

Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitain,  
1974, 16, p. 51-63, 3 fig., 2 tabl.

## Etude des incertitudes affectant l'estimation des réserves en granulats exploitables en mer.\*

Jacques DEBYSER\*, Léopold BERTHOIS\*\* et Gérard André AUFFRET\*\*\*

### RESUME :

Les auteurs examinent les causes d'erreur pouvant affecter l'évaluation des cubages de granulats à partir d'un réseau de dragages. Après l'examen des différentes sources d'erreur, un exemple concret est traité. Les résultats de l'étude montrent que les réserves en graviers minéraux du Sud de la Manche Occidentale ne peuvent être estimées au mieux qu'à un facteur de trois près.

### ABSTRACT :

This article is concerned with errors involved in the evaluation of mineral gravel reserve from a dredging network. After the examination of different sources an actual example have been treated. The results show that gravels reserves from the Southern part of the Western channel cannot be evaluated better than two a factor of three.

---

\* Contribution n° 269, Centre Océanologique de Bretagne, B.P. 337, 29273 Brest.  
\* CNEXO, 36, avenue d'Iéna, 75016 Paris  
\*\* 6 rue de Viarmes, Rennes.  
\*\*\* Centre Océanologique de Bretagne, Brest.

## PREAMBULE

Le développement actuel de l'exploration et de l'exploitation des ressources associées aux dépôts meubles du plateau continental (sables et graviers siliceux, sables calcaires, sables à minéraux lourds) implique une précision toujours plus grande dans la localisation des dépôts.

Le problème s'est posé pour nous de différentes manières :

- comment utiliser de très nombreux documents anciens qui ont été établis avec des systèmes de positionnement imparfaits ?
- comment chiffrer les incertitudes de ces cartes qui sont, malgré tout, d'excellentes bases pour établir un programme de préreconnaissance ?
- quels sont, au niveau de l'exploitation proprement dite, les moyens de radiolocalisation à utiliser en fonction de la taille des gisements qu'on escompte découvrir ?
- à quel degré de précision aboutir-on quelque soit la précision intrinsèque du système adopté ?
- enfin, au dernier stade de la recherche, qui est l'évaluation du gisement, quel est le retentissement d'une erreur en X et Y sur sa cubature ?

Tels sont les différents aspects du problème qui ont été étudiés, mais ils peuvent immédiatement être rapportés à deux types distincts :

- a) le premier est purement topographique, il peut être traduit par l'erreur moyenne quadratique de multiples causes d'erreur inhérente au levé topographique et au report, sur une carte, du point défini par ses coordonnées géographiques.
- b) le second est d'ordre minéralogique ou granulométrique : il concerne la nature du sédiment qui peut être exclusivement minéral, ou constitué par un mélange de minéraux et d'une fraction biologique ou biochimique, cet ensemble meuble ayant une granulométrie plus ou moins sélective.

Il est donc très important de connaître si le sédiment qu'on a prélevé et analysé est bien conforme au dépôt sédimentaire du fond marin, et si cette condition est remplie (ce qu'on est bien obligé d'admettre dans la plupart des cas), qu'elle est la surface sédimentaire à laquelle on peut attribuer les caractéristiques minéralogiques et granulométriques déduites de l'analyse de l'échantillon prélevé. Cette question est liée à la variabilité des caractéristiques auxquelles on s'intéresse.

Et tout d'abord, lorsque deux échantillons sont prélevés sur le fond marin en des points très rapprochés sont-ils rigoureusement identiques, ou s'ils présentent des disparités, de quel ordre sont-elles ?

En définitive, quelle confiance l'utilisateur qui cherchera à évaluer la superficie d'un gisement de matériaux d'un type donné peut-il accorder aux renseignements qui lui sont fournis, ou en d'autres termes quel est le pourcentage d'erreur à craindre sur la surface à exploiter et, en dernière analyse, sur le volume des matériaux à extraire, en supposant le dépôt homogène.

## ERREURS TOPOGRAPHIQUES

### I - ERREUR DE POSITIONNEMENT D'UN POINT SUR UNE CARTE AU 1/200 000<sup>e</sup> A LA LATITUDE DE 49°30' (Atlas de la Manche).

