

OSATES (Ocean Space Advanced Technologies European Show)
International Symposium (24-27 September 1991); Brest, France, Recueil de
Communications, pp. B3-1/B3-11, 1 tab, 10 fig.

CARTOGRAPHIE DU MIDDELKERKE BANK: DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE, STRUCTURE GEOLOGIQUE, FACIES SEDIMENTAIRES

Jean Lanckneus*, Guy De Moor*, Serge Berné**, Hervé Chamley***, Marc De
Batist****, Jean-Pierre Henriet**, Joost Terwindt***** et Alain Trentesaux***

- * Laboratoire de Géographie Physique, Université de Gand, Krijgslaan 281,
B-9000 Gand, Belgique
- ** IFREMER, Géosciences Marines, B.P. 70, F-29280 Plouzane, France
- *** Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie, Université de Lille, F-59655
Villeneuve d'Ascq, France
- **** Renard Centre of Marine Geology, Université de Gand, Krijgslaan 281, B-
9000 Gand, Belgique
- ***** Département de Géographie, Université de Utrecht, B.P. 80.115, 3508 TC
Utrecht, Pays-Bas

RESUME

L'étude présente les premiers résultats obtenus dans le cadre de Projet RESECUSED (MAST) qui a comme objectif d'analyser la dynamique des sédiments et des figures sédimentaires sur le Middelkerke Bank (Plate-forme continentale belge) et d'étudier l'interaction entre les mouvements de l'eau, le transport sédimentaire et la mobilité des figures sous-marines. Ces résultats comprennent une analyse préliminaire sur les transits sédimentaires déduits d'enregistrements à sonar latéral, une mosaïque complète des vagues de sable sur le banc, les premières données granulométriques du sédiment superficiel et une étude sur la structure interne du banc.

ABSTRACT

The paper analyses the first results obtained in the framework of the RESECUSED Project (MAST) whose objectives are the detailed analysis of the behaviour of sediments and bedforms of and on the Middelkerke Bank (Belgian Continental Shelf) and the study of the interaction between water movement, sediment transport and bedform mobility. The results include a preliminary analysis of the residual bottom load transport paths deduced from side scan sonar registrations, a map of the sandwaves on the bank, the first grain-size results of the superficial sediment and a study on the internal structure of the bank.

I. LE PROJET RESECUSED

Le Middelkerke Bank, un banc sableux tidal se situant sur le plateau continental belge est actuellement le sujet d'une étude multidisciplinaire, exécutée par plusieurs unités de recherche. Le projet est partiellement financée par la Commission des Communautés Européennes qui élabore des projets dans le domaine marin dans le cadre du programme MAST (*Marine Science and Technology*). Le projet RESECUSED (*Relationship between Sea floor Currents and Sediment Mobility in the Southern North Sea*) (contrat MAST-0025-C) a comme objectifs principaux (fig. 1) l'analyse détaillée des sédiments et des figures sédimentaires se trouvant sur un banc sableux dans un environnement macrotidal. L'étude comprend deux approches différentes : d'une part une approche globale s'appuyant sur la recherche de la dynamique résiduelle des figures sédimentaires et d'autre part une approche fondamentale qui se rapporte aux problèmes de la mobilisation du sable.

