

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCÉANS

DOCUMENTATION

GROUPE AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

LES GRANULATS MARINS
SILICEUX ET CALCAIRES
DU LITTORAL BRETON.

Note technique N°52

Juillet 1976.



Departement "Ressources Minérales".

Service de Géologie Appliquée.

3051

H713-1-DEB-G

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS

—○—

LES GRANULATS MARINS SILICEUX ET CALCAIRES

DU LITTORAL BRETON

—○—○—○—○—○—○—○—○—

Note préparée par :

J. DEBYSER et J.-P. LENOBLE CNEXO/DPR/D2

C. AUGRIS, A. CRESSARD, J. LEMAIRE COB/GA

DEPARTEMENT RESSOURCES MINERALES

SERVICE DE GEOLOGIE APPLIQUEE

LES GRANULATS MARINS SILICEUX ET CALCAIRES

DU LITTORAL BRETON

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

1 - CONTEXTE ECONOMIQUE DES ETUDES EFFECTUEES

1.1 - Importance économique des granulats

Les sables et graviers font partie de la branche "granulat" dans laquelle sont regroupés les sables et graviers d'alluvions, les matériaux concassés de carrières (éruptifs et calcaires) ainsi que les sous-produits industriels comme le laitier des hauts-fourneaux.

Ces granulats sont destinés à trois types d'emplois :

- les bétons pour lesquels on utilise principalement les sables et graviers d'alluvions ;

- la confection des routes dans lesquelles il faut distinguer les couches de roulement constituées de matériaux concassés à haute performance, et les couches de bases et de fondations dont le choix dépendra essentiellement du coût du matériau rendu au chantier ;

- les autres emplois relativement moins importants où le choix est surtout fonction de l'utilisation : ballast, remblaiement, etc.

Le tonnage de granulats exploité annuellement est d'environ trois cents millions de tonnes. Ce tonnage est supérieur à celui de toutes les autres substances minérales réunies exploitées en FRANCE, et, en dépit d'une valeur unitaire modeste, le chiffre d'affaires est également le plus important : 3,5 milliards (hors taxes) en 1973, soit 31 % de la valeur des produits extraits (produits énergétiques compris), (cf. tableau 1)

Substances	Volume 10 ³ t (1)	Valeur 10 ⁶ FF (2)	% en valeur
Granulats (alluvions + concassés)	332 000*	3 550*	31,65*
Houille	25 693	2 609	23,26
Minéral de Fer	16 572	740	6,60
Gaz naturel	(7 545 m ³)	708	6,31
Potasse (K ₂ O cont)	2 066	634	5,63
Matériaux pour fabrication des ciments	63 000*	600*	4,46*
Pierres calcaires et marbres	500*	400*	3,57*
Granit	200*	254*	2,26*
Gypse	650	222	1,98
Uranium	(1 518 t)	190	1,69
Soufre	1 753	154	1,37
Pétrole	1 254	150	1,34
Sel	6 304	137	1,22
Sables siliceux	8 000*	132*	1,18
Produits condensables du gaz naturel	705	128	1,14
Bauxite	3 299	121	1,08
Ardoise	96	110	0,98
Craie + dolomie	1 300	105	0,94
Argiles réfractaires	1 250	67	0,60
Spath fluor	400	79	0,70
Or	(2 694 kg)	37	0,33
Plomb	25	36,5	0,33
Kaolin	291	28,6	0,25
Talc-stéatite pyrophyllite	259	26,8	0,24
Feldspathe	228	21,1	0,19
Argent	56,7	20,7	0,18
Tungstène	695	17,2	0,15
Zinc	13,3	15,4	0,14
Barytine	110	10,1	0,08
Asphaltes	117	5,3	0,05
Vanadium	(154 t)	4,4	0,04
Quartz	190	3,7	0,03
Phosphate (micalcique)	5	0,4	} 0,01
Bentonite	2	0,4	
TOTAL (sans ciment)		1 1217,6	100

TABLEAU 1

Substances minérales extraites en 1973
(France Métropolitaine) classées par valeurs décroissantes

(1) en milliers de tonnes sauf indication contraire

(2) base 1 US \$ = 4,4 FF

* estimé

Sources : CALLOT P. 1975 (4)
INSEE 1975 (9)
WACRENIER Ph. 1975 (19)
MATTEOLI J. 1974 (16)

1.2 - Situation de la région bretonne

En BRETAGNE, la production de granulat se situait en 1973, aux alentours de dix-huit millions de tonnes, contre douze millions de tonnes en 1970, soit une augmentation de plus de cinquante pour cent en trois ans, à comparer à plus de dix-huit pour cent d'augmentation pour l'ensemble de la FRANCE. Signalons, toutefois, une caractéristique de la production bretonne : les granulats alluvionnaires ne représentent que 1/5e de la production totale, alors que sur l'ensemble de la FRANCE, ils représentent les 4/5e de la production, ceci étant dû à l'absence de grands gisements alluvionnaires en BRETAGNE. Pour combler ce déficit, la BRETAGNE fait appel aux sources suivantes :

- cordons dunaires sur le littoral,
- résidus d'exploitations minières,
- importation des régions voisines (Loire),
- sables marins fournis par des artisans sabliers.

Certaines de ces sources d'approvisionnement (cordons dunaires, exploitations minières) risquant à terme de disparaître, et la consommation continuant de croître à un rythme de 5 à 6 % par an, il est apparu intéressant d'étudier les possibilités offertes par les sables marins au-delà de la zone des trois milles.

Les travaux débutèrent en 1972 par la reconnaissance sismique des zones de SAINT-BRIEUC et de SAINT-MALO (cf. fig. 1), et furent poursuivis en 1973 au Sud de la BRETAGNE, entre BELLE-ILE et NOIRMOUTIER.

Cette même année, avec l'aide financière du Conseil Régional de Bretagne, du Conseil Général du Morbihan, fut entreprise une étude technico-économique sur l'exploitation des sables et graviers d'origine marine, confiée à la SERETE, en collaboration avec la cellule économique de Bretagne.

