

Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion

Phase B : synthèse des données sur les Ateliers Potentiellement Exploitable

Partie 2 : analyse des données

Rapport final

BRGM/RP-53195-FR
octobre 2004

Ifremer



Biophysique et Dynamique des Systèmes Intégrés



Entretien des littoraux sableux par l'utilisation de dépôts sableux marins



SMNLR



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion

Phase B : synthèse des données sur les Ateliers Potentiellement Exploitable

Partie 2 : analyse des données

Rapport final

Ifremer



BRGM/RP-53195-FR
octobre 2004

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 03LITC06 et du projet BEACHMED
Convention n° 030220726-1-03/NB

**P. Guennoc, D. Idier, N. Lenôtre, N. Durand, C. Satra, J. Boyer,
C. Labaune, S. Berné, M. Tesson et B. Gensous**



Mots clés : Rechargement de plages, Hérault, Golfe du Lion, Plate-forme continentale, Dépôts sableux, Analyse.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Guennoc P., Idier D., Lenôtre N., Durand N., Satra C., Boyer J., Labaune C., Berné S., Tesson M. et Gensous B. (2004) – Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion. Phase B : synthèse des données sur les Ateliers Potentiellement Exploitable. Partie II : analyse des données. Programme INTERREG III-B MEDOCC – Projet BEACHMED. BRGM/RP-53195-FR, 117 p.

© BRGM, 2004, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre du programme européen INTERREG III-B MEDOCC, le projet BEACHMED a pour objectif l'étude de l'entretien des littoraux en érosion par rechargement à l'aide de sable prélevé en milieu marin. La contribution française au projet BEACHMED porte sur le Golfe du Lion et réunit plusieurs partenaires : le Conseil général de l'Hérault qui assure la maîtrise d'ouvrage, le BRGM (convention de recherche et développement partagés pour l'évaluation de stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion, du 20 novembre 2003), l'IFREMER, le laboratoire BDSI de l'Université de Perpignan et le Service Maritime et de Navigation du Languedoc-Roussillon. Dans la première phase du projet (phase A), chaque partenaire a produit un inventaire des données et des connaissances disponibles sur les différents thèmes dans son secteur d'étude, c'est-à-dire le Golfe du Lion pour la partie française.

La phase B est consacrée à la synthèse et à l'analyse des données disponibles sur deux zones ou Ateliers Potentiellement Exploitable (APE) sélectionnés en fonction des connaissances générales de la plate-forme relatives à l'existence possible de dépôts sableux. Une première partie, réalisée par l'IFREMER et le laboratoire BDSI de l'université de Perpignan (Satra et *al.*, 2004) avait pour but la synthèse des données existantes, tandis que ce rapport (deuxième partie) traite plus particulièrement des implications en terme de ressources en sable.

Dans ce rapport, pour chaque APE, sont examinées les données morpho-sédimentologiques, la nature des premiers mètres de sédiments (prélèvements par carottages ou bennes) et les données sismiques qui sont ensuite corrélées.

Pour l'APE Nord (Sud-Ouest de la pointe de l'Espiguette, profondeurs de 0 à 90 m), la synthèse et l'analyse de ces données existantes conduit à estimer la présence de dépôts sableux (fins à très fins) au niveau d'une étroite zone allongée sur 35 à 40 km, large de 3 à 4 km. Compte tenu des caractères acoustiques, la zone de sédiments sableux, le plus souvent décrits visuellement comme fins, a une extension de l'ordre de 100 à 150 km² et une épaisseur maximale de l'ordre de la dizaine de mètres (12 à 16 m d'après l'épaisseur de la zone à cliniformes).

Pour l'APE Sud (zone externe et rebord de la plate-forme, profondeur de plus de 90 m), une synthèse et une analyse détaillée des données dans ce secteur conduit à estimer que les ressources potentielles en sable concernent des dépôts sableux, décrits comme moyens à fins, pouvant atteindre une épaisseur moyenne de l'ordre d'une quinzaine de mètres d'épaisseur sur une superficie de l'ordre de 180 km², dans une zone à topographie localement accidentée et avec des fonds parfois indurés.

Sommaire

1. Introduction	11
1.1. OBJECTIFS DU PROJET BEACHMED	11
1.2. AVERTISSEMENT	12
2. Présentation générale de la plate-forme et des études existantes	13
2.1. DONNÉES DISPONIBLES.....	13
2.2. MORPHOSÉDIMENTOLOGIE DU GOLFE DU LION	14
2.3. GÉOMÉTRIE DES UNITÉS SUPERFICIELLES.....	16
2.4. SÉLECTION DES ATELIERS POTENTIELLEMENT EXPLOITABLES (APE) .	18
3. Analyse des données de l’APE Nord (APE1)	19
3.1. MORPHOSÉDIMENTOLOGIE.....	19
3.2. RESSOURCES POTENTIELLES EN SABLE D’APRÈS LES DONNÉES DE CAROTTAGE	21
3.2.1. Données disponibles	21
3.2.2. Méthode	21
3.2.3. Analyses et résultats	28
3.3. CORRÉLATIONS ENTRE CAROTTAGES ET FACIÈS ACOUSTIQUES	30
3.4. ÉPAISSEUR DES UNITÉS SISMIQUES SUPERFICIELLES ET ESTIMATION DES DÉPÔTS SABLEUX.....	39
4. Analyse des données de l’APE Sud (APE2)	43
4.1. MORPHOSÉDIMENTOLOGIE.....	43
4.2. RESSOURCES POTENTIELLES EN SABLE D’APRÈS LES DONNÉES DE CAROTTAGE	43
4.3. CORRÉLATION ENTRE CAROTTAGES ET FACIÈS ACOUSTIQUES.....	55

4.4. ÉPAISSEUR DES UNITÉS SISMIQUES SUPERFICIELLES ET ESTIMATION DES DÉPÔTS SABLEUX	55
5. Conclusion	57

Liste des figures

Fig. 1 - Carte bathymétrique générale et localisation des zones APE, d'après Carte IFREMER (Berné et al., 2002a).....	14
Fig. 2 - Synthèse sédimentologique d'Aloïsi (1986) à l'échelle 1/250 000 sur la plate-forme du Golfe du Lion (source IFREMER).....	15
Fig. 3 - Ligne sismique et coupe-temps montrant les limites et la structure interne de l'unité sismique post-glaciaire T3 (appelée U400 dans ce rapport), au Sud du Petit Rhône ; db : discontinuité. (Gensous et Tesson, 2003). L'unité sismique T3 est délimitée par les pointillés d'une part et la ligne basale db d'autre part.	17
Fig. 4 - Carte bathymétrique et lithologique de l'APE Nord (source : IFREMER et BDSI). Localisation des carottages et nature des sédiments – Localisation des coupes – Zones de gravier et débris coquillers (d'après la Carte géologique du Grau du Roi) – Eléments morphologiques linéaires (IFREMER).	20
Fig. 5 - Carte générale de l'APE Nord (a) et partie nord-ouest détaillée (b) montrant les distributions et l'épaisseur est des niveaux sableux rencontrés dans les carottages (droite des carottages en rouge), ainsi que la longueur L du carottage en bleu, à gauche de la tête de sondage. Les isobathes sont indiquées, tous les 2 m (bathymétrie : source IFREMER). A noter : seule la partie supérieure des carottes K90-11, K90-11bis, K90-12, K90-22, K90-23 et K90-24 a été analysée à ce jour. Cette analyse a été faite sur les premiers 1,5 m, sauf pour la carotte K90-23 où l'analyse a été faite sur 3,5 m. Sources de données de carottages : BDSI, CEFREM et IFREMER.	23
Fig. 6 - Coupe 1 au travers de l'APE Nord, suivant le profil sismique MD9107, et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 6 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 160.	24
Fig. 7 - Coupe 2 au travers de l'APE Nord, suivant le profil sismique MD9103, et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 3 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 114.	24
Fig. 8 - Coupe 3 au travers de l'APE Nord, suivant le profil sismique MD9102, et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 7 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 200.	25
Fig. 9 - Coupe 4 au travers de l'APE Nord et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 6 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 133.	25
Fig. 10 - Coupe 5-1 au travers de l'APE Nord et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 3 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 200.	26
Fig. 11 - Coupe 5-2 au travers de l'APE Nord et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 3 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 500.	26

Fig. 12 - Histogramme granulométrique des échantillons prélevés sur la carotte K90-20. (longueur = 3,6 m ; épaisseur de sable = 3,55 m) (médiane = 0,125 à 0,160 mm pour tous les échantillons).	27
Fig. 13 - Histogramme granulométrique de l'échantillon prélevé sur la carotte K90-19. (longueur analysée = 1 m ; épaisseur de sable = 0,15 m) (médiane = 0,100-0,125 mm).....	27
Fig. 14 - Profil sismique MD9107 (source : BDSI) dans la zone sableuse. Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.	31
Fig. 15 - Profil sismique MD9102 (source : BDSI) dans la zone sableuse. Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.	32
Fig. 16 - Profil Chirp STR93 (campagne STRATAFORM, IFREMER) issu de la 1 ^{ère} partie du rapport (fig. 17 de Satra et <i>al.</i> , 2004). Coordonnées des logs : Lambert 3 Sud.	33
Fig. 17 - Profil sismique MD9107 (source : BDSI) dans la zone vaseuse. Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.	35
Fig. 18 - Profil sismique MD9102 (source : BDSI) dans la zone vaseuse. Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.	36
Fig. 19 - Profil sismique MD9102 (source : BDSI) dans la zone sableuse. Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.	37
Fig. 20 - Réflectivité observée à partir des profils de sondeur à sédiments (BDSI) et isobathes. Données originales : Satra et <i>al.</i> (2004).	38
Fig. 21 - Carte d'estimation des stocks sableux, APE Nord. Isopaques de l'unité U400 - Extension de l'unité U500 - Localisation des fonds sableux – Localisation des carottages. Données originales : Satra et <i>al.</i> (2004).	40
Fig. 22 - Carte bathymétrique et lithologique de l'APE Sud (Satra et <i>al.</i> , 2004). Localisation des carottages et nature du sédiment au sommet. Localisation des coupes tracées sur les fig. 26 et 27.	44
Fig. 23 - Carte générale de l'APE Sud (a) et partie ouest détaillée (b) de distribution des carottages et épaisseur des niveaux sableux rencontrés traversés (en rouge) et longueur des carottages (en bleu). Isobathes indiquées tous les 50 m. Données originales : Satra et <i>al.</i> (2004).	45
Fig. 24 - Histogramme granulométrique des échantillons de la carotte 93C3b (longueur = 2,36 m ; épaisseur = 2,2 m) (médiane = 0,209 à 0,295 mm sur tous les échantillons).	47
Fig. 25 - Histogramme granulométrique des échantillons de la carotte MD99-2350 (longueur = 2,6 m ; épaisseur = 0,7 m) (médiane = 0,008 à 0,280 mm sur tous les échantillons).	47
Fig. 26 - Logs simplifiés de carottages le long d'une coupe N-S. Localisation : voir fig. 22. Agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 2. Bande de 6 km de large. Exagération verticale : 125.	48
Fig. 27 - Logs simplifiés de carottages le long d'une coupe NW-SE dans le secteur nord-ouest de l'APE Sud. Localisation : voir fig. 22. Agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 2. Bande de 3 km de large. Exagération verticale : 200.	48
Fig. 28 - Profil NW-SE, fig. 18 de (Satra et <i>al.</i> , 2004). Profil sismique BASAR1 1047 (IFREMER). Coordonnées des logs : Lambert 3 Sud.	49

Fig. 29 - Profil NW-SE, fig. 19 de (Satra et <i>al.</i> , 2004). Profil sismique BASAR 1016 (IFREMER)	51
Fig. 30 - Réflectivité observée à partir des profils de sondeur à sédiments (BDSI) et isobathes. Données originales : Satra et <i>al.</i> (2004).	53
Fig. 31 - Carte simplifiée d'isopaques de la zone à cliniformes (source BDSI - IFREMER) superposée à la carte lithologique et aux carottages disponibles. Données originales : Satra et <i>al.</i> (2004).	54
Fig. 32 - Localisation du site pilote dans l'APE Nord. Données originales : Satra et <i>al.</i> (2004).....	58
Fig. 33 - Localisation du site pilote dans l'APE Sud. Données originales : Satra et <i>al.</i> (2004).....	58

Liste des tableaux

Tableau 1 - Classification granulométrique adoptée par l'IFREMER pour les analyses granulométriques.....	12
Tableau 2 - Classification granulométrique adoptée par l'IFREMER pour la description visuelle des carottes.	12

Liste des annexes

Annexe 1 - Coupes et logs détaillés, APE Nord	63
Annexe 2 - Coupes et logs détaillés, APE Sud.....	87
Annexe 3 - Etude granulométrique, APE Nord	99
Annexe 4 - Etude granulométrique, APE Sud.....	107

Planches hors texte

Planche 1 – Synthèse, APE Nord

Planche 2 – Synthèse, APE Sud

1. Introduction

1.1. OBJECTIFS DU PROJET BEACHMED

En quelques décennies, le littoral héraultais a connu une évolution d'ampleur importante : urbanisation, aménagement portuaire, développement du tourisme, diminution des surfaces cultivées et des espaces naturels.

L'artificialisation et les aménagements du littoral ont contraint le fonctionnement du système naturel et modifié son équilibre. Parallèlement, l'impact du recul du trait de côte s'est accru du fait des enjeux socio-économiques croissants du littoral. La construction d'ouvrages de défense a minimisé ces impacts localement mais, en influant sur le fonctionnement naturel du système, a déplacé le problème sur d'autres portions du littoral. Les méthodes alternatives de gestion du littoral ont pour objectif de contrôler l'évolution du trait de côte en évitant de bouleverser le transit naturel des sédiments : le rechargement des plages en sable est l'une de ces méthodes.

Afin d'étudier ce mode d'intervention, le projet européen BEACHMED réunit des partenaires de quatre pays du pourtour méditerranéen autour d'un projet axé sur l'aspect méthodologique. Ce projet, inscrit au programme INTERREG III-B MEDOCC, est porté par la région Lazio (Italie) et a pour participants la Regione Liguria, la Regione Toscana et l'università degli studi di Firenze pour l'Italie, la Generalitat Valenciana pour l'Espagne, l'APAL (Agence pour la Protection et l'Aménagement du Littoral) pour la Tunisie, le Conseil Général de l'Hérault pour la France, ainsi que l'EUDA (European Dredging Association). Le Conseil Général de l'Hérault est maître d'ouvrage de la contribution française et s'appuie sur des partenaires associés : le BRGM (convention de partenariat BEACHMED, réf. : 030220726-1-03/NB), l'IFREMER, le laboratoire BDSI de l'Université de Perpignan et le SMNLR (Service Maritime et de Navigation du Languedoc-Roussillon).

Le projet BEACHMED est construit autour de 4 axes : besoins en sable et gestion des stocks, impacts environnementaux, recherche de stocks sableux sur la plate-forme continentale et technologies d'intervention. La première phase du projet (phase A) a permis de dresser un état de l'art autour de ces problématiques et chacun des partenaires européens a réalisé une synthèse des données et des connaissances disponibles sur son territoire afin de traiter ces 4 thèmes. C'est ce qui a été fait dans le rapport BRGM/RP-52777-FR pour le Golfe du Lion.

La phase B du projet est consacrée à la synthèse et à l'analyse des données disponibles sur deux zones ou Ateliers Potentiellement Exploitable (APE) sélectionnés en fonction des connaissances générales de la plate-forme relatives à l'existence possible de dépôts sableux.

Une première partie du rapport de phase B établie par IFREMER et le laboratoire BDSI (Université de Perpignan) est consacrée à la présentation des données rassemblées,

interprétées et compilées durant cette phase du projet notamment sous forme de cartes.

Le présent rapport présente la seconde partie du rapport de phase B effectuée par le BRGM, et consacrée à l'analyse des données en terme de ressources en sable. Les caractéristiques générales de la plate-forme et les données disponibles sont brièvement rappelées avant l'analyse et la synthèse des informations obtenues sur des ressources potentielles en sable dans les deux zones atelier.

1.2. AVERTISSEMENT

Toutes les cartes sont tracées en coordonnées géographiques WGS84 et les profondeurs sont indiquées en valeurs positives.

Pour les besoins de la présentation et de la discussion, certaines figures de la partie I du rapport phase B (Satra et *al.*, 2004) sont reprises dans cette partie II.

Enfin, nous rappelons la classification granulométrique généralement adoptée (tabl. 1). A partir de cette classification, la classification lithologique suivante (tabl. 2) a été adoptée par l'IFREMER pour la description visuelle des carottes.

Classe granulométrique	Taille de grain
Sables très grossiers	1 mm – 2 mm
Sables grossiers	0,5 mm - 1 mm
Sables moyens	0,25 mm – 0,5 mm
Sables fins	0,125 – 0,25 mm
Sables très fins	0,063 – 0,125 mm
Silts	0,004 mm – 0,063 mm
Argiles	< 0,004 mm

Tableau 1 - Classification granulométrique adoptée par l'IFREMER pour les analyses granulométriques.

Lithologie	Classe granulométrique
Galets	Galets
Graviers	Graviers
Sables grossiers	Sables grossiers à très grossiers
Sables moyens	Sables moyens
Sables très fins à fins	Sables très fins à fins
Silts / sables vaseux	Silts / Sables avec faible pourcentage de vases
Vases sableuses	Vases avec faible pourcentage de sables
Argiles	Fraction fine des argiles

Tableau 2 - Classification granulométrique adoptée par l'IFREMER pour la description visuelle des carottes.

2. Présentation générale de la plate-forme et des études existantes

2.1. DONNÉES DISPONIBLES

Comme l'a montré le rapport de phase A (Durand et *al.*, 2004), la plate-forme du Golfe du Lion a fait depuis plusieurs décennies l'objet de nombreux travaux de recherche académique portant en particulier sur la bathymétrie, la morphologie, et les dépôts superficiels.

Une synthèse d'ensemble des données de bathymétrie de la marge du Golfe du Lion a été récemment réalisée à partir de la compilation des mesures de sondes hydrographiques du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), sur la plate-forme, et des levés au sondeur bathymétriques multifaisceaux, sur la pente et le glacis. Cette synthèse est publiée sous la forme d'une cartographie au 1/100 000 (Berné et *al.*, 2002a).

Les premières phases de reconnaissance ont permis de mettre en lumière les principales caractéristiques sédimentologiques de la plate-forme et la géométrie générale des horizons superficiels. Des cartes sédimentologiques de synthèse à 1/250 000 ont été produites pour l'ensemble de la plate-forme et, pour certains secteurs côtiers, à 1/50 000 (cartes géologiques de la façade maritime).

Plus récemment de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude détaillée des unités quaternaires de la plate-forme, et en particulier sur la plate-forme externe et sur le talus continental. Les objectifs étaient de reconstituer les modèles de génèse des réservoirs sableux et la construction de la plate-forme lors des variations du niveau marin au cours du Quaternaire supérieur. Ces recherches ont permis d'acquérir un très grand nombre de profils de sismique réflexion à haute résolution (source étinceleur ou « sparker », pénétrant de plusieurs dizaines à centaines de mètres dans la couche de sédiment, avec une résolution verticale de l'ordre de quelques mètres), de sondeur à sédiments (« mud-penetrator » ou 2,5 kHz, pénétrant de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, avec une résolution verticale de l'ordre de quelques décimètres) et des carottages ciblés pour la datation des unités sismiques.

L'ensemble de ces données anciennes ou récentes représente plusieurs milliers de kilomètres de sismique réflexion haute résolution et plus de 100 carottages. Les carottes sont issues des bases de données de l'IFREMER et du BDSI (cf. fig. 4 et fig. 22). Les produits issus de l'interprétation de ces données (cartes d'horizons, d'unités...) et les diverses cartes de synthèse forment la base des données analysées dans le cadre du projet BEACHMED sur les zones ateliers sélectionnées.

2.2. MORPHOSÉDIMENTOLOGIE DU GOLFE DU LION

La large plate-forme du Golfe du Lion (fig. 1) est bordée sur sa majeure partie par des côtes basses, sauf au Sud (côte rocheuse des Albères). Cette plate-forme continentale a une largeur maximale d'environ 65 km (axe NW-SE en partant de Frontignan) et une largeur minimale d'environ 15 km au Sud-Est et au Nord-Est du golfe. La physiographie de cette plate-forme (Berné et *al.*, 2002a ; Tesson et *al.*, 1998) est caractérisée par une pente très faible (0,15 à 0,5°), mais assez régulière entre la côte et l'isobathe de 90 m. La partie centrale de la plate-forme du Golfe du Lion représente une zone en replat ou en cuvette, entre 90 et 100 m de profondeur. Au-delà des 110 m, les pentes deviennent plus importantes, amorçant le talus qui est profondément entaillé par plusieurs têtes de canyon.

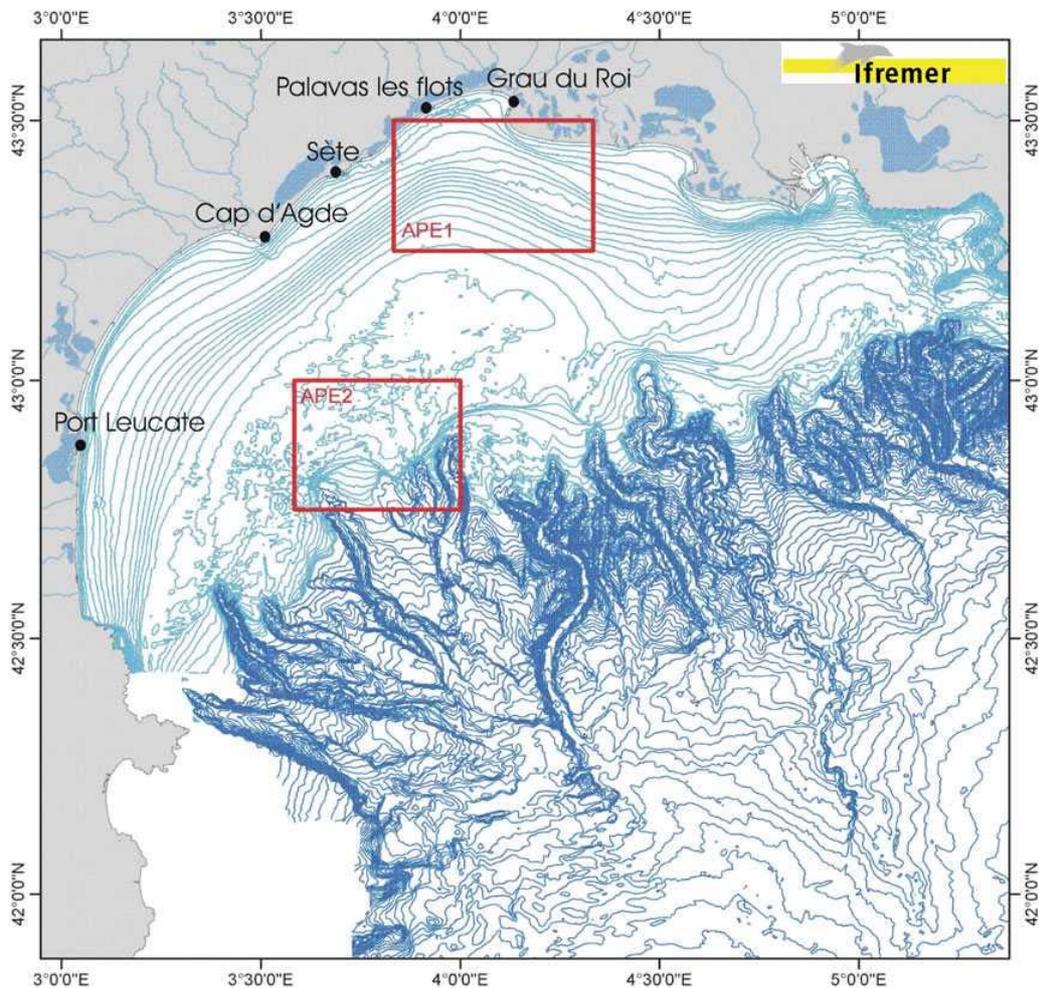


Fig. 1 - Carte bathymétrique générale et localisation des zones APE, d'après Carte IFREMER (Berné et al., 2002a).

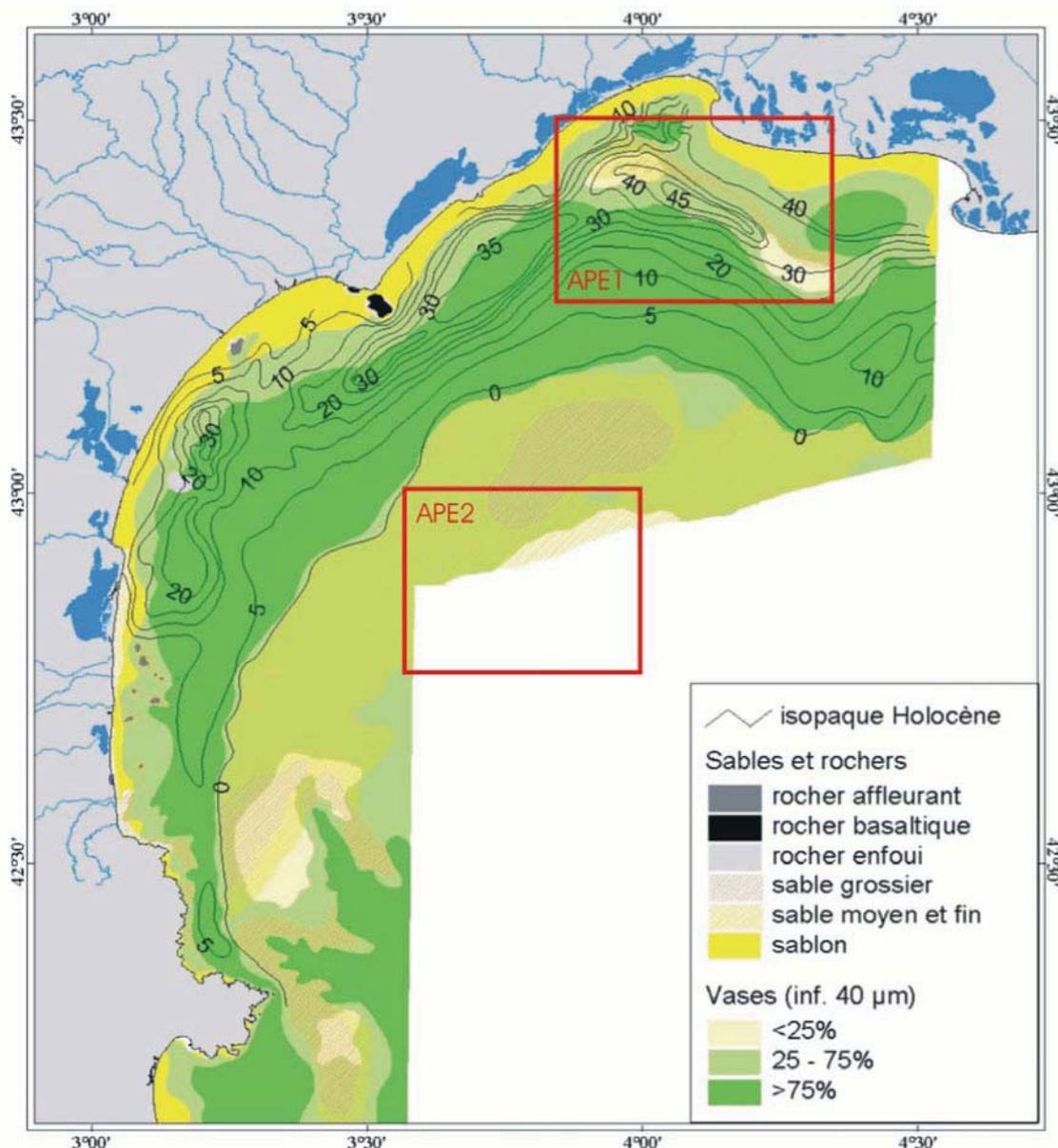


Fig. 2 - Synthèse sédimentologique d'Aloisi (1986) à l'échelle 1/250 000 sur la plate-forme du Golfe du Lion (source IFREMER).

Des reliefs résiduels nombreux sont nettement visibles dans la morphologie de la partie externe de la plate-forme en bordure du talus continental (SW, APE Sud, fig. 1). Ils ont des formes rectilignes en échelon (anciennes dunes) ou sont plus sinueux et isolés (anciens cordons littoraux).

Les cartes sédimentologiques de la plate-forme du Golfe du Lion établies à partir de prélèvements de surface et de carottages (fig. 2) (Aloïsi, 1973a ; Aloïsi et *al.*, 1975 ; Aloïsi, 1986) montrent la nette différenciation de la sédimentation en plusieurs secteurs, depuis la côte vers le large :

- le secteur littoral (profondeur inférieure à 15 m) est caractérisé par la présence d'un « cordon sableux littoral pratiquement continu s'appuyant sur des caps et îlots rocheux et qui a isolé de nombreuses lagunes après le maximum transgressif ». Les dépôts sableux de la bande côtière sont siliceux et calcaires, constitués de sables fins à très fins, localement de dépôts plus grossiers, coquilliers. Dans certains secteurs côtiers languedociens (Port Leucate, Agde) des « zones rocheuses » affleurantes ou sub-affleurantes sont constituées de grès de plage et de calcaires. Dans d'autres zones, abritées ou au droit de fleuves côtiers, une sédimentation pélitique (i.e. silto-vaseuse) s'est mise en place au niveau de « pro-deltas » (ex. : Aude) (Aloïsi et Monaco, 1975) ;
- dans le secteur infralittoral (profondeur comprise entre 15 et 50-60 m), les sédiments deviennent de plus en plus fins du fait d'un recouvrement pélitique issu principalement des apports du Rhône depuis le dernier haut niveau marin. Les pourcentages de pélites passent progressivement à 25, 50 puis de 75 % à 90 % dans le sédiment superficiel. Quelques zones allongées de sédiments plus grossiers ont néanmoins été repérées entre les Saintes-Maries-de-la-Mer et Palavas ;
- vers le large (profondeur supérieure à 50-60 m), dans la partie centrale (secteur « circalittoral »), les sédiments plus grossiers prédominent au niveau des reliefs résiduels mais ils peuvent aussi être recouverts localement ou remaniés au sein d'une couverture pélitique récente. Plus au large, sur la partie externe de la plate-forme, la nature des sédiments superficiels a fait l'objet d'une cartographie spécifique (Tesson et *al.*, 2000). Les dépôts sableux (localement indurés), fins à grossiers, prédominent au niveau des reliefs résiduels. Sur le rebord de la plate-forme ils passent à des silts puis aux vases sur le haut du talus continental.

2.3. GÉOMÉTRIE DES UNITÉS SUPERFICIELLES

L'étude de la géométrie des unités quaternaires a fait l'objet de nombreuses recherches récentes qui se poursuivent actuellement.

À l'instar des premières études, elles ont permis de mettre en évidence la géométrie générale du prisme « post-glaciaire » recouvrant une large partie de la plate-forme interne du Golfe du Lion (Aloïsi et *al.*, 1975 ; Gensous, 1995 ; Gensous et Tesson, 1997, 2003). Ce prisme représente une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres de sédiments récents, atteignant un maximum de 35 à 45 m environ au niveau de l'isobathe 45 m (fig. 2). Cet ensemble est recouvert par d'autres unités plus récentes au niveau du delta actuel du Rhône (Gensous et Tesson, 2003), comme les unités appelées U400 et U500 (fig. 3) dans la zone nord du Golfe du Lion (Sud de la pointe de l'Espiguette) (Labaune et *al.*, soumis). L'étude des faciès acoustiques par sismique très haute résolution et des carottages ciblés a permis de distinguer les différentes unités (par exemple U400 et U500) au sein de ce recouvrement post-glaciaire, unités qui se sont constituées au fur et à mesure de la remontée du niveau marin (ensemble

transgressif et rétrogradant). Au sein de ces unités, les réflecteurs obliques (clinoformes) pentés vers le large ou vers la côte témoignent de dépôts à plus haute énergie (« plus sableux »). Ils passent, dans la partie aval à des réflecteurs parallèles et réguliers interprétés comme des dépôts plus fins, silteux ou pélitiques.