Nous examinerons successivement les erreurs afférentes à la navigation à l'aide du réseau DECCA et des cartes qui le matérialisent, les erreurs dues au report des indications des décomètres et de leur transformation en coordonnées dans une projection de Mercator. Nous ne nous occuperons pas des erreurs

de navigation pour parvenir au point de stationnement du navire, mais seulement des erreurs dans la détermination de la position d'un carottage ou d'un dragage. Cela implique qu'à ce moment le navire est stoppé, qu'en conséquence il n'existe aucune ambiguïté sur les indications des décomètres et sur leur lecture qui est supposée faite au moment de l'immersion de l'engin de prélèvement. Les opérations qui vont être analysées sont de nature très différentes et, pour certaines d'entre elles, l'évaluation de l'erreur commise est assez subjective. Il n'en est pas de même pour les erreurs de report et de dessin qui ont été depuis fort longtemps minutieusement étudiées par les topographes.

### A) Erreurs afférentes à la carte DECCA

#### a) Erreur de construction et d'impression du réseau DECCA sur une carte en deux couleurs.

Dans la Manche, il n'existe que deux couleurs d'hyperboles qui soient utilisables simultanément. Lorsque les trois couleurs sont représentées dans une certaine zone, il y a deux combinaisons qui sont pratiquement inutilisables parce qu'elles se coupent sous des angles trop faibles pour augmenter la précision du tracé - voir tableau n° 1.

N° de la carte et titre	échelle	angles limites des réseaux d'hyperboles
L (D 5) n° 1895 Dover Strait	1/125 000 à 51° N	vert ) 38° à 44° rouge )
L (D 5) n° 2452 Newhaven à Calais	1/150 000 à 50° 25'	vert ) 38° à 45° rouge )  vert ) 6° à 16° violet )  rouge ) 24° 30' à 25° violet )
L (D 5) n° 2612 Cap d'Antifer à la Pointe du Haut Blanc	1/150 000 à 49° 30'	vert ) 19° 30' à 25° rouge )  vert ) 1° à 17° 30' violet )
L (D 5) n° 2613 Cherbourg au Cap d'Antifer	1/150 000 à 49° 30'	rouge ) 19° à 16° violet )  rouge ) ≈ 0° à 6° vert )  vert ) 22° 30' - 26° 30' violet )
L (D 5) n° 1106 Cap de Flamanville à l'île de Saint-Marcouf	1/72 400 à 49° 42'	violet ) 49° à 70° rouge )

TABLEAU N° 1

En tenant compte de l'épaisseur des traits utilisés pour l'impression des couleurs, l'approximation du pointé de la règle ne peut pas être inférieure à 0,5 mm, soit à l'échelle la plus courante de 1/150 000 : 75 m.

*b) Erreur due à la déformation du papier après impression de la carte DECCA.*

Cette erreur est négligeable lorsque l'intersection des hyperboles déterminant le point est transformée en coordonnées  $\phi$  et  $G$  sur la même carte. Les variations se trouvent corrigées par la dilatation ou le retrait du carroyage en latitude et longitude porté sur la carte.

**B) Erreur du tracé de l'intersection des hyperboles définies à l'aide du réseau DECCA**

*a) Erreur due à la construction des réglettes destinées au tracé des intersections d'hyperboles.*

Dans le cas présent, deux échelles seulement sont nécessaires : une échelle pour le réseau rouge, permettant l'intercalation d'une hyperbole ; une autre échelle destinée aux hyperboles violettes ou vertes, permettant l'intercalation d'une hyperbole.

Dans les deux cas, les intervalles sont divisés en 10. Il en résulte que les divisions sont respectivement de 1/10ème d'hyperbole et que les 1/100ème indiqués par les décomètres devront être dessinés à l'estime.

Les erreurs de construction et de dessin des réglettes peuvent être très réduites car il est possible de faire une vérification à la loupe. Il subsiste cependant une incertitude de l'ordre de 1/10ème de mm sur chaque division. Dans le cas le plus favorable, les écarts seront de même sens sur les deux hyperboles, soit une erreur résultante de 1/5ème de mm (ou 0.2 mm) qui se traduira à l'échelle de la carte (1/150 000ème) par une erreur de 30 m.

*b) Erreur affectant le tracé de l'intersection des hyperboles.*

Dans l'hypothèse la plus favorable, le navire peut se trouver à l'intersection de deux hyperboles figurant sur la carte DECCA, mais c'est très exceptionnel. Dans ce cas, il ne subsiste que l'erreur d'inertie des décomètres.

Il arrive un peu plus fréquemment que le navire soit situé sur l'une des deux hyperboles dessinées sur la carte DECCA, dans cette éventualité il suffit de construire la position d'hyperbole intercalaire recoupant la première dans l'un des réseaux rouge ou vert. En conséquence, l'erreur du tracé de l'intersection qui va être définie sera réduite de moitié.

Dans le cas le plus habituel le navire est situé dans un quadrilatère limité par quatre branches d'hyperboles, deux de chacun des réseaux.