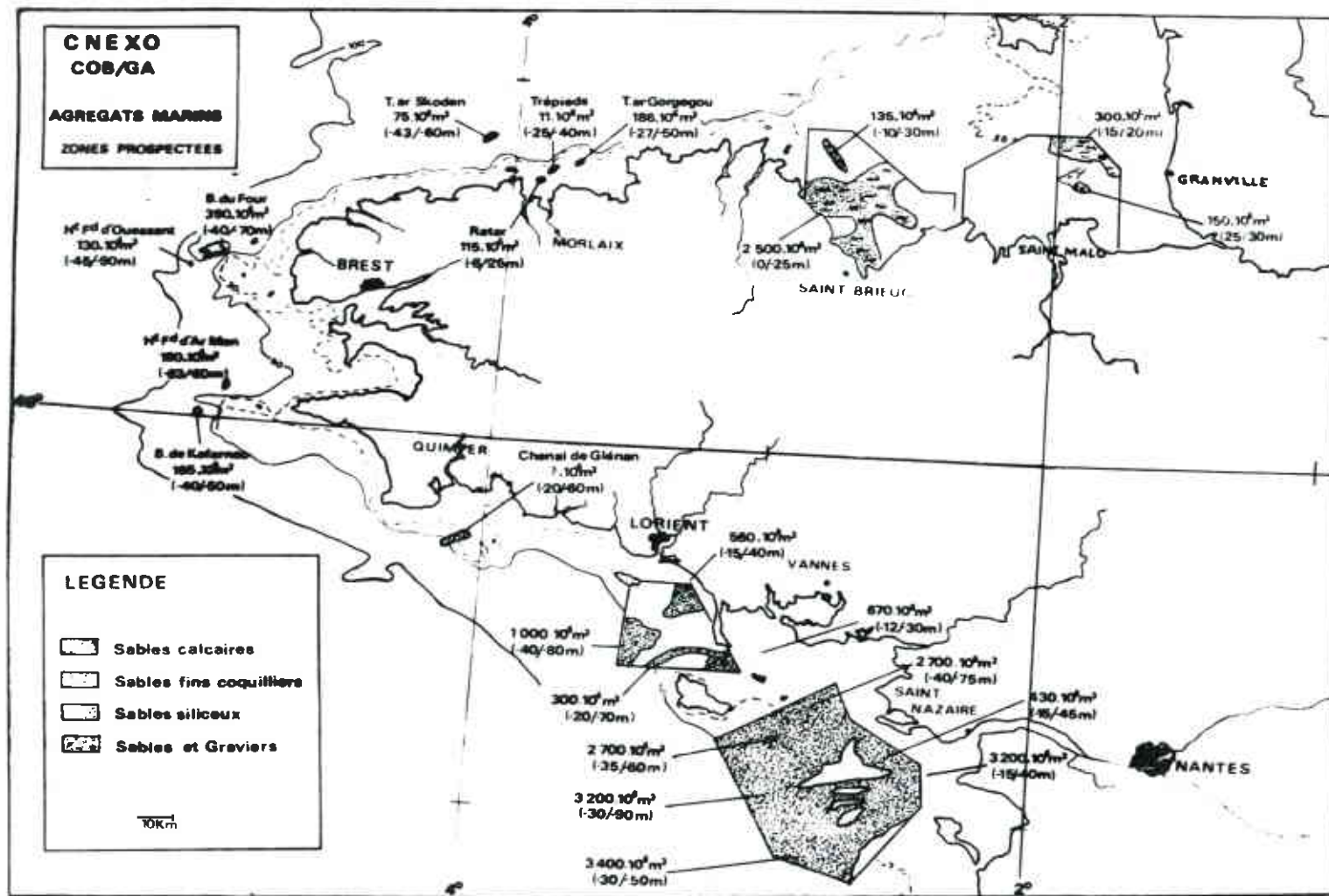


fig. 1

Par ailleurs, en collaboration avec les Ciments LAFARGE-FRANCE et la Société des Ciments Français, fut réalisée entre 1972 et 1974, l'étude d'accumulations de sables calcaires susceptibles d'être utilisés en BRETAGNE, dans la fabrication des ciments ou pour l'agriculture.

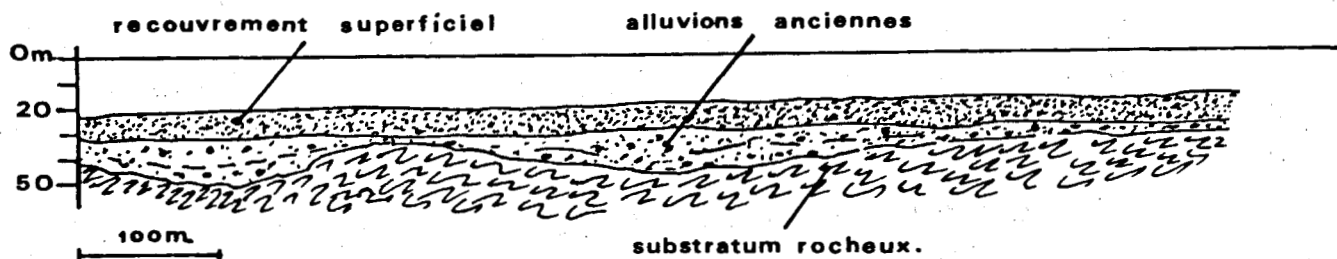
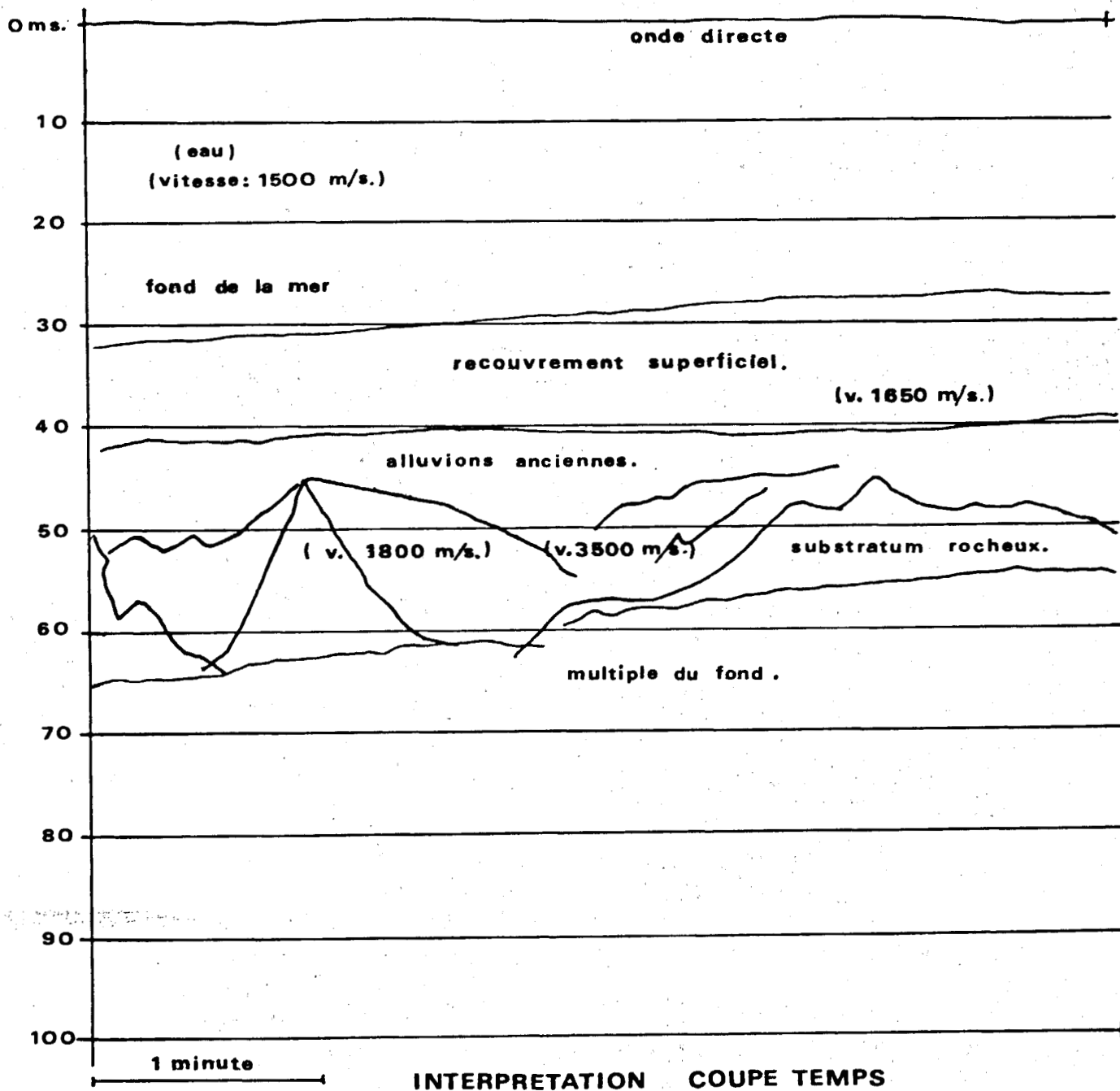
Les travaux furent réalisés par le BEICIP et le BRGM pour les études géophysiques, ALLUVIAL MINING, la SAPAM, le BRGM pour les sondages, le Laboratoire des Ponts et Chaussées de SAINT-BRIEUC, les Laboratoires des Sociétés Cimentières et du BRGM, ainsi que l'Université de NANTES, pour l'étude des matériaux.