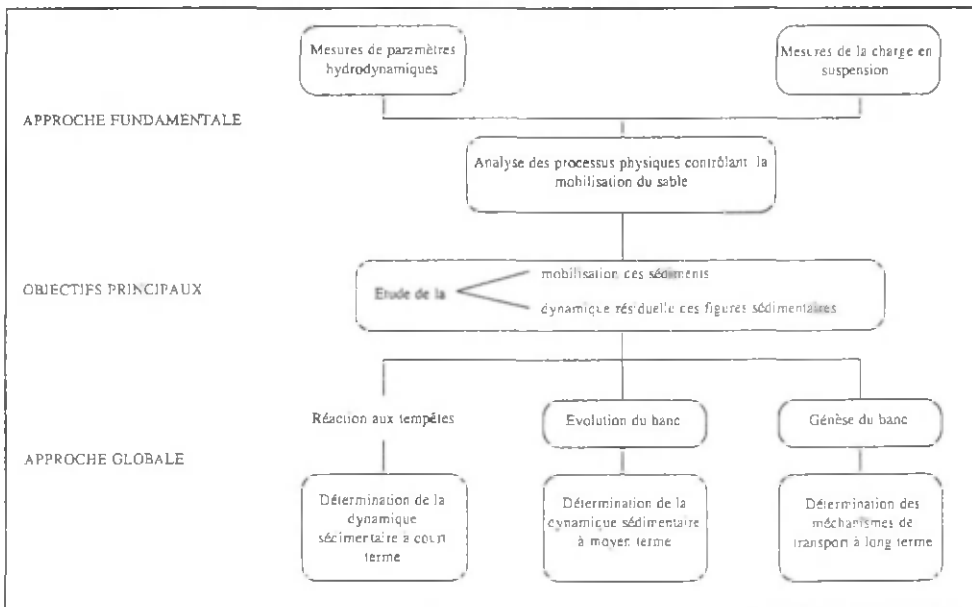


Fig. 1 : Les objectifs du projet RESECUSED

L'approche globale se concentre sur :

- l'analyse de l'impact d'événements hydrodynamiques brusques (comme les tempêtes) sur la position, volume et morphologie d'un banc sableux et sur le comportement des figures sédimentaires.
- l'analyse de la dynamique résiduelle à moyen terme d'un banc sableux. Cette étude comprend trois aspects. D'une part il y a l'analyse du cheminement résiduel des sables et de l'évolution des transits sédimentaires. D'autre part il y a l'étude de l'effet résiduel de ces déplacements sur la position, le volume et la morphologie du banc. Finalement il y a l'aspect de la quantification des caractéristiques géométriques et des déplacements des figures sédimentaires majeures. Une attention particulière est également prêtée à l'analyse des structures sédimentaires internes développées dans les sables superficiels et aux relations entre les paramètres sédimentologiques comme la moyenne granulométrique et les caractéristiques morphologiques des figures sédimentaires.

c) l'interprétation du bâtis interne du Middelkerke Bank en rapport avec l'analyse des mécanismes de transport à long terme pendant le Holocène.

Finalement, l'approche fondamentale a pour but d'étudier les processus physiques, responsables de la resuspension des sédiments sableux à l'aide d'une instrumentation immergée comportant plusieurs systèmes de mesures.

Sept unités de recherche participent au projet. Leurs activités sont décrites dans la table 1.

Contractants/sous-contractants	Tâches principales	Techniques
Laboratoire de Géographie Physique, Université de Gand, Belgique	<ul style="list-style-type: none"> • Coordination du projet • Analyse volumétrique et morphologique du banc • Détermination des transits sédimentaires, détermination des déplacements des vagues de sable • Echantillonnage 	<ul style="list-style-type: none"> • Enregistrements bathymétriques successifs du banc • Sonar latéral • Benne Van Veen
Département de Géographie Université de Utrecht, Pays-Bas	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures hydrodynamiques, mesures de la charge en suspension • Analyse des structures sédimentaires internes 	<ul style="list-style-type: none"> • Trépied immergé à systèmes de mesure • Benne boxcore
Département de Géosciences Marines IFREMER, Brest, France	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographie sous-marine en détail • Analyse des structures fines internes 	<ul style="list-style-type: none"> • Sonar latéral • Subbottom profiling
<i>RCMG Université de Gand, Belgique</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Etude géologique du banc, analyse des grandes structures internes 	<ul style="list-style-type: none"> • Sismique à réflexion de haute résolution
Laboratoire de Sédimentologie et géochimie Université de Lille, France	<ul style="list-style-type: none"> • Etude des sédiments superficiels 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyses de laboratoire
Eurosense Bruxelles, Belgique	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse de l'impact d'une tempête sur le volume et la morphologie du banc • Préparation d'une carte bathymétrique détaillée du banc 	<ul style="list-style-type: none"> • Enregistrements bathymétriques avec hovercraft. • Compilation et digitalisation de données bathymétriques
School of Environmental Sciences University of East Anglia, G.B.	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures hydrodynamiques, mesures de charge en suspension 	<ul style="list-style-type: none"> • Trépied immergé (STABLE) à systèmes de mesures