*c) Première hyperbole intercalaire :*

La réglette utilisée étant plus longue que l'écartement des hyperboles dessinées sur la carte DECCA, elle devra être placée obliquement à celles-ci. Il sera donc indispensable de pointer la valeur désirée le plus près possible du bord de la réglette pour atténuer l'erreur de parallaxe qui serait très importante.

Quel que soit le nombre d'unités ou de fractions de l'hyperbole à intercaler entre les deux branches de même couleur, le problème à résoudre comporte toujours :

- a) deux pointés de coïncidence de la réglette (origine et fin des divisions) avec les branches d'hyperbole de la carte.
- b) le tracé de la division à intercaler, comprenant l'erreur d'estime des 1/100ème d'hyperbole indiquées par le décomètre.

Cette dernière opération est la plus délicate. On admet en topographie terrestre qu'elle entraîne

une erreur égale à la somme des deux erreurs de pointé de la réglette qui sont seulement des coïncidences. Il est indispensable de déterminer deux points de la branche d'hyperbole fractionnaire à intercaler. Ces deux points qui sont séparés par une distance de 25 à 40 m sont finalement joints par un trait qui représentera une portion de la branche d'hyperbole cherchée.

On peut admettre que si les deux premières causes d'erreur se totalisent, la troisième, plus facile à contrôler, ne s'ajoutera pas. Soit en définitive 2/5ème de mm à l'échelle de 1/150 000 : **60 m.**

#### *d) Seconde hyperbole intercalaire :*

La seconde hyperbole à intercaler dans le réseau représenté par la deuxième couleur de la carte DECCA va être construite comme la première, c'est-à-dire avec la même erreur individuelle de **60 m.**

Mais cette seconde erreur, qui est minimale lorsque l'intersection des deux branches d'hyperbole se fait sous un angle de  $\alpha = 90^\circ$  va augmenter suivant une fonction de  $\frac{1}{\sin \alpha}$  dans laquelle  $\alpha$  représente l'angle d'intersection des hyperboles.

Pour une valeur de  $\alpha = 45^\circ$ , l'erreur de 60 m déterminée précédemment sera de :  $60 \times 1,42 = 85$  m, et pour un angle  $\alpha = 20^\circ$  elle deviendra :  $60 \times 2,92 = 175$  m.

Ainsi, dans le cas où l'on aurait en longitude une erreur de + 60 m (1ère hyperbole), la rencontre avec la seconde hyperbole pourrait donc être affectée d'une erreur de 175 m. Dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire si les erreurs sont dans le même sens dans une intersection sous un angle voisin de  $20^\circ$  C, ce qui est assez fréquent dans la zone considérée, l'erreur à craindre serait de :  $2 \times 60 \times 2,92$ , soit : **350 m.**

### **C) Erreur due au réseau DECCA**

Il est très difficile d'apprécier la précision due à la réception des signaux du réseau DECCA. Elle peut être influencée par de très nombreuses causes : distance du navire par rapport aux stations d'émission, crépuscule ou nuit totale, inertie des décomètres, etc...

Cependant, lorsque le navire est stoppé et qu'il dérive lentement sous l'effet du vent ou du courant, ce déplacement peut atteindre fréquemment 100 à 150 mètres sans que les indications des décomètres soient nettement modifiées.

On peut donc envisager que l'erreur de positionnement est de cet ordre de grandeur, soit : **100 à 150 m.**

## **II - ERREURS DUES A LA CONSTRUCTION D'UNE CARTE EN PROJECTION MERCATOR, A L'ECHELLE DE 1/200 000ème, A LA LATITUDE DE $49^\circ 30'$ .**

Les calculs de la projection Mercator ont été exécutés pour chaque feuille et les résultats ont été utilisés, dans chaque cas, pour le tracé du cadre sur un support plastique réputé invariable.

Les rectangles ont été vérifiés par calcul des diagonales, les erreurs tolérées sur l'ensemble n'excédant pas 0,5mm. Cette erreur est donc négligeable sur un point particulier compris à l'intérieur du cadre.

**A) Erreur résultant de la division de 20 en 20 minutes en longitude et latitude.**

Cette erreur est peu importante puisque les éléments du carroyage se trouvent obligatoirement vérifiés à l'intérieur du rectangle d'ensemble de la feuille. Elle peut cependant être égale à l'erreur graphique, soit : 0.25 mm, soit : 50 m.

