivant.

En deux stations de repérage, définissant une base terrestre préalablement déterminée, des opérateurs relèvent les angles au cercle hydrographique de la sonde par rapport à la base. Différentes radiales sont parcourues entre les 2 postes d'observations.

En mer, la route parcourue par le bateau est tracée au fur et à mesure de la détection.

III-5- Dépouillement des informations :

Les données brutes représentent les mesures de l'activité ponctuelle le long des radiales. Cette activité est exprimée en chocs par seconde ; elle comprend le bruit de fond plus l'activité due au traceur.

Ces résultats seront traduits sous une double forme :

- réseaux de courbes isochocs permettant une interprétation qualitative des résultats par examen des configurations successives du réseau tracé.
- diagramme de transport qui se prête mieux à l'obtention de résultats chiffrés : vitesses de déplacement entre deux détections, épaisseurs de transport et débits de charriage.

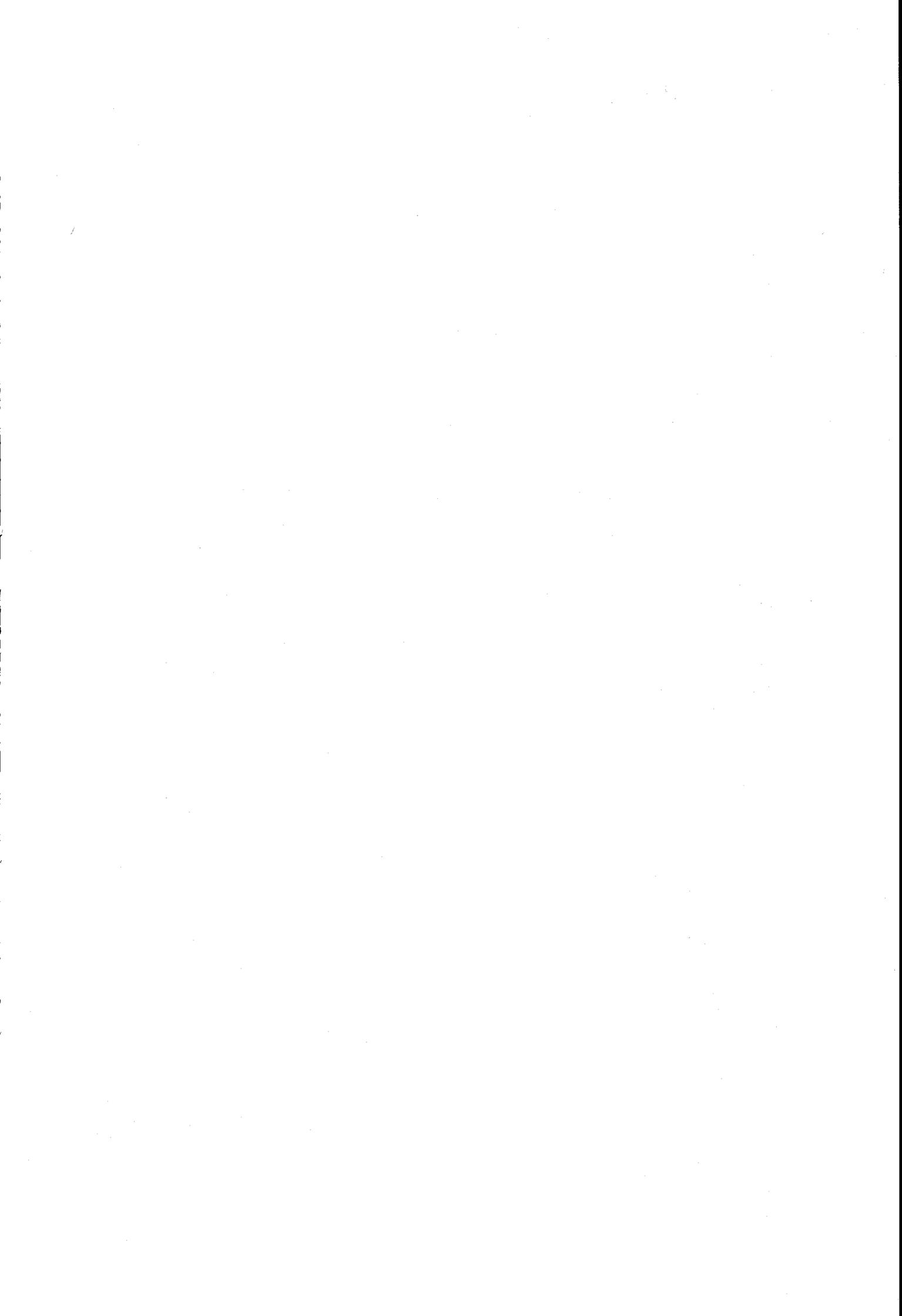
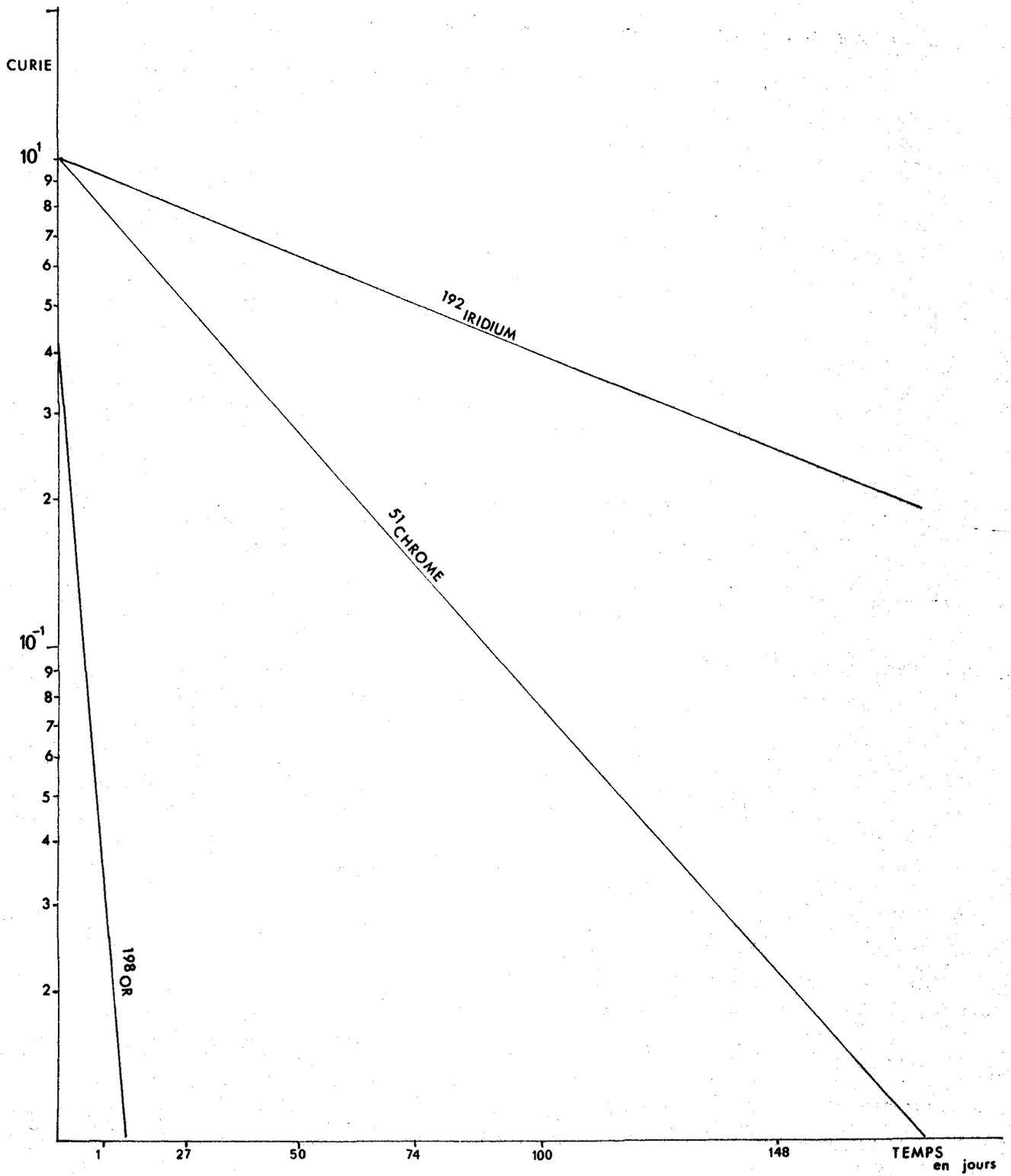


fig. 6 COURBES DE DECROISSANCE



III-5-1- TRACE DES COURBES ISOCHOCS

Le dessin des courbes de même activité s'effectue de manière analogue à celui des isobathes. Les valeurs des sensibilités de l'IPP4 sont prises pour définition de ces courbes. En conséquence, les figures correspondent aux sept courbes d'isochocs soit 50.000, 15.000, 5.000, 1.500, 500, 150 et 50 cps.

III-5-2- DIAGRAMMES DE TRANSPORT

III.5.2.1. Mode opératoire :

Dans la phase de dépouillement, afin de pouvoir intégrer les données on convient de transformer les mesures brutes en informations standard obtenues avec une sonde qui se déplacerait à 1 m/s perpendiculairement à l'axe de transport. Pour cela, on admet en première approximation qu'entre deux positions repérées successives du bateau, la sonde suit un trajet rectiligne et se déplace à vitesse constante.

III.5.2.2. Présentation des diagrammes de transport :

Pour chaque détection, le résultat est représenté par :

- un diagramme du nombre de coups par mètre en fonction de la distance sur l'axe de transport,
- un diagramme de fréquences cumulées à partir du précédent, représentant le pourcentage total de la surface du diagramme classique.

Ainsi, pour chaque détection, correspondent trois graphiques :

- le réseau d'isochocs ramenés à l'activité au moment de l'immersion en utilisant le diagramme de décroissance (fig.6),
- le diagramme de transport,
- le diagramme de transport cumulé.

III.5.2.3. Détermination de résultats chiffrés :

L'interprétation rationnelle des mesures effectuées, repose sur l'évaluation d'un certain nombre de paramètres caractéristiques relatifs aux vitesses de transport (la dispersion suivant les trois dimensions du nuage, les débits de charriage) et sur la discussion de la validité des résultats avancés.

a) Longueurs parcourues et vitesses moyennes de transport :

On admet l'hypothèse que la position des grains les plus éloignés correspond, pour chaque détection, aux longueurs maximales de transport, notées L_{\max} , lues directement sur le diagramme de transport.

De même, la longueur moyenne est la distance entre le point d'immersion et le centre de gravité du nuage, noté sur le diagramme L_{moy} .

Ainsi nous calculons les vitesses moyennes de transport V_m entre deux détections successives (J) et (J + 1) ; puis celles entre le jour (Jo) de la mise en place et le jour (J) de la détection considérée : V_{mo} . Elles sont définies par :

$$V_m = \frac{L_{\text{moy}}(J+1) - L_{\text{moy}}(J)}{t_{(J+1)} - t_{(J)}}$$

$$V_{\text{mo}} = \frac{L_{\text{moy}}(J) - L_{\text{moy}}(J_0)}{T_{(J)} - t_{(J_0)}}$$

b) Bilan des taux de comptage et épaisseur de transport :

La méthode du calcul du bilan des taux de comptage repose sur le fait que, plus le nuage de traceur est enfoui, moins l'information totale que l'on pourra recueillir est grande. Il existe donc une relation biunivoque entre l'épaisseur d'enfouissement z et l'information totale recueillie N . (JEANNEAU et al., 1973).

Le calcul de l'information totale, revient à résoudre l'équation :

$$N = \int n \, ds$$

des taux de comptage n dans chaque unité de surface élémentaire ds du nuage. Si le nuage d'activité totale (A) détecté avec une sonde dont la fonction géométrique est de la forme :

$$f = f_0 e^{-\alpha z} \quad (1)$$

la relation biunivoque reliant N et z s'écrit :

$$\frac{1}{\beta} \frac{\alpha N}{f_0 A} = 1 - e^{-\alpha z} \quad (2)$$

dans laquelle β , coefficient dépendant de la forme de l'enfouissement, varie entre 1,05 et 1,15.

La relation (2) possède deux inconnus N et z ; N peut être calculé à partir du réseau d'isochocs ou du diagramme de transport.

En effet, dans un système de coordonnées orthogonales, l'abscisse L est liée à l'axe de transport, l'ordonnée à un axe perpendiculaire correspondant à l'intégrale n :

$$N = \iint nds = \iint ndL dH = \oint dL \oint ndH$$

où $\oint ndH = n$, c'est-à-dire l'ordonnée du diagramme donc

$$N = \oint ndL$$

N représente la surface du diagramme de transport déterminée par planimétrie.

La résolution de l'équation est graphique. Nous cherchons l'intersection des deux fonctions de z.

$$y_1 = \frac{1}{\beta} \frac{\alpha}{f_0} \frac{N}{A} z \text{ (droite)}$$

$$y_2 = 1 - e^{-\alpha z} \text{ (exponentielle)}$$

III-5-3- DEBITS DE CHARRIAGE :

Les débits de charriage, en kilogramme par jour, se calculent à l'aide de la formule suivant :

$$Q_{\text{kg/j}} = \rho \cdot l \cdot V_m \cdot z$$

ρ = masse volumique du sédiment, égale à 2,0,

l = largeur de transport en m,

V_m = vitesse moyenne de transport en m/j,

z = épaisseur de transport en m.

Les résultats sont exprimés en kilogramme par jour par mètre linéaire perpendiculaire à l'axe de transport.

III-5-4- CALCUL DE PARAMETRES PARTICULIERS :::

Lors de certaines expériences de traceur radioactif, l'emploi de paramètres particuliers devient nécessaire pour interpréter l'évolution de la tâche. Nous envisagerons successivement dans ce qui suit :

- le calcul de la surface moyenne pondérée d'une tache circulaire,
- l'effet de seuil sur les nuages radioactifs,
- le calcul du déplacement du centre de gravité pour les nuages qui présentent un fort transit.

III.5.4.1. Calcul de la surface moyenne pondérée :

Ce paramètre est calculé lorsque le traceur s'étale dans toutes les directions.

Dans ce cas, à chaque taux de comptage (n) choisi pour tracer les courbes d'isochocs, on associe l'aire comprise à l'intérieur de la courbe (S).

La tâche est alors représentée par :

$$n = \phi (S)$$

En tenant compte de la décroissance radioactive, cette formule s'écrit :

$$n_0 = e^{\lambda t} \cdot \phi (S)$$

La représentation graphique de la fonction ϕ est assimilable à des droites de la forme :

$$n = A S^B$$

avec la fonction $n_0 = A e^{\lambda t} \cdot S^B$ correspondant à un traceur sans décroissance. Le bilan des taux de comptage est donné par :

$$N = \int n dS \quad \text{ou} \quad N = \frac{A e^{\lambda t} \cdot S^{B+1}}{B+1} + Cste$$

Malheureusement, une telle intégrale n'est pas convergente entre les valeurs 0 et ∞ ; choisir des limites approchées est purement arbitraire car nos données se limitent aux mesures comprises entre 50 et 50.000 cps, ainsi avons-nous préféré calculer le bilan des taux de comptage entre ces deux valeurs. Il est égal à :

$$N_0 (50 - 50.000) = \frac{A}{1+B} \cdot e^{\lambda t} (S_{50.000}^{1+B} - S_{50}^{1+B})$$

Les coefficients A et B sont obtenus en déterminant le minimum de la forme mathématique :

$$F = \Sigma (\text{Log } n - A \text{ Log } S - B)^2$$

c'est-à-dire en déterminant la droite des moindres carrés en diagramme bilogarithmique (JEANNEAU et al., 1973).

Dé plus, la surface moyenne pondérée S_G est calculée suivant :

$$S_G = \frac{nS}{n} \frac{dS}{dS}$$

Le bilan $N_{(50-50.000)}$ apparaît comme une fonction croissante de la surface (S_G).

III.5.4.2. Calcul de l'effet de seuil :

Au cours du temps, les grains activés parcourent certaines distances dans toutes les directions, mais en général ils suivent une orientation préférentielle dans laquelle un triage granulométrique s'effectue. Par exemple, les grains les plus fins parcourent 370 m vers l'Est le 8 novembre 1972 au point P3 ; le 9 janvier 1973, la majeure partie de cette langue disparaît : pourquoi ?

Lors d'une détection, on définit une limite de sensibilité qui est, ici, de 50 cps. Le radioélément décroît dans le temps, suivant une période qui lui est propre (fig. 6). La limite du nuage, confondue avec la valeur 50 cps, n'est plus la même d'une détection à l'autre ; en effet, 50 cps pour la mesure du 9 janvier 1973 correspond le 28 novembre 1972, c'est-à-dire 42 jours avant, à :

$$A = A_0 e^{-0,693 \frac{t}{T_{1/2}}}$$

$$A_{28.11} = \frac{A_{9.1}}{e^{-0,693 \frac{T}{T_{1/2}}}}$$

$$A_{28.11} = \frac{50}{e^{-0,693 \frac{42}{27,7}}} = \frac{50}{0,35} = 143 \text{ cps}$$

Il en est de même pour les autres courbes d'isochocs.. Ainsi, les grains trouvés le 28 novembre à 210 m à l'Est du point d'immersion peuvent toujours être à la même place mais leur activité est au-dessous du seuil de détection du 9 janvier.

Ainsi nous pouvons calculer approximativement la longueur réelle et non celle détectée au 9 janvier 1973 en se référant à la comparaison entre le nombre de coups recueillis le 28 novembre et le 9 janvier. La différence représente la partie du nuage non détectable. Elle correspond pour une période de 42 jours à une décroissance de 35 % de l'activité de départ.

Soit en notant n_1 et n_2 les activités retrouvées les 28 novembre et 9 janvier et n_3 celle de n_2 recalculée en fonction de la décroissance (fig. 7).

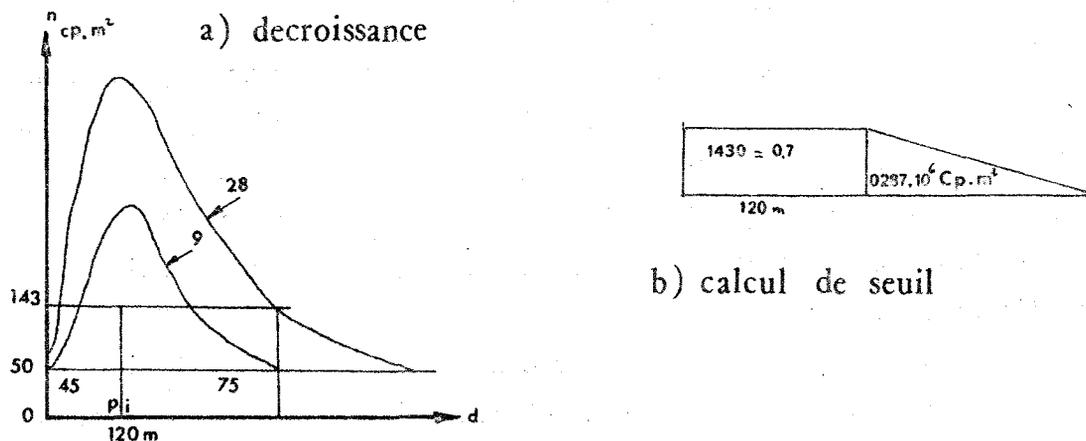


fig.7 EFFET DE SEUIL

$$n_1 = 2,807 \cdot 10^6 \text{ cps/m}^2$$

$$n_2 = 0,884 \cdot 10^6 \text{ cps/m}^2$$

$$n_3 = \frac{0,884 \cdot 10^6}{0,35} = 2,52 \cdot 10^6 \text{ cps/m}^2$$

$$n_1 - n_3 = (2,807 - 2,52) \cdot 10^6 = 0,287 \cdot 10^6 \text{ cps/m}^2$$

$(n_1 - n_3)$ représente la zone non détectable, dans le cas d'un enfouissement constant.

Supposons que cette zone soit représentée par un triangle plus un rectangle dont il faut calculer la base connaissant la hauteur et la surface (fig. 7).

Si 1 cm^2 sur le graphique correspond à $2 \cdot 10^4 \text{ cps/m}^2$, alors $0,287 \cdot 10^6 \text{ cps/m}^2$ représentent :

$$\frac{0,287 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^4} = 14 \text{ cm}^2$$

soit : $1430 \text{ cps} = 0,7 \text{ cm}$.

Avec les surfaces du rectangle (SA) et du triangle (ST) égales à :

$$(SA) : 12 \times 0,7 = 8,4 \text{ cm}^2$$

$$(ST) : 14 - 8,4 = 5,6 \text{ cm}^2$$

la hauteur du triangle B est :

$$B = \frac{2 \times 5,6}{0,7} = 16 \text{ cm}$$

soit sur le terrain 160 cm.

L'allongement total de la tâche est de $120 + 160 = 280$ cm. Ce résultat montre que l'enfouissement est négligeable ; la perte de comptage en les deux détections est due à l'effet de seuil, c'est-à-dire de décroissance de l'activité du traceur.