2 - TRAVAUX EFFECTUES

Du fait de l'histoire géologique de la Bretagne, les accumulations de sédiments meubles sur le plateau continental n'ont pu se réaliser qu'à la faveur du remplissage de paléovallées lors des périodes de régressions (fig. 2), ou sous forme de dunes hydrauliques résultant de l'action des courants, au cours des transgressions (fig. 3).

Dans les deux cas, ils sont caractérisés par une proportion importante d'éléments fins, et souvent, en particulier pour les dunes sous-marines, par un taux élevé de carbonates d'origine biogène.

L'existence au large de ressources plus importantes n'est pas exclue, mais du fait de leur profondeur, ces accumulations échappent aux possibilités actuelles d'exploitation. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les travaux effectués à ce jour ont été orientés vers l'examen des zones situées à moins de trente mètres de profondeur, susceptibles de receler des gisements permettant une exploitation industrielle (1 à plusieurs millions de tonnes par an sur 20 ans).



COUPE INTERPRETATIVE (exagération verticale: 2X.)

ENREGISTREMENT DE SISMIQUE REFLEXION
(méthode sparker) d'une paléovallée -

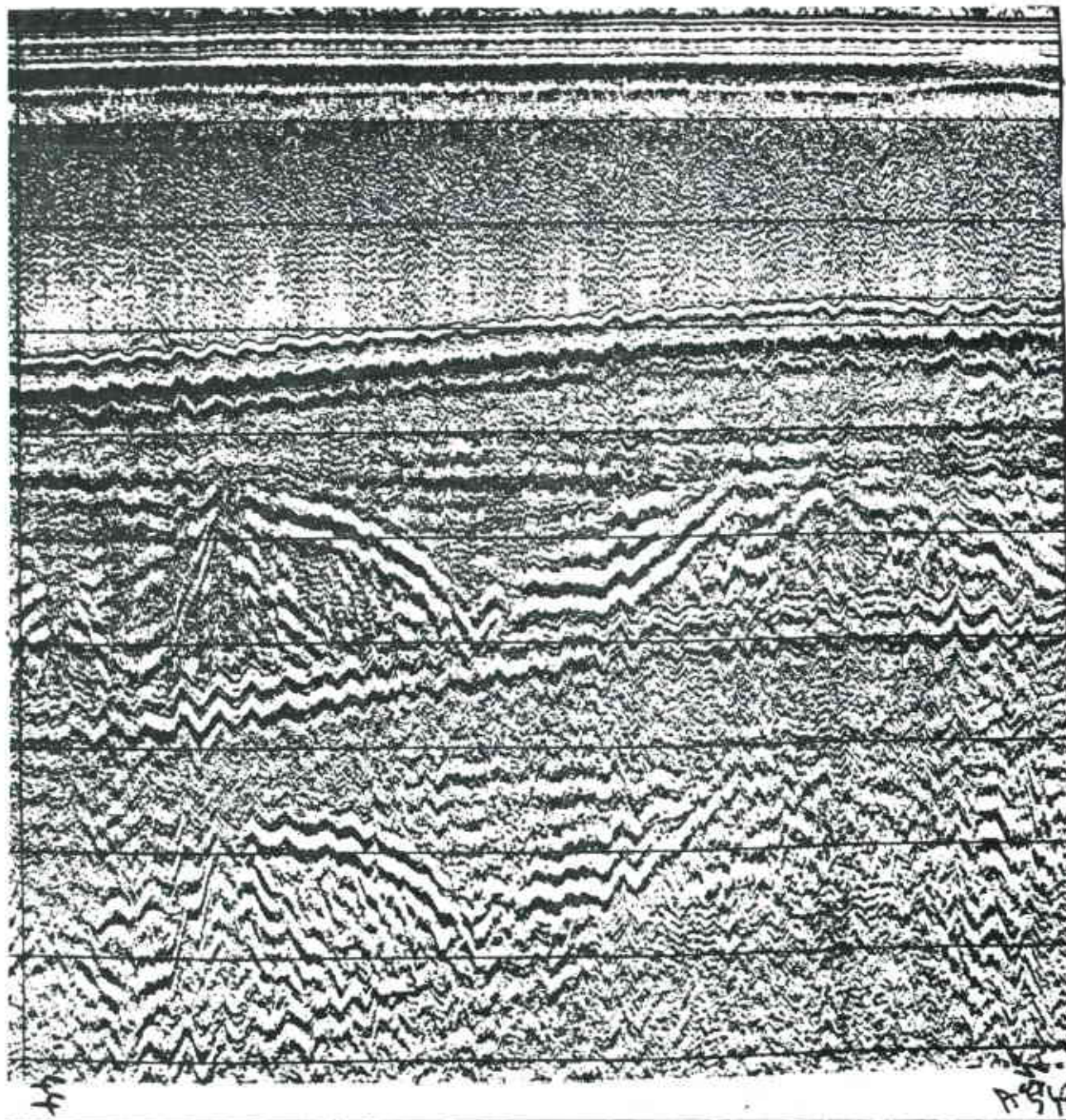
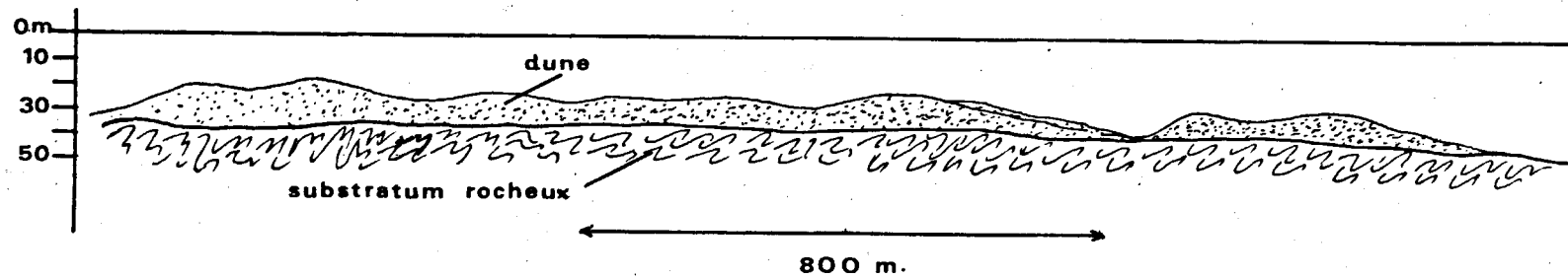
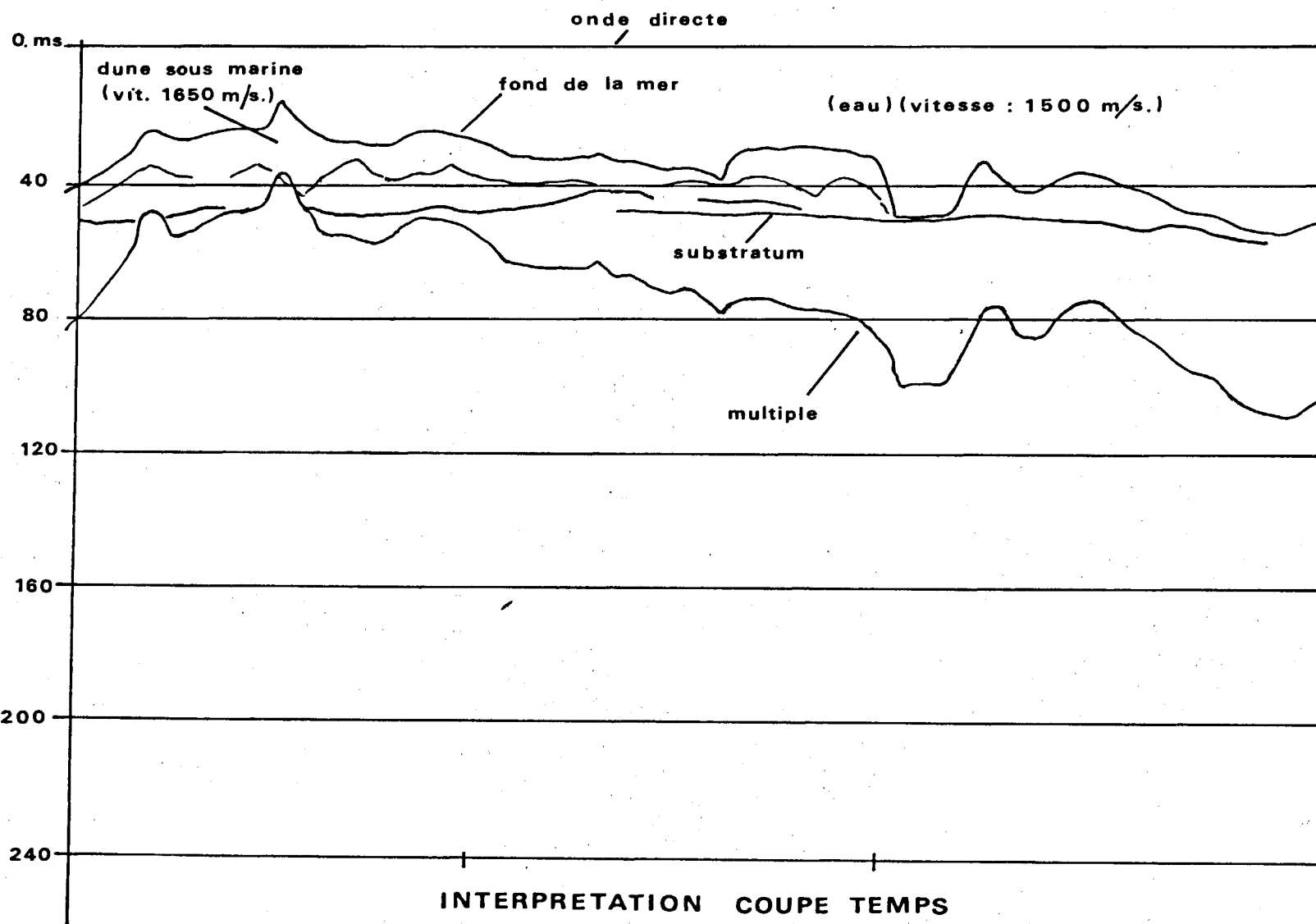


fig. 2



COUPE INTERPRETATIVE. (exagération verticale : 4 X.)

ENREGISTREMENT DE SISMIQUE REFLEXION
(méthode sparker) d'un système dunaire.