**B) Erreur résultant de la division en minutes.**

Ces divisions sont vérifiées par leur intégration dans les rectangles précédemment tracés, mais l'erreur graphique normale peut entâcher ces divisions. Dans le cas le plus défavorable, elle pourra s'ajouter à l'erreur résultant de la division en 20 minutes, soit 0.25 mm, c'est-à-dire : 50 m. Erreur graphique de report du point en longitude et latitude : 50 m, soit au total : 100 m.

**III - CALCUL DE L'ERREUR MOYENNE QUADRATIQUE**

L'erreur résultante de toutes ces opérations peut être assimilée à l'erreur moyenne d'une mesure entachée de plusieurs causes d'erreurs accidentelles.

En posant que  $\pm e_1, \pm e_2 \dots \pm e_n$  représentent les valeurs de  $n$  causes d'erreurs accidentelles distinctes affectant un procédé de mesures, l'erreur moyenne d'une mesure effectuée par ce procédé sera :

$$e_s = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2} = \sqrt{\sum e_i^2}$$

*Paragraphe 1*

	valeur de e	valeur de e <sup>2</sup>
Aa	75 m	5 625
Ab	75 m	5 625
Ba	30 m	900
Bc	60 m	3 600
Bd	350 m	122 500

*Paragraphe 2*

a	50 m	2 500
b	100 m	10 000
c	66 m	4 396

---

149 521

$$e_{s1} = \sqrt{149 521} \text{ soit } e_{s1} \approx 386 \text{ m.}$$

**IV - CALCUL DE L'ERREUR MOYENNE QUADRATIQUE TOTALE**

Nous avons vu précédemment ( § c ) que l'erreur propre à la chaîne DECCA peut être évaluée à

environ 100 à 150 m. Dans le cas présent, on peut considérer qu'il s'agit de deux causes d'erreur accidentelles et que le coefficient de l'une est sensiblement le double de celui de l'autre, on obtient alors :

$$e_{st} = \sqrt{e_{s1}^2 + \frac{(e_{s2})^2}{2}} = \sqrt{e_{s1} \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = e_{st'} \sqrt{1,25}$$

$$e_{st} = 1,12 e_{st'}$$

soit :  $386 \times 1,12 = 432$  m.

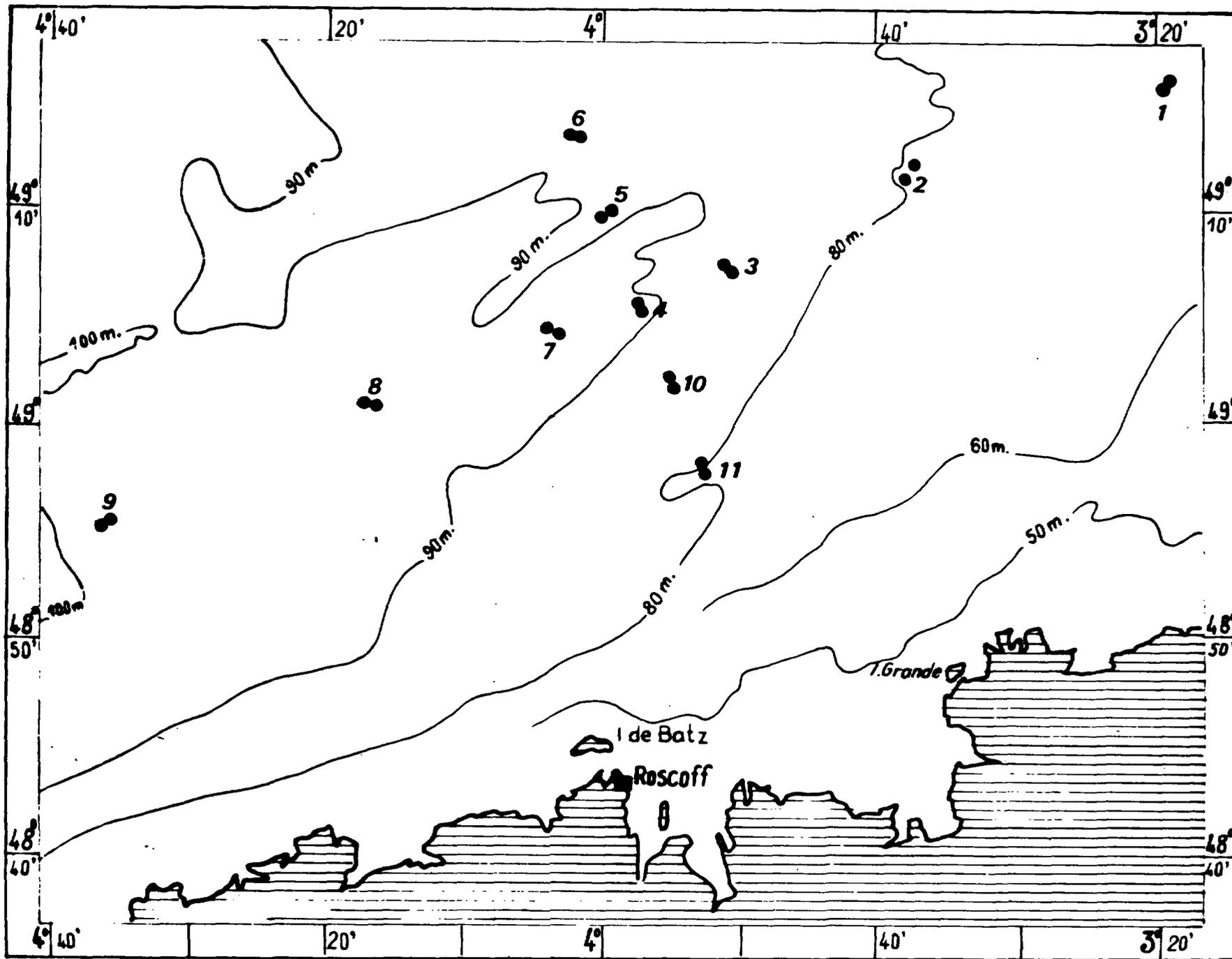
Il apparaît donc que les différentes erreurs de transformation des indications des décomètres en coordonnées de latitude et de longitude sont supérieures à l'erreur de navigation proprement dite.