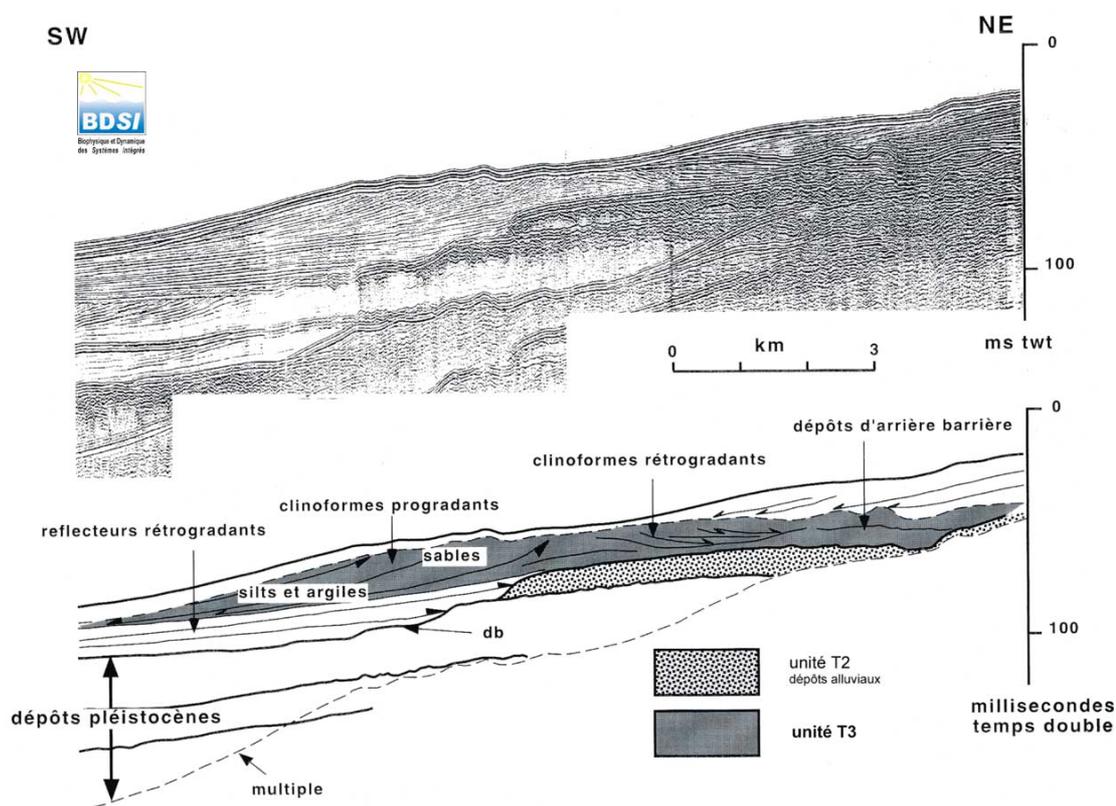


Fig. 3 - Ligne sismique et coupe-temps montrant les limites et la structure interne de l'unité sismique post-glaciaire T3 (appelée U400 dans ce rapport), au Sud du Petit Rhône ; db : discontinuité. (Gensous et Tesson, 2003). L'unité sismique T3 est délimitée par les pointillés d'une part et la ligne basale db d'autre part.

La plate-forme externe du Golfe du Lion a fait l'objet de très nombreuses recherches récentes, du fait de la préservation d'un certain nombre d'unités formées lors des variations du niveau marin au Quaternaire (Tesson, 1996 ; Chihi, 1997 ; Tesson et Gensous, 1998 ; Chihi et al., 2000 ; Lobo-Sanchez, 2000 ; Rabineau et al., 1998 ; Rabineau, 2001 ; Lobo-Sanchez et al., accepté).

Le secteur occidental de la plate-forme externe, au niveau des canyons Bourcart (APE Sud) et de l'Hérault, plus particulièrement favorable, a fait ainsi l'objet de reconnaissances très détaillées menées par IFREMER, tandis qu'un maillage quasi systématique mais plus large de profils de sismique réflexion a été acquis par l'Université de Perpignan (BDSI, GD Argo) sur l'ensemble de la plate-forme. L'unité

sismique supérieure forme un prisme sédimentaire en bordure de plate-forme qui se biseaute vers le domaine central. Le faciès acoustique et la géométrie des réflecteurs obliques et tangentiels de cette unité progradante, constituée pour une large part de sédiments assez grossiers, témoignent de milieux à moyenne énergie.

2.4. SÉLECTION DES ATELIERS POTENTIELLEMENT EXPLOITABLES (APE)

En fonction des caractéristiques générales de la plate-forme (physiographie, sédimentologie, unités superficielles) et des données disponibles, deux zones ont été sélectionnées comme Ateliers Potentiellement Exploitable pour la phase B du projet BEACHMED et l'inventaire de ressources potentielles en matériaux sableux (fig. 1). Le choix de ces ateliers s'est fait à partir de la connaissance existante des zones potentiellement sableuses, basée sur les données morpho-bathymétriques et sédimentologiques, ainsi que sur les données sismiques permettant de déterminer la géométrie des unités superficielles. Les deux ateliers choisis présentent les caractéristiques suivantes :

- l'APE 1 ou APE Nord (fig. 1) s'étend de 3°50'E à 4°20'E et de 43°15'N à 43°30'N sur une superficie de 1120 km² (40 x 28 km) depuis la côte, au niveau de la pointe de l'Espiguette au Nord-Est, jusqu'au fond de 90 m de profondeur au Sud. La sélection de cette zone est basée sur la présence d'une zone de dépôts sableux observés dans le domaine infralittoral. Cette zone potentielle de ressources en sables serait constituée de sédiments reliques situés actuellement à des profondeurs de 40 à 50 m. Ils correspondraient à un ancien cordon littoral formé durant un stationnement du niveau de la mer (Aloïsi et *al.*, 1975). Cette zone est également relativement isolée du domaine d'avant côte *sensu stricto*, tout en étant géographiquement proche (une quinzaine de kilomètres) du littoral de l'Hérault ;
- l'APE 2 ou APE Sud (fig. 1), s'étend de 3°35'E à 4°00'E et de 42°45'N à 43°00'N sur une superficie de 990 km² (34 x 29 km). Il correspond au secteur externe de la plate-forme et englobe dans sa partie sud-est la partie supérieure du talus continental où se situent plusieurs têtes de canyon. En raison des contraintes d'extraction de sable (profondeur faible à modérée), la zone d'intérêt du projet BEACHMED est limitée à la profondeur de 140 m. Dans cette zone, les formations reliques en partie sableuses, qui ont été repérées, sont clairement isolées des processus d'actions de houle et de transfert de sédiments vers la côte. Ce secteur se situe aux profondeurs les plus importantes de la plate-forme (90 à 110 m) et à 45 à 50 km des secteurs du littoral susceptibles de faire l'objet de rechargements.

L'analyse des données synthétisées dans les deux secteurs comprend un examen des caractéristiques des traits morphologiques et de la nature des sédiments superficiels afin de préciser la distribution en surface des dépôts sableux. Ensuite l'analyse de la nature des sédiments dans les premiers mètres et de leur variabilité est examinée à partir des carottages. Ces carottages sont ensuite confrontés aux faciès acoustiques des profils de sondeur à sédiments et de sismique réflexion. Ces comparaisons visent à permettre une estimation de la distribution latérale et en profondeur de ressources potentielles en sable.

3. Analyse des données de l’APE Nord (APE1)

Une carte de synthèse (pl. 1) des données utiles pour l’estimation des stocks sableux disponibles dans l’APE Nord est présentée hors texte et comporte la bathymétrie, la lithologie de surface, les carottages et les épaisseurs de sable associées, ainsi que les isopaques de l’unité sismique U400.

3.1. MORPHOSÉDIMENTOLOGIE

La morphologie de l’APE Nord est caractérisée par une pente régulière depuis la côte vers le large et par une forme générale en arc depuis les profondeurs de 25 m au débouché du golfe d’Aigues-Mortes jusqu’à l’extrémité sud de la zone centrale au niveau des fonds de 90 m de profondeur (fig. 4).

À l’exception du débouché du golfe d’Aigues Mortes, où la pente est très faible et d’un escarpement côtier à l’Ouest, les isobathes très régulières traduisent une morphologie douce et très aplanie. Le seul secteur à morphologie complexe perturbée forme une bande de 3,5 km de large et de 20 km de long au maximum entre les isobathes 32 et 48 m au centre de la zone et jusqu’à 58 m au Sud-Est (fig. 4). Les levés au sondeur bathymétrique multifaisceaux et l’imagerie acoustique issue de ces levés ont mis en évidence qu’il s’agit de dunes montrant au moins deux directions d’allongement : une orientée N-S, l’autre orientée NW-SE (Satra *et al.*, 2004).

La carte lithologique de synthèse, établie à partir de la carte géologique du pré-continent languedocien (Aloïsi, 1973a) et de la nature des têtes de sondages disponibles, montre le passage de la zone des sables fins de la frange littorale aux sédiments vaseux vers 20 m de profondeur et surtout la présence d’une zone de sédiments superficiels plus sableux, allongée WNW-ESE, qui englobe la zone de dunes décrite ci-dessus. Cette zone de sédiments plus grossiers contiendrait également une proportion de teneur en pélites qui apparaît variable en fonction des documents de synthèse réalisés à diverses échelles : 25 à 75 % (Aloïsi, 1973b), 0 à 25 % (Aloïsi *et al.*, 1976) (fig. 4), ou de 50 à 75 % d’après les faciès de vases silteuses représentées sur la carte géologique à 1/50 000 Grau-du-Roi (BRGM, carte géologique n° 1017, ISBN 2-7159-2017-2). Sur cette dernière carte, les faciès de vases silteuses prédomineraient, mais les quelques prélèvements signalés dans ce secteur ne concernent que des faciès de sables vaseux ou sables fins.

L’analyse des faciès de sédiments présents au sommet des carottages dans ce secteur confirme qu’ils sont pour l’essentiel sableux, des sables moyens étant localement signalés (ex. 72CLK48, 73CLK34 – ann. 1). Des zones de sédiments reliques à granules (petits graviers), graviers et galets, ainsi que des accumulations de coquilles (thanatocénoses), sont présentées sur la feuille du Grau-du-Roi (fig. 4). Au Nord-Ouest, cette zone « sableuse » se poursuit vers le débouché du golfe d’Aigues-Mortes et, d’après les indications de carottages au niveau de l’émissaire de Palavas, pourrait être très proche des faciès de sable fin à très fin de la zone littorale (exemple à Palavas, fig. 4).

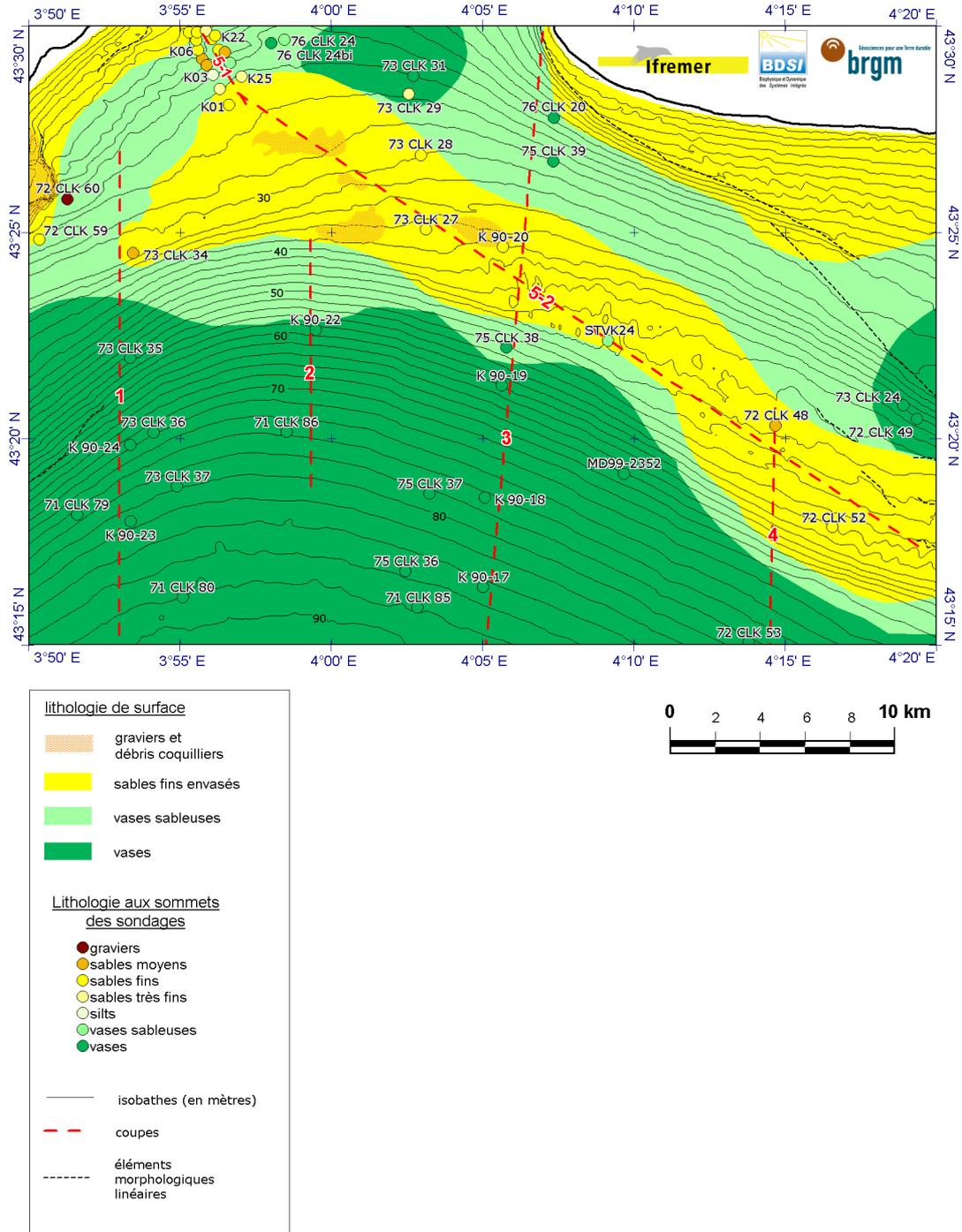


Fig. 4 - Carte bathymétrique et lithologique de l'APE Nord (source : IFREMER et BDSI). Localisation des carottages et nature des sédiments – Localisation des coupes – Zones de gravier et débris coquilliers (d'après la Carte géologique du Grau du Roi) – Eléments morphologiques linéaires (IFREMER).

Vers le large, la sédimentation pélitique est largement présente sur la partie sud de l'APE, à partir de 60 à 70 m de profondeur au Sud-Est, et de 40 à 50 m de profondeur au Nord-Ouest, et jusqu'aux fonds de 90 m.

En conclusion, la nature des sédiments superficiels, et pour partie la morphologie, montrent l'existence d'une zone allongée d'orientation NW-SE, de 35-40 km de long et de 3 à 4 km de large, de sédiments plus grossiers par rapport aux fonds vaseux environnants. Le sédiment de surface serait constitué surtout de sable fin ou de sable vaseux, avec des zones localisées de graviers, de débris coquilliers et de sable moyen. Cette zone se situe à des profondeurs plus importantes au Sud-Est (de 35 à 60 m) qu'au Nord-Ouest (de 25 à 40 m environ). Le sédiment semble aussi plus grossier dans le secteur nord-ouest. La fraction pélitique relevée d'après les cartes de distribution est plus ou moins importante et pourrait varier entre 25 et 75 %.

3.2. RESSOURCES POTENTIELLES EN SABLE D'APRÈS LES DONNÉES DE CAROTTAGE

3.2.1. Données disponibles

Les carottages disponibles dans la zone sont au nombre de 37 et proviennent, pour l'essentiel, des travaux réalisés par le BDSI dans les années 70 puis dans les années 90. Des carottages sont répertoriés dans la Banque de géologie marine sur ce secteur notamment au niveau de l'émissaire de Palavas. Quelques carottages ont également été réalisés par IFREMER dont en particulier le carottage le plus long (MD99-2352, L = 15,42 m, fig. 4), celui-ci étant dans la zone des sédiments pélitiques.

Des logs¹ synthétiques homogènes ont été réalisés par le BRGM pour l'ensemble des carottages, à partir des logs établis eux-mêmes d'après des descriptions visuelles et parfois de quelques analyses granulométriques. Il est à noter que peu d'analyses granulométriques (7 carottes analysées – Ann. 3) sont disponibles, notamment pour l'ensemble des carottes les plus longues (L = 5 à 10 m) recueillies dans les années 70 (missions sur navire Catherine-Laurence, carottes CLK). De ce fait, malgré une densité relativement bonne de carottages dans le secteur, une analyse détaillée de la distribution granulométrique des dépôts sableux ne peut donc pas être réalisée. Sur les logs tracés, la distinction entre les différentes classes granulométriques (sable fin, sable moyen, ...) est donc le plus souvent issue d'une estimation visuelle.

3.2.2. Méthode

L'examen de la nature des sédiments meubles d'après les carottages est réalisé le long de profils et coupes établies après numérisation et homogénéisation de

¹ Log : visualisation verticale d'une carotte.

l'ensemble des carottages à l'aide du logiciel GDM². La totalité des logs est présentée dans la partie I du rapport de phase B (Satra et *al.*, 2004). Seuls sont présentés en annexe (1 et 2, respectivement pour les APE Nord et Sud) les logs utilisés dans le présent rapport.

Une base de données « carottes » homogène et facilement actualisable a ainsi été établie pour l'ensemble des deux APE.

À partir des logs numérisés, une carte schématique a été établie présentant les épaisseurs de sable rencontrées dans les carottages (fig. 5). L'importance de cette épaisseur doit être analysée en fonction de la longueur de la carotte. En effet, l'épaisseur de sable observée à partir de ces carottes est une épaisseur minimale et ne permet pas de présager de l'épaisseur totale de la formation sableuse (qui sera supérieure ou égale à l'épaisseur de sable donnée par les carottes).

Quatre coupes (sensiblement N-S), transverses au corps sédimentaire, et une coupe longitudinale (WNW-ESE) (fig. 4) ont été réalisées au travers de la zone. Ces coupes passent par les principaux alignements de carottages et, pour certaines, sur des profils de sondeur à sédiments (fig. 6 à 11), afin de permettre une analyse corrélée des carottages et des profils sismiques. La méthode de tracé de ces coupes est la suivante :

- 1 On définit le profil selon lequel tracer la coupe (ex. : profil de la coupe 1, fig. 4).
- 2 On définit une bande de part et d'autre de ce profil telle que tous les logs positionnés dans cette bande seront utilisés pour la coupe. La largeur de cette bande est fonction de la nature de sédiments, de la densité de carottages et de la variabilité bathymétrique de la zone. Dans le présent rapport, cette bande varie de 3 à 6 km (ex. : bande de 6 km définie pour la Coupe 1, fig. 6).
- 3 Les logs des carottages sont projetés perpendiculairement sur la coupe sélectionnée (ex. : Coupe 1, fig. 6).
- 4 Enfin, le profil bathymétrique suivant chaque coupe est défini à partir de la bathymétrie présentée sur la fig. 6.

Notons que, de par cette méthode, la cote de la tête des logs ne correspond pas toujours à la profondeur donnée par le profil bathymétrique de la coupe (puisque les logs sont projetés). Par exemple, la carotte 72CLK60 est située à une profondeur de 12 m, tandis que la bathymétrie à partir du profil bathymétrique suivant la Coupe 1 (fig. 6) donne une profondeur d'environ 27 m. Sur ces coupes, la longueur de chaque log est à l'échelle verticale de la coupe bathymétrique. Des agrandissements de ces coupes et les logs de carottages correspondant, avec leur description lithologique, sont présentés en annexe (1 et 2, respectivement pour les APE Nord et Sud).

² GDM (Geological Data Management) est un logiciel développé et commercialisé par le BRGM. Il permet de gérer des données (carottages, profils, ...), de produire des documents graphiques et d'interpoler et modéliser des données en 3D.

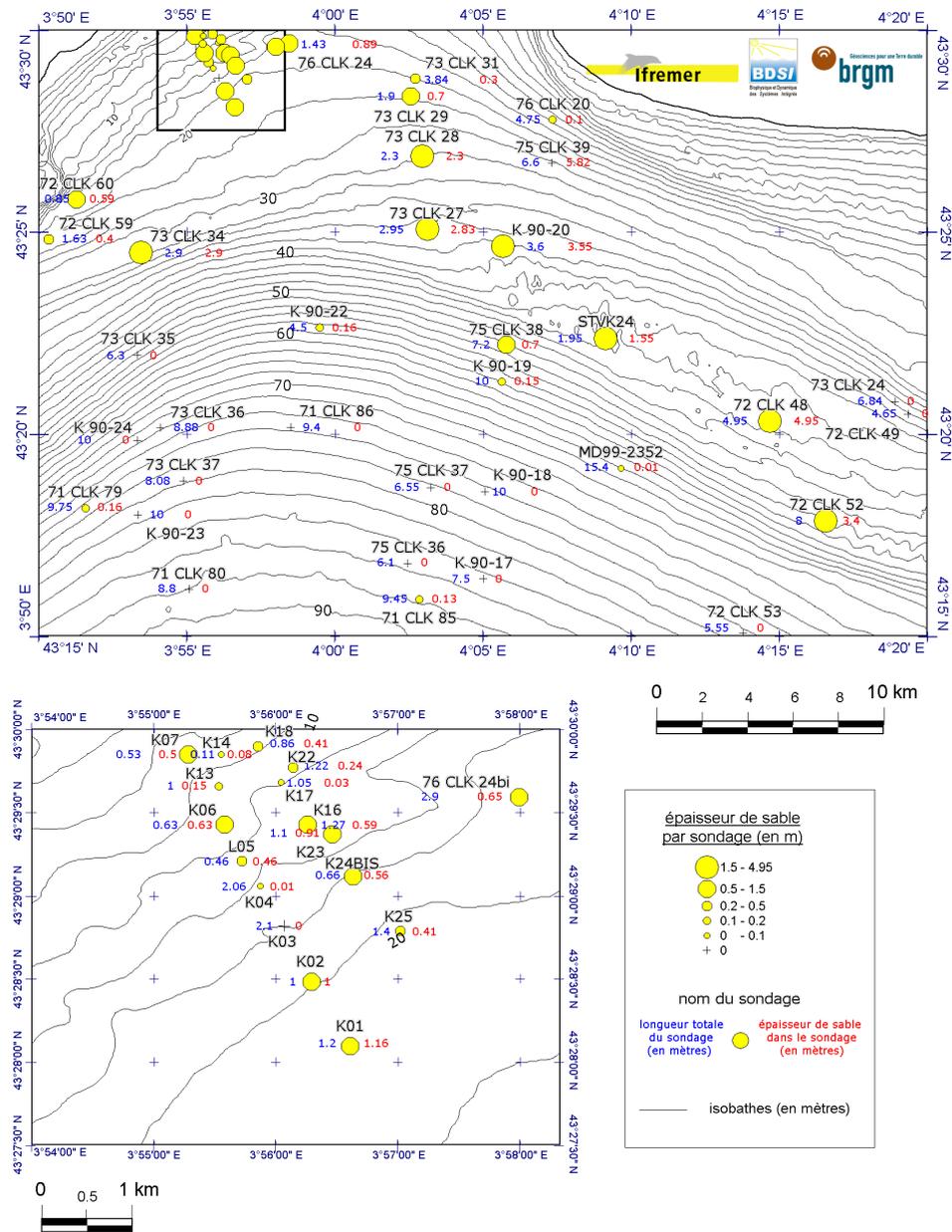


Fig. 5 - Carte générale de l'APE Nord (a) et partie nord-ouest détaillée (b) montrant les distributions et l'épaisseur des niveaux sableux rencontrés dans les carottages (droite des carottages en rouge), ainsi que la longueur L du carottage en bleu, à gauche de la tête de sondage. Les isobathes sont indiquées, tous les 2 m (bathymétrie : source IFREMER). A noter : seule la partie supérieure des carottes K90-11, K90-11bis, K90-12, K90-22, K90-23 et K90-24 a été analysée à ce jour. Cette analyse a été faite sur les premiers 1,5 m, sauf pour la carotte K90-23 où l'analyse a été faite sur 3,5 m. Sources de données de carottages : BDSI, CEFREM et IFREMER.

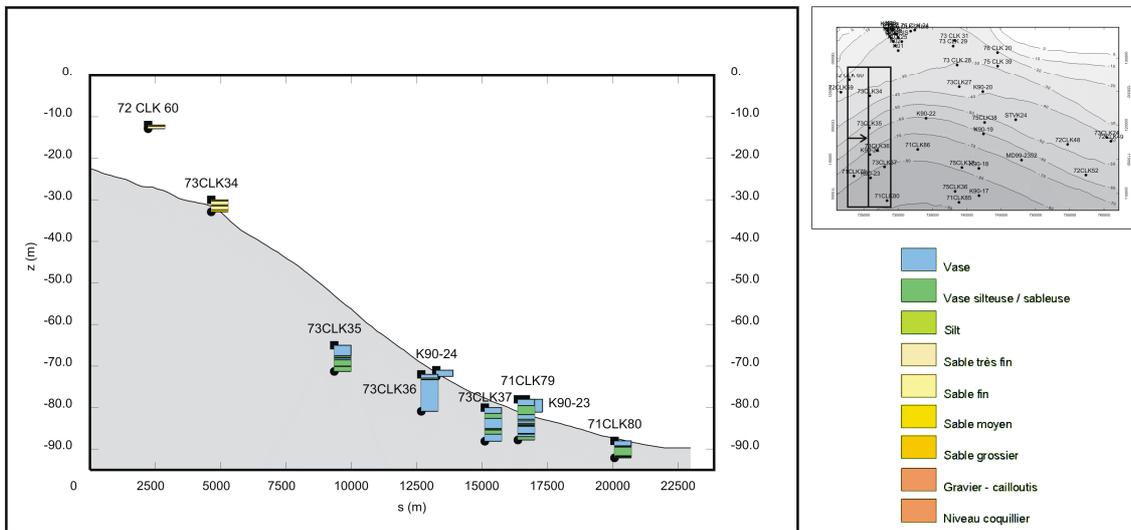


Fig. 6 - Coupe 1 au travers de l’APE Nord, suivant le profil sismique MD9107, et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 6 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 160.

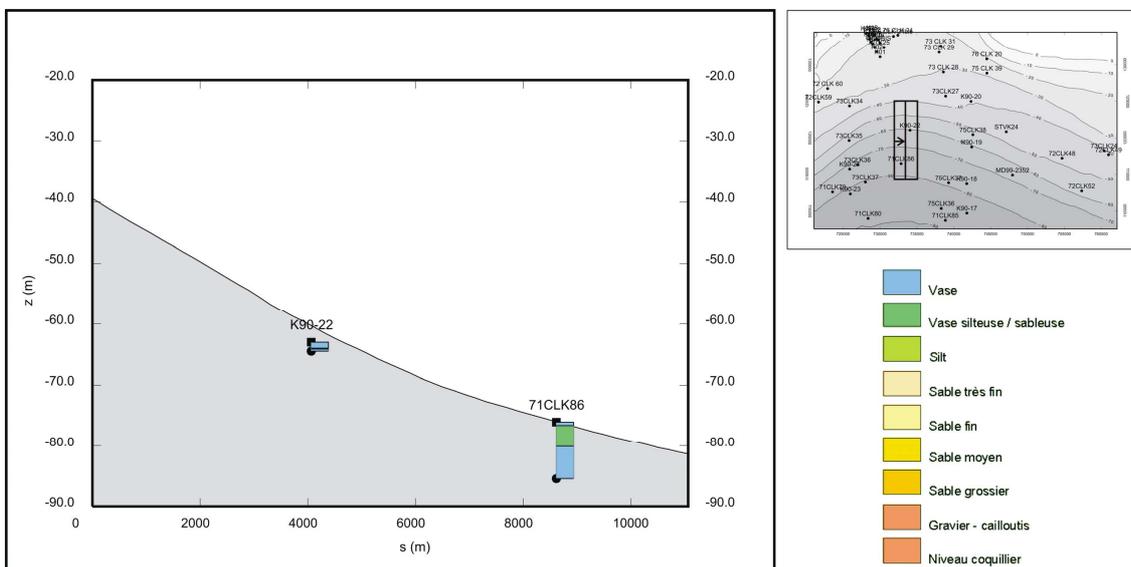


Fig. 7 - Coupe 2 au travers de l’APE Nord, suivant le profil sismique MD9103, et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 3 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 114.

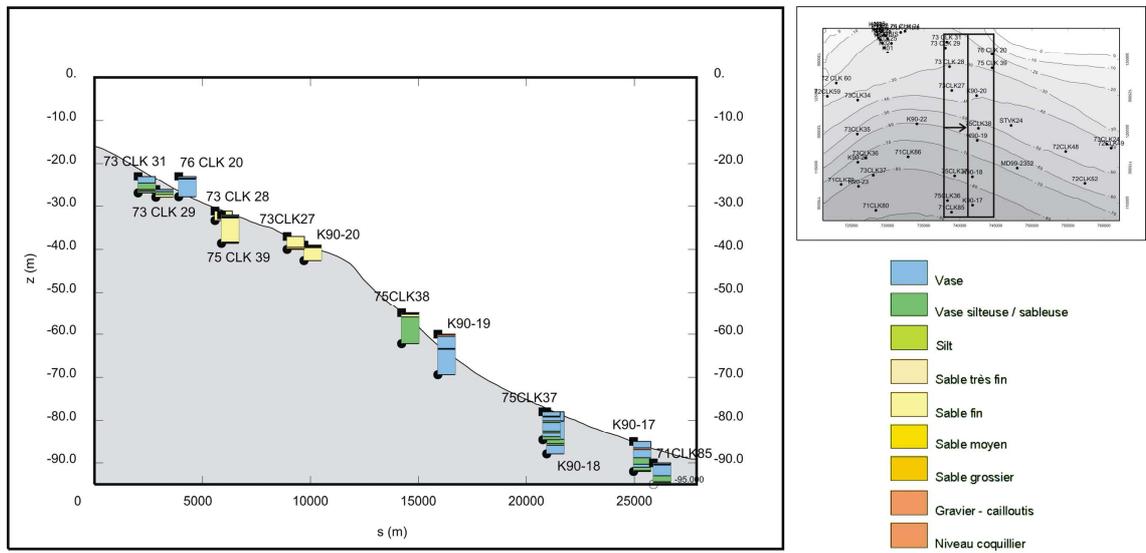


Fig. 8 - Coupe 3 au travers de l’APE Nord, suivant le profil sismique MD9102, et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 7 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 200.

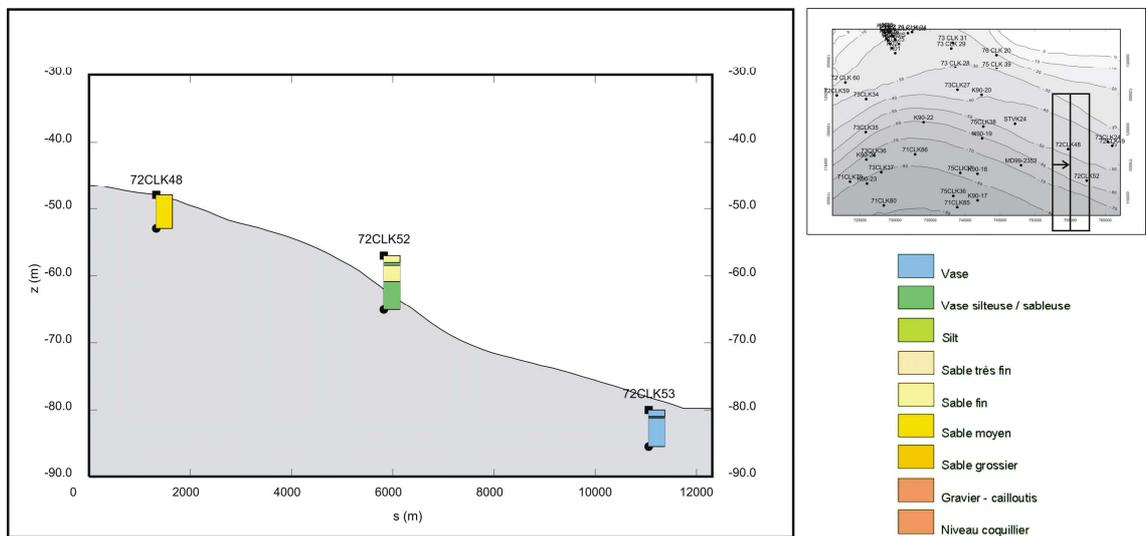


Fig. 9 - Coupe 4 au travers de l’APE Nord et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 6 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 133.