Table 1 : Activités des partenaires dans le cadre du projet RESECUSED

Durant la première année du projet (juin 1990 - juin 1991), plusieurs campagnes en mer ont pu être effectuées. Nous sommes aujourd'hui en mesure de présenter quelques uns des résultats obtenus par les partenaires du projet RESECUSED.

II. LE MIDDELKERKE BANK

Le plateau continental belge (fig. 2) comprend un ensemble de grands bancs de sable dont la longueur dépasse souvent 25 km et la largeur 1 à 3 km et dont la hauteur relative au-dessus des fonds environnants atteint 10 à 30 m.

Les Bancs de Flandre représentent un groupe de bancs dont l'axe est orienté du SSO au NNE. Les bancs se situent dans un milieu macrotidal à forts courants de marée. La vitesse de surface atteint jusqu'à 2 noeuds lors des pointes de flot de vives eaux. Les Bancs de Flandre sont orientés en oblique par rapport à la direction des courants maximum (De Moor & Lanckneus, 1990).

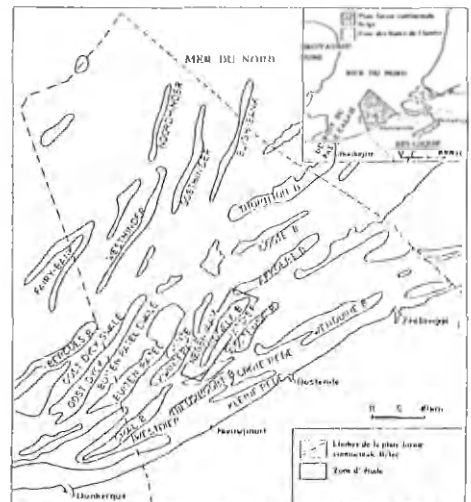


Fig. 2 : Localisation du Middelkerke Bank

Le Middelkerke Bank est le banc le plus oriental des Bancs de Flandre. Il a une longueur de 10 km et une largeur qui ne dépasse pas 1 km. L'axe principal du banc présente une orientation SO-NE. Le Middelkerke Bank domine vers l'est le chenal du Uuidiep, dont la profondeur atteint 19 m, vers l'ouest le chenal du Negenvaam, dont la profondeur varie de 20 à 22 m. Le fond des deux chenaux remonte nettement en direction de la côte. Comme la majorité des bancs tidaux, le Middelkerke Bank présente une asymétrie transversale avec un flanc occidental assez raide (valeur maximale de 5.0 %) et un flanc oriental à pente plus faible (1 à 2 %).

III. CARTOGRAPHIE DES FIGURES SEDIMENTAIRES

1. Enregistrement des sonogrammes

La cartographie (De Moor & Lanckneus, 1988) se fait à partir d'enregistrements au sonar à balayage latéral KLEIN. Simultanément, des profils bathymétriques sont enregistrés à l'aide d'un échosondeur hydrographique DESO XX. Une vitesse de 4 noeuds est maintenue durant les enregistrements. La navigation et le positionnement se font à l'aide du système Syledis.