Cette interprétation a été confirmée par la reconstruction, à l'échelle de 1/200 000ème, des points de carottages du navire «Terebel» exécutés en Manche orientale. Il a été observé que la tolérance graphique qui devait être habituellement admise s'inscrivait dans un cercle de 2 mm de rayon, soit : 400 m.

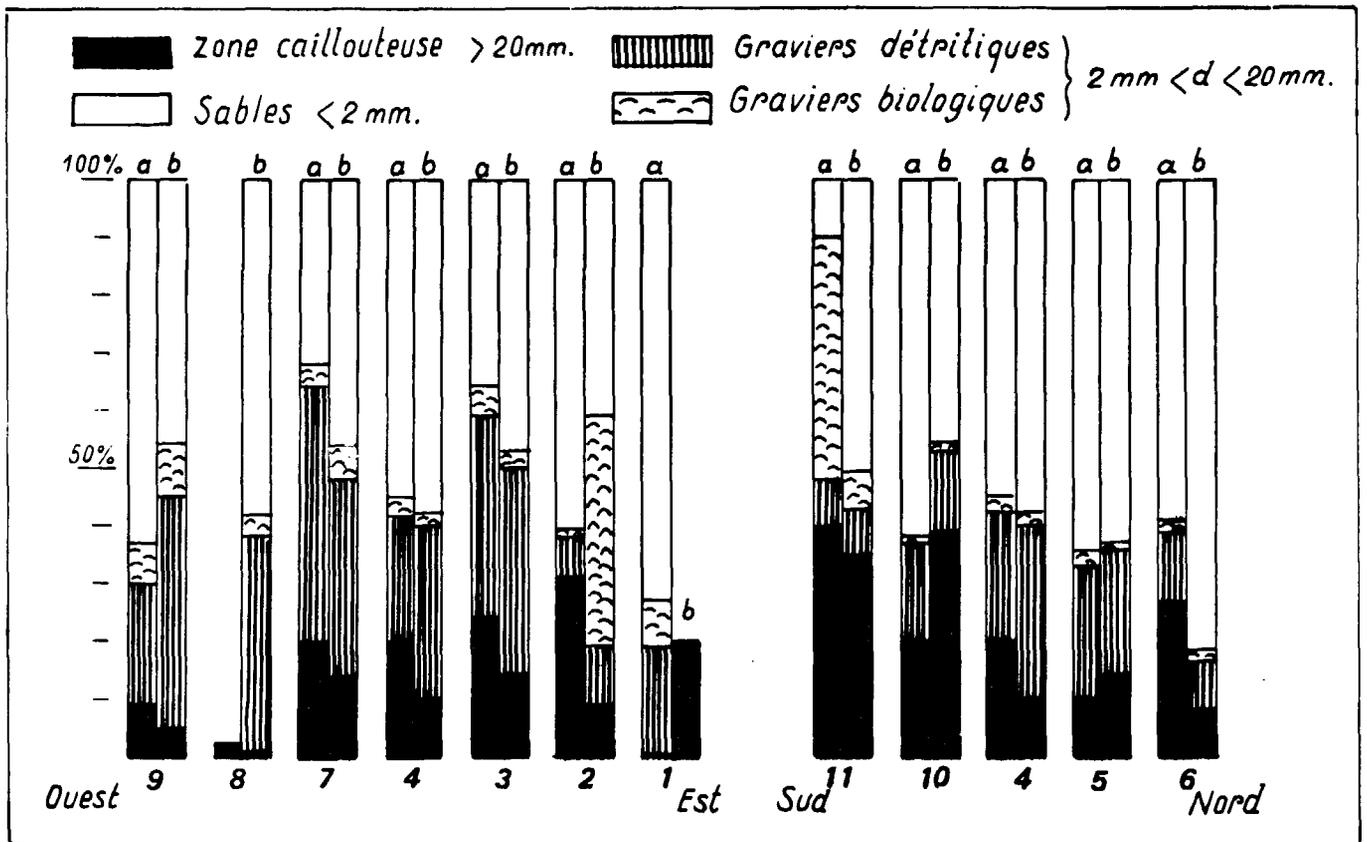
## 2ème PARTIE

### INCERTITUDE MINERALOGIQUE ET GRANULOMETRIQUE

Dans le cadre d'une étude sédimentologique du sud de la Manche occidentale (AUFFRET et al., 1973), nous nous sommes particulièrement attachés à définir la précision des résultats obtenus par dragage et leur représentativité en répétant les prélèvements dans une zone limitée (1/2 mille entre les deux points de dragage) et en comparant les teneurs obtenues (voir figure 1 & 2 et tableau n° 2). La drague utilisée est une drague Rallier du Baty qui permet d'obtenir couramment sur les fonds hétérogènes de 60 à 100 kg de sédiments (poids humide). Nous avons mesuré à bord la proportion de cailloux ( $d > 2$  cm), de graviers ( $2 \text{ cm} < d < 2 \text{ mm}$ ), de sables ( $d < 2 \text{ mm}$ ), par pesée sur la totalité du produit humide de chaque dragage. L'évaluation d'un cubage exploitable dans une zone déterminée suppose l'évaluation de la surface de la zone