III.5.4.3. Calcul du centre de gravité :

Les remarques faites sur l'effet de seuil, ont une grande importance pour déterminer le centre de gravité (CG) du nuage. Les vitesses moyennes de déplacement étant calculées à partir de la position du centre de gravité, il est nécessaire qu'il soit repéré avec précision (fig.8)

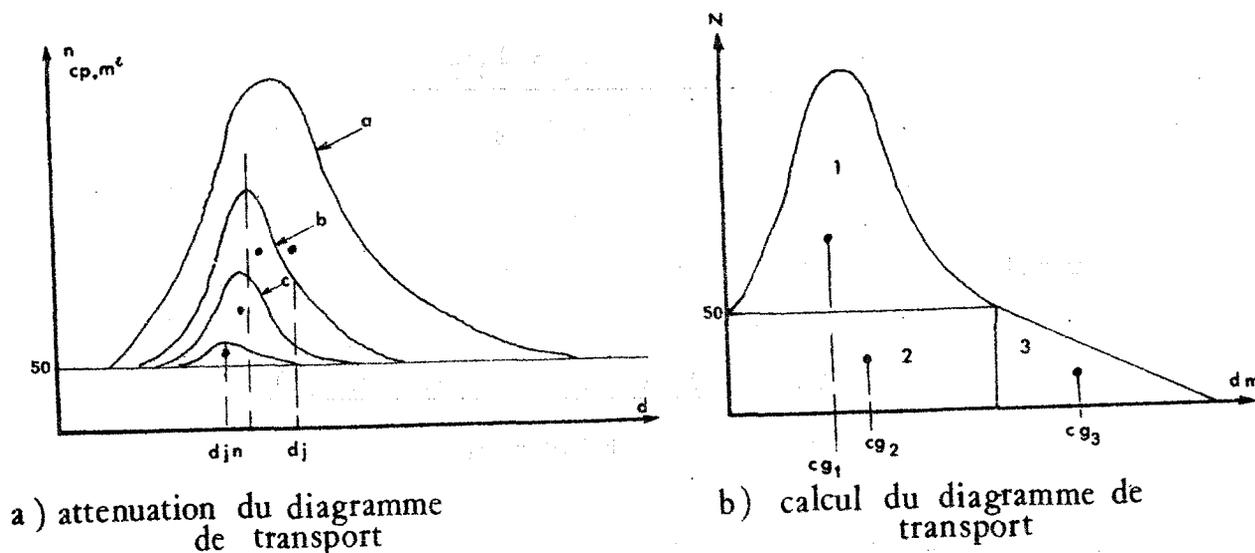


fig.8 CENTRE DE GRAVITE

Soit un diagramme de transport (a) possédant un centre de gravité (C_j) au jour (J). Au bout d'un certain temps, si les conditions hydrodynamiques restent constantes, les diagrammes des jours (j)...(jn) seront représentés par des courbes (b), (c)...(d) tenant compte de la décroissance du traceur. Le centre de gravité de cette dernière tache sera situé sur l'axe du pic restant. Ainsi, la position (C_G) réelle est toujours plus éloignée du point d'immersion que la position (C_G) mesurée.

$$C_G \text{ réel} > C_G \text{ mesuré.}$$

Exemple : Appliquons ce raisonnement à la détection du 9 janvier.

Le diagramme de transport se compose de trois parties :

- 1 - nuage mesuré
- 2 et 3 - effet de seuil.

Calculons le centre de gravité de cette surface.

$$C_G = \frac{\sum l.S}{\sum S}$$

avec : l = distance entre le centre de gravité C_G et le point d'immersion
S = surface de la tâche.

Nous pouvons alors calculer :

$$C_G = \frac{l_1.S_1 + l_2.S_2 + l_3.S_3}{S_1 + S_2 + S_3}$$

Soit en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$C_G = \frac{(15 \times 43) + (60 \times 8,4) + (141 \times 5,6)}{43 + 8,4 + 5,6}$$

$$C_G = 34 \text{ m.}$$

Ce nombre diffère de celui trouvé à partir de la tâche de détection : 15 m. Il montre l'utilité de faire un tel calcul à titre de vérification.

IV - REALISATION DE PROFILS DE PLAGES

Au cours des différentes campagnes de mesures (1971-1972) des séries de profils de plage ont été exécutées.

Les coupes topographiques sont écartées de 200 m environ sur la Conche des Baleines et à la Pointe du Lizay ; plus à l'Est elles sont moins nombreuses.

D'une manière générale, les profils sont repérés par triangulation au cercle hydrographique. Il débute au sommet de la dune et s'achève le plus souvent au niveau du substratum rocheux.

On a utilisé des mires de 180 cm graduées tous les 5 cm, alignées suivant le profil. La mesure est faite par différence relative entre deux jalons consécutifs, la ligne d'horizon étant prise comme référence.

ANNEXE II

Formules modales

ANNEXE II

FORMULES MODALES DES SÉDIMENTS

Nous présentons dans ce qui suit les formules modales des sédiments. Elles sont données sous la forme des formules exactes déduites des courbes granulométriques et de leur équivalent traduit en types sédimentaires appelés conventionnellement (F), (A), (B) et (G). La classe (F) est subdivisée pour les carottes du Fier d'Ars en (F₁) et (F₂).

Les limites de ces classes sont les suivantes :

- pour les dragages D.I.D.R. (Dragages Ile de Ré), D.A.R.S. (Dragages Ars) D.P.B.R. (Dragages Pertuis Breton) et les prélèvements des plages :

$$(F) = (40 \mu - 225 \mu)$$

$$(A) = (225 \mu - 430 \mu)$$

$$(B) = (430 \mu - 820 \mu)$$

$$(G) = (+ 820 \mu)$$

- pour les carottes S.A.R.S. (Sondages Ars)

$$(F_1) = (40 \mu - 88 \mu)$$

$$(F_2) = (88 \mu - 225 \mu)$$

$$(A) = (225 \mu - 430 \mu)$$

$$(B) = (430 \mu - 820 \mu)$$

$$(G) = (+ 820 \mu)$$

La lettre R indique que la roche affleure au point de prélèvement et la lettre X que les modes grossiers supérieurs à 1000 μ sont indéfinis.

La position des dragages, des prélèvements de plage et des carottages est donnée dans le texte.

Plage de la Conche des Baleines

AB 3 (300) 100 %	A (100)
AB 5 (150) 10 % + (400) 90 %	F (10) + A (90)
AB 7 (250) 45 % + (450) 55 %	A (45) + B (55)
AB 8 (250) 50 % + (600) 50 %	A (50) + B (50)
AB 9 (150) 75 % + (450) 25 %	F (75) + B (25)
AB 14 (150) 90 % + (400) 5 % + (600) 5 %	F (90) + A (5) + B (5)
AF 5 (250) 50 % + (450) 50 %	A (50) + B (50)
AG 7 (250) 100 %	A (100)
AG 9 (250) 60 % + (500) 40 %	A (60) + B (40)
AG 10 (150) 25 % + (250) 75 %	F (25) + A (75)
AG 12 (150) 100 %	F (100)
AH 4 (300) 70 % + (450) 30 %	A (70) + B (30)
AH 7 (150) 60 % + (250) 40 %	F (60) + A (40)
AH 11 (150) 50 % + (250) 50 %	F (50) + A (50)
AI 3 (150) 15 % + (300) 85 %	F (15) + A (85)
AI 6 (150) 45 % + (250) 55 %	F (45) + A (55)
AI 11 (150) 30 % + (250) 25 % + (500) 45 %	F (30) + A (25) + B (45)
AI 12 (150) 25 % + (1000) 75 %	F (25) + G (75)
AI 13 (150) 20 % + (300) 80 %	F (20) + A (80)
AJ 6 (250) 45 % + (450) 55 %	A (45) + B (55)
AJ 7 (150) 30 % + (250) 70 %	F (30) + A (70)
AJ 12 (130) 10 % + (250) 10 % + (1000) 80 %	F (10) + A (10) + G (80)

AK 8 : (250) 75 % + (600) 25 %	A (75) + B (25)
AK 9 : (250) 60 % + (540) 40 %	A (60) + B (40)
AK 10 (170) 100 %	F (100)
AK 12 (150) 90 % + (800) 10 %	F (90) + B (10)
AK 16 (150) 5 % + (1100) 35 % + (2000) 15 % + (10 000) 45 %	F (5) + G (95)
AL 9 : (250) 30 % + (3000) 60 % + (8000) 10 %	A (30) + G (70)
AL 10 (150) 100 %	F (100)
AN 13 (120) 80 % + (2000) 20 %	F (80) + G (20)
AN 14 (140) 20 % + (850) 5 % + (3000) 75 %	F (20) + G (80)
AO 10 (250) 95 % + (400) 5 %	A (100)
AO 11 (250) 45 % + (300) 35 % + (500) 20 %	A (80) + B (20)
AO 12 (150) 10 % + (250) 10 % + (600) 40 % + (3000) 40 %	F (10) + A (10) + B (40) + G (40)
AO 13 (150) 100 %	F (100)
AP 11 (280) 100 %	A (100)
AQ 9 (500) 100 %	B (100)
AQ 10 (400) 100 %	A (100)
AS 6 (150) 25 % + (250) 40 % + (400) 35 %	F (25) + A (75)
AS 8 (250) 50 % + (3000) 50 %	A (50) + G (50)
AS 10 (150) 100 %	F (100)
AS 12 (150) 65 % + (2000) 35 %	F (65) + G (35)

Plage de la Pointe du Lizay

BA 3 (250) 70 % + (400) 30 %	A (100)
BA 4 (150) 95 % + (450) 5 %	F (95) + B (5)
BA 6 (150) 100 %	F (100)
BA 7 (1000) 100 %	G (100)

BB 2 (250) 100 %	A (100)
BB 3 (250) 55 % + (400) 45 %	A (100)
BB 4 (250) 100 %	A (100)
BB 6 (250) 70 % + (400) 30 %	A (100)
BB 7 (250) 30 % + (600) 50 % + (2500 + 5000) 20 %	A (30) + B (50) + G (20)
BB 7 ^r (250) 10 % + (300) 15 % + (500) 30 % + (1000) 45 %	A (25) + B (30) + G (55)
BB 8 (250) 15 % + (600) 30 % + (3000) 55 %	A (15) + B (30) + G (55)
BB 9 (150) 45 % + (500) 55 %	F (45) + B (55)
BC 7 (300) 40 % + (500) 50 % + (2000) 10 %	A (40) + B (50) + G (10)
BC 7 ^r (300) 40 % + (500) 60 %	A (40) + B (60)
BC 8 (500) 100 %	B (100)

Dragages Ile de Ré (D.I.D.R.)

01 (250) 50 % + (450) 20 % (6000) 30 %	A (50) + B (20) + G (30)
02 (250) 100 %	A (100)
03 (150) 100 %	F (100)
04 R	R
05 (150) 40 % + (250) 45 % + (X) 15 %	F (40) + A (45) + G (15)
06 (250) 30 % + (500) 70 %	A (30) + B (70)
07 (250) 25 % + (450) 60 % + (X) 15 %	A (25) + B (60) + G (15)
08 (250) 20 % + (450) 60 % + (X) 20 %	A (20) + B (60) + G (20)
09 (300) 85 % + (600) 15 %	A (85) + B (15)
10 (450) 100 %	B (100)
11 (400) 100 %	A (100)
12 (300) 80 % + (500) 20 %	A (80) + B (20)
13 (250) 100 %	A (100)
14 (250) 40 % + (450) 50 % + (X) 10 %	A (40) + B (50) + G (10)
15 (150) 5 % + (250) 20 % + (400) 55 % + (6000) 20 %	F (5) + A (75) + G (20)
16 (250) 100 %	A (100)
17 (250) 20 % + (400) 55 % + (500) 25 %	A (100)
18 (500) 100 %	B (100)
19 (150) 20 % + (250) 65 % + (400) 15 %	F (20) + A (80)
20 (150) 100 %	F (100)

21	(150) 20 % + (250) 80 %	F (20) + A (80)
22	(150) 20 % + (250) 80 %	F (20) + A (80)
23	(150) 10 % + (300) 80 % + (X) 10 %	F (10) + A (80) + G (10)
24	(250) 45 % + (500) 10 % + (X) 45 %	A (45) + B (10) + G (45)
25	R	R
26	R	R
27	R	R
28	(300) 35 % + (500) 65 %	A (35) + B (65)
29	R	R
30	R	R
31	R	R
32	R	R
33	R	R
34	R	R
35	R	R
36	(150) 45 % + (250) 55 %	F (45) + A (55)
37	R	R
38	(150) 60 % + (250) 40 %	F (60) + A (40)
39	(150) 40 % + (250) 40 % + (600) 20 %	F (40) + A (40) + B (20)
40	R	R
41	(150) 55 % + (250) 45 %	F (55) + A (45)
42	R	R
43	(250) 100 %	A (100)
44	R	R
45	(250) 30 % + (400) 30 % + (600) 10 % + (3000) 30 %	A (60) + B (10) + G (30)
46	(250) 85 % + (1000) 15 %	A (85) + G (15)
47	(250) 100 %	A (100)
48	(250) 100 %	A (100)
49	R	R
50	R	R
51	(250) 100 %	A (100)
52	(250) 100 %	A (100)
53	R	R
54	R	R
55	R	R
56	R	R
57	R	R

58	R	R
59	R	R
60	(150) 40 % + (250) 35 % + (450) 25 %	F (40) + A (35) + B (25)
61	R	R
62	R	R
63	(150) 40 % + (250) 60 %	F (40) + A (60)
64	(60) 50 % + (150) 45 % + (250) 5 %	F (95) + A (5)
65	(250) 85 % + (450) 15 %	A (85) + B (15)
66	(150) 40 % + (3000) 60 %	F (40) + G (60)
67	(400) 100 %	A (100)
68	(150) 85 % + (3000) 15 %	F (85) + G (15)

Dragages A.R.S. (D.A.R.S.)

01	(135) 40 % + (330) 10 % + (2000) 50 %	F (40) + A (10) + G (50)
02	Galets	Galets
03	(150) 15 % + (300) 10 % + (10000) 75 %	F (15) + A (10) + G (75)
04	(120) 45 % + (300) 15 % + (6000) 40 %	F (45) + A (15) + G (40)
05	(120) 45 % + (350) 20 % + (3000) 35 %	F (45) + A (20) + G (35)
06	(10000) 100 %	G (100)
07	(140) 7 % + (450) 8 % + (5000) 85 %	F (7) + B (8) + G (85)
08	(130) 27 % + (350) 33 % + (5000) 40 %	F (27) + A (33) + G (40)
09	(120) 78 % + (300) 7 % + (7000) 15 %	F (78) + A (7) + G (15)
10	(140) 82 % + (400) 13 % + (3000) 5 %	F (82) + A (13) + G (5)
11	(125) 100 %	F (100)
12	(140) 100 %	F (100)
13	(130) 95 % + (6000) 5 %	F (95) + G (5)
14	(130) 60 % + (450) 12 % + (16000) 28 %	F (60) + B (12) + G (28)
15	(115) 100 %	F (100)
16	(130) 100 %	F (100)
17	(120) 100 %	F (100)
18	(105) 100 %	F (100)
19	(105) 100 %	F (100)
20	(105) 100 %	F (100)
21	(120) 96 % + (450) 4 %	F (96) + B (4)
22	(340) 100 %	A (100)

23	(400) 92 % + (3000) 8 %	A (92) + G (8)
24	(130) 90 % + (450) 5 % + (3000) 5 %	F (90) + B (5) + G (5)
25	(130) 80 % + (5500) 5 % + (10000) 15 %	F (80) + G (20)
26	(130) 100 %	F (100)
27	(105) 75 % + (250) 20 % + (10000) 5 %	F (75) + A (20) + G (5)
28	Galets	Galets
29	Galets	Galets
30	(110) 80 % + (300) 5 % + (550) 15 %	F (80) + A (5) + B (15)
31	Galets	Galets
32	(180) 10 % + (600) 75 % + (10000) 15 %	F (10) + B (75) + G (15)
33	(200) 27 % + (500) 78 % + (5000) 5 %	F (27) + B (78) + G (5)
34	(180) 55 % + (440) 45 %	F (55) + B (45)
35	(250) 75 % + (450) 25 %	A (75) + B (25)
36	(420) 95 % + (2000) 5 %	A (95) + G (5)
37	(420) 90 % + (10000) 10 %	A (90) + G (10)
38	(400) 93 % + (4000) 7 %	A (93) + G (7)
39	(210) 15 % + (470) 85 %	F (15) + B (85)
40	(180) 15 % + (400) 85 %	F (15) + A (85)
41	(180) 90 % + (380) 10 %	F (90) + A (10)
42	(120) 62 % + (310) 26 % + (6000) 12 %	F (62) + A (26) + G (12)
43	(150) 95 % + (3000) 05 %	F (95) + G (15)
44	(140) 65 % + (300) 30 % + (5000) 5 %	F (65) + A (30) + G (15)
45	(220) 25 % + (400) 25 % + (8000) 50 %	F (25) + A (25) + G (50)

Dragage Pertuis Breton. (D.P.B.R.)

08	(110) 70 % + (250) 30 %	F (70) + A (30)
09	(95) 95 % + (290) 5 %	F (95) + A (5)
10	(100) 100 %	F (100)
11	(110) 100 %	F (100)
12	(140) 100 %	F (100)
13	(180) 100 %	F (100)
14	(120) 85 % + (200) 15 %	F (85) + A (15)
15	(120) 75 % + (350) 25 %	F (75) + A (25)
16	(100) 85 % + (350) 15 %	F (85) + A (15)
27	(100) 35 % + (370) 20 % + (680) 15 % + (1000) 30 %	F (35) + A (20) + B (15) + G (30)

28	(80) 100 %	F (100)
29	(80) 100 %	F (100)
30	(90) 85 % + (330) 15 %	F (85) + A (15)
31	(110) 90 % + (450) 10 %	F (90) + B (10)
32	(100) 100 %	F (100)
33	(100) 100 %	F (100)
34	(100) 100 %	F (100)
35	(100) 100 %	F (100)
36	(100) 100 %	F (100)
37	(100) 100 %	F (100)
38	(110) 100 %	F (100)
39	(110) 100 %	F (100)
69	(100) 25 % + (280) 20 % + (700) 55 %	F (25) + A (20) + B (55)
74	(180) 5 % + (390) 90 % + (5000) 5 %	F (5) + A (90) + G (5)
75	(100) 55 % + (350) 45 %	F (55) + A (45)
76	(100) 95 % + (350) 5 %	F (95) + A (5)
77	(260) 85 % + (5000) 15 %	A (85) + G (15)
78	(180) 100 %	F (100)
79	(140) 100 %	F (100)

Carotte S.A.R.S. 03

01	(64) 16 % + (130) 84 %	F_1 (16) + F_2 (84)
02	(64) 20 % + (120) 80 %	F_1 (20) + F_2 (80)
03	(62) 18 % + (98) 42 % + (130) 40 %	F_1 (18) + F_2 (82)
04	(61) 22 % + (140) 78 %	F_1 (22) + F_2 (78)
05	(60) 15 % + (140) 85 %	F_1 (15) + F_2 (85)
06	(62) 10 % + (96) 30 % + (140) 60 %	F_1 (10) + F_2 (90)
07	(58) 6 % + (140) 94 %	F_1 (06) + F_2 (94)
08	(150) 100 %	F_2 (100)
09	(150) 70 % + (280) 30 %	F_2 (70) + A (30)
10	(150) 60 % + (340) 40 %	F_2 (60) + A (40)
11	(160) 100 %	F_2 (100)
12	(56) 6 % + (130) 38 % + (180) 56 %	F_1 (6) + F_2 (94)

Carotte S.A.R.S. 04

01	(60) 6 % + (110) 50 % + (240) 44 %	$F_1 (6) + F_2 (50) + A (44)$
02	(200) 100 %	$F_2 (100)$
03	(68) 20 % + (140) 75 % + (540) 5 %	$F_1 (20) + F_2 (75) + B (5)$
05	(120) 50 % + (540) 50 %	$F_2 (50) + B (50)$
06	(70) 5 % + (100) 25 % + (160) 55 % + (540) 15 %	$F_1 (5) + F_2 (80) + B (15)$
07	(150) 45 % + (400) 55 %	$F_2 (45) + A (55)$
08	(50) 10 % + (120) 90 %	$F_1 (10) + F_2 (90)$
09	(50) 8 % + (84) 44 % + (140) 38% + (450) 10 %	$F_1 (52) + F_2 (38) + B (10)$
10	(50) 12 % + (140) 78 % + (750) 10 %	$F_1 (12) + F_2 (78) + B (10)$
11	(52) 21 % + (110) 79 %	$F_1 (21) + F_2 (79)$
12	(115) 100	$F_2 (100)$
13	(52) 22 % + (90) 50 % + (120) 28 %	$F_1 (72) + F_2 (28)$
14	(60) 15 % + (100) 85 %	$F_1 (15) + F_2 (85)$
15	(62) 25 % + (110) 75 %	$F_1 (25) + F_2 (75)$
16	(105) 100 %	$F_2 (100)$
17	(110) 100 %	$F_2 (100)$

Carotte S.A.R.S. 05

01	(230) 15 % + (370) 30 % + (560) 55 %	$A (45) + B (55)$
02	(350) 55 % + (560) 40 % + (2500) 5 %	$A (55) + B (40) + G (5)$
03	(450) 100 %	$B (100)$
04	(380) 75 % + (540) 25 %	$A (75) + B (25)$
05	(450) 100 %	$B (100)$
06	(370) 50 % + (540) 50 %	$A (50) + B (50)$
07	(400) 100 %	$A (100)$
08	(360) 100 %	$A (100)$
09	(65) 5 % + (210) 40 % + (420) 55 %	$F_1 (5) + F_2 (40) + A (55)$
10	(350) 100 %	$A (100)$
11	(170) 60 % + (350) 40 %	$F_2 (60) + A (40)$
12	(400) 95 % + (2500) 5 %	$A (95) + G (5)$
13	(350) 100 %	$A (100)$
14	(200) 35 % + (400) 60 % + (2500) 5 %	$F_2 (35) + A (60) + G (5)$
15	(210) 35 % + (400) 65 %	$F_2 (35) + A (65)$