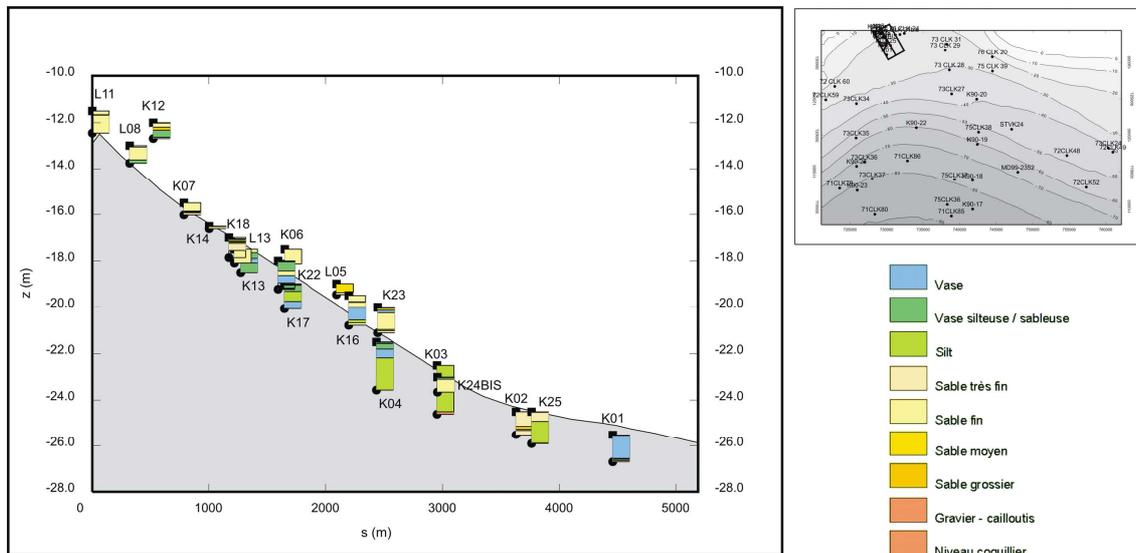


Fig. 10 - Coupe 5-1 au travers de l’APE Nord et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 3 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 200.

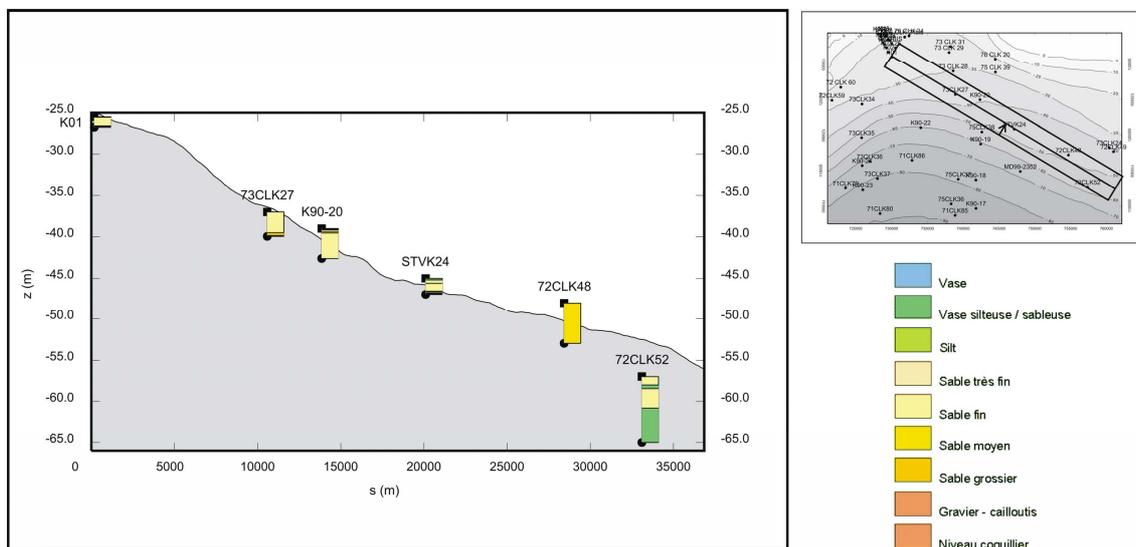


Fig. 11 - Coupe 5-2 au travers de l’APE Nord et logs simplifiés des carottages situés dans une bande de 3 km de large (localisation des coupes : voir fig. 4) (agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 1). Exagération verticale : 500.

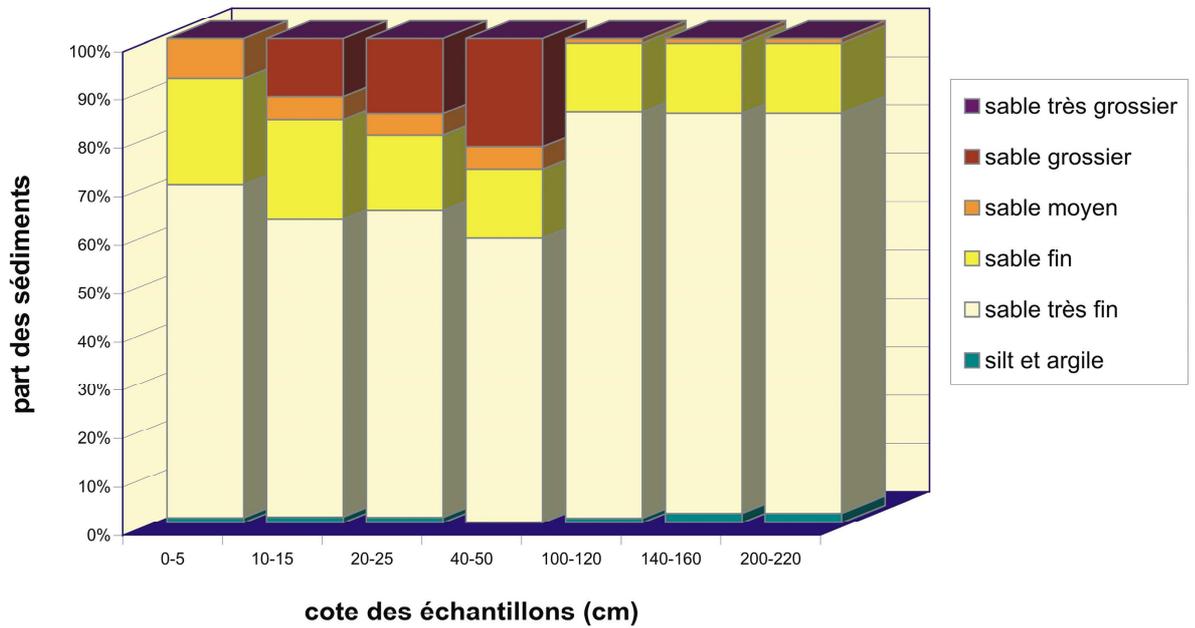


Fig. 12 - Histogramme granulométrique des échantillons prélevés sur la carotte K90-20. (longueur = 3,6 m ; épaisseur de sable = 3,55 m) (médiane = 0,125 à 0,160 mm pour tous les échantillons).

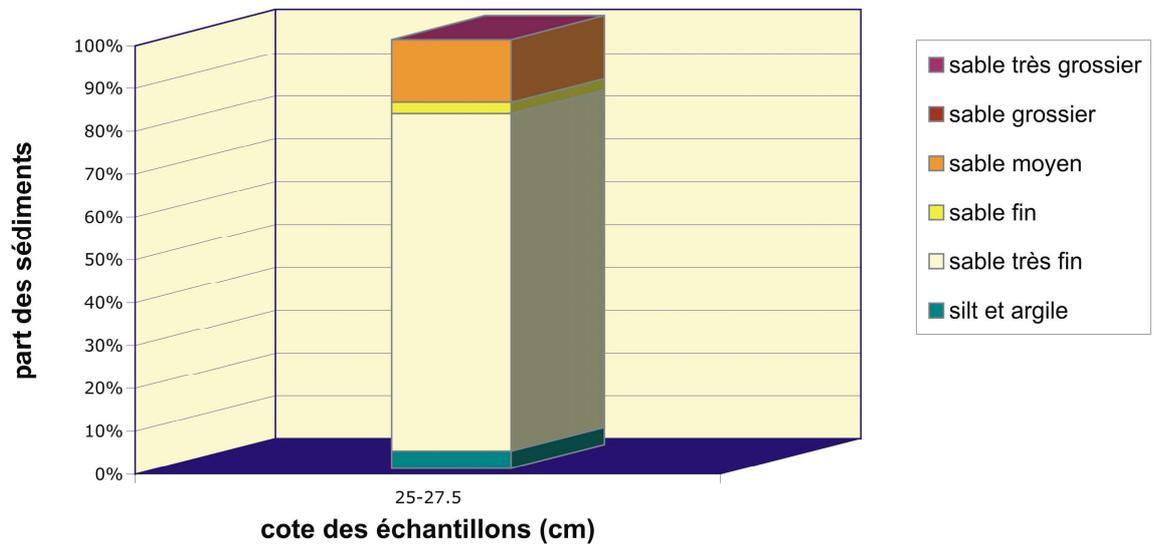


Fig. 13 - Histogramme granulométrique de l'échantillon prélevé sur la carotte K90-19. (longueur analysée = 1 m ; épaisseur de sable = 0,15 m) (médiane = 0,100-0,125 mm).

3.2.3. Analyses et résultats

La carte de distribution des niveaux sableux (fig. 5) confirme la présence de niveaux pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur (max. 5 m dans 72CLK48) au niveau de la zone axiale. La nature des sédiments rencontrés indique qu'il s'agit le plus souvent de sables fins comprenant parfois des niveaux de sable moyen, ou même entièrement de sables moyens. Cependant bien que cette information directe sur la présence de sable soit précieuse, il convient de noter qu'elle s'appuie à ce stade, essentiellement sur des descriptions visuelles, à l'exception des carottes MD99-2352, STVK24, K90-16, K90-19 et K90-20 pour lesquelles une analyse granulométrique est disponible (ann. 3).

Quelques niveaux sableux sont rencontrés dans des carottes réalisées dans la zone de vases pélitiques au Sud mais ceux-ci sont peu épais (10 à 20 cm).

Le carottage le plus long disponible dans l'APE Nord (MD99-2352, L = 15,50 m) (Ann. 1) confirme l'existence de quelques intercalations de niveaux sableux (au sommet ou à la base du sondage) dans cette zone, mais également l'importance de la sédimentation pélitique dès que l'on aborde ce secteur de vase et des profondeurs de l'ordre de 60 à 70 m.

Les coupes transverses (fig. 6 à 11) illustrent ce passage des sables aux sédiments pélitiques avec l'augmentation de la profondeur. Pour chacun des profils réalisés, de l'Est vers l'Ouest (fig. 4), on peut retenir les points suivants :

- coupe 1 (fig. 6) : cette coupe est située à l'Est de l'APE et est orientée Nord (30 m)-Sud (70-90 m). Elle présente 9 carottes dont la longueur varie de 0,85 m à 9,76 m. Les carottes montrent le passage d'une zone de sables fins (carottes [72CLK60, L = 0,85 m, E = 0,6 m – E étant l'épaisseur totale de sable dans la carotte] et [73CLK34, L = 2,90 m, E = 2,9 m]) à une zone constituée principalement de vases et vases silteuses, sur une épaisseur d'environ 10 m (carotte [7CLK79, L = 9,76 m, E = 0,2 m]) ;
- coupe 2 (fig. 7) : cette coupe, également orientée N-S, est située plus à l'Est, présente deux carottes de longueur variant de 1,50 m à 9,40 m. Les 2 carottes, prélevées par plus de 60 m de profondeur, sont constituées de vase et vase silteuse ;
- coupe 3 (fig. 8) : cette coupe orientée N-S (profondeur de 16 à 90 m) présente 13 carottes, dont la longueur varie de 1,50 m à 9,45 m. Elle montre clairement le passage d'une zone vaseuse (carottes 73 CLK31, 73CLK29, 76CLK20) à une zone plus sableuse (carottes 73CLK28, 75CLK39, 73CLK27, K90-20 dont les sommets sont tous situés entre 30 et 40 m de profondeur). Notons que la carotte K90-20 a fait l'objet d'une analyse granulométrique. Cette analyse montre un sable très fin à fin (médiane : 125-160 mm) assez bien classé mais avec des éléments grossiers (débris de coquilles) et un sédiment homogène sur l'ensemble de la carotte (fig. 12). Plus au Sud, les carottes disponibles et prélevées à plus de 50 m de profondeur révèlent l'existence d'une couche de vase ou vase silteuse de plusieurs mètres

d'épaisseur, la longueur maximum observée à partir des carottes (71CLK85) étant de 9,45 m. Parmi ces carottes à sédiment pélitique, la carotte K90-19, située au Sud de la zone plus sableuse, a aussi fait l'objet d'une analyse granulométrique au niveau de la partie supérieure de la carotte, et montre, comme pour la carotte K90-20, un niveau coquillier superficiel (< 50 cm d'épaisseur) constitué de sable très fin (médiane : 0,100-0,125 mm) au-dessus des vases (fig. 13) ;

- coupe 4 (fig. 9) : cette coupe N-S, plus à l'Est, présente 3 carottes dont la longueur varie de 4,95 m à 8 m. Au Nord, la carotte 72CLK48, située à 28 m de profondeur, est entièrement constituée de sable moyen, pour une longueur de 4,95 m. Plus au Sud, à 45 m de profondeur, la carotte 72CLK52 est constituée de sable très fin et de vase silteuse. Enfin, au Sud, à 80 m de profondeur, la carotte 72CLK53 est principalement constituée de vase ;
- coupe 5-1 (fig. 10) : cette coupe est orientée NW-SE, et se situe dans la zone peu profonde de l'émissaire de Palavas (profondeur comprise entre 11 et 26 m). Elle compte 20 carottes dont la longueur varie de 0,46 m à 2,10 m. La coupe montre une succession complexe de sédiments pélitiques et de niveaux sableux traduisant des variations de sédimentation rapide dans cette zone ;
- coupe 5-2 (fig. 11) : cette coupe WNW-ESE traverse la zone sableuse de surface (fig. 4). Elle compte 6 carottes dont la longueur varie de 1,2 m à 8 m. L'examen des carottes montre le passage d'une zone de vase (carotte [K01, L = 1,2 m, E = 0,1 m]) à une zone sableuse au niveau des carottes effectuées de 37 à 48 m de profondeur et dont la longueur atteint 4,95 m (carotte [72CLK48, L = 4,95 m, E = 4,95 m]). La dernière carotte ([72CLK52, L = 8 m, E = 3,4 m]), située au Sud-Est du profil est constituée d'une partie supérieure sableuse et d'une partie inférieure vaseuse.

En conclusion, pour ce qui concerne la problématique de recherche des stocks sableux, on retiendra les points suivants :

- la coupe longitudinale (WNW-ESE) (fig. 11) montre les principaux carottages ayant rencontré des niveaux sableux dans la zone axiale. L'épaisseur maximale E de sable carottée est de 5 m (carotte [72CLK48, L = 4,95 m]). On notera, à l'exception de la carotte 72CLK48, constituée de sable moyen, la prédominance de sables fins à très fins ainsi que la présence de niveaux pélitiques à des profondeurs variables au sein de ces carottages (carottes STVK24 et 72CLK52). Bien que ponctuelle et limitée, cette indication laisse présager, sur la verticale, une relative hétérogénéité de la sédimentation récente au sein de cette zone ;
- au Nord, dans la zone côtière, la carte détaillée de distribution des niveaux sableux, et la coupe (fig. 5 et 10) réalisées au niveau des nombreux carottages de l'émissaire de Palavas, montrent la limite nord de la zone sableuse axiale d'une part, l'extension de la zone des sables littoraux d'autre part. L'existence entre ces deux secteurs d'une alternance complexe de sédiments pélitiques et de niveaux sableux traduit des variations de sédimentation rapide dans cette zone ;
- en terme d'épaisseur maximale de sable prouvée par carottage, on retiendra les valeurs de 5 m de sable moyen [72CLK48, L = 5 m] et de 3,5 m de sable fin à très fin [K90-20, L = 3,6 m].

3.3. CORRÉLATIONS ENTRE CAROTTAGES ET FACIÈS ACOUSTIQUES

Les carottes ayant été décrites et exploitées, on peut tenter de corrélérer ces résultats avec les mesures sismiques, afin d'extrapoler spatialement (sur la verticale, et en latéral) les résultats des prélèvements. L'information principale sur les épaisseurs et l'extension en sub-surface des unités superficielles étant fournie par les profils de sondeur à sédiments et de sismique réflexion, la détermination de leur nature implique une comparaison entre les résultats des sondages et les faciès acoustiques.

A partir des logs de carottes qui ont été réalisés le long de profils de sondeur à sédiments (« mud-penetrator »), et des extraits de ces profils au niveau des carottages, les corrélations peuvent être analysées.

Ces éléments montrent une bonne corrélation entre la réflectivité moyenne à forte (qui se traduit par un signal brouillé) de l'unité supérieure dans la zone sableuse (fig. 14 et 15), confirmant le lien entre une granulométrie plus grossière et un litage peu marqué. Sur les profils de sismique réflexion sparker et surtout sur les profils de sondeur très haute résolution de type Chirp³ (Satra et *al.*, 2004), cette zone à forte réflectivité apparaît caractérisée par la présence de réflecteurs obliques progradants (fig. 16), ce qui renforce la probabilité d'une dynamique sableuse.

Vers le Sud ces réflecteurs passent en continuité à des réflecteurs sub-horizontaux très faiblement inclinés ce qui se traduit sur les profils de sondeur à sédiments par une faible réflectivité superficielle (fig. 17, 18 et 19), indiquant la présence de sédiments fins à très fins.

La carte de réflectivité acoustique de l'ensemble de l'APE, établie par le BDSI (fig. 20) à partir des réponses du sondeur à sédiments 2,5 kHz, montre une réflectivité forte dans la zone côtière et dans la partie sud-est ou au centre de la zone sableuse, coïncidant avec les zones sableuses. Cependant la comparaison entre la carte des sédiments de surface (fig. 4) et celle de la réflectivité (de sub-surface) (fig. 20) montre aussi des divergences qui peuvent être liées aux variations en profondeur de la nature du sédiment et/ou à l'absence de corrélation systématique et univoque entre réflectivité et lithologie. Dans l'ensemble, les zones de sédiments plus grossiers montrent néanmoins une réflectivité forte à moyenne tandis que la zone de sédiments pélitiques se caractérise par une faible réflectivité.

On peut donc conclure à une bonne corrélation générale entre les réflecteurs obliques ou cliniformes, le faciès fortement réflectif au sondeur à sédiments, la zone de sédiments sableux d'après les carottages et la morphosédimentologie de surface décrite plus haut et observée également sur les profils géophysiques.

³ Le sondeur sismique Chirp permet à la fois d'avoir un signal pénétrant profondément dans le sol, et à la fois d'avoir une définition verticale fine de l'ordre de la dizaine à quelques dizaines de centimètres.

Nom du sondage 73CLK34 Tranche de profondeur 0.00 M - 2.90 M Coordonnées X (m) = 725867.0 Y (m) = 124345.6 Z (m) = -30.00000 Source : Cefrem Campagne : CL 1973		
Prof. (m)	Log litho	Description
0.50		sable moyen à coquilles
		sable fin à coquilles
1.00		sable fin
1.50		sable moyen
2.00		sable fin
2.50		sable moyen à coquilles

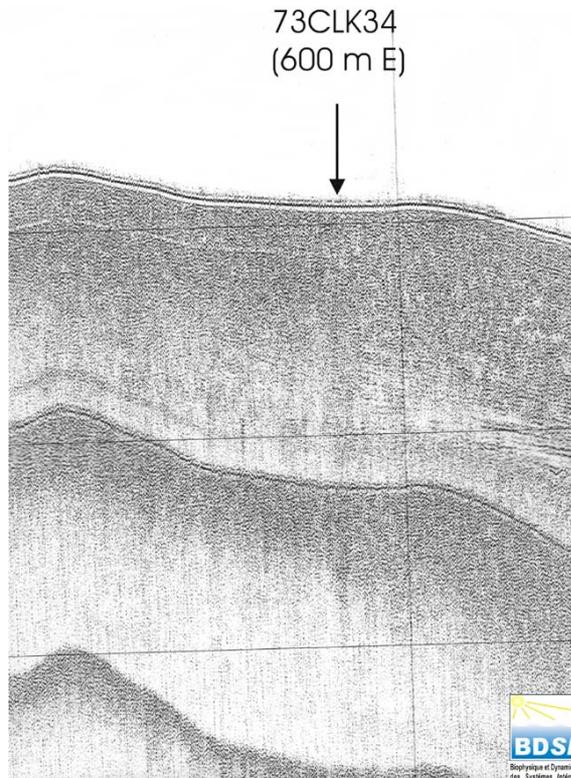


Fig. 14 - Profil sismique MD9107 (source : BDSI) dans la zone sableuse.
 Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.

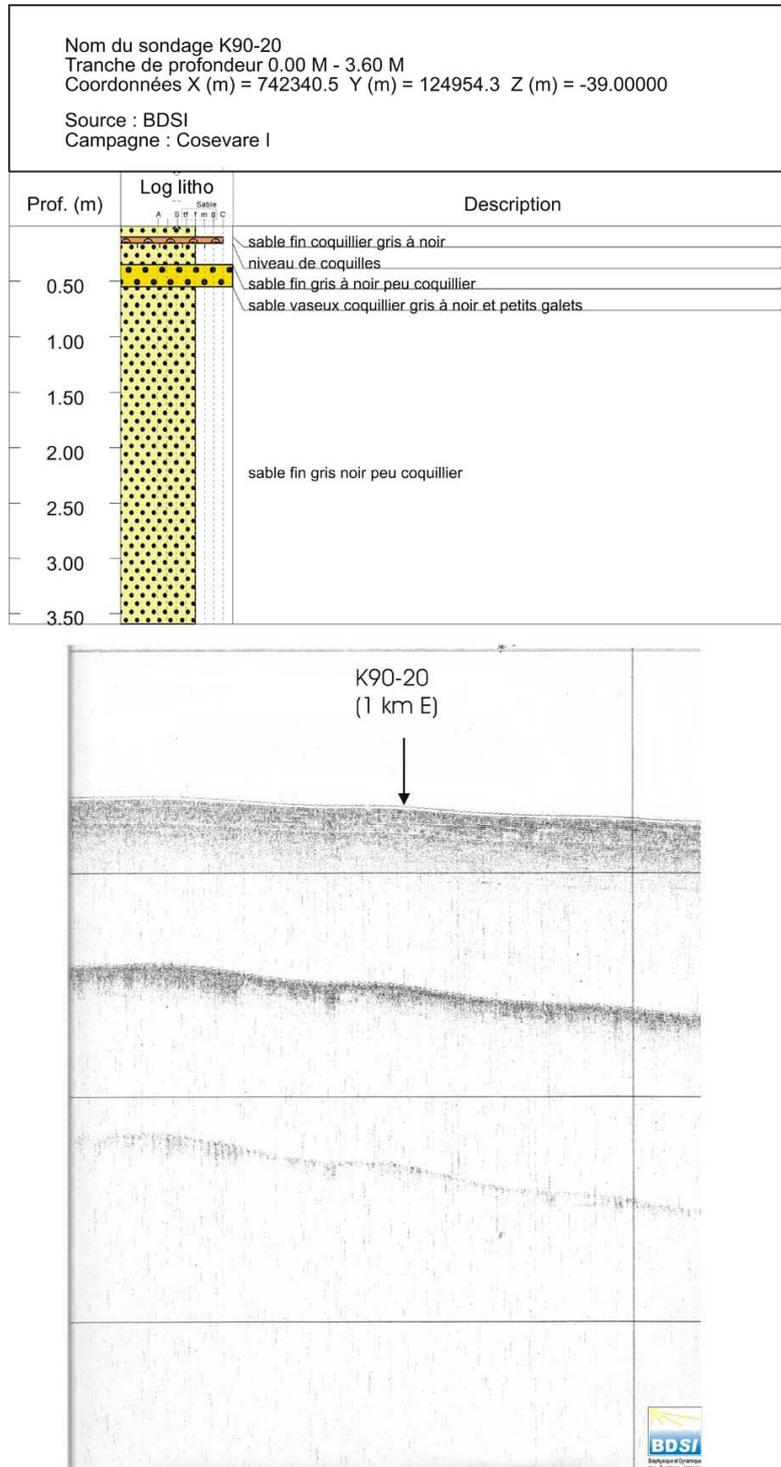


Fig. 15 - Profil sismique MD9102 (source : BDSI) dans la zone sableuse.
 Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.

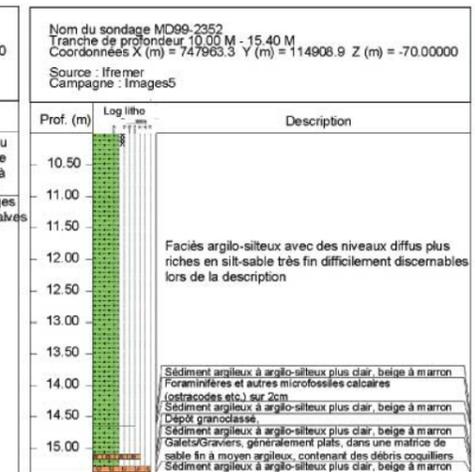
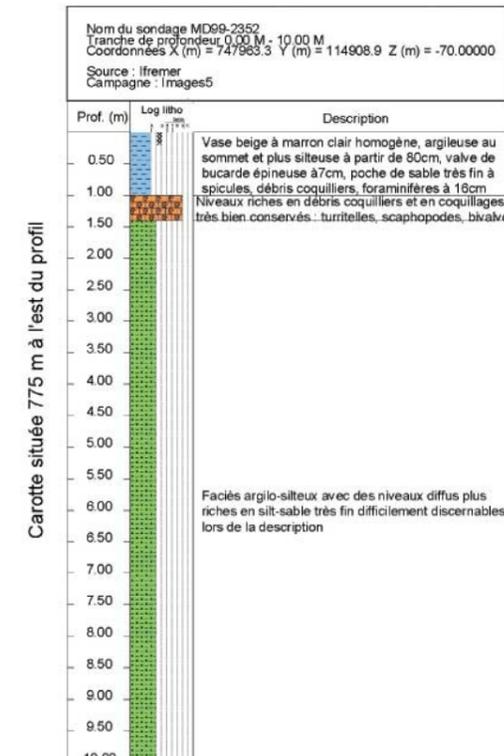
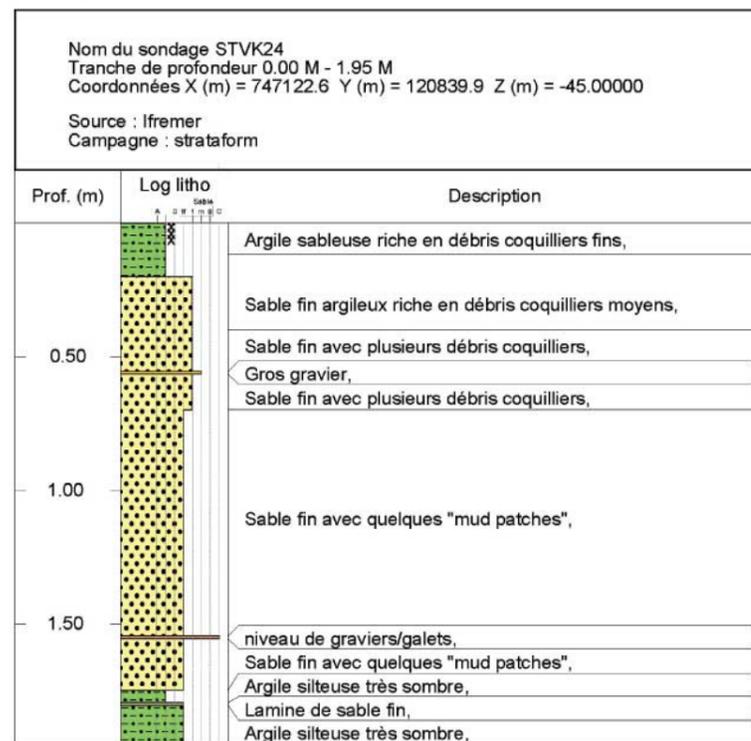
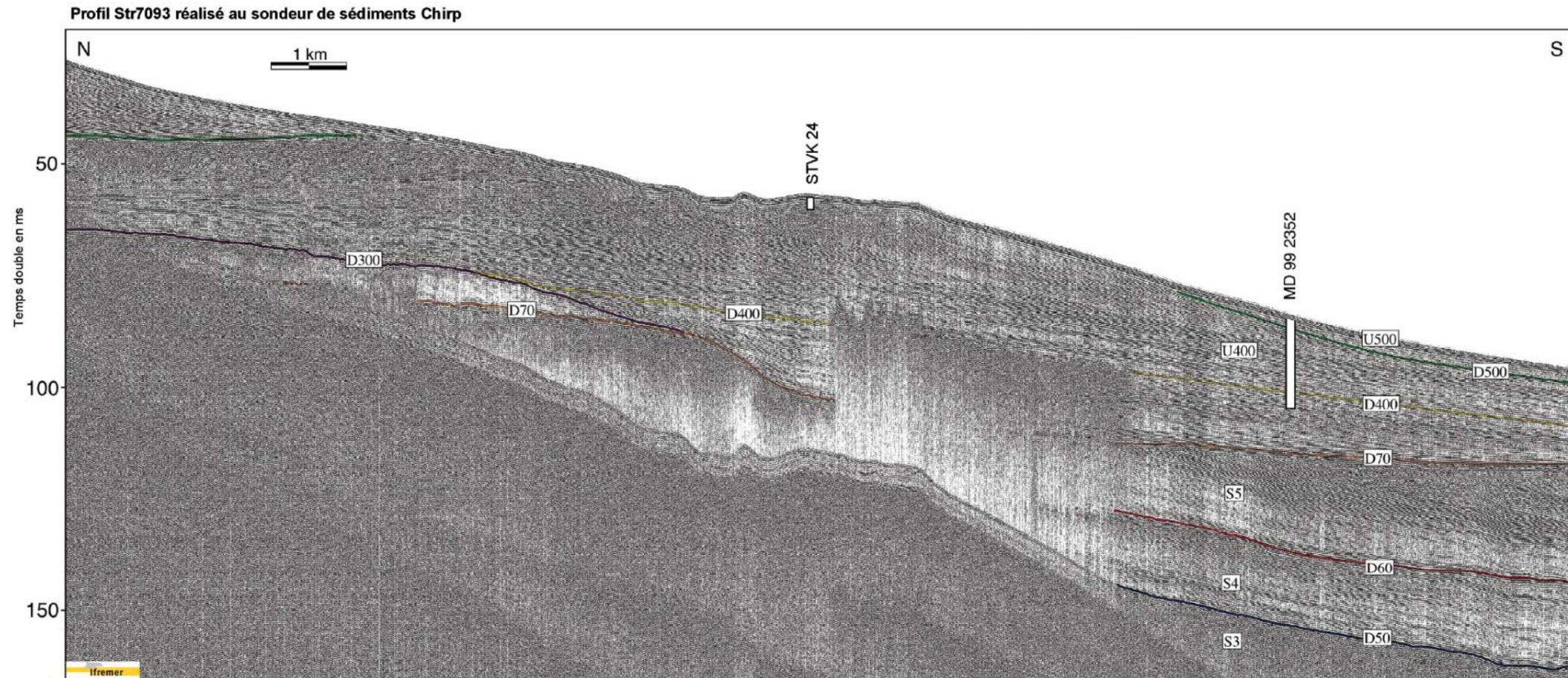


Fig. 16 - Profil Chirp STR93 (campagne STRATAFORM, IFREMER) issu de la 1^{ère} partie du rapport (fig. 17 de Satra et al., 2004). Coordonnées des logs : Lambert 3 Sud.