et de la teneur moyenne en granulats dans cette zone. Nous étudierons donc tout d'abord l'erreur commise dans l'évaluation des surfaces, puis celles concernant l'évaluation des teneurs afin d'examiner l'amplitude de l'incertitude dans l'estimation des cubages.



- Figure 1 -



- Figure 2 -

N° stations	ZC		$\bar{z}$	$\Delta$	ZGD		$\bar{z}$	$\Delta$	ZGB		$\bar{z}$	$\Delta$	ZS		$\bar{z}$	$\Delta$
	A	B			A	B			A	B			A	B		
1	0	20	10	10	19				8				73			
2	31	9	20	22	7	10	8,5	3	1	40	20,5	39	61	41	51	20
3	24	14	19	10	35	36	35,5	1	5	2	3,5	3	37	46	42	9
4	20	10	15	10	22	30	26	8	3	2	2,5	1	55	58	56,5	3
5	10	14	12	4	23	22	22,5	1	3	1	2	2	64	63	63,5	1
6	27	8	17,5	19	12	8	10	6	2	2	2	0	59	82	70,5	23
7	20	14	17	6	44	34	39	10	4	6	5	2	32	46	39	14
8	2	1	1,5	1		37				4				58		
9	9	5	7	4	21	40	30,5	19	7	9	8	2	63	46	54,5	17
10	20	39	29,5	19	17	14	15,5	3	1	1	1	0	62	46	54	16
11	40	35	37,5	5	8	8	8	0	42	6	24	36	10	51	30,5	33

TABLEAU N° 2 - Pourcentages en poids des sédiments dragués dans les deux points de prélèvements voisins de chaque station : 1 A - 1 B, etc ...

ZC : cailloutis fraction > 20 mm.

ZGD : graviers détritiques.

ZGB : graviers biologiques

ZS : sables

Z : moyenne en poids des deux fractions prélevées.

$\Delta$  : différence en poids entre les deux fractions prélevées.

