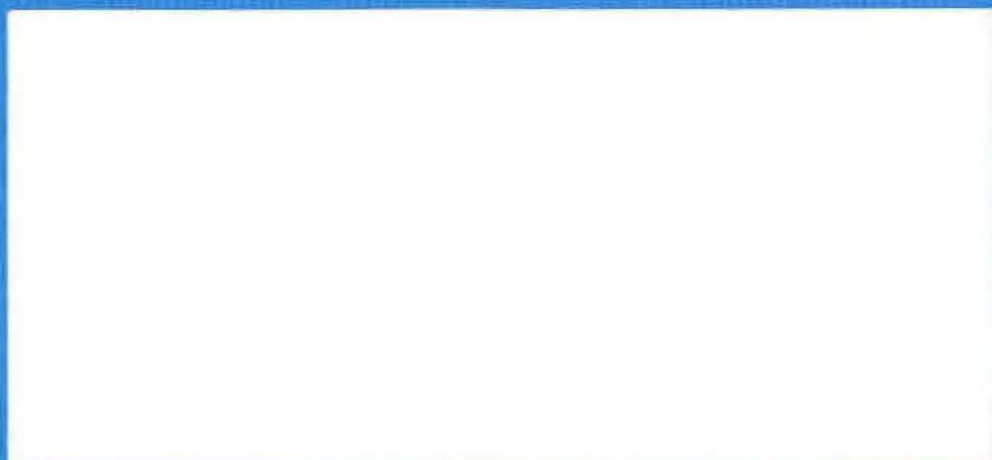




Publications du
CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS
(C N E X O)



CR 74/1031

86 p., Ann. 64 p.

Rapport préparé pour le Centre National
pour l'Exploitation des Océans

39 avenue d'Iéna 75 016 Paris

IFREMER-DERO/EL



OEL00870

DOCUMENTATION

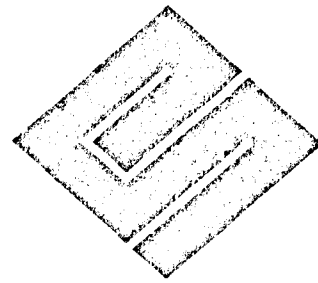
GROUPE AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

P32

2, rue Regnault
75640 Paris Cedex 13
Tél. 33 (1) 584 15 15
Société Anonyme
Capital de 100 000 F
Adresse télégraphique
Seretelec
Télex 25640 Serete Paris
C.P. La Source 30 116-80
C. Paris B 712.010.248
Société d'Entreprise
712.010 248 000.11

870

H120-SER-E'



serete
études

N/Réf : D 155-30
CNEXO

EXPLOITATION DES SABLES ET
GRAVIERS D'ORIGINE MARINE
POUR L'APPROVISIONNEMENT
DE LA REGION BRETAGNE

DÉPARTEMENT ENVIRONNEMENT
LITTORAL ET GESTION DU MILIEU
MARIN

SERETE - ETUDES

Juillet 1975.

S O M M A I R E

	pages
Introduction	
 <u>CHAPITRE I - ETUDE DE LA STRUCTURE ACTUELLE DU MARCHE DES SABLES ET GRAVIERS EN BRETAGNE</u>	1
I.- Structure de la production	3
1. 1. Le secteur production vient de connaître une période de rapide évolution	3
1. 2. La structure régionale du secteur production	7
1. 3. La structure départementale de l'appareil de production	10
1. 4. Les problèmes existant au niveau de la production	13
1. 5. Les exploitations côtières travaillant sur le domaine maritime	16
II - Structure de la consommation	20
2. 1. La consommation de la Bretagne s'est élevée à 20 M t en 1973	20
2. 2. La nature de la demande régionale par secteurs utilisateurs	23
2. 3. La demande départementale	23
2. 4. La localisation de la demande	25
2. 5. Les circuits de distribution actuels	26
 <u>CHAPITRE II - DETERMINATION DES PRIX DE VENTE DES SABLES, GRAVIERS ET AUTRES GRANULATS TERRESTRES</u>	29
I - Etude des prix de vente des granulats terrestres	31
1. 1. Le prix du transport	31
1. 2. Le prix des matériaux	32
II- Etude des prix de revient des matériaux concassés	34
2. 1. Présentation	34
2. 2. Les caractéristiques des exploitations	34
2. 3. Les prix de revient actuels	37
2. 4. Les prix de revient futurs des granulats concassés à l'horizon 1985	41

<u>CHAPITRE III</u> - ETUDE DE LA DEMANDE REGIONALE FUTURE EN SABLES ET GRAVIERS ET AUTRES GRANULATS	45
I - Le secteur bâtiment	46
1. 1. Les logements neufs : un ralentissement de la croissance dans les années à venir	46
1. 2. Bâtiments scolaires, universitaires et hospitaliers : un développement lié essentiellement aux travaux hospitaliers et sanitaires	48
1. 3. Bâtiments agricoles, industriels et autres : une poursuite de la croissance	49
1. 4. Entretien de bâtiments : un retard à rattraper	51
II - Le secteur génie civil	52
2. 1. Routes et ouvrages d'art : un essor à court terme suivi d'un retour à une consommation plus modérée	52
2. 2. Ouvrages maritimes et fluviaux : leur part restera faible	52
2. 3. Voirie et réseaux divers : un développement lié à l'urbanisation de la Bretagne	53
2. 4. Divers Génie Civil : un doublement possible d'ici 1985	54
III - Préfabrication et amiante ciment : une évolution parallèle à celle du secteur bâtiment	55
IV - Auto-consommation des ménages : un accroissement essentiellement lié à celui de l'auto-construction	55
V - La consommation prévisionnelle de granulats en 1985 : de 25,4 à 28,1 M de tonnes, soit une augmentation de 50% en 12 ans	56
<u>CHAPITRE IV</u> - ESTIMATION DES RESSOURCES EN GRANULATS D'ORIGINE TERRESTRE	57
I - Le problème breton	58
II - Les perspectives départementales	59
2. 1. L'Ille et Vilaine	59
2. 2. Le Morbihan	59
2. 3. Le Finistère	60
2. 4. Les Côtes du Nord	60

	pages
<u>CHAPITRE V</u> - ETUDE DU PRIX DE REVIENT DES SABLES ET GRAVIERS D'ORIGINE MARINE	61
I - Prise en compte de l'infrastructure portuaire et tonnages de sable à débarquer dans les ports	63
1. 1. Les ports bretons	
1. 2. Les tonnages à débarquer dans les ports	64
II - Prix de revient des matériaux marins	66
2. 1. Méthodologie	66
2. 2. Les choix techniques	68
2. 3. Calcul des prix de revient des sables marins dans les 3 hypothèses envisagées	69
2. 4. La solution adaptée à une production de 1 M de tonnes de sables par an : clapage en souille, traitement à bord de la drague de reprise et transport par sablier	72
III - Les sables marins face à la concurrence	75
<u>CHAPITRE VI</u> - PERSPECTIVES DE CONTRIBUTION DES SABLES MARINS A L'APPROVISIONNEMENT DU MARCHÉ BRETON	76
I - Un déficit possible en sables de 2,5 M tonnes à 4,8 M tonnes si la Bretagne ne faisait appel qu'à ses structures tradition- nelles de production	78
1. 1. Le point sur la situation en 1973	78
1. 2. Les possibilités d'évolution des différents secteurs de production	79
1. 3. La situation prévisible à l'horizon de 1985	80
II - Un moyen de pallier la pénurie : les sables marins	83
2. 1. L'ouverture d'un marché de 1 Mt de sables marins sur la côte sud-Bretagne avant 1980	83
2. 2. Le problème de la période transitoire	84
 <u>ANNEXES</u>	

INTRODUCTION

INTRODUCTION

A l'heure où, pour des raisons écologiques (cas des dunes d'Erdeven) ou techniques (gisement stannifère de Saint Renan), la disparition de deux sources importantes d'approvisionnement en sable de la Bretagne risque de rompre l'équilibre entre l'offre et la demande et où les gisements terrestres risquent d'autre part de s'avérer insuffisants pour faire face à l'accroissement des besoins, il convient d'étudier dans quelle mesure et à quelles conditions (techniques, financières, délais) les agrégats d'origine marine pourraient concourir à l'approvisionnement de la région Bretagne. Tel est l'objet de la présente étude.

---ooo0ooo---

CHAPITRE I

ETUDE DE LA STRUCTURE ACTUELLE DU MARCHE
DES SABLES ET GRAVIERS EN BRETAGNE

La mise en exploitation de gisements d'agrégats marins au large des côtes bretonnes conduirait à introduire un nouveau produit sur le marché breton. Les rapports entre cette production et la production existante peuvent se définir en termes de complémentarité ou de concurrence selon qu'existera ou non un créneau disponible pour le nouveau produit et les niveaux de prix respectifs des agrégats de diverses origines disponibles sur le marché.

Le présent chapitre ainsi que celui traitant de la demande régionale future de granulats vise à quantifier les besoins physiques prévisibles en matériaux marins. Les chapitres portant sur les prix de vente et de revient actuels et futurs des agrégats de diverses origines permettront de préciser les conditions économiques de lancement d'agrégats marins sur le marché.

PRODUCTION DE GRANULATS : PART RELATIVE DE LA PRODUCTION REGIONALE

Source UNICEM - Chiffres en millions de tonnes

	BRETAGNE				FRANCE				Part relat. de la Bretagne (en %)			
	1970	1971	1972	1973	1970	1971	1972	1973	1970	1971	1972	1973
alluvionnaires	2,35	2,92	3,25	3,67	197	200	212	228,5	1,19	1,46	1,52	1,61
- sables (1)	1,43	2,12	2,3	2,6	73	75	80	87	1,95	2,83	2,88	2,99
- graviers	1,59	0,61	0,71	0,72	56	58	62	63,5	2,84	1,05	1,14	1,13
- autres (2)	0,33	0,19	0,22	0,35	68	67	70	78				
concassés (3)	9,74	10,52	12,07	14,46	48,5	51	54,4	60,9	20,1	20,6	22,2	23,7
- sables	1,36	1,43	1,57	1,9	6,5	6,7	7,25	8,5	20,9	21,3	21,6	22,3
- granulats à éléments fins	1,32	2,31	2,62	2,45	7,5	8,5	10,11	10,4	17,6	27,2	25,9	23,5
- gravillons	3,31	3,45	3,92	4,81	18,2	18,9	20	22,85	18,2	18,2	20,7	21
- autres (4)	3,75	3,33	3,96	5,3	16,3	17,04	19,15					
TOTAL	12,09	13,44	15,30	18,13	245,5	251,0	266,4	289,4	4,93	5,36	5,75	6,26

(1) dont sables de mer

(2) tout venant, grève calibrée, cailloux supérieurs à 25mm, grève reconstituée, divers

(3) les chiffres pris en compte concernent la branche 430 uniquement (granulats éruptifs de carrières) correspondant en Bretagne à la production totale de granulats concassés. Il existe dans d'autres régions d'autres branches de concassage (410=concassage mobile;420=calcaires de carrières;440=laitier) qui ont la même utilisation.

(4) tout venant, enrochements, blocage et cales, macadam, ballast et divers.

I - STRUCTURE DE LA PRODUCTION

1.1. Le secteur production vient de connaître une période de rapide évolution

1.1.1. Le tonnage produit a augmenté de 50% en 3 ans

Les principaux chiffres fournis par l'UNICEM figurent dans le tableau ci-contre. Il apparaît ainsi que la production de granulats en Bretagne se situerait aux alentours de 18 millions de tonnes en 1973. Ce chiffre n'était que de 12 millions en 1970, et l'augmentation du volume d'agrégats fourni a donc été rapide = + 50% en 3 ans.

Cette production peut se décomposer en deux parties, selon l'origine des matériaux :

- les granulats alluvionnaires (branche 450) dont la part représente sensiblement 1/5 du total, c'est-à-dire 3,7 millions de tonnes, en augmentation de 56% par rapport à 1970,
- les granulats concassés (branche 430), qui fournissent les 4/5 du tonnage produit en Bretagne (contre 1/5 seulement pour l'ensemble de la France) et représentent environ 14,5 millions de tonnes, soit une progression de 48% sur le chiffre de 1970.

Si l'on rapproche ces chiffres des chiffres de production pour la France entière pour les mêmes branches, on constate que la croissance a été beaucoup plus rapide en Bretagne ainsi que le montre le tableau ci-après (année de référence : 1970)

Ainsi la part de la Bretagne dans la production française a-t-elle crû au cours des trois dernières années, passant de 4,93% à 6,26% pour le total des branches 430 et 450 : matériaux éruptifs de carrières et matériaux alluvionnaires.

Granulats	BRETAGNE				FRANCE			
	1970	1971	1972	1973	1970	1971	1972	1973
alluvionnaires (450)	100	124	137	156	100	101	108	116
concassés (430)	100	108	124	148	100	105	112	125
total(430+450)	100	111	126	150	100	102	109	118

Les données dont il est fait mention précédemment appellent cependant quelques remarques :

. Le chiffre global de production est vraisemblablement sous estimé pour deux raisons :

- en Bretagne, comme dans toutes les régions françaises, certaines entreprises dont l'activité principale n'est pas l'extraction (entreprises de travaux publics essentiellement) exploitent leurs propres carrières. Cette production non recensée par l'UNICEM pourrait s'élever, selon les Ponts et Chaussée, à 0,5 ou 1 million de tonnes par an pour l'ensemble de la Bretagne.
- la pêche artisanale d'agrégats marins, activité propre à quelques régions françaises, contribue à l'approvisionnement du marché breton. En raison de son caractère artisanal, la part de cette production est difficile à estimer. Elle devrait cependant s'élever à 800 000 tonnes (cf. paragr. 1.5.) au lieu des 230 000 recensées par l'UNICEM.

EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITE PAR EMPLOI ET DE LA
PRODUCTIVITE HORAIRE ENTRE 1970 ET 1972, D'APRES
DES CHIFFRES DU C. E. M.

		1970	1971		1972		
				variat 71/70		variat. 72/70	
alluvionnaires	granulats	production (en 1000t)	2350	2920	+ 23%	3230	+ 37%
		nbre de salariés	224	243	+ 8%	227	+ 1%
		nbre d'H travaillées (en 100 H)	480,9	480	-	504	+ 5%
		productiv. en t/empl	10500	12000	+ 14%	14200	+ 36%
		productiv. en t/H.	4,89	6,09	+ 24%	6,42	+ 31%
de carrières	granulats	production (en 1000t)	9740	10520	+ 8%	12070	+ 24%
	éruptifs	nbre de salariés	1282	1225	- 5%	1277	-
		nbre d'H travaillées (en 100 H)	2720,7	2520	- 7%	2566	- 6%
		productiv. en t/empl	7600	8600	+ 13%	9450	+ 24%
		productiv. en t/H.	3,58	4,18	+ 17%	4,70	+ 31%

. Des résidus d'exploitation de mines d'étain (la Comiren, à St Renan, a produit 490 000 tonnes de sables en 1973) ou de Kaolin (à Pleumeur, Quessoy, près de St-Brieuc, et Berrien dans le Finistère) figurent dans la branche granulats éruptifs de carrières (430).

. Outre les matériaux roulés extraits de vallées alluviales, figurent dans la branche granulats alluvionnaires (450):

- des sables de dunes, à Erdevén (Morbihan) principalement, où une seule exploitation a fourni 810 000 tonnes de sables en 1973,
- les sables marins.

1.1.2. L'accroissement de la production résulte d'un gain de productivité

Le tableau ci-contre exploite certains chiffres fournis par le C.E.M. et publiés par la C.E.B.

On peut ainsi constater que, sur la période 1970-1972, le nombre de salariés est resté pratiquement constant, dans la branche des alluvionnaires comme dans celle des concassés. L'accroissement de la production résulte donc de celui de la productivité par emploi total, qui a été :

- de 36% dans la branche granulats alluvionnaires,
- de 24% dans celle des granulats éruptifs de carrières.

Durant cette même période, la productivité par heure travaillée a augmenté de 31% dans les deux cas.

1.1.3. La fin d'une période faste ?

Le secteur production a connu ces dernières années une rapide progression liée au développement général de la Bretagne et, plus spécifiquement sans doute, à la mise en oeuvre du plan routier breton.

De nombreux exploitants en ont profité pour investir et moderniser leurs exploitations en augmentant les capacités techniques, ce qui s'est traduit par un accroissement important de la productivité.

L'achèvement prochain du plan routier breton, et le malaise sensible des secteurs du bâtiment et des travaux publics conduit les exploitants bretons à être réservés sur l'avenir, et certains vont jusqu'à dire que "la période "d'euphorie" est maintenant révolue".

2

REPARTITION DES ENTREPRISES DE GRANULATS SELON
L'IMPORTANCE DE LEUR PRODUCTION

Granulats de concassage :

Source : UNICEM

Production	1970			1973		
	nbre	production	%	nbre	production	%
< 10 000	7	33 600	0,34	8	42 000	0,29
10 à 20 000	4	67 900	0,69	4	59 200	0,40
20 à 50 000	25	878 000	8,93	18	660 800	4,56
50 à 100 000	15	1 127 100	11,47	19	1 423 400	9,84
100 à 200 000	23	3 270 100	33,28	22	3 155 300	21,81
200 à 300 000	8	2 006 200	20,45	9	2 150 900	14,89
300 à 500 000	6	2 440 900	24,84	6	2 405 200	16,65
> 500 000				7	4 565 700	31,56
	88	9 823 800		93	14 462 500	

Granulats d'alluvions :

Source : UNICEM

Production	1970			1973		
	nbre	production	%	nbre	production	%
< 10 000	8	48 600	2,06	6	27 700	0,76
10 à 20 000	4	52 900	2,25	3	44 400	1,20
20 à 50 000	12	363 600	15,39	10	336 100	9,16
50 à 100 000	4	281 200	11,91	5	369 200	10,06
100 à 200 000	5	1 615 100	68,39	4	532 900	14,50
> 200 000				4	362 400	64,32
	32	2 361 400		32	672 700	

1.2. La structure régionale du secteur production

Il y a lieu, dans le cadre de ce paragraphe, de distinguer deux catégories de producteurs selon la nature des gisements qu'ils exploitent.

1.2.1. Les entreprises de granulats de concassage

Il s'agit ici de la principale source de production de granulats régionale. La Bretagne dispose un peu partout de roches compactes propres au concassage. La branche s'y est donc normalement développée et la production annuelle moyenne d'une entreprise était de 156 000 tonnes en 1973, chiffre qui correspond pratiquement à la moyenne nationale pour la même année (161 000 tonnes). Ce chiffre, qui n'était que de 112 000 tonnes en 1970, a donc connu une augmentation de 33 % en 3 ans.

Les granulats de concassage proviennent de 93 entreprises exploitant 110 carrières. La structure de ce secteur est relativement concentrée puisque 13 entreprises (14% du total) ont fourni en 1973 près de 50% de la production (48,2%).

La ventilation des entreprises en fonction de la production figure dans le tableau ci-contre. On trouvera également en annexe une répartition des entreprises de granulats en fonction du nombre de salariés et de leur chiffre d'affaires.

1.2.2. Les entreprises de granulats alluvionnaires

La branche 450 - matériaux alluvionnaires - ne fournit en Bretagne qu'environ 1/5 de la production totale alors qu'elle représente pour l'ensemble de la France la principale source d'approvisionnement. Ce

fait est dû au manque de gisements économiquement exploitables en Bretagne. Les principales sources d'approvisionnement sont : la vallée de la Vilaine, aux environs de Rennes, la vallée de l'Oust entre Pontivy et Redon et le sable des dunes d'Erdeven. Les pêcheurs de sables côtiers, draguant artisanalement, déchargent également des tonnages plus ou moins importants dans l'ensemble des ports bretons. Cette pêche artisanale fera l'objet d'un paragraphe ultérieur.

Les 32 entreprises de matériaux alluvionnaires ont produit 3 672 700 t. de granulats en 1973, ce qui représente une production moyenne annuelle de 114 500 tonnes par entreprise, chiffre nettement inférieur à la moyenne nationale qui était de 165 000 tonnes pour la même année. Cette comparaison traduit bien les difficultés d'exploitation rencontrées en Bretagne. Il faut cependant noter que la moyenne régionale s'établissait à 71 500 tonnes en 1970 et a donc progressé de 60% en trois ans.

Les quelques bons gisements sont exploités par des entreprises importantes, puisque 4 des 32 entreprises ont fourni en 1973 64% du total.

1.2.3. Les particularités du secteur production en Bretagne

Les matériaux alluvionnaires sont en France relativement abondants, et moins onéreux que les matériaux concassés (rapport des prix moyens de 7 à 10).

La situation est nettement différente en Bretagne où les agrégats alluvionnaires sont rares et l'écart de prix avec les concassés moindre (rapport 9 à 10).

Les exploitants d'alluvions fournissent en général des quantités importantes de sables. Un corollaire de leur faible importance en Bretagne est donc la difficulté d'approvisionner en sable le marché breton. Or, eu égard au prix des sables actuellement pratiqué, les exploitants de carrières ne peuvent se lancer dans une production intensive de sables de concassage dont le prix de revient dépasserait largement le prix de vente actuel. Aussi ceux-ci n'offrent-ils sur le marché du sable que les résidus du concassage et non un matériau spécialement broyé. Il est donc fait appel, pour pallier cette insuffisance (1), soit à du sable marin (2) dont les qualités sont généralement médiocres, soit encore à du sable de Loire.

La situation de la Bretagne va prochainement se dégrader avec la fermeture de l'exploitation de sable dunaire d'Erdeven.

Cette entreprise fournissait en effet en 1973 810 000 tonnes de sable de bonne qualité.

La pénurie de sables va donc être bientôt préoccupante en Bretagne, et le laboratoire des Ponts et Chaussées, tout en envisageant diverses possibilités d'approvisionnement (sable de Loire, sable de broyage) attend beaucoup d'une exploitation industrielle des sables marins.

(1) La part des sables dans le total de la production représente 24,88 en Bretagne contre 32,8% pour l'ensemble de la France (source UNICEM)

(2) Ainsi qu'il a été dit plus haut, la part des sables marins semble nettement sous estimée dans les statistiques de l'UNICEM (230 000 t.) et devraient plutôt se situer aux alentours de 800 000 tonnes.

REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA PRODUCTION REGIONALE DE GRANULATS

(d'après des chiffres de l'UNICEM)

départements granulats		Côtes du Nord			Finistère			Ille et Vilaine			Morbihan			Région		
		1970	1973	% 73	1970	1973	% 73	1970	1973	% 73	1970	1973	% 73	1970	1973	% 73
Alluvionn.	production totale (1000t)	354,7	468,5	12,7	385,3	697,9	19,0	931,1	943	25,6	690,9	1563	42,7	2350	3670	100
	dont sables	224,1	251,1		232	559,7		458,7	505,7		512,1	1275		1430	2600	
Concassés	production totale (1000t)	2365,1	3665	25,3	3342,8	5082	35,1	2523,8	2901	20	1592,1	2812	19,6	9740	14460	100
	dont : sables	343,1	451		420,2	628,3		377,5	444,5		220,5	372,7		1360	1900	
	éléments fins	272,9	884,3		553,8	617,4		338,2	670		153,7	228,4		1320	2450	
Ensemble	total	2719	4133,5	22,8	3728,1	5779,9	31,88	3454,9	3844	21,2	2283	4374	24,12	12090	18130	100
	dont sables	567,2	703,1		652,2	1188		836,2	950,2		732,6	1647,7		2790	4500	
	% de sables	20,9	17,0		17,5	20,6		24,2	24,7		32,1	37,7		23,1	24,8	
	part totale du départem. (%)	22,32	22,8		30,6	31,88		28,35	21,2		18,74	24,12		100	100	

1.3. Structure départementale de l'appareil de production

1.3.1. Le Finistère est le principal producteur d'agrégats

Le tableau ci-contre, où sont exploités des chiffres fournis par l'UNICEM permet de saisir certaines différences existant au niveau des départements.

a) agrégats

Il apparaît ainsi que le Finistère est le principal fournisseur d'agrégats, avec près de 32% du total de la production bretonne. Les trois autres départements ont par contre des productions comparables et interviennent chacun pour 21 à 24% du total. Entre 1970 et 1973, la part relative du Morbihan a augmenté au détriment de celle de l'Ille et Vilaine, alors qu'aucun changement significatif n'apparaissait au niveau des Côtes du Nord ou du Finistère.

b) sable :

La part du sable dans la production (qui s'établit aux alentours de 32% pour la France entière) varie très sensiblement selon les départements. Le Morbihan est actuellement un département riche en sable (37,7%) provenant pour plus de 50% de l'exploitation des dunes d'Erdeven. Mais cette situation, qui fait du Morbihan un fournisseur régional de sable est appelée à changer prochainement avec la fermeture d'Erdeven. L'Ille et Vilaine est déjà moins bien pourvue en sable (près de 25% de sa production). Le Finistère (20,6%) et les Côtes du Nord (17%) sont par contre des régions très pauvres en sables.

	granulats alluvionnaires				granulats de concassage				
	établissements				établissements				
	total	dont + de 400000t/an	productivité par établis. (t/an)	effectifs ouvriers	total	dont 200000 à 400000t/an	+ de 400000 tonnes/an	productivité par établis. (t/an)	effectifs ouvriers
Côtes du Nord	6	0	78 000	33	27	3	1	136 000	263
Finistère	14	0	50 000	32	29	2	4	175 000	300
Ille et Vilaine	4	2	236 000	57	27	2	1	107 000	284
Morbihan	12	1	130 000	75	27	3	1	108 000	245

c) Matériaux alluvionnaires :

Un classement des quatre départements bretons en fonction de la part de leur production de granulats alluvionnaires dans l'ensemble de la région s'effectue dans le même ordre que celui des producteurs de sables : Morbihan = 42,7% (Erdeven et Vallée de l'Oust principalement), Ille et Vilaine, 25,6% (Vallée de la Vilaine, près de Rennes) puis Finistère, 19% et Côtes du Nord 12,7%.

d) Matériaux concassés :

Le principal fournisseur de matériaux concassés est le Finistère (35,1%) suivi des Côtes du Nord (25,3%), les deux départements les mieux fournis en ressources alluvionnaires assumant chacun 20% environ de la production totale de concassés.

1.3.2. Les répercussions des conditions d'exploitation sur la taille des établissements

Le tableau ci-contre, qui regroupe des renseignements fournis par l'UNICEM permet de saisir selon les départements les différences de structure de la profession.

- granulats alluvionnaires :

La taille moyenne des entreprises, généralement peu nombreuses, est très dépendante du nombre d'établissements de forte importance implantés sur les bons gisements. En Ille et Vilaine, où l'on en compte 2 sur 4, la production moyenne est de 236 000 t/an. Ce chiffre tombe à 130 000 en Morbihan, où seule l'exploitation d'Erdeven est d'importance. Les Côtes du Nord et le Finistère, départements pauvres en ressources alluvionnaires, voient ce chiffre passer à 78 000 et 50 000 t/an respectivement.

- granulats éruptifs de carrières :

Dans ce secteur dominant en Bretagne, on compte un nombre sensiblement égal d'exploitations dans chaque département. Les moyennes départementales présentent des différences moindres que celles de la branche alluvionnaire. Les départements principaux producteurs présentent cependant une structure plus concentrée ce qui donne une moyenne de 175 000 t/an en Finistère et 135 000 dans les Côtes du Nord contre 107 ou 108 000 en Ille et Vilaine et Morbihan.

1.4. Les problèmes existant au niveau de la production

Les problèmes sont très différents selon qu'il s'agit de producteurs d'alluvionnaires ou de producteurs de concassés. Aussi les étudierons-nous séparément.

1.4.1. Des ressources de matériaux alluvionnaires limitées

Des contraintes de diverses natures tendent à conjuguer leurs effets et à limiter les possibilités effectives d'exploitation.

Il s'agit de :

- Contraintes physiques : les exploitations tendent à s'éloigner des centres de consommation

Les réserves de matériaux alluvionnaires sont limitées. L'exploitation intensive des rares bons gisements conduit à leur épuisement rapide et devrait amener les exploitants à s'implanter en des lieux de plus en plus éloignés des centres de consommation.

- Contraintes d'aménagement et d'environnement :

L'exploitation de gisements alluvionnaires a souvent conduit à la dégradation des sites. L'Administration se refuse aujourd'hui à autoriser l'ouverture d'exploitations portant atteinte à l'environnement, ce qui a pour conséquence de stériliser une partie des gisements exploitables.

- Contraintes foncières : un parcellaire trop morcelé

Le dernier problème auquel se heurte l'implantation de nouvelles exploitations est d'ordre foncier : rien ne peut obliger un propriétaire à céder son terrain à un exploitant. Or, la faible puissance du gisement conduit les exploitants à rechercher des terrains très importants

(susceptibles de fournir 1 million de m³ dans le cas de l'implantation d'une nouvelle installation). Mais, dans les zones non encore remembrées, il est pratiquement impossible d'avoir l'accord de l'ensemble des propriétaires concernés. Certaines ressources nouvelles ne seront donc disponibles qu'après remembrement, c'est à dire à moyen terme.

1.4.2. Des possibilités d'extension des carrières de concassage

Dans le domaine du concassage, les perspectives sont totalement différentes : de l'avis des professionnels, les possibilités d'exploitation de matériaux concassés sont pratiquement illimitées en Bretagne. Par ailleurs, et toujours selon les professionnels, la capacité de production et les équipements ne constituent pas actuellement un élément déterminant du fonctionnement du marché, eu égard au suréquipement actuel des installations de concassage (utilisation à 70% de la capacité technique) et aux "relatives facilités d'investissement". Les possibilités d'extension paraissent donc certaines en ce domaine.

1.4.3. Une région pauvre en sables

La faible part des exploitations de matériaux alluvionnaires, généralement riches en sables, explique la relative pénurie de sables en Bretagne. Les exploitants de carrières seraient prêts à en produire si le prix de vente venait à dépasser un seuil de rentabilité estimé par eux à 35 à 40 francs la tonne en mai 1974. Il semblerait en fait, de l'avis de certains exploitants, que cette production soit envisageable à partir de 25 F/tonne. Rappelons que le prix de vente du sable est actuellement de l'ordre de 17 F/tonne.

On peut estimer (1), d'après les chiffres de production recensé par l'UNICEM, que ce déficit s'élèverait globalement aux alentours de 1 350 000 tonnes réparties comme suit :

Côtes du Nord - déficit en sable :	550 000 tonnes
Finistère	" 700 000 tonnes
Ille et Vilaine -	" 300 000 tonnes
Morbihan	excédent 200 000 tonnes

(1) en appliquant à la Bretagne le % français de production de sable.