2. Les transits sédimentaires

L'étude des transits sédimentaires a été basée sur la cartographie des formes de courant. Une telle analyse peut se faire en s'appuyant soit sur les vagues de sable, soit sur les mégarides (Lanckneus et al., 1989). Les mégarides ont été choisis pour cette tâche. En effet, les sonogrammes montrent une orientation de leurs crêtes perpendiculaires à la direction du courant de pointe de flot en surface. De plus, les sonogrammes montrent que la direction et la polarité des mégarides se conservent pendant plusieurs périodes d'inversion de marée.

Durant la durée du projet RESECUSED, quatre enregistrements se feront le long des profils de référence qui se situent à 1 mille de distance. La comparaison de ces sonogrammes doit permettre d'évaluer l'évolution des transits sédimentaires.

Figure 3a montre les directions du transport résiduel de sable, déduite des sonogrammes enregistrés en octobre 1990 (fig. 3b). Ces résultats suggèrent une accumulation de sable à partir des chenaux adjacents. Le long du côté occidental du banc les sédiments en charge de fond sont soumis à un transport résiduel en direction du courant de flot; le long du côté oriental ce transport se fait en direction du courant de jusant. Sur les deux côtés les sédiments remontent les flancs du banc. Les extrémités septentrionales et méridionales du banc se caractérisent par un passage de sable par dessus le banc en direction du large qui paraît être la direction du flux de sédiment dominant. Ce modèle de cheminement résiduel a également été signalé sur quelques autres des Bancs de Flandre (De Moor, 1985).

3. Les vagues de sable

Un intérêt particulier est porté à la cartographie des vagues de sable du Middelkerke Bank. Une mosaïque du banc entier a été réalisée à partir de profils situés pour la plupart à 140 m de distance (fig. 4). La figure 5 représente les crêtes des vagues sableuses et leur asymétrie.

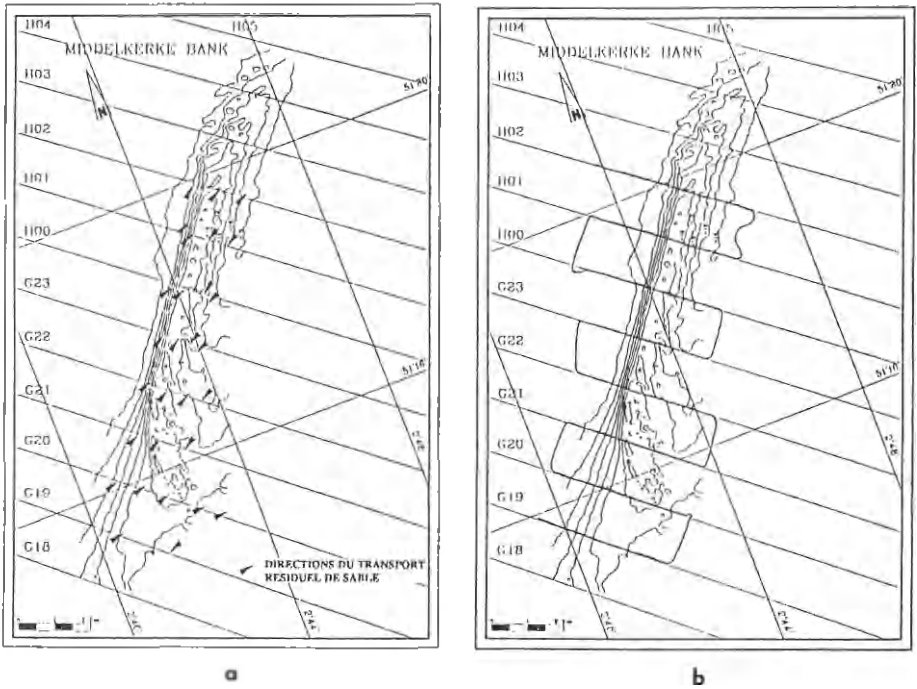


Fig. 3 : a) Les directions du transport résiduel de sable
b) Profils enregistrés en octobre 1990.