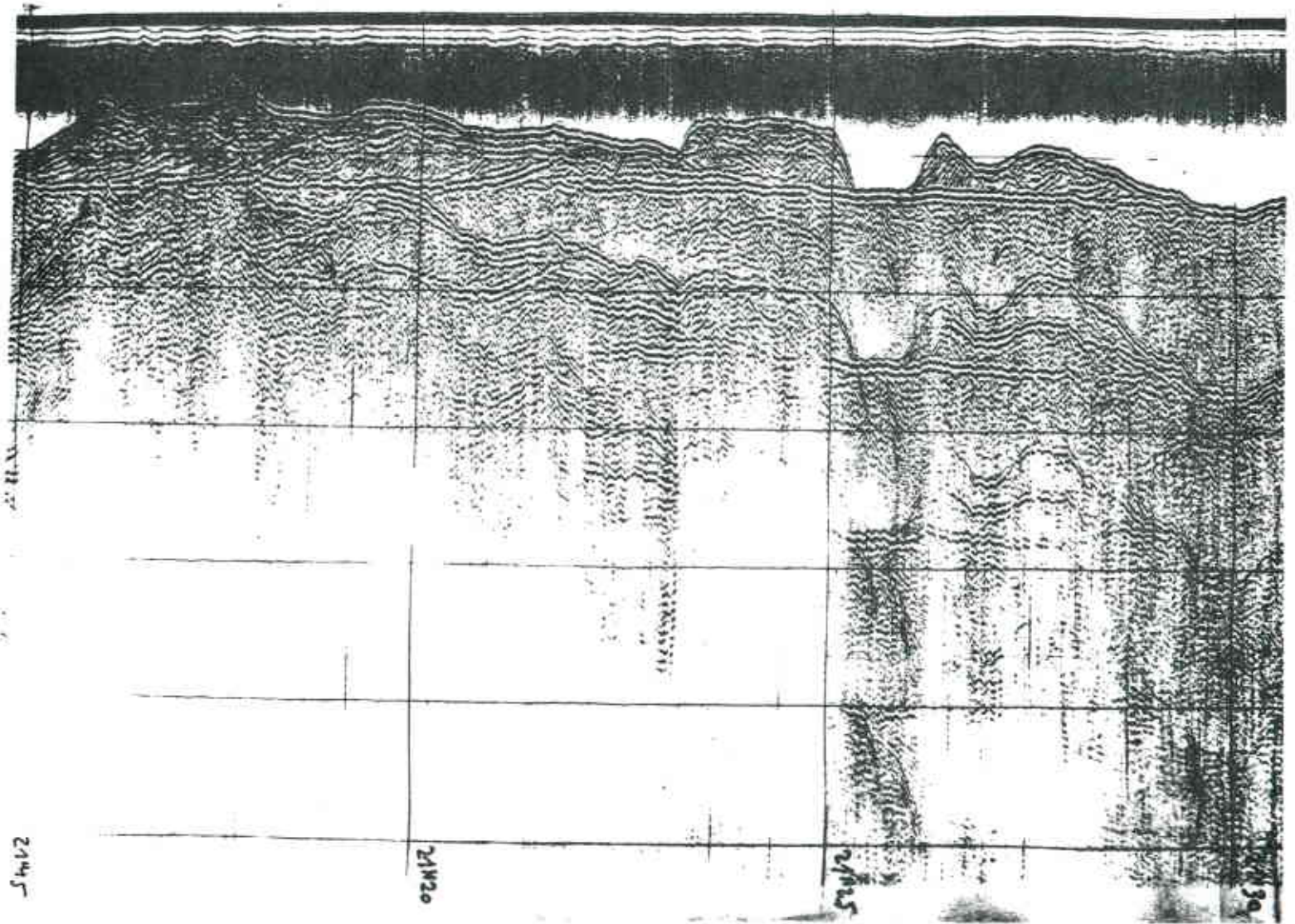


fig. 3

Après une étude préalable, cinq secteurs ont été retenus, (fig. 1) :

- le Golfe de Saint-Malo et la Baie de Saint-Brieuc ;
- la Baie de Morlaix ;
- la Mer d'Iroise (sensu stricto) ;
- la zone entre Groix et Belle-Ile au large de LORIENT ;
- l'estuaire profond de la Loire au large de SAINT-NAZAIRE,

sur lesquels des travaux de géophysique et de sondage ont été exécutés.

La méthode de prospection géophysique utilisée, sismique réflexion, permet la détermination des volumes de matériau meuble. Un ébranlement créé au niveau du navire par une décharge de condensateur entre deux électrodes, se propage dans l'eau d'une manière sensiblement identique à une onde lumineuse. En arrivant sur la surface du fond, une partie de l'onde mécanique est réfléchiée tandis que l'autre pénètre dans les sédiments. Le phénomène se reproduit à chaque interface séparant les niveaux sédimentaires. En mesurant les intervalles de temps entre les échos successifs au niveau du bateau, et en faisant une hypothèse sur les vitesses de propagation de l'onde dans les sédiments traversés, on peut déterminer l'épaisseur de ces formations.

La précision obtenue dépend, en fait, des erreurs faites :

- sur le choix des vitesses de propagation,
- sur la détermination des échos successifs, laquelle dépend de la pureté du signal émis par la source, du bruit de fond lié à l'état de la mer, et à l'équipement utilisé, du contraste des vitesses de propagation dans les divers niveaux sédimentaires.

Le calcul des volumes est, d'autre part, plus ou moins précis, suivant :

- la densité des profils effectués ;
- l'erreur de positionnement du bateau sur ces profils.

En pratique, la somme de ces erreurs n'est guère inférieure à 25 % du volume estimé. Elle peut dépasser 50 %.

Les sondages permettent l'évaluation de la nature des matériaux en réalisant un échantillonnage vertical des formations traversées à l'aide du prélèvement d'une carotte cylindrique de l'ordre de 10 cm de diamètre sur quelques mètres de hauteur. On étudie la granulométrie et la nature des matériaux ainsi prélevés.

3 - RESULTATS OBTENUS

3.1 - Golfe de SAINT-MALO

Au Sud-Ouest des Iles CHAUSEY a été mise en évidence une accumulation de sables et graviers d'un volume de 150 millions de m³ de tout venant par des fonds de 25 mètres.

Au nord-ouest de CHAUSEY, il y aurait plusieurs centaines de millions de mètres cubes de sables coquilliers par des fonds de 15 à 20 mètres.

La baie de SAINT-BRIEUC est couverte de sables fins coquilliers sur une épaisseur de 5 à 10 m constituant une accumulation de tout venant fin et carbonaté de l'ordre de deux milliards de mètres cubes, mais dont seulement 500 millions de m³ sont situés au-delà des trois milles.

A l'est de PAIMPOL, une dune entre -10 et - 30 m de profondeur contiendrait plus de 100 millions de m³ de sable calcaire biogène.

3.2 - Baie de MORLAIX

Quatre bancs ont été étudiés de l'Est vers l'Ouest et dont les dragages ont montré en surface une teneur de 70 à 80 % en carbonates :

Trezen ar Gorgegou : il comporte environ 180 millions de m³ de sable situés entre - 27 et - 50 m sous le niveau des basses mers, dont seulement 12 millions au-dessus de - 30 m.

Trépieds : environ 10 millions de m³ entre - 25 et - 40 m.

Rater : entre - 8 et - 25 m sous le niveau des basses mers ;
115 millions de m³.