TONNAGES DE SABLES MARINS DEBARQUES DANS LES
PORTS BRETONS EN 1973

(source : Services Maritimes de l'Equipement)

Ille et Vilaine	St Malo	19 200	Total partiel 19 200 t.
Côtes du Nord	Le Légué	446	
	Paimpol	1 265	
	Pontrieux	77 860	
	Tréguier (1)	20 500	
	Lannion	112 725	
	Dahouet	750	
			Total partiel 313 564 t.
Finistère	Morlaix	84 332	
	Roscoff	12 150	
	Lampaul-Plouarzel		
	Lanildut		
	Le Paluden		
	Le Conquet	0	
	Brest	0	
	Landerneau	30 810	
	Le Faou		
	Port Launay	10 000	
	Le Fret	13 320	
	Camaret	1 430	
	Douarnenez	550	
	Audierne		
	Pont l'Abbé	594	
	Loctudy	6 930	
	Quimper	63 902	
Bénodet			
Concarneau	49 440		
Pont Aven			
			Total partiel 273 458 t. (estimé : 300 000 t.)
Morbihan	Vannes	2 174	
	Hennebont	42 000	
	Lorient	17 600	
			Total partiel 61 774 t.
			Total général 700 000 t.

(1) 75 518 tonnes dont 55 000 de sables anglais.

1.5. Les exploitations côtières travaillant sur le domaine maritime

1.5.1. Une production de l'ordre de 800 000 tonnes par an

Il est difficile d'évaluer l'importance globale de la production des pêcheurs de sable, en raison du caractère artisanal de cette activité.

Les renseignements fournis par les Services Maritimes de l'Équipement (cf. liste ci-contre) permettent d'évaluer à 700 000 tonnes (1) le volume des sables débarqués dans les ports bretons en 1973.

Il semble cependant, de l'avis de certains services intéressés et de professionnels, que ces statistiques, établies à partir de déclarations remises aux services des douanes (2), soient à majorer de 10 à 20% pour tenir compte de la tendance des exploitants à sous estimer leur production lors de telles déclarations.

Nous retiendrons donc le chiffre de 800 000 tonnes comme estimation de la production globale des pêcheurs de sables en 1973, total qui est à rapprocher des 576 000 tonnes recensées par le BIPE pour 1970. Rappelons, pour mémoire, que les tonnages figurant dans les statistiques de l'UNICEM ne portaient sur 230 000 tonnes .

1.5.2. Les exploitants

Les exploitations sont réparties le long des côtes bretonnes.

Les principaux pêcheurs de sable (qui emploient également leurs bateaux à la pêche du maërl) sont :

(1) dont 150 000 tonnes de sables d'estuaires.

(2) l'absence de chiffres de trafic en face de certains noms de ports provient en général de ce qu'aucune redevance portuaire n'y est perçue. Le déchargement de sable ne donne alors lieu à aucune déclaration au service des douanes.

Sur la côte sud :

Le Reste	à Hennebont
Conan	à Riec/Belon (Pont Aven)
Le Ny	à Concarneau
Montfort	à Bénodet (production totale = 17000t/mois)
Donat	à Combrit (Pont l'Abbé)

et sur la côte nord :

Prigent	à Morlaix (capacité totale(1):250 à 300m ³ /jour)
Derrien	à Lannion (capacité totale : 200m ³ /jour)
S. E. C. M. A.	à Pontrieux (capacité totale : 400 m ³ /jour)
Piriou	à Ploumagoar(Guingamp)(capac. tot. 700-800m ³ /j.)
T. I. M. A. C.	à Saint Malo (capac. totale 500m ³ /jour)

1.5.2. Les méthodes d'exploitation

a) Les bateaux et les conditions d'extraction

La flottille de bateaux sabliers est constituée d'unités de petit tonnage : 150 à 300 tonnes généralement, et parfois jusqu'à 450 ou même 650t. pour la plus grande unité actuellement en service (TIMAC).

Leur longueur varie alors de 25 à 45 mètres et leur tirant d'eau, généralement compris entre 2,5 et 3,5mètres atteint rarement 4 mètres (TIMAC). Il semblerait d'ailleurs que 3 mètres constitue actuellement un optimum, un tirant d'eau de 3,30 mètres faisant déjà perdre 4 ou 5 marées par mois sur la côte nord.

(1) Les bateaux pêchant indifféremment du sable ou du maërl, on parlera donc de capacité totale.

Ces bateaux sont des navires de charge calant peu et pouvant supporter l'échouage. Ces navires sont munis d'un mât de charge et d'une benne preneuse d'une capacité variant entre 800 et 1200 litres et pouvant aller jusqu'à 2000 litres pour la plus grande unité en service. Le dragage prend alors de 3h 30 à 4 heures, dans de bonnes conditions. Les pêcheurs exploitent généralement par 8 à 10 mètres de profondeur à marée basse (15 à 18 mètres à haute mer). La profondeur maximale actuellement atteinte par cette technique est de l'ordre de 28 mètres à marée haute sur le banc de maërl de Paimpol. Mais à cette profondeur, le rendement baisse rapidement : outre le temps perdu lors de la descente ou de la remontée de la benne, celle-ci se lessive rapidement en remontant dans les turbulences dues aux courants souvent forts et à la vitesse de halage (de l'ordre de 80 mètres/minute).

Les sabliers travaillent maintenant presque tous en mer ouverte (pêche interdite dans les estuaires) et les jours d'inactivité sont nombreux (atteignant un jour sur deux en Septembre et Octobre 1974).

L'exploitation ne peut en effet se poursuivre dans des conditions de sécurité acceptables que lorsque les creux sont inférieurs à 2 mètres et le vent en dessous de force 4.

b) Le schéma de fonctionnement

Les navires sabliers ne sont jamais affectés à un seul port mais approvisionnent différents ports selon les besoins, ce qui confère une grande souplesse à l'organisation et se rapproche des méthodes utilisées par les exploitants anglais à une toute autre échelle.

Le navire quitte donc un port à marée haute et va charger à une distance maximum de 3 heures de route du port de déchargement (30 milles environ) où il arrivera en principe 2 heures avant le plein suivant. L'extraction s'est effectuée dans les conditions indiquées plus

haut à une distance des côtes dépassant rarement 3 Km et à duré entre 3h 30 et 4heures. Le déchargement sera effectué à quai sans faire appel à des équipements portuaires spécialisés (qui n'existent pas actuellement en Bretagne): grâce à sa benne, le bateau déposera les matériaux extraits soit à même le quai (stockage), soit directement sur camion lorsque le stockage est interdit sur le quai (Concarneau). Cette manoeuvre prend généralement de 2 heures 30 à 3 heures.

c) Le marché - Le niveau des prix de vente

La pêche du sable est une activité traditionnelle, et comme telle, profondément ancrée dans les habitudes locales : producteurs et utilisateurs de sables marins se connaissent de longue date et ont l'habitude de travailler ensemble et le marché est donc très fermé. Lorsque les sabliers, également sollicités par la pêche du maërl qui s'avérait jusqu'à cette année plus avantageuse, ne pouvaient suffire à l'approvisionnement du marché, certains industriels ont pensé qu'il était possible de s'implanter sur le marché.

La Société Ouest Agrégats, par exemple (aujourd'hui en faillite) est arrivée sur le marché avec un matériel plus moderne et a livré une bataille des prix aux petits exploitants. Ceux-ci, disposant d'un matériel amorti ont cependant résisté et, dès qu'ils ont à nouveau été en mesure de suffire à la demande, ont retrouvé leur clientèle traditionnelle.

Le sable marin tout venant est aujourd'hui vendu

- 14, 50 F. /t à Lorient,
- 16, 50 F. /t à Quimper et Concarneau,
- 15, 60 F. à 17, 50 F. /t sur la côte Nord.

Ces prix s'entendent de la tonne chargée sur camion, hors taxes.

II - STRUCTURE DE LA CONSOMMATION

2.1. La consommation de la Bretagne s'est élevée à 20 Mt en 1973

En 1973, 20 millions de tonnes de granulats (dont 6,1 Mt de sables) ont été utilisées en Bretagne. Ce tonnage provient de plusieurs sources :

- la production régionale,
- l'importation de sables anglais,
- l'utilisation de sables de Loire.

2.1.1. La production régionale est utilisée dans la région

Bien que la part des concassés dans la production régionale soit supérieure à la moyenne française, la Bretagne ne participe cependant pas à l'approvisionnement d'autres régions en ces matériaux.

Ainsi, on peut considérer que l'ensemble de la production Bretonne est consommée dans la région, soit un tonnage réel d'environ 19,2 millions de tonnes (cf. paragraphes antérieurs).

2.1.2. L'importation de sables anglais semble devoir augmenter

Les sables anglais sont dragués à proximité de l'île de Wight et acheminés par les dragues (de 1800 à 2500 tonnes) vers les ports bretons. Le chargement du tout venant s'effectue en une heure environ. S'il y a criblage à bord, l'opération peut demander 6 à 7 heures.

Cette importation a été en 1973 le fait d'une seule entreprise : les établissements Gezennec, à Tréguier (Côtes du Nord). 55 000 tonnes ont été débarquées dans ce port où le déchargement à l'aide de deux grues demande 7 heures pour une drague de 1700 tonnes (1).

Depuis 1974, l'entreprise Daniélou, de Saint-Pol-de-Léon, importe du sable débarqué à Roscoff avec semble-t-il de bonnes perspectives commerciales, notamment en direction de Brest.

Un exploitant de la région brestoise (Etablissement Prigent, à Guipavas) a également lancé l'importation de sables marins sur Brest, depuis le début de 1975.

Les temps de transport (11 heures pour Tréguier, 14 pour Roscoff et 23 pour Brest) semblent actuellement devoir limiter la zone d'influence des sables marins anglais à la côte nord jusqu'à Brest.

On peut s'attendre, sur cette côte, à une augmentation des tonnages importés, d'autant plus que l'exploitation éventuelle au large de Chausey diminuerait sensiblement les distances à parcourir, et, partant, le coût du matériau rendu à quai.

2.1.3. Les sables de Loire

La région Loire a fourni 750 000 tonnes de sables à la Bretagne en 1973. Ce tonnage a été acheminé par semi-remorques d'Ancenis vers des usines de préfabrication d'Ille et Vilaine, vers Redon et Rennes principalement. La Société des Sablères d'Ancenis a livré 400 000 tonnes en 1973, chiffre qui devrait être en diminution de 50% en 1974. La société de dragage d'Ancenis a pour sa part livré 350 000 tonnes en direction de Rennes.

(1) Ce laps de temps sera bientôt ramené à 4 heures, grâce à l'emploi d'une nouvelle drague auto-déchargeable de 2500 tonnes.

L'existence du canal de Nantes à Brest constituait autrefois une voie privilégiée pour l'acheminement des sables de Loire vers la Bretagne. Ce canal est aujourd'hui en mauvais état et n'est plus le véhicule d'aucun trafic important.

Certains exploitants étudient actuellement les possibilités de livraison par bateau à destination de la région de Lorient.

STRUCTURE DE LA CONSOMMATION DE GRANULATS

(source C. E. M.)

années Consommation en 1000 t.	1969(1)		1970 (1)		1972 (2)		1973 (2)	
	Consomm.	%	Consomm.	%	Consomm.	%	Consomm.	%
logem. neufs et préfabrication	4911,6	37,3	4725,9	37,0	5360	34,6	6200	34,7
bâtim. scolaires univers. hospital.	628	4,7	524,4	4,1	540	3,5	660	3,7
entret. du bâtim.	1187,2	9	1195,1	9,3	1530	9,9	1730	9,7
bâtim. agricoles industr. divers	1065,6	8,1	1096	8,6	1490	9,6	1750	9,8
Total bâtiment	7692,4	48,4	7541,4	59	8920	57,6	10340	57,8
ouvrages d'art	133	1	111,2	0,9	145	0,9	180	1
ouvr. maritimes et fluviaux	37,1	0,3	63,9	0,5	70	0,5	90	0,5
routes	2824,1	21,4	2472	19,3	3170	20,5	4020	22,5
V. R. D.	367,4	2,8	339	2,7	445	2,9	500	2,8
Reste Génie Civil	961,3	7,3	1165,7	9,1	1440	9,3	1250	7
Total Génie Civil	4322,9	32,8	4151,8	32,5	5270	34	6040	33,8
Autoconsommation	1057,2	8	1088,8	8,5	1300	8,4	1500	8,4
Total consomm.	13172,5	100%	12782	100%	15490	100%	17880	100%

(1) Source BIPE

(2) D'après travaux BIPE et statistiques UNICEM

2.2. La nature de la demande régionale par secteurs utilisateurs

Le tableau ci-contre reprend l'évaluation des consommations de granulats par type d'ouvrage faite par le CEM de Bretagne.

Cette analyse met en évidence la structure de la consommation en valeurs relatives. Les valeurs absolues sont moins intéressantes, leur total portant sur 18 millions de tonnes environ, alors qu'il devrait en réalité être de 20 millions (cf. plus haut).

Aucune variation significative n'est apparue entre 1969 et 1973 dans la part respective des divers types d'ouvrages.

Le secteur du bâtiment consomme près de 58% du total régional, contre 34% environ pour le Génie Civil. Les 8% restants sont absorbés par l'autoconsommation et les ménages.

La construction de logements neufs, y compris la préfabrication, et celle de routes (22%) utilisent plus de la moitié du volume d'agrégats consommé en Bretagne.

2.3. La demande départementale

2.3.1. Méthodologie

La ventilation par département de la consommation de granulats en 1973 a été effectuée, à partir de la consommation régionale par type d'ouvrage, selon la méthode suivante :

- logements neufs et préfabrication : au prorata des logements terminés dans chaque département,
- bâtiments scolaires, universitaires et hospitaliers : selon la clé de répartition du VIe plan,

- entretien de bâtiment : selon la répartition départementale du total des bâtiments construits,
- bâtiments agricoles, industriels, divers : en fonction des surfaces autorisées,
- routes et ouvrages d'art : suivant le montant des travaux réalisés, de même que pour les ouvrages maritimes et fluviaux,
- VRD et reste Génie Civil : selon des clés de répartition établies par la cellule économique de Bretagne,
- autoconsommation et ménages : en fonction des populations départementales.

VENTILATION PAR DEPARTEMENTS ET TYPES D'OUVRAGE DE LA
CONSOMMATION DE GRANULATS EN BRETAGNE EN 1973

(à partir de chiffres UNICEM)
(en milliers de tonnes)

	Région		Côtes du Nord		Finistère		Ille et Vilaine		Morbihan	
	Consom.	%	Consom.	%	Consom.	%	Consom.	%	Consom.	%
logements neufs et préfabricat.	6920	34,6	1225	30,2	2375	37	1905	38,5	1415	30,9
bâtim. scolaires univers. hospit.	695	3,5	120	3	195	3,1	220	4,5	160	3,4
entretien du bâtiment	1975	9,9	415	10,3	575	9	500	10,1	485	10,6
bâtim. agricoles industr. divers	1920	9,6	570	14,1	470	7,3	360	7,3	520	11,4
total bâtiments	11515	57,6	2335	57,6	3620	56,4	2985	60,3	2575	56,3
routes et ouvrages d'art	4280	21,4	895	22	1435	22,3	940	19	1010	22,1
ouvrages maritimes et fluviaux	90	0,5	10	0,3	40	0,6	10	0,2	30	0,6
V. R. D.	575	2,9	120	3	185	2,9	155	3,1	115	2,5
Reste Génie Civil	1860	9,3	360	8,8	620	9,6	405	8,2	475	10,4
total Génie Civil	6805	3,4	1385	34,1	2280	35,5	1510	30,5	1630	35,7
Autoconsommation + ménages	1680	8,4	335	8,3	520	8,1	455	9,2	365	8
TOTAL	20000	100%	4060	100%	6415	100%	4950	100%	4575	100%
Part relative	100		20,3		32,1		24,7		22,9	

2. 3. 2. Les structures départementales de la consommation s'éloignent peu de la moyenne régionale

Le Finistère, principal producteur de granulats, en est également le premier utilisateur (32 %). Viennent ensuite l'Ille-et-Vilaine (25 %), le Morbihan (23 %) et les Côtes-du-Nord (20 %).

A l'intérieur de chaque département, la ventilation entre grands secteurs utilisateurs diffère peu de la répartition régionale : 57 % pour le bâtiment - avec une pointe à 60 % en Ille-et-Vilaine - 35 % en Génie Civil (31 % en Ille-et-Vilaine) et 8 % environ consommés hors profession.

Au niveau des grands types d'ouvrages, la construction de logements neufs et la préfabrication absorbent de 30 à 31 % (pour les Côtes-du-Nord et le Morbihan) à 37 ou 38 % des consommations départementales, la moyenne régionale se situant à 34,6 %.

La construction de routes et ouvrages d'art entre généralement pour 22 % dans la consommation départementale de granulats, sauf en Ille-et-Vilaine (19 %).

Les chiffres varient, pour la construction des bâtiments agricoles entre 7 % (Finistère et Ille-et-Vilaine) et 11 % (Morbihan) ou 14 % (Côtes-du-Nord).

Les parts relatives des autres types d'ouvrages dans les consommations départementales ne s'éloignent pas sensiblement de la moyenne régionale.

2. 4. La localisation de la demande

Il est possible pour certains types d'ouvrages, de préciser la répartition locale des consommations départementales.

2.4.1. Construction des logements neufs

Le tableau suivant permet de situer l'importance relative des principales agglomérations.

Départements	logts autorisés 66 - 71	agglomérations	logts autorisés s/même période	% départ.
Côtes du Nord	29 744	St Brieuc	5 691	19,13
Finistère	52 697	Brest	13 978	26,53
		Quimper	3 733	7,08
		Morlaix	1 200	2,28
		Douarnenez	981	1,86
Ille et Vilaine	40 121	Rennes	14 989	37,36
		St Malo	3 826	9,54
		Fougères	1 630	4,06
Morbihan	37 219	Lorient	10 176	27,34
		Vannes	3 032	8,15

Il aurait été souhaitable de disposer d'éléments permettant de déterminer l'importance des points de consommation, dans les autres domaines. Malheureusement, les données disponibles ne permettent pas une telle analyse.

2.5. Les circuits de distribution actuels

2.5.1. L'enquête

En l'absence de sources d'informations, nous avons procédé à une enquête directe auprès des entreprises. Le but du questionnaire était de déterminer la destination de la production et les moyens de transport retenus.

DISTRIBUTION DES GRANULATS EN BRETAGNE EN 1973

(Source : enquête SERETE-CEB)

		granulats concas. %	granulats alluvion. %
utilisation	sur place(CBPE, enrobage)	9	0
	transportés : en Bretagne hors Bretagne	91 0	100 0
transport	par camions : - 15 km	54	53
	15 - 50 km	42	27
	50 km	4	20
	autre mode	0	0
transport assuré par	l'exploitant	56	16
	le client	27	56
	un transporteur	17	27
destination par type de distri- bution	un chantier	74	63
	une entrep. produits en béton	25	26
	un centre de stockage et redistribution	1	11
destination géo- graphique	un centre de consommation (ville par exemple)	24	
	des entreprises disséminées	41	en majorité
	ailleurs(collectivités locales, travaux exceptionnels...)	35	1

Nous avons ainsi recueilli 17 réponses (sur 25 entreprises interrogées) réparties comme suit :

- granulats concassés : les entreprises ayant répondu produisent 4 300 000 tonnes, soit 30% de la branche,
- granulats alluvionnaires : le tonnage produit par les 6 entreprises ayant répondu (2 300 000 tonnes) représente 62% du total de la branche.

2.5.2. La distribution des granulats

Le tableau ci-contre résume les conclusions de l'enquête, pour les matériaux concassés et alluvionnaires.

Sur l'échantillon interrogé, on ne constate aucun mouvement de matériaux vers d'autres régions françaises.

Les entreprises de concassés intègrent parfois dans leurs activités la fabrication de béton prêt à l'emploi et d'enrobés et utilisent ainsi sur place 9% de leur production, ce que ne font pas les producteurs d'alluvionnaires souvent plus mobiles (faiblesse des gisements) et qui fournissent un matériau généralement moins noble.

Tous les transports de matériaux se font par camion. Les fabricants de concassés assurent en général la livraison aux clients, tandis que ceux-ci vont le plus souvent chercher leurs granulats à l'exploitation d'alluvions. La part assurée par les transporteurs semble limitée (25% au maximum).

Les deux types d'exploitation vendent plus de la moitié de leur production à moins de 15 km du lieu d'extraction.

Il est rare que des matériaux soient transportés sur plus de 50 km, mis à part les sables des dunes d'Erdeven. On peut en fait considérer que, dans la quasi totalité des cas, le rayon d'action d'une exploitation est inférieure à 50 km et plus certainement - selon les exploitants - de l'ordre de 30 km.

Les matériaux vont pour 1/4 vers une entreprise de produits en béton, et beaucoup plus rarement vers un centre de stockage et redistribution (sauf cas d'Erdeven). Dans la majorité des cas (3/4 pour les concassés) les agrégats sont directement acheminés sur un chantier.

L'importance du rôle joué par d'éventuels centres de consommation est assez difficile à établir. Il semblerait cependant que si un quart à un tiers des matériaux part vers un centre de consommation, ils aillent le plus souvent vers des entreprises disséminées.

CHAPITRE II

DETERMINATION DES PRIX DE VENTE DES SABLES,
GRAVIERS ET AUTRES GRANULATS TERRESTRES

ETUDE DU PRIX DE REVIENT DES MATERIAUX
CONCASSES

COÛT DU TRANSPORT D'AGREGATS

Il s'agit du prix plafond administratif

Prix transporté à la tonne au 30 Septembre 1974

	coût fixe	0 à 10km	10 à 20km	> 20km
Côtes du Nord } Finistère }	1 691	0.326	0.263	0.213
Ille et Vilaine	1.81	0.31	0.28	-
Morbihan	1.63	0.34	0.25	-

Exemples : prix moyen à la tonne

	5 km	15 km	25 km	50 km
Côtes du Nord } Finistère }	3.32 F	6.26 F	8.64 F	13,96 F
Ille et Vilaine	3.36 F	6.31 F	9.10 F	16..10 F
Morbihan	3.33 F	6.28 F	8.78 F	15.03 F

Le coût supplémentaire par tonne serait donc :

de 3 F pour une distance de 5 km
de 6 F " 15 km
de 9 F " 25 km
de 14 à 15 F " 50 km

Cependant ces prix sont susceptibles d'un rabais, de l'ordre de 10% environ.

I - ETUDE DES PRIX DE VENTE DES GRANULATS TERRESTRES

Si l'on se place du point de vue de l'utilisateur, deux facteurs sont à considérer : le prix de vente départ et celui du transport.

1.1. Le prix du transport

Les tableaux ci-contre donnent le prix plafond administration du transport d'agrégats par camion.

Le prix du transport est la somme d'un terme fixe - de l'ordre de 1,60 à 1,80 F/tonne (en septembre 1974) - et d'un élément dépendant de la distance parcourue.

Le tarif kilométrique décroît avec la distance de 0,32 F pour les premiers kilomètres, à 0,21 F au-delà de 20 km.

Ce prix plafond administration est celui que pratiquent les transporteurs ou les exploitants lorsqu'ils assurent eux-mêmes les livraisons, avec parfois un léger rabais.

Le transport de granulats par route devient donc rapidement onéreux : 8 à 9 F/tonne pour un transport sur 25 km. C'est donc ce facteur qui limite le rayon d'action d'une carrière, lorsque le transport vers l'utilisateur ne peut s'effectuer que par route.

Il faut cependant noter que l'utilisation d'un semi-remorque permet d'abaisser sensiblement le prix de revient de l'opération.

ENQUETE SUR LE PRIX DE VENTE DES AGREGATS PAR
DEPARTEMENT

Il s'agit du prix de vente à la tonne "hors taxes" chargée sur camions.

	Côtes du Nord Finistère	Ille et Vilaine Morbihan	prix plafond admins. (7.74)
sable alluvionnaire	11,90(3.74)	12,50	7,40
sable de dunes	11,20	13,30	
sable marin	15,60 (11.74) 17,50 (5.75)	12,50(11.74) 15,60 (5.75)	
sable d'importation	21,90 (5.75) 29,00 (5.75)		
sable de Loire		14,70(départ)	
sable de concassage	10,60(3.74) 15,00(8.74) 18,50(11.74)	11,80 15,00(6.74) 16,70 (5.75)	9,70 10,91 (7.74)
gravier alluvionnaire		11,90 16,00(5.74)	
gravier de concassage	14,50(3.74) 13,00(8.74) 17,00(11.74)	16(5.74en6/15) 15(6.74)	10,50
tout venant de concassage	10 à 12 (11.74)	12,50	7,60 à 9,50
agrégats 0-10			14,10
reconstitués 0-20	13 à 14(11.74)		13,22
0-40			12,97

Les transports par fer (par trains complets) ou par voie d'eau permettent des mouvements importants de granulats sur de longues distances. Ces solutions ne sont pas actuellement employées en Bretagne, mais un projet de livraison par fer de la région de Brest vers Rennes est à l'étude.

2.2. Le prix des matériaux

Le tableau ci-contre a été établi d'après les indications recueillies par la CEB. Certains prix ont varié dans des proportions importantes au cours de l'année, et les dates sont alors indiquées.

On constate ainsi que le prix à la tonne des sables et graviers varie de 12 à 16 F pour les alluvionnaires, selon l'origine de la production, et peut être légèrement plus élevé pour les matériaux concassés ou d'importation rendus à quai.

La différence de qualité entre matériaux alluvionnaires d'origines diverses (sables d'importation et sable marin par exemple) justifie des écarts de prix importants.

Les prix des matériaux concassés présentent en général moins de divergences : la qualité des produits fournis est plus uniforme, et les grosses entreprises, plus nombreuses qu'en secteur alluvionnaire, sont soumises à des contrats de programme (au-delà de 20 salariés ou de 6 millions de chiffre d'affaires) ce qui tend également à aligner les prix.

Dans certains cas cependant - lorsque les matériaux alluvionnaires sont abondants, par exemple, et déterminent le marché - les matériaux concassés peuvent se vendre moins cher.

Les prix indiqués peuvent cependant varier dans une proportion importante par le jeu des rabais consentis dans certains cas par l'exploitant. Pour de gros chantiers livrables par semi-remorques, la remise peut ainsi atteindre 30%. Des réductions importantes (de l'ordre de 20 % maximum) peuvent également être accordées aux entrepreneurs en fonction des tonnages consommés durant des périodes données (1% par 100 tonnes et par mois par exemple).

Quoiqu'il en soit, un écart de 5 F sur les prix d'un même matériau (ce qui semble un maximum absolu) sera compensé par un transport sur 10 km. Le rayon d'action d'une exploitation restera donc assez limité.

2. ETUDE DES PRIX DE REVIENT DES MATERIAUX CONCASSES

2.1. Présentation

Parmi l'ensemble des granulats terrestres, les matériaux concassés occupent en Bretagne une place prépondérante devant les matériaux alluvionnaires et les sous produits industriels. D'autre part, les possibilités d'extraction de matériaux de carrières sont pratiquement illimitées en Bretagne tandis que la rareté et la pauvreté des gisements d'alluvions ne permettent pas d'envisager une extension de cette branche (cf. chapitre 4). Aussi a-t-il paru préférable de faire porter l'effort d'analyse sur les matériaux concassés.

L'analyse des prix de revient a été conduite en étroite liaison avec des professionnels qui ont bien voulu fournir des données sur leur coût de production. Plus que des prix de revient normatifs portant sur des cas théoriques, ce sont en effet des prix réels que nous nous sommes attachés à recueillir. Il avait été envisagé de recueillir ces informations auprès de quatre entreprises. Compte tenu de la réticence des professionnels qu'inquiète une éventuelle concurrence des sables marins à fournir des données précises sur leurs prix de revient, 6 enquêtes directes ont du être menées.

2.2. Les caractéristiques des exploitations

2.2.1. Taille des exploitations et caractéristiques du gisement

A la différence des exploitations de matériaux alluvionnaires pour lesquelles des distinctions peuvent être établies selon l'importance du traitement appliqué aux matériaux extraits (exploitations industrielles ou artisanales) ou la nature du gisement (exploitation à sec ou en eau),

une telle classification ne peut être établie pour les exploitations de concassage. En effet, si les granulats alluvionnaires peuvent souvent être utilisés tels qu'extraits pourvu que la nature du gisement s'y prête, la matière première, dans le cas des carrières, est la roche en place qu'il faudra fragmenter pour obtenir des graviers ou des sables. Cette opération nécessite un matériel coûteux que l'on trouvera dans toutes les exploitations.

Le gisement, toujours hors d'eau et souvent exploité sur une épaisseur considérable (de 40 à 80 mètres) en abattant des roches en surplomb ou en excavant en profondeur, diffère d'une exploitation à l'autre par la nature de la roche et principalement sa dureté et son abrasivité. Une bonne roche doit être très dure afin de donner, lors du concassage, une proportion de fines la plus faible possible. L'abrasivité d'une roche, liée au pourcentage de silice, déterminera la fréquence de remplacement du matériel et donc les coûts d'entretien. Ce facteur déterminera finalement en grande partie le prix de revient. On peut ainsi classer les gisements bretons en fonction de leur abrasivité :

grès quartzites (grès armoricain) (Centre)	} très abrasifs
schistes quartzites (nord ouest)	
granites et micro granites	} abrasifs
gneiss (région de Brest)	
mylonites-ultra mylonites (côte sud) assez peu abrasifs	
amphibolytes (région de St Brieuc) très peu abrasifs	

2.2.2. Les conditions d'exploitation

Le schéma général des opérations d'extraction et de traitement est le suivant :

Découverte :

Cette opération menée par l'exploitant durant la morte saison ou sous traitée vise à mettre à nu le gisement à exploiter. Les couches superficielles sont la couverture de terre végétale (vendue ou stockée), de l'argile ou des zones hétérogènes non suffisamment dures pour le broyage mais utilisables pour constituer des enrochements et dont l'épaisseur peut parfois atteindre 20 mètres. En règle générale, l'épaisseur de la découverte varie de 3 à 5 mètres. Le matériel utilisé est du type pelle et camions ou bull et scrapers.

Abattage :

L'exploitation de la carrière sur une épaisseur de 40 à 80 mètres est menées en gradins d'une vingtaine de mètres de haut. L'abattage par tir de mines profondes avec une charge de 90 à 130 grammes d'explosif par tonne peut également être sous traité. Si le tir est mal calculé, les gros blocs sont ensuite brisés par un tir à l'anglaise ou au brise blocs (qui diminue le bruit).