Les vagues de sable s'étendent en champs sur les flancs et sur le sommet du banc. Elles ne s'observent pas dans les deux chenaux adjacents. Les vagues de sable ont une longueur de plusieurs centaines de mètres, une largeur de plusieurs dizaines de mètres et une hauteur maximale de 3.5 m. Les longueurs d'onde se situent entre 50 et 200 m. L'orientation des crêtes est très uniforme et varie entre N-S et N 30°O, c'est-à-dire qu'elles se trouvent légèrement obliques à l'axe du banc. La plupart des crêtes sont rectilignes à sinueuses et quelques structures arquées se présentent dans la partie septentrionale du banc. Les vagues de sable sont le plus souvent asymétriques. Leurs faces raides sont aussi bien exposées à l'est comme à l'ouest et il ne semble pas avoir a priori une règle bien établie comme sur le banc voisin, le Kwintebank, où les faces raides sont le plus souvent orientées vers l'est sur le côté occidental et vers l'ouest sur le côté oriental du banc (Lanckneus & De Moor, 1990).

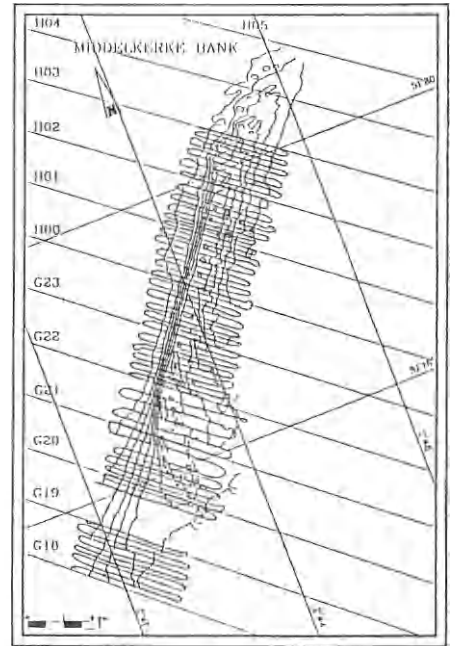


Fig. 4 : Sonogrammes enregistrés en mai 1990

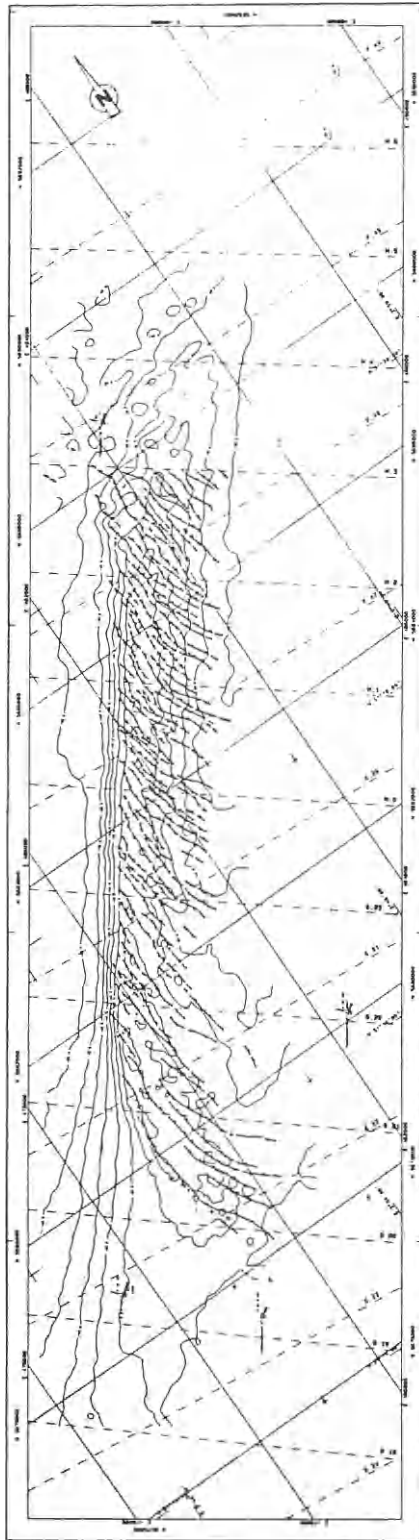


Fig. 5 : Les vagues de sable du Middelkerke Bank (cartographie basée sur des enregistrements réalisés en mai 1990).