Trezen ar skoden : entre - 43 m et - 60 m, il contient 75 millions de m³.

3.3 - Mer d'Iroise (sensu stricto)

Egalement quatre bancs recelant des sables organogènes et dont la teneur en carbonates varie entre 90 et 95 % :

Banc du Four : situé entre - 40 et - 70 m sous le niveau des basses mers, il représente un volume de 390 millions de m³ de sables organogènes.

Haut fond d'Ouessant : entre - 45 et - 90 m, il contient 130 millions de m³.

Haut fond d'Ar men : entre - 63 et - 80 m, il comporte 190 millions de m³ de matériaux.

Banc de Kafarnao : contiendrait 165 millions de m³ entre - 40 et - 50 m.

3.4 - Région de LORIENT

L'étude sismique préliminaire a mis en évidence plus de deux milliards de mètres cubes de matériaux meubles répartis comme suit :

- 560 millions de m³ au sud ouest de la Pointe d'Erdeven (QUIBERON) entre - 15 et - 40 mètres sous le zéro des basses mers ;
- 670 millions de m³ entre Quiberon et Belle-Ile dans les Bancs des Poulains et de Taillefer, entre - 12 et - 30 m (dune hydraulique);
- 300 millions de m³ de remplissage de la paléovallée de la Teignouse dans la même zone, entre - 20 et - 70 m, dont une partie se trouve sous la dune précédente ;
- 1 milliard de m³ de matériau au sud de l'Ile de Groix entre - 40 et - 80 m sous le zéro des basses mers.

L'étude détaillée s'est attachée à définir par sondage les caractéristiques des matériaux situés au-dessus de 25 - 30 m de profondeur.

C'est ainsi qu'ont été mis en évidence, dans la zone d'Erdeven, 18 millions de m³ de matériau correspondant aux spécifications requises pour les sables à béton, dans la tranche des six premiers mètres de sédiments, entre - 18 et - 30 mètres sous le zéro des basses mers.

Le reste des volumes prospectés par sondage (environ 35.10^6 m³) possède un pourcentage de fines trop important pour être directement utilisable.

La partie supérieure de la dune de Taillefer est constituée de sables coquilliers (teneur en calcaire 25 à 75 %), présentant 40 % d'éléments fins (inférieurs à 0,315 mm), et ne semble pas pouvoir être utilisée pour les sables à béton.

3.5 - Région de SAINT-NAZAIRE

La prospection par sismique a couvert une surface de 1 900 km² entre l'Ile de NOIRMOUTIER et BELLE-ILE.

Le volume total de matériau meuble mis en évidence jusqu'à l'isobathe de 55 m s'élève à 15 milliards de mètres cubes, se répartissant comme suit :

- paléovallée de la Vilaine à l'Est de Belle-Ile : on y décèle 2,6 milliards de m³ de matériaux entre - 40 et - 75 m sous le niveau des basses mers, sur une surface de 190 km². Une partie de ces matériaux serait constituéé par des sables roux formant en particulier la "Dune de Hoedic" (250 millions de mètres cubes).

- Banc de Guérande : surface totale recouverte de matériau 360 km², soit un volume de 2,7 milliards de mètres cubes, principalement composé de sables roux entre - 35 et - 60 m.

- paléovallée de la Loire : en amont de l'isobathe - 30 m, elle contiendrait 3,2 milliards de mètres cubes répartis sur 150 km² entre - 15 et - 70 m sous le niveau des basses mers. Une partie de cette zone (132 km²) a fait l'objet d'une reconnaissance détaillée en sismique réflexion, confirmant l'existence de 2,5 milliards de mètres cubes de matériau meuble.

Vingt sondages ont été réalisés dans les six premiers mètres de sédiments, sur une surface totale de 21 km², mettant en évidence au nord-ouest de Noirmoutier (LE PILIER) une accumulation de 24 millions de mètres cubes de sables utilisables pour la confection de bétons, sur une superficie de 6 km² entre - 17 et - 25 m. Le reste de la zone sondée présente des sables ayant une proportion de fines trop importante pour un usage immédiat comme sables à béton.

En aval de cette zone (SW), la paléovallée de la Loire se subdivise. Sa partie nord comporterait un remplissage de 3,2 milliards de mètres cubes sur une surface de 150 km² entre - 30 et - 90 m sous le niveau des basses mers. Au sud, on compte sur une superficie de 360 km², un volume de matériaux meubles de 3,4 milliards de mètres cubes, entre - 30 et - 50 m.

Plus proche de la côte, au sud de CROISIC, une accumulation de 430 millions de mètres cubes s'étend sur 43 km² entre - 15 et - 45 m sous le niveau des basses mers.

4 - RESSOURCES ET RESERVES

4.1 - Ressources

Les études entreprises depuis 1972 ont ainsi mis en évidence 20 milliards de mètres cubes de matériaux meubles, sables et graviers siliceux et calcaires. Les travaux n'ont porté que sur une partie des zones littorales comprises entre 0 et 50 m de profondeur d'eau. Il reste certainement d'autres ressources à découvrir, mais pour la plupart en-dessous de 50 m de profondeur d'eau et échappant par suite aux possibilités actuelles d'exploitation.

4.2 - Conditions imposées aux ressources pour devenir réserves

Si les ressources sont abondantes, les réserves exploitables démontrées sont beaucoup plus faibles. En effet, pour que les ressources puissent être actuellement considérées comme réserves exploitables*, il faut :

- qu'elles soient situées à moins de 25 à 30 mètres sous le niveau des plus basses mers, afin d'en permettre le dragage avec les équipements actuellement disponibles,

- qu'il n'existe dans leur voisinage aucune activité humaine, que la mise en exploitation du gisement pourrait gêner (pêche, conchyliculture, nautisme, câbles sous-marins, routes maritimes, zones interdites (Défense Nationale),

- qu'elles soient en dehors de secteurs reconnus comme essentiels à l'équilibre écologique du milieu marin : aire de pontes de poissons, faune et flore benthique assurant le renouvellement de la nourriture des espèces commerciales, etc.

Les deux considérations précédentes avaient conduit en première analyse à rechercher des gisements potentiels au-delà de trois milles des côtes.

* Voir au sujet de la distinction réserves - ressources les articles cités en référence de C. GUILLEMIN (n° 7) et du U. S. Geological Survey (n° 3), voir liste bibliographie).

- que la nature des matériaux (granulométrie, minéralogie) en permette l'utilisation pratiquement immédiate avec le minimum de résidus ; en effet, le rejet en mer risquant d'entraîner une pollution du gisement et certaines perturbations du milieu marin, il faudra transporter ces résidus dans des zones de rejet, jugées moins sensibles, ce qui entraînera d'importantes augmentations du prix de revient,

- qu'elles soient pratiquement exemptes de recouvrement inutilisable, lequel poserait un problème similaire de rejet.