Transport primaire :

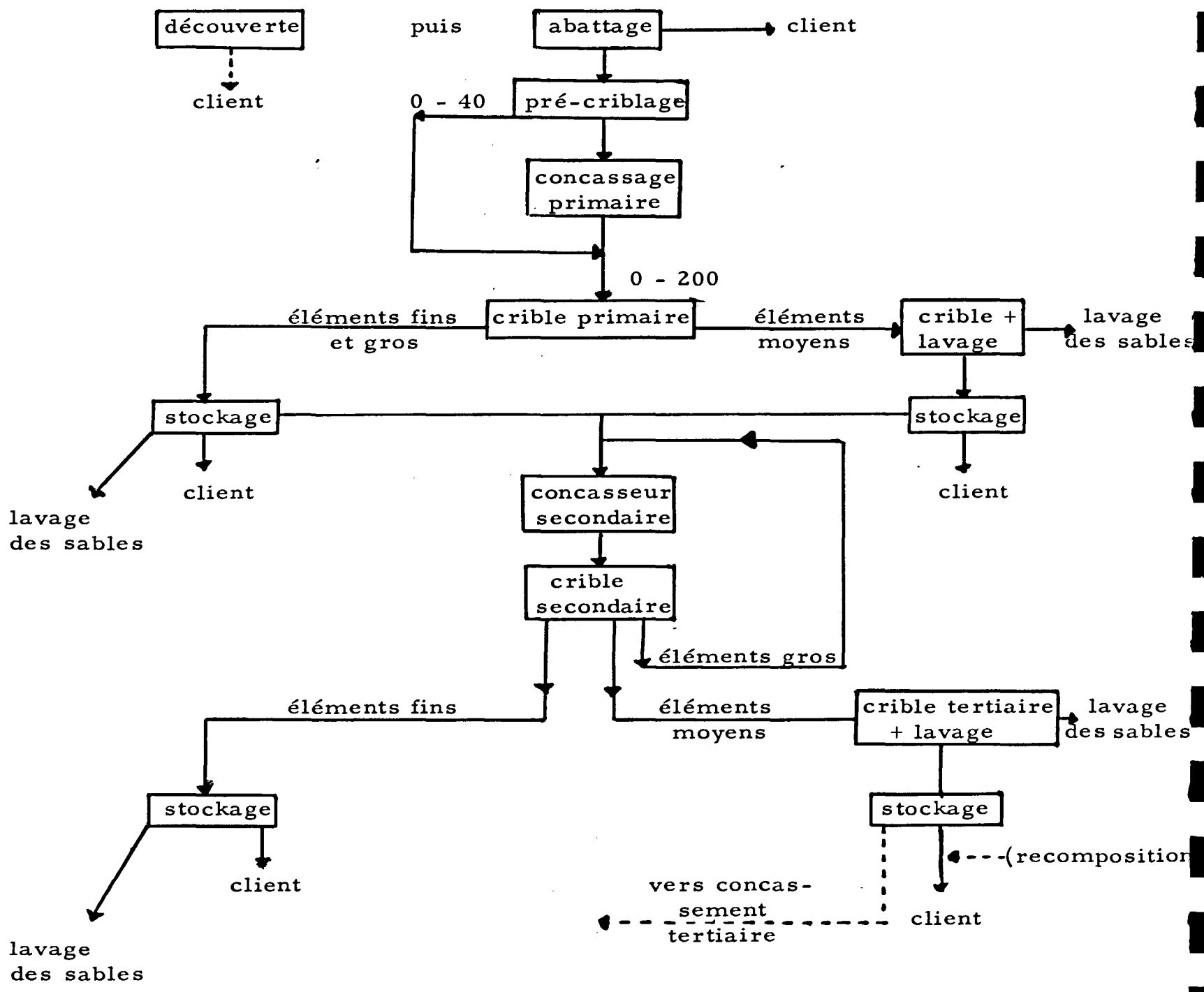
Le transport du front de carrière vers l'unité de traitement fréquemment éloignée de 200 à 500 mètres, peut être effectué :

- par camions, chargés à la pelle ou au chargeur,
- par Dumpers.

Dans certains cas, il a paru intéressant, pour des exploitations en profondeur notamment, de procéder sur place au concassage primaire et d'acheminer les matériaux par bande transporteuse vers l'unité assurant les traitement ultérieurs.

Traitement :

Il s'agit, à partir de blocs de pierre de fournir des granulats répondant aux spécifications des utilisateurs. Trois opérations peuvent intervenir :



- le concassage, pour réduire la taille des éléments ou le broyage qui permettra de réduire le gravier en sable,
- le lavage pour éliminer les impuretés (argile, fines),
- le criblage pour opérer un classement granulométrique des différents composants, éventuellement suivi d'une recombinaison permettant d'adapter les classes granulométriques du carrier aux spécifications de l'utilisateur.

Ces différentes opérations interviennent en chaînes successives, avec des recyclages possibles ou des ventes à divers niveaux qui rendent illusoire un calcul du prix de revient par type de matériau fourni. Une installation relativement simple peut fonctionner selon le schéma ci-contre, qui peut éventuellement être complété par l'adjonction d'un traitement tertiaire.

Stockage :

Outre les stockages intermédiaires permettant la poursuite de la production lors de l'arrêt d'un concasseur primaire ou secondaire, les matériaux destinés à la vente sont stockés en trémies lorsque cela est possible ou bien au sol, ce qui suppose un transport vers le terre plein de stockage et une reprise ultérieure avec chargement sur l'engin de transport.

2.3. Les prix de revient actuels :

Ainsi qu'il a été dit au paragraphe 2.2.1., les carrières de concassage ne diffèrent pas sensiblement les unes des autres par leur conception.

Dans ces conditions et pour des gisements de natures comparables, les seules différences constatées auraient du provenir d'économie d'échelle dont l'ordre de grandeur, si l'on se réfère à une étude effectuée par Serete-études en Alsace pour des exploitations de matériaux alluvionnaires aux coefficients d'investissement comparables à ceux des carrières de concassage, aurait pu avoisiner 20%.

En fait, aucun phénomène de ce type n'a pu être mis en évidence car, sur l'échantillon enquêté⁽¹⁾, certains facteurs différents selon les exploitations ont interdit des comparaisons :

- l'abrasivité de la roche,
- sa dureté,
- la diversité des matériaux vendus.

L'abrasivité du matériau :

La vitesse d'usure du matériel est liée à l'abrasivité de la roche. Les engins les plus sensibles à cette usure sont l'installation de lavage et criblage et les concasseurs. Ainsi, pour des concasseurs utilisés sur des exploitations différentes, la durée de vie peut varier :

- de 3 semaines à 4 mois pour les mâchoires d'un concasseur primaire,
- de 10 jours (160 heures) à 6 mois pour la noix centrale et l'anneau extérieur d'un concasseur secondaire gyrotoire.

Les coûts d'entretien sont alors majorés ainsi que le montant des amortissements (changement plus fréquent du matériel).

L'utilisation de matériels spéciaux (aciers spéciaux, grilles de

(1) de 300 000 à 800 000 tonnes par an, ce qui correspond à la taille des unités de conception récente.

cribles en caoutchouc ou plastique armé et non plus en métal) peut permettre d'atténuer les différences entre exploitations, mais non de les supprimer. Pour deux carrières de matériaux différents mais de conception identique les coûts d'entretien passaient de 1,25 F/t à 2,50 F/t, et le prix de revient total augmentait de 2,30 F/t (de 9,10 F à 11,40 F).

La dureté du matériau :

Deux essais permettent de mesurer la dureté d'une roche : le Deval, qui mesure sa résistance à l'attrition, et le Los Angeles exprimant le pourcentage de sable produit par chocs. (abrasion)

Moins la roche sera dure, plus on trouvera d'éléments fins résultant de l'écrasement de la roche dans le concasseur et dont il faudra débarrasser le matériau par lavage. Cette opération proprement dite, qui est généralement d'un coût supportable, est compliquée par la nécessité pour le carrier de disposer d'eau en quantité suffisante - ce qui implique souvent une installation de recyclage - et surtout d'éliminer après décantation ou floculation les fines dont il ne sait que faire.

La diversité des produits vendus :

Il apparaît, à l'examen du schéma d'exploitation figurant au paragraphe 2.2.2., que la vente au client peut intervenir à différents niveaux de la chaîne de fabrication, en quantités variables d'une période à l'autre avec la demande, ce qui rend difficile une étude analytique du prix de revient par type de matériau. D'autre part, l'habitude étant prise de traiter les marchés sur la base d'un tarif directement inspiré de celui de l'administration, l'exploitant voit rarement la nécessité de mener un calcul analytique et se contente souvent d'un prix de revient moyen, tous granulats confondus.

On peut cependant indiquer, à titre d'exemple, les résultats d'une étude effectuée par un carrier interrogé. La répartition des charges ventilables (main d'oeuvre, achats et entretien principalement, qui représentent dans ce cas 50% du coût de production) par stade du traitement permet de dresser le tableau suivant.

	coût de l'opération(en F/m ³ de produit sorti)(1)	part de la production arrivée à ce stade sur la période étudiée
mise à disposition matériau chargé sous la pelle	3 F.	100%
concassage primaire y compris transport	2 F.	99%
criblage primaire	0,30 F.	91%
concassage secondaire	3,60 F.	52%
criblage et lavage secondaire	1,80 F.	4%
lavage du sable tertiaire	12,70 F.	6%

Ce type de décomposition n'a pu être obtenu que dans un cas et ne porte que sur 50% du coût de production (on arrive en effet ainsi à répartir en moyenne 8F/m³ de produit fourni, pour un prix de revient global de 16 F). Aussi les résultats précédents doivent ils être interprétés avec prudence.

Le prix de revient moyen des matériaux concassés :

Compte tenu des difficultés évoquées précédemment, on s'est attaché à établir une décomposition du prix de revient moyen des matériaux concassés. Il s'agit donc d'un coût toutes granulométries confondues et pour une qualité de roche moyenne.

(1) La densité moyenne des agrégats est de l'ordre de 1,6 t/m³.

Décomposition croisée du prix de revient moyen des granulats de carrières : (en pourcentage)

stade de l'exploit. nature des dépenses	découverte	abattage	transport primaire	traite- ment	mise en stock et reprise	non ventilés	total par nature des dépenses
matières consommables et fournitures : fuel, huile, explosifs...	1	2,5	1	4,5	1	-	10
salaires et charges	2,5	3	4	7	2,5	3	22
entretien et réparations travaux et fournitures extérieures	2	2	2,5	17	1,5	-	25
amortissement - leasing	1,5	2,5	5,5	7,5	10	-	27
frais financiers	-	-	-	-	-	7	7
impôts, taxes et frais divers	-	-	-	-	-	5	5
redevance en terrain	-	-	-	-	-	4	4
total par stade de l'exploitation	7	10	13	36	15	19	100

La ventilation figurant au tableau en regard a été effectuée sur la base d'un prix de revient total 100. Dans la pratique, le prix de revient moyen est de l'ordre de 10 F/tonne. Cette valeur est susceptible d'évoluer d'une exploitation à l'autre, en fonction de la nature de la roche notamment, dans la plage 8,50 - 11,50 F/tonne.

Le tableau ci-contre appelle quelques remarques :

- la part du poste salaires et charges reste relativement faible (22%) devant d'autres postes et notamment :
 - l'entretien et les réparations (25%) : l'usure des matériels par une roche abrasive est en effet rapide,
 - l'amortissement - le leasing (27%) : de nombreux exploitants ont modernisé leurs installations pour faire face à la demande engendrée par la mise en œuvre du plan routier breton.
- le traitement proprement dit est d'un coût élevé (36%) devant les autres postes, du fait notamment des frais d'entretien de l'installation,
- la mise en stock coûte également très cher (19%), parce qu'elle nécessite ou bien un stockage en trémies d'un coût élevé, ou bien un stockage au sol qui permet de faire l'économie des trémies mais impose une mise en stock - par camion généralement - et une reprise sur stock onéreuse .

2.4. Les prix de revient futurs des granulats concassés à l'horizon 1985

Il s'agit ici de préciser, à partir de l'étude par postes de dépenses du prix de revient actuel de la tonne de granulats, l'évolution prévisible des prix de revient en francs constants (1974).

Les redevances sur le terrain ou la prise en compte de la dépréciation du terrain :

Ce poste, faible au demeurant - 0,40 F/tonne produite - ne devrait pas connaître à moyen terme d'évolution significative : bon nombre de carriers - et parmi les plus importants - possèdent des terrains leur assurant de 10 à 30 années de production au rythme actuel.

Dans le cas de créations d'exploitations, les contraintes imposées en matière d'environnement devraient empêcher des implantations à proximité immédiate d'agglomérations importantes, où les prix des terrains sont en hausse sensible.

En tout état de cause, et même compte tenu de la taxe parafiscale nouvellement instaurée (0,05 F/tonne), le coût de la matière première ne devrait pas excéder 0,60 F/tonne en 1985.

Une diminution de 20% du poste salaires et charges :

Les salaires ont rapidement augmenté ces dernières années, mais cet accroissement de la masse salariale a été compensé par un accroissement de la productivité par emploi, lié à une modernisation des installations. Aussi le poste salaires et charges est-il intervenu pour un montant constant (en francs courants) ces dernières années (1,90 F/tonne en 1973 et 1,88 F/tonne en 1969), ce qui correspond à une rapide diminution en francs courants. L'important effort de modernisation des installations entrepris ces dernières années devrait se ralentir dans les années à venir. On peut cependant s'attendre à une diminution du poste salaires et charges de l'ordre de 20% (en francs constants) d'ici 1985.

Le coût du matériel devrait augmenter de 25% d'ici 1985 :

Les améliorations techniques et la recherche d'une automatisation plus poussée s'accompagneront d'une augmentation du coût du matériel (en francs constants). Une augmentation annuelle de 2% conduirait à un total de 25% d'ici 1985 qui se répercutera dans la même proportion sur les postes amortissement et frais financiers.

L'entretien : une diminution prévisible de 10 % :

Les améliorations techniques devraient viser à rendre le matériel plus robuste et à en diminuer les frais d'entretien (aciers spéciaux pour les concasseurs, grilles de cribles en caoutchouc ou plastique armé, ...) Le coefficient d'entretien devrait donc diminuer. L'ordre de grandeur du gain ainsi réalisé ne devrait cependant pas excéder 10 %.

L'augmentation du coût de l'énergie et des matières consommables (huiles, explosifs) :

Il est actuellement difficile de faire des prévisions à moyen terme en ce domaine. Il paraît cependant raisonnable d'envisager d'ici 10 ans une augmentation de 150% de ce type de dépense.

Impôts, taxes et frais divers :

Ce poste ne devrait pas subir de modification.

Le prix de revient à l'horizon 1985 :

La décomposition du prix de revient en 1985 pourrait alors s'établir comme suit (base 100 en 1974) :

redevance	6
salaires et charges	17,6
amortissement et leasing	33,7
frais financiers	8,7
entretien	22,5
matières consommables, énergies	25,0
impôts, taxes et frais divers	<u>5</u>
	118,5

On peut donc s'attendre à une augmentation du prix de revient des matériaux concassés (en francs constants), de l'ordre de 18 % d'ici 1985.

CHAPITRE III

ETUDE DE LA DEMANDE REGIONALE FUTURE EN SABLES
ET GRAVIERS ET AUTRES GRANULATS (1)

(1) Ce chapitre a été rédigé à partir de l'étude menée par la Cellule Economique de Bretagne en liaison avec Serete-études.

La demande régionale future, à l'horizon 1985, a été déterminée par une analyse détaillée de l'évolution structurelle à partir de la consommation actuelle de granulats étudiée au chapitre 1.

D'une manière générale, ont été intégrées dans ces perspectives de consommation les orientations de développement économique régional et les lignes directrices d'aménagement de la Bretagne débattues au sein des administrations et des assemblées régionales.

Pour chaque secteur utilisateur de granulats, la prévision de la consommation future à l'horizon 1985 a été déterminée en raisonnant :

- soit sur des quantités physiques d'ouvrages à réaliser (nombre de logements construits annuellement, par exemple),
- soit sur des montants de travaux à engager, estimés en retenant d'une part les opérations marquantes prévues, et d'autre part l'évolution globale attendue en fonction de la tendance passée et des perspectives technologiques.

Dans les deux cas le passage aux consommations de granulats a été effectué par l'intermédiaire de coefficients techniques (tonnage de granulats mis en oeuvre par ouvrage unitaire ou par million de francs de travaux) résultant d'études régionales ou nationales antérieures.

RYTHME DE LA CONSTRUCTION DE LOGEMENTS
EN BRETAGNE
de 1960 à 1973

Nombre de logements terminés par département et par secteur de financement.

	hlm locatives	hlm accession	· frimés	sans aide	TOTAL (1)
1960 -	2455	970	7802	807	12 949
1961	2529	1195	6386	972	12 196
1962	1147	1303	8784	948	12 825
1963 -	1880	1234	9397	1340	14 124 -
1964	2692	1550	8044	1533	13 895
1965	2274	1932	9646	1971	15 852
1966	2519	1983	9714	3131	17 410
1967 -	3530	1634	9383	3543	18 337
1968	4276	1849	11302	3328	20 839
1969	6982	1976	12443	3601	25 002
1970 -	4725	1831	13298	3601	23 455
1971	4312	2561	13380	3678	23 931
1972	4682	2669	14614	5420	27 385
1973	2086	1735	11152	8232	23 205

Source : S. r. e.

(1) Jusqu'à l'année 1963, les résultats de cette colonne comprennent un certain nombre de logements constructions au titre de la reconstruction, et non répertoriés dans les précédentes colonnes.

1. LE SECTEUR BATIMENT

1.1. Les logements neufs : un ralentissement de la croissance dans les années à venir :

La construction de logements vise à répondre à 4 types de besoins engendrés par :

- la croissance démographique,
- le desserrement des ménages,
- le développement des résidences secondaires,
- la rénovation du parc existant et les constructions liées aux mouvements migratoires de la campagne vers la ville.

En raison d'un écart important entre le nombre de logements disponibles et les besoins, un effort quantitatif a été réalisé dans ce domaine en Bretagne depuis les années 60 (cf. tableau ci-contre). Le rythme de la construction s'est progressivement accéléré depuis cette époque :

- 13 200 logements ont été terminés annuellement en moyenne entre 1960 et 1965,
- 19 600 entre 1965 et 1969,
- 24 700 entre 1970 et 1974,

On assiste cependant depuis quelques années à un ralentissement de la croissance du rythme de construction de logements neufs (1) qui pourrait

(1) La prolongation des tendances observées par ajustement linéaire par une droite des moindres carrés conduirait en effet à prévoir en 1985 la construction annuelle :

- de 40 500 logements si la période d'observation est 1960 - 1973
- de 32 000 logements seulement par extrapolation des tendances enregistrées entre 1968 et 1973.

être l'amorce d'une relative stabilisation des constructions au cours des prochaines années (1). Cette hypothèse se trouve justifiée par :

. la faible part de l'accroissement démographique et du desserrement des ménages, facteurs qui continueront d'intervenir dans les années à venir, dans le total des constructions : la conjugaison de ces deux facteurs (cf. annexe 2) justifie la construction annuelle de :

- 5800 logements sur la période 68 - 74 (sur un total annuel de 24 000 environ),
- 7500 logements sur la période 74 - 80,
- 8300 logements sur la période 80 - 86

. le repli probable, dans les années à venir de la rénovation du parc existant, liée à l'abandon de logements anciens dépourvus d'éléments de confort, et qui constitue la principale source de création de logements neufs :

- lorsque la quasi totalité des résidences principales sera "confortable" (remplacements ou travaux d'amélioration) la cause essentielle des désaffectations aura disparu,
- la politique de rénovation (démolition puis reconstruction) tend à faire place pour répondre aux mêmes besoins à une politique de réhabilitation visant à sauvegarder le patrimoine régional.

(1) Au terme d'une enquête menée par l'INSEE au cours du quatrième trimestre 1973, il apparaît au niveau national que "sauf évolution spectaculaire des techniques de construction ou modification notable de la politique du logement, les mouvements de fond qui ont permis un doublement de la construction de logements en quinze ans ont toutes chances de stabiliser ou même de réduire le volume de la construction au cours des vingt ans à venir".

- . le développement modéré des constructions de résidences secondaires compte tenu du coût élevé de ce type de construction généralement individuelle et de la tendance à la transformation de résidences principales désaffectées en résidences secondaires, en milieu rural notamment.

En conclusion, il paraît raisonnable de prévoir une fourchette de construction de logements neufs comprise entre 28 500 et 30 000 logements par an en 1985.

Si l'on retient une consommation de 120 tonnes de granulats (1) par logement mis en chantier, le secteur construction de logements neufs pourrait absorber à l'horizon 1985 entre 3,4 et 3,6 millions de tonnes.

1.2. Bâtiments scolaires, universitaires et hospitaliers : un développement lié essentiellement aux travaux hospitaliers et sanitaires :

En matière de bâtiments scolaires et universitaires, la région de Bretagne a réalisé un effort important jusqu'en 1972. Aussi les principaux équipements de l'enseignement supérieur sont-ils actuellement réalisés et les travaux ultérieurs ne devraient porter que sur des opérations complémentaires. La situation est relativement comparable dans l'enseignement secondaire où l'effort se poursuivra à un rythme moins soutenu que précédemment. Les besoins restent toutefois importants dans le domaine des constructions primaires.

D'une manière générale, le volume des investissements à moyen terme en matière de constructions scolaires et universitaires restera stationnaire, de même que la consommation de granulats à cet usage.

Par contre, le lancement du Plan Médico Hospitalier Breton doit provoquer dans la région un gonflement des investissements hospitaliers. Le coût total de cette opération (1,6 milliards de francs constants) entraînera dès 1975, un doublement du montant des investissements réalisés dans ce

(1) Sur les années 1969-70 et 73, la consommation de granulats s'élevait en moyenne à 110 tonnes par logement en Bretagne. Cependant, en raison de l'amélioration probable de la superficie moyenne et de la qualité des réalisations, la consommation unitaire pourrait être plus élevée en 1985 : de l'ordre de 120 t/logement.

secteur (250 millions en 1975 (1)). Par ailleurs, le volume des travaux demeurera soutenu en matière de constructions sanitaires et sociales en raison du développement urbain et des équipements en milieu rural.

En définitive, compte tenu de la stabilisation prévisible des investissements scolaires et universitaires et de l'augmentation des travaux hospitaliers, on peut estimer que le volume de granulats nécessaire à la réalisation de ces ouvrages, qui était de 660 000 tonnes en 1973 devrait en 1985 se situer dans la fourchette 800 000 t - 1 million de tonnes.

1.3. Bâtiments agricoles, industriels et autres : une poursuite de la croissance :

Le volume des travaux de bâtiments agricoles a progressé sensiblement depuis trois ans : 95 millions de travaux en 1971, 230 en 1972 et 210 en 1973. La demande de primes pour ce type de construction reste forte et ces investissements se poursuivront au cours des prochaines années. L'activité agricole et d'élevage notamment constitue une richesse économique régionale qui sera encouragée pour soutenir le développement de la Bretagne. Au delà de la crise actuelle la production de bâtiments agricoles continuera à progresser, à un rythme cependant moins soutenu que ces dernières années.

Dans le domaine industriel la région Bretagne a amorcé depuis le début du VIème Plan un décollage économique partiellement remis en cause par les difficultés actuelles. Au delà de la crise les investissements industriels et l'équipement de la région se poursuivront.

(1) soit une augmentation probable de la consommation de granulats de l'ordre de 240 000 tonnes : le coefficient moyen sur la période 1970 - 1973 est de 1900 t/MF de travaux et l'accroissement des investissements hospitaliers 125 MF.

Enfin, dans le secteur tertiaire, la progression des effectifs a été forte depuis le début du VI^e Plan et ce secteur continuera de se développer : les travaux de bâtiment du secteur des services, commerces et bureaux resteront soutenus.

La consommation de granulats afférente à la construction de bâtiments agricoles, industriels et autres a connu ces dernières années une progression régulière de l'ordre de 180 000 tonnes par an. Dans l'hypothèse d'une reprise rapide du développement économique de la région, la croissance pourrait se poursuivre à un rythme toutefois légèrement moins soutenu : de 145 000 à 170 000 tonnes par an. Ceci conduirait, partant d'une consommation de 1 750 000 tonnes en 1973 à situer la demande en 1985 dans la fourchette 3,5 - 3,8 millions de tonnes.

En retenant une clé de répartition entre ces différents bâtiments basée sur le nombre de permis de construire, la superficie autorisée et le montant des travaux réalisés les années précédentes, la ventilation des consommations de granulats à l'horizon 1985 serait la suivante :

	hypothèse "normale"	hypothèse "haute"
bâtiments agricoles	900 000	1 000 000
bâtiments industriels	800 000	1 000 000
autres bâtiments	1 800 000	1 800 000
total	3 500 000	3 800 000

1.4. Entretien de bâtiments : un retard à rattraper :

La vétusté et l'inconfort du parc immobilier régional doivent entraîner un effort de modernisation de l'habitat et ce d'autant plus que les instances régionales, conscientes de la nécessité de préserver et sauvegarder le patrimoine immobilier, veulent encourager financièrement les travaux de restauration et d'amélioration (ANAH, ARIM, PACT...).

En 1973, les travaux d'entretien de bâtiments, c'est à dire les travaux de bâtiment effectués sur des constructions existantes, représentaient en Bretagne 32% du montant total des travaux de bâtiment (et près de 24% de la consommation de granulats de ce secteur) contre plus de 37% au niveau national (1). Ce retard, joint à la politique récente de réhabilitation de l'habitat, permet d'envisager qu'en 1985 les travaux d'entretien représenteront environ 40% du montant des travaux régionaux de bâtiment soit, compte tenu de leur spécificité, 30% environ de la consommation de granulats.

Eu égard aux chiffres avancés par ailleurs, l'entretien des bâtiments devrait utiliser en 1985 entre 3,2 et 3,6 millions de tonnes de granulats.

(1) Source : BIPE

2. LE SECTEUR GENIE CIVIL

2.1. Routes et ouvrages d'art : un essor à court terme suivi d'un retour à une consommation plus modérée

Les perspectives de ces travaux s'avèrent relativement bien définies :

- achèvement du Plan Routier Breton entre 1975 et 1980, soit environ un milliard de travaux,
- mise en place et lancement du Plan Routier Régional (routes transversales) d'un montant d'un milliard également réparti sur une quinzaine d'années,
- maintien du montant des travaux afférents aux routes départementales et à la voirie communale.

Compte tenu de la part relative de ces différents aménagements routiers, il est possible d'envisager un accroissement substantiel des consommations de granulats pendant la période 1975-1980 (période de réalisation conjointe du Plan Routier Breton et du Plan Routier Régional) pour retrouver en 1985 un volume de consommation légèrement supérieur à celui de 1973. (de 5 à 5,5 millions de tonnes contre 4,2).

2.2. Ouvrages maritimes et fluviaux : leur part restera faible

L'étude prévisionnelle de la consommation de ce secteur s'appuie sur 3 hypothèses :

- un développement des ports de plaisance. Les aménageurs régionaux cherchent cependant, pour assurer la rentabilité de ces équipements, à éviter la multiplicité en les intégrant dans un plan d'ensemble,

- le développement du "tourisme fluvial" sur les canaux bretons. Mais le montant des travaux engagés restera modeste,
- des extensions des ports de commerce, mais surtout des ports de pêche de la région. En ce qui concerne la 3ème forme de radoub de Brest pour des bateaux d'un tonnage égal ou inférieur à 500 000 tonnes, seule pour l'instant une décision de principe a été arrêtée. Enfin, les infrastructures portuaires nécessaires à l'exploitation des gisements pétrolières en mer d'Iroise restent soumises à la confirmation de l'existence de ressources suffisamment importantes pour justifier une exploitation systématique, et, dans ce cas, à la définition du rôle économique (ravitaillement - traitement - raffinage, etc...) tenu par le Finistère Sud.

Il semble donc raisonnable, compte tenu de la programmation incertaine de certains équipements, de prévoir que la consommation de granulats dans le secteur ouvrages maritimes et fluviaux restera faible en 1985 où elle pourrait cependant atteindre de 150 à 300 000 tonnes contre 90 000 tonnes en 1973.

2.3. Voiries et réseaux divers : un développement lié à l'urbanisation de la Bretagne

L'urbanisation de la Bretagne s'est faite rapidement au cours des dernières années, en raison de son retard dans ce domaine. Or les travaux de voirie urbaine et de viabilisation des ensembles d'habitation n'ont pas suivi ce rythme d'urbanisation. Il convient donc de rattraper ce retard, d'autant plus que sous l'effet du développement de l'industrialisation en Bretagne, le phénomène d'urbanisation devrait se poursuivre dans les prochaines années, mais au profit des agglomérations de taille moyenne. (cf. "Le Livre Blanc de la Bretagne" du Célib).

Il conviendra toutefois que les collectivités locales trouvent de nouvelles sources de financement.

Dans ce secteur encore , il est possible d'envisager un relèvement sensible de la consommation prévisionnelle de granulats (de 600 000 à 1 million de tonnes) par rapport aux chiffres actuels (500 000 t en 1973).

2. 4. Divers Génie Civil : un doublement possible d'ici 1985

Les besoins prévisionnels occasionnés par la réalisation de ces travaux ont été estimés à partir de la progression prévue de l'ensemble des travaux de génie civil (routes-ouvrages d'art-ports-v. r. d. etc...) et de l'évolution des constructions de bâtiments industriels.

Le développement industriel escompté pour la région, la poursuite du phénomène d'urbanisation, la réalisation en Bretagne d'investissements importants dans le secteur des "Télécommunications", en raison de la vocation électronique de cette région et d'un emprunt de 100 millions contracté récemment par l'Etablissement Public Régional et la construction éventuelle de centrales nucléaires, justifient une progression marquée de ce type de travaux.

Une augmentation annuelle de la consommation de 6% par an sur la période 1960 - 1973) conduirait à consommer dans ce secteur en 1985 un volume de granulats deux fois plus importants qu'en 1973 : 2,5 Mt contre 1,25 en 1973.

3. PREFABRICATION ET AMIANTE CIMENT : UNE EVOLUTION PARALLELE A CELLE DU SECTEUR BATIMENT

Rattachée à la production des ouvrages de bâtiment, la consommation de granulats pour la fabrication de produits préfabriqués en béton et d'amiante ciment devrait progresser proportionnellement à l'ensemble des investissements de bâtiment soit sensiblement comme la consommation totale du secteur bâtiment qui passera de 7,34 millions de tonnes en 1973 à 10,9 ou 12 Mt en 1985.

La part de la préfabrication et de l'amiante ciment pourrait donc passer de 3 Mt en 1973 à 4,4 ou 4,9 Mt en 1985.

4. AUTO CONSOMMATION DES MENAGES : UN ACCROISSEMENT ESSENTIELLEMENT LIE A CELUI DE L'AUTO CONSTRUCTION

Ce poste de consommation représentait 1,5 millions de tonnes en 1973 soit 0,6 tonnes de granulats/habitant/an. En raison de l'élévation des coûts de construction et de l'importance des logements individuels en Bretagne on assiste à un développement de l'auto-construction.

Compte tenu des perspectives démographiques (2,7 millions d'habitants en 1985) et sur la base d'une auto-consommation par tête en légère progression (0,7 t/habitant/an), l'auto-consommation pourrait absorber 1,9 million de tonnes de granulats en 1985.