09 (170) 100 %	F ₂ (100)
10 (170) 100 %	F ₂ (100)
11 (170) 100 %	F ₂ (100)
12 (170) 100 %	F ₂ (100)
13 (170) 25 % + (300) 40 % + (400) 35 %	F ₂ (25) + A (75)
14 (250) 100 %	A (100)
15 (250) 100 %	A (100)
16 (250) 100 %	A (100)
17 (700) 100 %	B (100)
18 (250) 100 %	A (100)
19 (250) 100 %	A (100)
20 (90) 17 % + (220) 83 %	F ₂ (100)
21 (250) 100 %	A (100)
22 (220) 95 % + (75) 5 %	F ₁ (5) + F ₂ (95)
23 (220) 98 % + (75) 2 %	F ₁ (2) + F ₂ (98)
24 (120) 15 % + (230) 85 %	F ₂ (15) + A (85)
25 (270) 100 %	A (100)

Carotte S.A.R.S. 08

01 (100) 100 %	F ₂ (100)
02 (100) 100 %	F ₂ (100)
03 (56) 10 % + (140) 90 %	F ₁ (10) + F ₂ (90)
04 (60) 10 % + (140) 90 %	F ₁ (10) + F ₂ (90)
05 (60) 5 % + (150) 95 %	F ₁ (5) + F ₂ (95)
06 (58) 5 % + (140) 95 %	F ₁ (5) + F ₂ (95)
07 (58) 6 % + (140) 94 %	F ₁ (6) + F ₂ (94)
08 (80) 18 % + (150) 78 % + (540) 4 %	F ₁ (18) + F ₂ (78) + B (4)
09 (180) 100 %	F ₂ (100)
10 (150) 85 % + (360) 15 %	F ₂ (85) + A (15)
11 (150) 55 % + (360) 45 %	F ₂ (55) + A (45)
12 (130) 100 %	F ₂ (100)
13 (350) 100 %	A (100)

Carotte S.A.R.S. 09

01	(60) 24 % + (110) 76 %	F_1 (24) + F_2 (76)
02	(60) 18 % + (110) 82 %	F_1 (18) + F_2 (82)
03	(60) 16 % + (110) 84 %	F_1 (16) + F_2 (84)
04	(60) 20 % + (110) 80 %	F_1 (20) + F_2 (80)
05	(60) 11 % + (100) 39 % + (130) 50 %	F_1 (11) + F_2 (89)
06	(56) 10 % + (120) 90 %	F_1 (10) + F_2 (90)
07	(60) 11 % + (115) 89 %	F_1 (11) + F_2 (89)
08	(60) 8 % + (130) 92 %	F_1 (8) + F_2 (92)
09	(60) 8 % + (125) 92 %	F_1 (8) + F_2 (92)
10	(58) 3 % + (150) 97 %	F_1 (3) + F_2 (97)
11	(150) 100 %	F_2 (100)
12	(150) 100 %	F_2 (100)
13	(155) 100 %	F_2 (100)
14	(140) 100 %	F_2 (100)
15	(140) 100 %	F_2 (100)
16	(140) 100 %	F_2 (100)

Carotte S.A.R.S. 11

01	(110) 100 %	F_2 (100)
02	(110) 100 %	F_2 (100)
03	(72) 55 % + (150) 45 %	F_1 (55) + F_2 (45)
04	(120) 100 %	F_2 (100)
05	(50) 20 % + (90) 57 % + (160) 23 %	F_1 (20) + F_2 (80)
06	(52) 20 % + (98) 80 %	F_1 (20) + F_2 (80)
07	(48) 38 % + (86) 46 % + (150) 16 %	F_1 (84) + F_2 (16)
08	(54) 45 % + (100) 55 %	F_1 (45) + F_2 (55)
09	(90) 80 % + (150) 20 %	F_2 (100)
10	(54) 25 % + (110) 75 %	F_1 (25) + F_2 (75)
11	(46) 8 % + (92) 48 % + (150) 44 %	F_1 (8) + F_2 (92)
12	(115) 100 %	F_2 (100)
13	(98) 55 % + (130) 45 %	F_2 (100)
14	(110) 100 %	F_2 (100)

15 (90) 25 % + (150) 40 % + (230) 35 %
 16 (180) 100 %

F_2 (65) + A (35)
 F_2 (100)

Carotte S.A.R.S. 15

01 (56) 7 % + (120) 80 % + (440) 13 %
 02 (62) 13 % + (115) 74 % + (400) 13 %
 03 (58) 30 % + (100) 53 % + (460) 17 %
 05 (60) 10 % + (140) 90 %
 07 (73) 13 % + (125) 43 % + (190) 44 %
 08 (70) 4 % + (135) 96 %
 09 (58) 14 % + (120) 86 %
 10 (60) 8 % + (100) 42 % + (140) 50 %
 11 (59) 20 % + (100) 31 % + (140) 45 %
 + (360) 4 %
 12 (60) 40 % + (115) 60 %
 13 (56) 10 % + (110) 90 %
 14 (58) 20 % + (110) 80 %
 15 (58) 20 % + (110) 80 %
 16 (56) 15 % + (86) 45 % + (160) 40 %
 17 (60) 40 % + (120) 60 %
 18 (70) 38 % + (130) 62 %
 19 (60) 13 % + (120) 87 %
 20 (60) 8 % + (140) 92 %

F_1 (7) + F_2 (80) + B (13)
 F_1 (13) + F_2 (74) + B (13)
 F_1 (30) + F_2 (53) + B (17)
 F_1 (10) + F_2 (90)
 F_1 (13) + F_2 (87)
 F_1 (4) + F_2 (96)
 F_1 (14) + F_2 (86)
 F_1 (8) + F_2 (92)
 F_1 (20) + F_2 (76) + A (4)
 F_1 (40) + F_2 (60)
 F_1 (10) + F_2 (90)
 F_1 (20) + F_2 (80)
 F_1 (20) + F_2 (80)
 F_1 (60) + F_2 (40)
 F_1 (40) + F_2 (60)
 F_1 (38) + F_2 (62)
 F_1 (13) + F_2 (87)
 F_1 (8) + F_2 (92)

Carotte S.A.R.S. 16

01 (54) 70 % + (80) 30 %
 02 (54) 45 % + (90) 55 %
 03 (52) 50 % + (140) 40 % + (280) 10 %
 04 (52) 45 % + (94) 55 %
 05 (50) 100 %
 06 (56) 100 %
 07 (52) 100 %
 08 (56) 100 %

F_1 (100)
 F_1 (45) + F_2 (55)
 F_1 (50) + F_2 (40) + A (10)
 F_1 (45) + F_2 (55)
 F_1 (100)
 F_1 (100)
 F_1 (100)
 F_1 (100)

09	(56) 80 % + (90) 20 %	F_1 (80) + F_2 (20)
10	(55) 100 %	F_1 (100)
11	(56) 100 %	F_1 (100)
12	(54) 100 %	F_1 (100)
13	(56) 60 % + (90) 30 % + (140) 10 %	F_1 (60) + F_2 (40)
14	(56) 65 % + (82) 25 % + (170) 10 %	F_1 (90) + F_2 (10)
15	(56) 100 %	F_1 (100)
16	(60) 100 %	F_1 (100)
17	(64) 95 % + (170) 5 %	F_2 (100)
18	(62) 90 % + (280) 10 %	F_2 (90) + A (10)
19	(62) 50 % + (100) 42 % + (160) 8 %	F_1 (50) + F_2 (50)
20	(62) 85 % + (250) 15 %	F_1 (85) + A (15)
21	(60) 85 % + (200) 15 %	F_1 (85) + F_2 (15)
22	(54) 20 % + (100) 60 % + (270) 15 % + (500) 5%	F_1 (20) + F_2 (60) + A (15) + B (5)
23	Argile	
24	(70) 60 % + (120) 40 %	F_1 (60) + F_2 (40)
25	(50) 100 %	F_1 (100)
26	Argile	
27	Argile	
28	(50) 75 % + (100) 20 % + (150) 5 %	F_1 (75) + F_2 (25)
29	(120) 80 % + (200) 20%	F_2 (100)
30	Argile	
31	(56) 8 % + (100) 30 % + (140) 47 % + (230) 15%	F_1 (8) + F_2 (77) + A (15)

Carotte S.A.R.S. 20

01	(70) 100 %	F_1 (100)
02	(70) 88 % + (320) 6 % + (740) 6 %	F_1 (88) + A (6) + B (6)
03	(74) 94 % + (250) 3 % + (600) 3 %	F_2 (94) + A (3) + B (3)
04	(42) 15 % + (65) 45 % + (100) 40 %	F_1 (60) + F_2 (40)
05	(60) 20 % + (110) 73 % + (370) 7 %	F_1 (20) + F_2 (73) + A (7)
06	(60) 100 %	F_1 (100)
07	(42) 16 % + (66) 48 % + (120) 30 % + (450) 6%	F_1 (64) + F_2 (30)
08	(50) 20 % + (78) 45 % + (140) 35 %	F_1 (65) + F_2 (35)
09	(60) 15 % + (120) 85 %	F_1 (15) + F_2 (85)
10	(40) 4 % + (78) 12 % + (125) 58 % + (200) 26%	F_1 (16) + F_2 (84)
11	(73) 44 % + (130) 56 %	F_1 (44) + F_2 (56)

12 (100) 100 %	F ₂ (100)
13 (70) 15 % + (120) 85 %	F ₁ (15) + F ₂ (85)
14 (52) 10 % + (120) 90 %	F ₁ (10) + F ₂ (90)
15 (56) 6 % + (120) 94 %	F ₁ (6) + F ₂ (94)
16 (110) 100 %	F ₂ (100)
17 (120) 100 %	F ₂ (100)
18 (60) 22 % + (120) 78 %	F ₁ (22) + F ₂ (78)
19 (74) 46 % + (125) 54 %	F ₁ (46) + F ₂ (54)

Carotte S.A.R.S. 21

01 (60) 94 % + (350) 6 %	F ₁ (94) + A (6)
02 (60) 94 % + (350) 6 %	F ₁ (94) + A (6)
03 (62) 94 % + (450) 6 %	F ₁ (94) + B (6)
04 (47) 40 % + (75) 35 % + (115) 18 % + (350) 7%	F ₁ (75) + F ₂ (18) + A (7)
05 (47) 25 % + (68) 35 % + (110) 30 % + (280) 10%	F ₁ (60) + F ₂ (30) + A (10)
06 (42) 25 % + (66) 40 % + (110) 35 %	F ₁ (65) + F ₂ (35)
07 (76) 50 % + (120) 50 %	F ₁ (50) + F ₂ (50)
08 (110) 100 %	F ₂ (100)
09 (110) 86 % + (350) 14 %	F ₂ (86) + A (14)
10 (110) 86 % + (450) 14 %	F ₂ (86) + B (14)
11 (100) 90 % + (450) 10 %	F ₂ (90) + B (10)
12 (105) 80 % + (180) 20 %	F ₂ (80) + B (20)
13 (120) 100 %	F ₂ (100)
14 (110) 100 %	F ₂ (100)
15 (48) 25 % + (76) 50 % + (120) 25 %	F ₁ (75) + F ₂ (25)
16 (110) 100 %	F ₂ (100)
17 (110) 100 %	F ₂ (100)

Carotte S.A.R.S. 24

01 (60) 50 % + (110) 45 % + (400) 5 %	F ₁ (50) + F ₂ (45) + A (5)
02 (51) 30 % + (100) 60 % + (270) 10 %	F ₁ (30) + F ₂ (60) + A (10)
03 (60) 50 % + (110) 40 % + (700) 10 %	F ₁ (50) + F ₂ (40) + B (10)
04	
05 (56) 25 % + (110) 70 % + (600) 5 %	F ₁ (25) + F ₂ (70) + B (5)

06	(58) 25 % + (110) 75 %	F_1 (25) + F_2 (75)	
07			
08	(50) 20 % + (110) 50 % + (250) 30 %	F_1 (20) + F_2 (50) + A (30)	
09	(120) 25 % + (260) 75 %	F_2 (25) + A (75)	
10	(70) 20 % + (120) 15 % + (250) 65 %	F_1 (20) + F_2 (15) + A (65)	
11	(52) 15 % + (110) 50 % + (240) 35 %	F_1 (15) + F_2 (50) + A (35)	
12	(60) 30 % + (110) 55 % + (250) 10 % + (2500)5%	F_1 (30) + F_2 (55) + A (10) +	G (5)
13	(54) 20 % + (110) 80 %	F_1 (20) + F_2 (80)	

Carotte 30

01	(60) 25 % + (100) 75 %	F_1 (25) + F_2 (75)	
02	(60) 25 % + (100) 75 %	F_1 (25) + F_2 (75)	
03	(54) 28 % + (100) 72 %	F_1 (28) + F_2 (72)	
04	(55) 30 % + (100) 70 %	F_1 (30) + F_2 (70)	
05	(60) 25 % + (100) 75 %	F_1 (25) + F_2 (75)	
06	(54) 25 % + (90) 75 %	F_1 (25) + F_2 (75)	
07	(56) 25 % + (90) 75 %	F_1 (25) + F_2 (75)	
08	(56) 35 % + (100) 80 %	F_1 (35) + F_2 (65)	
09	(58) 20 % + (100) 80 %	F_1 (20) + F_2 (80)	
10	(56) 25 % + (98) 75 %	F_1 (25) + F_2 (75)	
11	(58) 20 % + (95) 80 %	F_1 (20) + F_2 (80)	
12	(56) 60 % + (90) 30 % + (500) 10 %	F_1 (60) + F_2 (30) +	B (10)
13	(56) 40 % + (75) 40 % + (120) 10 % + (350)10%	F_1 (80) + F_2 (10) + A (10)	
14	(52) 95 % + (500) 5 %	F_1 (95) +	B (5)
15	(54) 90 % + (350) 10 %	F_1 (90) +	A (10)

Carotte 31

23	(56) 92 % + (600) 8 %	F_1 (92) +	B (8)
24	(56) 95 % + (500) 5 %	F_1 (95) +	B (5)
25	(56) 94 % + (500) 6 %	F_1 (94) +	B (6)
26	(52) 75 % + (75) 20 % + (500) 5 %	F_1 (95) +	B (5)

Carotte S.A.R.S.

01 (250) 100 %	A (100)
02 (240) 100 %	A (100)
03 (270) 100 %	A (100)
04 (270) 50 % + (370) 25 % + (540) 22 % + (2500) 3 %	A (75) + B (22) + G (3)
05 (220) 25 % + (360) 30 % + (540) 40 % + (2500) 5 %	F ₂ (25) + A (30) + B (40) + G(5)
06 (170) 15 % + (450) 85 %	F ₂ (15) + B (85)
07 (190) 100 %	F ₂ (100)
08 (180) 55 % + (800) 30 % + (2800) 15 %	F ₂ (55) + B (30) + G (15)
09 (200) 65 % + (310) 35 %	F ₂ (65) + A (35)
10 (210) 75 % + (340) 25 %	F ₂ (75) + A (25)
11 (220) 80 % + (360) 20 %	F ₂ (80) + A (20)
12 (240) 60 % + (340) 35 % + (600) 5 %	A (95) + B (5)
13 (240) 92 % + (2500) 8 %	A (92) + G (8)
14 (200) 100 %	F ₂ (100)

Carotte S.A.R.S. 40

01 (150) 75 % + (340) 25 %	F ₂ (75) + A (25)
02 (160) 70 % + (310) 30 %	F ₂ (70) + A (30)
03 (150) 65 % + (250) 35 %	F ₂ (65) + A (35)
04 (170) 70 % + (320) 30 %	F ₂ (70) + A (30)
05 (180) 60 % + (320) 40 %	F ₂ (60) + A (40)
06 (150) 65 % + (360) 35 %	F ₂ (65) + A (35)
07 (140) 70 % + (320) 30 %	F ₂ (70) + A (30)
08 (70) 6 % + (160) 60 % + (340) 34 %	F ₁ (6) + F ₂ (60) + A (34)
09 (150) 68 % + (340) 32 %	F ₂ (68) + A (32)
10 (56) 5 % + (100) 15 % + (150) 76 % + (600) 4 %	F ₁ (5) + F ₂ (91) + B (4)
11 (64) 4 % + (160) 76 % + (340) 20 %	F ₁ (4) + F ₂ (76) + A (20)
12 (150) 45 % + (340) 55 %	F ₂ (45) + A (55)
13 (160) 25 % + (380) 75 %	F ₂ (25) + A (75)
14 (170) 20 % + (400) 80 %	F ₂ (20) + A (80)
15 (60) 7 % + (130) 47 % + (310) 16 % + (500) 30 %	F ₁ (7) + F ₂ (47) + A (16) + B (30)

16	(140) 55 % + (400) 45 %	F_2 (55) + A (45)
17	(130) 24 % + (380) 52 % + (600) 24 %	F_2 (24) + A (52) + B (24)
18	(330) 65 % + (480) 35 %	A (65) + B (35)
19	(370) 65 % + (540) 35 %	A (65) + B (35)
20	(340) 64 % + (540) 36 %	A (64) + B (36)
21	(330) 60 % + (450) 40 %	A (60) + B (40)
22	(370) 100 %	A (100)

Carotte S.A.R.S. 41

01	(180) 40 % + (300) 60 %	F_2 (40) + A (60)
02	(200) 30 % + (340) 70 %	F_2 (30) + A (70)
03	(180) 100 %	F_2 (100)
04	(170) 90 % + (380) 10 %	F_2 (90) + A (10)
05	(140) 60 % + (190) 30 % + (370) 10 %	F_2 (90) + A (10)
06	(120) 35 % + (150) 65 %	F_2 (100)
07	(64) 15 % + (150) 85 %	F_1 (15) + F_2 (85)
08	(190) 70 % + (300) 30 %	F_2 (70) + A (30)
09	(64) 40 % + (200) 60 %	F_1 (40) + F_2 (60)
10	(56) 45 % + (100) 55 %	F_1 (45) + F_2 (55)
11	(70) 85 % + (350) 15 %	F_1 (85) + F_2 (20)
12	(70) 35 % + (300) 50 % + (500) 15 %	F_1 (35) + A (50) + B (15)
13	(56) 75 % + (170) 10 % + (300) 7 % + (600) 8 %	F_1 (75) + F_2 (10) + A (7) + B^2 (18)
14	(90) 10 % + (390) 90 %	F_2 (10) + A (90)
15	(56) 45 % + (90) 20 % + (400) 25 % + (2500) 10 %	F_1 (45) + F_2 (20) + A (25) + G^2 (10)
16	(80) 15 % + (400) 60 % + (2500) 25 %	F_1 (15) + A (60) + G (25)
17	(340) 100 %	A (100)
18	(200) 35 % + (270) 35 % + (500) 30 %	F_2 (35) + A (35) + B (40)
19	(360) 100 %	A (100)
20	(80) 30 % + (340) 40 % + (500) 30 %	F_1 (30) + A (40) + B (30)
21	(180) 30 % + (320) 35 % + (500) 35 %	F_2 (30) + A (35) + B (35)
22	(150) 20 % + (400) 45 % + (600) 35 %	F_2 (20) + A (45) + B (35)
23	(130) 85 % + (370) 10 % + (600) 5 %	F_2 (85) + A (10) + B (5)
24	(140) 45 % + (320) 55 %	F_2 (45) + A (55)
25	(340) 75 % + (560) 25 %	A (75) + B (25)

26	(350) 100 %	A (100)
27	(350) 100 %	A (100)
28	(370) 100 %	A (100)
29	(380) 100 %	A (100)
30	(200) 25 % + (320) 75 %	F ₂ (20) + A (80)
31	(200) 35 % + (290) 30 % + (500) 30 % + (1200) 5 %	F ₂ (35) + A (30) + B (30) + G (5)
32	(320) 100 %	A (100)
33	(170) 100 %	F ₂ (100)
34	(160) 70 % + (360) 30 %	F ₂ (70) + A (30)
35	(170) 55 % + (300) 30 % + (500) 15 %	F ₂ (55) + A (30) + B (15)
36	(180) 50 % + (300) 30 % + (500) 20 %	F ₂ (50) + A (30) + B (20)
37	(180) 25 % + (340) 75 %	F ₂ (25) + A (75)