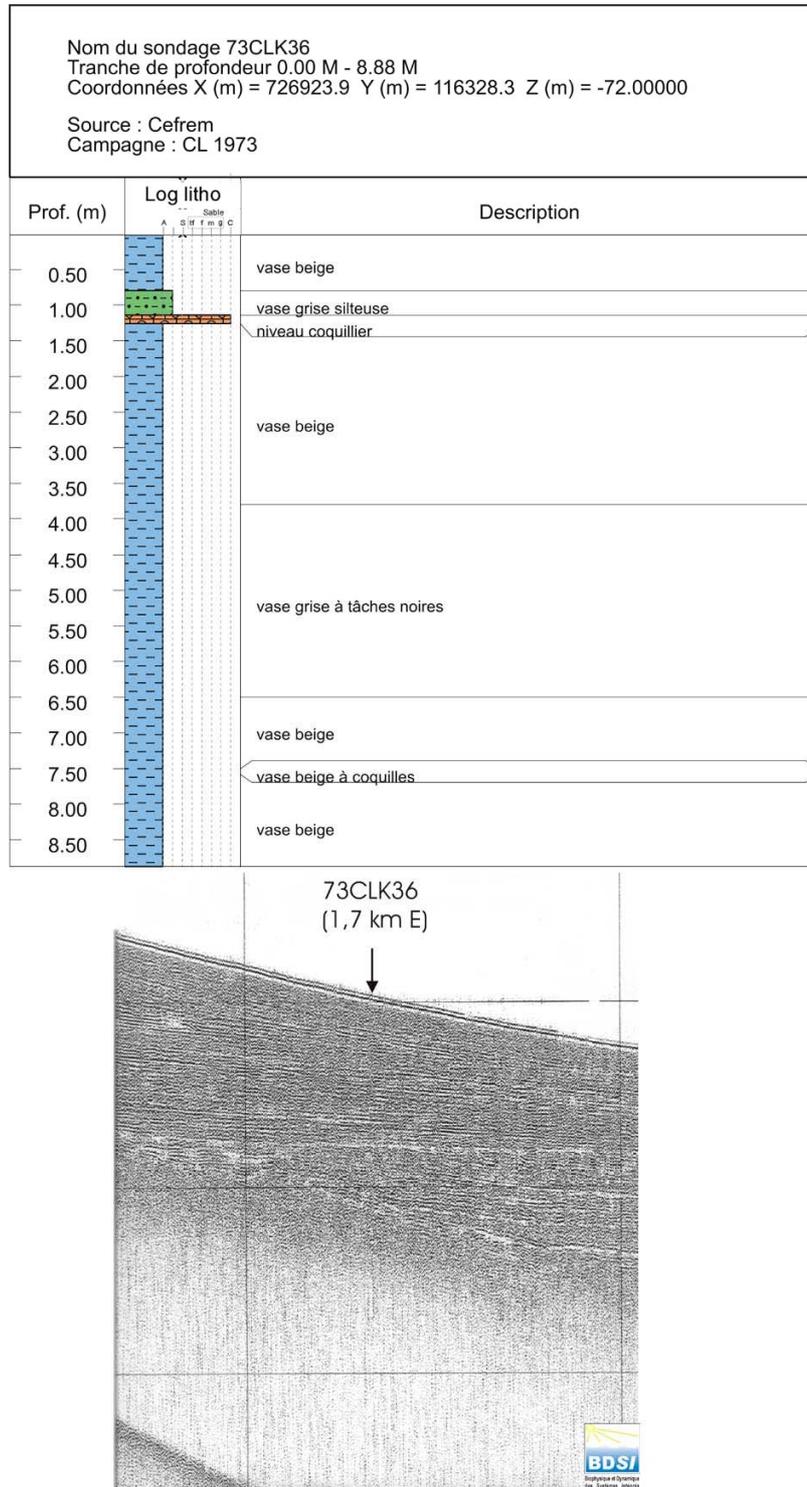
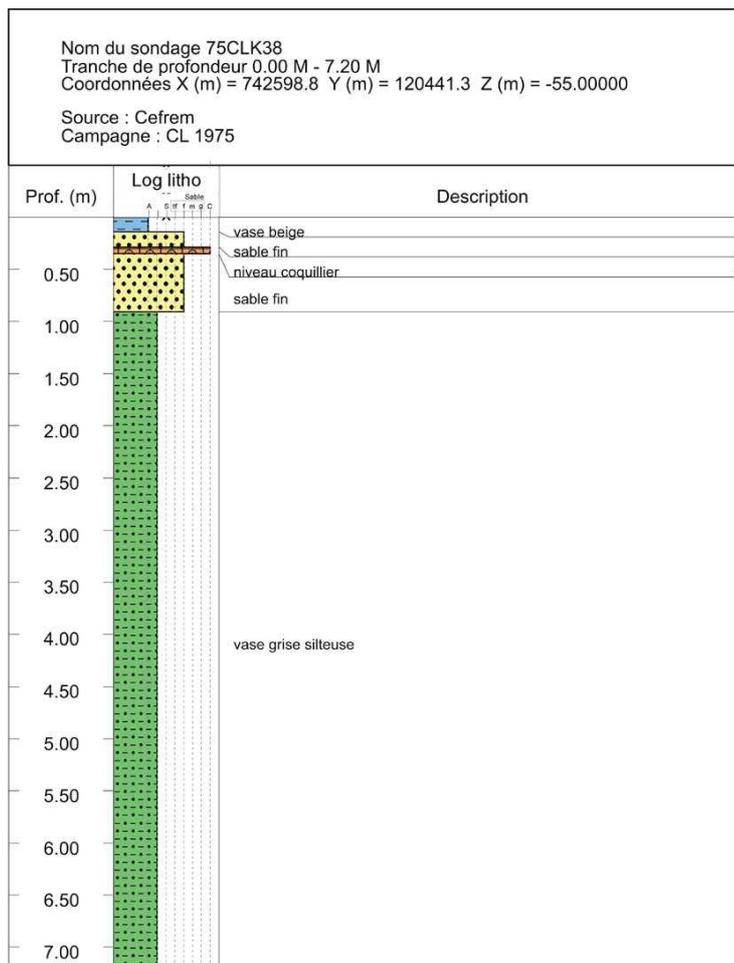


Fig. 17 - Profil sismique MD9107 (source : BDSI) dans la zone vaseuse.
Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.



75CLK38
(1 km E)

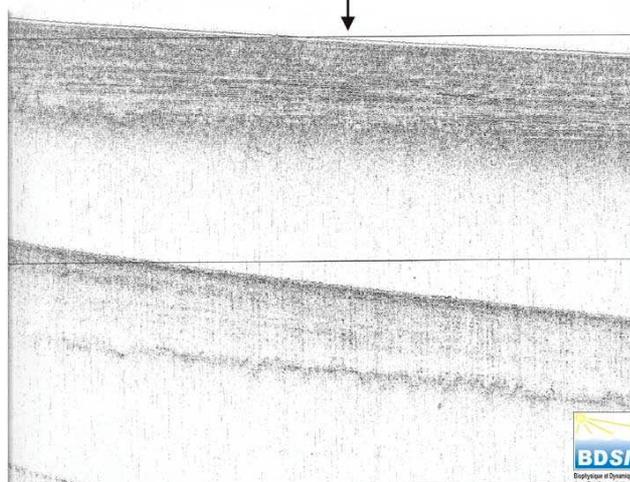


Fig. 19 - Profil sismique MD9102 (source : BDSI) dans la zone sableuse.
Coordonnées du log : Lambert 3 Sud.

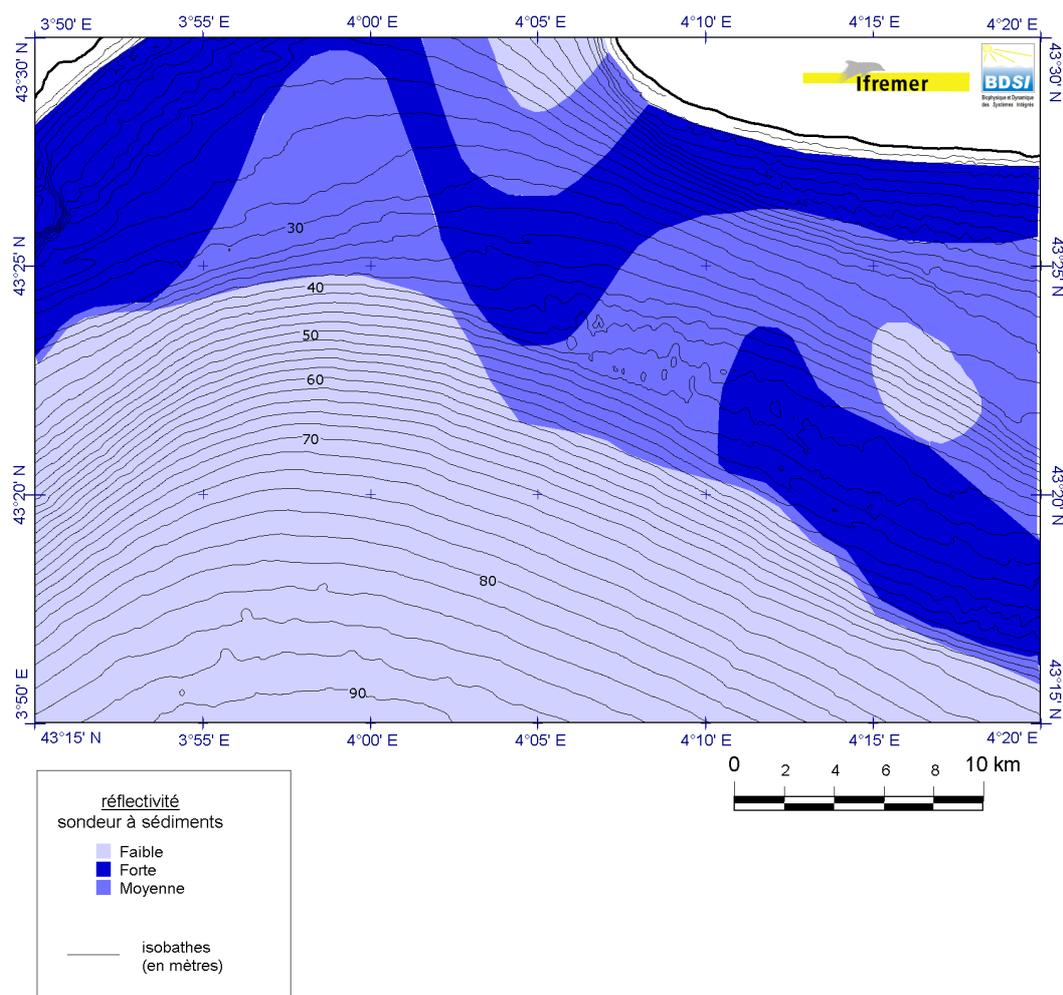


Fig. 20 - Réflectivité observée à partir des profils de sondeur à sédiments (BDSI) et isobathes. Données originales : Satra et al. (2004).

3.4. ÉPAISSEUR DES UNITÉS SISMIQUES SUPERFICIELLES ET ESTIMATION DES DÉPÔTS SABLEUX

La cartographie des unités sismiques superficielles qui a été réalisée par IFREMER et le BDSI est basée sur le pointé d'unités sismiques séparées par des surfaces de discontinuité (Satra et *al.*, 2004).

L'unité sismique dénommée U400 ainsi cartographiée au niveau de l'APE Nord comporte une unité comprenant les divers « faciès acoustiques » décrits précédemment. L'épaisseur de ces différents faciès n'a pas été détaillée. La carte d'isopaques de cette unité (fig. 21 et pl. 1) intègre donc un ensemble de dépôts sableux, silteux et pélitiques interstratifiés. Si l'on considère :

- les analogies entre cliniformes et dépôts plus grossiers,
- les analogies entre réflecteurs sub-horizontaux et dépôts plus fins,
- les limites des dépôts sableux/vaseux en surface et en sub-surface d'après les carottages,

alors on est conduit à limiter l'extension d'une « sous-unité sableuse » à la partie centrale et supérieure de l'unité U400. En effet, les profils de sismique de très haute résolution montrent la présence de réflecteurs sub-horizontaux sous les cliniformes, ce qui révèle la présence d'un sédiment plus vaseux en profondeur, et implique donc une limitation de l'épaisseur supposée de dépôts sableux. Ainsi, du Nord vers le Sud, l'unité U400 est successivement constituée majoritairement de vase, puis de sable (zone d'isopaques maximales et zone de lithologie de surface sableuse), puis de vase. Verticalement, l'unité U400 est constituée majoritairement de vase, sauf dans la zone centrale (correspondant à la zone sableuse indiquée par la lithologie de surface), où la partie supérieure est constituée majoritairement de sable.

À ce stade, on peut estimer l'épaisseur maximale de la zone à cliniformes à environ 15 à 20 millisecondes temps double (célérité de 1 600 ms) soit une épaisseur maximale approximative de **12 à 16 m** au centre de la zone. En l'absence de pointé plus détaillé de la zone à cliniformes, la superficie de celle-ci ne peut, elle aussi, être que très approximativement estimée d'après la zone d'épaisseur maximale de l'unité U400 et l'extension en sub-surface de la zone sableuse (nous ne disposons pas des isopaques de la zone à cliniformes, mais uniquement des isopaques de l'unité U400). L'intégration surfacique de la zone d'épaisseur maximale de U400 située dans la zone sableuse indiquée par la lithologie de surface donne une superficie de l'ordre de **100 à 150 km²**.

Cette zone sableuse potentielle serait accessible en surface ou en sub-surface, sur une large partie de la zone cartographiée comme telle, compte tenu des caractéristiques décrites ci-dessus (nature du sédiment, morphologie, carottages, réflecteurs superficiels). Mais il convient de noter qu'elle est recouverte au Nord par une unité plus récente qui est constituée de dépôts fins vaseux (unité U500) dans sa partie aval (fig. 21 et pl. 1). Dans la zone sableuse de l'unité U400 recouverte par cette

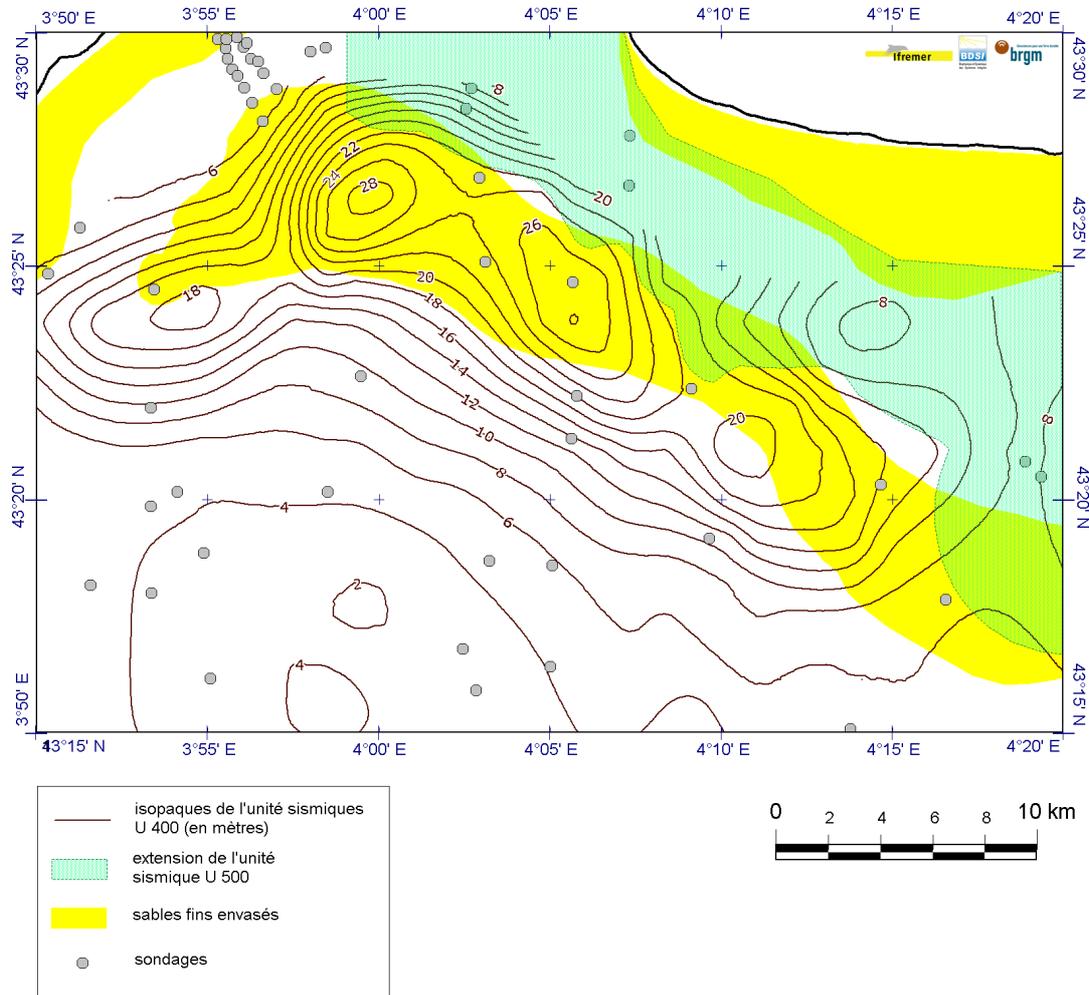


Fig. 21 - Carte d'estimation des stocks sableux, APE Nord. Isopaques de l'unité U400 - Extension de l'unité U500 - Localisation des fonds sableux – Localisation des carottages. Données originales : Satra et al. (2004).

unité U500 (plus récente que l'unité U400), l'épaisseur de l'unité U500 est de l'ordre de 2 m. Vers le large l'unité U400 serait aussi recouverte par une unité plus récente mais de faible épaisseur qui n'a pas été cartographiée. Elle ne serait de toute façon présente qu'au-dessus des sédiments très fins de l'unité U400.

La synthèse des diverses données de surface et de sub-surface, de prélèvements et de données géophysiques existantes sur l'APE Nord, conduit ainsi à estimer la présence de dépôts sableux au niveau d'une zone de 35-40 km de long et de 3-4 km de large. Cette zone est présente dans des profondeurs d'eau de 24 à 60 m. Les informations qualitatives (estimations visuelles) des carottages montrent la présence de sables essentiellement fins à très fins. La présence de sables moyens signalée au niveau de quelques carottages n'a pas pu être vérifiée ou étendue sur la base des données existantes. Compte tenu des caractères acoustiques, la zone de sédiments

sableux pourrait avoir une extension de 100 à 150 km² et une épaisseur de l'ordre de la dizaine de mètres. Cette zone se situe dans un environnement sédimentaire dominé actuellement par la sédimentation pélagique. Cette sédimentation est liée notamment aux importants apports rhodaniens, mais elle a aussi eu lieu durant la constitution de ce prisme sédimentaire correspondant à un ancien cordon littoral formé lors d'un stationnement du niveau marin pendant la dernière transgression marine. Ainsi, une partie du stock sableux de l'unité U400 serait assez directement accessible, tandis qu'une portion moindre, située dans la partie nord-est de l'unité U400, serait recouverte d'une couche de vase pouvant atteindre 2 m (unité U500).

4. Analyse des données de l’APE Sud (APE2)

Une carte de synthèse (pl. 2) des données utiles pour l’estimation des stocks sableux disponibles dans l’APE Sud est présentée hors texte et comporte la bathymétrie, la lithologie de surface, les carottages, les épaisseurs de sable associées et les isopaques de l’unité des clinofformes (indicateur de présence de sables).

4.1. MORPHOSÉDIMENTOLOGIE

Dans la tranche bathymétrique (0-140 m) concernée par le projet BEACHMED, la morphologie de l’APE Sud est caractérisée par un vaste secteur de plate-forme où l’amplitude des dénivelés est faible, entre 90 et 110 m, mais où la topographie apparaît dans le détail complexe et accidentée. Cette topographie révèle la présence de nombreux reliefs résiduels (Berné et *al.*, 2002a et 2002b ; Tesson et *al.*, 1998) : dunes sous-marines anciennes, rides dont le sommet est constitué de grès de plage (« dalles »).

La rupture de pente de la plate-forme est bien marquée par un talus au niveau de l’isobathe 120 m à l’Ouest de la zone et 100 m à l’Est (fig. 22). Au-delà de cette rupture de pente, la plate-forme, est prolongée par une zone à faible pente au niveau des interfluves des canyons, tandis qu’au niveau des canyons, des pentes fortes limitent brutalement le plateau continental.

La synthèse lithologique établie à partir des données disponibles (Satrat et *al.*, 2004), et de la nature des têtes de sondages effectués dans la zone, montre une large extension de sables moyens sur la plate-forme et de sables fins au Nord et sur l’interfluve à l’Est du canyon Bourcart (canyon le plus à l’ouest dans l’APE Sud). Dans cette région, les carottages disponibles sont pour l’essentiel situés dans la partie occidentale. Leur sommet est souvent représenté par des sables vaseux y compris dans le secteur de sables fins à moyens.

4.2. RESSOURCES POTENTIELLES EN SABLE D’APRÈS LES DONNÉES DE CAROTTAGE

Les carottages disponibles dans la zone sont au nombre de 31. L’analyse de la distribution des niveaux sableux est limitée par la répartition localisée de ces derniers au secteur occidental de la zone (fig. 22).

Les analyses granulométriques d’échantillons (ann. 4) prélevés dans 7 carottes (CLVK13, MD99-2350, CLVK20, 94KLU151, 94KLU141b, 93C9, 93C3b) montrent la présence de vases, de sables fins (médiane de la fraction sableuse comprise entre 0,17 et 0,2 mm) et parfois de sables moyens (médiane = 0,3 mm, carotte 93C3b). Du fait de la granulométrie plus grossière des sédiments dans la zone, le carottage par

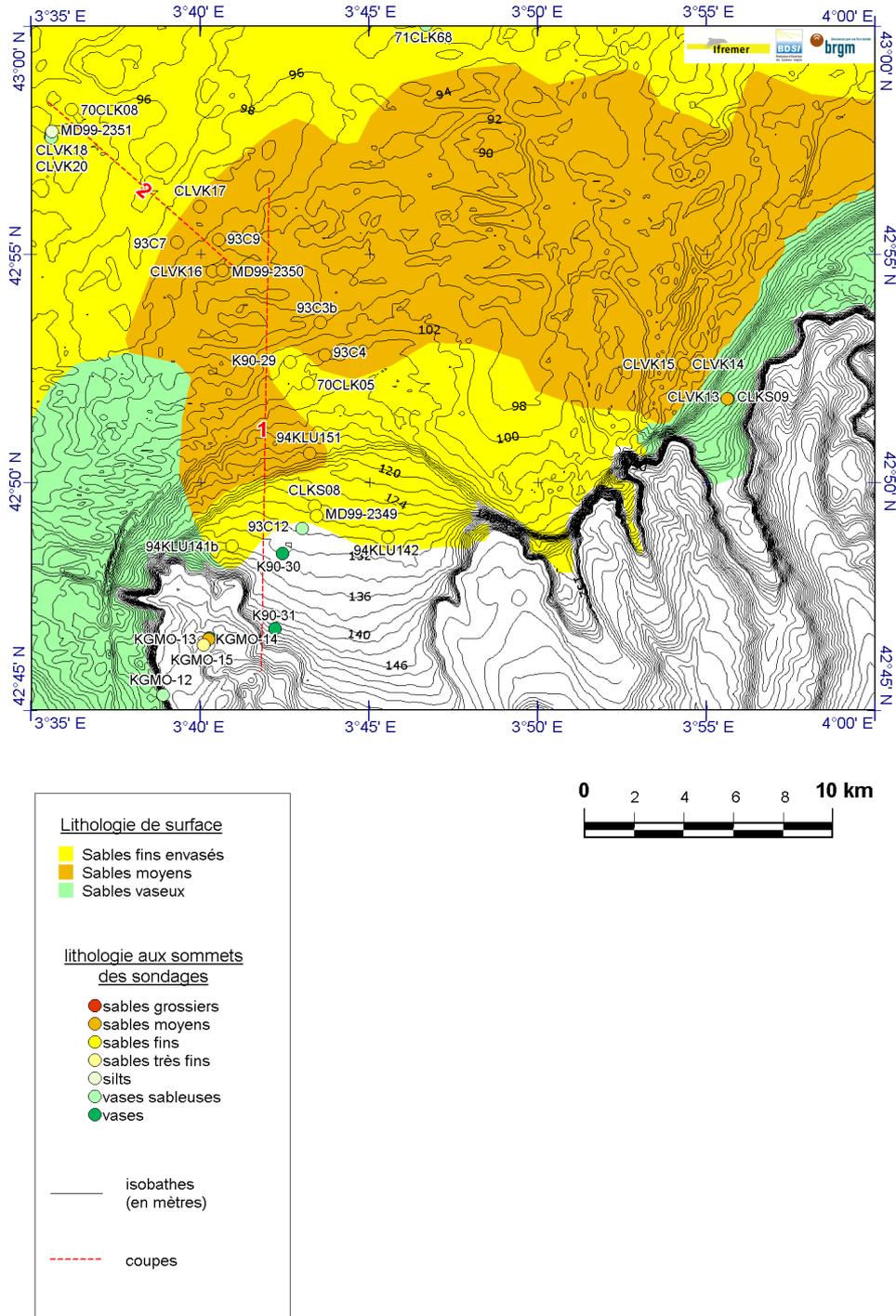


Fig. 22 - Carte bathymétrique et lithologique de l'APE Sud (Satra et al., 2004). Localisation des carottages et nature du sédiment au sommet. Localisation des coupes tracées sur les fig. 26 et 27.

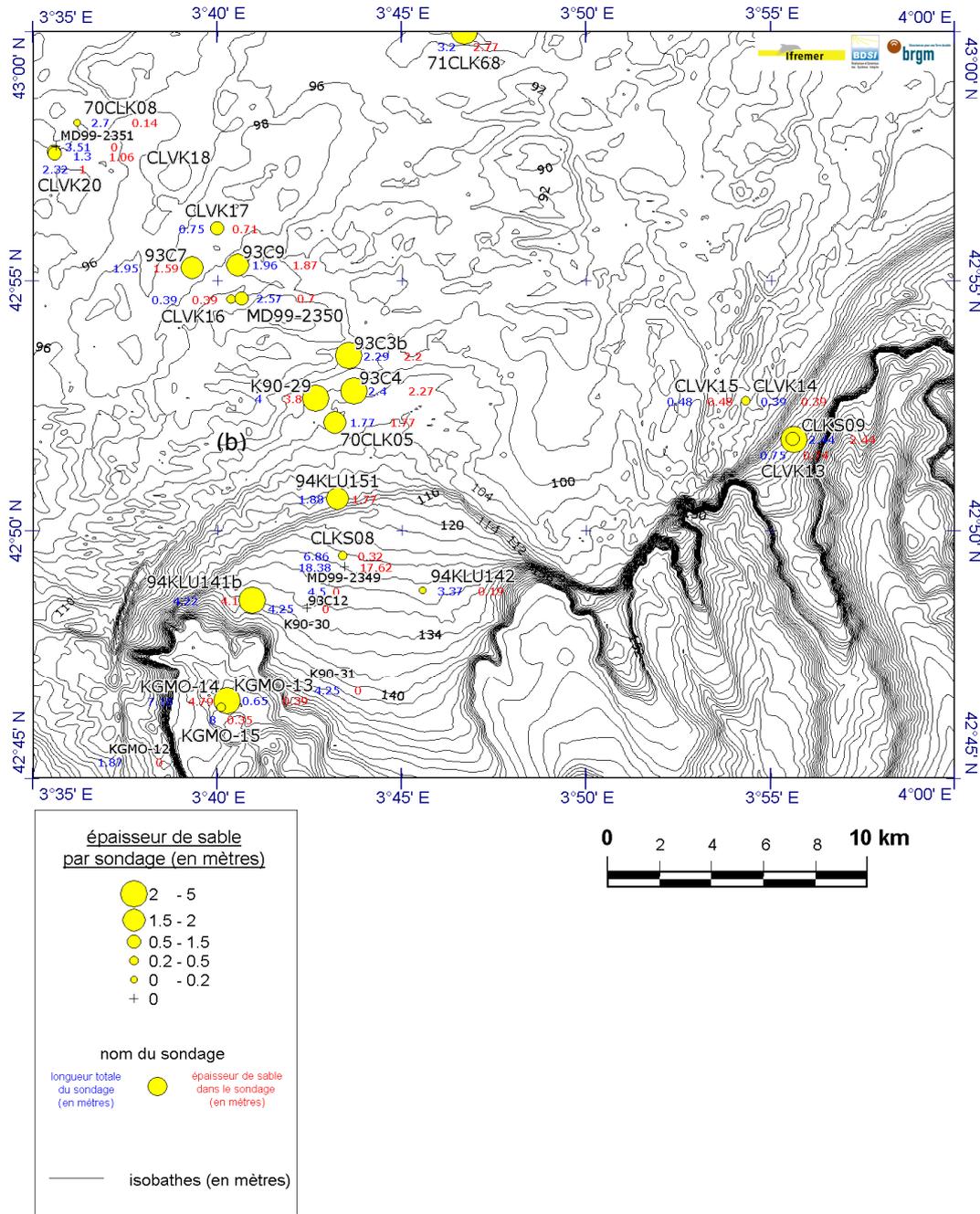


Fig. 23 - Carte APE Sud de distribution des carottages et épaisseur des niveaux sableux rencontrés traversés (en rouge) et longueur des carottages (en bleu). Isobathes indiquées tous les 50 m. Données originales : Satra et al. (2004).

gravité utilisé pour ces opérations est difficile et les longueurs de carottage sont souvent limitées, à l'exception de la carotte MD99-2350 qui a été prélevée dans une zone de sédiments fins. Des sables fins et moyens ont néanmoins pu être récupérés sur près de 4 m au niveau de la carotte K90-29 (fig. 23 et 27). Les autres carottages ont permis de récupérer des sables sur des longueurs de 2 m environ ou moins. On peut noter que, même pour les carottes dites sableuses (ex. : 93C3b), chaque échantillon donne 10 à 35 % de sédiments fins (argile, silt, sable très fin) (fig. 24), tandis que l'analyse de la carotte MD99-2350 met en évidence de nombreuses passées vaseuses (fig. 25).

A l'instar de la carte lithologique, la coupe principale N-S établie au travers de la zone (fig. 26) montre le passage progressif des sables fins à moyens aux vases sur la partie supérieure du talus. On notera qu'à l'extrémité nord-ouest de l'APE, les carottages CLVK18 et 70CLK08 (fig. 23 et 27) présentent un plus faible pourcentage en sable. Ce secteur représente vraisemblablement la limite de la zone d'envasement récent représenté sur les cartes de synthèse à petite échelle (fig. 22).

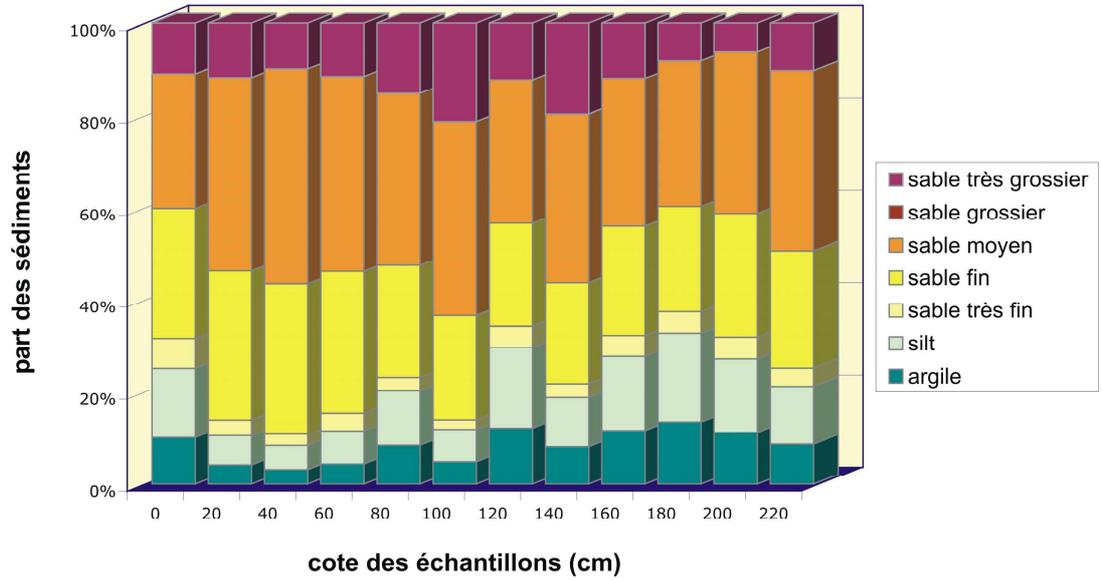


Fig. 24 - Histogramme granulométrique des échantillons de la carotte 93C3b (longueur = 2,36 m ; épaisseur = 2,2 m) (médiane = 0,209 à 0,295 mm sur tous les échantillons).