Si l'on tient compte de toutes ces contraintes, les réserves exploitables, actuellement connues, se réduisent à quelques dizaines de millions de mètres cubes.

4.3 - Evolution spatiotemporelle de ces conditions

La plupart de ces conditions sont évolutives dans l'espace et dans le temps. Ainsi, les besoins actuels de la BRETAGNE, semblent plutôt s'orienter vers les sables à béton, alors qu'en Baie de Seine, il est surtout recherché des graviers. Le démarrage de certains projets d'équipement peut entraîner, pour cette catégorie de matériaux, un accroissement temporaire de la demande à laquelle les structures d'approvisionnement à terre ne pourront pas répondre.

En théorie, du moins, l'exploitation en mer possède une mobilité qui devrait lui permettre de s'adapter avec une certaine souplesse aux variations de la demande. Ceci sous-entend, toutefois, que soient suffisamment bien connues les ressources conditionnelles, c'est-à-dire celles qui pourraient être exploitées avec profit sous réserve d'une certaine évolution du marché de l'offre et de la demande.

Il en est de même des conditions écologiques. Une meilleure connaissance du milieu marin peut conduire à un assouplissement des règles précédemment établies. A la limite, certaines opérations pourraient même s'avérer bénéfiques pour l'équilibre écologique.

5 - CONCLUSIONS

5.1 - Nécessité d'un inventaire systématique des ressources conditionnelles

Les études effectuées jusqu'à cette date ont été menées pour répondre à des besoins exprimés localement dans une perspective d'évolution à court terme.

Il s'avère qu'aucune conclusion définitive ne saurait être dégagée de ces travaux sans risque d'erreur, car ils ne donnent qu'une image imparfaite des possibilités réelles.

Il apparaît donc essentiel de poursuivre l'inventaire des ressources conditionnelles, afin de permettre une meilleure utilisation des possibilités régionales en fonction des perspectives de développement à plus ou moins long terme.

Cet inventaire doit être conduit par étapes successives en fonction des conditions du marché.

C'est ainsi qu'il conviendrait tout d'abord de réaliser le bilan des possibilités d'exploitation dans la zone des trois milles plus accessible à l'exploitation artisanale, en évaluant, cas par cas, l'importance des répercussions que pourraient avoir ces exploitations sur le milieu marin.

Cette analyse devrait permettre assez rapidement de dégager des sites susceptibles d'être exploités avec le minimum de conséquences dommageables, qui pourraient être proposés comme solution de rechange aux exploitations actuelles situées dans les zones plus sensibles.

5.2 - Nécessité d'une meilleure connaissance de la nature des ressources

Il est cependant évident qu'une telle action ne peut être efficace que si les ressources sont estimées à la fois en volume et en nature.

Or, si les techniques actuelles permettent de déterminer avec une précision acceptable (20 à 30 % relatif) les volumes de sédiments meubles, il n'en est pas de même de leur nature.

Les équipements géophysiques disponibles sur le marché, ne permettent en effet que la séparation entre les vases (inférieures à 0,08 mm) et les matériaux plus grossiers. A l'intérieur de ceux-ci il n'est pas possible de distinguer les diverses granulométries et en particulier l'importance des fractions fines indésirables.

Il faut, pour cela, recourir au prélèvement d'échantillon. Les équipements existant actuellement pourraient permettre le sondage de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, mais le prix de revient augmente considérablement avec la profondeur et en pratique ne reste tolérable que dans les six premiers mètres.

Du fait de l'hétérogénéité des formations alluviales, l'interpolation entre sondages est assez hasardeuse et l'extrapolation en profondeur totalement irréaliste.

On remarquera cependant que cette extrapolation n'est pas pour l'instant indispensable. En effet, les gisements recherchés devant être pratiquement sans recouvrement, il suffit de reconnaître 2 km² sur cinq mètres d'épaisseur moyenne, pour assurer dix années de production à un million de mètres cubes par an.

Par contre, il conviendrait de diminuer sensiblement les risques d'erreur dans l'interpolation entre sondages. Etant donné leur coût (fig. 4), le nombre de sondages réalisés pour la reconnaissance des gisements potentiels est actuellement de l'ordre de 1 à 2 par km², et le volume échantillonné d'un demi milliardème du volume total, ce qui est notoirement insuffisant.

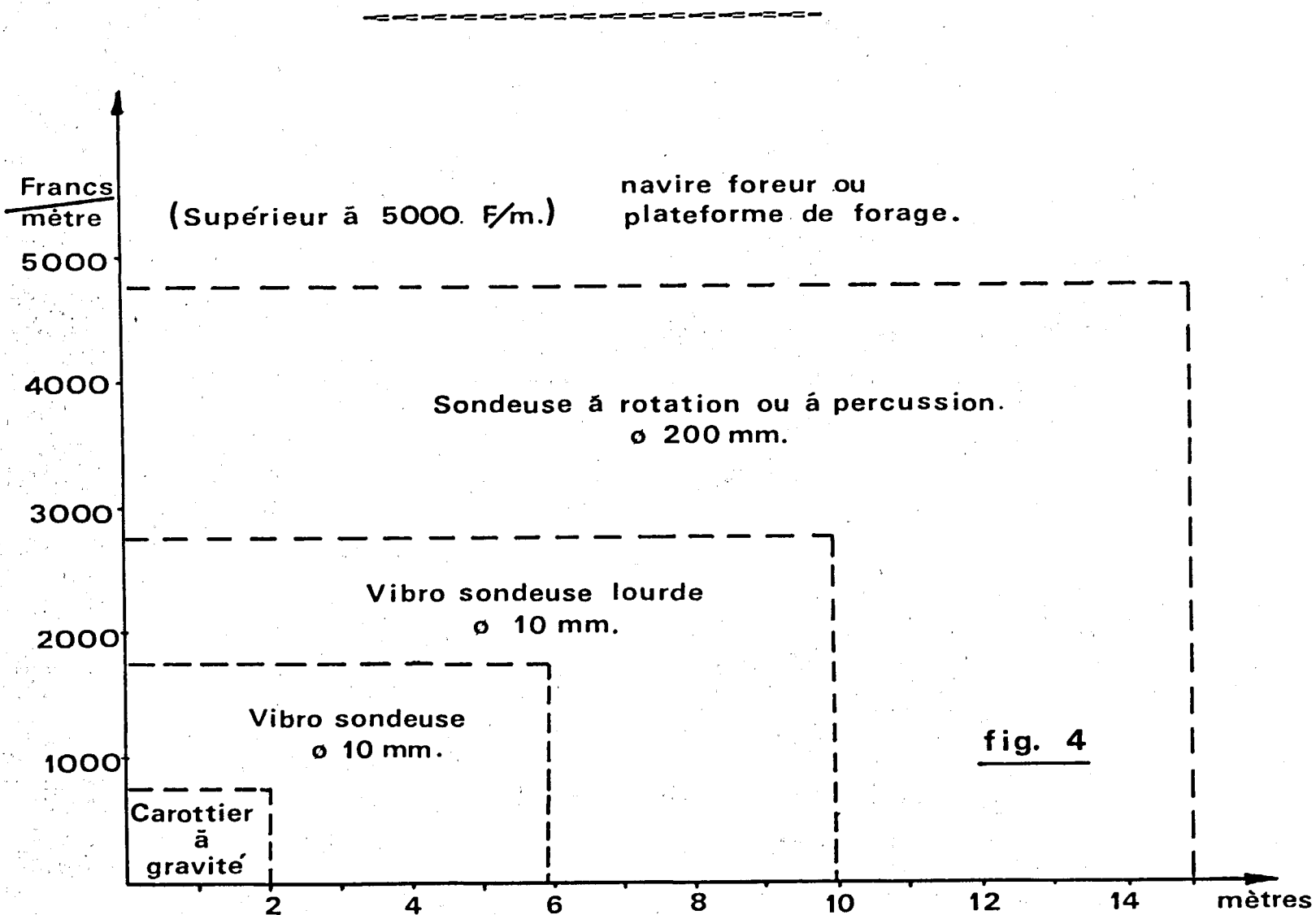
Il semble donc indispensable que soit fait un effort important à l'échelon national pour développer des méthodes d'investigation plus efficaces.