Carotte S.A.R.S. 42

01	(100) 40 % + (200) 60 %	F ₂ (100)
02	(58) 25 % + (82) 50 % + (170) 25 %	F ₁ (75) + F ₂ (25)
03	(58) 20 % + (110) 66 % + (360) 14 %	F ₁ (20) + F ₂ (66) + A (14)
04	(60) 32 % + (109) 64 % + (320) 4 %	F ₁ (32) + F ₂ (64) + A (4)
05	(78) 60 % + (125) 40 %	F ₁ (60) + F ₂ (40)
06	(53) 25 % + (100) 68 % + (350) 7 %	F ₁ (25) + F ₂ (68) + A (7)
07	(52) 20 % + (95) 70 % + (600) 10 %	F ₁ (20) + F ₂ (70) + B (10)
08	(62) 10 % + (130) 45 % + (350) 45 %	F ₁ (10) + F ₂ (45) + A (45)
09	(120) 100 %	F ₂ (100)
10	(60) 4 % + (140) 96 %	F ₁ (4) + F ₂ (96)
11	(130) 75 % + (300) 25 %	F ₂ (75) + A (25)
12	(140) 55 % + (340) 45 %	F ₂ (55) + A (45)
13	(74) 10 % + (170) 90 %	F ₁ (10) + F ₂ (90)
14	(64) 5 % + (160) 95 %	F ₁ (5) + F ₂ (95)
15	(180) 75 % + (340) 25 %	F ₂ (75) + A (25)
16	(135) 16 % + (300) 84 %	F ₂ (16) + A (84)
17	(340) 100 %	A (100)
18	(340) 100 %	A (100)
19	(300) 100 %	A (100)
20	(300) 100 %	A (100)

21	(170) 20 % + (400) 80 %	F_2 (20) + A (80)
22	(150) 10 % + (400) 90 %	F_2 (10) + A (90)
23	(140) 8 % + (450) 86 % + (4000) 6 %	F_2 (8) + A (86) + G (6)
24	(150) 100 %	F_2 (100)
26	(380) 100 %	A (100)

Carotte S.A.R.S. 43

01	(270) 90 % + (600) 10 %	A (90) + B (10)
02	(270) 95 % + (580) 5 %	A (95) + B (5)
03	(190) 40 % + (280) 50 % + (540) 10 %	F_2 (40) + A (50) + B (10)
04	(240) 90 % + (500) 10 %	A (90) + B (10)
05	(140) 40 % + (300) 40 % + (540) 20 %	F_2 (40) + A (40) + B (20)
06	(190) 40 % + (400) 60 %	F_2 (40) + A (60)
07	(180) 15 % + (500) 80 % + (2000) 5 %	F_2 (15) + B (80) + G (5)
08	(340) 50 % + (600) 50 %	A (50) + B (50)
09	(200) 10 % + (450) 90 %	F_2 (10) + B (90)
10	(200) 5 % + (380) 30 % + (600) 60 % + (2000) 5 %	F_2 (5) + A (30) + B (60) + G (5)
11	(400) 85 % + (1100) 15 %	A (85) + G (15)
12	(350) 30 % + (600) 45 % + (1000) 20 % + (2500) 5 %	A (30) + B (45) + G (25)
13	(160) 20 % + (500) 75 % + (X) 5 %	F_2 (20) + B (75) + G (5)
14	(640) 80 % + (2500) 20 %	B (80) + G (20)
15	(140) 20 % + (410) 70 % + (X) 10 %	F_2 (20) + A (70) + G (10)
16	(350) 100 %	A (100)
17	(370) 100 %	A (100)
18	(480) 100 %	B (100)
19	(270) 40 % + (480) 52 % + (X) 8 %	A (40) + B (52) + G (8)
20	(370) 100 %	A (100)
21	(420) 100 %	A (100)
22	(420) 100 %	A (100)
23	(290) 30 % + (500) 60 % + (4500) 10 %	A (30) + B (60) + G (10)
24	(470) 100 %	B (100)
25	(410) 88 % + (2000) 7 % + (4500) 5 %	A (88) + G (12)
26	(360) 30 % + (600) 65 % + (X) 5 %	A (30) + B (65) + G (5)
27	(320) 60 % + (600) 40 %	A (60) + B (40)

28	(340) 85 % + (600) 15 %	A (85) + B (15)
29	(150) 15 % + (300) 85 %	A (15) + B (85)
30	(330) 70 % + (520) 25 % + (2100) 5 %	A (70) + B (25) + G (5)
31	(350) 80 % + (500) 15 % + (1200) 5 %	A (80) + B (15) + G (5)
32	(350) 100 %	A (100)
33	(370) 45 % + (600) 45 % + (2500) 10 %	A (45) + B (45) + G (10)
34	(370) 70 % + (540) 30 %	A (70) + B (30)
35	(360) 60 % + (600) 30 % + (2400) 10 %	A (60) + B (30) + G (10)
36	(420) 95 % + (2500) 5 %	A (95) + G (5)
37	(360) 50 % + (520) 45 % + (2200) 5 %	A (50) + B (45) + G (5)
38	(380) 30 % + (600) 65 % + (2500) 5 %	A (30) + B (65) + G (5)
39	(400) 30 % + (600) 45 % + (2500) 25 %	A (30) + B (45) + G (25)
40	(380) 40 % + (600) 45 % + (2500) 15 %	A (40) + B (45) + G (15)
41	(360) 50 % + (600) 50 %	A (100)
42	(340) 100 %	A (100)
43	(310) 100 %	A (100)
44	(330) 100 %	A (100)
45	(340) 95 % + (2500) 5 %	A (95) + G (5)
46	(350) 50 % + (600) 20 % + (1200) 20 % + (2200) 10 %	A (50) + B (20) + G (30)
47	(360) 45 % + (600) 40 % + (1100) 10 % + (2100) 5 %	A (45) + B (40) + G (15)
48	(330) 60 % + (600) 25 % + (1000) 10 % + (2500) 5 %	A (60) + B (25) + G (15)
49	(150) 15 % + (280) 75 % + (620) 10 %	F ₂ (13) + A (75) + B (10)
50	(370) 40 % + (580) 55 % + (1200) 5 %	A (40) + B (55) + G (5)
51	(370) 100 %	A (100)
52	(350) 65 % + (500) 35 %	A (65) + B (35)
53	(350) 100 %	A (100)
54	(240) 50 % + (340) 35 % + (520) 15 %	A (85) + B (15)
55	(360) 94 % + (2100) 6 %	A (94) + G (6)
56	(310) 80 % + (600) 20 %	A (80) + B (20)

Carotte S.A.R.S. 44

01	(370) 100 %	A (100)
02	(380) 93 % + (9000) 7 %	A (93) + G (7)
03	(380) 100 %	A (100)

04	(400) 60 % + (600) 40 %	A (60) + B (40)
05	(400) 100 %	A (100)
06	(370) 100 %	A (100)
07	(370) 100 %	A (100)
08	(120) 5 % + (270) 5 % + (640) 27 % + (1200) 4 % + (2200) 9 % (8000) 50 %	F _{II} (5) + A (5) + B (27) + G (63)
09	(120) 5 % + (520) 35 % + (1300) 5 % + (2200) 15 % + (5400) 40 %	F _{II} (5) + B (35) + G (60)
10	(100) 8 % + (610) 70 % + (2200) 22 %	F _{II} (8) + B (70) + G (22)
11	(110) 5 % + (640) 75 % + (1200) 12 % + (2200) 8 %	F _{II} (5) + B (75) + G (20)
12	(110) 5 % + (640) 73 % + (1200) 14 % + (2200) 8 %	F _{II} (5) + B (73) + G (22)
13	(120) 5 % + (600) 75 % + (1600) 6 % + (2200) 14 %	F _{II} (5) B (75) + G (20)
14	(500) 70 % + (1300) 10 % + (2400) 20 %	B (70) + G (30)
15	(320) 50 % + (600) 50 %	A (50) + B (50)
16	(110) 30 % + (500) 60 % + (2500) 10 %	F _{II} (30) + B (60) + G (10)
17	(500) 80 % + (2100) 8 % + (5200) 12 %	B (80) + G (20)
18	(520) 85 % + (2400) 15 %	B (85) + G (15)
19	(450) 100 %	B (100)
20	(600) 78 % + (2500) 12 % + (8000) 10 %	B (78) + G (22)
21	(610) 92 % + (6000) 8 %	B (92) + G (8)
22	(600) 80 % + (2500) 10 % + (8000) 10 %	B (80) + G (20)
23	(600) 82 % + (2200) 6 % + (6500) 12 %	B (82) + G (18)
24	(580) 90 % + (6500) 10 %	B (90) + G (10)
25	(500) 100 %	B (100)
26	(380) 100 %	A (100)
27	(85) 50 % + (140) 50 %	F _I (50) + F _{II} (50)
28	(80) 100 %	F _I 5100)
29	(84) 70 % + (340) 10 % + (600) 20 %	F _I (70) + A (10) + B (20)
30	(115) 60 % + (500) 40 %	F _{II} (50) + B (50)
31	(110) 40 % + (500) 48 % + (7000) 12 %	F _{II} (40) + B (48) + G (12)
32	(120) 16 % + (600) 54 % + (2500) 10 % + (6500) 10 %	F _{II} (16) + B (54) + G (20)
33	(110) 30 % + (700) 40 % + (2300) 10 % + (4100) 20 %	F _{II} (30) + B (40) + G (30)
34	(120) 15 % + (600) 75 % + (4500) 10 %	F _{II} (15) + B (75) + G (10)
35	(120) 15 % + (600) 75 % + (4500) 10 %	F _{II} (15) + B (75) + G (10)

Carotte S.A.R.S. 45

01	(150) 100 %	F_{II} (100)
02	(180) 50 % + (350) 15 % + (750) 25 % + (4) 10 %	F_{II} (50) + A (15) + B (25) + G (10)
03	(180) 70 % + (350) 10 % + (600) 10 % + (3000) 10 %	F_{II} (70) + A (10) + B (10) + G (10)
04	(190) 30 % + (350) 25 % + (700) 20 % + (2000) 15 % + (500) 10 %	F_{II} (30) + A (25) + B (20) + G (25)
05	(140) 15 % + (230) 25 % + (400) 15 % + (900) 25 % + (1200) 20 %	F_{II} (15) + A (25) + B (15) + G (45)
06	(120) 70 % + (800) 30 %	F_{II} (70) + B (30)
07	(140) 85 % + (500) 15 %	F_{II} (85) + B (15)
08	(150) 80 % + (1200) 20 %	F_{II} (80) + G (20)
09	(150) 65 % + (700) 35 %	F_{II} (65) + B (35)
10	(150) 65 % + (500) 20 % + (5000) 15 %	F_{II} (90) + G (15)
11	(120) 90 % + (2000) 10 %	F_{II} (90) + G (10)
12	(120) 20 % + (600) 45 % + (1200) 10 % + (G) 25 %	F_{II} (20) + B (45) + G (35)
13	(120) 45 % + (500) 8 % + (1200) 10 % + (G) 37 %	F_{II} (45) + B (8) + G (47)
14	(150) 30 % + (700) 40 % + (1200) 10 % + (2100) 15 % + (5500) 5 %	F_{II} (30) + B (40) + G (30)
15	(120) 100 %	F_{II} (100)
16	(120) 40 % + (180) 40 % + (400) 20 %	F_{II} (80) + A (20)
17	(150) 85 % + (350) 15 %	F_{II} (85) + A (15)
18	(150) 85 % + (400) 15 %	F_{II} (85) + A (15)
19	(170) 100 %	F_{II} (100)
20	(170) 85 % + (400) 15 %	F_{II} (85) + A (15)
21	(230) 100 %	A (100)
22	(150) 5 % + (210) 60 % + (600) 30 % + (2000) 5 %	F_{II} (65) + B (30) + G (5)
23	(200) 90 % + (2500) 10 %	F_{II} (90) + G (10)
24	(200) 70 % + (350) 30 %	F_{II} (70) + A (30)
25	(200) 100 %	F_{II} (100)

ANNEXE III

Planches

PLANCHE I

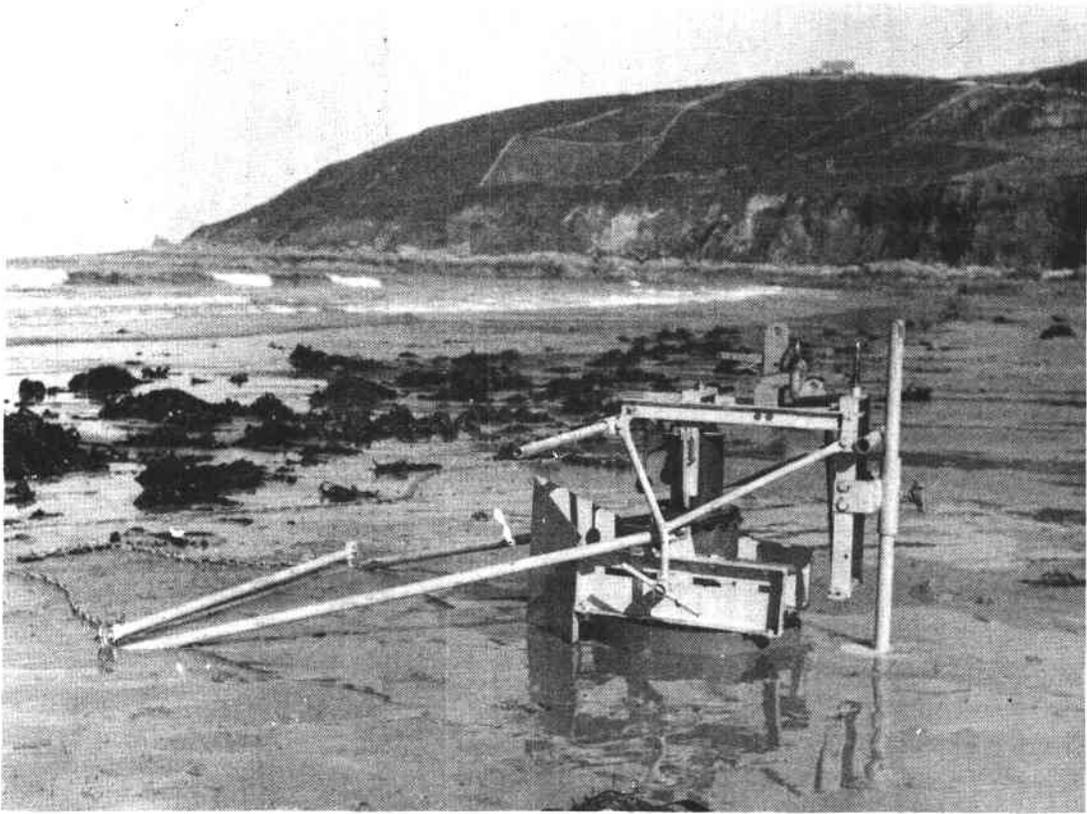


PHOTO 1.- Appareil d'immersion de sédiments sur estran

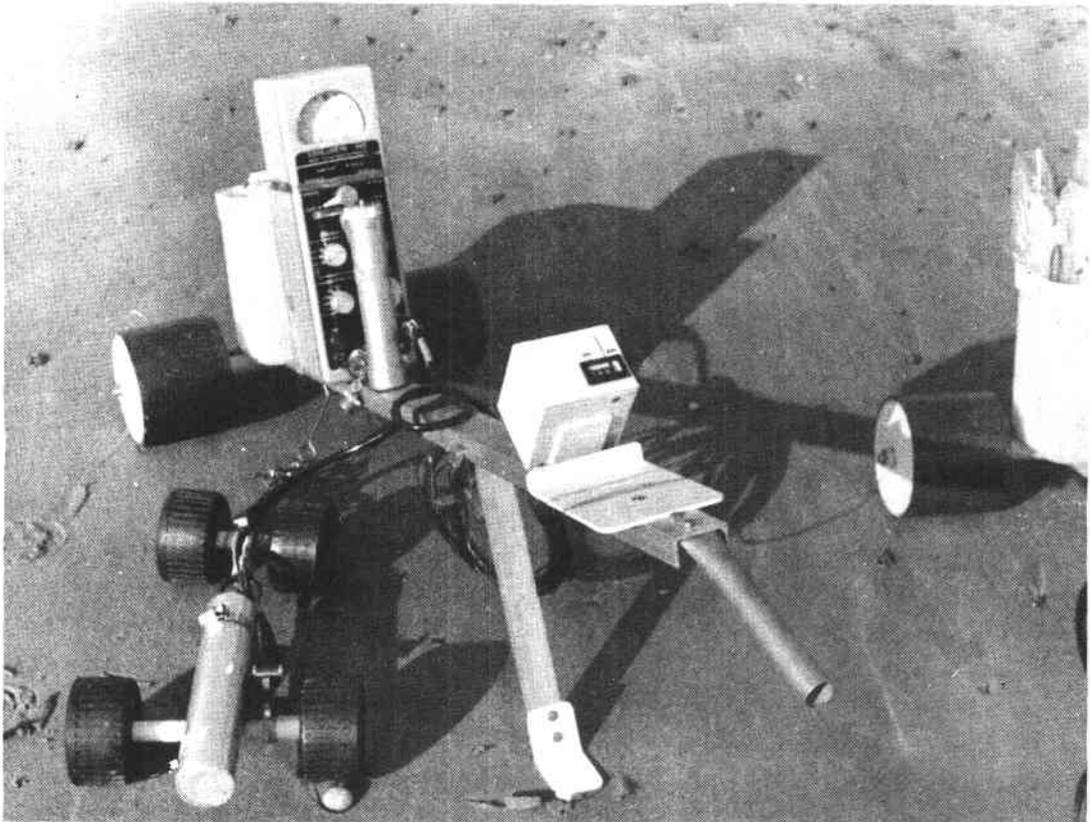
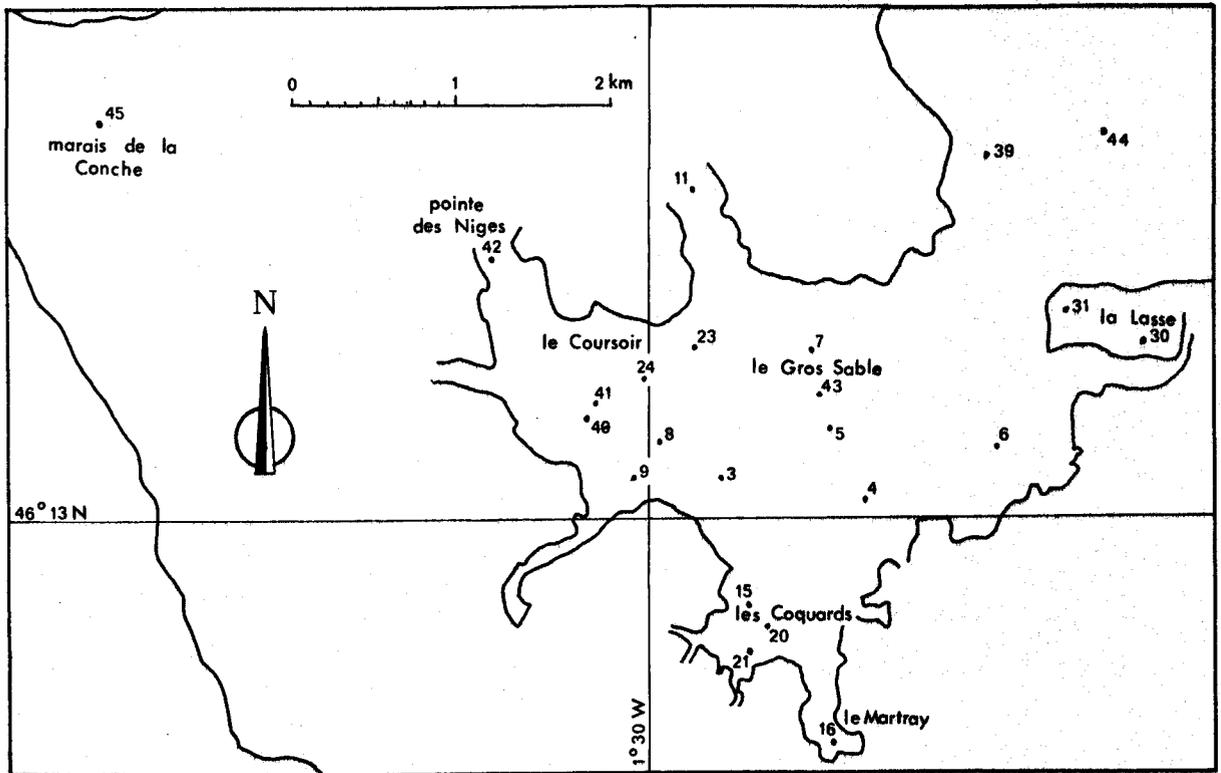
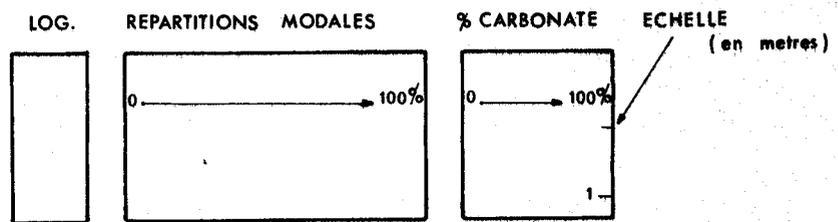