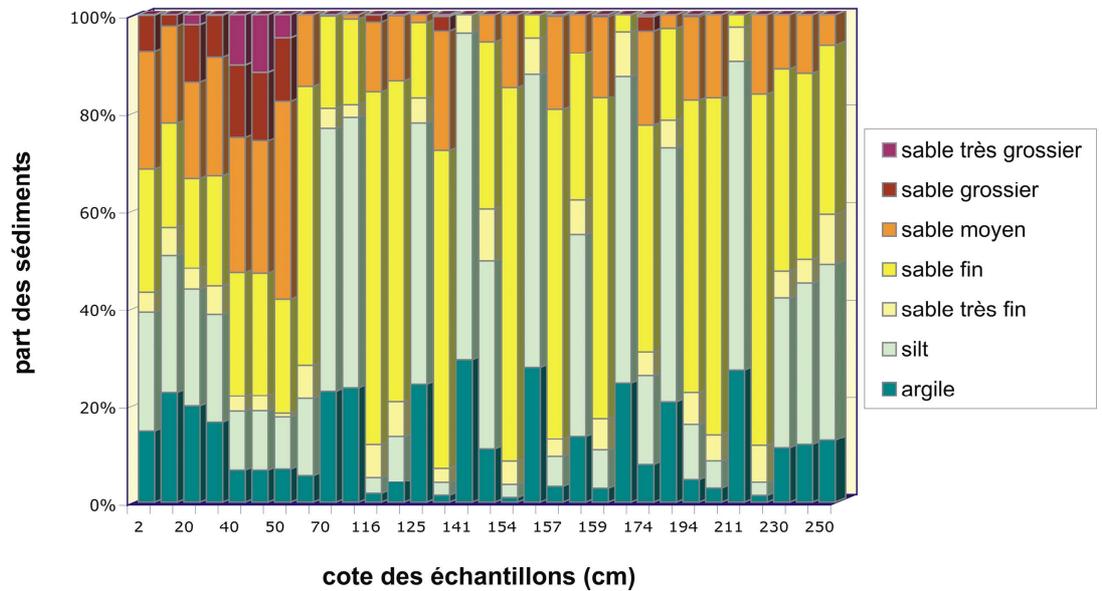


Fig. 25 - Histogramme granulométrique des échantillons de la carotte MD99-2350 (longueur = 2,6 m ; épaisseur = 0,7 m) (médiane = 0,008 à 0,280 mm sur tous les échantillons).

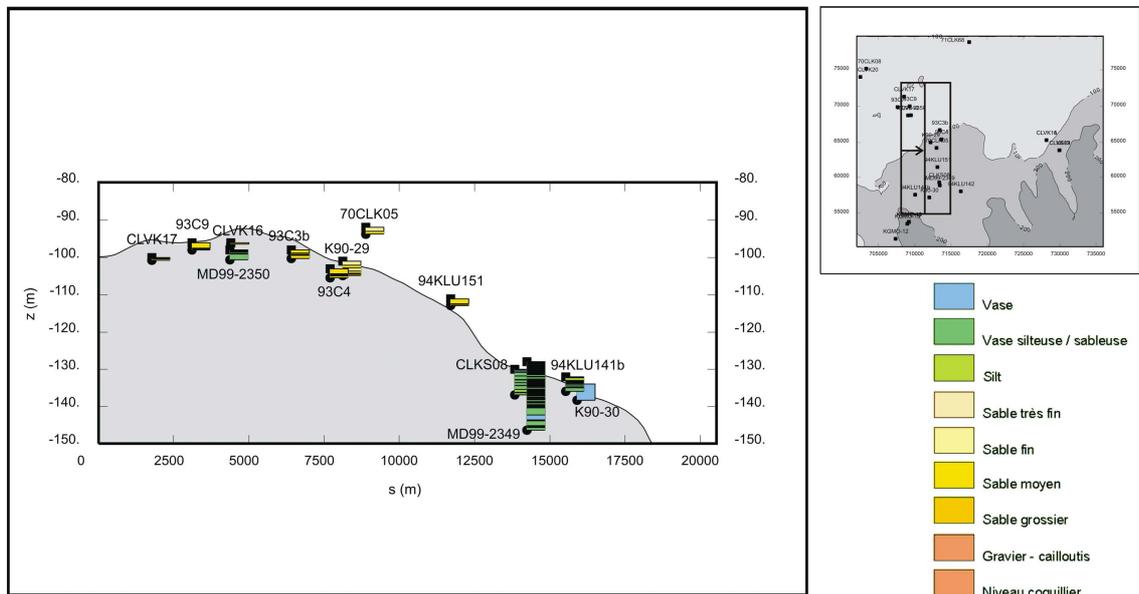


Fig. 26 - Logs simplifiés de carottages le long d'une coupe N-S. Localisation : voir fig. 22. Agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 2. Bande de 6 km de large. Exagération verticale : 125.

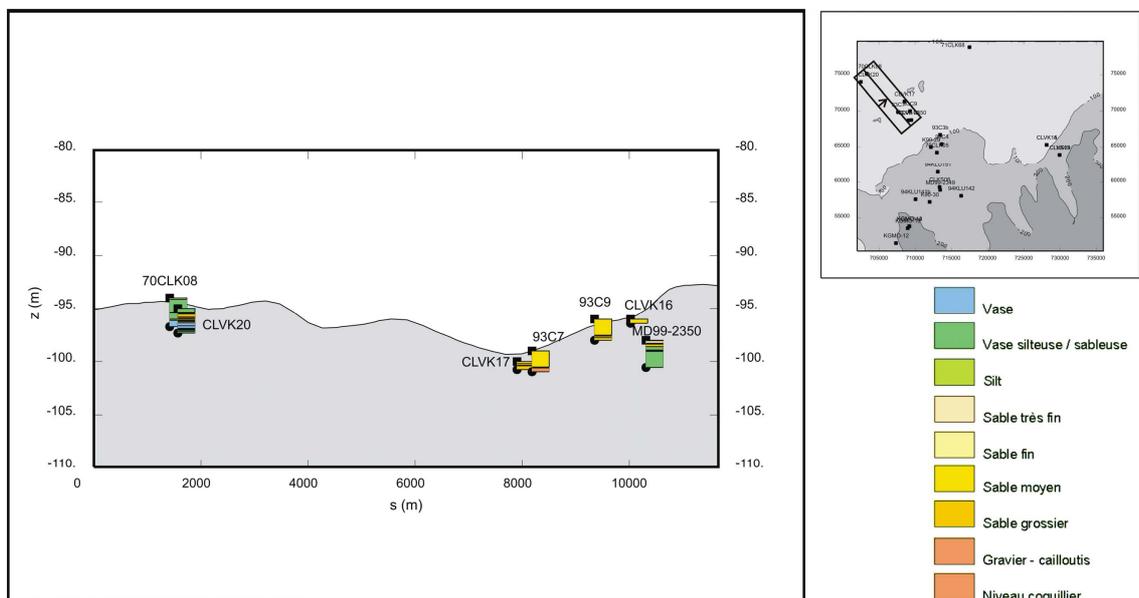


Fig. 27 - Logs simplifiés de carottages le long d'une coupe NW-SE dans le secteur nord-ouest de l'APE Sud. Localisation : voir fig. 22. Agrandissement et logs détaillés : cf. ann. 2. Bande de 3 km de large. Exagération verticale : 200.

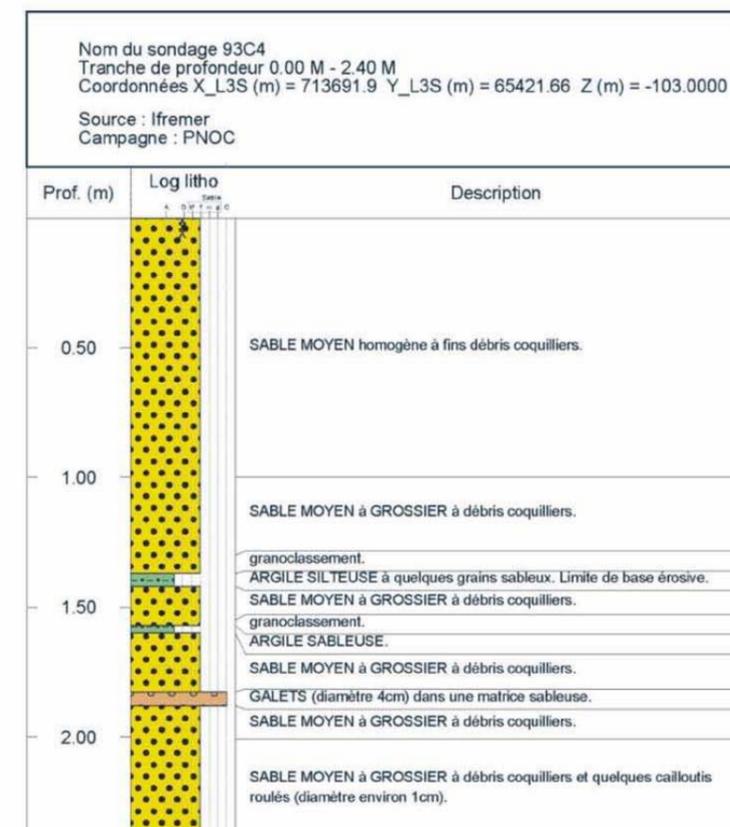
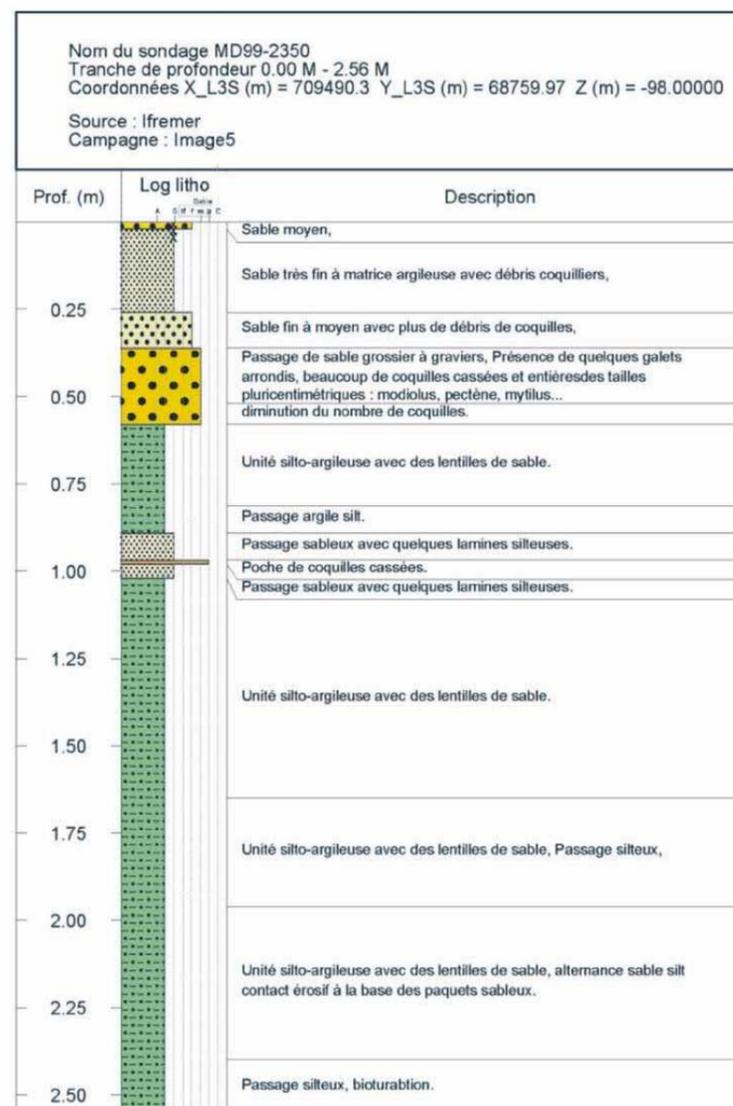
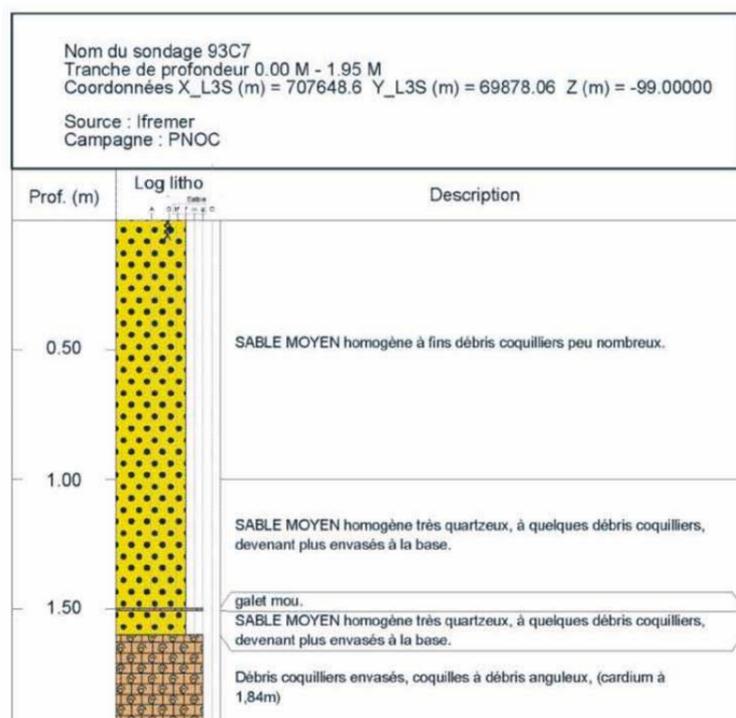
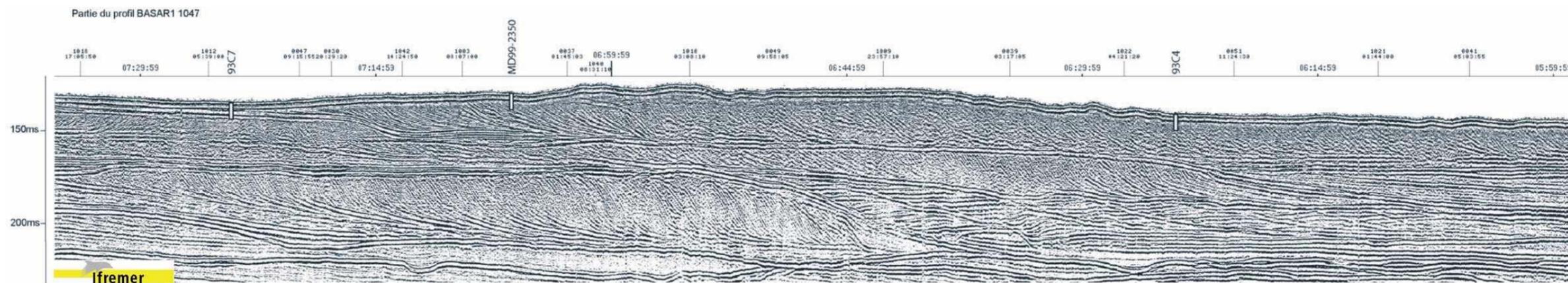


Fig. 28 - Profil NW-SE, fig. 18 de (Satra et al., 2004). Profil sismique BASAR1 1047 (IFREMER). Coordonnées des logs : Lambert 3 Sud.

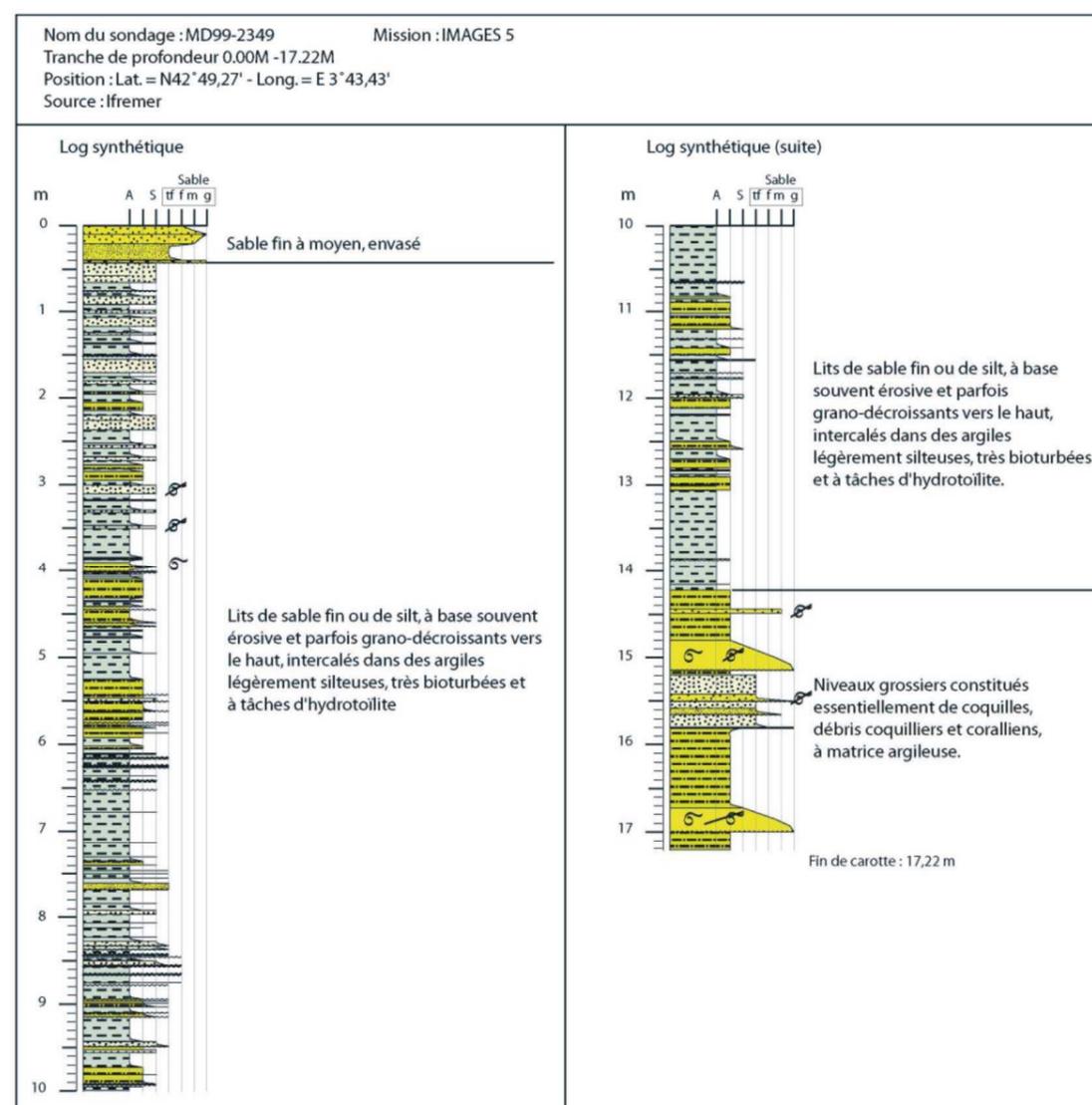
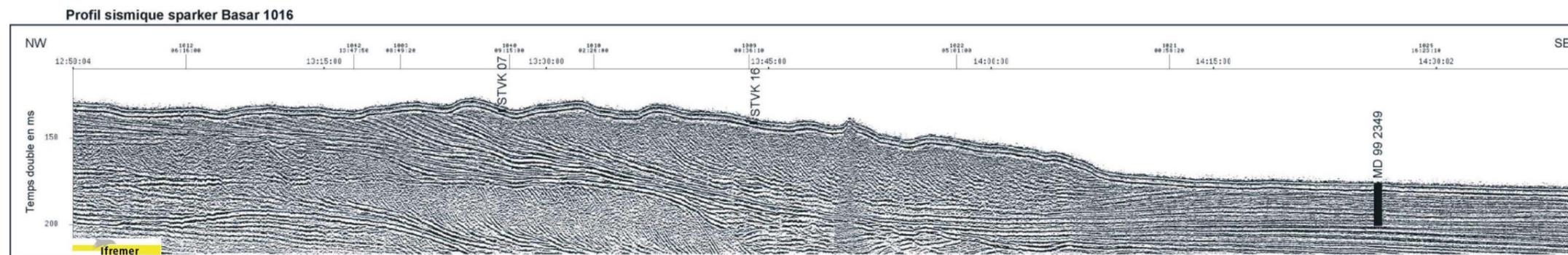


Fig. 29 - Profil NW-SE, fig. 19 de (Satra et al., 2004). Profil sismique BASAR 1016 (IFREMER).

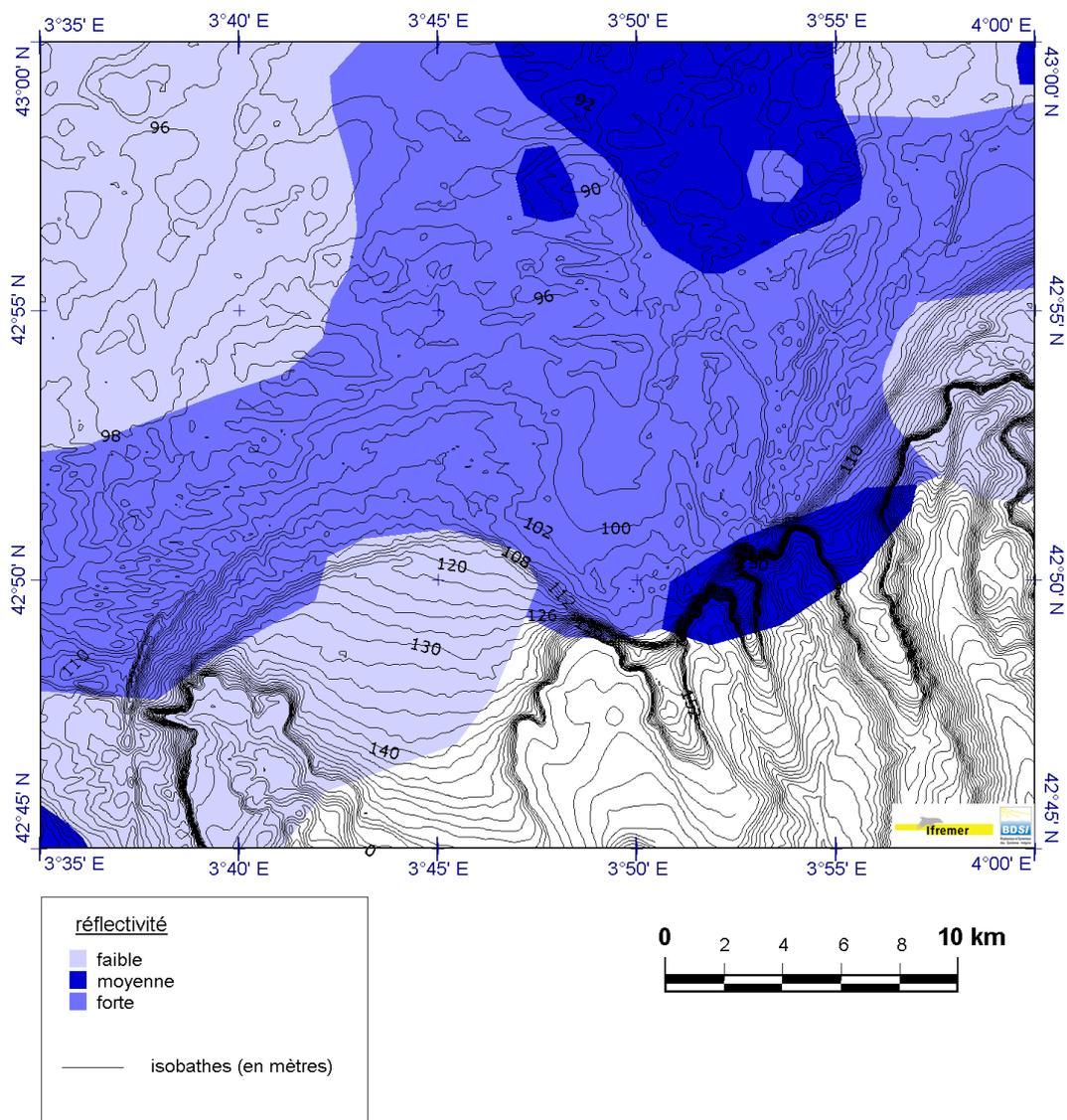


Fig. 30 - Réflectivité observée à partir des profils de sondeur à sédiments (BDSI) et isobathes. Données originales : Satra et al. (2004).

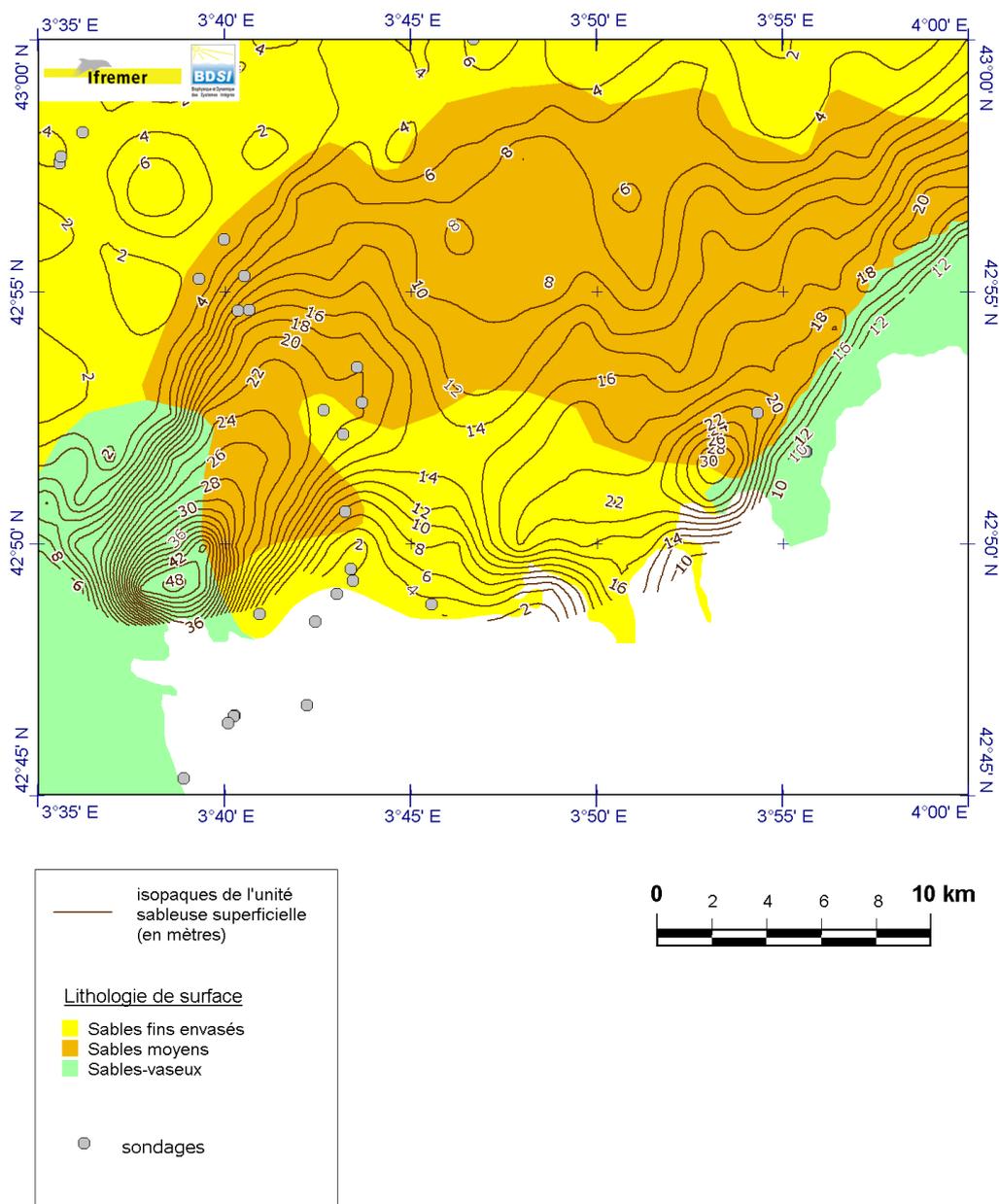


Fig. 31 - Carte simplifiée d'isopaques de la zone à cliniformes (source BDSI - IFREMER) superposée à la carte lithologique et aux carottages disponibles. Données originales : Satra et al. (2004).

4.3. CORRÉLATION ENTRE CAROTTAGES ET FACIÈS ACOUSTIQUES

À nouveau, du fait de la distribution et de la longueur limitées des carottages dans les sables, les corrélations possibles avec les faciès acoustiques sont également limitées.

Cependant, les très nombreux profils de sismique réflexion à très haute résolution réalisés dans la zone ont montré le large développement en surface d'une unité supérieure constituée de clinofformes assez pentés et passant à des réflecteurs faiblement obliques à sub-horizontaux vers la rupture de pente et la bordure externe du plateau. Comme le montre la première partie du rapport de Phase B (fig. 18 et 19 de Satra et *al.*, 2004, fig. 28 et 29 dans le présent rapport), on observe les corrélations décrites pour l'APE Nord entre les faciès acoustiques à clinofformes et la lithologie de sable d'une part, les réflecteurs sub-horizontaux et les sédiments plus fins de type argilo-silteux d'autre part. Ces éléments montrent aussi une bonne corrélation entre la réflectivité moyenne à forte (fig. 30) et les zones sableuses indiquées par la lithologie de surface (fig. 22).

On peut donc conclure à une vaste extension de dépôts sableux dans tout le secteur de plate-forme externe à clinofformes de l'APE Sud. Néanmoins la présence de dépôts argilo-silteux en profondeur ou latéralement à l'échelle de cette unité supérieure est probable et la continuité de dépôts sableux *sensu stricto* peut donc être limitée, malgré l'homogénéité apparente du faciès acoustique.

4.4. ÉPAISSEUR DES UNITÉS SISMIQUES SUPERFICIELLES ET ESTIMATION DES DÉPÔTS SABLEUX

Le prisme sédimentaire qui se serait formé durant la dernière période glaciaire, baptisé U150 par Rabineau (2001) qui en a effectué une cartographie détaillée, atteint son épaisseur maximum au niveau de l'APE Sud. Cette unité est composée d'une part de clinofformes assez pentés (5°) dans la partie supérieure de l'unité et d'autre part de réflecteurs peu pentés à subhorizontaux et parallèles à la partie inférieure et vers le rebord de la plate-forme. Les clinofformes sont identifiés aux dépôts sableux traduisant la progradation d'un prisme littoral et les réflecteurs peu pentés aux dépôts plus fins, silteux ou vaseux comme cela a été observé au niveau de l'APE Nord.

Contrairement à l'APE Nord, nous disposons des isopaques de la zone à clinofforme. Cette carte d'isopaques (fig. 31 et pl. 2) de la zone à clinofformes de l'unité sismique supérieure, qui a été élaborée à partir des données du BDSI (Satra et *al.*, 2004), représenterait donc l'épaisseur supposée des sables d'après l'interprétation des faciès acoustiques. La carte d'isopaques de cette zone réputée sableuse montre la large extension de la zone potentiellement sableuse mais avec des épaisseurs limitées entre 10 et 20 m sur une majeure partie de la zone. L'épaisseur du faciès de sables supposés augmente du Nord vers le Sud et atteint localement des maxima en tête de canyon. Dans le secteur sud-ouest de l'APE, on peut ainsi noter un épaississement important de l'unité sableuse avec une épaisseur de plus de 40 à 50 m.

Par rapport à l'analyse effectuée dans l'APE Nord, comme nous disposons de la carte d'isopaques des zones à cliniformes, nous pouvons effectuer une estimation plus détaillée des stocks sableux. Un modèle maillé des isopaques établi à partir des données du BDSI a été analysé en terme de ressources potentiellement exploitables, à l'aide du logiciel de géostatistique GDM (BRGM). Ce modèle donne une épaisseur potentielle moyenne de sable d'environ 10 m sur toute l'APE Sud. L'intégration de la surface contenue à l'intérieur des courbes d'isopaque 10 m donne une superficie de zone potentiellement sableuse d'environ 300 km². Si on calcule des surfaces pour des isopaques de 15 et 25 m, on obtient respectivement des surfaces de 180 et 30 km².