IV. ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS

Elle a été menée sur 84 échantillons répartis sur l'ensemble du banc (fig. 6). Les sables prélevés ont fait l'objet de diverses analyses : granulométrie sur le sédiment brut et sur le sédiment décalcifié par tamisage à sec, calcimétrie par attaque acide, granulométrie de la fraction silto-argileuse ($< 63\mu\text{m}$) par compteur automatique à rayons X et détermination des minéraux argileux par diffraction des rayons X sur la fraction inférieure à $2\mu\text{m}$. Les données obtenues ont été traitées par des moyens informatiques afin de tirer les principaux caractères granulométriques et numériques des sédiments.

Les paramètres granulométriques, moyenne, classement et asymétrie de la courbe, sont la base d'une série de cartes d'isovaleurs qui illustrent le comportement des sédiments à la surface du banc. La figure 7a montre les valeurs du grain moyen calculé sur le sédiment brut selon la méthode de Folk & Ward (1957).

La distribution des valeurs indique que l'on est en présence d'une variété de sables allant des sables grossiers (valeur maximale de la moyenne : $884\mu\text{m}$) aux sables fins (valeur minimale : $175\mu\text{m}$). Le fait le plus remarquable est que les courbes d'égale moyenne granulométrique suivent bien les contours bathymétriques. Ainsi, les sédiments les plus grossiers se trouvent-ils au sommet du banc et les plus fins dans les zones les plus profondes: chenaux et partie Sud. La carte des moyennes pour les échantillons décalcifiés (fig. 7h) montre une répartition qui suit également les isobathes, indiquant que les deux paramètres de moyenne sont bien corrélés. Bien que les deux cartes présentent la même tendance, elles nous permettent d'avoir une idée sur la répartition du carbonate de calcium (CaCO_3) dans le sédiment.

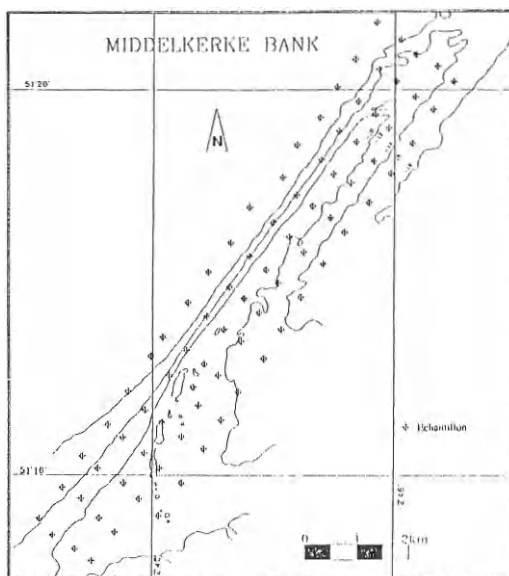


Fig. 6 : Les échantillons pris sur le Middelkerke Bank

Cette carte des valeurs des grains moyens montre que la répartition de la valeur maximale suit une ligne appelée crête granulométrique, qui, en comparaison avec le tracé de la crête topographique, est décalée de plus de 20 m vers le large (NW) dans la partie Nord et de près de 40 m vers la côte (SE) dans la partie Sud. La superposition exacte des deux lignes se faisant dans la partie centrale du banc.