Evolution de la consommation de granulats par secteur utilisateur
entre 1973 et 1985 (chiffres en milliers de tonnes)

secteur	1973		1985		1985	
			hypothèse basse		hypothèse haute	
	consom.	%	consom.	%	consom.	%
logts neufs	3200	18,0	3400	13,4	3600	12,8
bât. scolaires, univers. hospitaliers	660	3,5	800	3,1	1000	3,6
entretien bâtiment	1730	10	3200	12,5	3600	12,8
bât. agricoles, industriels et divers	1750	10	3500	13,8	3800	13,5
total bâtiment	7340	41,5	10900	42,8	12000	42,7
routes et ouv. art	4200	23,5	5000	19,6	5500	19,6
ouv. maritimes et fluv.	90	0,5	150	0,6	300	1,1
V. r. d.	500	3	600	2,4	1000	3,5
div. génie civil	1250	7	2500	9,8	2500	8,9
total génie civil	6040	34	8250	32,4	9300	33,1
préfa béton + amiante ciment	3000	17	4400	17,3	4900	17,4
auto-consommation	1500	8,5	1900	7,5	1900	6,8
total général	17880	100	25450	100	28100	100

5. LA CONSOMMATION PREVISIONNELLE DE GRANULATS EN 1985 :
DE 25,4 A 28,1 MILLIONS DE TONNES, SOIT UNE AUGMENTATION
DE 50% EN 12 ANS.

En définitive, la consommation prévisionnelle de granulats en 1985 pourrait se situer (cf. tableau en regard) entre 25,4 et 28,1 millions de tonnes, ce qui représente une augmentation moyenne de 4% par an.

CHAPITRE IV

ESTIMATION DES RESSOURCES EN GRANULATS D'ORIGINE
TERRESTRE

Un certain nombre d'études sont en cours ou seront lancées prochainement.

S'il n'est pas possible actuellement d'estimer le volume des réserves alluviales en Bretagne, nous allons cependant définir certains aspects régionaux du problème, puis faire le point par départements.

I - LE PROBLEME BRETON

Les ressources alluvionnaires sont plus faibles en Bretagne qu'en d'autres régions. Certains gisements propres aux régions côtières (sables de dunes) ont cependant permis de pallier cette insuffisance.

La fermeture prochaine de l'exploitation des dunes d'Erdeven va aggraver la pénurie de sable à béton en Bretagne, et les études en cours ont pour but de chercher de nouvelles sources d'approvisionnement.

D'une manière générale, les recherches menées actuellement avec de nouvelles techniques font apparaître des réserves plus importantes que prévu. Du fait de la faible puissance des gisements, un grand nombre d'entre elles sont cependant à la limite de l'exploitabilité.

Les possibilités de substitution au sable d'Erdeven dépendent de la granulométrie et de la nature des gisements : un sable de vallée granitique sera généralement riche en mica et feldspath, et le caractère hydrophile de ce matériau déterminera une chute appréciable de la résistance du béton.

Il faut enfin tenir compte du morcellement du parcellaire : les transactions avec les propriétaires risquent alors d'être très longues, et la production complémentaire de nouvelles exploitations pourrait n'intervenir qu'à moyen terme.

II - LES PERSPECTIVES DEPARTEMENTALES

2.1. L'Ille et Vilaine

L'inventaire des sables et graviers alluvionnaires existant dans un rayon de 25 km autour de Rennes conduit à penser, en admettant que 30 à 40% des réserves soient exploitables, que l'on pourrait encore extraire 7 à 10 millions de tonnes de la Vallée de la Vilaine en aval de Rennes et 17 à 23 millions de tonnes dans la vallée du Meu.

Des réserves moindres mais non négligeables existent dans d'autres vallées, particulièrement dans celle de la Seiche et de la Vilaine en amont de Rennes. Des cuvettes de sables pliocènes sont activement exploitées pour la fabrication des mortiers et enduits au sud de Rennes. Par contre les placages de graviers de même âge qui occupent de vastes surfaces sur les plateaux sont de faible épaisseur, très argileux et donc peu intéressants.

Ces sables et graviers sont souvent des réservoirs d'eau de bonne qualité. Certaines zones seraient à réserver pour de futurs captages.

L'Ille et Vilaine est certainement le département dont les réserves sont les plus importantes.

2.2. Le Morbihan

L'étude menée par le BRGM fait apparaître que le Morbihan dispose de réserves de graviers qui se chiffreront en millions de tonnes. Elles sont cependant souvent difficiles à exploiter.

Ce département a également des gisements de sables intéressants (sables du pliocène), plus particulièrement en région de Josselin-

Ploërmel, où la puissance du gisement peut atteindre 10 mètres, ce qui simplifierait les problèmes fonciers, en réduisant les surfaces de terrains nécessaires pour un niveau de production donné. Ces sables sont cependant argileux, et un problème de lavage se posera lors de l'exploitation.

Bien que le BRGM, à l'issue de sa prospection, n'ait pas procédé à la cubature des réserves inventoriées (hétérogénéité des gisements), le Morbihan paraît disposer de ressources assez nombreuses, mais dont très peu semblent économiquement ou même techniquement exploitables.

2. 3. Le Finistère

L'inventaire par le BRGM des réseaux alluvionnaires est prévu dans ce département, mais non encore commencé. Il semblerait cependant, que des gisements assez importants auraient été reconnus dans la région brestoïse.

2. 4. Les Côtes-du-Nord

Les résultats d'études antérieures avaient conclu à la faiblesse des réserves alluvionnaires dans ce département. Les résultats positifs obtenus en Ille-et-Vilaine grâce à de nouvelles méthodes de prospection devraient conduire à une nouvelle étude des réserves de ce département.

CHAPITRE V

ETUDE DU PRIX DE REVIENT DES SABLES ET GRAVIERS
D'ORIGINE MARINE

On vise dans cette phase de l'étude à estimer le niveau des prix de revient des granulats marins dans l'hypothèse d'une extraction de 1 Million de tonnes par an au large de Lorient (gisement sud-ouest Erdeven) pour préciser les conditions économiques de lancement d'agrégats marins sur le marché.

On a ainsi dans un premier temps fait le point sur les possibilités d'accueil de trafic sablier dans les ports bretons et notamment sur la côte sud-Bretagne puis déterminé les tonnages à prévoir y débarquer.

On a ensuite mené l'étude poste par poste du prix de revient des agrégats marins depuis l'extraction sur le gisement jusqu'au chargement sur camion dans les ports de distribution d'un matériau dessalé et criblé. Cette étude a été menée dans le cadre de trois schémas d'organisation envisageables pour cette exploitation.

La comparaison des résultats des calculs précédents a alors permis de déterminer la solution souhaitable.

1. PRISE EN COMPTE DE L'INFRASTRUCTURE PORTUAIRE ET TONNAGES DE SABLE A DEBARQUER DANS LES PORTS

1.1. Les ports bretons

Il a été procédé au recueil systématique auprès des services maritimes du Ministère de l'Equipement de données concernant les différents ports bretons. Il ressort de l'analyse de ces données sur l'infrastructure que si les ports bretons sont nombreux et diversement équipés (cf. annexe 3) rares sont ceux prévus pour recevoir des trafics sabliers importants par manque d'emplacements de stockage ou de matériel de manutention.

Cependant, dans la mesure où des terrain de stockage sont disponibles, on peut envisager l'implantation d'un trafic sablier de quelques importance à la condition d'utiliser des navires sabliers autodéchargeables.

Les équipements de superstructure (grues, postes de déchargement) ne sont alors pas nécessaires. Les techniques modernes d'autodéchargement (300 t/heure par exemple pour un petit sablier de 400 tonnes, soit un rendement 3 à 4 fois supérieur à celui des navires sabliers traditionnellement utilisés - cf. 1.1.5.) jointes à l'utilisation d'une grosse drague pour l'extraction - les navires sabliers n'ayant plus comme fonction que le transport de granulats - permettent d'envisager l'instauration d'un trafic sablier.

Les ports bretons se prêtant le mieux à l'implantation d'un trafic sablier important sont : (cf. annexe 3)

dans le Morbihan :

- Lorient principalement, avec le quai de la Z.I. du Rohu et les terrains de la Z.I.,
- Vannes avec la possibilité de créer un appontement spécifique avec un terre-plein en bordure,

dans le Finistère :

- Brest essentiellement avec la possibilité d'utiliser le quai des minéraliers et les installations existantes (tour de déchargement) ou d'accoster sur deux ducs d'Albe qui se

situeraient dans le prolongement de l'actuel quai des minéraliers pour un autodéchargement, à proximité de terrains disponibles,

- Concarneau où existe un quai à sabliers et des terrains à moins de 500 m,
- Landerneau.

Les autres ports pourraient se prêter à des trafic de moindre importance.

1.2. Les tonnages à débarquer dans les ports

a) Le tonnage global : 1 million de tonnes :

Le tonnage global à décharger dans les différents ports bretons, c'est à dire la production totale de l'exploitation, a été fixé à 1 M de tonnes par an. Ce choix peut être justifié de la manière suivante :

- une exploitation industrialisée d'une taille inférieure n'est guère concevable,
- ce tonnage correspond approximativement au déficit de production de sable lié à la fermeture d'Erdeven (plus de 800 000 tonnes),
- dans l'hypothèse (basse) d'une consommation de 25 M de tonnes de granulats en Bretagne en 1985 (cf. chapitre III), si l'on suppose une stagnation des productions de sable alluvionnaire (hors Erdeven) et de sable marin pêché artisanalement et un accroissement de 30 % des productions de sable de concassage, ⁽¹⁾ la Bretagne connaîtrait un déficit en sable de 2,8 M de tonnes sensiblement réparti entre les côtes nord et sud, soit sur la côte sud, un déficit d'un peu plus de 1 M de tonnes de sable.

b) La ventilation de la production :

Pour assurer une bonne adéquation des livraisons aux besoins, on a utilisé (cf. annexe 4) une clé de répartition qui tient compte de

 (1) Compte tenu de la capacité des entreprises de concassage à s'adapter rapidement à la croissance de la demande (voir chap. VI, paragraphes 1.2. et 1.3.)

l'importance des populations proches des ports et de leur éloignement de Lorient.

Les tonnages à débarquer sont alors les suivants : (cf. annexe 4)

- dans les ports les mieux adaptés au trafic sablier :

Lorient	310 000 tonnes
Vannes	70 000 tonnes
Brest	232 000 tonnes
Concarneau	42 000 tonnes
Landerneau	44 000 tonnes

soit au total 70% des tonnages à débarquer.

- dans les autres ports :

Pont Aven	32 000 tonnes
Bénodet	22 000 tonnes
Pont l'Abbé	56 000 tonnes
Quimper	100 000 tonnes
Audierne	38 000 tonnes
Camaret	24 000 tonnes
Port Launay	30 000 tonnes

Cette ventilation sera adoptée dans deux des trois hypothèses étudiées (cf. paragraphe suivant). Dans la troisième hypothèse, où la distribution se fera directement par drague et non plus par navires sabliers, on ne retiendra que les ports de Lorient et Brest recevant chacun 500 000 tonnes.

2. PRIX DE REVIENT DES MATERIAUX MARINS

On vise dans ce paragraphe à estimer le niveau des prix de revient des granulats marins dans l'hypothèse d'une exploitation de 1 Mt par an au large de Lorient.

Pour ce faire, on a pris en compte dans la mesure du possible les conclusions techniques et financières ressortant des études antérieures de SERETE (1).

Il faut remarquer toutefois que ces études antérieures ont porté essentiellement sur la détermination de prix de revient de dragage, transport et traitement compte tenu des conditions particulières existant en baie de Seine pour le transport entre les lieux d'extraction et Le Havre où était supposé exister toute l'infrastructure nécessaire pour recevoir et décharger des dragues de grosses capacités (2000 à 8000 t).

Dans le cas présent, compte tenu de la dispersion géographique des points d'application de la demande et de la situation spécifique des ports bretons en matière d'équipement, il convient d'étudier diverses solutions techniques envisageables pour l'approvisionnement de la région en granulats marins.

2. 1. Méthodologie

a) Les 3 schémas retenus :

Pour calculer les prix de revient rendus dans les ports de distribution des matériaux d'origine marine extraits au large de Lorient, on retiendra trois schémas type :

Schéma n° 1 : déchargement à Lorient, sur quai, de dragues spécialisées, traitement à terre (criblage et dessalement) puis rechargement sur navires sabliers à destination des autres ports bretons.

Schéma n° 2 : déchargement à proximité de Lorient dans une souille abritée des vents et des courants de dragues à clapets puis reprise par petite drague, traitement à bord et rechargement sur navires sabliers.

Schéma n° 3 : utilisation de dragues faisant des allers et retours entre la zone exploitée et les ports de distribution.

(1) Exploitation des sables et graviers d'origine marine pour l'approvisionnement de la région Parisienne en 1985 - SERETE Etudes février 1973.

b) Le mode de calcul du prix de revient :

Tous les calculs ont été faits dans l'hypothèse de l'exploitation du gisement sud-ouest Erdeven, au large de Lorient.

Nous avons étudié les problèmes relatifs :

- à l'extraction et au transport par drague après définition du matériel en liaison avec le GNEXO et des constructeurs.
- au déchargement de la drague (à quai ou en souille), compte tenu des infrastructures portuaires existantes et des possibilités techniques du matériel.
- à la reprise en souille, avec le concours d'un constructeur.
- au traitement des matériaux (à terre ou à bord de la drague de reprise) et au rechargement en navires sabliers (en reprenant des conclusions de l'étude SERETE sur la Baie de Seine)
- au transport par navires sabliers et à leur déchargement, en liaison avec les services maritimes de l'équipement et les constructeurs.
- à la location des terrains de stockage et au rechargement en camions qui interviennent également dans le calcul du prix de revient.

Il faut cependant noter que n'ont pas été prises en compte :

- les dépenses résultant des opérations préalables de prospection et de reconnaissance,
- les redevances diverses (domaines, office des pêches...).

On a de même exclu du champ de l'étude :

- le choix du site d'implantation de la souille
- les effets écologiques d'une exploitation intensive des sables et graviers marins.

2.2. Les choix techniques

a) La drague et son déchargement :

Pour qu'une exploitation soit rentable, le dragage doit pouvoir se poursuivre dans des conditions atmosphériques défavorables (vent, houle, courant). Aussi s'est on orienté systématiquement vers des dragues suçeuses porteuses à crépine trainante qui peuvent travailler plus de 80% du temps.

Le gisement reconnu (sud ouest Erdeven) étant assez profond (25 à 30 m) il fallait pourvoir exploiter par 35 m de profondeur. Cette contrainte technique impose à la drague une longueur - et donc une capacité de puits - minimales importantes : 66 m et 1600 m³.

Dans les deux premiers schémas d'exploitation, la drague est alors nettement sur-dimensionnée et il est nécessaire d'envisager la possibilité de la louer sur des chantiers extérieurs lorsqu'elle n'est pas affectée à l'exploitation considérée.

Les modes de déchargement retenus sont les suivants :

- dans le schéma n° 1, la drague est déchargée à Lorient par une installation spécialisée à quai servant également au rechargement des navires sabliers,

- dans le schéma n° 2 la drague vient claper dans la souille,
- dans le schéma n° 3 où la drague risquerait de connaître à Brest des temps d'attente assez longs et où il n'est pas nécessaire de prévoir un rechargement des sabliers, la drague sera auto-déchargeable (refoulement hydraulique).

b) La drague de reprise :

La drague de reprise doit être stationnaire, permettre le traitement à bord (pour éviter l'implantation d'une unité de traitement dans chaque port) et le rechargement en chalands. L'eau est amenée de la côte par conduite flottante.

Le choix s'est porté sur une petite drague à godets, les constructeurs de dragues suçeuses ne couvrant pas le créneau des installations de petit débit (de l'ordre de 200 m³/h).

L'installation de traitement embarquée - comme celles à terre - assure le criblage (qui élimine les quelques galets ou gros éléments contenus dans le sable) et le dessalement du matériau en même temps que son lavage.

c) Les navires sabliers :

Ils sont tous autodéchargeables, de 400 tonnes en général ou de 1000 à 1200 tonnes vers Brest. L'autodéchargement à sec (bande transporteuse en fond de coque, sous trémies) permet de pallier l'absence de moyens de manutention ou les risques d'attente à quai (Brest notamment).

2.3. Calcul des prix de revient des sables marins dans les 3 hypothèses envisagées

a) Le schéma n°1 :

La drague utilisée est sur-dimensionnée : d'une capacité technique de près de 2 M de tonnes par an, elle ne sera affectée à l'exploitation

que 50% environ de son temps disponible. Aussi est on conduit à envisager de la louer pour d'autres travaux. On a supposé qu'il serait possible de la louer 40% du temps. On comparera le prix de revient dans cette hypothèse à ceux obtenus sans location et pour une utilisation de la drague au maximum de sa capacité (1,978 M t/an).

Les calculs effectués à l'annexe 4 permettent de dresser le tableau suivant (coûts en F/tonne) :

Capacité Postes	1 M tonnes/an		1,978 M t/an
	location	sans location	
extraction et transport vers Lorient	9,61	12,58	8,31
déchargement à Lorient	3,48	3,48	2,02
traitement à terre et rechargement	4,65	4,65	3,56
transport par sabliers et déchargement	7,96	7,96	(7,96)(1)
location des terrains portuaires	0,30	0,30	0,30
rechargement sur camions	1,30	1,30	(1,10)(1)
prix de revient total	27,30	30,27	23,25

La location de la drague permet de réaliser une économie d'environ 3 francs/tonne.

Le passage de l'unité de 1 M de tonnes à 2 M de tonnes/an s'accompagnerait d'un abaissement du prix de revient d'au moins 4 francs/t

(1) estimations.

(7 francs si l'on compare à la solution sans location). L'économie d'échelle réalisée se répartit entre les postes extraction, déchargement et traitement : de l'ordre de 1,30 F sur chaque poste.

b) Le schéma n° 2 :

La drague utilisée est nettement sur-dimensionnée. L'utiliser pour extraire 1 M de tonnes quand elle pourrait en fournir plus de 3 conduit à nouveau à retenir l'hypothèse d'une location (2/3 de son temps disponible).

Le prix de revient total (en francs par tonne) se décompose alors comme suit :

Postes \ Capacité	1 M tonnes/an		3,275 M t/an
	location	sans location	
extraction, transport vers la souille et clapage	4,87	10,74	4,49
reprise et traitement sur drague de reprise et rechargement	3,57	3,57	(3,57)(1)
transport par sabliers et déchargement	9,28	9,28	(9,28)(1)
location des terrains portuaires	0,30	0,30	0,30
rechargement sur camions	1,50	1,50	(1,10)(1)
prix de revient total	19,52	25,39	18,74

Comparaison des prix de revient unitaires (en francs par tonne) dans les 3 cas type d'exploitation étudiés

Hypothèse Poste	schéma 1			schéma 2				schéma 3
	1 M t location de la drague	1 M t ss locat. de la drague	1, 978Mt produc. maxi.	1 M t location de la drague	1 M t ss locat. de la drague	3, 27 Mt produc. maxi.	1 M t avec loc. approv. Lorient Brest	1 M t approv. Lorient Brest
extraction et transport primaire	9,61	12,58	8,31	} 4,87	10,74	4,49	4,87	18,07
déchargement	3,48	3,48	2,02					
reprise en souille, traitement et chargement en chalands				3,57	3,57	(1) (3,57)	3,57	
traitement	4,65	4,65	3,56					5,23
transport par sabliers	7,96	7,96	(7,96)	9,28	9,28	(9,28)	8,19	
location des terrains	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
rechargement sur camions	1,30	1,30	(1,10)	1,50	1,50	(1,10)	0,80	0,80
prix de revient total	27,30	30,27	23,25	19,52	25,39	18,74	17,73	24,10

(1) Les chiffres entre parenthèses sont ceux pour lesquels il n'a pas été mené de calcul spécifique et correspondent à des estimations.

La location de la drague permet de réaliser une économie d'environ 6 francs par tonne.

Le passage de l'unité de 1 M de tonnes à celle de plus de 3 M de tonnes ne ferait réaliser qu'une économie assez faible (moins de 1 F/tonne) : la capacité de stockage de la souille pouvant être considérée comme pratiquement illimitée le système de location peut être très souple et conduire à approcher de très près le coût de l'opération de dragage à pleine capacité en minimisant les temps improductifs.

D'autre part, les postes sur lesquels il est possible de réaliser une économie d'échelle substantielle - c'est à dire jusqu'au rechargement sur sabliers - ne représentent qu'une dépense assez faible (8,44 F/t) comparée à celle engagée dans le premier schéma (17,74 F/t).

c) Le schéma n° 3 :

Le prix de revient des matériaux directement acheminés par drague vers Lorient (500 000 tonnes) et Brest (500 000 tonnes) est de 24,10 F/tonne et se décompose comme suit :

- dragage, transport et déchargement à Lorient et Brest	18,07 F/t
- traitement et location des terrains portuaires	5,23 F/t
- rechargement sur camions	0,80 F/t

2.4. La solution adaptée à une production de 1 M de tonnes de sable par an : clapage en souille, traitement à bord de la drague de reprise et transport par sablier

a) Les prix de revient :

Le tableau ci-contre permet de comparer les prix de revient dans les 3 solutions type d'organisation de l'exploitation (1).

(1) Afin de permettre la comparaison entre le schéma 3 (500 000 tonnes à Lorient et Brest) et les deux précédents (1 M de tonnes réparties sur 12 ports bretons), on a calculé à l'avant dernière colonne le prix de revient dans le schéma 2 d'exploitation pour un débarquement de 500 000 tonnes à Lorient et 500 000 tonnes à Brest.

Il apparaît ainsi que le schéma n° 2, qui dissocie les fonctions de dragage et de transport en évitant le transit par un port (clapage en souille) permet d'obtenir les prix de revient les plus faibles.

Dans l'hypothèse de location des dragues en dehors de leur affectation à l'exploitation considérée, on arriverait aux prix de revient suivants :

schéma 1	27,30 F/tonne
schéma 2	19,52 F/tonne
schéma 3	25,31 F/tonne

b) L'investissement :

On peut également procéder à la comparaison des investissements nécessités par ces différents types d'exploitation.

Il faut cependant tenir compte du fait que dans les schémas 1 et 2 et dans l'hypothèse de la location, la drague est affectée pour partie à l'exploitation et pour le reste du temps à une autre activité économique également susceptible d'engendrer des bénéfices industriels. Ainsi peut on considérer que le prix de la drague n'intervient que pour partie (au prorata du temps non loué) dans les immobilisations productives de l'exploitant.

schéma	investissement en M francs		temps passé sur l'exploit par la drague	"immobilisations productives" en M F
	total	dont drague		
1	60,84	32,34	60%	47,9
2	49,34	32,34	33%	27,8
3	46,30	39,1	100%	46,3

Le classement par ordre d'intérêt des 3 schémas étudiés est donc le même, que l'on considère le prix de revient ou les "immobilisations productives" précédemment définies et conduit à retenir la solution 2 dans laquelle la drague vient claper dans une souille à proximité de Lorient et où les matériaux, après traitement à bord de la drague de reprise, sont acheminés par sabliers vers les ports bretons. On peut d'ailleurs noter que ce schéma correspond à celui généralement retenu pour des exploitations modernes ou en projet.

3. LES SABLES MARINS FACE A LA CONCURRENCE

Les sables marins extraits dans l'hypothèse d'une exploitation annuelle de 1 M de tonnes au large de Lorient reviendraient actuellement à 19,52 F/tonne (cf. chapitre précédent).

Les sables disponibles sur le marché se vendaient, fin mai 1975 (prix H. T. chargé sur camion) :

- sables marins pêchés artisanalement :
 - 14,50 à 15,60 F/t sur la côte sud,
 - 15,60 à 17,50 F/t sur la côte nord
- sables anglais importés :
 - 21,90 F/t à Tréguier,
 - 29 F/t à Brest,
 - 33 F/t à Guipavas (10 km de Brest)
- sables de concassage :
 - 16,70 à 18,50 F/t
- sables alluvionnaires :
 - 12 à 13 F/t
- sables de Loire :
 - 15 F/t (départ Ancenis)

CHAPITRE VI

PERSPECTIVES DE CONTRIBUTION DES SABLES MARINS A
L'APPROVISIONNEMENT DU MARCHE BRETON

L'objet de ce chapitre est de préciser les modalités d'une contribution des matériaux marins à l'approvisionnement du marché breton. (1)

Ces matériaux peuvent être des sables ou des graviers. Il apparaît cependant que la Bretagne est abondamment pourvue en graviers vendus sur le marché à des prix nettement inférieurs au prix de revient des matériaux marins. Il s'agit d'ailleurs d'un matériau d'excellente qualité (concassé principalement) qu'il sera difficile de concurrencer, d'autant plus qu'une augmentation de la production en cas de besoin leur permettrait vraisemblablement d'abaisser leur prix de revient. Il ressort de toutes les enquêtes menées sur place que le créneau disponible pour les graviers marins est quasiment inexistant ou du moins très limité.

Par contre, la Bretagne connaît déjà une pénurie de sables qui va croissant et c'est sur ce marché que les matériaux marins peuvent s'implanter à court ou moyen terme.

(1) On trouvera à l'annexe 6 une note sur les utilisations des granulats de diverses origines et dont il ressort que, mis à part dans les couches de roulement des routes où sont seuls utilisés des matériaux durs de concassage, les matériaux marins dessalés aux caractéristiques identiques à celles des autres matériaux roulés peuvent trouver leur emploi selon les lois du marché.

1. UN DEFICIT POSSIBLE EN SABLES DE 2,5 MT à 4,8 MT
si la Bretagne ne faisait appel qu'à ses structures traditionnelles
de production.

1.1. Le point sur la situation en 1973

En 1973, dernière année pour laquelle les chiffres de production des différents secteurs sont connus, le bilan des productions et consommation de sables s'établit comme suit (en milliers de tonnes).

production ou consom- mation localisation	production de sables				consom- mation	prod. moins con- som.	apports ext.	
	alluv.	concas.	marins	total			Loire	sable angl.
Côtes du Nord	250	450	380	1080	1240	-160		50
Finistère	560	630	320	1510	1950	-440		
Ille et Vilaine	510	440	30	980	1500	-520	750	
Morbihan	1280	380	70	1730	1410	+320		
Région	2600	1900	800	5300	6100	-800	750	50

L'équilibre régional de l'offre et de la demande n'a pu être obtenu que grâce à l'apport de sables de l'extérieur : sables de Loire ou sables marins anglais.

L'équilibre local résulte quant à lui d'échanges inter-départementaux.

1.2. Les possibilités d'évolution des différents secteurs de production

a) Les matériaux alluvionnaires :

Les exploitants de matériaux de rivière ou de ballastières ont fourni en 1973 3,67 M de tonnes de granulats dont 26 Mt de sables. Or, des exploitations devront cesser leur activité par suite de l'épuisement du gisement ou pour des raisons écologiques. Il sera d'autre part de plus en plus difficile d'ouvrir de nouvelles exploitations (protection des sites, gisements à la limite de l'exploitabilité, problème foncier...). Il semble donc logique d'envisager d'ici 1985 un net recul de la production de matériaux alluvionnaires.

b) Les matériaux marins pêchés artisanalement :

Cette production traditionnelle généralement utilisée par des artisans locaux, bien qu'étant d'une qualité souvent médiocre, pourrait cependant conserver son niveau actuel, soit 800 000 tonnes de sable par an.

c) Les matériaux concassés :

Il s'agit de la branche la plus importante et la plus dynamique en Bretagne. Ses possibilités d'extension sont pratiquement illimitées. Cette branche peut fournir deux types de sables :

- des sables de concassage,
- des sables de broyage.

Les sables de concassage sont en fait un sous produit du concassage de la roche en place et leur production croît parallèlement à celle des autres matériaux concassés.

Les sables de broyage par contre, sont des matériaux spécialement élaborés pour pallier une pénurie de sable. Certains exploitants estiment pouvoir dès maintenant, en produire à partir de 25 à 30 francs la tonne.

Cependant, compte tenu de la possibilité d'extraire des sables marins à des coûts moindres (19,52 F. /tonne : cf. chapitre précédent) l'intérêt d'une production spécifique et continue par broyage, semble devoir être moins bien assurée. Aussi peut-on considérer que seule la production de sables de concassage devrait continuer.

1. 3. La situation prévisible à l'horizon 1985

a) Les besoins :

L'estimation de la demande future prévisible a permis (cf. chapitre 3) de situer les besoins de la Bretagne en 1985 dans la fourchette 25,45 - 28,1 M de tonnes par an, dont 8,15 à 9 Mt de sable si l'on suppose constante la part du sable dans la consommation totale (32 %).

Si l'on conserve la structure de répartition interdépartementale observée en 1973, il est alors possible de cerner les besoins départementaux.

b) La production :

Les structures de production s'adapteront à l'évolution des créneaux de marché qu'elles peuvent satisfaire, en fonction des possibilités sectorielles d'évolution. C'est-à-dire que l'effort sera fourni par les exploitants de carrières qui travailleront alors au maximum de leur capacité technique (70 % actuellement pour certains, après les modernisations liées à la réalisation du plan routier breton) et continueront leur progression (gisements quasiment illimités).

Il faudra, en 1985, entre 17,4 et 19,1 Mt de granulats autres que des sables. Ces besoins seront couverts :

- pour 1,1 Mt par les matériaux alluvionnaires (production stationnaires),
- pour les 16,3 à 18 Mt restants par les matériaux concassés, soit une augmentation de 30 à 44 % sur le chiffre de 1973 (10,11 Mt).

Parallèlement, la production de sable de concassage devrait augmenter dans les mêmes proportions.

On supposera que, sur la période de référence, les sables marins traditionnels resteront au même niveau de production.