## I - INCERTITUDE DANS L'EVALUATION DES SURFACES

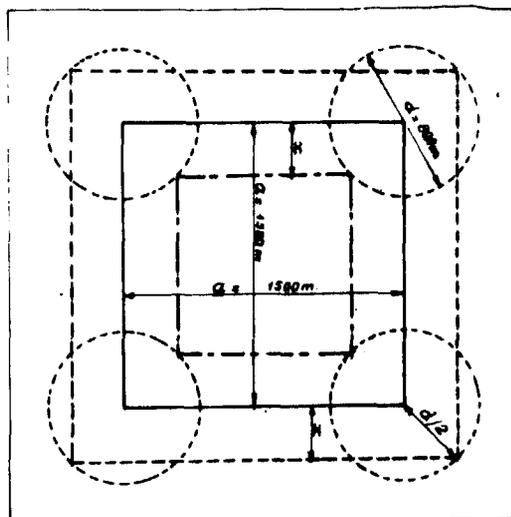
Un dragage est par définition une opération «linéaire». Les coordonnées DECCA sont notées au moment où la drague commence à travailler sur le fond et au moment où elle le quitte. Le milieu du segment défini par ces deux points est considéré comme le point effectif de dragage. On définit donc pour chaque point  $x_0$  une teneur  $f(x_0)$ . Cette teneur ponctuelle purement théorique est en fait une limite.

$$f(x) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{\text{Poids de granulats dans } S^*}{\text{Poids total de dépôts superficiels dans } S}$$

Il est clair qu'expérimentalement, on ne peut jamais atteindre les valeurs  $f(x_0)$  mais seulement leur valeur moyenne sur la surface de prélèvement : les quantités mesurées ne sont donc pas les  $f(x_0)$  mais leurs valeurs régularisées par le prélèvement (AUFFRET, MARECHAL, BERTHOIS, 1970).

D'autre part, l'étude des erreurs «topographiques» conduit à admettre une précision de 400 m pour la localisation d'un point. Il en résulte qu'à chaque point de dragage doit être affecté un cercle de «probabilité de présence» de 800 m de diamètre.

Il nous faut donc étudier les conséquences d'une erreur qui peut atteindre 400 m sur l'évaluation de la surface d'une figure géométrique simple, par exemple un carré (fig. 3).



- Figure 3 -

Soit «a» le côté de la maille de reconnaissance, «d» le diamètre du cercle d'incertitude du «point de dragage».

\* S : «surface» sur laquelle a été effectué le prélèvement.

La surface comprise entre les points de prélèvements supposés ponctuels peut varier entre deux valeurs :

$$\left(a + \frac{2d^2}{8}\right) \quad \text{et} \quad \left(a - \frac{2d^2}{8}\right)^2$$

- 1ère hypothèse

pour  $a = 1\,500$  m et  $d = 800$  m, on a

$$a^2 = 225 \times 10^4 \quad d^2 = 64 \times 10^4$$

$$1) S_{\max} = a^2 + \frac{4d^2}{8} + \frac{4ad}{8} \quad 1) S_{\min} = a^2 + \frac{4d^2}{8} - \frac{4ad}{8}$$

$$a^2 + \frac{4d^2}{8} = 225 \times 10^4 + \frac{4 \times 64 \times 10^4}{8} = (225 + 32) \times 10^4 = 257 \times 10^4$$

$$D = \frac{4ad}{8} = \frac{4 \times 1\,500 \times 800}{8} = \frac{480 \times 10^4}{8} = 171 \times 10^4$$

$$\text{Surface maximale : } S_M = (257 + 171) \times 10^4 = 428 \times 10^4 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface minimale : } S_m = (257 - 171) \times 10^4 = 86 \times 10^4 \text{ m}^2$$

- 2ème hypothèse

$a$  : 2 milles, soit 3 704 m et  $d = 800$  m

En appliquant les formules 1 et 2, on obtient pour les surfaces du gisement :

$$\text{surface maximale : } 1\,752 \times 10^4 \text{ m}^2$$

$$\text{surface minimale : } 912 \times 10^4 \text{ m}^2$$

## II - INCERTITUDE DANS L'EVALUATION DES CUBAGES EN GRAVIERS MINERAUX

Les dragages que nous avons effectués semblent indiquer un gradient d'enrichissement d'Est en Ouest. Du Sud au Nord, il existe un gradient d'enrichissement jusqu'au point IV et d'appauvrissement au-delà (fig. 1). La teneur moyenne est voisine de 20 %, les écarts entre deux prélèvements voisins sont généralement proportionnels à la moyenne des teneurs entre ces deux points. La valeur moyenne de ces écarts est de 5 % (voir figure 2 et tableau n° 2).