PHOTO 2.- Appareil utilisé pour la détection sur le banc

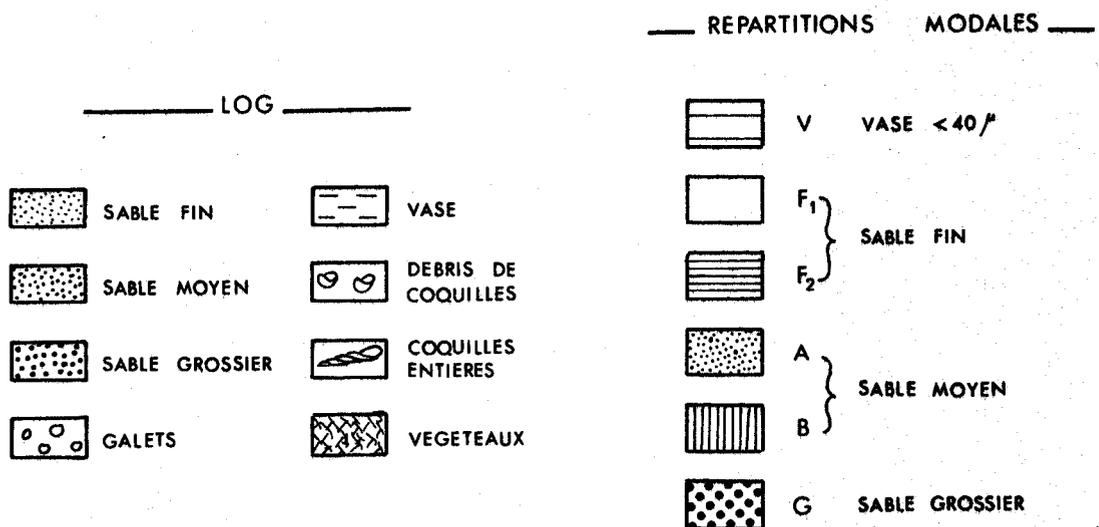
LITHOLOGIE DES SONDAGES DU FIER D'ARS



⊙ Positions des sondages SARS

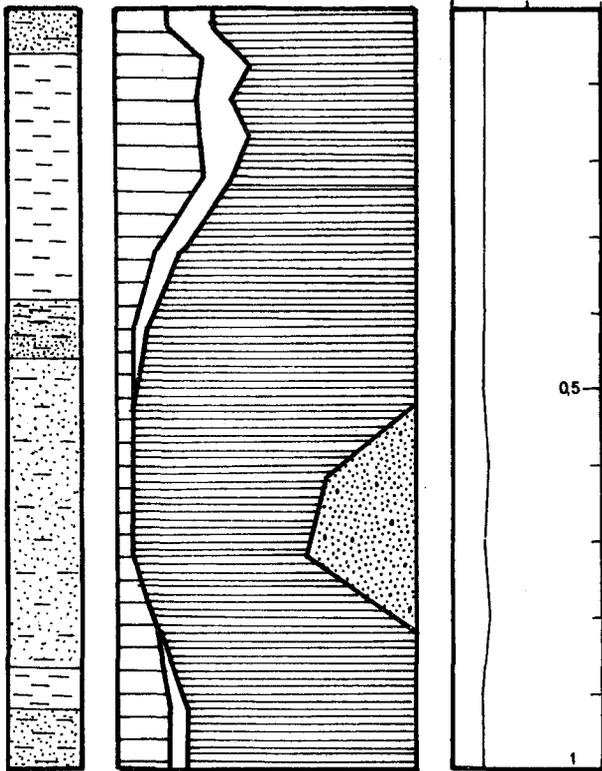


⊙ Disposition des diagrammes dans les tableaux

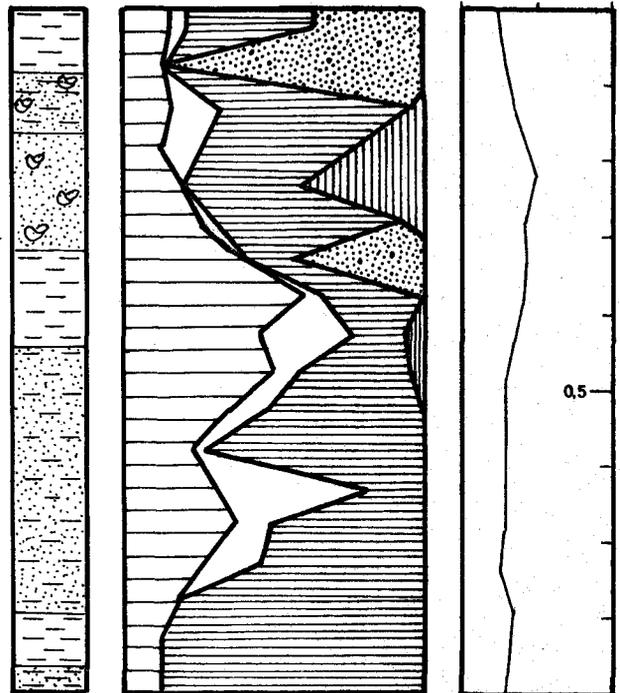


⊙ Legende

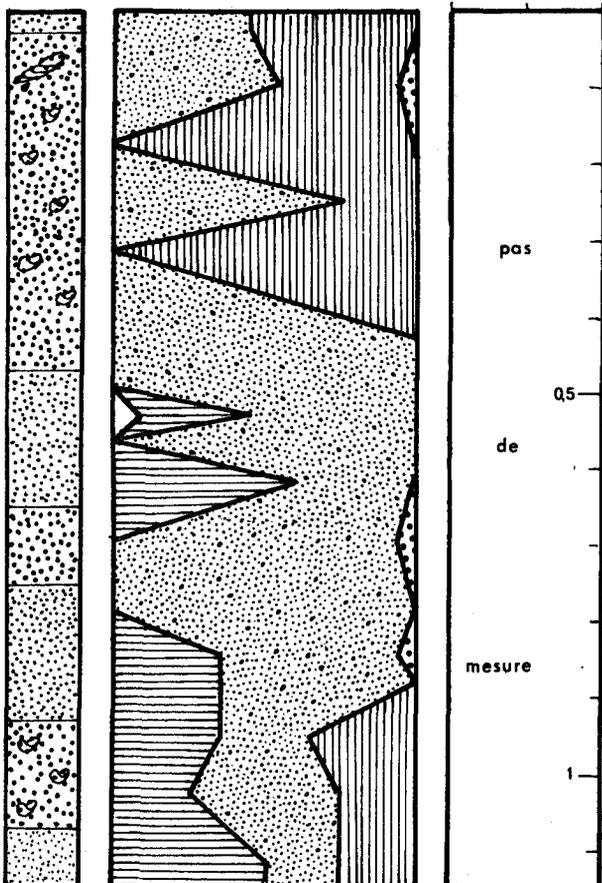
SARS 3



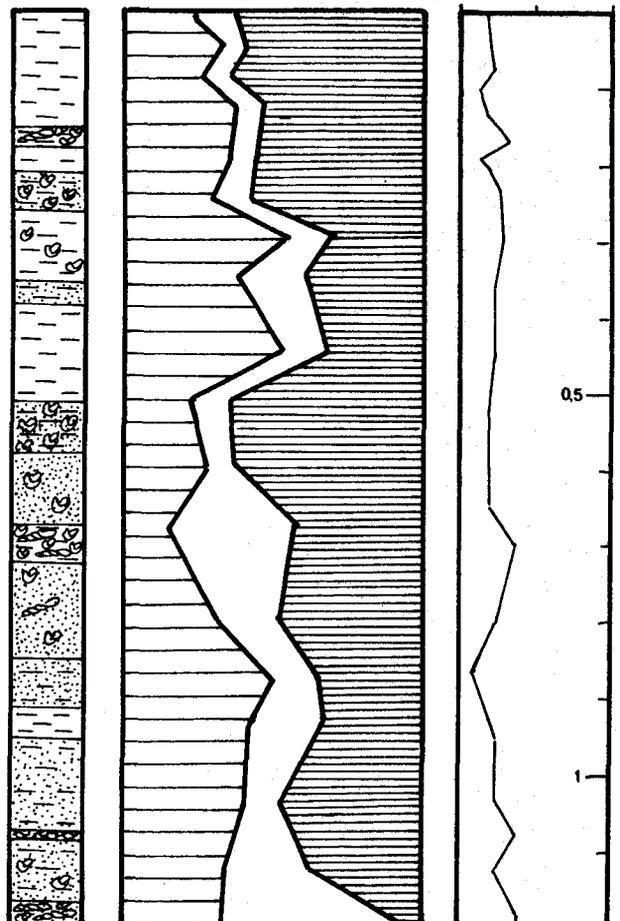
SARS 4



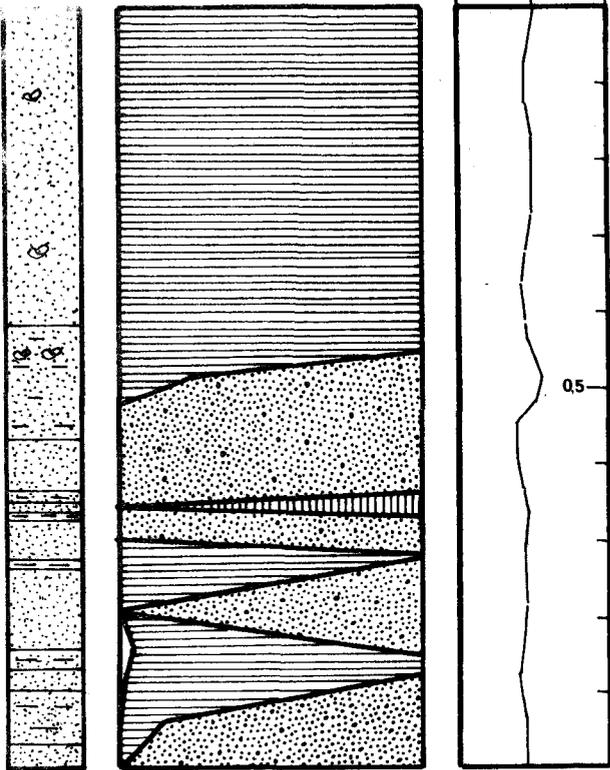
SARS 5



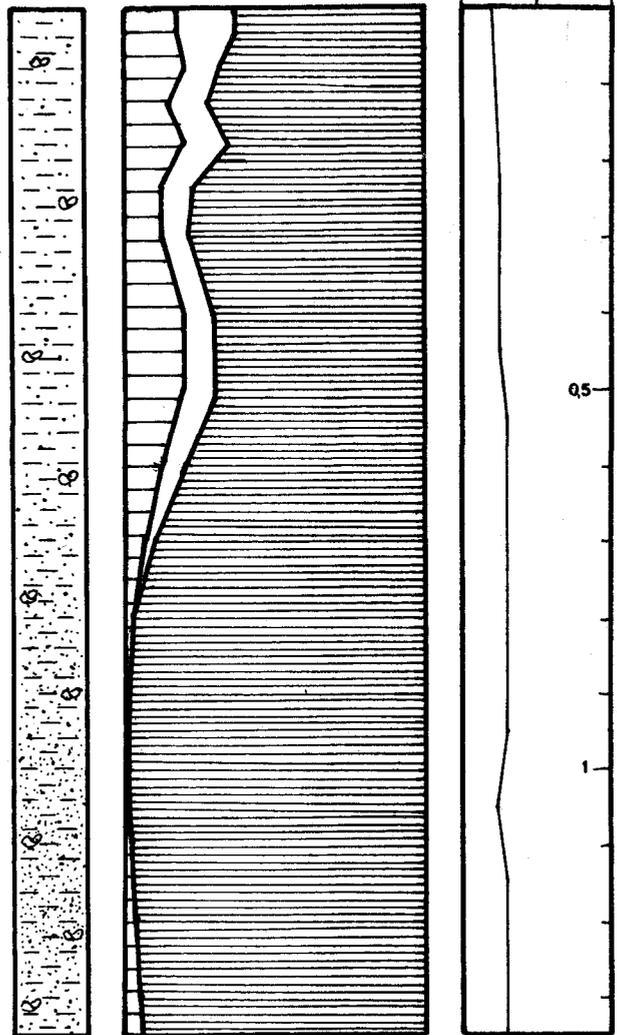
SARS 6



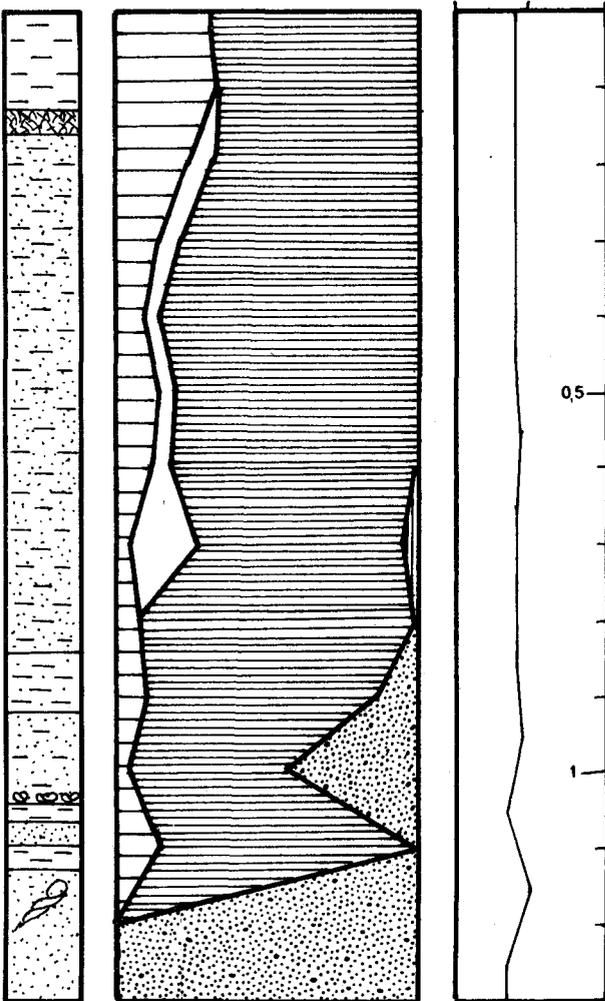
SARS 7