En ce qui concerne les sables alluvionnaires, on devrait assister prochainement à la fermeture d'Erdeven, qui conduira à une réduction notable de la production de cette branche d'activité. Pour la part restante, compte tenu de la faiblesse des réserves et de la qualité généralement médiocre des gisements nouvellement reconnus, on ne peut au mieux envisager qu'un maintien de la production actuelle ou peut être une réduction qui pourrait atteindre 50 % des tonnages fournis à l'horizon 1985. (1).

c) le bilan en sables :

Le bilan régional des productions et consommations de sable pourrait alors s'établir comme suit à l'horizon 1985 (chiffres en milliers de tonnes) :

(1) Il s'agit ici d'un ordre de grandeur plausible donné à titre indicatif. Aussi, il serait nécessaire, pour prévoir ce point, de disposer d'éléments d'information supplémentaires sur l'importance des réserves économiquement exploitables (inventaire partiellement en cours actuellement).

	hypoth.	production de sables				consom. de sable	produc. moins consom.
		alluv.	concas.	marins	total		
Côtes du Nord	maxi	250	650	380	1 280	1 830	- 375
	mini	125	585	380	1 090	1 655	- 740
Finistère	maxi	560	905	320	1 785	2 871	- 820
	mini	280	820	320	1 420	2 605	- 1 455
Ille et Vilaine	maxi	510	635	30	1 175	2 215	- 830
	mini	255	570	30	855	2 005	- 1 360
Morbihan	maxi	480	545	70	1 095	2 080	- 790
	mini	240	495	70	805	1 885	- 1 275
Région	maxi	1 800	2 735	800	5 335	9 000	- 2 815
	mini	900	2 470	800	4 170	8 150	- 4 830
Finistère et Morbihan	maxi	1 040	1 450	390	2 880	4 955	- 1 610
	mini	520	1 315	390	2 225	4 490	- 2 730

2. UN MOYEN DE PALLIER LA PENURIE : LES SABLES MARINS.

2. 1. L'ouverture d'un marché de 1 Mt de sables marins sur la côte Sud Bretagne avant 1980 :

2. 1. 1. Délimitation géographique du marché potentiel : le Morbihan et le Finistère :

Il est économiquement possible, à partir de l'exploitation au large de Lorient, d'approvisionner les ports de la côte Sud Bretagne entre Vannes et Landerneau. Compte tenu de l'urbanisation beaucoup plus marquée à proximité de la côte qu'à l'intérieur des terres, la bande littorale ainsi couverte regroupe plus de 60 % des populations du Morbihan et du Finistère. On peut alors considérer que la grande majorité des zones urbaines où seraient surtout ressentis les effets de la pénurie, est englobée dans la zone d'influence des sables marins. Dans l'arrière pays, la pénurie devrait être quasiment inexistante (développement plus lent), ou bien si elle se manifestait les exploitations terrestres situées à proximité des agglomérations côtières, concurrencées par le sable marin débarqué au cœur des villes, pourraient contribuer à y remédier.

On considérera donc que les sables marins extraits au large de Lorient sont susceptibles de combler le déficit global en sables des départements du Morbihan et du Finistère.

2. 1. 2. Le lancement de 1 M de tonnes de sables marins sur le marché breton pourrait intervenir avant 1980.

On a défini au paragraphe 1. 3. la situation prévisible de la production de sables d'origine traditionnelle en Bretagne en 1985.

Pour déterminer la date plausible de lancement sur le marché de 1 M t de sables marins, il importe de préciser l'évolution dans le temps de la production de sables alluvionnaires, ce qui conduit à envisager deux scénarios possibles :

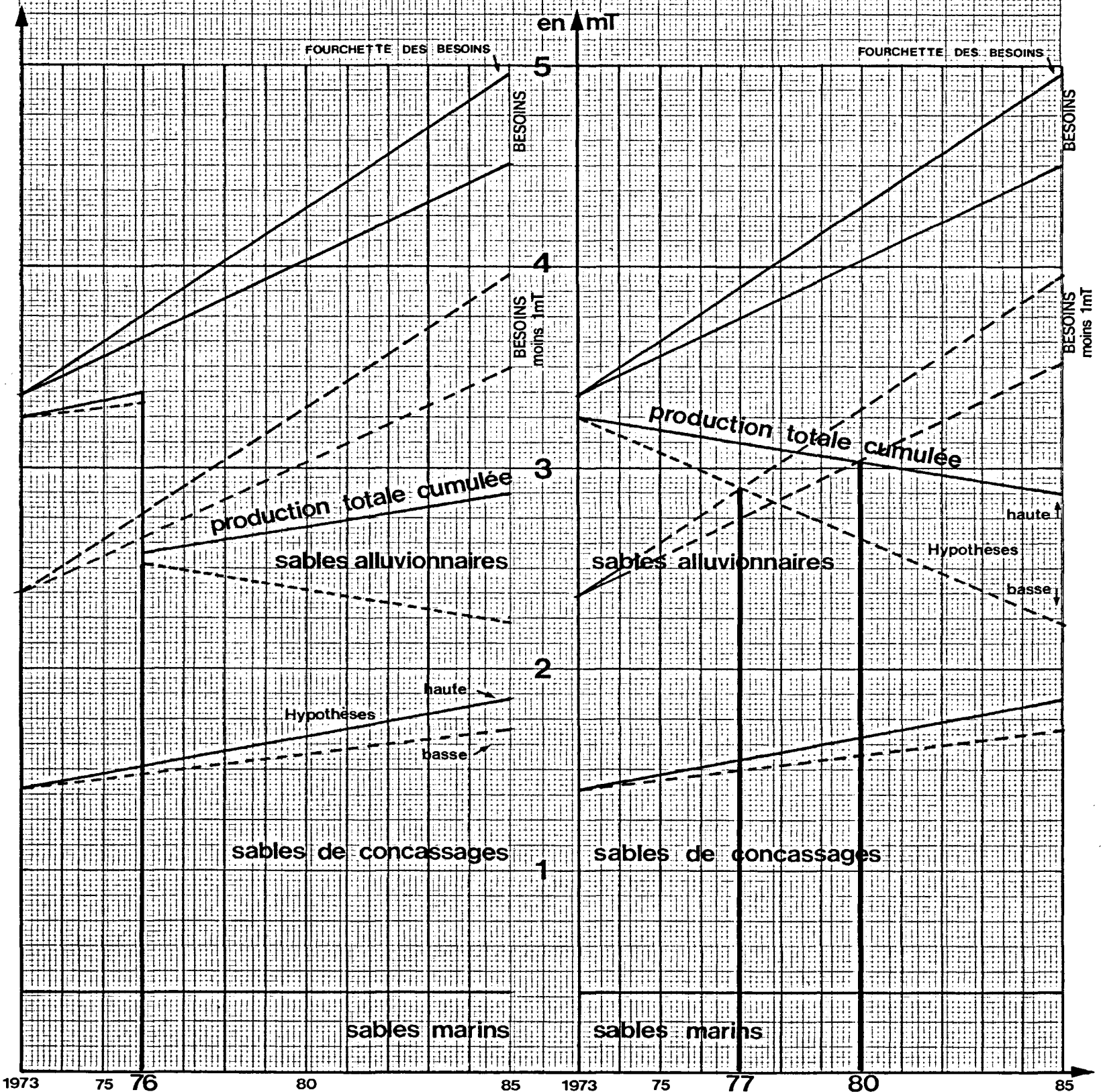
évolution possible des productions et consommations de sables en morbihan et finistère jusqu'en 1985 et date probable de création d'un marché de 1mT de sables marins

hypothèse 1

hypothèse 2

production ou consommation

en mT



BESOINS

BESOINS moins 1mT

haute

basse

85

1973

75

76

80

85

1973

75

77

80

85

Hypothèse 1 :

L'exploitation d'Erdeven cessera brusquement son activité sans que soient exploités de nouveaux gisements alluvionnaires. La production alluvionnaire connaîtra alors l'année de la fermeture, un brusque recul (de l'ordre de 800 000 tonnes).

Hypothèse 2 :

L'exploitation d'Erdeven ne réduira que progressivement ses activités pendant que s'ouvriront de nouvelles exploitations destinées à pallier temporairement ce déficit.

Les schémas ci-contre traduisant les hypothèses retenues montrent alors que :

- dans la première hypothèse, l'exploitation de 1 M tonnes de sables marins pourrait intervenir dès la fermeture d'Erdeven ;
- dans la seconde hypothèse, le lancement de 1 M de tonnes de sables marins pourrait être envisagé entre 1977 et 1980.

On notera cependant que les hypothèses de consommation de granulats sur lesquelles reposent les conclusions précédentes ont été faites en supposant une relance rapide de l'activité économique et qu'un retard de cette relance pourrait conduire à reculer d'autant la date de mise en service de l'exploitation marine au large de Lorient.

2.2. Le problème de la période transitoire

Une des difficultés rencontrées pour l'approvisionnement du marché breton vient de ce que :

- dans l'hypothèse de la fermeture prochaine d'Erdeven, les sables marins ne seront pas encore prêts à prendre la relève, malgré l'existence du marché

- dans l'hypothèse d'une réduction progressive de la production de sables alluvionnaires, la Bretagne connaîtra plusieurs années de déficit important avant que ce chiffre atteigne le million de tonnes.

Dans les deux cas se posera le problème de la période transitoire.

2.2.1. Les possibilités d'approvisionnement envisageables

Dans ce contexte de pénurie, le sud de la Bretagne devra trouver les quelques centaines de milliers de tonnes de sable qui lui feront défaut à des prix sortant éventuellement des prix de marché normalement pratiqués. C'est ainsi que l'on devra faire appel à :

- des sables marins d'importation dans la région de Brest,
- des sables de Loire dans le sud et l'est du Morbihan,
- et des sables de broyage.

Tous ces matériaux seront vendus à des prix supérieurs à ceux des sables marins bretons qui interviendront ultérieurement sur le marché. Aussi ne devraient-ils pas freiner l'introduction de ces sables sur le marché. On notera cependant que dans ce scénario, des exploitants de concassés devraient investir dans un matériel de broyage dont ils n'auront que peu de temps le plein emploi.

2.2.2. Une exploitation de 500 000 tonnes de sables marins

On peut également envisager, pour éviter les difficultés évoquées ci-dessus, commencer l'exploitation de sables marins au rythme de 500 000 tonnes par an. Compte tenu du rythme d'accroissement du déficit en sable (de l'ordre de 170 000 tonnes/an), la mise en service pourrait alors théoriquement intervenir environ 3 ans avant la date prévue pour 1 million de tonnes, et donc pratiquement dès à présent.

Cette échéance reste cependant très théorique puisqu'il faut tenir compte des délais de construction du matériel de dragage (de l'ordre de deux ans au moins).

Cependant, dans la mesure où la relance de l'activité économique tarderait à se faire sentir en Bretagne et reculerait ainsi la date d'ouverture d'un marché de 1 million de tonnes de sables marins, il serait alors possible de retenir la solution proposée. Dans ce cas l'exploitation serait calquée sur celle de 1 million de tonnes/an du schéma 2 (mêmes dragues, mais seulement 1 chaland de 1 200 tonnes et 2 de 400 tonnes). Le prix de revient du matériau serait cependant augmenté. :

- de 0,40 F/tonne pour le poste dragage (drague utilisée au 1/6 de sa capacité)
- de 2,20 F./tonne pour la reprise, le traitement et le rechargement
- de 0,70 F/tonne pour le transport
- de 1 F/tonne pour le rechargement sur camions.

Soit un prix de revient global de l'ordre de 23,80 F/tonne (au lieu de 19,52 F/tonne).

A N N E X E S

SOMMAIRE DES ANNEXES

Annexe 1 : Répartition des entreprises de granulats en fonction du nombre des salariés et de leur chiffre d'affaires	1
Annexe 2 : Perspectives démographiques régionales et desserement des ménages	2
Annexe 3 : Prise en compte de l'infrastructure portuaire existante	3
Annexe 4 : Détermination des tonnages à décharger dans les ports bretons entre Brest et Vanves	12
Annexe 5 : Etude du prix de revient des sables d'origine marine	13
1. Les trois schémas d'exploitation	13
2. Les hypothèses de travail	13
3. Schéma d'exploitation n° 1	16
4. Schéma d'exploitation n° 2	32
5. Schéma d'exploitation n° 3	44
6. Remarques sur les problèmes de stockage et de rechargement sur camions	52
7. Tableau récapitulatif	55
Annexe 6 : L'utilisation des granulats	56

ANNEXE 1REPARTITION DES ENTREPRISES DE GRANULATS EN FONCTION
DU NOMBRE DE SALARIES

Source : UNICEM

Salariés	1970		1972		1973	
	concas.	alluv.	concas.	alluv.	concas.	alluv.
1 à 9	35	25	43	29	39	24
10 à 14	21	5	21		22	4
15 à 19	13		6	3	10	
20 à 29	12	-	15	-	17	
> 30	10		10		9	
total	88	33	92	35	93	32

REPARTITION DES ENTREPRISES DE GRANULATS EN FONCTION
DE LEUR CHIFFRE D'AFFAIRES

Source : UNICEM

Chiffre d'affaires (en millions)	1970		1972		1973	
	concas.	alluv.	concas.	alluv.	concas.	alluv.
0 à 0,5	27	22	22	23	21	16
0,5 à 1	19	5	25	4	16	5
1 à 2	20	3	19	3	23	5
2 à 3	13		9	3	13	3
3 à 5	9		10		9	
> 5	3		9		14	
total	88	33	92	35	93	32

ANNEXE 2PERSPECTIVES DEMOGRAPHIQUES REGIONALES ET DESSERRE-
MENT DES MENAGES

Les perspectives de population en Bretagne, telles qu'elles ressortent de la fresque régionale n° 2 sont :

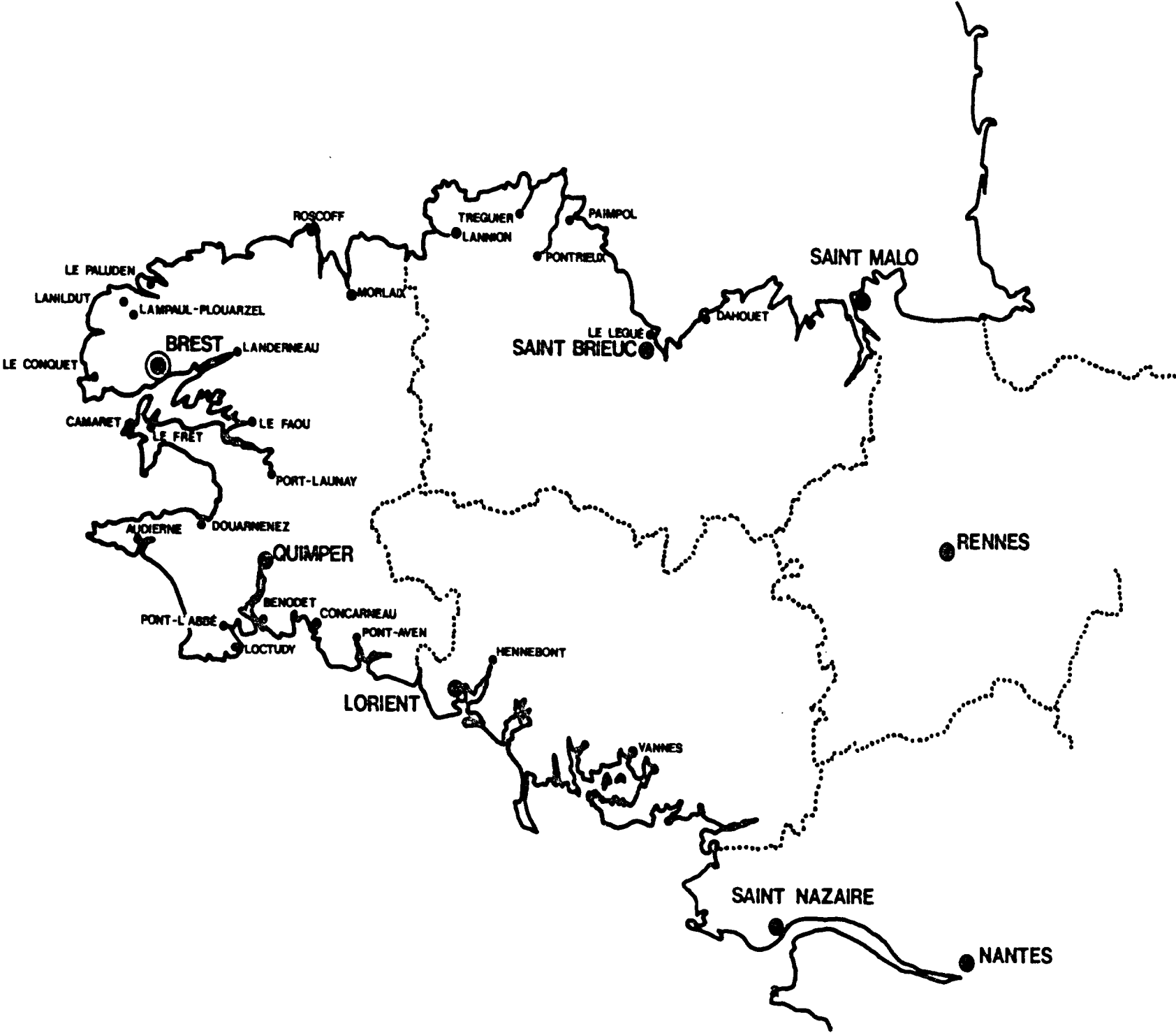
1968 : 2 463 600 habitants
1974 : 2 524 448 habitants
1980 : 2 608 450 habitants
1986 : 2 703 778 habitants

Le ratio relatif au desserrement des ménages pris en compte (3,27 personnes par logement en 1968 contre 3,06 en 1985) découle d'une hypothèse volontariste proposée par la Mission Régionale pour l'élaboration du VIIe plan. Son mode de calcul résulte d'une analyse détaillée du taux d'occupation des logements au niveau des principales ZPIU (1) en 1968 et de son évolution entre 1962 et 1968.

L'évolution proposée doit faire l'objet d'une discussion au sein des Assemblées Régionales mais constitue en tout état de cause un ratio régional plausible.

(1) ZPIU : Zone de Peuplement Industriel et Urbain.

LOCALISATION DES PRINCIPAUX PORTS BRETONS



PRISE EN COMPTE DE L'INFRASTRUCTURE PORTUAIRE EXISTANTE

1. Caractères généraux du problème

Aucun port du Morbihan ou du Finistère ne dispose d'équipements de superstructure spécifiques au déchargement de navires sabliers. Les ports sabliers bretons se composent donc essentiellement d'un quai où accostent les bateaux des pêcheurs de sable. Ceux-ci puisent dans leurs cales à l'aide de la benne montée en tête d'un mât de charge, qui sert également au dragage, et déposent les matériaux à même le quai ce qui permet rarement la constitution de stocks importants, ou, plus rarement, sur un camion.

L'autodéchargement décrit plus haut est d'autant plus aisé que les niveaux respectifs du quai et du navire sont plus proches.

Dans le cas quasi général en Bretagne des ports à échouage, le niveau du navire varie avec la marée, et l'autodéchargement est généralement plus aisé en côté sud qu'en côté nord où le marnage(1) est plus important.

Cependant, lorsque les navires n'ont pas la possibilité de s'autodécharger (cas de dragues suceuses par exemple) ils peuvent, dans la mesure des disponibilités, utiliser le matériel portuaire existant.

Le tableau ci-après présente rapidement les équipements portuaires en service en 1972.

Parmi les ports étudiés, nombreux sont ceux qui ont des possibilités d'extension. Certains ont des projets concrets. Pour d'autres, l'assurance d'un trafic important permettrait d'aboutir à une concrétisation des potentialités, et ce d'autant plus facilement que les Chambres de Commerce sont favorables à l'augmentation des trafics portuaires.

(1) différence de niveau entre la pleine mer et la basse mer.
voir également en fin d'annexe.

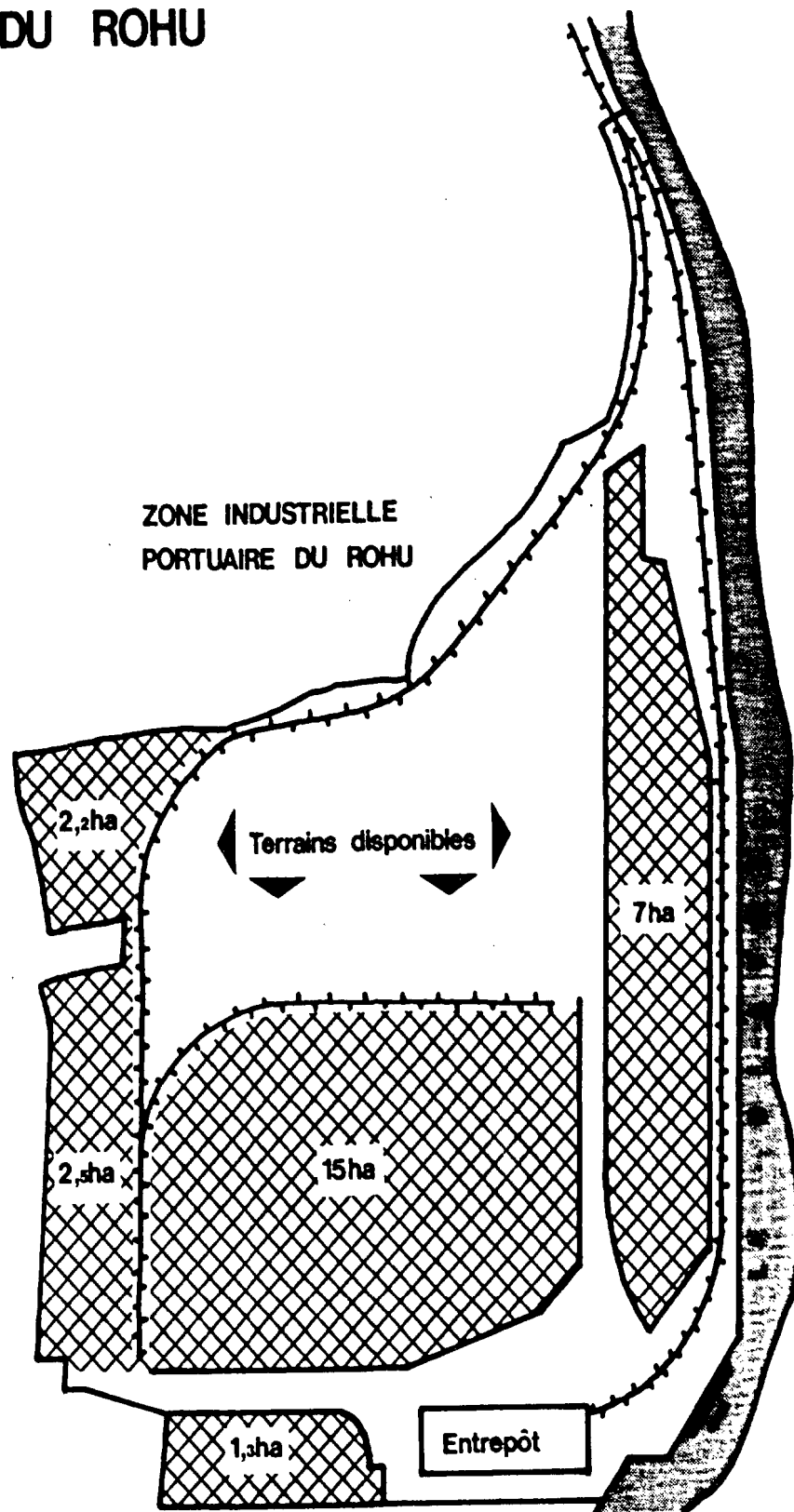
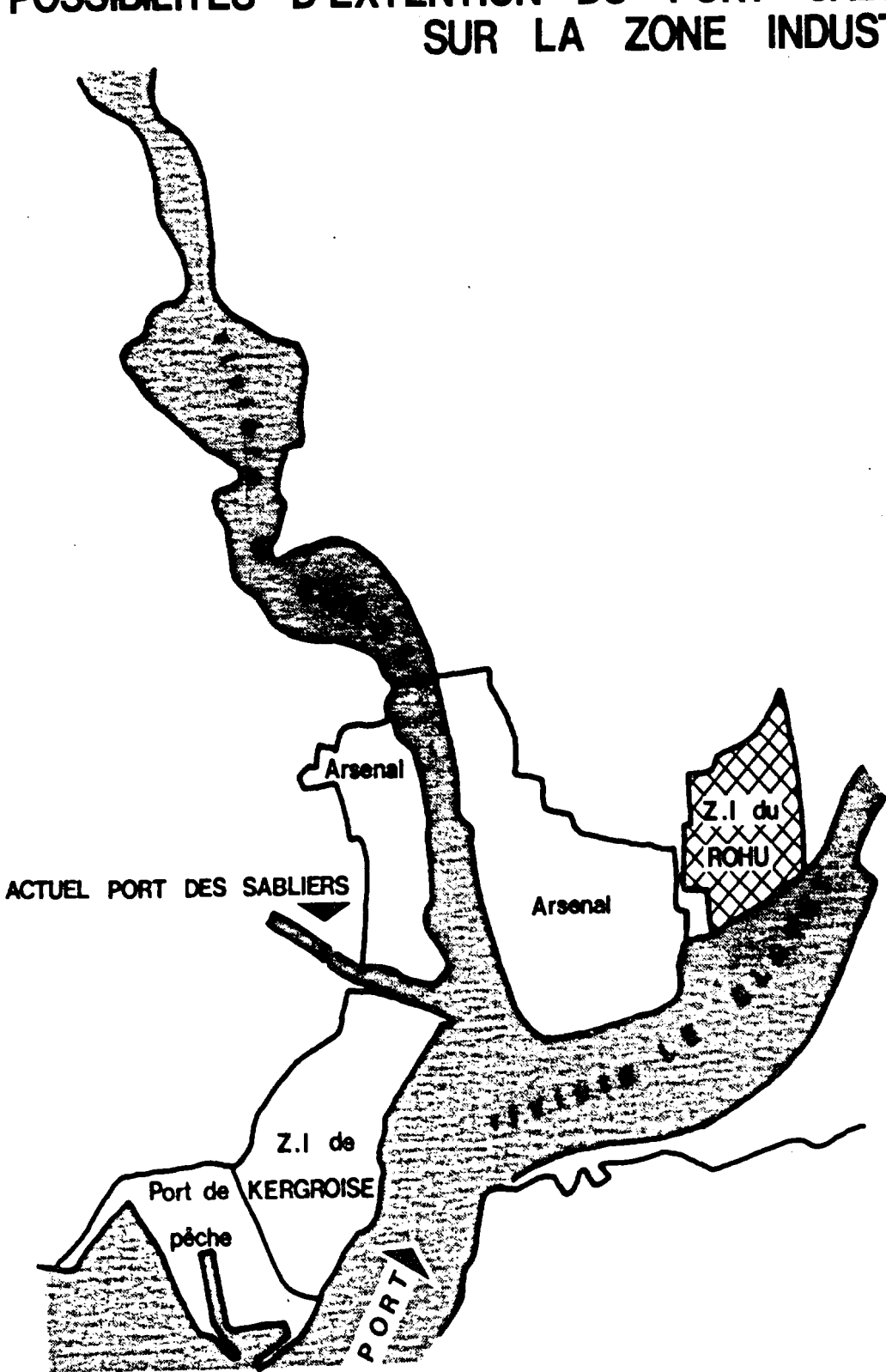
EQUIPEMENTS PORTUAIRES

	Tirant d'eau	Conditions d'accès	Longueur des quais	Réparations
BREST	max. HM : 15m BM : 8,5m		4000m	formes de radoub 2 3 postes de répar. à flot (dont 2 en construction) 1 poste de déhazage grils de carénage
CONCARNEAU	v. e. : 7,65m m. e. : 6,55m		1580m	slipway: bâtiments 350 tonnes grils de carénage
LORIENT	max. v. e. 9,50m m. e. 8,50m v. e. L 190 m. e. L 150		1068m	formes de radoub 3 (mar. nation.) Slipway pour bateaux pêche
MORLAIX	3,50m	écluse bassin à flot	530m 300m plais.	
QUIMPER	max. v. e. 5,10m m. e. 3m		346m	
ROSCOFF	7m port en eau profonde		jetée 170m quai 95m	
ST BRIEUC	max. m. e. 3,0m v. e. 5,8m	chenal: 1500x30 écluses 2 bassins	1942m	gril de carénage
ST MALO		écluse 3 bassins à flot 1 bassin: réserve d'eau et chan- tiers navals	5000m	
HENNEBONT	v. e. 3,80m m. e. 3,65m		100m	
VANNES	v. e. 4,40m m. e. 3,60m		748m 20	1 cale de raboud
DOUARNENEZ	v. e. BM 5,95m HT 11,70m m. e. BM 7,45m HT 10,20m		960m	1 slipway 1 gril de carénage
TREGUIER	v. e. 4,80m		364m	
LANNION	v. e. 3,0m m. e.		130m	
PAIMPOL	v. e. 4,60m m. e. 3,0m		1105m dont comm. 625 plais. 480	slipway

EN BRETAGNE EN 1972

Appareils de levage	Magasins couverts	Terre-plein à l'air libre	Zone industrielle	E. et S. 1972 trafic+pêche
grues sur rail 27 grues routières 16 tour de déchargement 1200t/h appareil "staker" 600t/h	39227m2 (publics) 77613,2m2 (privés) 3596m2 (frigorif.)	48917m2 quai + ext.	aménagée 50 ha prévisible 200 ha	143 983 t
grues 25	22000m2	40500m2	amén. 12 ha prév. 20 ha	123 343 t 96 000 t
grues 10 bras de chargement	17750m2 (publics) 8800m2 (privés)	30500m2		1 444 867 t 213 649 passages
		11000m2		118 978 t
2 grues sur rail 1 grue routière	liquides 13000m2	20985m2		193 332 t
1 grue	gare maritime 2400m2	35 ha non affectés	prév. 15 ha	26 232 t
tours de déchargement 4 (privés) autre appareillage privé	1000m2(CCI) 2500m2 (privés)	1500m2 (voies ferrées) 74390m2		524 678 t
grues 16 ponton grue 1 bennes 8 trémies 3	15975m2	12370m2 42000m2 (pêche)		1972 : 899 511 t 1973 : 1 203 482 t 12 670 t
		2000m2 (terre-plein)		
grue 1		7400m2		
grues 15 1 sur chenille 1 appareil à mâter 1 derrick	17630m2	6370m2		
1 grue	1569m2	6000m2 à l'ext.		
		à l'ext.		
grues 2		6800m2 à l'ext.		