On peut admettre qu'à l'intérieur du cercle de diamètre 800 m, l'écart entre deux teneurs est de l'ordre de 5 %. Nous supposons également, pour simplifier, que les 4 dragages aux angles du carré prospecté fournissent des teneurs en graviers minéraux voisines de la moyenne observée au Sud de la Manche occidentale (20 %). Les dragages n'attaquent le fond que sur une épaisseur d'environ 10 à 20 cm. Nous avons néanmoins supposé que les résultats obtenus par cette prospection étaient transférables à une ex-

exploitation réelle intéressant 1 m d'épaisseur des sédiments meubles. Autrement dit, 1 m<sup>2</sup> de surface va représenter 1 m<sup>3</sup> de matériaux exploités. Nous pouvons donc calculer un cubage minimum et un cubage maximum «prospecté» selon l'importance de la surface comprise entre les quatre dragages et selon les valeurs «réelles» des teneurs aux quatre points considérés et en faisant implicitement l'hypothèse que la moyenne des quatre dragages est une bonne estimation de la teneur moyenne par m<sup>2</sup> de la zone circonscrite. Nous admettrons également que l'erreur relative de cette moyenne est égale à l'erreur relative commise sur chacun des prélèvements.

Nous avons donc : teneur maximum par m<sup>2</sup> dans la zone prospectée ou (en supposant une densité de 2 pour le sédiment global) :

$$\frac{2 \times (20 + 5)}{100} = 0,5 \text{ tonne par m}^2$$

Teneur minimum par m<sup>3</sup> dans la zone prospectée :

$$\frac{2 \times (20 - 5)}{100} = 0,3 \text{ tonne par m}^2$$

### III - ESTIMATION DU TONNAGE EXPLOITABLE

- 1ère hypothèse :

$$T_{\text{Max}} = 0,5 \times 428 \times 10^4 = 2\,140\,000 \text{ tonnes}$$

$$T_{\text{min}} = 0,3 \times 86 \times 10 = 258\,000 \text{ tonnes}$$

- 2ème hypothèse :

$$T_{\text{Max}} = 0,5 \times 1\,752 \times 10^4 = 8\,750\,000 \text{ tonnes}$$

$$T_{\text{min}} = 0,3 \times 912 \times 10^4 = 2\,700\,000 \text{ tonnes}$$

### CONCLUSION

En définitive, après avoir analysé toutes les sources d'erreurs, topographiques, cartographiques et sédimentologiques, nous avons pu dégager une évaluation de l'incertitude globale sur la cubature d'un gisement étudié par des dragages répartis suivant une maille de reconnaissance de 1 500 m de côté et supposé exploité sur 1 m d'épaisseur.

Il en ressort que le tonnage des sédiments peut être affecté d'un facteur 8 entre les évaluations minimum et maximum.

Dans une deuxième hypothèse, nous avons fait le calcul pour une maille de 2 milles de côté ; la différence entre les deux cubatures est de l'ordre d'un facteur 3.

Cet abaissement de l'écart entre les deux résultats est dû à la diminution du pourcentage des erreurs topographiques et cartographiques dont les valeurs absolues n'ont pas augmenté.

Ces erreurs finales semblent trop importantes pour que les résultats fournis par la prospection par dragage soient utilisés pour l'exploitation sans un contrôle permettant d'obtenir une meilleure définition du gisement.

Nous avons pris pour exemple le cas d'une campagne de dragages réalisée avec un système de positionnement DECCA. D'autres systèmes sont plus précis (Toran, Rana, Decca Hi Fix, par exemple. Voir F. Milard, 1971). Néanmoins, on doit effectuer des calculs analogues pour fournir à l'exploitant les indications lui permettant d'apprécier la rentabilité et les conditions économiques du gisement découvert.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUFFRET, G. A., MARECHAL A., BERTHOIS, L. (1970)  
Essai d'application de la géostatique à la cartographie sédimentaire dans la zone couverte par la carte bathymétrique au 1/10 000 de l'île de Batz au Trépieds.  
*Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, Bordeaux, n° 9, p. 121-136, 6 fig., 3 tabl.
- AUFFRET, G. A., BERTHOIS, L., CABIOCH, L., DOUVILLE, J.L., KENYON, N.H. (1973)  
Aperçu sur les structures sédimentologiques à grande et petite échelle et les processus sédimentaires actuels au Sud de la Manche.  
*Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, XLVIII (2), p. 157-172.
- BERTHOIS, L., MAREC, A., AUFFRET, G. A., (1970)  
Evaluation de l'erreur topographique dans une carte bathymétrique au 1/40 000e aux abords de Roscoff.  
*Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, Bordeaux, n° 9, p. 137-143, 3 fig.
- MILARD, F. (1971)  
Cours de radiolocalisation.  
*Service Hydrographique de la Marine*, Paris, fasc. 2, chapitre VIII, paragr. 1 à 4.