Les teneurs en CaCO_3 mesurées avec le calcimètre de Bernard varient entre 8 et 47,5 %. La distribution suit à nouveau la forme générale du banc, avec une courbure à l'extrémité Sud. La corrélation entre la teneur en CaCO_3 et la forme du banc est cependant moins bonne que le grain moyen. En règle générale, les sédiments les plus grossiers du Nord sont

plus calcaires que les dépôts fins de la partie SW du banc. Le grain moyen et la teneur en CaCO_3 sont corrélés positivement.

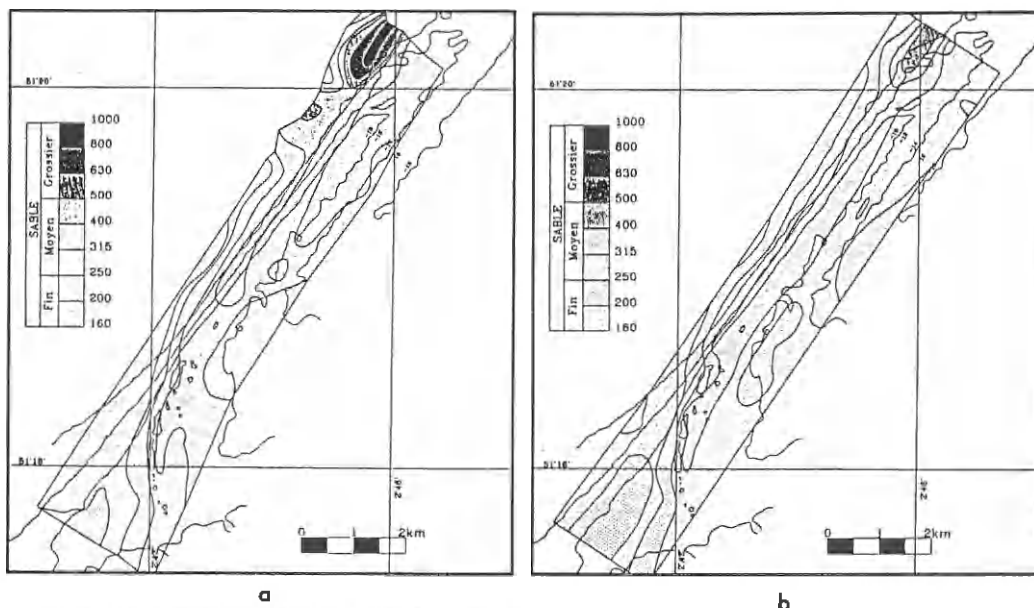


Fig. 7 : a) Grain moyen calculé sur le sédiment brut.
b) Grain moyen calculé sur le sédiment décalcifié.

Les mesures de granulométrie n'ont pas encore été toutes interprétées. En effet, il faut attendre les résultats d'une campagne d'échantillonnage qui a eu lieu en mai 1991. La comparaison des deux groupes de mesures associée à des relevés de courantométrie permettra de replacer les observations dans un cadre hydrodynamique bien défini. La différence de position entre les deux crêtes nous apporte déjà des enseignements. Ils tendent à accréditer la thèse selon laquelle il y a une circulation autour du banc dans le sens horaire (Houbolt, 1968), comme cela a d'ailleurs déjà été décrit pour certains des Bancs de Flandre à partir des méthodes sonar (De Moor, 1989). Cette hypothèse associée à des analyses de relations entre des classes de sédiment selon la méthode de Mc Laren & Bowles (1985) seront dans un futur proche comparées avec les données de sonar latéral à balayage entraînant une connaissance complète de la sédimentation de Middelkerke Bank.

Conjointement à l'analyse granulométrique, une étude de la fraction argileuse ($< 2 \mu\text{m}$) a été entreprise. Les principaux enseignements sont que l'assemblage argileux est tout à fait classique pour cet environnement et qu'il n'y a que de très faibles variations quantitatives dans cet assemblage. L'assemblage moyen est le suivant: illite 35 %, smectite 35 %, kaolinite 15 %, minéraux interstratifiés 10 %, chlorite 5 %

V. STRUCTURE INTERNE

1. Acquisition de données

La définition et la modélisation de la structure interne en trois dimensions du Middelkerke Bank ont été entreprises afin de reconstituer son évolution géologique à grande échelle.