Cependant, cette estimation approchée est à pondérer avec les données de carottage disponibles en analysant la corrélation entre carottages et zones à cliniformes. La carte d'isopaques superposée à la lithologie et aux données de carottage (fig. 31) montre que l'épaisseur des dépôts supposés sableux (cliniformes) est limitée de 15 à 20 m dans la zone où des sables ont été reconnus par sondage. Une analyse plus détaillée montre que, dans les zones d'épaisseur supérieure à 10 m, tous les carottages (longueur maximum de 4 m) sont constitués majoritairement de sable. Les carottages effectués dans les zones d'isopaque 20 m ont une longueur variant de 0,39 à 4 m et sont constitués de 95 à 100 % de sable (carottages 93C3b, 93C4, K90-29, 70CLK05, CLVK14, CLVK15). Dans la zone d'isopaques supérieures à 10 m, on a donc confirmation de la présence de sables sur au moins 4 m en certains points (ex. : K90-29). Par contre, les carottes recueillies dans les zones d'isopaques inférieures à 10 m sont principalement constituées de vase. A titre d'exemple, la carte d'isopaques des zones potentiellement sableuses indique une épaisseur d'environ 8 m au point de carottage MD99-2349 (longueur de 18,38 m) alors que ce carottage ne contient que 0,3 m d'épaisseur de sable. Dans la zone d'épaisseur potentielle maximale (isopaques 40-50 m), on ne dispose pas de carottage permettant de valider la nature sableuse de cette zone. La comparaison entre carottages et carte d'isopaques tend à confirmer qu'il est nécessaire de valider cette première interprétation par des carottages.

On peut donc conclure que les ressources potentielles en sable de l'APE Sud concernent des dépôts pouvant atteindre une **épaisseur moyenne de l'ordre de 15 m**, localement de 40 à 50 m, sur une **superficie de l'ordre de 180 km²**, mais dans une zone à topographie localement accidentée et à fonds parfois indurés. Les dépôts deviennent rapidement moins épais vers le Nord et l'Est de la zone. Les secteurs les plus favorables sont situés en bordure de plate-forme non loin des zones de transition avec les sables fins et les silts (Est et Ouest, fig. 22). La présence de dépôts plus fins (sables très fins et silts), en profondeur ou latéralement dans la zone à cliniformes, est donc également probable.

5. Conclusion

L'analyse des diverses données disponibles sur les deux Ateliers Potentiellement Exploitable, sélectionnés pour l'étude des possibilités de rechargement en sable du littoral héraultais, a permis d'effectuer une caractérisation d'ensemble des sédiments en surface et en profondeur, et une première estimation des stocks sableux.

Pour l'APE Nord, situé au Sud-Ouest de la pointe de l'Espiguette, la confrontation des différents types de données (sismique réflexion, carottage, réflectivité, prélèvements de surface) a permis d'estimer la présence de dépôts sableux au niveau d'une zone allongée sur 35 à 40 km et large de 3 à 4 km. Les informations des carottages montrent la présence de sables fins à très fins. Compte tenu des caractères acoustiques, la zone de sédiments sableux pourrait avoir une extension de 100 à 150 km² et une épaisseur maximale de l'ordre de la dizaine de mètres (12 à 16 m d'après l'épaisseur de la zone de cliniformes).

Concernant le deuxième APE situé au Sud, l'analyse des données montre que les ressources potentielles en sable concernent des dépôts pouvant atteindre une épaisseur de l'ordre d'une quinzaine de mètres sur une superficie de l'ordre de 180 km² dans une zone à topographie localement accidentée et des fonds parfois indurés. Les dépôts deviennent rapidement moins épais vers le Nord et l'Est de la zone. Les secteurs les plus favorables sont situés en bordure de plate-forme, non loin de la zone de transition avec les sables fins et les silts.

L'étude de ces deux APE permet de définir deux sites pilotes (fig. 32 et 33) où le jeu de données sera complété, durant la phase C, par l'acquisition de mesures bathymétriques et sismiques, couplées à des carottages qui permettront de caler les mesures sismiques et de qualifier la nature des sédiments.

Dans l'APE Nord (fig. 32), le site pilote est situé à l'extrémité nord-ouest de la zone sableuse principale. Il s'étend sur un secteur où l'unité U400, identifiée comme sableuse dans sa partie supérieure, est affleurante et où son épaisseur est maximale (25 m).

Le site pilote de l'APE Sud (fig. 33), est dans une zone de maximum local de la zone à cliniformes de l'unité U150 (20 à 30 m), où les observations de surface indiquent la présence de sables moyens et fins. Situé en rebord de plate-forme, le site pilote correspond à un secteur où aucun carottage n'est disponible, contrairement au secteur sud-ouest de la zone sableuse de cet APE.

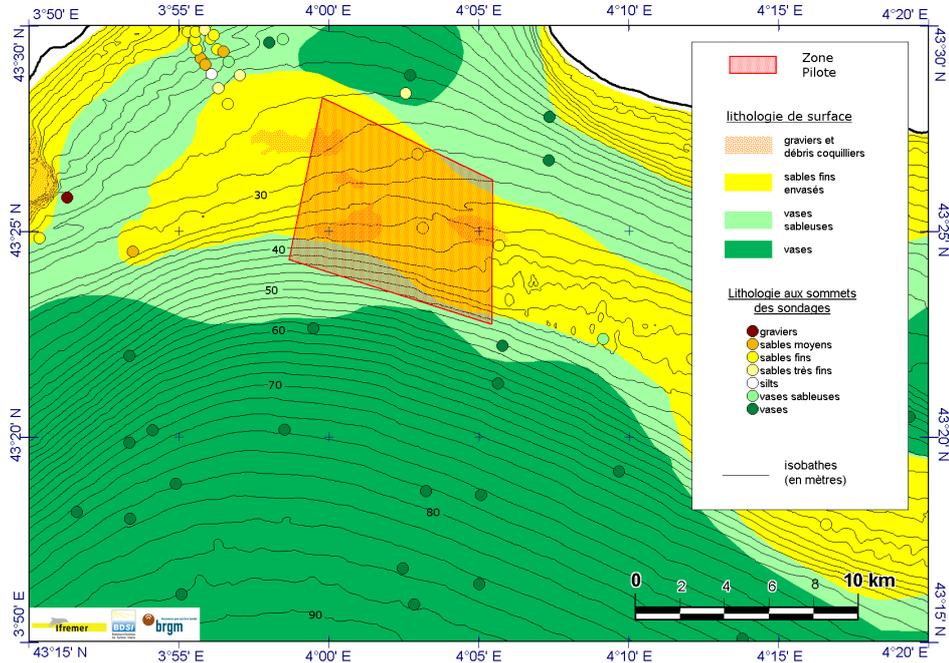


Fig. 32 - Localisation du site pilote dans l'APE Nord. Données originales : Satra et al. (2004).

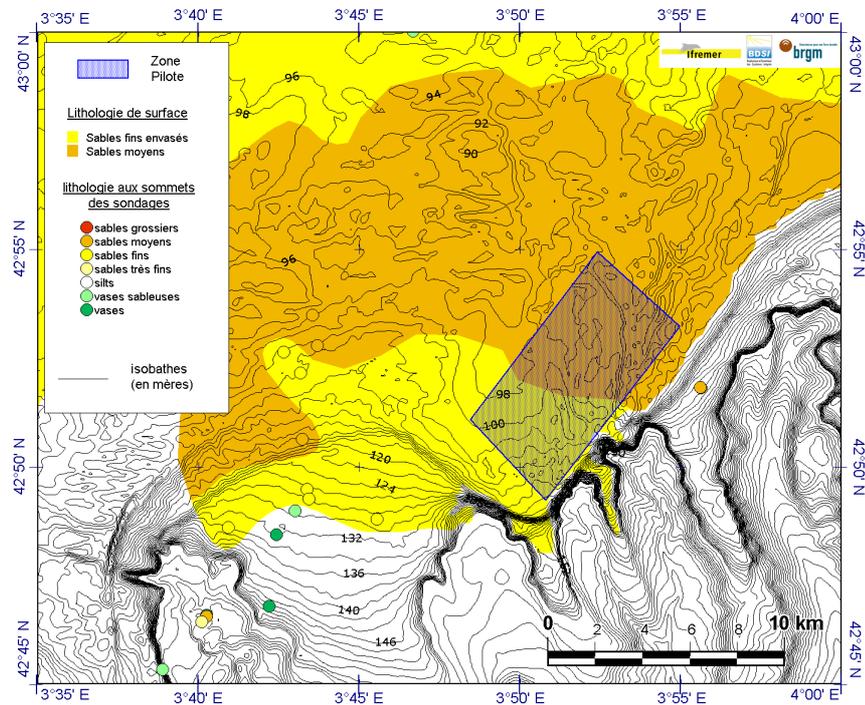


Fig. 33 - Localisation du site pilote dans l'APE Sud. Données originales : Satra et al. (2004).

Bibliographie

Aloïsi J.C. (1973a) - Carte géologique du pré-continent languedocien. En coll. Editée par International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC), Netherlands.

Aloïsi J.C. (1973b) - Les facteurs de la sédimentation récente du plateau continental languedocien. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 277, p. 145-148.

Aloïsi J.C. (1986) - Sur un modèle de sédimentation deltaïque : contribution à la connaissance des marges passives. Thèse de doctorat, Université de Perpignan, 162 p.

Aloïsi J.C., Monaco A. (1975) - Etude des structures sédimentaires dans les milieux prodeltaïques (Rhône). Apport à la connaissance des conditions de sédimentation et de diagénèse. *C.R. Acad. Sci.*, 290, p. 159-162.

Aloïsi J.C., Monaco A., Thommeret J., Thommeret Y. (1975) - Evolution paléogéographique du plateau continental languedocien dans le cadre du Golfe du Lion. Analyse comparée des données sismiques, sédimentologiques et radiométriques concernant le Quaternaire récent. *Rev. Géol. dynam. Géogr. phys.*, 17(1), p. 13-22.

Aloïsi J.C., Cauwet G., Gadel F., Got H., Monaco A., Vile F., Causse C., Pagnon M. (1976) - Contribution à l'étude de la sédimentation récente et de la pollution sur le plateau continental du Golfe du Lion entre Fos-sur-Mer et Sète. *Bull. Bur. Rech. Min.*, 4(2), p. 69-83.

Berné S., Carré D., Loubrieu B., Mazé J.P., Normand A. (2002a) - Carte morpho-bathymétrique du Golfe du Lion. IFREMER, Brest (4 cartes bathymétriques à l'échelle 1/100 000).

Berné S., Satra C. et al. (2002b) - Carte morpho-bathymétrique du Golfe du Lion, notice explicative, 48 p. Ed. Ifremer - Région Languedoc-Roussillon.

Chihi H. (1997) - Modélisation 3D des unités stratigraphiques et simulation des faciès sismiques de la marge du Golfe du Lion. Thèse Université de Paris VI, 377 p.

Chihi H., Galli A., Ravenne C., Tesson M., de Marsily G. (2000) - Estimating the depth of stratigraphic units from marine seismic profiles using nonstationary geostatistics. *Nat. Res. Res.*, vol. 9, n° 1, p. 77-95.

Durand N., Berné S., Boyer J., Carbonnel P., Choppin L., Gensous B., Guennoc P., Labaune C., Lenôtre N., Satra C., Tesson M. (2004) - Entretien des littoraux en érosion par l'utilisation de dépôts sableux marins : inventaire des données existantes pour le Golfe du Lion. Rapport de phase A du Programme INTERREG III-B MEDOCC – Projet BEACHMED. BRGM/RP-52777-FR, 138 p.

Gensous B. (1995) - Analyse en stratigraphie séquentielle des dépôts transgressifs et de haut niveau associés à des cycles haute fréquence : les dépôts postglaciaires sur la plate-forme du Rhône. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Perpignan, 55 p.

Gensous B., Tesson M. (1997) - Postglacial deposits of the Rhone shelf : stratigraphic organisation and growth pattern. *C.R. Acad. Sci, Series IIA – Earth and Planetary Sciences*, 325(9), p. 695-701.

Gensous B., Tesson M. (2003) - L'analyse des dépôts postglaciaires et son application à l'étude des séquences de dépôt du Quaternaire terminal sur la plate-forme au large du Rhône (Golfe du Lion). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 174(4), p. 401-419.

Labaune C., Jouet G., Berné S., Gensous B., Tesson M. (soumis) – Seismic stratigraphy of the glacial deposits of the Rhône prodelta and of the adjacent shelf. *Mar. Geol.*

Lobo-Sanchez F. (2000) - Estratigrafia de alta resolucion y cambios del nivel del mar durante el cuaternario del margen continental del Golfo de Cadiz (Espana) y del Roussillon (Francia) : estudio comparativo. Tesis Doctoral, Universidad Cadiz, 618 p.

Lobo-Sanchez F., Tesson M., Gensous B. (accepté) - Late Quaternary regressive - transgressive cycles in the Roussillon shelf (SW Gulf of Lion, France). *Marine and Petroleum Geology*.

Rabineau M. (2001) - Un modèle géométrique et stratigraphique des séquences de dépôt quaternaires sur la marge du Golfe du Lion : enregistrement des cycles climatiques de 100 000 ans. Thèse 3ème cycle, Université de Rennes I, 455 p.

Rabineau M., Berné S., Ledrezen E., Lericolais G., Marrset T., Rotunno M. (1998) - 3D architecture of lowstand and transgressive Quaternary sand bodies on the outer shelf of the Gulf of Lion, France. *Marine and Petroleum Geology*, 15, p. 439-452.

Satra C., Boyer J., Labaune C., Tesson M., Gensous B., Berné S. (2004) - Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion - Phase B : synthèse des données sur les Ateliers Potentiellement Exploitable – Partie 1 : Présentation des données. Rapport préliminaire, IFREMER-BDSI.

Tesson M. (1996) - Contribution à la connaissance de l'organisation stratigraphique des dépôts d'une marge siliciclastique. Etude de la plate-forme continentale du Golfe du Lion. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Perpignan, 110 p., 159 fig.

Tesson M., Gensous B. (1998) - L'enregistrement des cycles climatiques et eustatiques quaternaires de marges récentes du bassin Nord-Méditerranéen. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 326, p. 121-127.

Tesson M., Gensous B., Naudin J.J., Chaignon V., Bresoli J. (1998) - Carte morpho-bathymétrique de la plate-forme du Golfe du Lion : un outil pour la

reconnaissance et l'analyse des modifications environnementales récentes. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 327, p. 541-547.

Tesson M., Posamentier H.W., Gensous B. (2000) - Stratigraphic organization of Late Quaternary deposits of the Western part of the Golfe du Lion shelf (Languedoc shelf), Western Mediterranean Sea, using high resolution seismic and core data. *Amer. Ass. Petroleum Geol. Bull.*, vol. 84, n° 1, p. 119-150.

Annexe 1

Coupes et logs détaillés, APE Nord

Cette annexe contient les coupes réalisées dans l'APE Nord, ainsi que les logs détaillés de chaque coupe. Les classes granulométriques sont données à partir de descriptions visuelles. Cette annexe contient les coupes suivantes :

- Coupe 1
- Coupe 2
- Coupe 3
- Coupe 4
- Coupe 5-1
- Coupe 5-2

Coupe 1

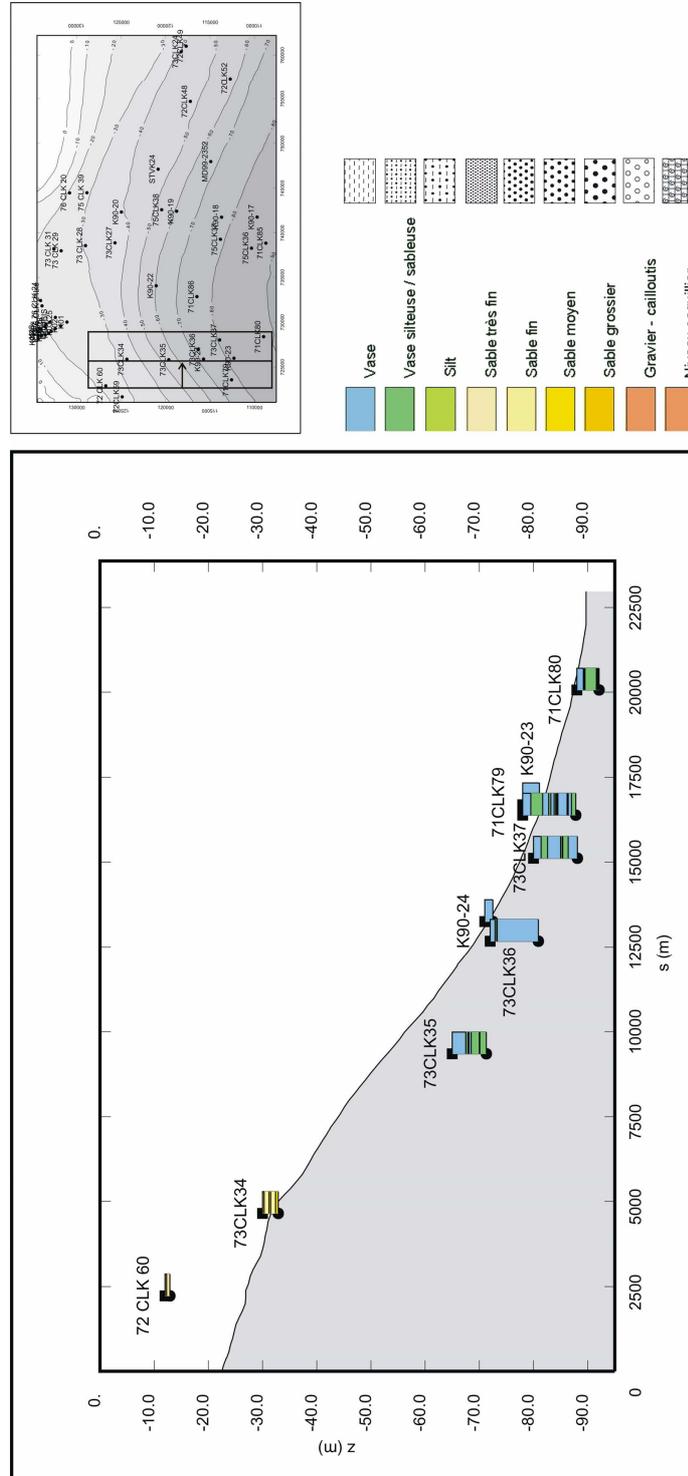
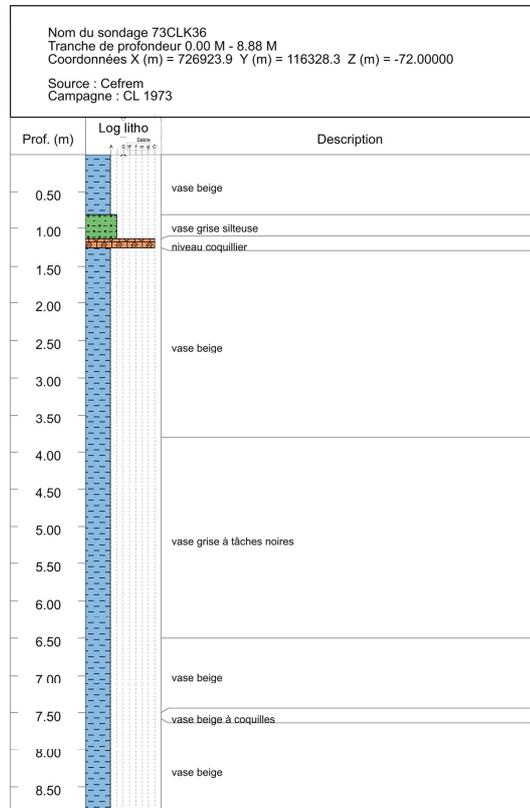
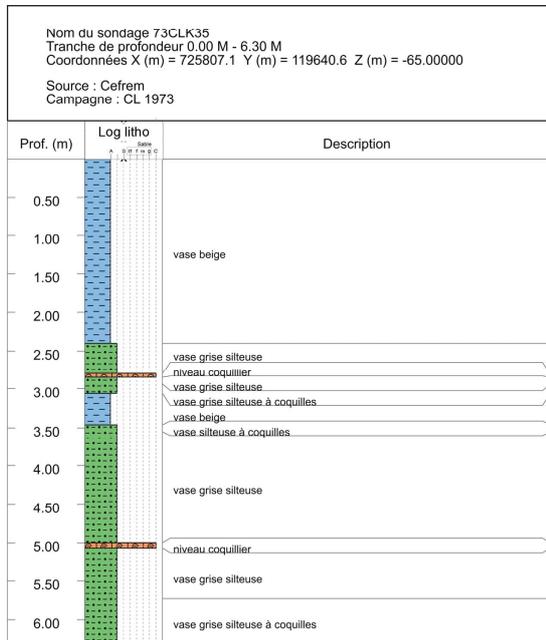
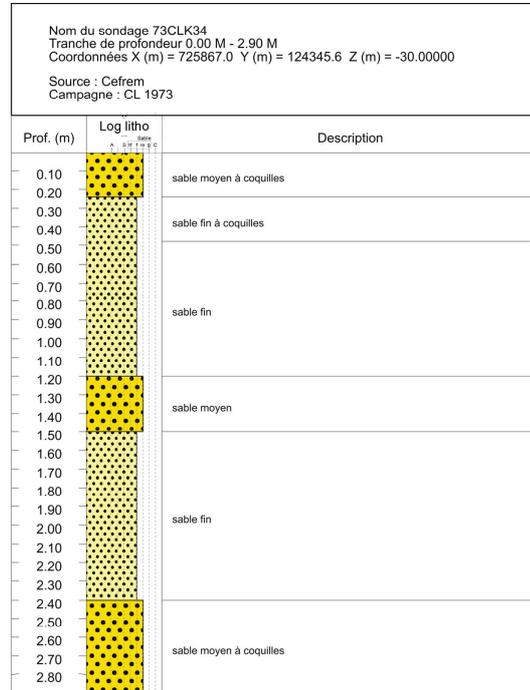
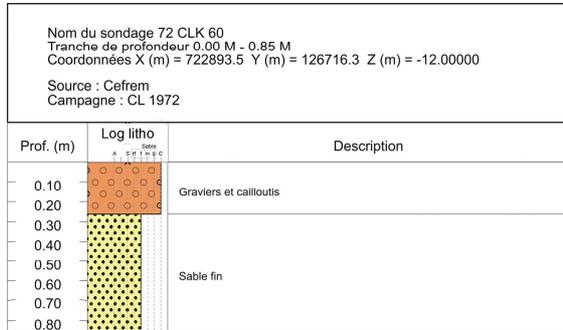
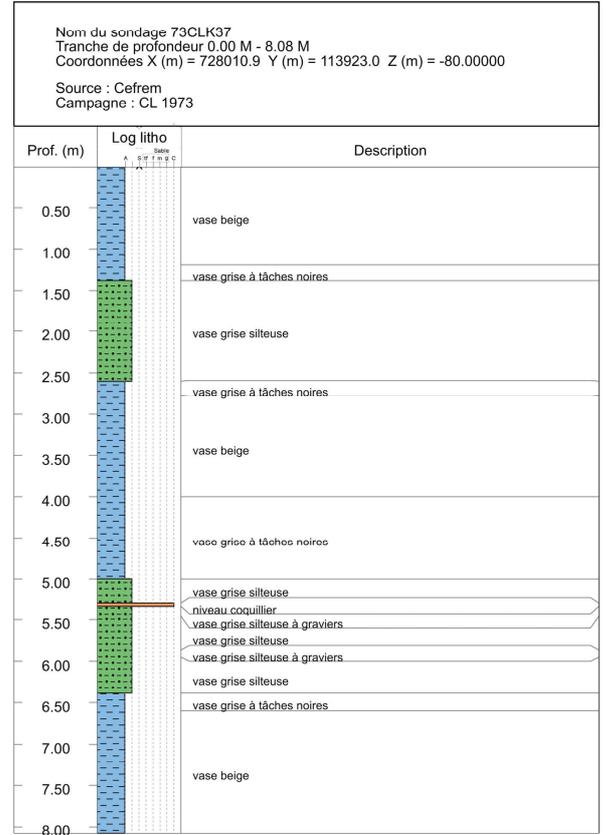
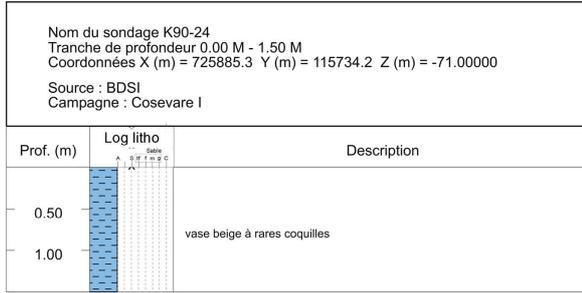


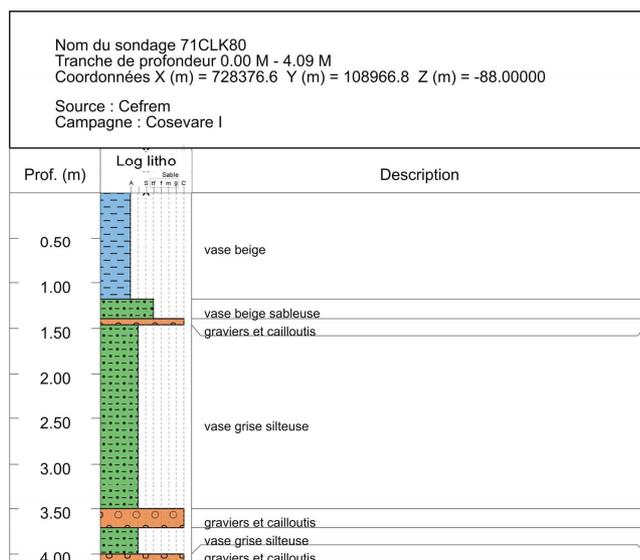
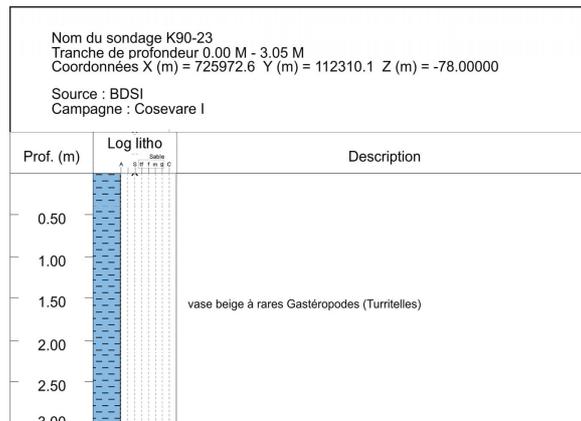
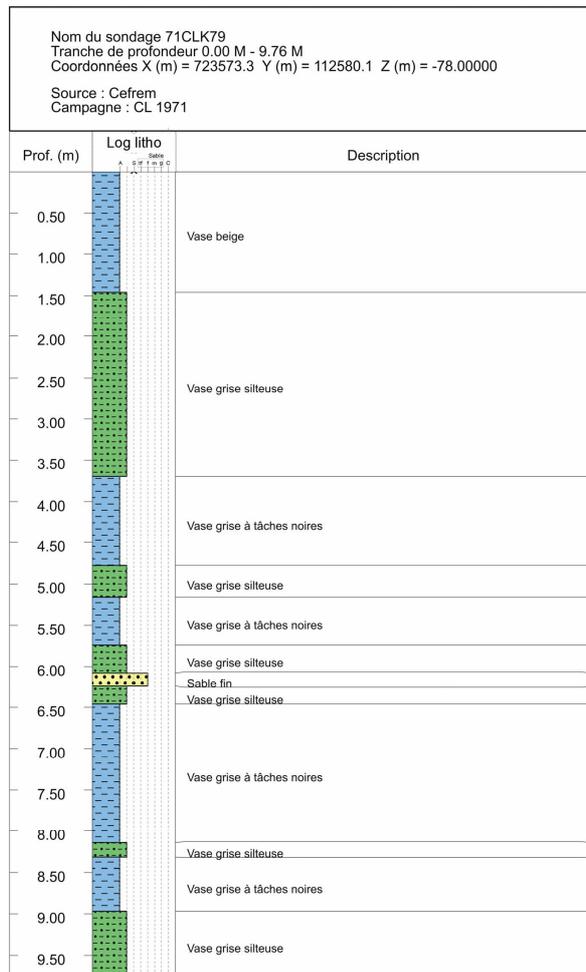
Fig. A1 - 1 – Coupe 1

Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II





Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II



Coupe 2

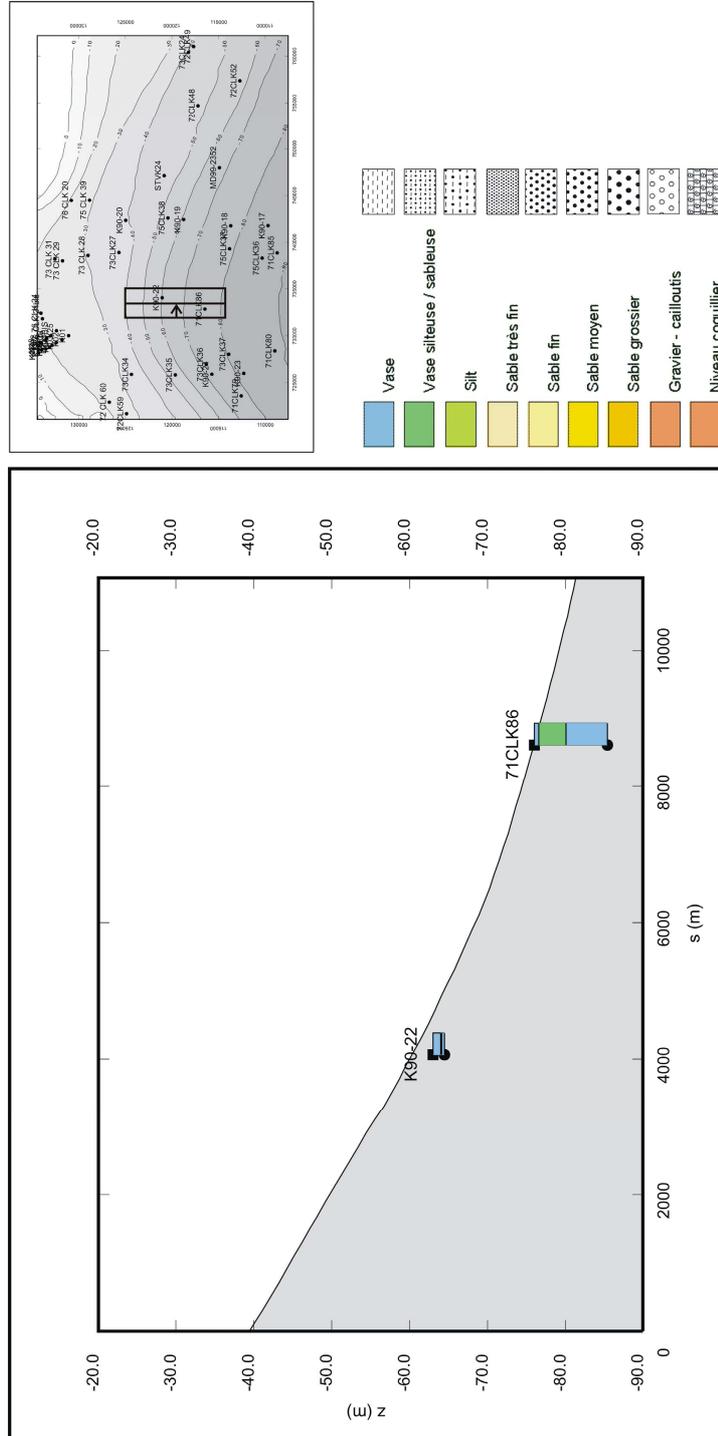
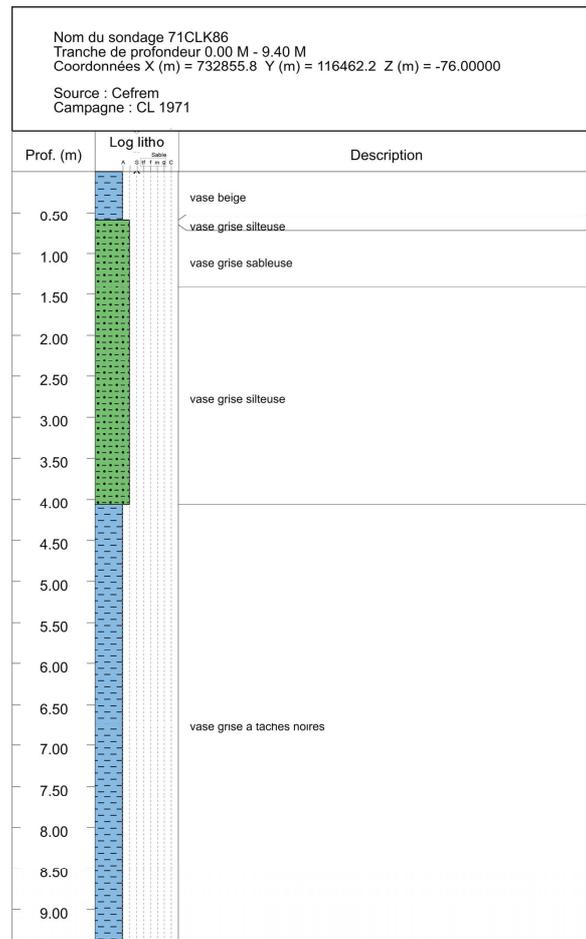
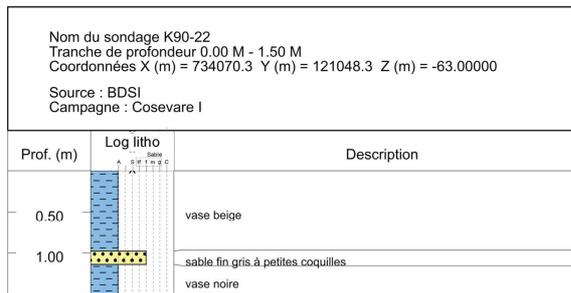


Fig. A1 - 2 – Coupe 2.