POSSIBILITES D'EXTENSION DU PORT SABLIER DE LORIENT SUR LA ZONE INDUSTRIELLE DU ROHU



2. Les ports du Morbihan

LORIENT

Etat actuel :

- quai à sable dans l'avant port - longueur 100 m
 - bateaux : longueur maxi : 50 m
 - tirant d'eau : environ 2 m
 - stockage à quai : très limité (sur une profondeur d'environ 20m)
 - possibilité d'extension sur place : aucune (quai au centre de la ville)
- port en eau profonde de Kéroise
 - tirant d'eau possible : 9 m
 - pas de navires sabliers : ce port est réservé aux navires à fort tirant d'eau

Possibilité d'extension :

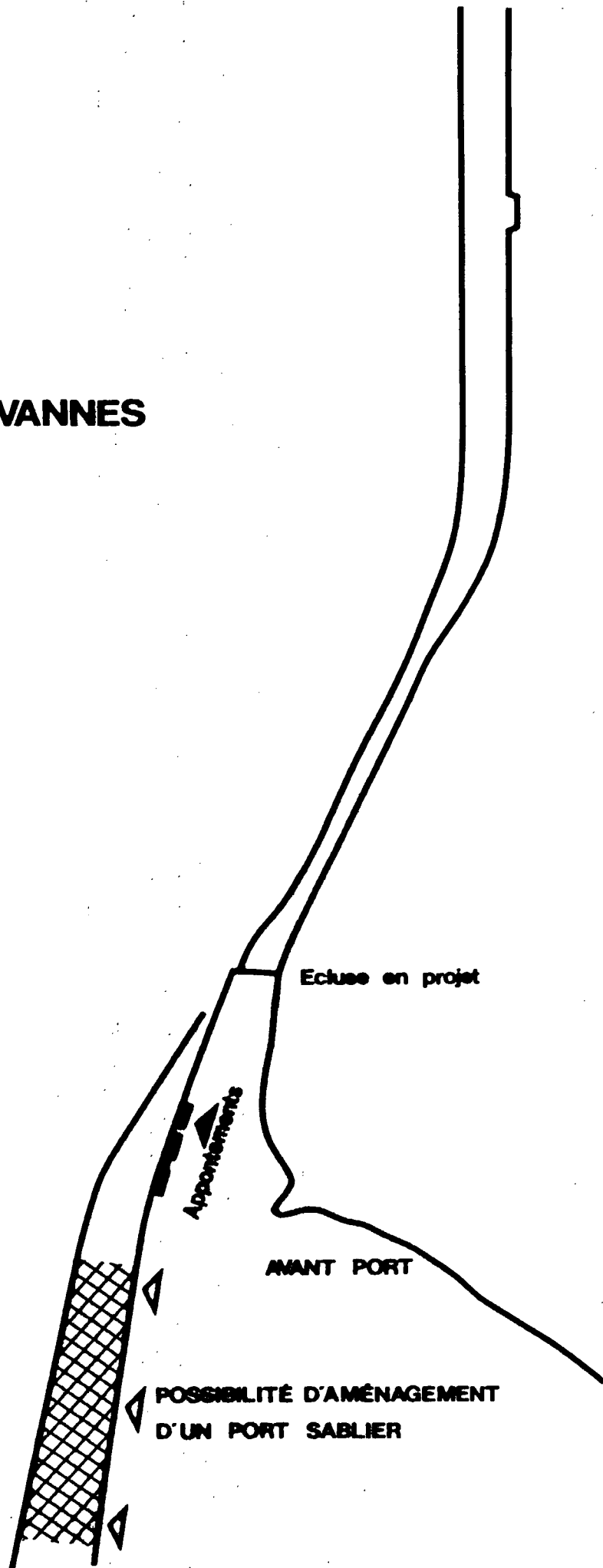
- sur la Z.I. du Rohu dans l'embouchure du Blavet où existe un quai actuellement non exploité (cote + 2) avec possibilité de draguage jusqu'à la cote - 9.
- terrains disponibles à proximité immédiate (sur la Z.I.),
- implantation prochaine d'un établissement de stockage de ciment, et donc possibilité d'attirer des activités aval (centrale à béton prêt à l'emploi...)

VANNES

Etat actuel :

- 3 appontements successifs de faibles dimensions : 15 m, 20 m et 30 m,
- port d'échouage dragué à la cote - 1,5,
- longueur maxi des bateaux : 40 m,
- peu d'emplacements de stockage.

PORT DE VANNES

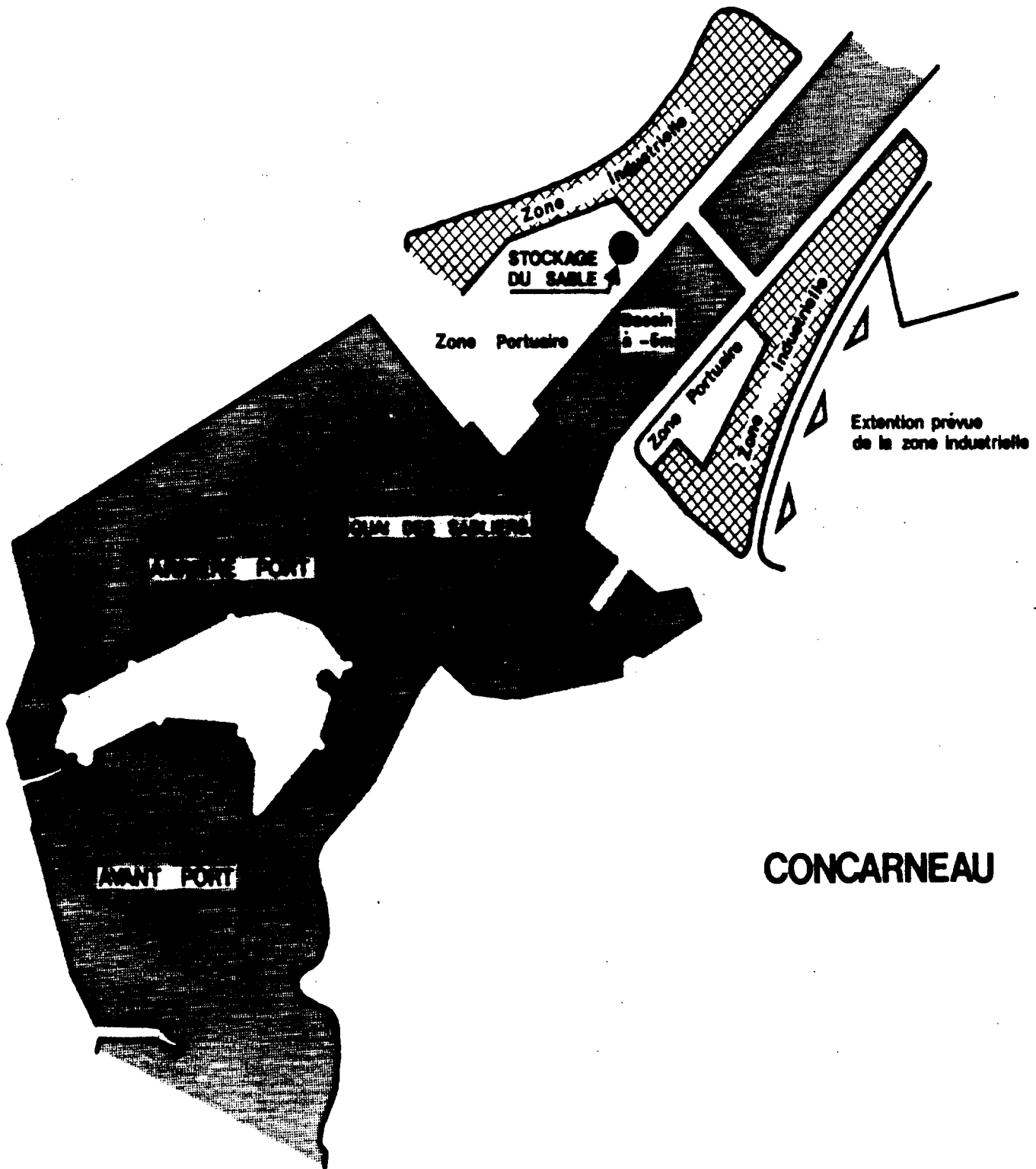


Possibilité d'extension :

- possibilité de créer un appontement spécifique (100 m) en dessous des trois existants, avec terre-plein de 50 m de profondeur, si le trafic de sable devait se développer.

HENNEBONT

- port d'échouage : tirant d'eau : environ 2 m,
- quai de 100 m pour tout le trafic, dont 50 environ pour le sable,
- largeur disponible à quai : environ 10 m,
- construction d'un nouveau quai (50 m),
- longueur maxi : 55 à 60 m.



CONCARNEAU

3. Les ports du Finistère

PONT AVEN

Quai à sable récent (environ 3 ans) et petite activité sablière.

CONCARNEAU

Port en eau à la cote - 5 (chenal - 3)

Quai à sabliers près de la Z.I. Déchargement sur camions : pas de stockage à quai.

Stockage à proximité (zone portuaire) entièrement utilisé.

Possibilité d'extension des aires de stockage : 5000 m² à niveler, ou sur la Z.I. (distance maximum au quai : 500 m).

BENODET

Ce port est maintenant à vocation plaisancière essentiellement.

QUIMPER

Accès long et difficile.

Port à échouage (cote 0) tirant d'eau : 3,50 m

Longueur maxi : 70 m

Pas d'emplacements disponibles actuellement

Possibilité technique d'extension des quais

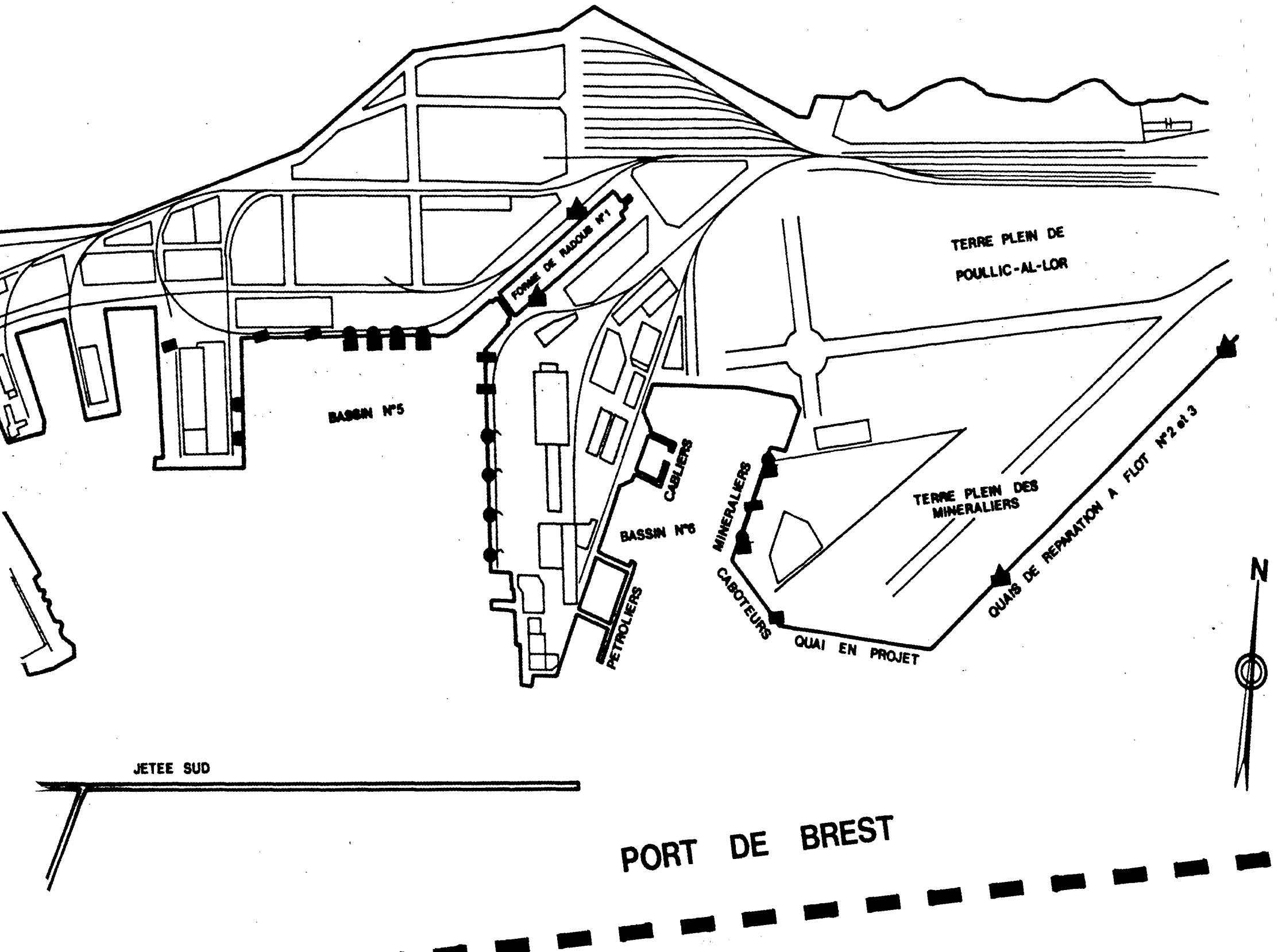
LOCTUDY

Quai à échouage bientôt remplié.

PONT L'ABBE

Essentiellement utilisé pour le trafic du maërl

Non accessible en morte-eau



FORME DE RADOUB N°1

BASSIN N°5

BASSIN N°6

CABLIER

PETROLIERS

MINERALIERS

CABOTEURS

TERRE PLEIN DE
POULLIC-AL-LOR

TERRE PLEIN DES
MINERALIERS

QUAIS DE REPARATION A FLOT N°2 et 3

QUAI EN PROJET

JETEE SUD

PORT DE BREST



AUDIERNE

Chenal difficile (un sablier y drague en permanence) existence d'une barre

DOUARNENEZ

Petit trafic de sable

Poste à quai disponible en permanence à la cote + 2

Accessible à toutes les marées pour un tirant d'eau de 3 m

CAMARET

Port de pêche - pas d'ouvrage disponible

LE FRET

Conditions d'accès identiques à celles de Douarnenez

Ouvrage d'accostage et terre-plein de stockage

Pas de place actuellement disponible

PORT LAUNAY (port de Chateaulin)

Sas : 35,40 m de largeur utile

10 m de largeur

Radier aval : 2,10 m

Radier amont : 4 m

Tirant d'eau limité à 3 m en amont de l'écluse

Bonnes conditions d'échouage en aval

Quais : 300 m de long

largeur 8 à 10 m

restent des emplacements disponibles

LE FAOU

Port délaissé - envasement rapide

Tirant d'eau : 1 m ou 1,50 m (assèchement à 4 m ou 4,50 m)

Port : largeur 80 m

longueur 470 m

Existents un quai et des terre-pleins disponibles.

LANDERNEAU

Port à échouage

Tirant d'eau : 3 à 4 m

longueur maxi : 60 m

Possibilité d'accostage le long de terrains communaux (300 m x 100 m) qui pourraient faire office de terre plein de stockage. La commune semblerait intéressée par un tel projet.

BREST

Les seuls terrains disponibles sont situés derrière le quai des minéraliers. Si le trafic de sables marins venait à s'intensifier, il serait possible de disposer d'au moins 4 hectares de terrain.

Le quai des minéraliers est actuellement sous-utilisé et ne reçoit que quelques phosphates (60 000 t/an), un peu de charbon et depuis le début 1975 quelques sabliers.

Ce quai, dragué à la côte - 12, est accessible à toute heure et les superstructures existantes permettent le déchargement à la benne de navires sabliers.

Cependant, plusieurs éléments viennent réduire l'intérêt de ces quais :

- les vitesses de déchargement sont faibles : un bateau de 1200 t est déchargé en une vacation de 4 heures,
- les dockers ne veulent pas s'engager à travailler de nuit de façon régulière,
- l'importation de soja pour Soja France, qui devrait débuter en avril 1976 et porterait sur 300 000 tonnes pour passer à 500 000 t en 1977 mobilisera le quai et ses installations pendant la moitié du temps.

Aussi semble-t-il préférable de s'orienter vers l'utilisation de ducs d'Albe qui pourraient être créés dans le prolongement du quai, au niveau des caboteurs. L'accès possible à toute heure à proximité immédiate des terrains disponibles prendrait toute sa valeur dans le cas d'un navire auto-déchargeable.

LE CONQUET

Pas de trafic de sable actuellement

Posée dure - échouage peu recommandé

LE PALUDEN

Petit quai de 40 m au fond de l'Aberwrac'h

3,50 m de tirant d'eau (en morte-eau)

LANILDUT (rade de l'Aber Ildut)

Quai de 40 m dragué à la cote 0

Tirant d'eau : 5 m (en morte-eau)

Longueur maxi : plus de 40 m (configuration du quai)

Terre-plein 4 300 m².

LAMPAUL-PLOUARZEL (port de Porscave)

Poste à quai à la cote + 1, difficilement exploitable

Terre-plein de 1260 m²

Ouvrage peu intéressant pour les sablières.

ROSCOFF

Port ancien, déjà utilisé - pas de disponibilités

Possibilité de prévoir un ouvrage spécial au port en eau profonde

MORLAIX

Bassin à flot

Sable débarqué dans l'avant port (terre-plein occupé)

Quai 130 m - tirant d'eau 4 m - échouage

Quai 180 m accostable sur la moitié aval - tirant d'eau 4 m

Posée dure à la cote + 3

4. Conclusion

Les ports se prêtant le mieux à un trafic sablier important sont :

dans le Morbihan : Lorient
 Vannes (dans une moindre mesure)
dans le Finistère : Brest essentiellement
 Concarneau
 Landerneau

DONNEES NUMERIQUES CONCERNANT LES MAREES DE COTES DU FINISTERE

(seuls les ports soulignés ont fait l'objet de mesures de marées récentes)

Nom du port (coefficient)	Cote NGF	PME	PM VE	PM ME	BM ME	BM VE	BME
	du zéro	120	94	45	45	94	120
MORLAIX(Chateau du Taureau)	- 5,11	10,04	8,80	6,90	3,20	1,00	0,06
<u>ROSCOFF</u>	- 5,09	10,05	8,55	6,75	3,10	1,00	0,00
L'ABERWRAC'H(1)		8,98	7,98	6,20	2,87	1,05	0,13
<u>OUESSANT(Lampaul)</u>		8,28	7,36	5,78	2,83	1,25	0,32
MOLENE		8,38	7,50	5,90	2,90	1,30	0,42
<u>LE CONQUET</u>	- 4,10	7,89	7,05	5,53	2,77	1,15	0,31
<u>CAMARET</u>	- 4,00	7,70	6,93	5,41	2,60	1,08	0,30
<u>MORGAT</u>	- 4,01	7,70	6,93	5,41	2,60	1,08	0,30
<u>DOUARNENEZ</u>	- 3,83	7,37	6,71	5,21	2,43	0,95	0,29
SEIN		7,10	6,33	4,96	2,36	0,91	0,18
<u>AUDIERNE</u>	- 2,90	5,80	5,16	4,04	1,86	0,71	0,06
PENMARC'H(Kérity)	- 2,90	5,44	4,83	3,74	1,70	0,61	0,00
GUILVINEC(1)	- 2,88						
LOCTUDY		5,51	4,91	3,78	1,72	0,59	-0,01
BENODET	- 2,80	5,60	4,91	3,78	1,72	0,59	-0,01
CORNIGUEL	- 2,80	5,55	4,80	3,65	1,40	0,20	0,10
QUIMPER	- 2,81	5,60	4,95	3,78			
CONCARNEAU(1)	- 2,81	5,52	4,90	3,80	1,70	0,60	-0,02
ILE des GLENANS (Penfret)		5,49	4,89	3,76	1,70	0,57	-0,03
TREVIGNON (comme DOELAN (à Port- PORT MANECH	- 2,91	5,61	4,98	3,88	1,72	0,60	-0,05
LE POULDU (Louis)							

(1) Mesures récentes non encore exploitées.

Le tableau ci-contre précise les niveaux des hautes et basses mers dans les ports du Finistère.

Il apparaît ainsi que les marnages sont plus importants sur la côte nord que sur la côte sud. Ils vont d'ailleurs en augmentant avec la proximité de la baie de Saint-Michel .

Pour les ports à échouage de la côte nord, un compromis est à trouver entre l'accessibilité et les possibilités de déchargement:

Pour un niveau de quai donné :

- ou bien le dragage est effectué à une côte basse. L'accès est alors aisé en toute période (hauteur d'eau importante), mais l'auto-déchargement peut s'avérer impossible à mer basse, le navire étant trop en contre-bas pour pouvoir décharger à quai avec son mât de charge.

- ou bien le dragage est effectué à une cote plus haute, telle que le déchargement soit possible même pendant l'échouage. Mais la hauteur d'eau disponible risque d'interdire l'accès au quai. période de morte-eau.

port	cantons à desservir	population (1968)10 ³	distance au port de Lorient	coeff. de proximité	produit	tonnages à décharger
Lorient	Pont Scorff	34,689	-			
	Port Louis	21,987				
	Hennebont	22,692				
	Lorient 1	66,980				
	Lorient 2	13,339				
	total	159,637		1	160	310
Pont Aven	Pont Aven	17,677	29	0,9	16	32
Concarneau	Concarneau	22,986	31	0,9	21	42
Bénodet	Fouesnant	11,763	37	0,9	11	22
Pt l'Abbé	Pt l'Abbé	35,046	39,5	0,8	28	56
Vannes	Auray	20,086				
	Vannes E.	11,247				
	Vannes O.	6,925				
	total	38,258	42	0,9	35	70
Quimper	Quimper	63,537	46	0,8	50	100
Audierne	Pt Croix	24,323	61,5	0,8	19	38
Camaret	Crozon	17,331	87	0,7	12	24
Brest	Brest ville	159,857				
	2e sauf ville	6,295				
	total	166,152	89	0,7	116	232
Landerneau	Landerneau	34,172	102	0,6	22	44
Port Launay	Chateaulin	17,673				
	Le Faou	7,590				
	total	25,263	117	0,6	22	44

ANNEXE 4DETERMINATION DES TONNAGES A DECHARGER DANS LES PORTS
BRETONS ENTRE BREST ET VANNES

A la suite de l'étude du marché des granulats en Bretagne, il a semblé raisonnable de retenir pour la suite des calculs l'hypothèse d'une extraction annuelle de 1 million de tonnes de sables marins au large de Lorient.

La clé de répartition retenue pour déterminer les tonnages à décharger dans les ports de la côte sud Bretagne est la suivante : ventilation entre les divers points de débarquement au prorata du produit de la population résidant dans les cantons à desservir par un coefficient (variant entre 0,6 et 1) pénalisant les zones éloignées ou d'accès difficile.

Cette ventilation de la production sera retenue pour les deux premiers types d'exploitation où la distribution est effectuée par chalands pouvant s'adapter aux conditions d'accès des ports bretons.

Dans le troisième cas cependant, où la drague serait appelée à desservir directement certains ports bretons, on se limitera aux ports de Brest et Lorient où seront débarquées 500 000 tonnes.

ANNEXE 5

Etude du prix de revient de sables d'origine marine

1. Les trois schémas d'exploitation

L'objet de la présente annexe est de procéder à une estimation du prix de revient des différents stades de l'exploitation de matériaux marins dans trois schémas type de fonctionnement d'une exploitation au large de Lorient fournissant annuellement 1 million de tonnes de sable :

- schéma d'exploitation n° 1 : la drague fait la navette entre le gisement exploité et le port de Lorient où les matériaux sont stockés, traités, puis réexpédiés par sabliers vers les différents ports bretons.
- schéma n° 2 : la drague vient claper dans une souille à proximité de la côte, au niveau de Lorient. Les matériaux sont repris, traités et rechargés sur navires sabliers .
- schéma n° 3 : la drague approvisionne directement les ports. Pour tenir compte de la taille de la drague et des conditions d'accès aux ports, on se limitera dans ce cas aux seuls ports de Lorient et Brest.

2. Les hypothèses de travail

On trouvera ci-après les hypothèses retenues pour évaluer les différents facteurs intervenant dans le prix du matériau.

- Amortissement du capital :

Quelle que soit la source de financement retenue (autofinancement ou emprunts), on admettra un taux d'intérêt de 10% calculé sur la durée de vie moyenne estimée du matériel, soit 12 ans.

I désignant l'investissement, on calculera la provision pour renouvellement et les frais financiers par la relation : $0,146 I$

- Salaires et charges :

Les frais de personnel, charges sociales incluses, pris en compte sont les suivants :

- à bord des dragues : 87 600 F/ homme/an en moyenne,
- à bord des chalands : 51 600 F/homme/an en moyenne,
- à terre (installation) : 44 000 F/homme/an en moyenne.

Le personnel sera prévu pour assurer un fonctionnement en continu des équipements, sauf toutefois l'unité de traitement (16h/jour).

- Matières consommables :

Gaz oil : consommation 160 g/ch. h ou 2,2 l/ch. h

prix 0,48 F/litre

Lubrifiants : 20% du prix du gaz oil consommé

Electricité : 0,37 F/kwh

On admet que les navires marchent à pleine puissance pendant les transports en charge et le dragage et à demi puissance pendant le retour à vide, ce qui permet de négliger la puissance auxiliaire.

- Frais d'entretien et de réparations :

Compte tenu de l'usure rapide du matériel de dragage, on estimera les frais annuels d'entretien et de réparations à 12% de la valeur des dragues alors que ce chiffre ne sera que de 10% pour le reste du matériel.

Dans le cas où les dragues ne travailleraient pas à plein rendement, on procédera alors à un ajustement du coefficient d'entretien.

- Assurances des navires :

On adoptera le taux applicable au matériel de port effectuant des sorties au-delà de 3 milles, soit 5%.

- Frais généraux - frais de siège social :

On prendra 10% du prix de revient estimé.

- Droits de pilotage et de lamanage :

Le pilotage est obligatoire pour entrer dans le port de Brest et facultatif pour l'entrée dans la rade. Les tarifs sont les suivants, par tonneau de jauge nette (1 tonneau = 2,83 m³) :

- de 0 à 1000 tonneaux : mer-rade : 0,281 rade-port : 0,161
- 1000 à 2000 " : mer-rade : 0,189 rade-port : 0,131

Les frais de lamanage s'élèvent à 42 F/mouvement pour des navires inférieurs à 2900 m³.

A Lorient, le pilotage est obligatoire pour les navires de plus de 60 m de long : les frais s'élèvent à 200 F pour les 150 premiers tonneaux, plus 0,05 F par tonneau supplémentaire.

- Droits de port :

On adoptera les valeurs suivantes qui devraient entrer prochainement en application :

- Port de Lorient :

taxe sur la jauge 0,75 F/tonneau jauge nette (0,60 F actuellem.)

taxe sur les marchandises 0,45 F/tonneau (0,35 F actuellem.)

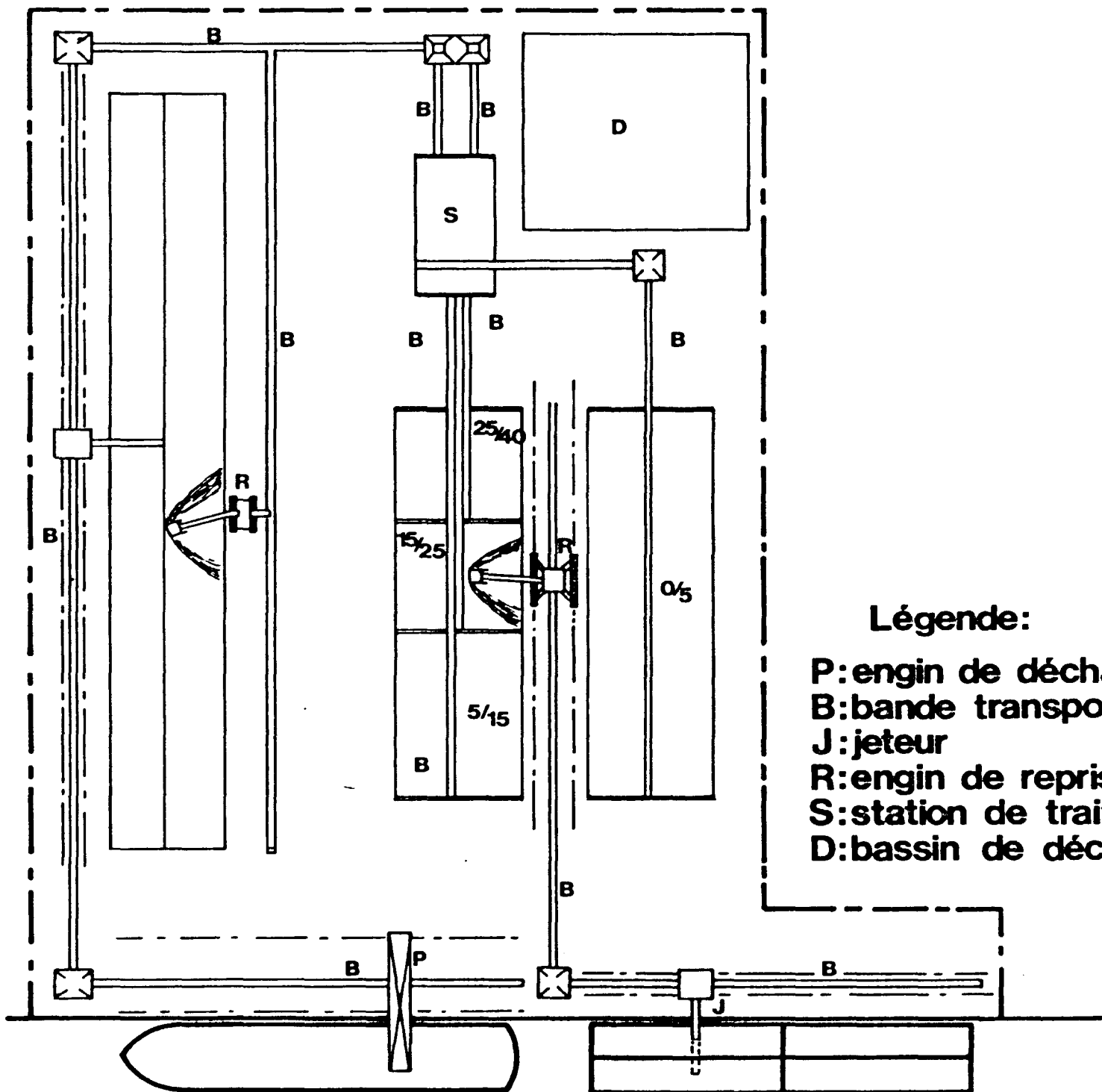
- Port de Brest :

taxe sur la jauge 0,50 F/tonneau jauge nette

taxe sur les marchandises 0,40 F/tonneau (0,35 F actuellem.)

On gardera pour les autres ports les valeurs indiquées pour le port de Brest.

STATION TYPE DE 1000 000 t/an



Légende:

- P:engin de déchargement
- B:bande transporteuse
- J:jeteur
- R:engin de reprise
- S:station de traitement
- D:bassin de décantation

3. Schéma d'exploitation n° 1

La drague fait la navette entre la zone d'extraction et Lorient où le sable est déchargé, traité (et notamment lavé) puis rechargé à bord de chalands et expédié dans les différents ports bretons.

3. 1. Fonctionnement de l'exploitation

La profondeur du gisement - 25 à 30m - conduit au choix d'une drague susceptible de travailler par des profondeurs de 35 mètres. Ce choix ne pose pas de problèmes techniques particuliers mais, compte tenu de la longueur de l'élinde - 50 mètres - impose des dragues de longueur importante (66 mètres minimum). La plus petite drague pouvant convenir a alors une capacité de puits de 1600 m³ (66 mètres de longueur). Ce matériel est nettement sur-dimensionné puisqu'il autoriserait une production annuelle de près de 2 millions de tonnes. On devra donc envisager la possibilité de le louer en dehors des périodes d'extraction afin de ne pas pénaliser lourdement l'exploitation.