L'acquisition des données a eu lieu en décembre 1990 et comprend 72 profils sismiques transversaux au banc, espacés d'une distance de 200 m, et 4 profils longitudinaux qui recoupent les profils transversaux. Un total de 350 km de profils sismiques à haute résolution a été enregistré sur le Middelkerke Bank et les chenaux adjacents (fig. 8).

Différentes sources d'énergie (boomer, sparker, canon à eau) ont été testées; la plus haute résolution et la meilleure qualité du signal ont été obtenues grâce à un sparker en peigne de type CENTRIPEDE, développé au RCMG. Un streamer, monocanal composé de 8 hydrophones GEOMECANIQUE et d'une longueur totale de 4.5 m, a été employé comme récepteur. Les données brutes, aussi bien digitales qu'analogiques ont été enregistrées sur un sismographe EG & G ES 2420 de GEOMETRICS et un enregistreur EPC 1600.

2. Interprétation stratigraphique sismique

Trois catégories de réflecteurs principaux sont distinguées dans le Middelkerke Bank : la discontinuité à la base des dépôts quaternaires, les réflecteurs quaternaires de premier ordre et les réflecteurs quaternaires internes ou de second ordre.

La discontinuité à la base des dépôts quaternaires, indiquée comme *tt1*, représente la limite érosive entre l'argile d'Ypres sous-jacente et les unités quaternaires supérieures, composées en majorité de sédiments sableux.

Les réflecteurs quaternaires de premier ordre peuvent être suivis sur des distances de plusieurs kilomètres. Ils représentent certaines étapes dans l'histoire de l'évolution du banc. Ils ont été identifiés dans un ordre chronologique de *qu1* à *qu7* :

- qu1* : représente une surface quasiment horizontale, observée uniquement dans la partie septentrionale de la zone d'étude, entre le Middelkerke Bank et le Oostende Bank, ou il couvre des paléochenaux.
- qu2* : est un réflecteur de forte amplitude. Il représente également une surface quasiment horizontale, couvrant des paléochenaux, et est présent dans la partie septentrionale du banc.
- qu3* : est un réflecteur irrégulier, qui se limite à la partie septentrionale du banc.
- qu4* : est un réflecteur de forte intensité, qui peut être observé aussi bien dans la partie méridionale du Middelkerke Bank que dans une grande partie de l'Oostende Bank.

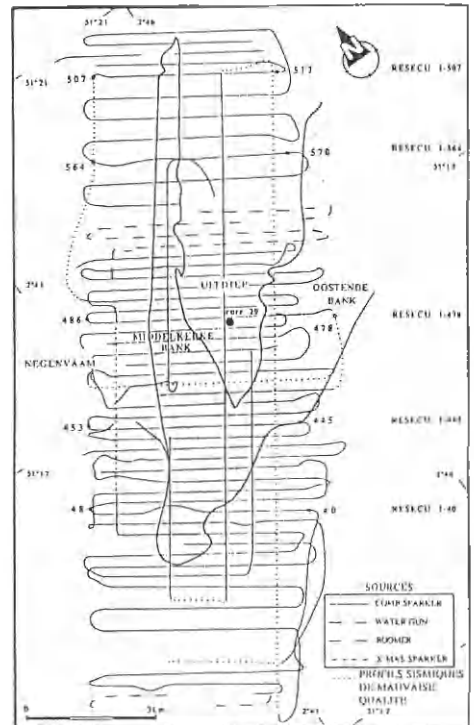


Fig. 8 : Profils sismiques à haute résolution enregistrés sur le Middelkerke Bank en décembre 1990