Coupe 3

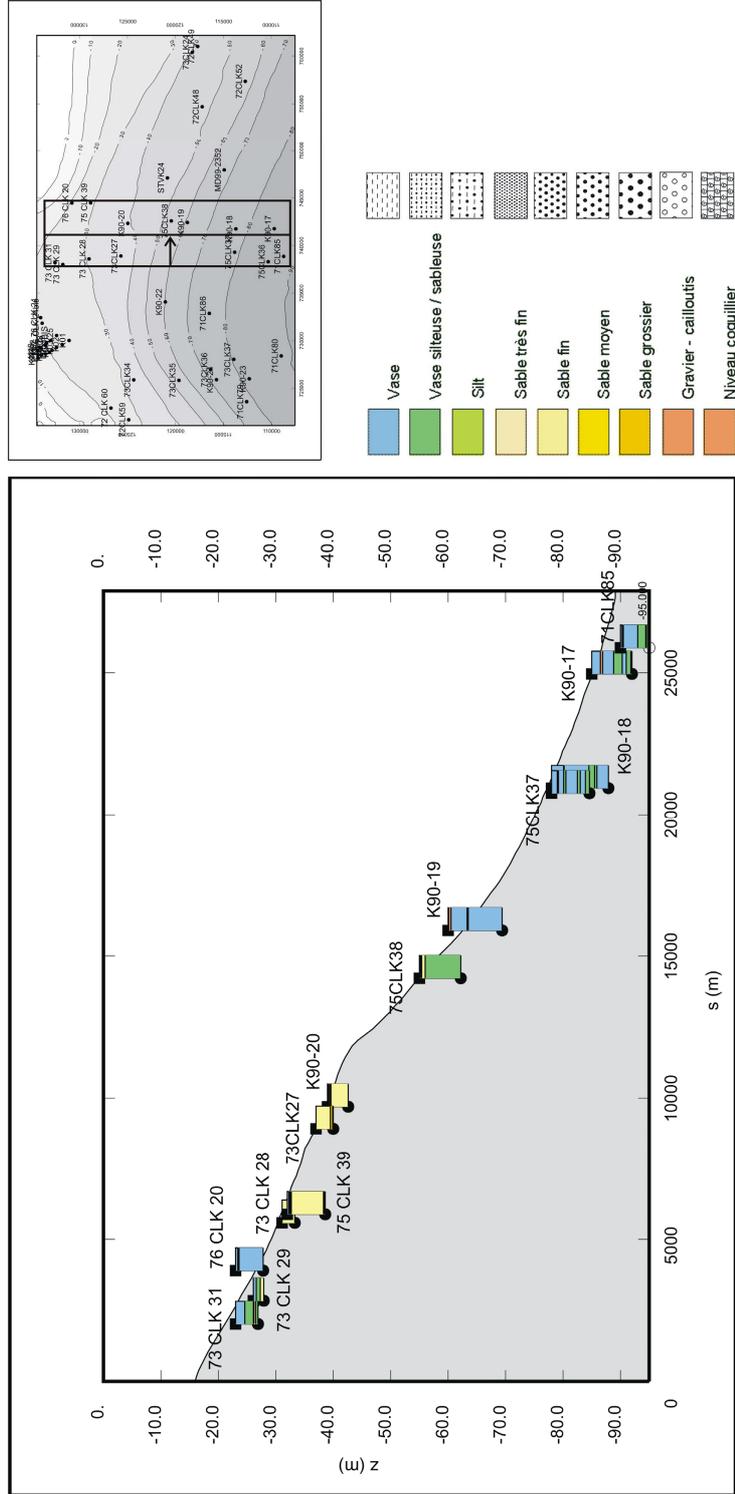
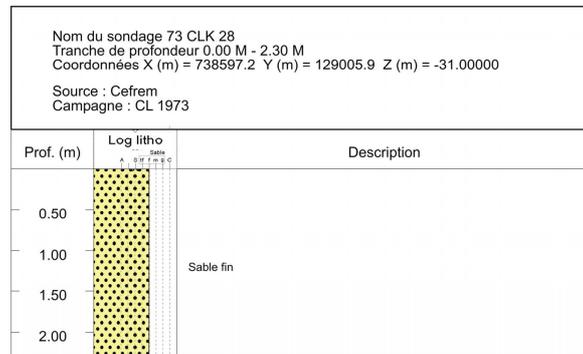
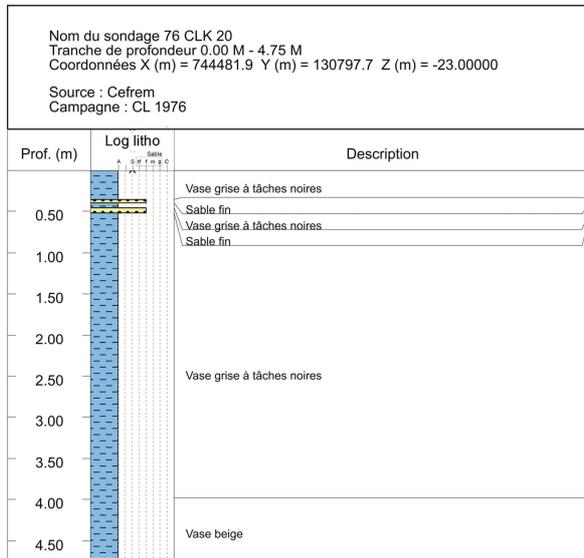
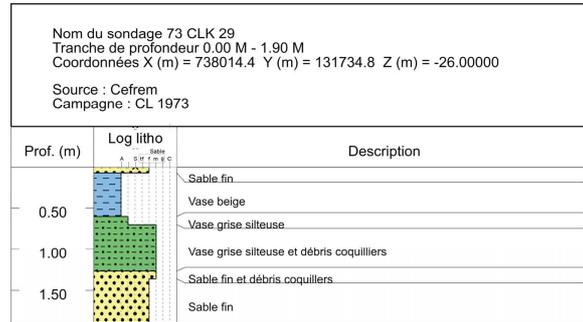
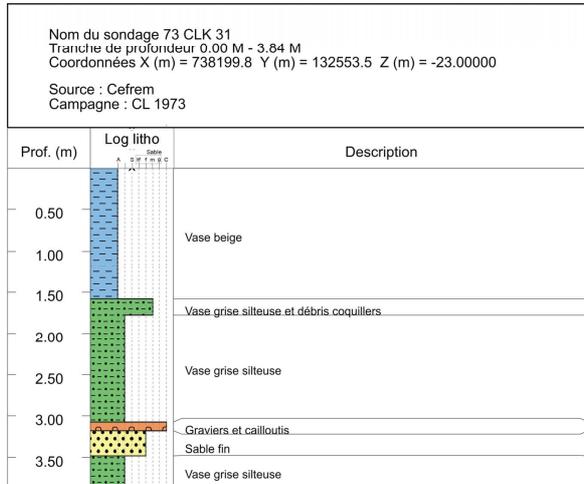
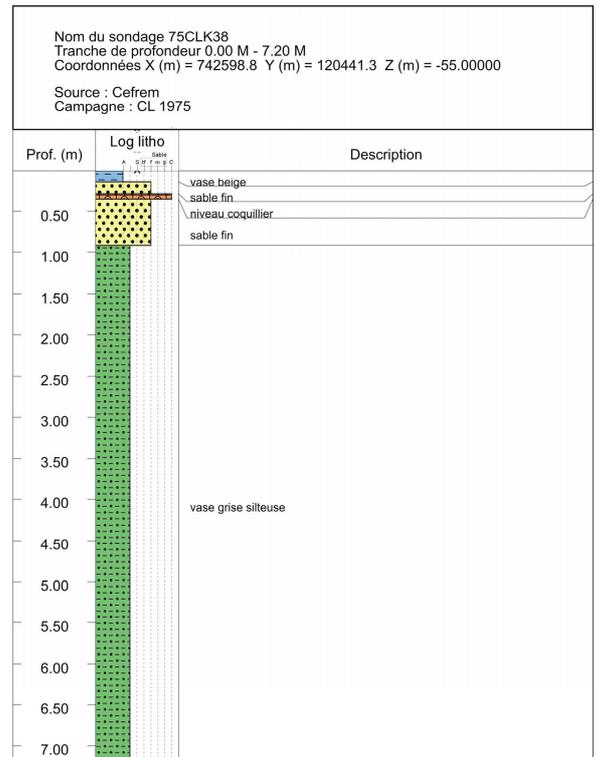
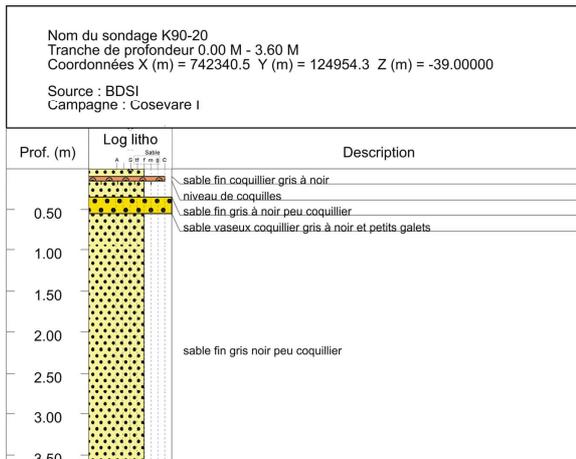
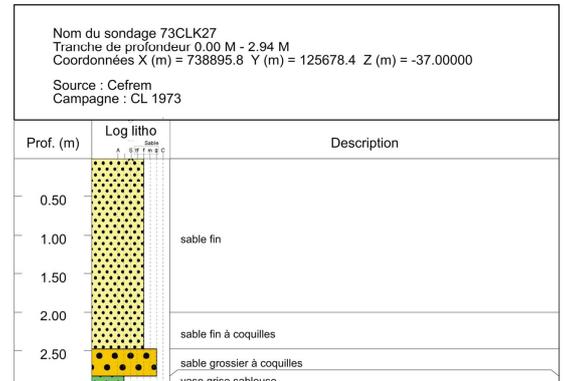
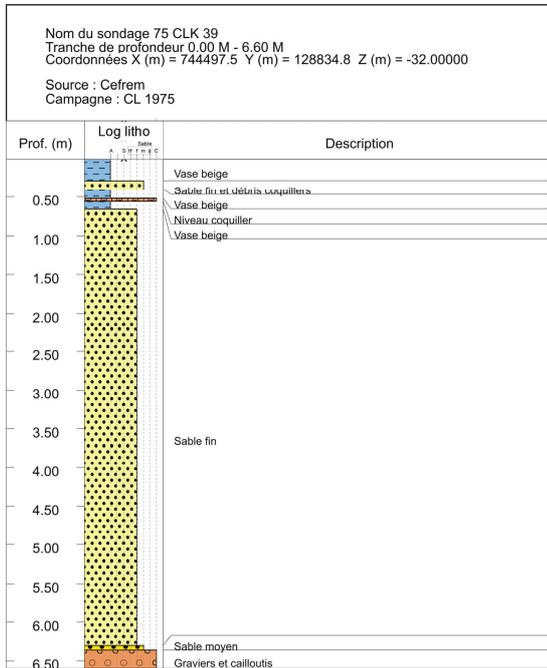


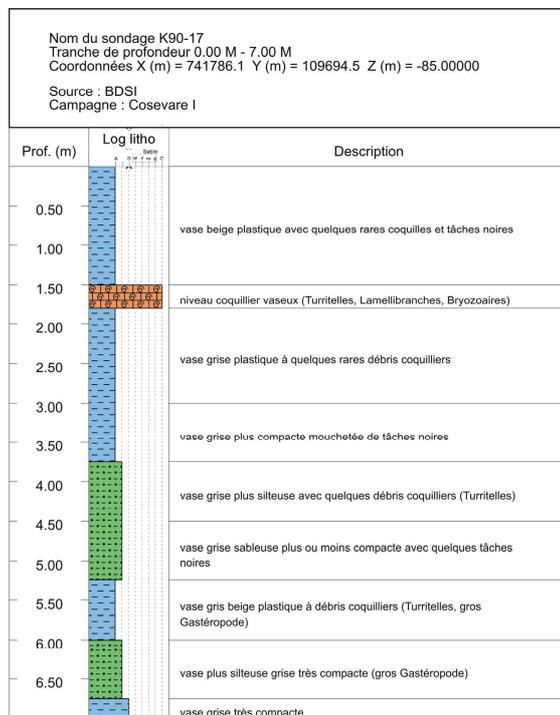
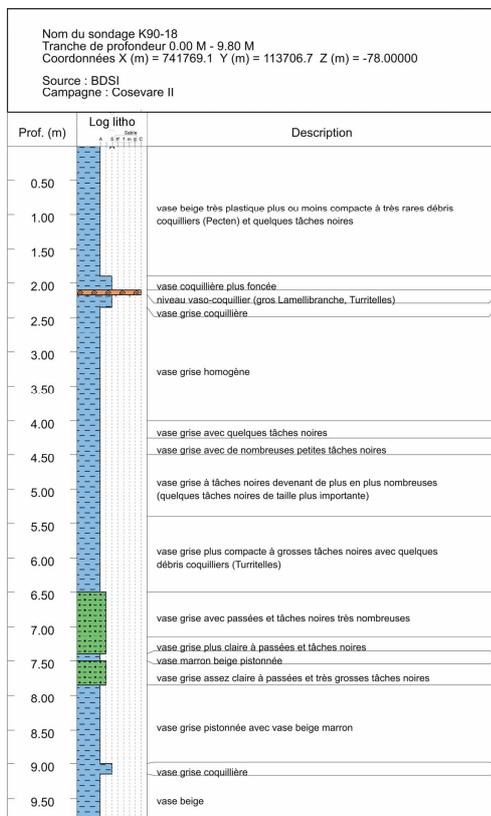
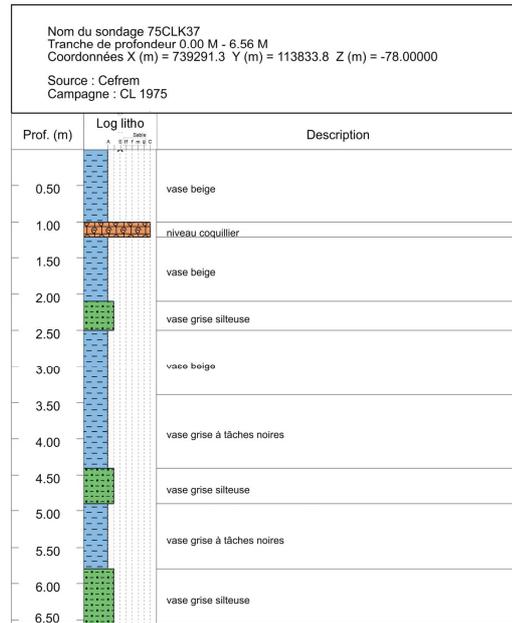
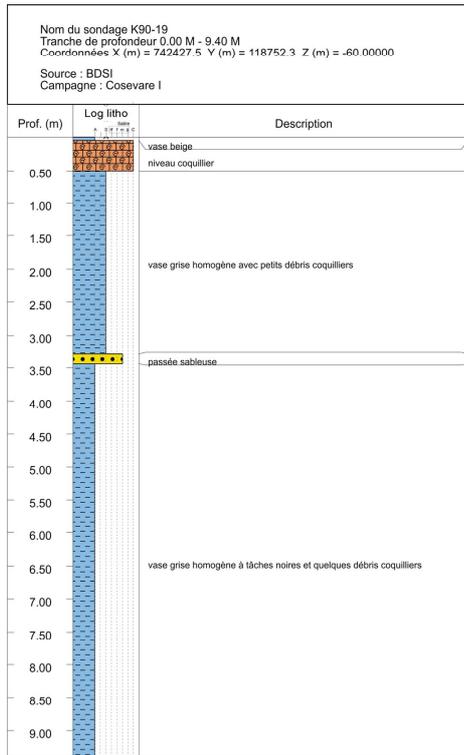
Fig. A1 3 – Coupe 3

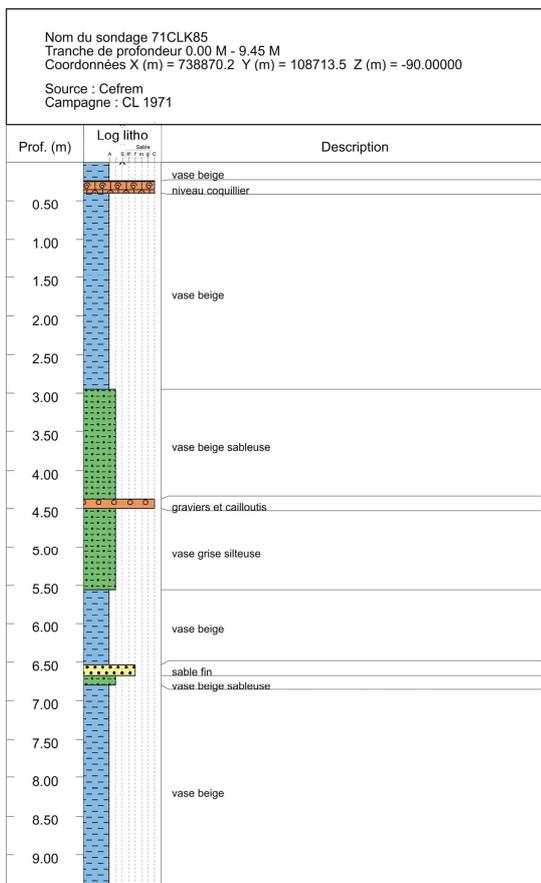
Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II





Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II





Coupe 4

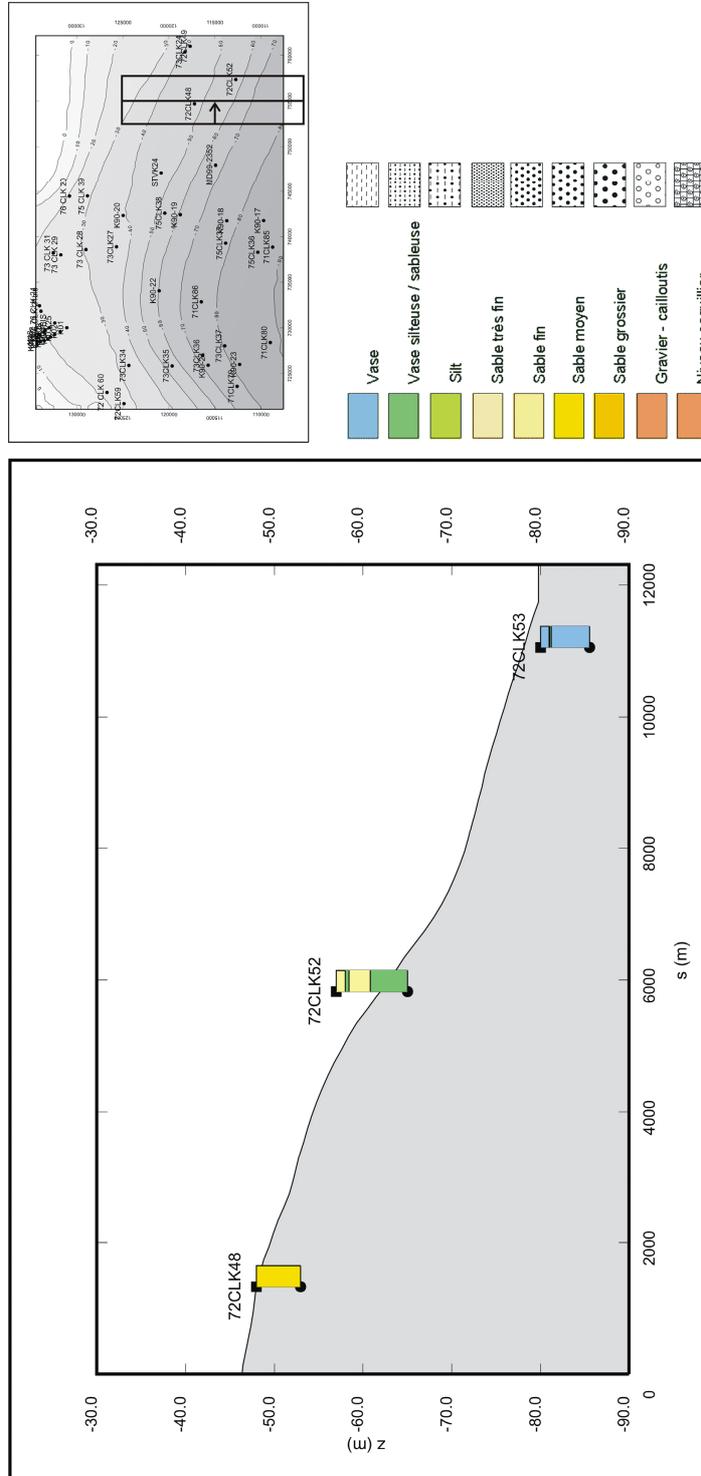
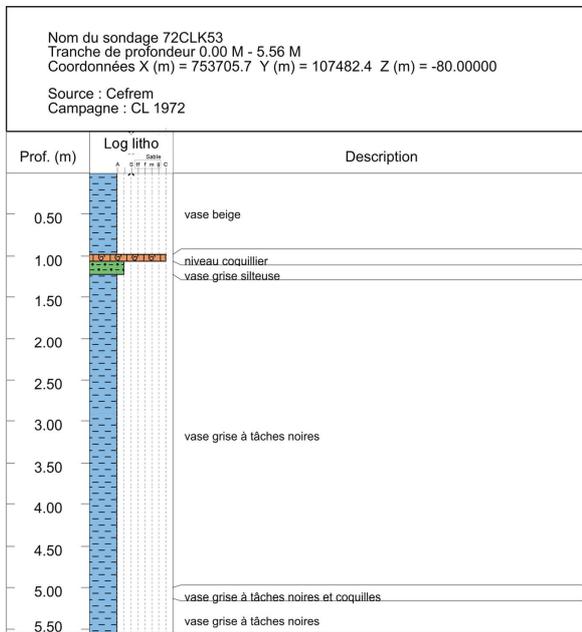
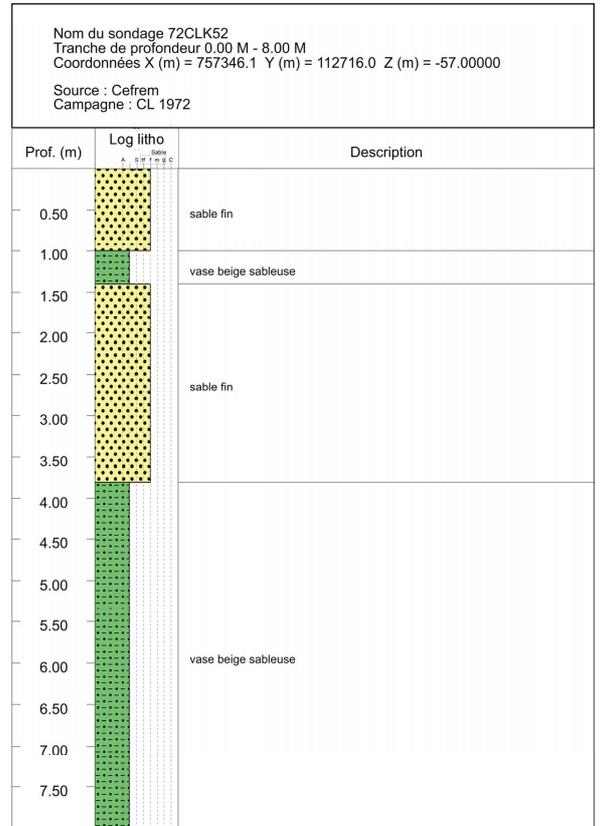
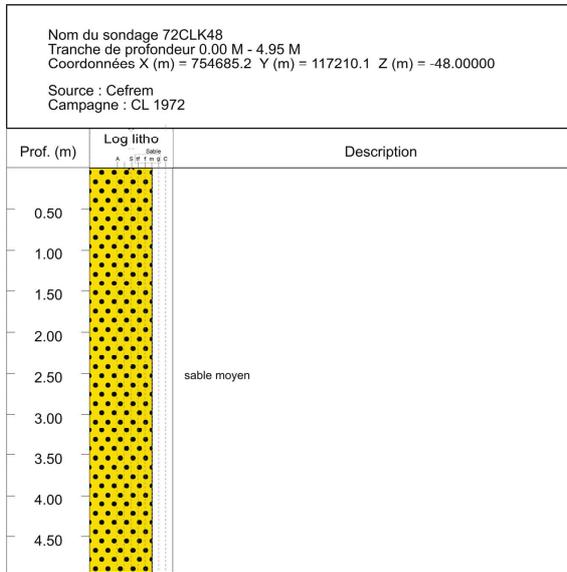


Fig. A1 – 4 – Coupe 4.