Le déchargement de la drague à Lorient s'effectuera à partir d'installations spécialisées montées sur le quai. L'installation (cf. schéma) est conçue sur le modèle des postes de rechargement - déchargement des ports minéraliers modernes dans lesquels les opérations de constitution du stock ou de reprise sont séparées de la manutention à bord des navires. Cette solution a l'avantage de faciliter les opérations de rechargement en chalands et a pour cette raison été jugée préférable à un auto- déchargement des dragues. La capacité de l'installation de déchargement sera de 1500 t/h. Elle pourra fonctionner 24 h sur 24.

La centrale de traitement, d'une capacité horaire de 210 t, travaillera 16 h/jour 300 jours par an.

Le transport maritime vers les lieux de consommation s'effectuera par navires sabliers autodéchargeables, l'un de 1000 t étant spécialement affecté au trafic vers Brest et les 3 autres de 400 t desservant les ports bretons aux conditions d'accès plus difficiles.

3.2. Dragage et acheminement vers Lorient

Caractéristiques de la drague : (plus petite drague pouvant exploiter
par 35 mètres de fond)

Drague suceuse porteuse trainante type IHC Stantrail MARK 2
pompe à déblais à l'avant du navire, en travers et le plus bas
possible.

Capacité de puits : 1600 m³

Port en lourd : 2720 t

Longueur : 66,50 m

Equipage : 25 hommes

Propulsion : 2 x 700 cv vitesse 10 noeuds

Dragage : élinde Ø 700 mm

pompe : 600 cv

durée du chargement : 1,50 h

Tirant d'eau en charge : 5,75 m

à vide : < 3 m

Prix = 17 500 000 florins hollandais

supplément dragage - 35 m : 875 000 florins hollandais

total : 32 340 000 francs (1 FL = 1,76 FF)

Tonnage transporté par voyage :

On considère que le puits n'est rempli qu'à 90%, soit 1440 m³

ce qui représente :

2600 t de sable mouillé (d \approx 1,8 t/m³)

2300 t de sable sec (d \approx 1,6 t/m³)

Nombre d'heures de travail par an :

temps total : 365 x 24 = 8670 h/an

carénage annuel : 1 mois (720 h) restent 8040 h/an

intempéries : arrêts lorsque la houle excède 2 m (17% du
temps) 8040 x 83% = 6673 h/an

arrêts : 20% du temps disponibles

temps de travail effectif : 5340 heures/an

Conditions d'utilisation :Durée du cycle :

parcours Lorient - zone d'exploitation = 10 miles à 10 noeuds	1 h
chargement	1,50
retour	1 h
parcours dans le port - manoeuvres	1 h
déchargement (portique 1500 t/h)	1,70
	<hr/>
	6,20h

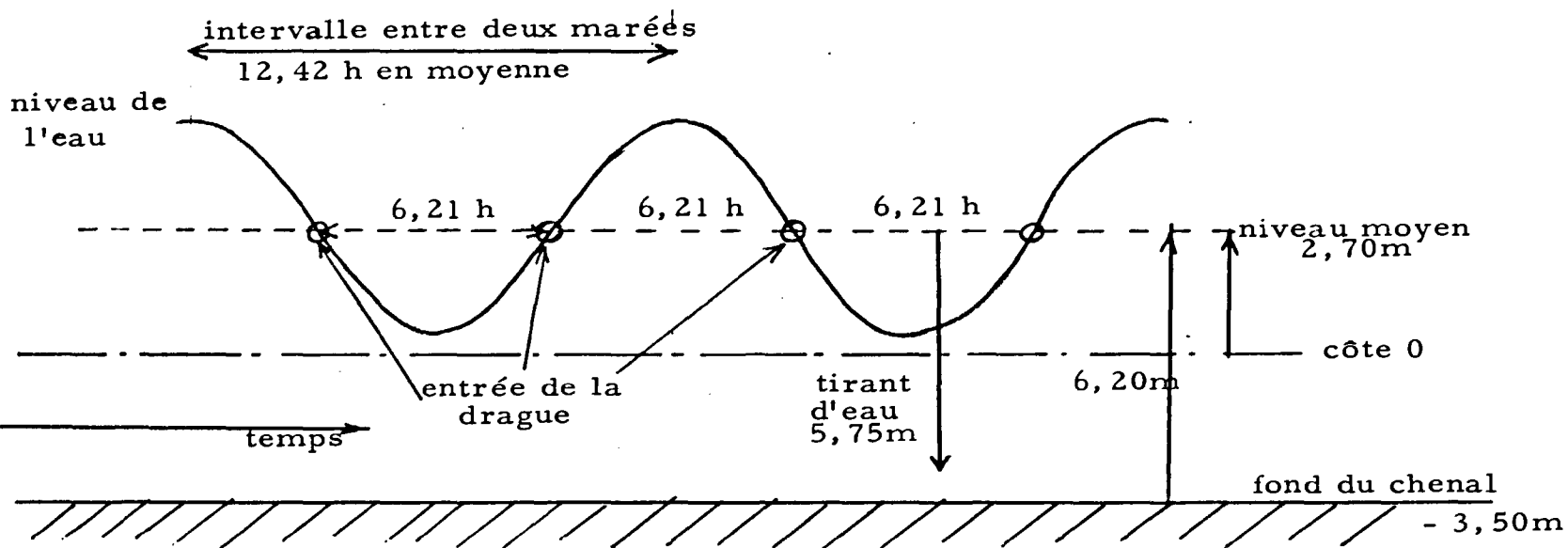
Capacité technique de la drague :

nombre de cycles : $\frac{5340}{6,20} = 860$ rotations

$860 \times 2300 = 1\,978\,000$ tonnes de sable sec déchargées
annuellement à Lorient.

Conditions d'accès au port de Lorient :

Le chenal d'entrée sera dragué à la cote - 3,50 m. La durée du cycle - 6,20 h permettra à la drague d'accéder au port sans perte de temps à condition d'entrer lorsque la marée est à son niveau moyen (indépendant du marnage)



Le poste dragage pour une exploitation de 1 M de tonnes par an

La drague est largement sur dimensionnée (capacité technique environ 2Mt/an)

On fait donc l'hypothèse que la drague sera louée durant les périodes où elle ne sera pas affectée à l'extraction au large de Lorient.

Pour tenir compte des capacités restreintes de stockage à Lorient (cf. paragraphe "traitement") l'extraction devra être fractionnée par périodes d'un mois maximum suivies d'un mois de travaux à l'extérieur. Le fractionnement des périodes de localisation pourra poser des problèmes d'organisation du planning. On considérera finalement que la drague est louée 40% du temps à l'extérieur et affectée à l'exploitation 60% du temps disponible. Les frais fixes seront alors ventilés au prorata des temps passés.

L'extraction de 1 million de tonnes peut se faire en 435 rotations.

Le prix de revient se décomposera alors comme suit :

Amortissement		
	$32\ 340\ 000 \times 0,146 \times 0,60$	2 832 954
Equipage (25 hommes)		
	$87\ 600 \times 25 \times 0,60$	1 314 000
Gas-oil et huiles		
	propulsion $1500 \times 3h \times 435 \times 0,2 \times 0,48$	187 920
	$\frac{1500}{2} = 1,50h \times 435 \times 0,2 \times 0,48$	46 980
	dragage $600 \times 1,50h \times 435 \times 0,2 \times 0,48$	37 584
	lubrifiants : 20% du prix du gaz oil	54 497
Entretien		
	$32\ 340\ 000 \times 0,12 \times 0,6$	2 328 480
Assurances		
	$32\ 340\ 000 \times 0,05 \times 0,6$	970 200
Pilotage : $435 \times 240 \times 2$		208 800
Droits de port :		
- taxe sur la jauge $0,75 \times \frac{2300}{2,83} \times 435$		300 150
- taxe sur les marchandises $0,45 \times 2300 \times 435$		450 225
		<hr/>
		8 731 820
frais généraux 10%		873 182
TOTAL		<hr/>
		9 605 002

Le coût du dragage est donc de 9,61 F/tonne extraite.

Incidence de l'hypothèse de la location sur le prix de revient :

Le calcul du prix de revient a été conduit en supposant que la drague serait louée 40% du temps.

S'il ne pouvait en être ainsi, le prix de revient pourrait se calculer comme suit :

Amortissement

32 340 000 x 0,146 4 721 640

Equipage (équivalent de 14 hommes à temps plein)

87 600 x 14 1 226 400

Gas oil et huiles

propulsion : 1500 x 34 x 435 x 0,2 x 0,48 187 920

1500 x 1,5 h x 435 x 0,2 x 0,48 46 980

dragage : 600 x ²1,5h x 435 x 0,2 x 0,48 37 584

lubrifiants : 20% du gas oil 54 497

Entretien -

32 340 000 x 0,08 2 587 200

Assurances

32 340 000 x 0,05 1 617 000

Pilotage: 435 x 240 x 2

208 800

Droits de port :

- taxe sur la jauge 0,75 x 920 x 435 300 150

- taxe sur les marchandises 0,45 x 2300 x 435 450 225

11 438 396

frais généraux 10% 1 143 840

12 582 236

TOTAL

Le coût du dragage serait alors de 12,58 F/tonne.

La location de la drague permet d'abaisser le prix de revient de la tonne de sable rendue à Lorient de 2,97 F.

Incidence de l'utilisation de la drague à la moitié de sa capacité technique :

Le choix d'une capacité annuelle de 1 million de tonnes a été effectué en fonction des caractéristiques du marché. La drague rendue nécessaire par la grande profondeur du gisement a une capacité technique sensiblement double : 1,978 000 tonnes/an. en 860 rotations. L'utilisation du matériel de dragage au maximum de sa capacité conduirait à la décomposition suivante du prix de revient :

Amortissement		
	$32\ 340\ 000 \times 0,146$	4 721 640
Equipage (25 hommes)		
	876000×25	2 190 000
Gas oil et huiles		
	propulsion $1500 \times 3\ h \times 869 \times 0,2 \times 0,48$	371 520
	$\frac{1500}{2} \times 1,5h \times 860 \times 0,2 \times 0,48$	92 880
	dragage $600^2 \times 1,5h \times 860 \times 0,2 \times 0,48$	74 741
	lubrifiants : 20% du prix du gas oil	107 741
Entretien -		
	$32\ 340\ 000 \times 0,12$	3 880 800
Assurances		
	$32\ 340\ 000 \times 0,05$	1 617 000
Pilotage		
	$860 \times 240 \times 2$	412 800
Droits de port		
	- taxe sur la jauge : $0,75 \times 920 \times 860$	593 400
	- taxe sur les marchandise : $0,45 \times 2300 \times 860$	890 100
		<hr/>
		14 952 185
	Frais généraux 10%	1 495 219
		<hr/>
TOTAL		16 447 404

L'opération de dragage reviendrait alors à 8,31 F/tonne pour 1,978 Mt/an alors que dans les conditions les plus favorables, la même opération, pour 1 Mt/an coûterait 9,61 F/tonne.

3.3. Déchargement de la drague à Lorient

Pour obtenir des cadences de déchargement de l'ordre de grandeur recherché - 1500 t/h - deux solutions étaient envisageables a priori :

- utiliser une drague autodéchargeable (installation de refoulement hydraulique embarqué.
- concevoir un poste de déchargement à quai, du type portique à benne preneuse.

La première solution entraînant une augmentation du prix de la drague de l'ordre de 10% répercutée sur le prix de revient du poste dragage aurait permis une légère économie sur le poste déchargement mais nécessitait alors de vastes bacs de décantation. La seconde méthode - d'ailleurs adoptée pour les postes de déchargement-rechargement des ports minéraliers - a l'avantage de faciliter les rechargements en chalands et semble préférable pour cette raison. L'installation est complétée par un ensemble de bandes transporteuses et un jeteur.

Caractéristiques de l'installation de déchargement :

Portique de déchargement :

vitesse de déchargement 1500 t/h (maxi: 2000 t/h)

prix du portique et du jeteur 10 400 000 F

puissance 300 kw

Ensemble de bandes transporteuses : 1 300 000 F

puissance 150 kw

Personnel :

3 dockers présents

fonctionnement devant être assuré 24h/24

4 postes de 42 heures par semaine

Nombre d'heures de travail effectif :

$$\frac{1000000}{1500} = 667 \text{ heures/an}$$

Coût de l'opération :Pour 1 million de tonnes par an :

Amortissement		
	11 700 000 x 0,146	1 708 200
Dockers		
	44 000 x 12	528 000
Entretien		
	11 700 000 x 0,07	819 000
Energie		
	450 x 667 x 0,37	110 055
		<hr/>
		3 166 255
	Frais généraux 10%	316 625
		<hr/>
TOTAL		3 482 880

Soit 3,48 F/tonne déchargée.

Pour 1,978 Mt/an :

Amortissement		
	11 700 000 x 0,146	1 708 200
Dockers		
	44 000 x 12	528 000
Entretien		
	11 700 000 x 0,01	1 170 000
Energie		
	450 x 1320 x 0,37	219 780
		<hr/>
		3 625 980
	Frais généraux 10%	362 598
		<hr/>
TOTAL		3 988 578

Soit 2,02 F/tonne déchargée.

3.4. Traitement

Ce poste concerne :

- la constitution du stock de tout venant,
- le traitement,
 - criblage,
 - lavage à l'eau douce,
- la constitution du stock de matériaux traités.

Compte tenu de la qualité attendue du gisement, le concassage de gros éléments ne devrait pas être nécessaire. Ceux-ci, très rares, seront simplement rejetés au large avec les fines décantées (boues).

3.4.1. Installation traitant 1 M de tonnes/an :

Caractéristiques de l'installation

Engin de reprise sur stock

prix : 2 600 000 F

puissance : 300 kw

Installation de criblage-lavage

prix : 1 300 000 F

puissance : 190 kw

Pour désaler le sable débarqué, il faut compter 0,5 m³ d'eau par m³ de sable. Si l'on en recycle 20 %, la consommation d'eau douce sera de 0,25 m³ d'eau par tonne de sable ($d \approx 1,6 \text{ t/m}^3$)

Les fines éliminées au lavage seront récupérées après décantation et déchargées au large. Elles devraient représenter environ 2 % du volume traité soit 12 500 m³/an. L'élimination de ces boues coûte environ 3 F/m³.

Rechargement en chalands (capacité : 1000 tonnes/heure)

prix : 1 300 000 F

puissance : 100 kw

Bandes transporteuses

prix : 1 300 000 F

puissance : 200 kw

Terrain

L'installation est prévue pour stocker l'équivalent d'un mois de production afin d'assurer la continuité des livraisons lors du carénage annuel.

Dans ces conditions, il faut compter :

- pour 1 M de tonnes/an :

3 ha de terrain dont 6000 m² de stocks

450 m² de criblerie

Nombre d'heures de travail/an

L'unité de traitement, d'une capacité horaire de 210 tonnes est prévue pour travailler 16 h/jour 300 jours/an, soit 4 800 tonnes/an. Il faut 8 salariés pour assurer son fonctionnement dans les conditions décrites plus haut.

Coût du traitement (pour 1 M de tonnes/an)

Amortissement		
	$6\,500\,000 \times 0,146$	949 000
Personnel		
	$8 \times 44\,000$	352 000
Entretien - réparations		
	$6\,500\,000 \times 0,1$	650 000
Terrain : acheté 45 F/m ² , il est "amorti" sur 15 ans.		
	$3 \times 30\,000$	90 000
Eau de lavage : l'eau - potable d'ailleurs - est facturée 3 F/m ³ à Lorient		
	$3 \times 0,25 \times 1\,000\,000$	750 000
Elimination des boues		
	$3 \times 12\,500$	37 500
Energie		
	$790 \times 4800 \times 0,37$	1 403 040
		<hr/> 4 231 540
Frais généraux 10%		423 154
		<hr/> 4 654 694
TOTAL		

Soit 4,65 F/tonne traitée.

3.4.2. Installation traitant 1,978 M de tonnes/an :

Caractéristiques de l'installation

Le matériel à prendre en compte est cette fois-ci :

reprise sur stocks	4 000 000 F	430 kw
criblage-lavage	1 950 000 F	290 kw
rechargement	1 430 000 F	110 kw
bandes transporteuses	1 560 000 F	300 kw
	<hr/>	<hr/>
	8 940 000 F	1130 kw

terrain : superficie totale 6,5 ha

personnel : 10 hommes

Coût du traitement (pour 1,978 M t/an)

Amortissement

8 940 000 x 0,146	1 305 240
personnel	
10 x 44 000	440 000
entretien - réparations	
9 940 000 x 0,1	894 000
terrain	
3 x 65 000	195 000
eau de lavage	
3 x 0,25 x 1 978 000	1 483 500
élimination des boues	
3 x 25 000	75 000
énergie	
1130 x 4800 x 0,37	2 006 880
	<hr/>
	6 399 620
Frais généraux 10%	639 962
	<hr/>
TOTAL	7 039 582

Soit 3,56 F/tonne traitée.

3.5. Transport par chaland

Afin de tenir compte des conditions d'accès aux différents ports bretons, les tonnages à ventiler - tels qu'ils ont été définis à l'annexe précédente - seront acheminés :

- par chaland de 1000 tonnes vers Brest,
- par chalands de 400 tonnes vers les autres ports.

Tous les chalands utilisés seront autodéchargeables ou bien parce que l'infrastructure portuaire n'existe pas - cas général des petits ports bretons ou parce que le déchargement ne pourrait se faire qu'à des heures déterminées ce qui imposerait parfois des attentes considérables (cas de Brest)

Caractéristiques des chalands

Les chalands sont autodéchargeables. La trémie est incorporée à la coque, le plus bas possible. L'évacuation des produits s'effectue par obturateurs à commande manuelle sur une bande transporteuse se relevant vers l'avant du bateau et dans l'axe, avec possibilité d'un retour à la perpendiculaire.

chaland	400 t	1000 t
longueur	52 m	80 m
largeur	7 m	7,50 m
tirant d'eau en charge	2 m	2,50 m
vitesse en charge	10 noeuds	10 noeuds
puissance installée diesel	300 cv	700 cv
bande de déchargement (300 t/h)	20 kw	20 kw
personnel	12 hommes	15 hommes
prix	2 100 000 F.	4 000 000 F.

Nombre d'heures de travail effectives par an

365 jours par an : $365 \times 24 = 8760$ h/an

carénage (1 mois tous les 2 ans) : $8760 - 15 \times 24 = 8400$ h

arrêts pour intempéries (10% du temps) : $8400 - 840 = 7560$ h

arrêts pour entretien (15% du temps disponible) : $7560 - 1134 = 6426$

attente aux ports (20% du temps disponible) : 5140 heures.

L'attente aux ports (20% du temps) correspond à l'impossibilité d'entrer dans les ports ou d'en sortir (échouage) en fonction des marées, ou à l'attente au quai de chargement. Une bonne organisation des rotations des navires pourrait sans doute permettre de descendre en dessous du seuil des 20%.

Dimensionnement de la flottille de navires sabliers

. Vers Brest : 232 000 tonnes à acheminer par un sablier de 1000 t.

distance : 89 miles

durée du cycle : chargement	1 h
déchargement	3,4 h
manoeuvres	0,5 h
trajet A. R.	17,8 h
	<hr/>
	22,7 h

Soit, pour 232 rotations 5266 heures de travail par an. Ce chiffre est légèrement supérieur aux 5140 heures mentionnées précédemment mais pourra effectivement être réalisé, le port minéralier de Brest était accessible à toute heure.

. Vers les autres ports : chalands de 400 tonnes

chargement : 0,4 h

déchargement : 1,4 h

manoeuvres : 0,5 h

2,3 h + trajet à 10 noeuds

port	distance à Lorient	tonnage (en 1000t)	nbre de rotations	durée du cycle	temps passé
Pont Aven	29	32	80	8,1	648
Concarneau	31	42	105	8,5	893
Bénodet	37	22	55	9,7	534
Pont l'Abbé	39,5	56	140	10,2	1470
Vannes	42	70	175	10,7	1873
Quimper	46	100	250	11,5	2875
Audierne	61,5	38	95	14,6	1287
Camaret	87	24	60	19,7	1182
Landerneau	102	44	110	22,7	2497
Port Launay	117	30	75	25,7	1928
total		458	1145		15287

Temps passé annuellement : 15 287 heures dont 13 226 en transport ou manoeuvres.

Il faut donc 3 sabliers de 400 tonnes (2,93) en plus de celui de 1000 t.

Calcul du prix de revient du transport par navire sablier

	400 t	1000 t
Amortissement		
3 x 2100 000 x 0,146	919 800	
4000 000 x 0,146		584 000
Equipage		
3 x 12 x 51 600	1 857 600	
15 x 51 600		774 000
Gas oil et huiles - électricité		
propulsion : $300 \times \frac{13226}{2} \times 0,2 \times 0,48$	190 454	
$\frac{300}{2} \times \frac{13226}{2} \times 0,2 \times 0,48$	95 227	
lubrifiants : 20% du gas oil	57 136	
déchargement (électricité) $20 \times 1145 \times 1,4 \times 0,37$	11 862	
propulsion : $700 \times \frac{18,3}{2} \times 232 \times 0,2 \times 0,48$		142 652
$\frac{700}{2} \times \frac{18,3}{2} \times 232 \times 0,2 \times 0,48$		71 326
lubrifiants : 20% du gas oil		42 796
déchargement (électricité) $20 \times 232 \times 3,4 \times 0,37$		5 837
Entretien - carénage		
3 x 2 100 000 x 0,1	630 000	
4 000 000 x 0,1		400 000
Assurances		
3 x 2 100 000 x 0,05	315 000	
4 000 000 x 0,1		200 000
Droits de port		
sortie de Lorient : j. $0,75 \times 458 000 / 2,83$	121 378	
m. $0,45 \times 458 000$	206 100	
sortie de Lorient : j. $0,75 \times 232 000 / 2,83$		61 484
m. $0,45 \times 232 000$		104 400
entrée ports : j. $0,50 \times 458 000 / 2,83$	80 919	
m. $0,40 \times 458 000$	183 200	
entrée Brest : j. $0,50 \times 232 000 / 2,83$		40 989
m. $0,40 \times 232 000$		92 800
Pilotage Brest		
198 x 232		45 936
Frais généraux 10%	4 668 676	2 566 220
	466 868	256 622
TOTAL		7 958 386

Le coût du transport, rapporté à 1 M de tonnes, représente 7,96 F/t
(et 11,53 F/tonne effectivement transportée - 690 000 tonnes)

4. Schéma d'exploitation n° 2

La drague vient claper dans une souille abritée à proximité de la côte. Les matériaux sont ensuite repris par une drague stationnaire à godets, criblés et lavés à bord de cette drague puis rechargés sur des navires sabliers qui assurent l'acheminement vers les ports bretons.

4.1. Fonctionnement de l'exploitation

La drague utilisée est la même que celle du schéma 1 : drague suceuse porteuse à crépine trainante de 1600 m³ : il s'agit en effet de la plus petite drague de ce type pouvant travailler par 35 m de profondeur. La drague de reprise est une petite drague à godets assurant également le criblage et le lavage ; le matériau chargé en chalands est donc un sable traité ce qui évite d'avoir à prévoir une unité de traitement dans chaque port de débarquement, solution particulièrement onéreuse. Ce matériel devra pouvoir travailler 24h/24 pour optimiser l'utilisation des navires.

L'acheminement vers les ports bretons s'effectuera comme précédemment par navires sabliers autodéchargeables dont le plus important (1200 tonnes) sera affecté aux livraisons sur Brest.

4.2. Dragage et clapage en souille

Caractéristiques de la drague : cf 3.2.

Conditions d'utilisation :

Durée du cycle :

parcours souille - zone d'exploitation - 10 miles à 10 noeuds :	1 h
chargement	1,5 h
retour	1 h
clapage	0,25 h
	<hr/>
	3,75 h

Capacité de la drague :

nombre de cycles : $\frac{5340}{3,75} = 1424$ rotations/an

$1424 \times 2300 = 3275\ 000$ tonnes de sable clapées annuellement dans la souille.

Influence des marées :

La souille sera accessible à la drague à tout moment de la marée. Aucune précaution particulière n'est donc à prendre pour l'organisation des rotations de la drague.

Le poste dragage pour une exploitation de 1 M de tonne/an

La drague est largement sur-dimensionné (capacité technique environ 3,3 M t/an).

On fait donc l'hypothèse que la drague sera louée en dehors des périodes où elle sera affectée à cette exploitation.

L'avantage du clapage en souille sur le stockage en zone portuaire (cf. schéma 1) est que la capacité de stockage de la souille est quasiment illimitée. Aussi n'est-il plus nécessaire de prévoir un fractionnement des périodes de location et peut-on envisager une solution plus souple. On considérera dans ce cas que la drague sera affectée à l'exploitation durant 1/3 du temps de travail disponible et louée le restant de l'année. Dans ces conditions, le calcul du prix de revient du poste dragage peut être mené comme suit :

Amortissement	
32 340 000 x 0,146 x 1/3	1 573 880
Equipage (25 hommes)	
876 000 x 25 x 1/3	730 000
Gas oil et huiles	
propulsion 1500 x 2,75h x 435 x 0,2 x 0,48	172 260
$\frac{1500}{2} \times 1h \times 435 \times 0,2 \times 0,48$	31 320
dragage 600 x 1,5h x 435 x 0,2 x 0,48	37 584
lubrifiants : 20% du prix du gas oil	48 233
Entretien - carénage	
32 340 000 x 0,12 x 1/3	1 293 600
Assurances	
32 340 000 x 0,12 x 1/3	539 000
	<hr/>
	4 425 877
Frais généraux 10%	442 588
	<hr/>
TOTAL	4 868 465

Le coût du dragage et du clapage est donc de 4,87 F/tonne.

Incidence de l'hypothèse de la location sur le prix de revient

Le calcul précédent a été conduit en supposant que la drague serait louée 2/3 du temps.

S'il ne pouvait en être ainsi, le prix de revient pourrait se calculer comme suit :

Amortissement		
	$32\ 340\ 000 \times 0,146$	4 721 640
Equipage (équivalent de 10 hommes à temps plein)		
	$87\ 600 \times 10$	876 000
Gas oil et huiles		
propulsion	$1500 \times 2,75h \times 435 \times 0,2 \times 0,48$	172 260
	$\frac{1500}{2} \times 1h \times 435 \times 0,2 \times 0,48$	31 320
dragage	$600 \times 1,5h \times 435 \times 0,2 \times 0,48$	37 584
lubrifiants : 20% du prix du gas oil		48 233
Entretien - carénage		
	$33\ 340\ 000 \times 0,07$	2 263 800
Assurances		
	$32\ 340\ 000 \times 0,05$	1 617 000
		<hr/>
		9 767 837
Frais généraux 10%		<hr/>
		976 784
TOTAL		<hr/>
		10 744 621

Le coût du dragage serait alors de 10,74 F/tonne.

La location de la drague permet d'abaisser le prix de revient de la tonne de sable clapée en souille de 5,87 F.

Incidence de l'utilisation de la drague au tiers de sa capacité technique

L'utilisation de la drague au maximum de ses possibilités (3,275 Mt/an) conduirait à la décomposition suivante du prix de revient :

Amortissement		
	$32\ 340\ 000 \times 0,146$	4 721 640
Equipage (25 hommes)		
	$32\ 340\ 000 \times 25$	2 190 000
Gas oil et huiles		
	propulsion $1500 \times 2,75h \times 142 \times 0,2 \times 0,48$	563 904
	$\frac{1500}{2} \times 1h \times 142 \times 0,2 \times 0,48$	102 528
	dragage $600 \times 1,5h \times 1424 \times 0,2 \times 0,48$	123 034
	lubrifiants : 20% du prix du gas oil	157 893
Entretien - carénage		
	$32\ 340\ 000 \times 0,12$	3 880 800
Assurances		
	$32\ 340\ 000 \times 0,05$	1 617 000
		<hr/>
		13 356 799
	Frais généraux 10%	1 335 680
		<hr/>
TOTAL		14 692 479

L'opération de dragage reviendrait alors à 4,49 F/tonne pour 3,275 Mt /an alors que dans les conditions les plus favorables, la même opération pour 1 Mt/an, coûterait 4,87 F/tonne.

Remarque sur la localisation de la souille

On s'est posé la question de savoir s'il existait une localisation optimale de la souille qui permette de minimiser le coût des opérations dragage et transport vers la souille et redistribution vers les ports bretons.

La drague coûtant environ 3 fois plus cher que la flottille de sabliers, on a pu constater que la meilleure formule était celle qui réduisait au minimum le temps de rotation de la drague.

Dans ces conditions, la souille doit donc se trouver à proximité de Lorient, à une dizaine de miles de la zone d'exploitation.

4. 3. Reprise en souille, traitement et chargement en chalands

Le but à atteindre est de reprendre le sable clapé par la drague, de le cribler, le dessaler et le recharger en navires sabliers. En effet, l'éclatement conduirait, si le matériau n'était pas préalablement dessalé, à implanter dans chaque port une unité de traitement. Cette méthode aurait entraîné une élévation sensible du coût de l'opération.

Le choix s'est donc porté sur un matériel qui puisse simultanément reprendre le sable dans la souille, le traiter et charger les chalands. Aussi ce matériel a-t-il un rendement horaire relativement limité (200 m³/h) lié à celui de l'installation de traitement embarquée.

La souille étant par définition abritée des vents et des courants, l'accostage des navires sabliers le long de la drague ne semble pas devoir poser de problèmes particuliers.

L'eau douce nécessaire au dessalement des matériaux sera amenée de terre par conduite flottante, la souille étant à proximité immédiate de la côte.

Caractéristiques du matériel utilisé

Drague à godets (modèle TV 250 construit par les chantiers navals de Chalon - sur - Saône)

longueur : 28 m

largeur : 7,60 m

tirant d'eau : 1,60 m

profondeur de dragage : de 2 à 10 m

godets de 250 litres

installation de criblage et lavage

débit : 200 m³/h

évacuation des matériaux par gravité et par goulottes dans les chalands accostés bord à bord

puissance installée : 400 cv

prix : 3 000 000 F

arrivée d'eau :

tuyau flottant 300 m type selflote Dunlop

installation de pompage

prix : 1 000 000 F

Conditions d'utilisation :

travail assuré 24h/24 par 4 équipes de 3 hommes

temps de travail effectif : on prendra une vitesse de chargement de 320 t/h

$$\frac{1\ 000\ 000}{320} = 3125 \text{ Heures/an}$$

Pour tenir compte des manoeuvres diverses (papillonnage), on calculera la consommation d'énergie sur la base de 4000 heures

Calcul du prix de revient du poste reprise-traitement-chargement
pour 1 Mt/an :

Amortissement		
4 000 000 x 0,146		584 000
Personnel (4 équipes de 3 hommes)		
87 600 x 12		1 051 200
Gas oil et huiles		
400 x 4000 x 4 x 0,2 x 0,48		153 600
lubrifiants : 20 % du gas oil		30 720
Entretien-carénage		
4 000 000 x 0,12		480 000
Assurances		
4 000 000 x 0,05		200 000
Eau pour le traitement		
3 x 0,25 x 1 000 000		750 000
		<hr/>
		3 249 520
Frais généraux 10%		324 952
		<hr/>
TOTAL		3 574 472

Cette opération revient donc à 3,57 F/tonne

4.4. Transport par chalands

Les tonnages à acheminer vers les différents ports bretons sont les mêmes que dans le schéma n° 1 auxquels on ajoutera 310 000 tonnes à transporter de la souille vers Lorient.