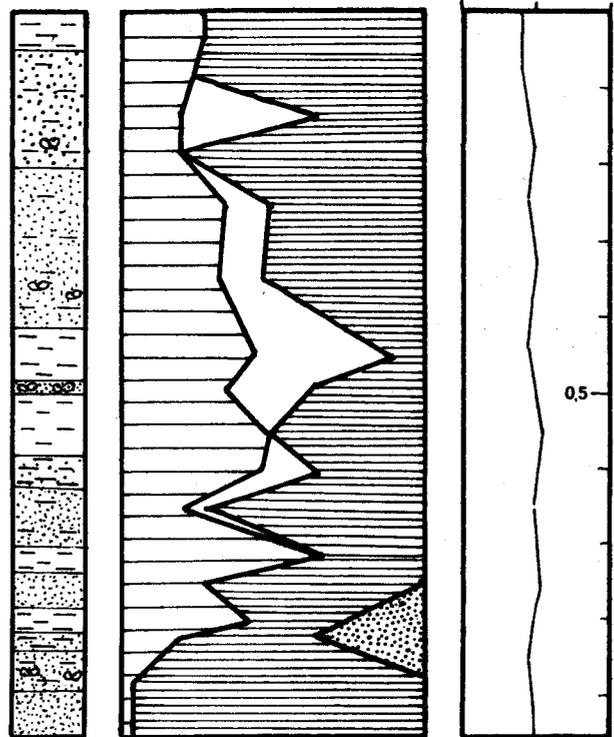
SARS 9

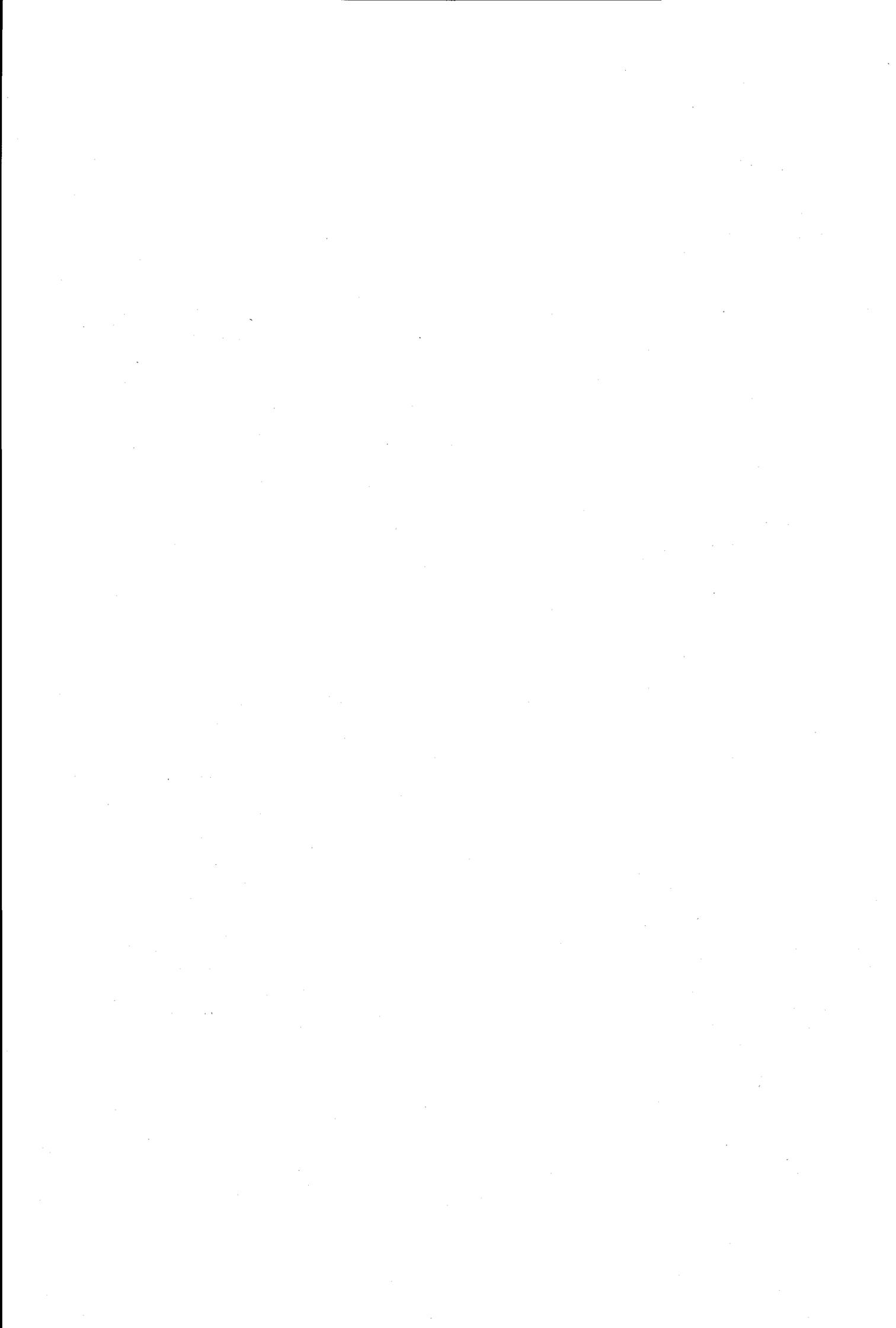


SARS 8

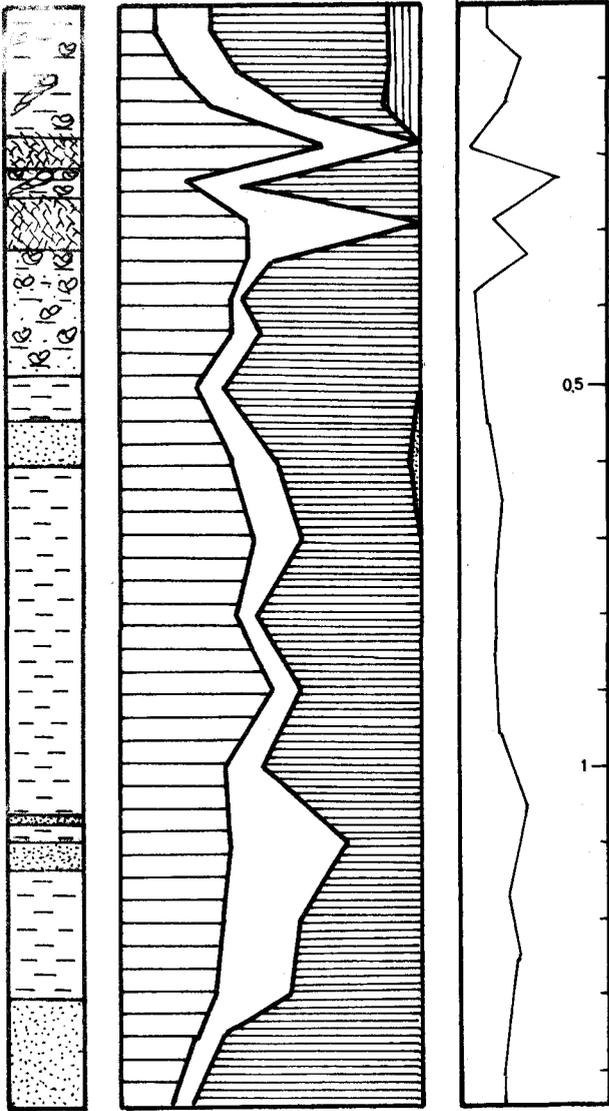


SARS 11

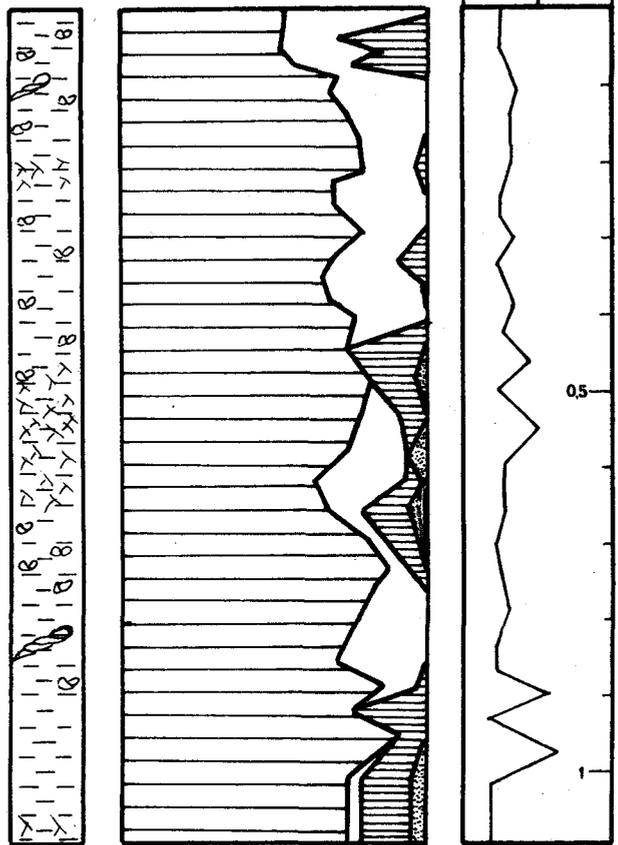




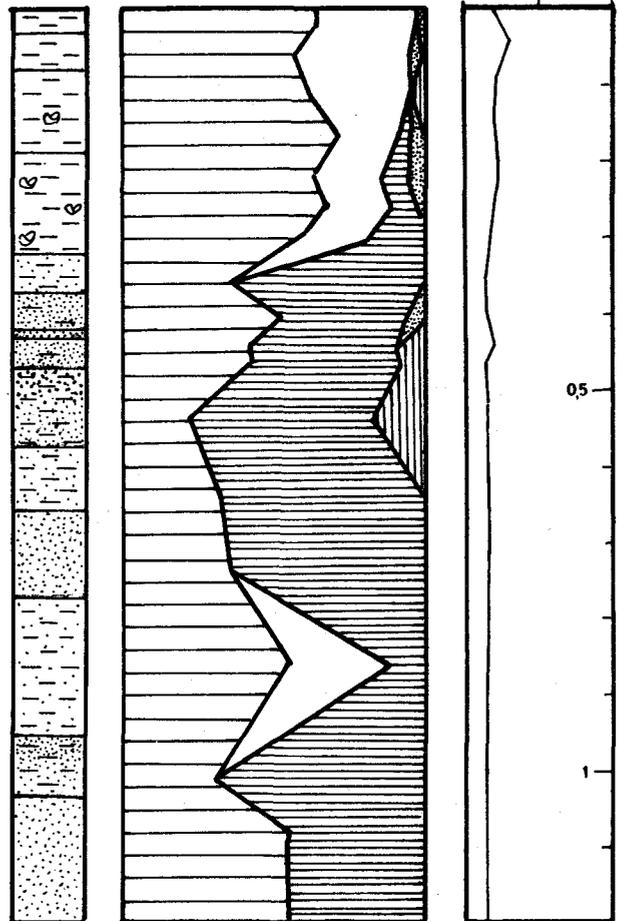
SARS 15



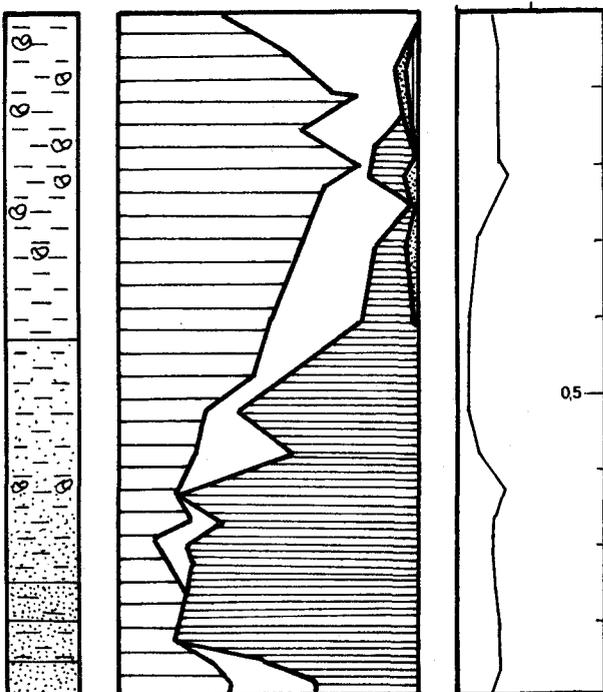
SARS 16



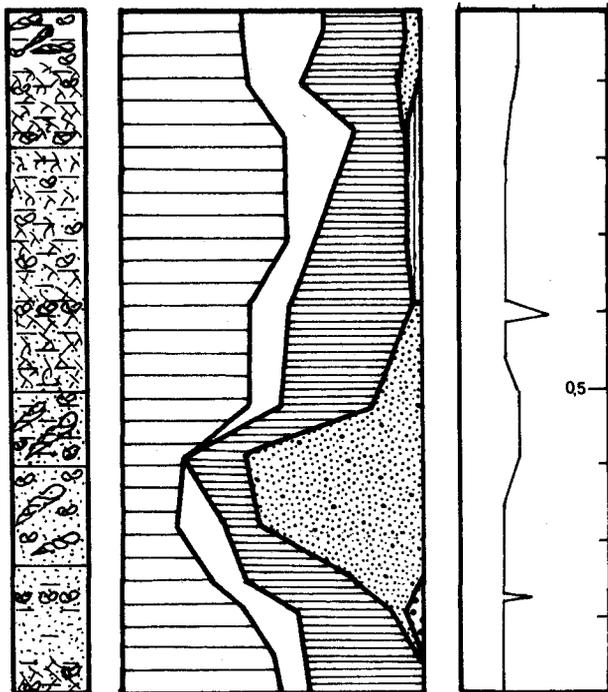
SARS 21



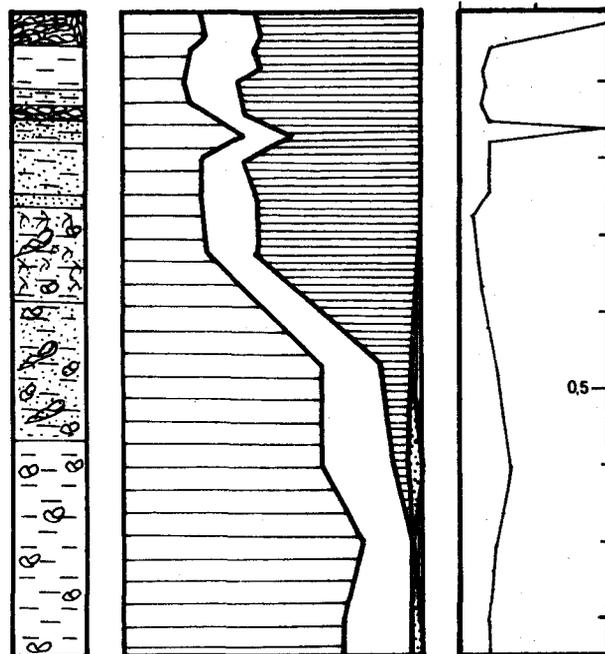
SARS 20



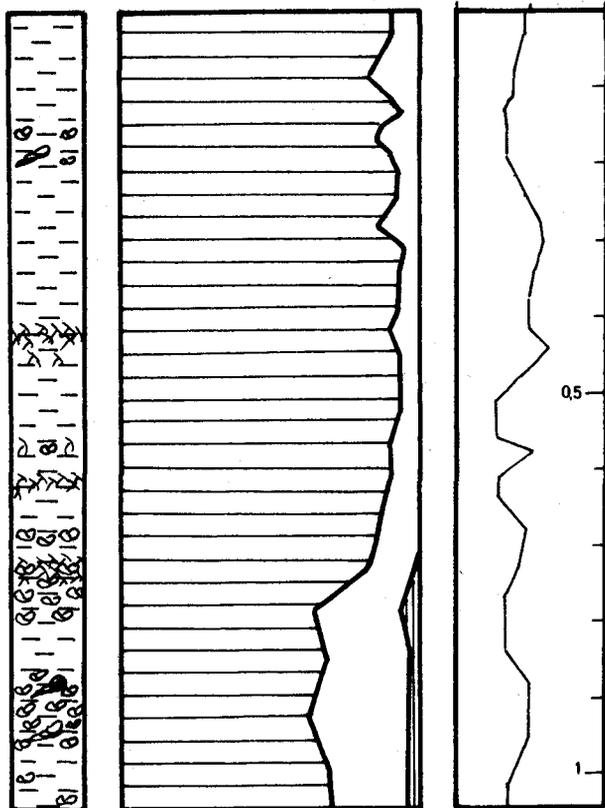
SARS 24



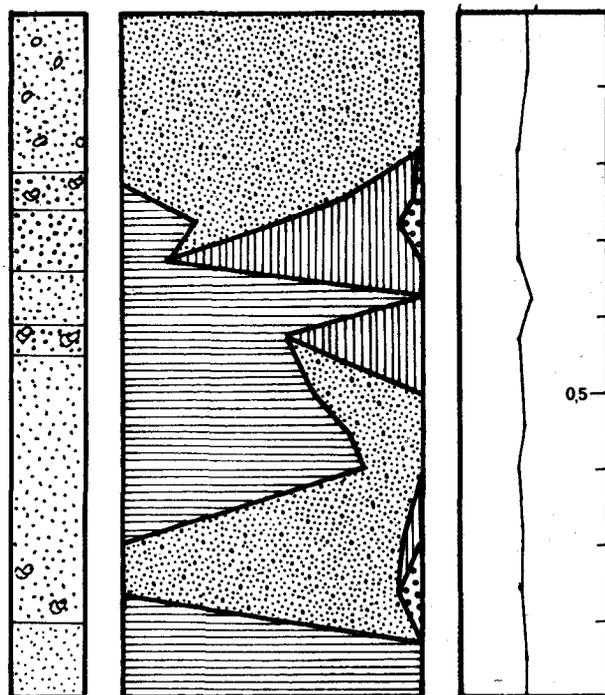
SARS 30



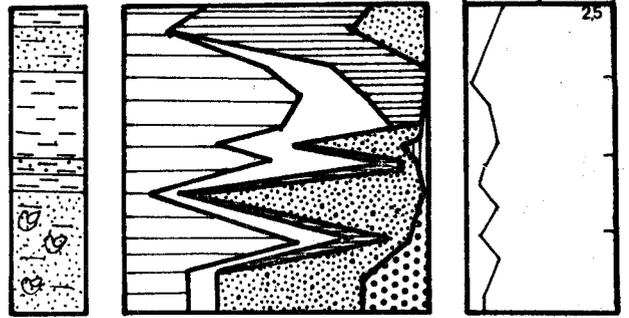
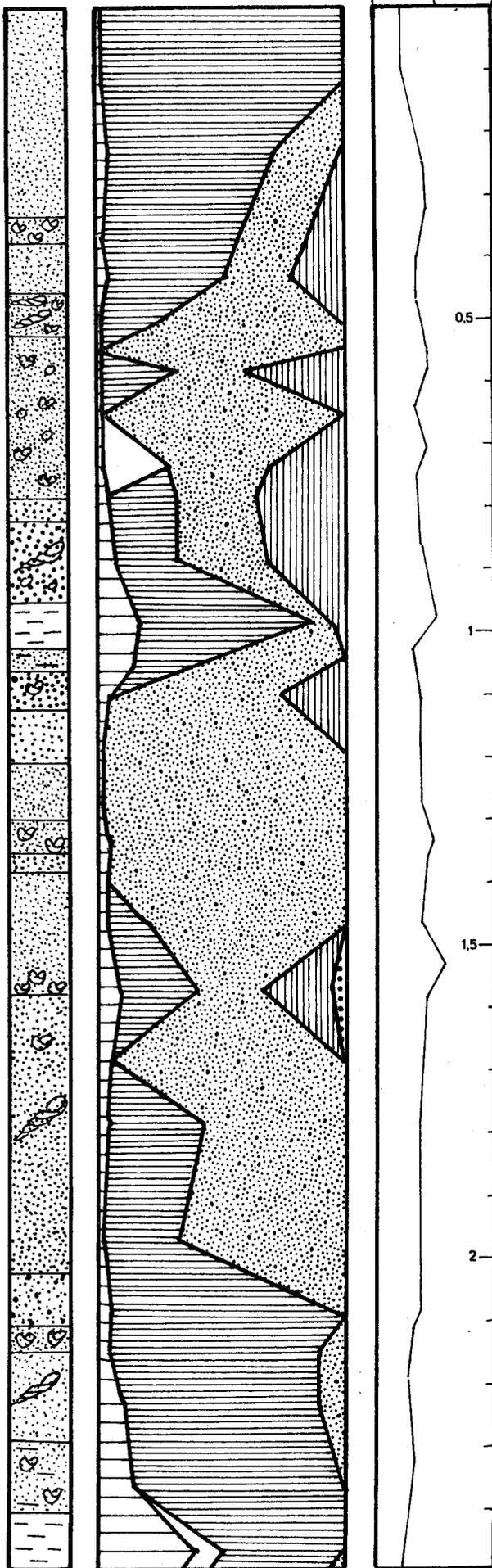
SARS 31