Les techniques de sondage peuvent sans doute être améliorées, mais leur coût restera toujours important du fait de l'immobilisation des moyens nautiques.

Par contre, il semble que les progrès de l'électronique doivent permettre une amélioration des équipements de géophysique existants et leur adaptation à la mesure des paramètres caractéristiques de la nature des matériaux (vitesse de propagation des ondes acoustiques, coefficient de réflexion ou de rétrodiffusion, etc...).

Ce programme nécessite la sélection d'une zone de référence où la nature des matériaux serait connue par sondages à maille serrée et sur laquelle les constructeurs pourraient tester leurs équipements.

PRIX DU METRE FORE ET RECUPERE
EN FONCTION DE L'EPAISSEUR DES TERRAINS TRAVERSES



Ce prix moyen a été calculé pour une mission sur le plateau continental français, avec 30 à 50 mètres de profondeur, réalisé avec un navire adapté aux besoins, loué avec un système de positionnement précis pour une période d'un mois, dont 10 jours correspondent à la mise en place des moyens, au stand by dû aux conditions météorologiques, puis à la démobilité du navire. En plus de l'équipage du navire, une équipe de géologues et techniciens sont comptés. La cadence est de 12 heures de travail par jour, sauf pour le navire foreur ou la plateforme de forage.

B I B L I O G R A P H I E

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - AUGRIS C, CRESSARD A. P., "Recherche de granulats marins pour l'approvisionnement de la BRETAGNE, les gisements du Sud de la BRETAGNE. Rapport inédit CNEEXO-COB/GA, mars 1976.
- 2 - BEICIP, "Recherche d'agrégats marins au sud de la BRETAGNE. Rapport inédit BEICIP, convention CNEEXO 74/1055, avril 1975.
- 3 - BROBST D. A, PRATT W.P. United states mineral resources, geological survey professional paper 820, (1973).
- 4 - CALLOT F., Production et consommation mondiales des minerais en 1973, Annales des Mines (décembre 1975).
- 5 - CHEVASSU G., LEBRIS J., RUBAN M., Recherche de granulats marins au sud de la Bretagne, étude des caractéristiques des matériaux, rapport inédit Laboratoire Régional de l'Equipement de SAINT-BRIEUC, dossier 44.4.1.235, décembre 75-mars 76.
- 6 - DEBYSER J., les problèmes de l'environnement liés à l'exploitation des sables et graviers marins, CNEEXO note technique n° 51, (octobre 1975).
- 7 - GUILLEMIN Cl. Les ressources minérales vont-elles manquer ? Revue du palais de la découverte, n° spécial 3 (mars 1974).
- 8 - HORN R., LE GORGEU J.P., LE LANN F., Prospection de sables calcaires organogènes au large de Roscoff et en Iroise. Rapport inédit BRGM 72 SFN 417 MARS, convention CNEEXO, novembre 1972.
- 9 - INSEE, annuaire statistique de la France, résultats de 1973, vol. 80, nouvelle série n° 22 (1975).
- 10 - LAPIERRE F., recherche de sables et graviers dans le Golfe de SAINT-MALO, rapport inédit BEICIP convention CNEEXO 72/508, janvier 73.
- 11 - LAPIERRE F., recherche d'agrégats marins au sud de la Bretagne, rapport inédit BEICIP, convention CNEEXO 73/767, décembre 1973.
- 12 - LAPIERRE F., CRESSARD A.P., recherche et exploitation des sables et graviers marins, IIe colloque international sur l'exploitation des océans Bx.136).

- 13 - LE GORGEU J.P., MAUMENE J., RICHER F., Prospection de sables calcaires marins pour l'industrie cimentière, colloque de l'ASTEO 3 et 5 mars 1976.
- 14 - LE GORGEU J.P., LE LANN F., Reconnaissance détaillée des accumulations de sables biodétritiques calcaires de l'Iroise. Rapport inédit BRGM 74 SGN 279 MAR, convention CNEOX 73/827, août 1974.
- 15 - LE LANN F., Recherches par sondages des granulats marins au sud de la Bretagne, rapport inédit BRGM 75 SG N 205 MAR, convention CNEOX 75/1262/B, mai 1975.
- 16 - LE LANN F., MONTCLAR M., Sables biodétritiques calcaires de l'Ouest de la Bretagne, reconnaissance par sondages du Banc du Four, rapport inédit BRGM 74 SGN 366 MAR, convention CNEOX, octobre 1974.
- 17 - MATTEOLI J., les ressources mondiales et l'économie française, rapport de la commission temporaire des ressources mondiales, Conseil Economique et Social (décembre 1974).
- 18 - SCOLARI G., CRESSARD A.P., L'exploitation des agrégats marins et sa place dans l'économie nationale, conférence ASTEO (mars 1976).
- 19 - SERETE ETUDES, Exploitation des sables et graviers d'origine marine pour l'approvisionnement de la région Bretagne, contrat CNEOX (juillet 1975).
- 20 - WACRENIER Ph., PREDALI J.J, ROUVEYROL P., Etude prospective sur les programmes de recherche et de développement intéressant l'approvisionnement en substances minérales, contrat DGRST n° 73 7 1442 (1975).