L'acheminement vers les petits ports bretons se fera, comme précédemment, par chalands de 400 tonnes autodéchargeables ainsi que vers Lorient où n'existera pas d'infrastructure de déchargement qui trouvait notamment sa justification dans l'hypothèse précédente dans la nécessité de recharger des chalands. Un chaland de tonnage plus important (1200 t) sera affecté aux liaisons avec Brest.

Caractéristiques des chalands :

Ce sont les mêmes que dans le premier schéma d'exploitation pour les chalands de 400 t. Le chaland de 1000 t est remplacé par un navire sablier de 1200 t d'un prix de 4 600 000 F pour une puissance installée de 800 cv (vitesse en charge : 10 noeuds).

Nombre d'heures de travail effectives par an :

On prendra, comme dans le premier schéma, 5140 heures disponibles annuellement pour chaque navire.

Dimensionnement de la flottille de navires sabliers :

. vers Brest : 232 000 tonnes à acheminer par un sablier de 1200 t.

distance : 89 miles

durée du cycle : chargement (320 t/h) environ 4,75 h

déchargement (300 t/h) 4,00 h

manoeuvres 0,50 h

trajet aller-retour 17,80 h

26,30 h

Soit, pour 194 rotations 5102 heures de travail par an.

. vers les autres ports : chalands de 400 tonnes

durée du cycle : chargement 1,3 h

déchargement (300 t/h) 1,4 h

manoeuvres 0,5 h

3,2 h

+ trajet à 10 noeuds

Les mouvements s'effectuent conformément au tableau suivant :

ports	distance à la souille	tonnages (en 1000 t)	nbre de rotations	durée du cycle	temps passé
Lorient	10	310	775	5,2	4030
Pont Aven	29	32	80	9	720
Concarneau	31	42	105	9,4	987
Bénodet	37	22	55	10,6	583
Pont l'Abbé	39,5	56	140	11,1	1554
Vannes	42	70	175	11,6	2030
Quimper	46	100	250	12,4	3100
Audierne	61,5	38	95	15,5	1473
Camaret	87	24	60	20,6	1236
Landerneau	102	44	110	23,6	2596
Port Launay	117	30	75	26,6	1995
Total		768	1920		20304

Temps passé annuellement : 20 304 heures dont 15 120 en transport ou manoeuvres.

Il faut donc 4 navires sabliers de 400 t (3,95) en plus de celui de 1200 t.

Calcul du prix de revient du transport par navires sabliers

	400 t	1200 t
Amortissement		
4 x 2 100 000 x 0,146	1 226 400	
4 600 000 x 0,146		671 600
Equipage		
4 x 12 x 51 600	2 476 800	
15 x 51 600		774 000
Gas oil et huiles - électricité		
propulsion : $300 \times \frac{15120}{2} \times 0,2 \times 0,48$	217 728	
$\frac{300}{2} \times \frac{15120}{2} \times 0,2 \times 0,48$	108 864	
lubrifiants : 20% du prix du gas oil déchargement (électricité) 20 x 1920 x 1,4 x 0,37	65 318 19 891	
propulsion : $800 \times \frac{18,3}{2} \times 194 \times 0,2 \times 0,48$		136 328
$\frac{800}{2} \times \frac{18,3}{2} \times 194 \times 0,2 \times 0,37$		68 164
lubrifiants : 29% du prix du gas oil déchargement (électricité) 20 x 194 x 4 x 0,37		40 898 5 742
Entretien-carénage		
4 x 2 100 000 x 0,1	840 000	
4 600 000 x 0,1		460 000
Assurances		
4 x 2 100 000 x 0,05	420 000	
4 600 000 x 0,05		230 000
Droits de port		
entrée ports : j. 0,5 x 458 000/2,83 m. 0,4 x 458 000	80 919 183 200	
entrée Lorient : j. 0,75 x 310 000/2,83 m. 0,5 x 310 000	82 155 155 000	
entré Brest : j. 0,5 x 232 000/2,83 m. 0,4 x 232 000		40 989 92 800
Pilotage Brest 221 x 194		42 874
	5 876 275	2 563 395
Frais généraux 10%	587 627	256 339

TOTAL :

9 283 636

Le coût du transport, rapporté à la production totale
- 1 Mt - représente 9,28 F/tonne.

5. Schéma d'exploitation n° 3

La drague approvisionne directement les ports. Pour tenir compte de la taille de la drague et des conditions d'accès aux ports, on se limitera dans ce cas aux seuls ports de Lorient et Brest qui recevront chacun 500 000 tonnes de sables par an.

5.1. Fonctionnement de l'exploitation

La drague suçeuse porteuse à crépine trainante travaillera 24h sur 24 h de son temps disponible.

Cette drague fera la navette entre la zone d'exploitation et les ports de Lorient (quai de la Z.I. du Rohu) et Brest (quai des minéraliers).

La drague étant un matériel d'un prix très élevé, il importe de la faire fonctionner au maximum de ses capacités, et donc de réduire les heures improductives et notamment celles passées dans les ports. C'est pourquoi on choisira une drague autodéchargeable, ce qui permettra de réduire les durées de déchargement et notamment dans le cas de Brest où les installations existantes ne permettent pas un déchargement rapide (1200 t déchargées par vacation de 4 heures) ni d'assurer un déchargement de nuit (problème des dockers). La drague accostera à Brest le long de deux ducs d'Albe accessibles à toute heure. Les conditions d'accès au port de Lorient sont les mêmes que dans le schéma d'exploitation n° 1.

Les matériaux refoulés par la drague dans de vastes bacs à décantation seront repris, criblés et désalés puis stockés. Les unités de traitement installées dans les 2 ports auront chacune une capacité horaire de 110 t.

5.2. Dragage, transport et déchargement à Lorient et Brest

Caractéristiques de la drague

Drague suceuse porteuse à crépine trainante type IHC Stantrail Mark 2
pompe à déblais à l'avant du navire, en travers et le plus bas possible.

capacité de puits : 2050 m³

port en lourd : 3120 t

longueur : 68,5 m

équipage : 28 hommes

propulsion : 2 x 900 cv vitesse : 10 noeuds

dragage :

élinde : Ø 800 mm

pompe : 900 cv

durée du chargement : 1,75 h

tirant d'eau en charge : 5,75 m

à vide : < 3 m

prix : 19 300 000 Florins Hollandais

supplément dragage - 35 m : 965 000 F1.

supplément équipement de refoulement : 1 930 000 F1.

soit au total : 39 100 000 Francs

tonnage transporté par voyage :

on considère que le puits n'est rempli qu'à 90%,

soit 1845 m³,

ce qui représente 3320 tonnes de sable mouillé (d \approx 1,8 t/m³)

2950 tonnes de sable sec (d \approx 1,6 t/m³)

nombre d'heures de travail :

comme la drague du schéma 1 ou 2, le matériel utilisé dans

l'actuel schéma d'exploitation sera disponible 5340 heures/an.

Conditions d'utilisation :

durée d'un cycle :

. vers Lorient : chargement	1,75 h
déchargement	1,50 h
manoeuvres	1,00 h
trajet aller-retour	2,00 h
	<hr/>
	6,25 h
. vers Brest : chargement	1,75 h
déchargement	1,50 h
manoeuvres	1,00 h
trajet aller-retour	18,00 h
	<hr/>
	22,25 h

Utilisation de la drague :

500 000 tonnes déchargées à Lorient en 170 rotations en 1063 heures

500 000 tonnes déchargées à Brest en 170 rotations en 3783 heures

soit 4846 heures de travail par an.

Capacité technique de la drague :

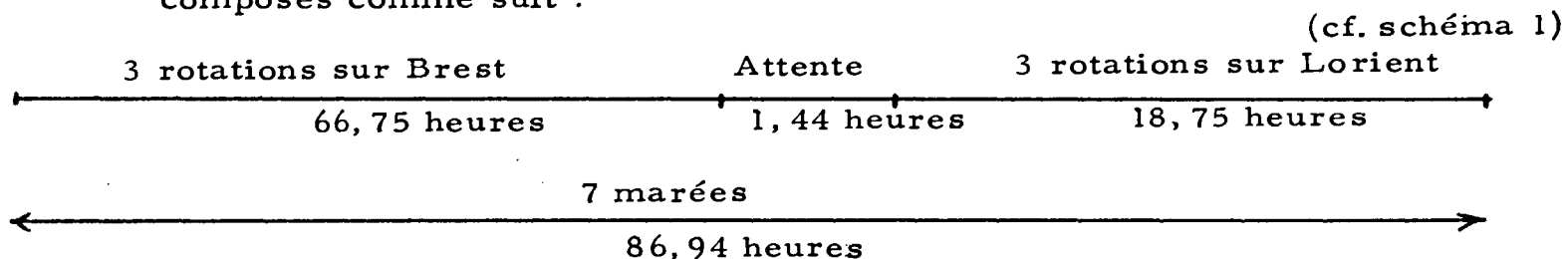
$$\frac{5340}{4846} \times 1\ 000\ 000 \text{ environ } 1\ 100\ 000 \text{ tonnes/an}$$

Conditions d'accès aux ports:

les ducs d'Albe permettant l'accostage de la drague au port de Brest seront accessibles à toute heure de la marée.

Le quai de la Z.I. du Rohu, à Lorient, sera accessible dans les mêmes conditions qu'au schéma d'exploitation n° 1.

Les rotations pourraient alors s'organiser schématiquement par cycles composés comme suit :



Le poste dragage, transport et déchargement pour une exploitation de
1 million de tonnes par an :

Amortissement		
39 100 000 x 0,146		5 708 600
Equipage		
87 600 x 28		2 452 800
Gas oil et huiles		
propulsion :		
(2x900) x (170x14,5h) x 0,2 x 0,48		425 952
(2x900) x (170x11h) x 0,2 x 0,48		161 568
2		
dragage et refoulement :		
900 x (170x6,5) x 0,2 x 0,48		95 472
lubrifiants : 20% du prix du gas oil		136 598
Entretien - carénage		
39 100 000 x 0,12		4 692 000
Assurances		
39 100 000 x 0,05		1 955 000
Pilotage		
Brest : 210 x 2 x 170		71 400
Lorient : 250 x 2 x 170		85 000
Droits de port		
Brest : j. 0,5 x 500 000/2,83		
m. 0,4 x 500 000		200 000
Lorient : j. 0,75 x 500 000/2,83		132 509
m. 0,45 x 500 000		225 000
		<hr/>
		16 430 238
Frais généraux 10%		1 643 024
TOTAL		<hr/>
		18 073 262

Soit 18,07 F/tonne

5.3. Traitement

Ce poste concerne :

- la constitution du stock de tout venant
 - traitement,
 - criblage,
 - lavage à l'eau douce,
- la constitution de stock de matériaux traités

Caractéristiques de l'installation traitant 500 000 tonnes/an :

Engin de reprise sur bac à décantation :

prix : 1 800 000 F

puissance : 150 kw

Installation de criblage - lavage :

prix : 900 000 F

puissance : 100 kw

Terrain :

Le déchargement des dragues étant prévu par refoulement hydraulique, il y a lieu de prévoir pour chaque installation 2 bacs à décantation de 6000 m².

Dans ces conditions, chaque installation aura une superficie de l'ordre de 4 hectares dont 12 000 m² de bacs à décantation, 3000 m² de stocks et 300 m² de criblerie.

Nombre d'heures de travail par an :

Chaque unité de traitement d'une capacité horaire de 160 tonnes est prévue pour travailler 16h/jour , 300 jours par an, soit 4800 heures/an et 8 hommes assureront son fonctionnement dans ces conditions.

Coût du traitement de 1 million de tonnes de sable par an par deux installations situées à Lorient et Brest et traitant chacune 500 000 tonnes

Le prix de revient de ce stade de l'exploitation peut se décomposer comme suit :

Amortissement		
	$2 \times 3\,600\,000 \times 0,146$	1 051 200
Personnel		
	$2 \times 8 \times 44\,000$	704 000
Entretien, réparations		
	$2 \times 3\,600\,000 \times 0,1$	720 000
Terrain		
	Brest : $5 \times 40\,000$	200 000
	Lorient : $3 \times 40\,000$	120 000
Eau de lavage		
	Brest : $2,4 \times 0,25 \times 500\,000$	300 000
	Lorient : $3 \times 0,24 \times 500\,000$	375 000
Elimination des boues		
	$3 \times 12\,500$	37 500
Energie (électricité)		
	$(2 \times 350) \times 4800 \times 0,37$	1 243 200
		<hr/> 4 750 900
	Frais généraux 10%	475 090
		<hr/> 5 225 990
TOTAL		

Soit, 5,23 F/tonne traitée.

5.4. Comparaison des schémas 2 et 3

Tandis que les deux premiers schémas d'exploitation visaient un même objectif - ventiler 1 M de tonnes de sable sur 12 ports bretons - le troisième schéma conduit à débarquer 500 000 tonnes à Lorient et autant à Brest.

Pour pouvoir comparer les diverses solutions entre elles, il faut qu'elles correspondent à un même service rendu. Aussi va-t-on étudier, dans le schéma n° 2, le coût du transport de la souille vers les ports de Lorient et Brest où seront débarquées 500 000 tonnes.

Dimensionnement des navires sabliers

Temps de chargement :

La drague de reprise a un débit de 200 m³/h ou 320 t/h.

Le chargement de 1 million de tonnes durerait donc 3125 heures.

Nombre d'heures de travail disponibles annuellement :

Le calcul s'effectue comme dans le schéma 1. Cependant, le nombre des sabliers étant réduit (gros porteurs vers Lorient et Brest) on ne prendra que 10% de temps d'attente. Ce qui permet d'aboutir à 5780 h disponibles annuellement par sablier.

Dimensionnement de la flottille de navires sabliers :

En utilisant des chalands autodéchargeables (vitesse de déchargement de l'ordre de celle de chargement : 200 m³/h), on arrive à un total de 6250 heures de chargement et déchargement par an, en plus des temps de transport.

Il faut donc au moins 2 navires sabliers.

Ceux-ci, avec une vitesse de 10 noeuds en charge et une vitesse de déchargement de 300 t/h devraient transporter 2050 tonnes par voyage et desservir chacun 122 fois Lorient et Brest.

Calcul du prix de revient du transport par sablier

Le calcul du prix de revient du transport peut alors se décomposer comme suit :

Amortissement	
2 x 7 000 000 x 0,146	2 044 000
Equipage	
2 x 18 x 51 600	1 857 600
Gas oil et huiles - électricité	
propulsion :	
2 x 700 x 244 x $\frac{20,8}{2}$ x 0,2 x 0,48	341 053
$\frac{2 \times 700}{2} \times 244 \times \frac{20,8}{2} \times 0,2 \times 0,48$	170 527
lubrifiants : 20% du prix du gas oil	102 316
électricité : 20 x 3335 x 0,37	24 671
Entretien - carénage	
2 x 7 000 000 x 0,1	1 400 000
Assurances	
2 x 7 000 000 x 0,05	700 000
Droits de port (cf. schéma 3)	
Brest : taxe sur la jauge	88 339
taxe sur les marchandises	200 000
Lorient : taxe sur la jauge	132 509
taxe sur les marchandises	225 000
Pilotage (cf. schéma 3)	
Brest	71 400
Lorient	85 000
	<hr/>
	7 442 415
Frais généraux 10%	744 242
	<hr/>
TOTAL	8 186 657

Le coût du transport serait alors de 8,19 F/tonne transportée.

6. Remarque sur les problèmes de stockage et de rechargement sur camion

D'une manière générale, on s'est attaché ; dans les précédentes phases de calculs, à déterminer le prix de revient des stades de l'exploitation allant de l'extraction jusqu'au stockage après traitement des matériaux destinés à la consommation locale ou au déchargement à quai de matériaux traités.

On n'a donc pas tenu compte :

- dans certains cas : de la location d'aires de stockage dans les ports bretons,
- dans tous les cas : du rechargement sur camion.

6.1. Le rechargement sur camion dans le 3ème schéma d'exploitation

Dans le cadre du 3ème schéma d'exploitation étudié, il est possible de calculer le coût de l'exploitation de rechargement sur camion à Lorient et Brest : on rajoute à chaque installation :

- le matériel de rechargement
 - prix : 900 000 F
 - puissance : 50 kw
- 2 hommes

Le prix de revient du traitement et du rechargement sur camions devient alors (page suivante) :

Amortissement		
2 x 4 500 000 x 0,146		1 314 000
Personnel		
2 x 10 x 44 000		880 000
Entretien - réparations		
2 x 4 500 000 x 0,1		900 000
Terrains		200 000
		120 000
Eau de lavage	cf. schéma 3	300 000
		375 000
Elimination des boues		37 500
Energie		
(2 x 400) x 4800 x 0,37		1 420 000
		<hr/> 5 547 300
Frais généraux 10%		554 730
		<hr/> 6 102 030
TOTAL		

Soit 6,10 F/tonne

Le déchargement sur camion qui fait passer le coût de cet ensemble d'opérations de 5,30 F à 6,10 F/tonne revient donc à 0,80 F/tonne.

6.2. Le rechargement en camion dans les schémas 1 et 2

L'estimation du coût dans le schéma 3 (0,80 F/tonne) fournit une base d'appréciation.

Pour tenir compte de l'économie d'échelle réalisée dans le cas d'installations concentrées (schéma n° 3 : 2 installations de 500 000 t) on estimera le coût de l'opération à :

- 1,50 F/tonne dans le schéma n° 2 où 1 million de tonnes sont déchargées dans 11 ports,
- 1,30 F/tonne dans le schéma n° 1 ou 690 000 tonnes de sable sont débarquées dans 10 ports et 310 000 tonnes rechargées à Lorient.

6.3. Estimation des coûts de location des terrains

La location des terrains

Dans le schéma 3, les terrains occupés à Lorient et à Brest, pour l'installation, le stockage et les bacs à décantation représentent 8 hectares et sont loués (ou amortis) 320 000 F par an, soit 0,32 F/t. On peut considérer que dans les schémas 1 et 2, les emplacements de stockage répartis dans les différents ports ne représenteront jamais plus de 8 hectares. (les aires de stockage seront morcelées, mais il n'y aura pas de grands bacs à décantation, les déchargements s'effectuant à sec). Le coût des terrains dans les petits ports bretons n'excédant pas ceux de Brest et Lorient, on retiendra pour la location des terrains :

0,30 F/tonne.

	Schéma 1			Schéma 2				Schéma 3
	1 M t location de la drague	1 M t ss locat. de la drague	1,978Mt product. maxi.	1 M t location de la drague	1 M t ss locat. de la drague	3,27Mt product. maxi.	1 M t location approv. Lorient & Brest	1 M t approv. Lorient & Brest
extraction et transport primaire	9,61	12,58	8,31	} 4,87	10,74	4,49	4,87	18,07
déchargement	3,48	3,48	2,02					
reprise en souille et traite- ment et chargement en chalands				3,57	3,57	(1) (3,57)	3,57	
traitement	4,65	4,65	3,56					5,23
transport par sabliers	7,96	7,96	(7,96)	9,28	9,28	(9,28)	8,19	
location des terrains	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
rechargement	1,30	1,30	(1,10)	1,50	1,50	(1,10)	0,80	0,80
prix de revient total	27,30	30,27	23,25	19,52	25,39	18,74	17,73	24,10

Le tableau ci-dessous permet d'effectuer une comparaison entre les différentes hypothèses envisagées (chiffres en F/tonne)

7. Tableau récapitulatif

(1) les chiffres entre parenthèses sont ceux pour lesquels aucun calcul spécifique n'a été fait et correspondent à des estimations.

ANNEXE 6

L'UTILISATION DES GRANULATS

1. Définition

On appelle granulats tout matériau inerte utilisé dans la construction et constituant en particulier l'un des agrégats des mortiers et bétons. Les granulats sont à la base des mortiers et bétons hydrauliques. Ils servent également à la constitution des mortiers et bétons hydrocarbonés; enfin ils servent de ballast ou de matériaux de fondation pour les chaussées et les aérodromes ainsi que pour les voies ferrées.

2. Classification des granulats

2.1. Classification selon leur origine

On peut distinguer trois types de matériaux :

- des granulats d'alluvions :

Il s'agit essentiellement de matériaux "roulés" dans le lit majeur des fleuves, dans le cours des rivières ou en mer. Il faut ajouter à ces matériaux des sables naturels disposés selon d'autres mécanismes (dépôts géologiques, décomposition de roches, sables de dunes, sables éoliens).

D'une manière générale, ces granulats se caractérisent par leurs grains arrondis et polis.

- des granulats concassés de carrière :

Ce sont le plus souvent des éléments provenant du concassage ou du broyage de roches d'origine éruptive, cristallophyllienne ou calcaire caractérisés par un aspect anguleux et des arêtes vives.

- des produits ou sous produits d'origine industrielle :
 laitier granulé, granulats expansés, résidus d'exploitations
- stannifères.

2.2. Classification selon leur dimension

Par ordre de grosseur croissante, on distingue :

- les fillers, d'une dimension inférieure à 80 microns, qui n'intéressent que les bétons et mortiers hydrocarbonés destinés aux revêtements routiers,
- les sables qui peuvent être :
 - fins : de 80 à 315 microns
 - moyens : de 315 microns à 1,25 mm
 - gros : de 1,25 à 5 mm
- les gravillons ou graviers :
 - petits de 5 à 10 mm
 - moyens : de 10 à 16 mm
 - gros : de 16 à 20 mm
- les cailloux (matériaux roulés) ou pierres concassées :
 - petits : de 25 à 40 mm
 - moyens : de 40 à 63 mm
 - gros : de 63 à 100 mm
- les moellons (concassés), galets (roulés) ou blocs : au delà de 100 mm

3. Les caractéristiques des matériaux

3. 1. Granularité

C'est le classement suivant leur dimension des différents grains qui composent le matériau. Les granulats peuvent avoir une granularité pleine, c'est-à-dire comportant des proportions convenables des différents éléments ou au contraire une granularité creuse lorsque manquent certains éléments.

Un dosage granulométrique correct des granulats utilisés permet de bien enrober les éléments les plus gros et de réduire les volumes des vides à l'intérieur d'un béton. La compacité d'un béton est en effet un facteur de qualité qui en accroît les résistances mécaniques et l'imperméabilité.

La recherche de la compacité conduira ainsi à mélanger des sables fins (sables de dunes et sables éoliens) et des sables plus gros (sables de Loire, par exemple) pour obtenir les résultats recherchés.

3. 2. Propreté

La propreté d'un sable dépend de la quantité de matières de nature étrangère et dont les plus dangereux sont les parties fines qui demandent, pour assurer leur enrobage, des quantités de liant beaucoup plus importantes que les granulats de plus forte dimension.

Un excès de particules fines entraîne un abaissement des caractéristiques mécaniques des bétons et leur vieillissement prématuré.

Les impuretés sont classées en impuretés^e prohibées (particules de charbon, bois et leurs résidus) et en impuretés tolérées tant qu'elles ne dépassent pas un certain seuil :

- sulfates et sulfures,
- matières organiques,
- éléments très fins (< 80 microns) dans la limite de 2% (sable naturel) à 5% (sables de concassage).

La mesure de l'équivalent sable permet de déterminer par floculation si un granulat peut être ou non utilisé.

3. 3. Angularité et forme

D'une manière générale, l'angularité diminue la maniabilité et augmente la stabilité. L'angularité s'obtient en modifiant la forme des grains par le concassage qui aux matériaux ronds substitue des grains à arêtes vives.

Le concassage produit également, avec certains types de concasseurs et de roches, des plaquettes et des aiguilles dont le principal inconvénient, outre une mauvaise maniabilité (béton raide) est la fragilité. Il y aura donc lieu de tenir compte de la forme des grains.

3. 4. Nature des roches

La nature des roches influe sur la qualité du béton ou des travaux de voiries réalisés.

Le granulat doit résister :

- à la compression (écrasement)
- à l'usure par frottement (abrasion et attrition)
- à la traction

On prohibe ainsi les calcaires tendres, les feldsp^aoth, les micas, les schistes et les matériaux poreux.

On recherche également des matériaux présentant une bonne adhérence au mortier et au liant (dans l'ordre décroissant : calcaires, silex, roches éruptives).

4. L'utilisation des granulats

Selon le type de travaux dans lesquels ils sont employés, on utilisera préférentiellement des matériaux d'origine spécifique (alluvions, concassés...). La part des sables et des graviers variera également dans des proportions importantes. Le présent paragraphe a pour objet de préciser ces points.

On peut retenir, avec la BIPE, deux grands types d'emplois de granulats :

- les matériaux utilisés dans les couches de roulement des routes,
- ceux utilisés dans les couches de base et de fondation des routes, dans la confection du béton et dans les autres emplois.

4. 1. Les matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes

Les couches supérieures des chaussées, c'est-à-dire les couches de roulement, supportent des efforts très importants et doivent avoir des caractéristiques d'antidérapage élevées. Les matériaux utilisés doivent être durs (résistance à l'écrasement) et présenter des arêtes vives.

C'est pourquoi on utilise exclusivement des matériaux concassés provenant de carrières de roches primaires ou éruptives (revêtement en béton bitumeux) ou plus rarement (2% de la consommation) en calcaires durs pour les revêtements d'autoroutes en béton.

La répartition de la consommation entre les sables et les graviers ne pose pas de problèmes particuliers dans le cadre de cette étude, les matériaux durs concassés, seuls intéressés, pouvant répondre par eux-mêmes aux types de granulométries exigées dans ce genre de travaux.

4.2. Les matériaux utilisés dans les couches de base et de fondation des routes, dans la confection du béton et dans les autres emplois

Les contraintes techniques auxquelles les matériaux utilisés doivent répondre sont beaucoup moins sévères que pour la réalisation des couches de roulement des routes. On peut indifféremment utiliser des granulats alluvionnaires, concassés ou autres, et si les techniques de mise en oeuvre sont quelquefois différentes suivant qu'on utilise telle ou telle catégorie d'agrégats, la considération essentielle qui guidera le choix entre les différents matériaux possibles sera celle de leur prix de revient sur le chantier. Etant donné que le coût de transport constitue l'essentiel de ce prix, on aura intérêt à faire appel aux gisements les plus proches, dans la mesure où les matériaux extraits sont de qualité suffisante et permettent d'obtenir les granulométries désirées.

4.2.1. Les couches de base et de fondation des routes

Le rôle de ces couches est de transmettre les charges supportées par la couche de roulement au terrain naturel et de permettre un drainage efficace de la chaussée. Les agrégats ont des caractéristiques de granu-

lométrie ainsi que de dureté bien définies. Dans la mesure où l'on dispose à proximité de matériaux durs, ceux-ci présentent évidemment de grands avantages, mais on doit, le plus souvent, se contenter de matériaux alluvionnaires, concassés le cas échéant, d'un prix de revient sur le chantier moins élevé. (au niveau national, 20% des matériaux alluvionnaires sont ainsi utilisés).

Dans ce type de travaux, la consommation de granulats se répartit comme suit :

- sables : 20%
- graviers et cailloux : 80%

4. 2. 2. La confection du béton

Les granulats constituent l'ossature du béton, à laquelle viendront s'ajouter du ciment anhydre et l'eau de gâchage. L'ossature moyenne du béton comprend, en masse :

- sables : 36%
- gravillons : 64%

Dans les pièces minces en béton armé fortement ferrailé, le sable peut dépasser 40% de la masse de l'ossature en raison de l'effet de paroi.

a) Les sables :

D'une manière générale, on ne doit jamais introduire de fillers dans le béton. Aussi les sables les plus recherchés sont-ils les sables de rivière et de ballastière, bien propres, durs et bien granulométrés, avec très peu de sable fin (moins de 2% de fines) et dont la forme arrondie assure au béton une bonne maniabilité. A défaut, on utilise un sable de concassage provenant de bonnes carrières (roches stables et propres)

ou un sable de broyage (grains cubiques) qui devront dans les tous les cas être dépoussiérés (pourcentage de fines ramené de 15 ou 20% à 4 ou 5% par passage au cyclone). On peut également utiliser des sables de laitier. Il faut éviter l'emploi de sable trop fin (sable de dunes ou éolien en général) sauf en complément de sables dépourvus d'éléments fins et moyens.

La compacité maximale des sables est généralement réalisée pour un mélange de 60% de gros grains et 40% de grains fins (vers 0,3 mm), avec un minimum de grains moyens.

Le sable pour béton doit avoir un équivalent sable aussi proche de 100 que possible, supérieur à 75 ou 80 en tout cas pour un très bon béton. Au dessous de 70, on ne peut obtenir que des bétons très moyens.

b) Les gravillons :

Ils peuvent être roulés ou concassés. Dans ce derniers cas, ils doivent être de bonne forme (cubiques, sans excès de plaquettes ou d'aiguilles). Pour le béton armé, on préfère toujours les gravillons roulés en raison de leur meilleure maniabilité.

4.2.3. Autres emplois

On n'utilise pas uniquement les granulats dans les travaux routiers ou dans la confection de béton mais également dans d'autres cas (pose de canalisations souterraines, carrelages...) qui ne représentent cependant que 10% de la consommation nationale de granulats. Dans ce cas, on utilisera indifféremment, selon leur prix de revient, des matériaux roulés ou concassés dans les proportions moyennes suivantes :

- sables : 80%
- graviers : 20%

5. La place des matériaux marins

Il apparait ainsi qu'à l'exclusion des couches de roulement des routes, les matériaux marins correctement désallés pourront contribuer à la réalisation des autres travaux au même titre que les autres matériaux dans la mesure où leur prix de revient sera concurrentiel.

Leur utilisation ne devrait poser aucun problème dans les bétons de masse et les couches de base et de fondation des routes.

Par contre, dans des ouvrages en béton armé ou béton précontraint, où la présence de sel risquerait d'entraîner la corrosion des armatures, il sera nécessaire de ne pas dépasser des proportions de sel bien déterminées. En l'absence d'une norme concernant les sables marins, on peut se référer à celle concernant les eaux de gâchage des bétons où l'on tolère 2 grammes d'ions totaux par litre. Les mêmes caractéristiques pourraient être obtenues en réalisant le béton avec de l'eau pure et un sable marin dessalé à 0,5% ce qui peut être réalisé avec 0,3 à 0,6 m³ d'eau par m³ de sable quartzeux, selon l'étude de M. Ottmann, de l'université de Nantes. (dans la présente étude on a retenu 0,5 m³).