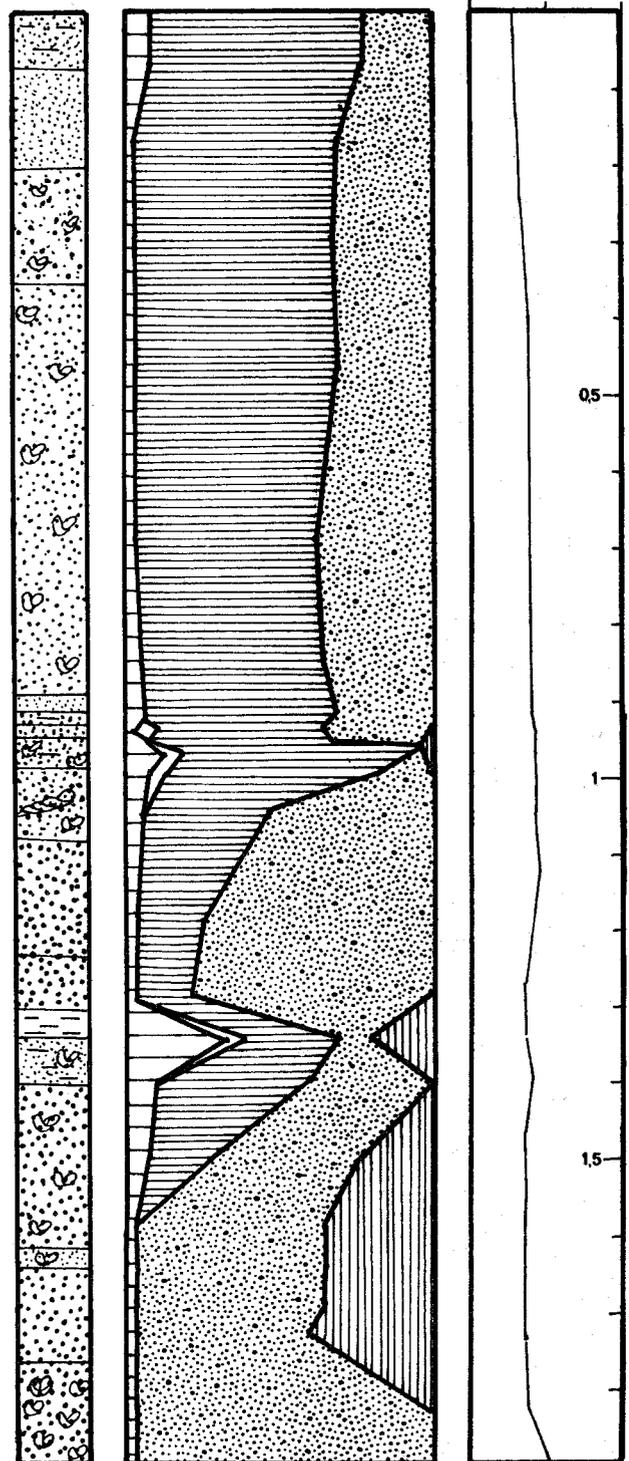
SARS 39



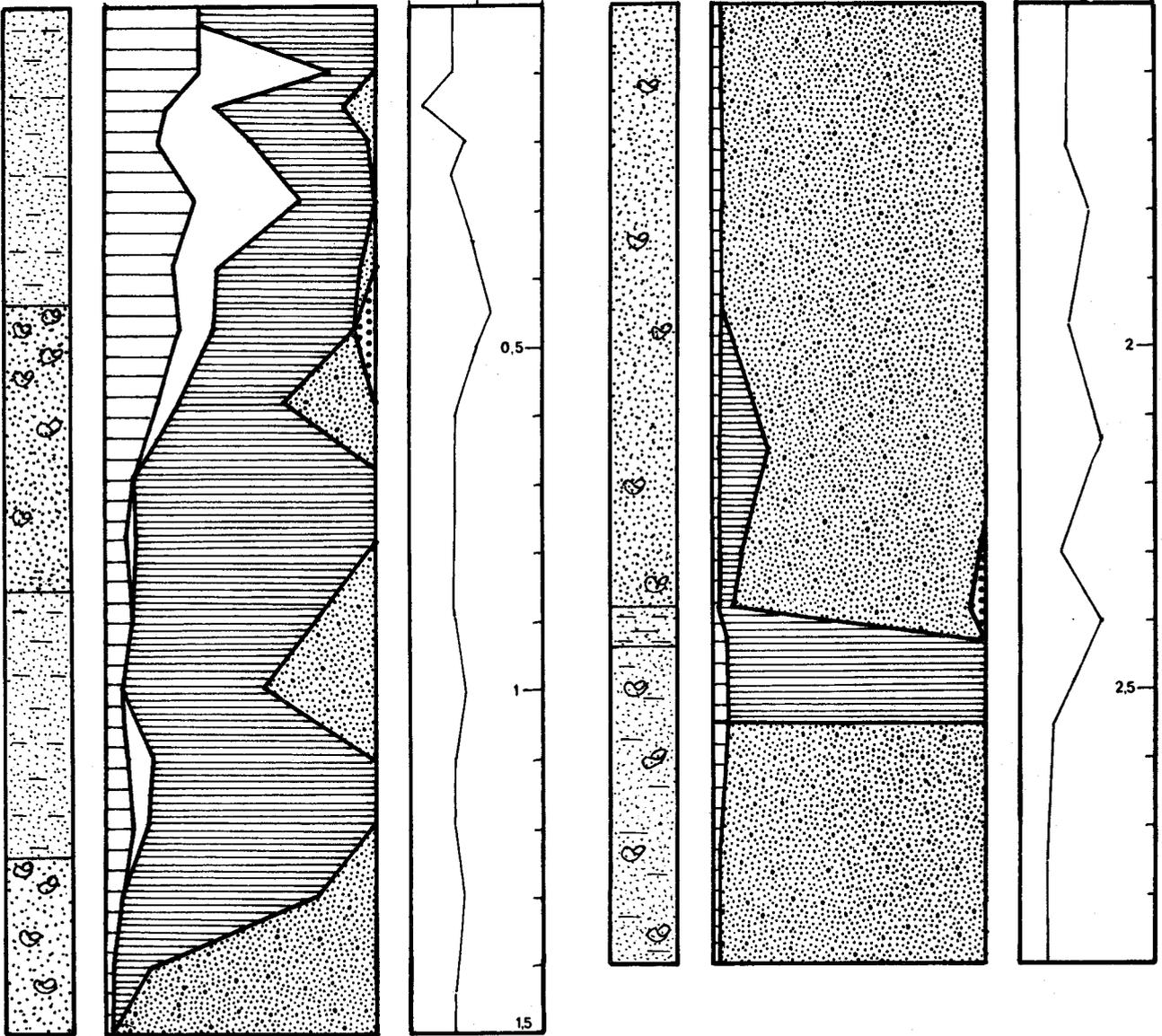
SARS 40



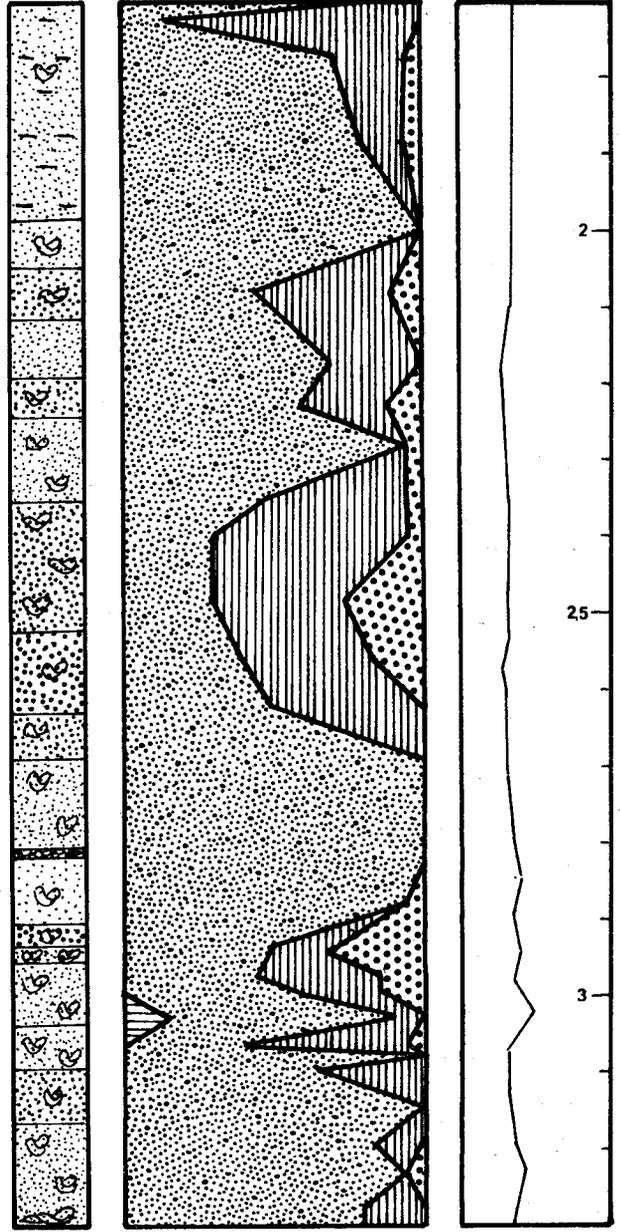
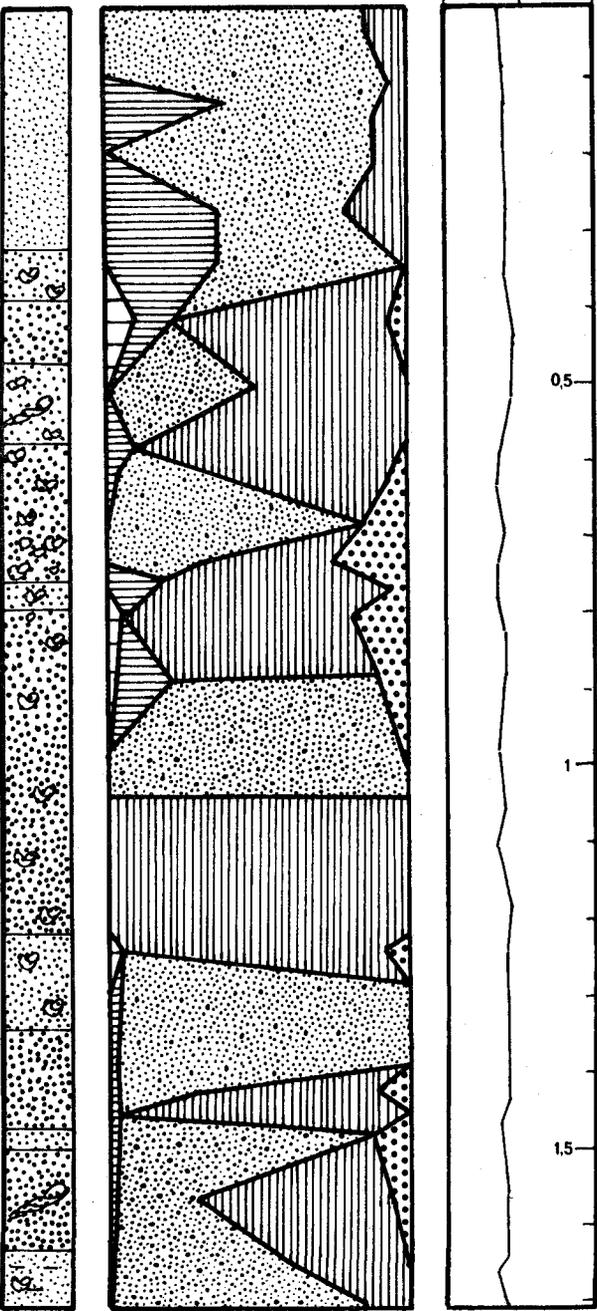
SARS 41



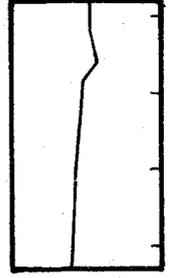
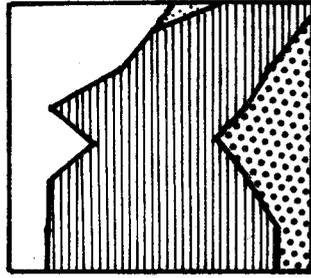
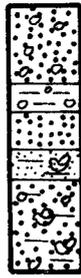
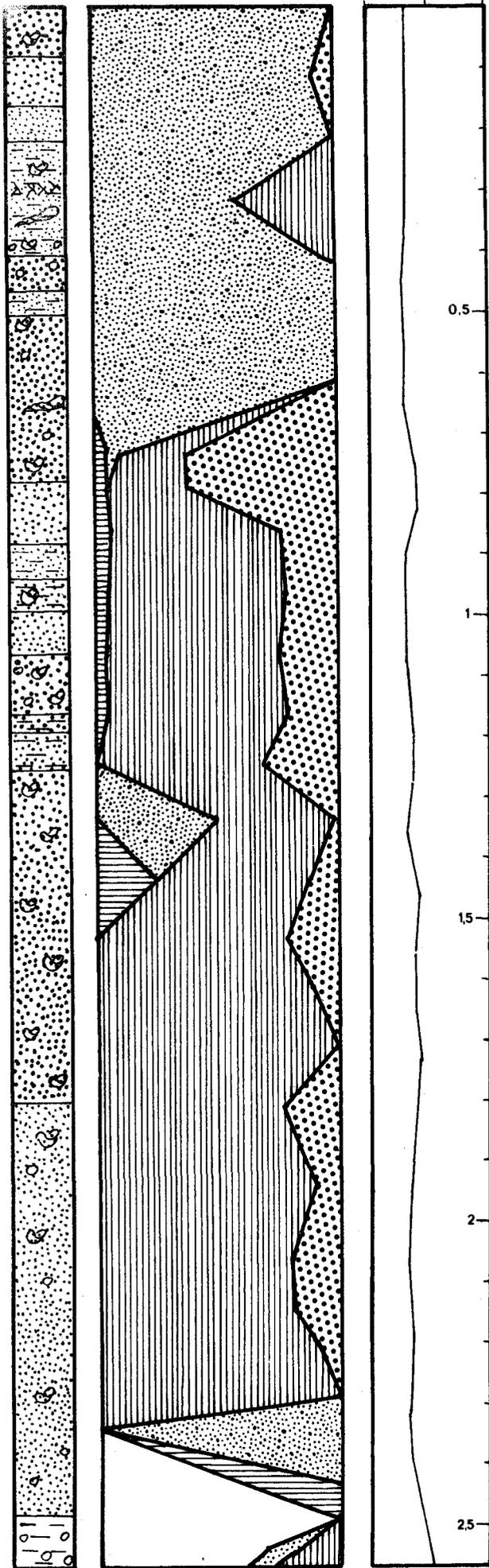
SARS 42



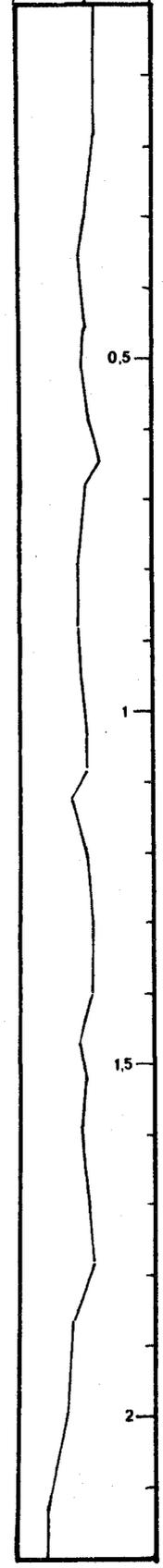
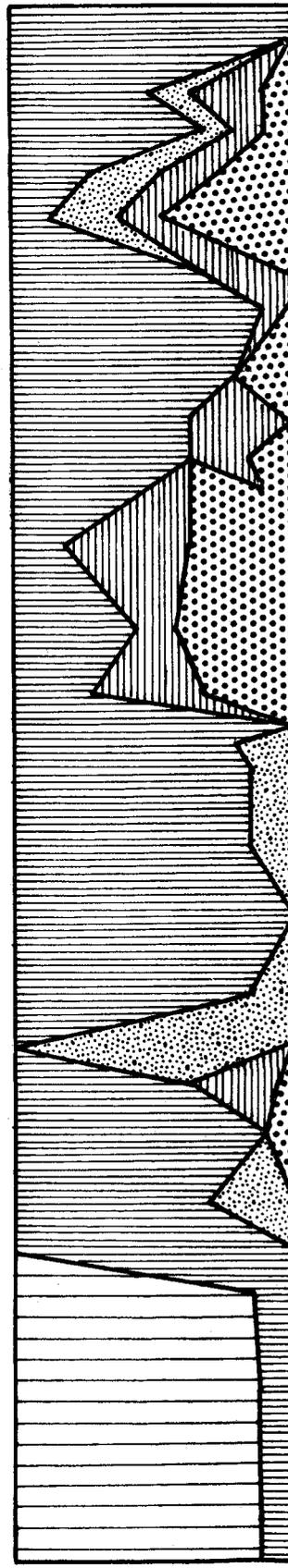
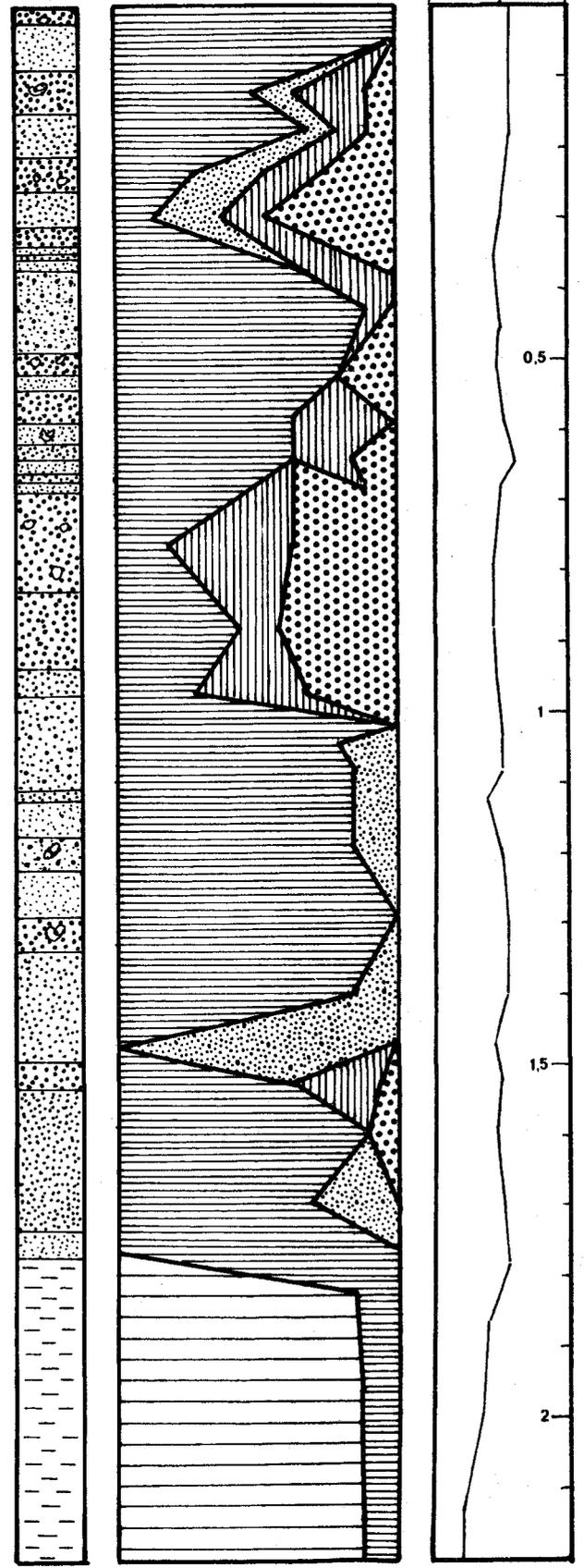
SARS 43



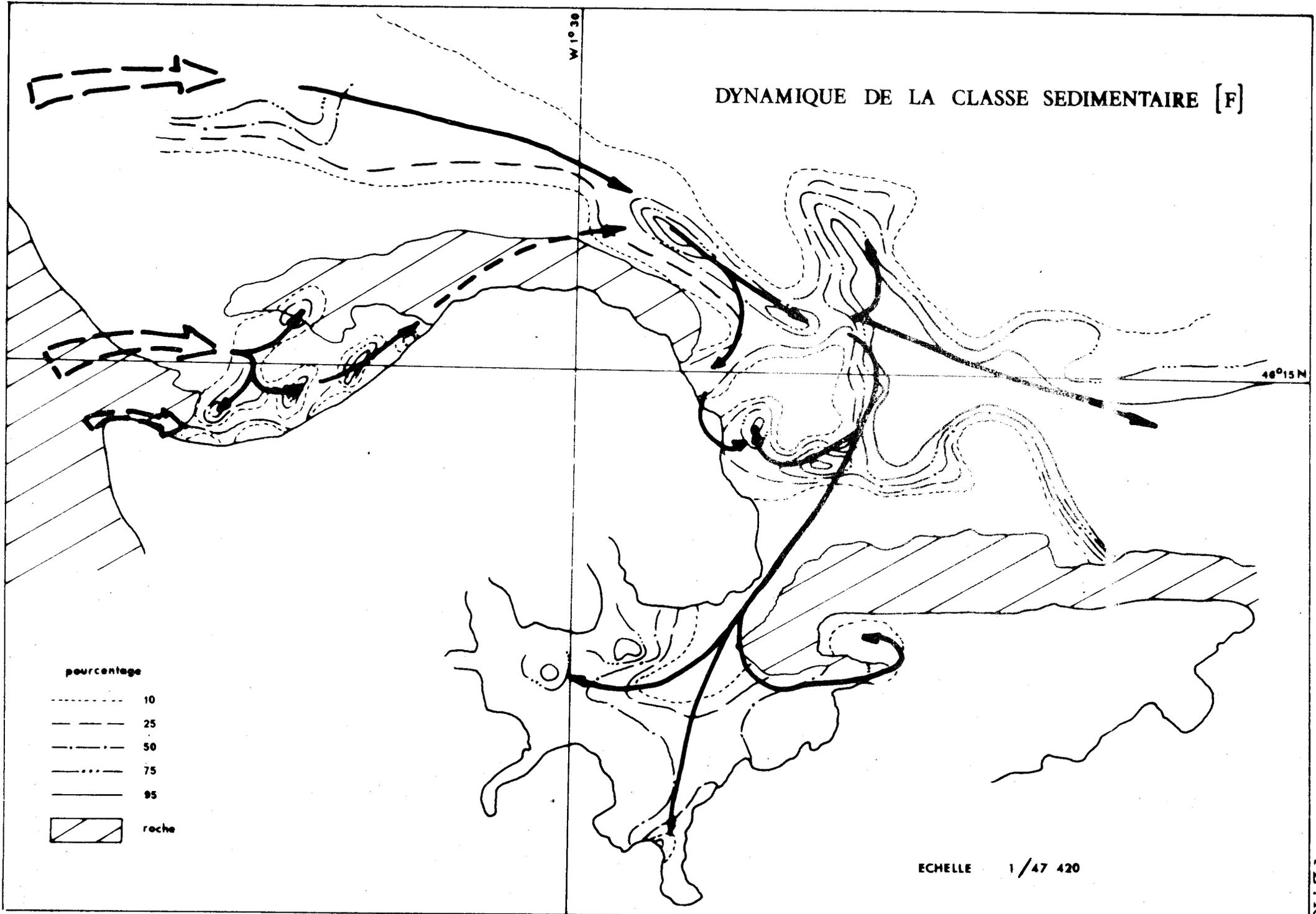
SARS 44



SARS 45



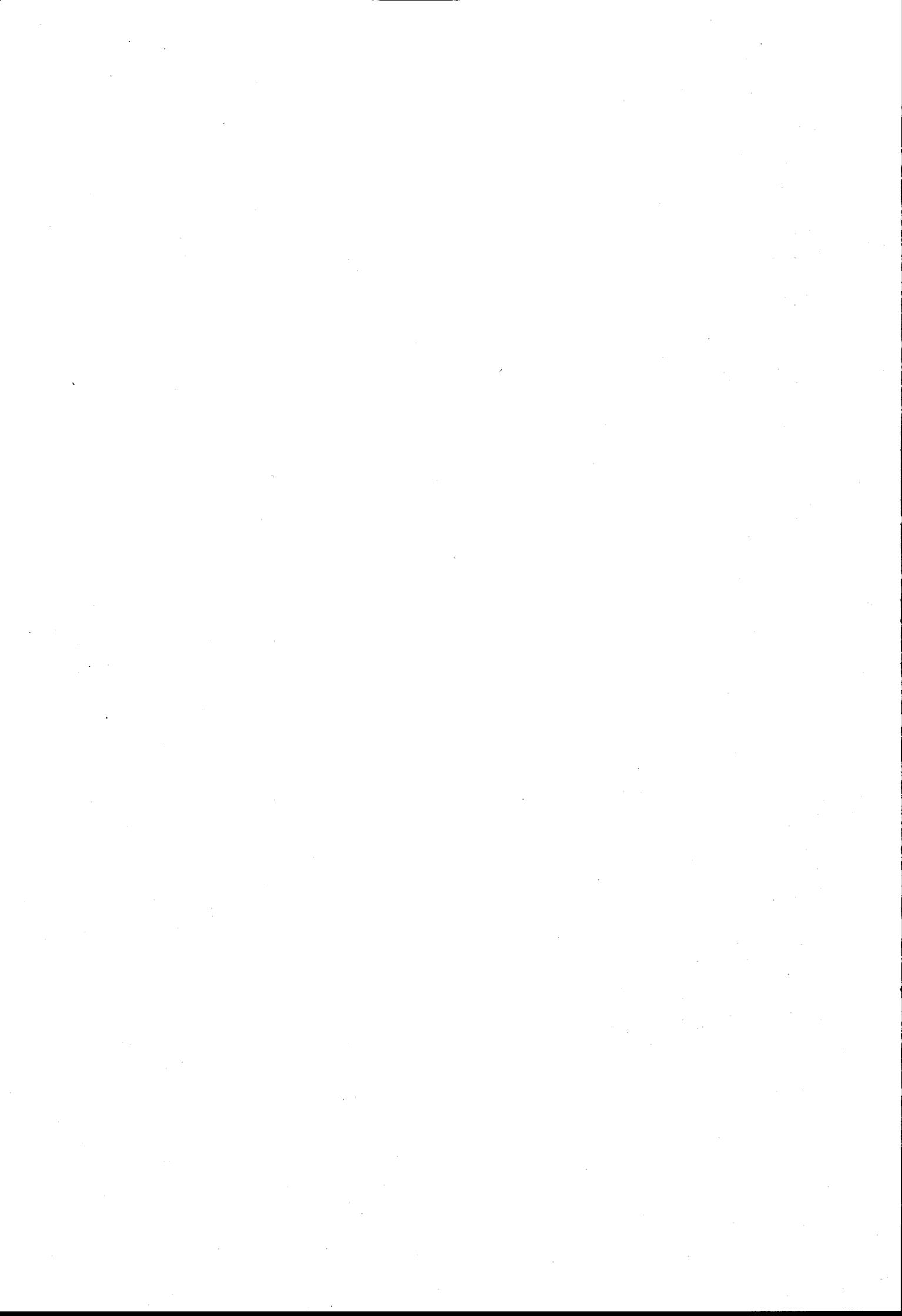
DYNAMIQUE DE LA CLASSE SEDIMENTAIRE [F]



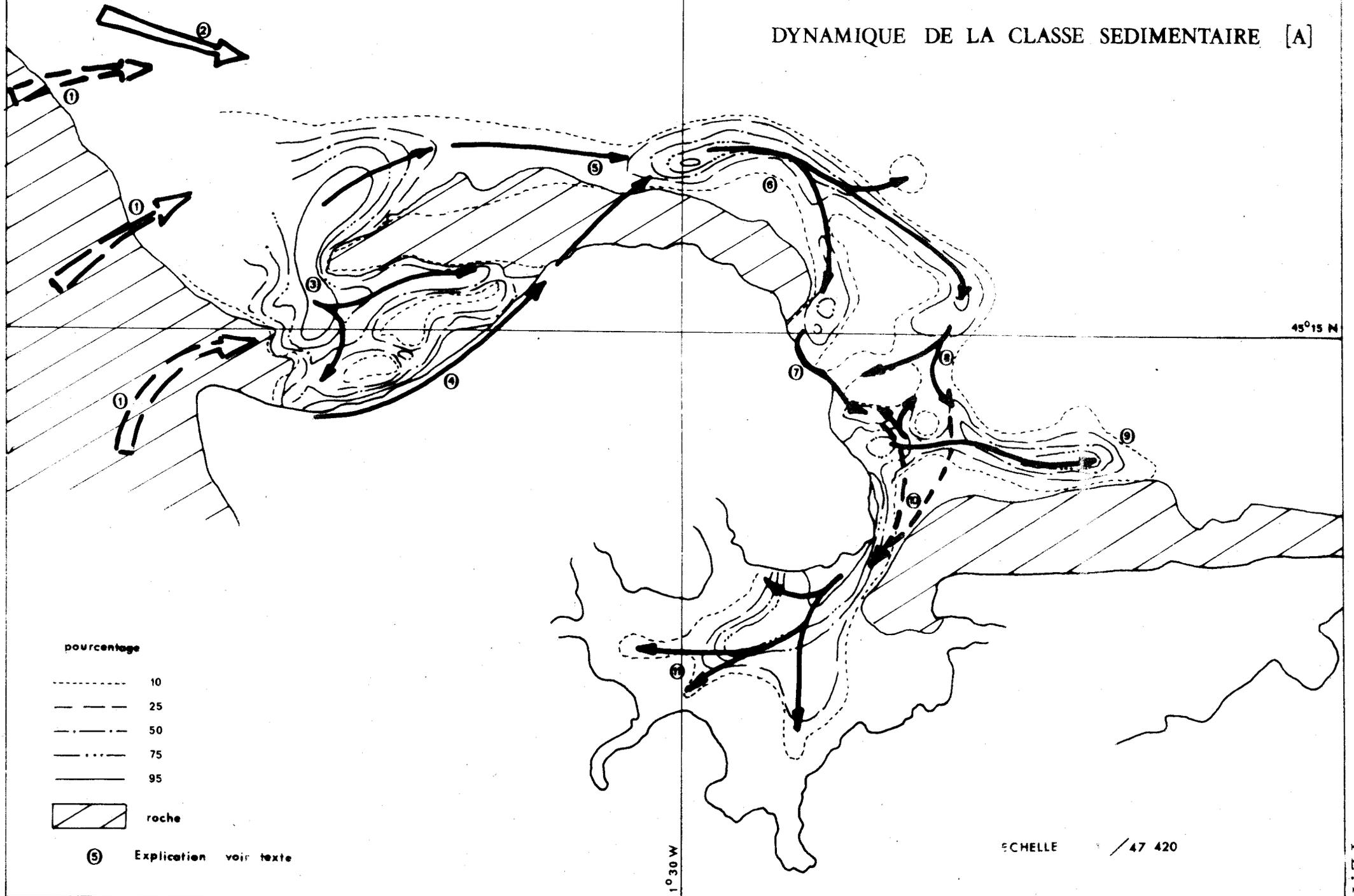
pourcentage

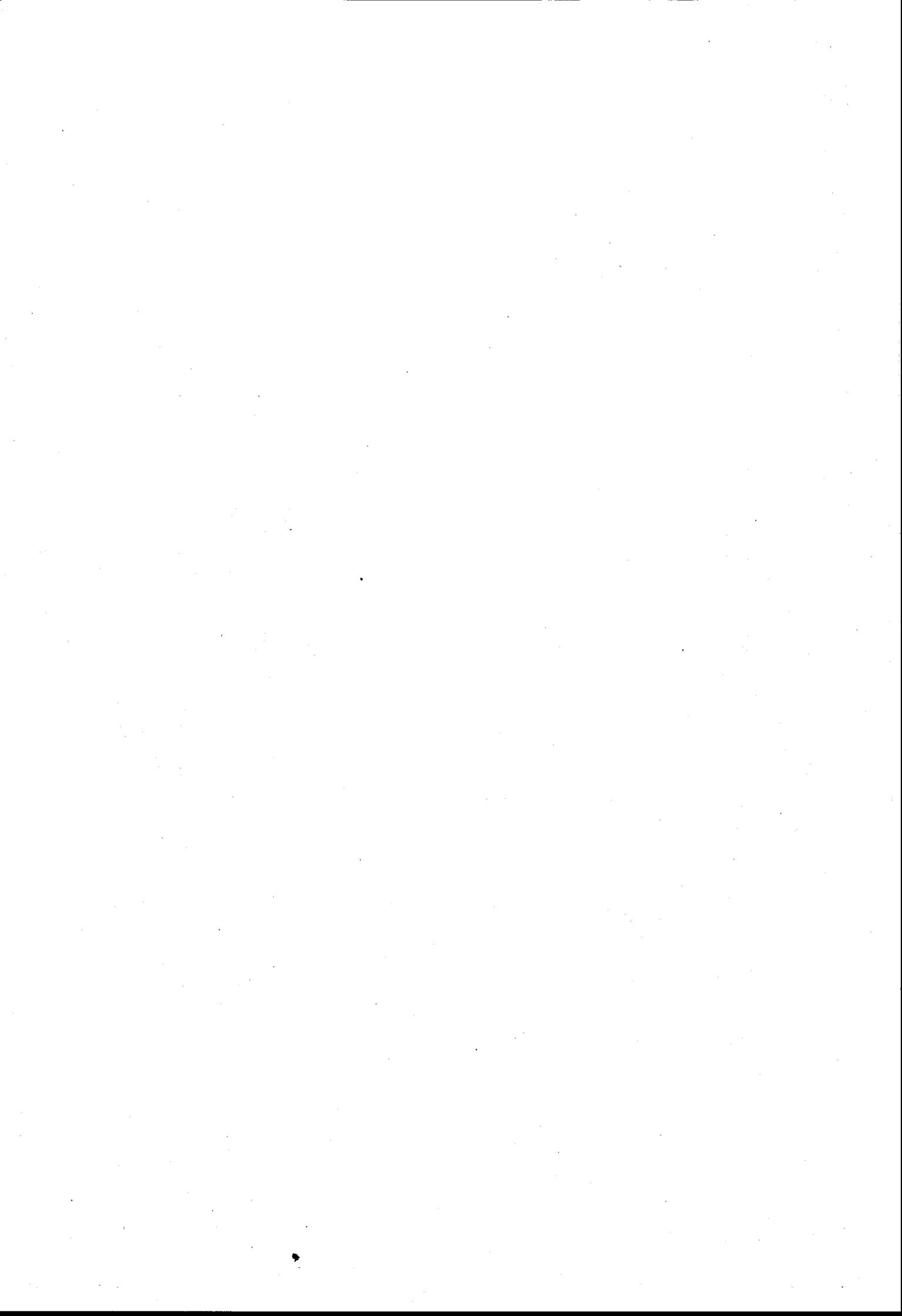
- 10
- 25
- . - . 50
- . . - 75
- 95
-  roche

ECHELLE 1/47 420

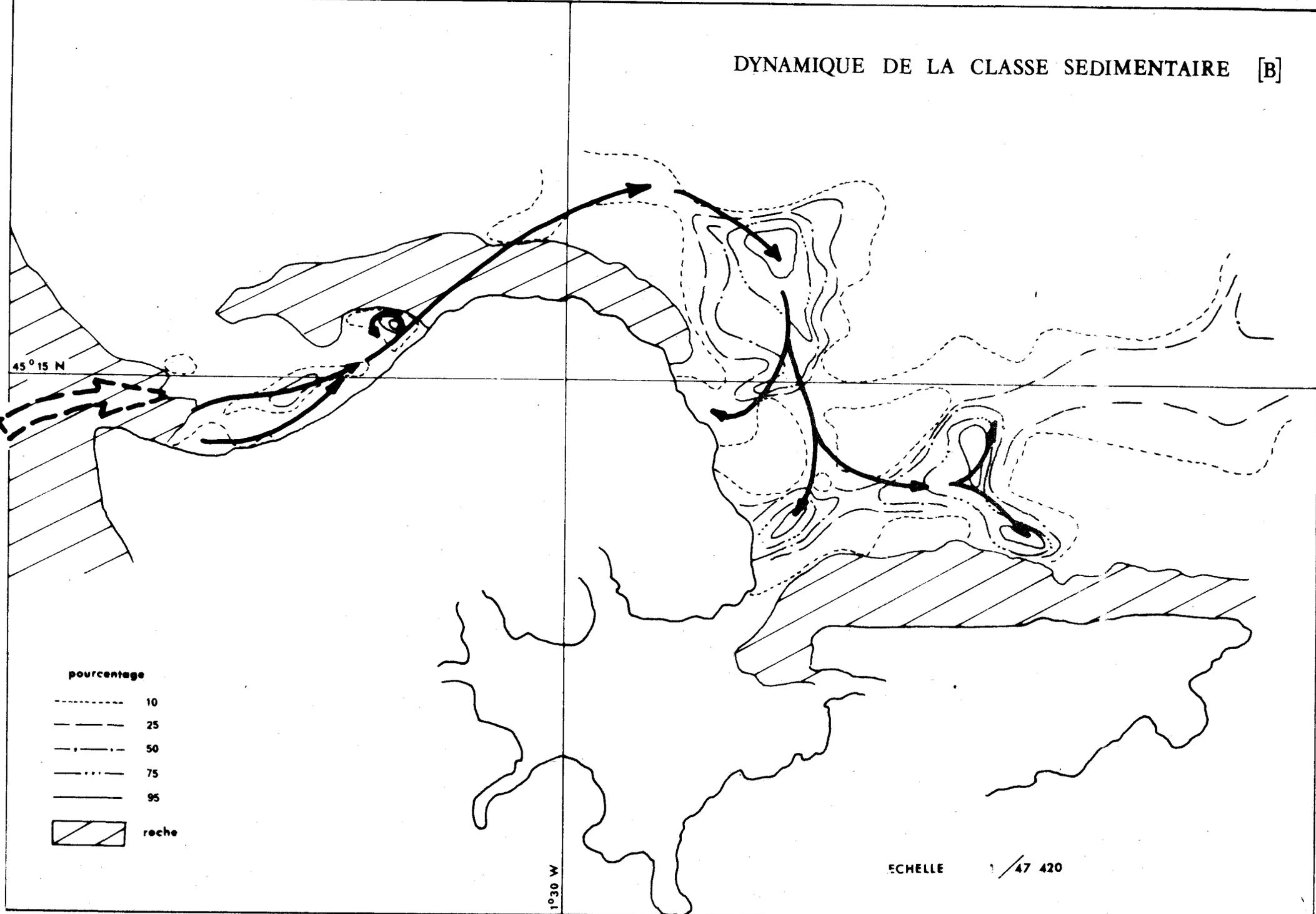


DYNAMIQUE DE LA CLASSE SEDIMENTAIRE [A]





DYNAMIQUE DE LA CLASSE SEDIMENTAIRE [B]

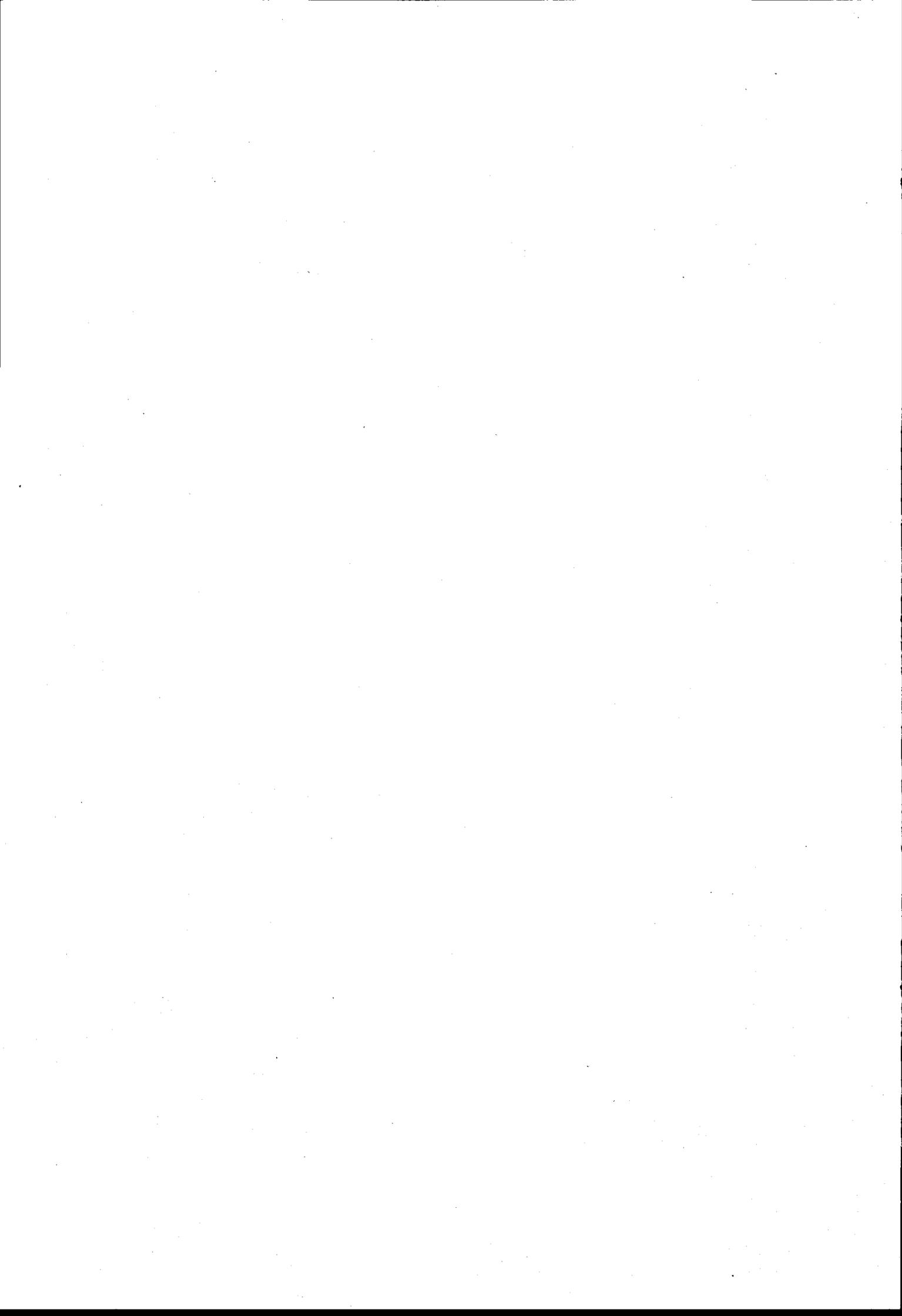


45° 15 N

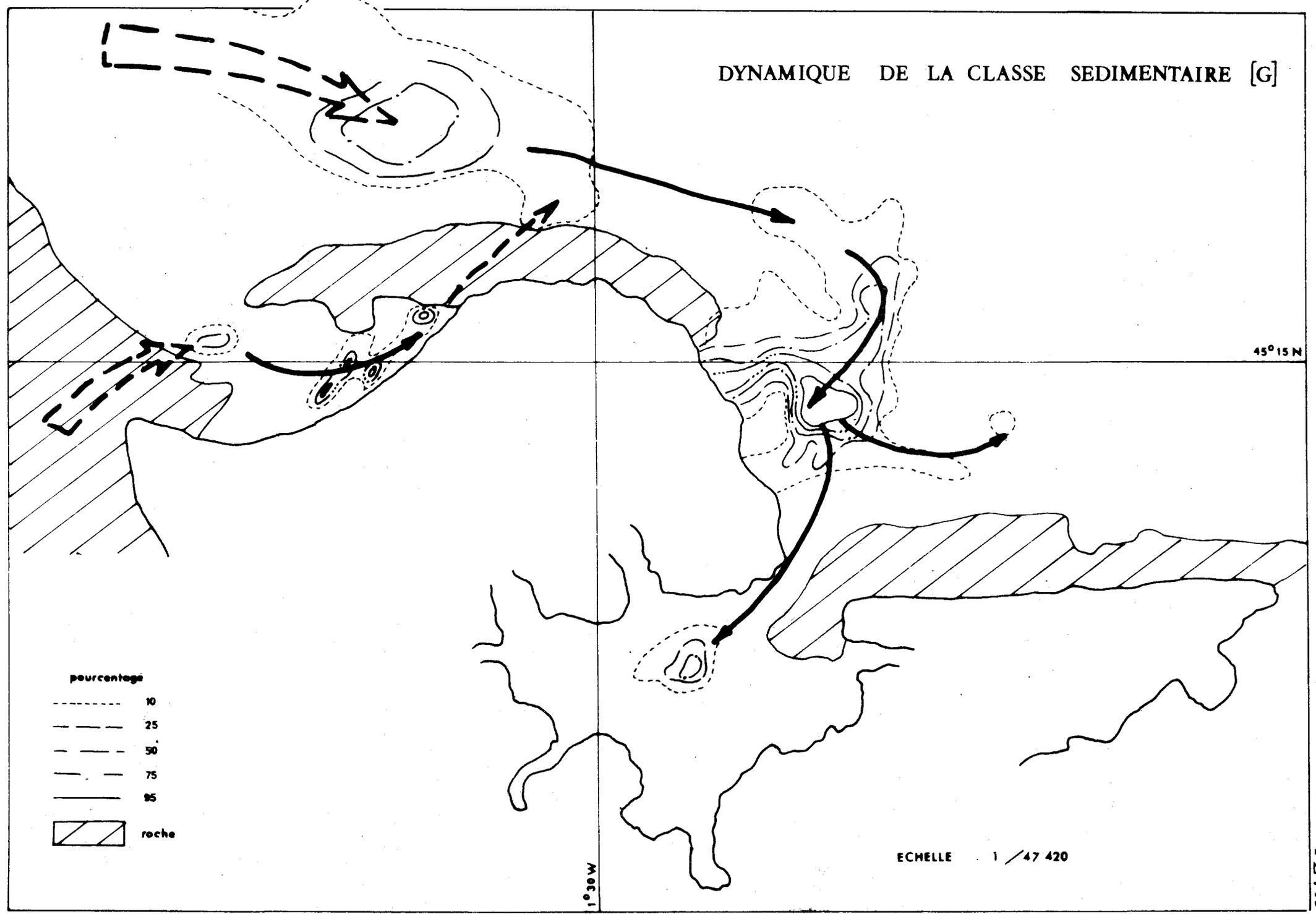
1° 30 W

ECHELLE 1/47 420

PL. 12



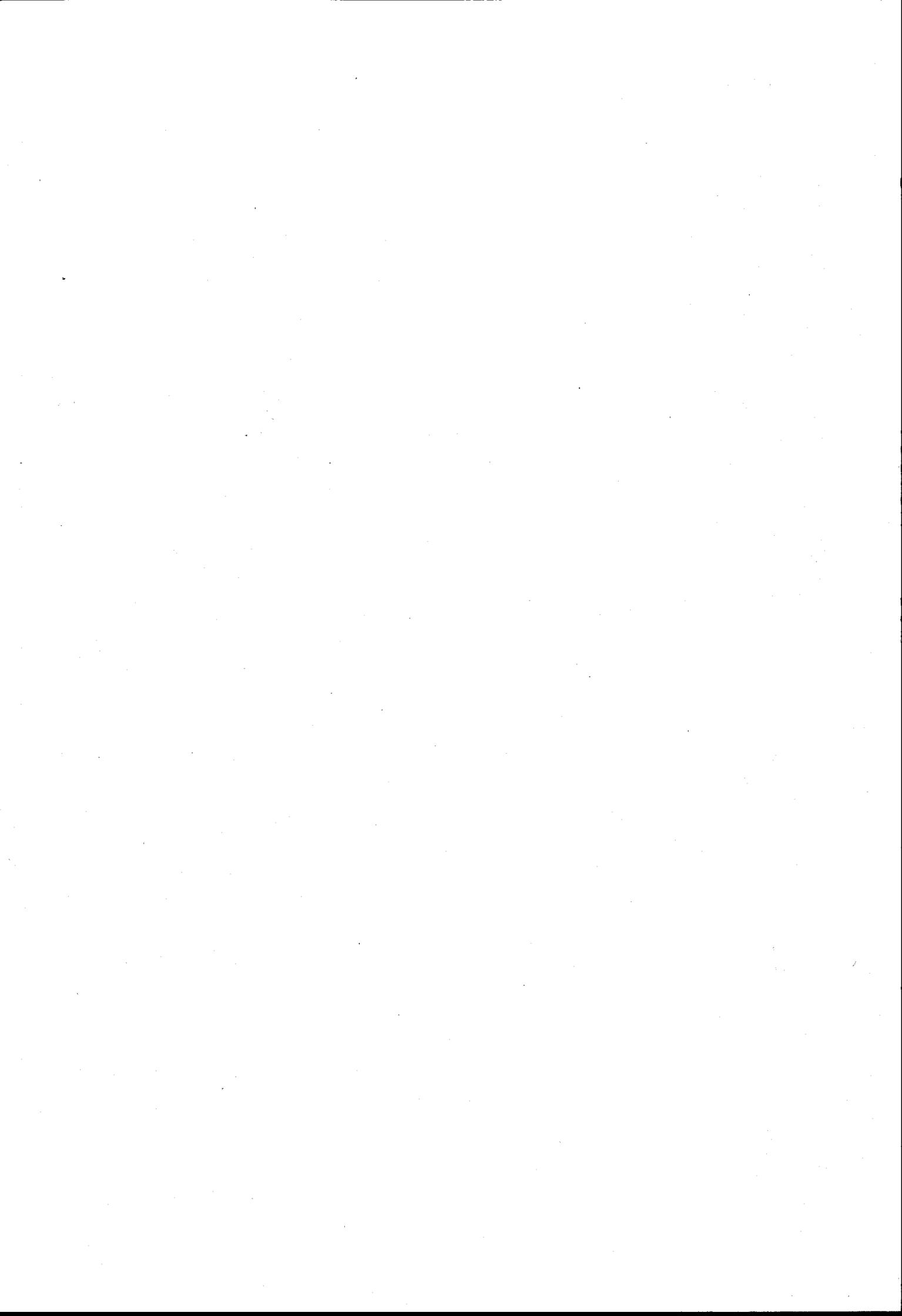
DYNAMIQUE DE LA CLASSE SEDIMENTAIRE [G]



45°15' N

ECHELLE 1 / 47 420

1°30' W





— Et alors ! D'où vous pensiez que
ca venait, le sable ?

Imprimé au Centre Universitaire de Perpignan
et au Laboratoire Arago de Banyuls-sur-mer