Coupe 5-1

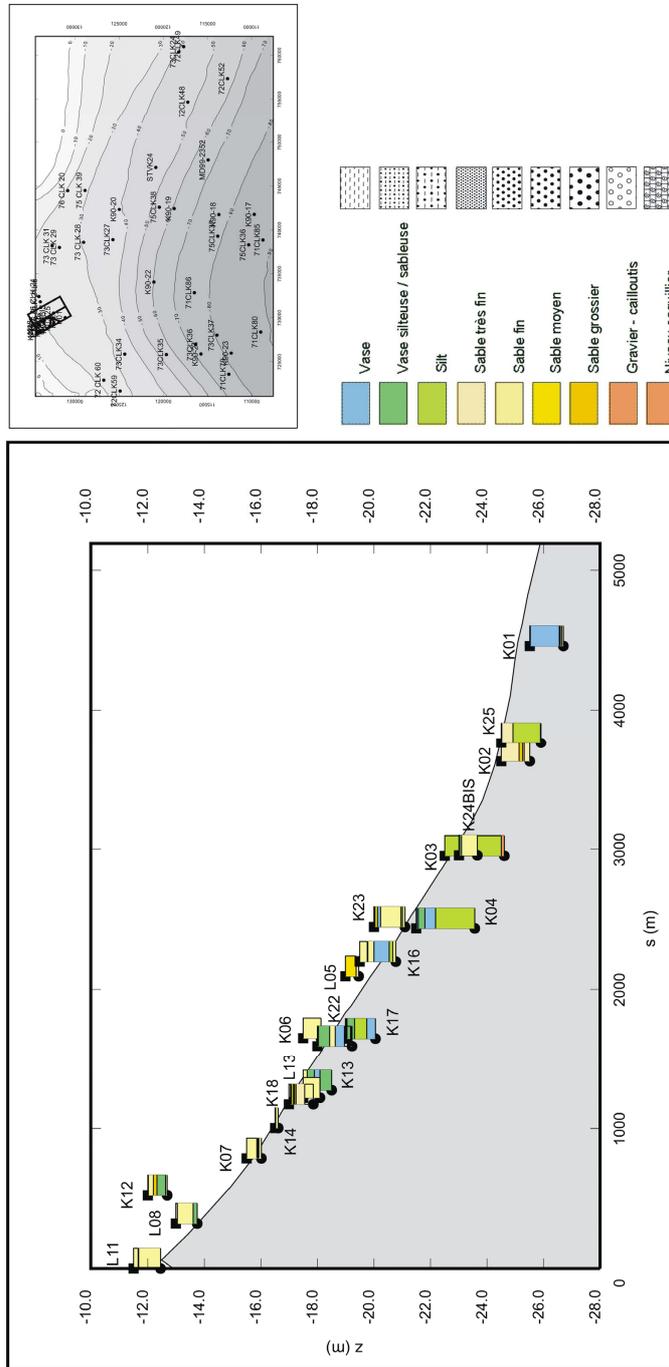
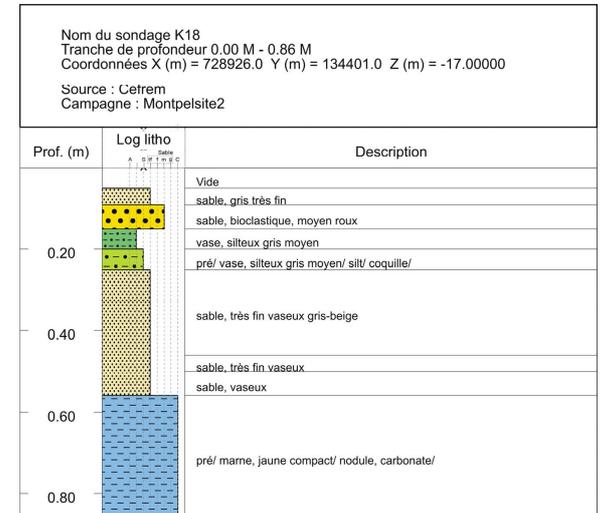
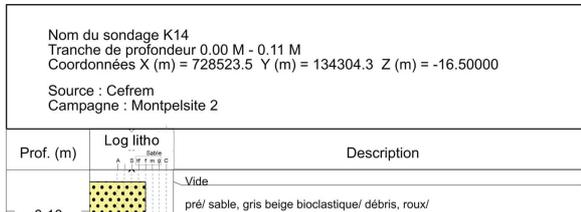
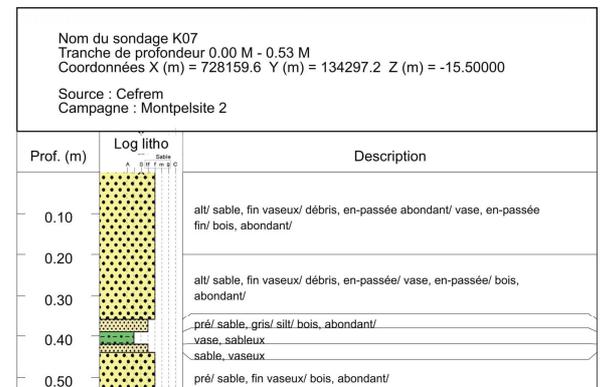
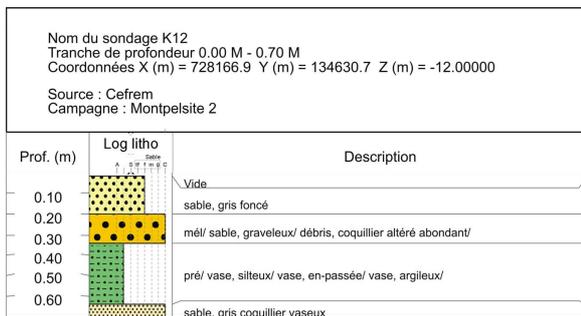
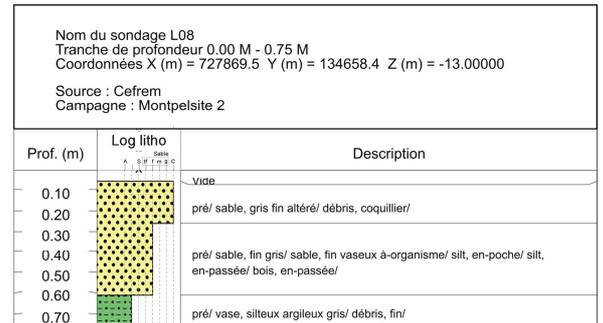
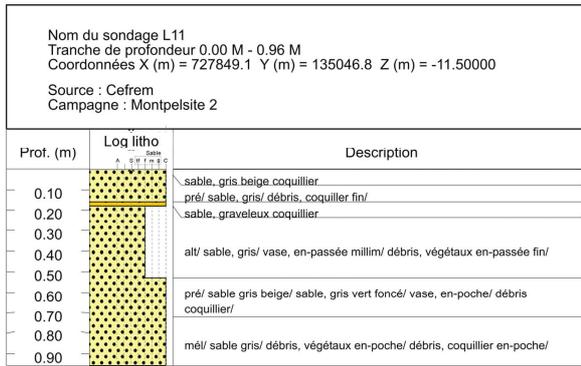
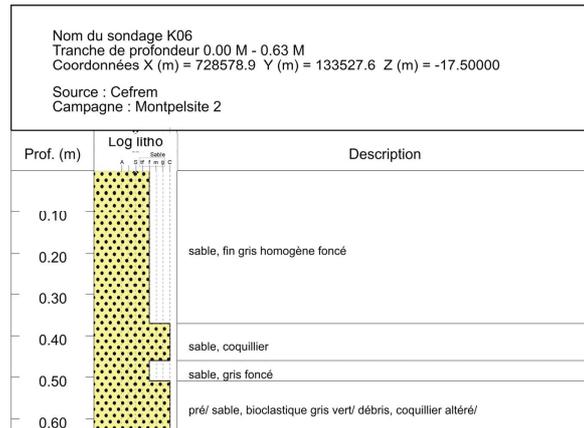
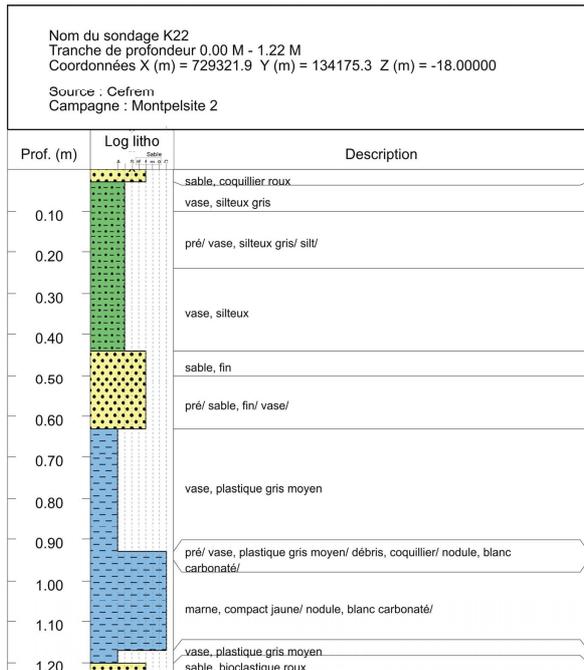
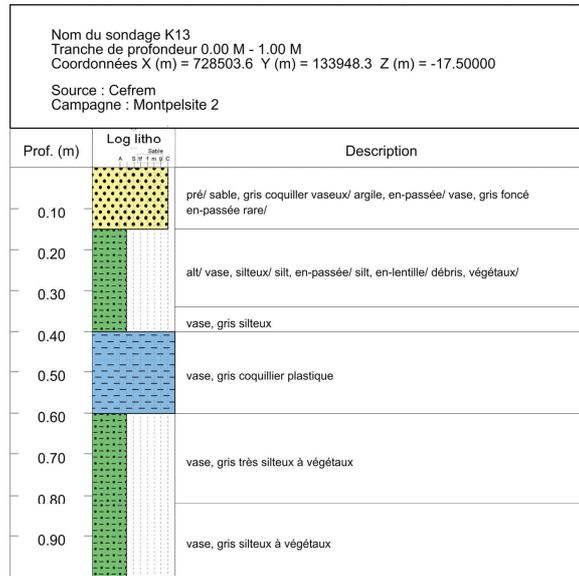
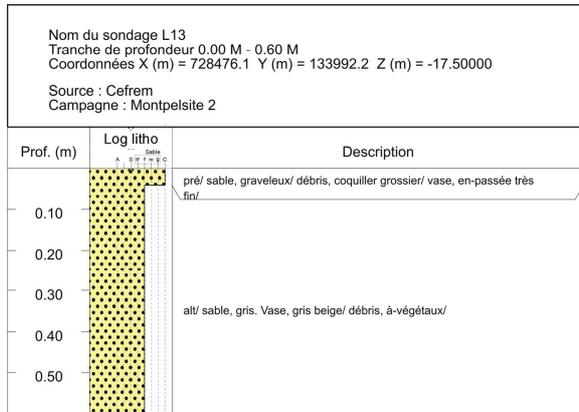
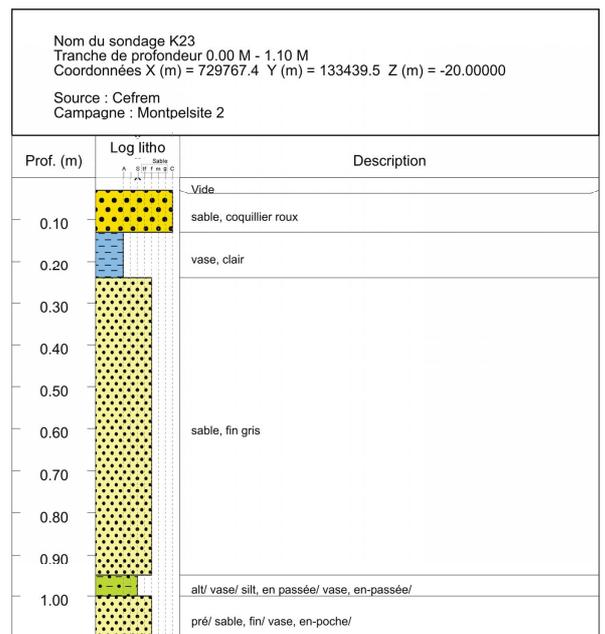
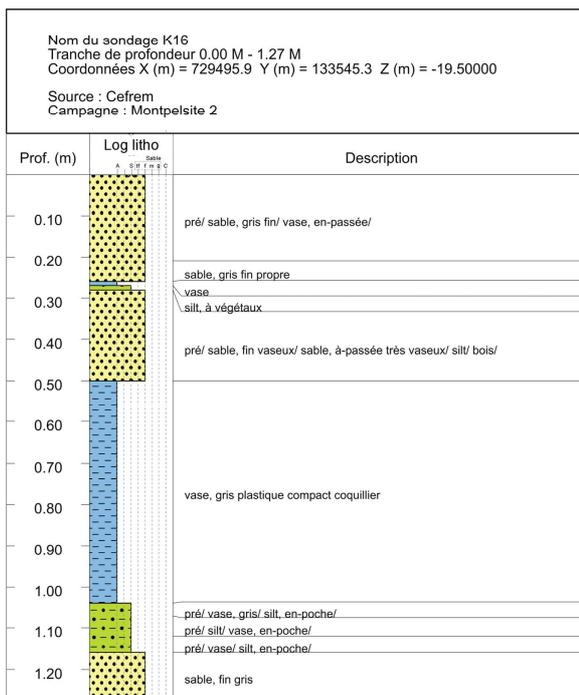
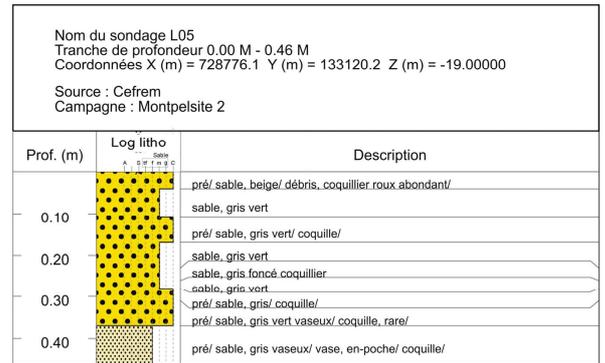
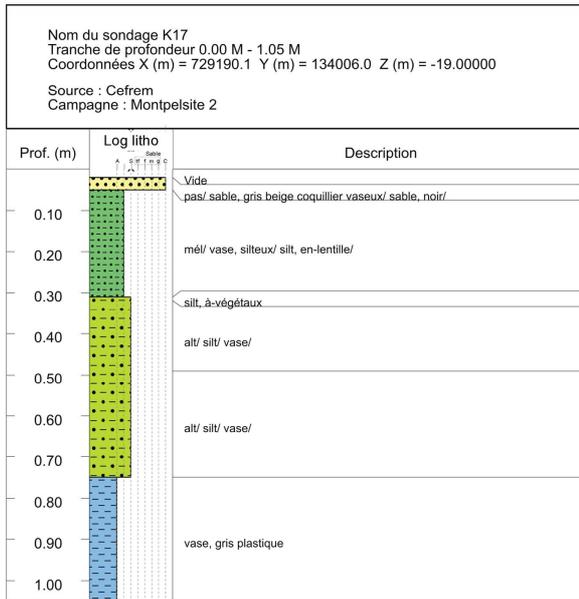


Fig. A1 - 5 – Coupe 5-1

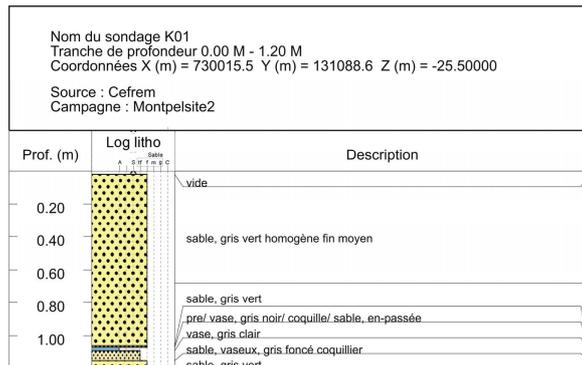
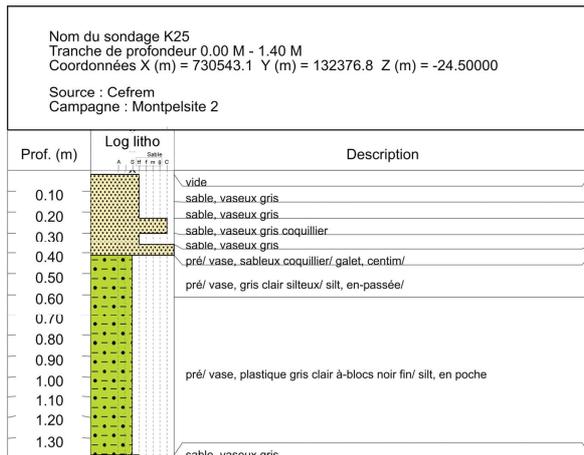
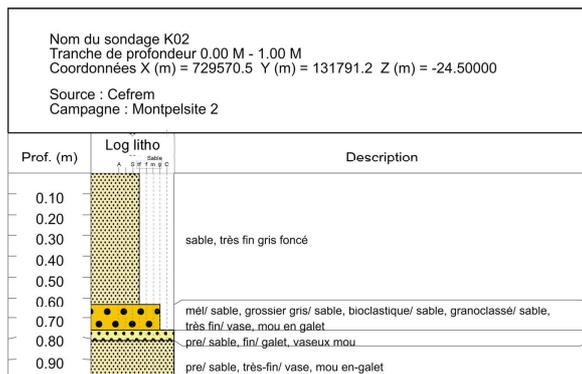
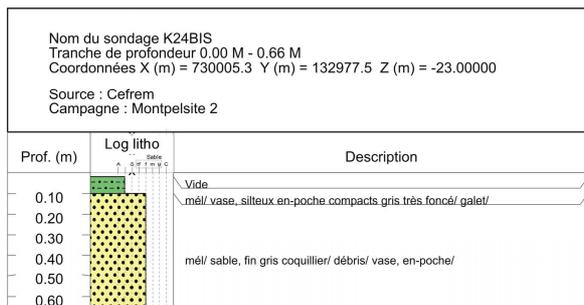
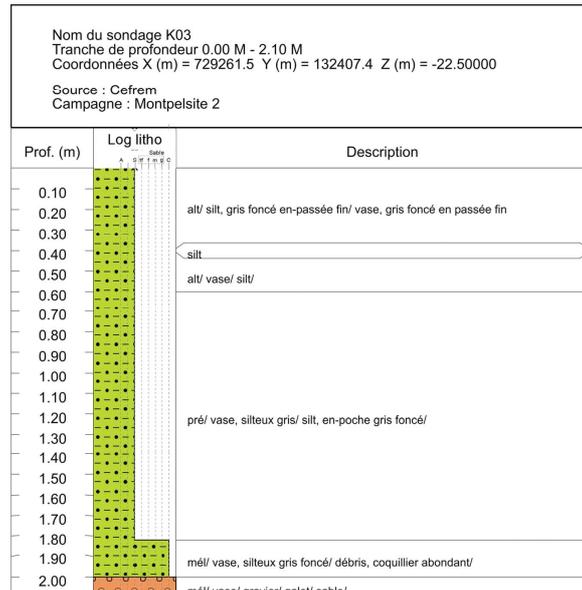
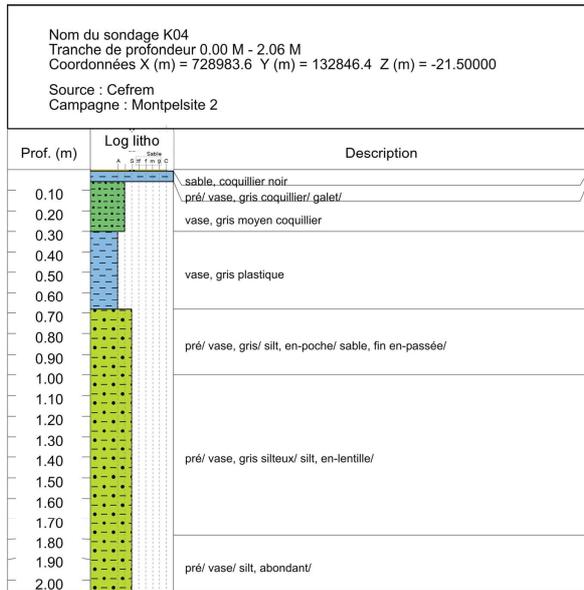


Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II





Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II



Coupe 5-2

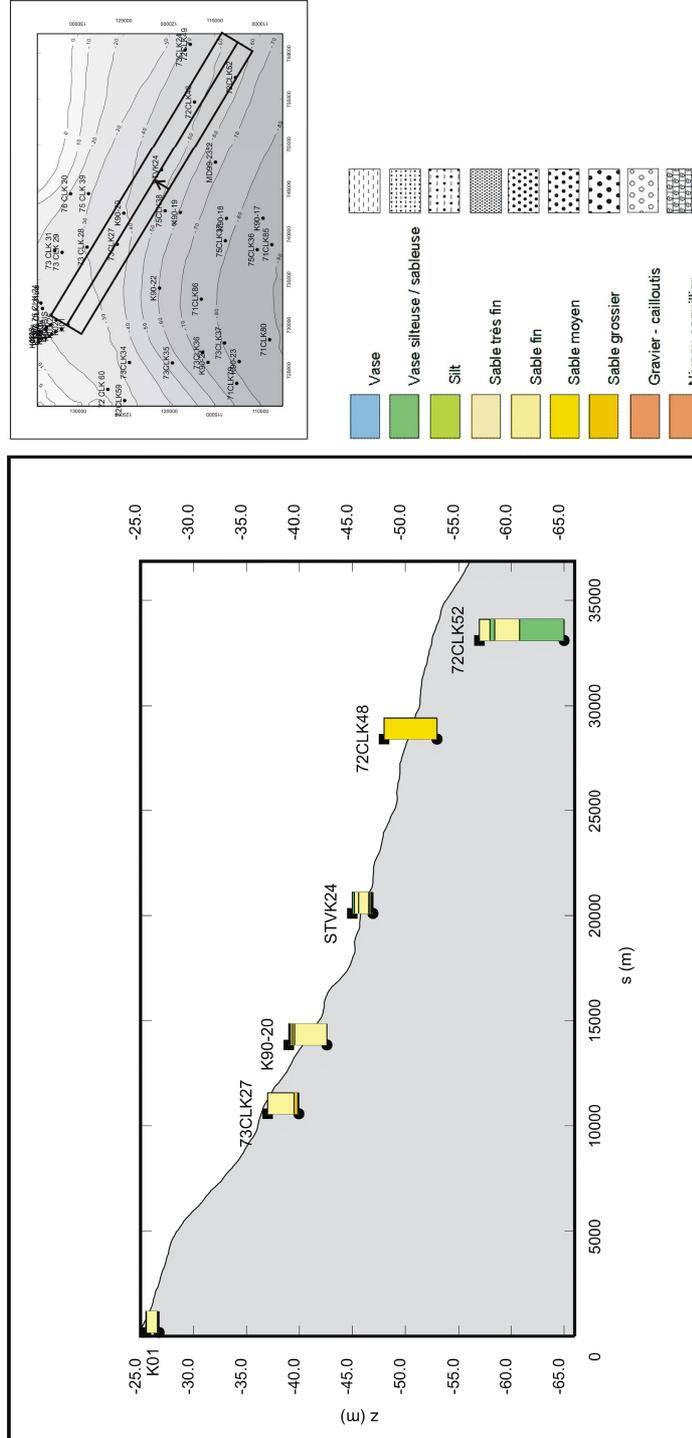
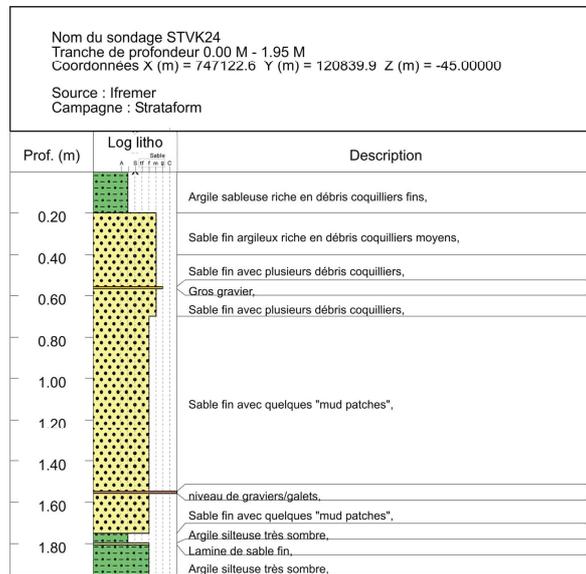
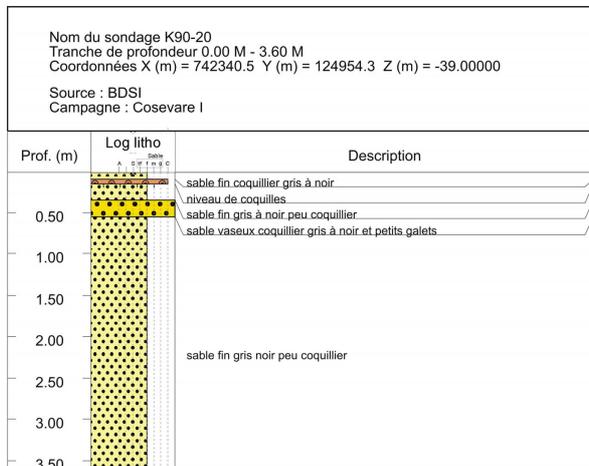
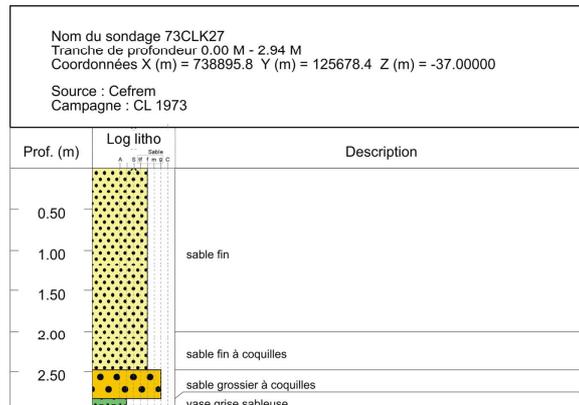
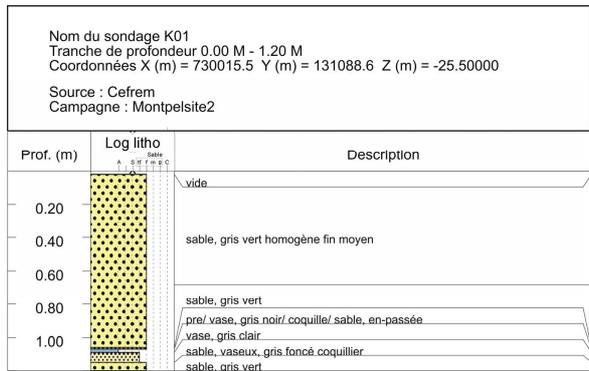
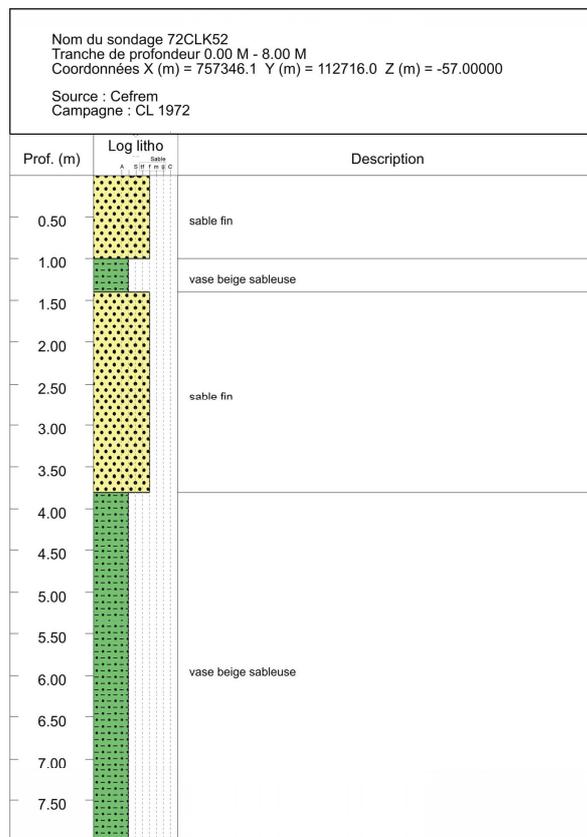
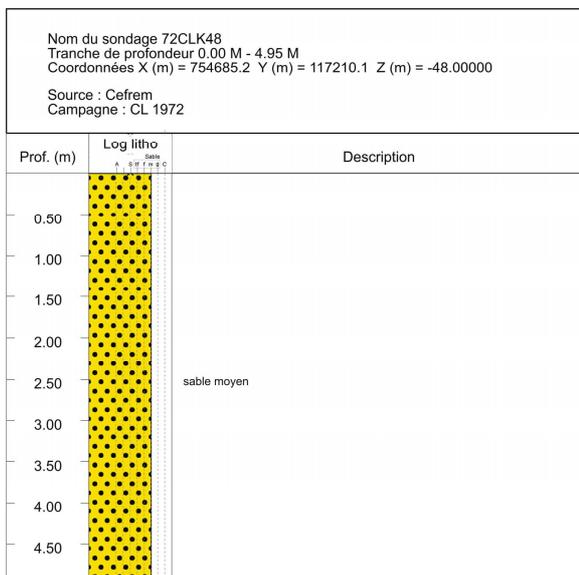


Fig. A1 - 6 – Coupe 5-2

Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II





Annexe 2

Coupes et logs détaillés, APE Sud

Cette annexe contient les coupes réalisées dans l'APE Sud, ainsi que les logs détaillés de chaque coupe. Les classes granulométriques sont données à partir de descriptions visuelles. Cette annexe contient les coupes suivantes :

- Coupe 1
- Coupe 2

Coupe 1

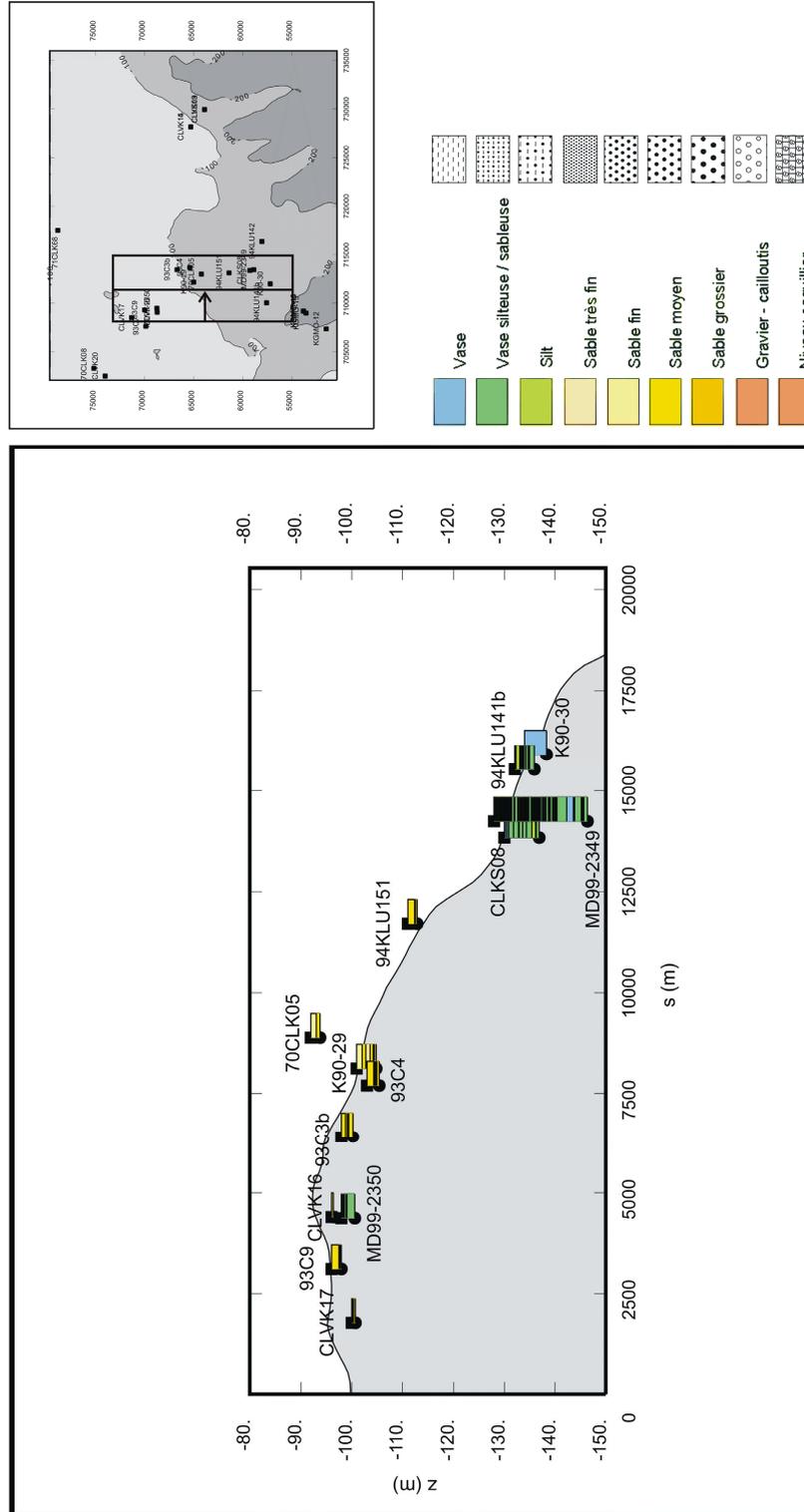
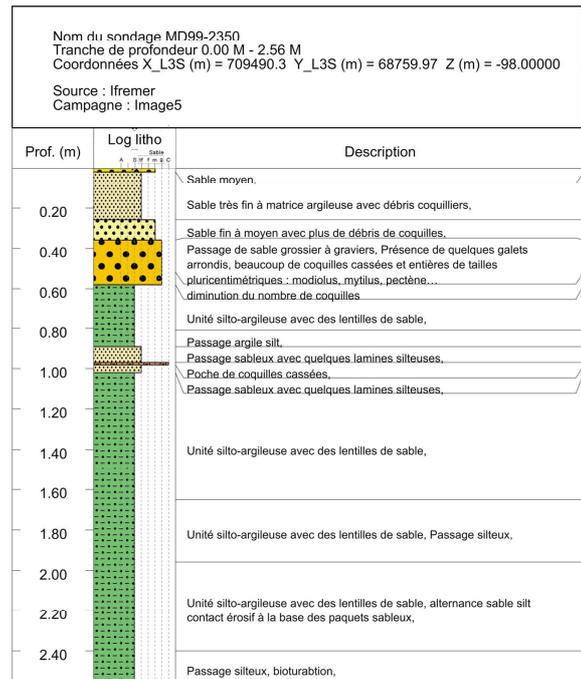
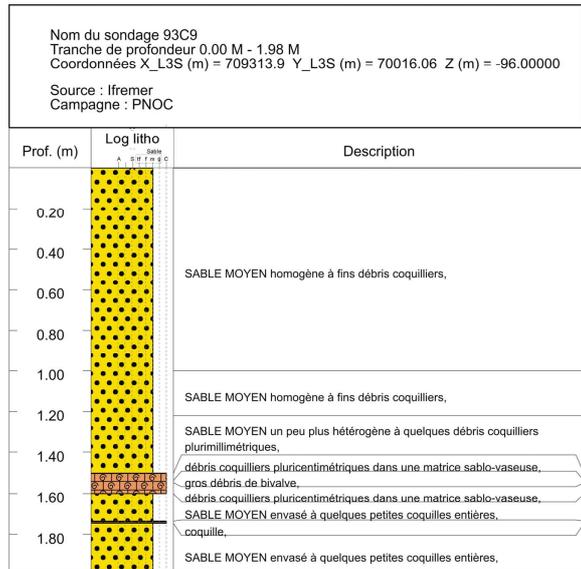
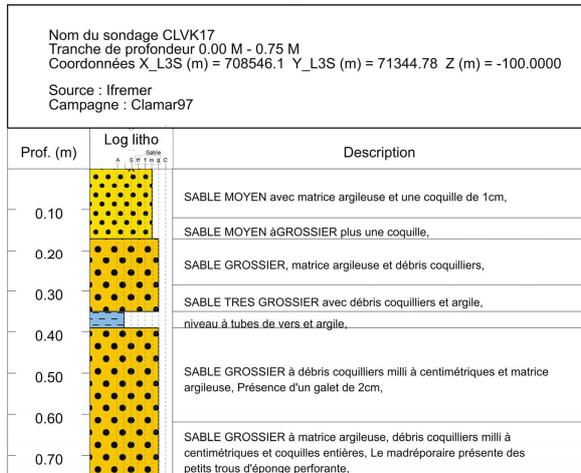
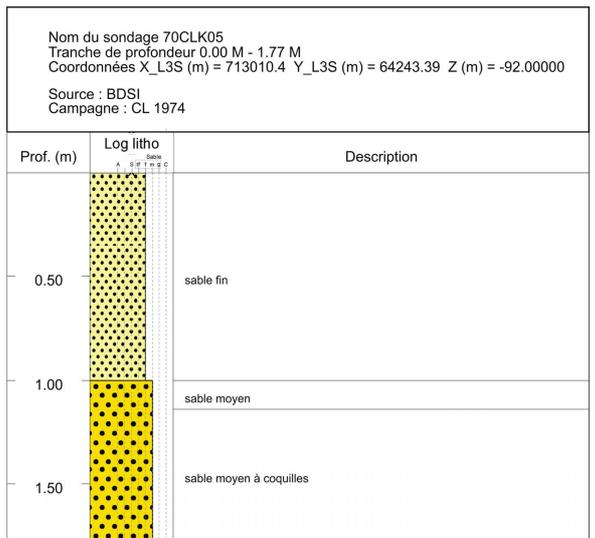
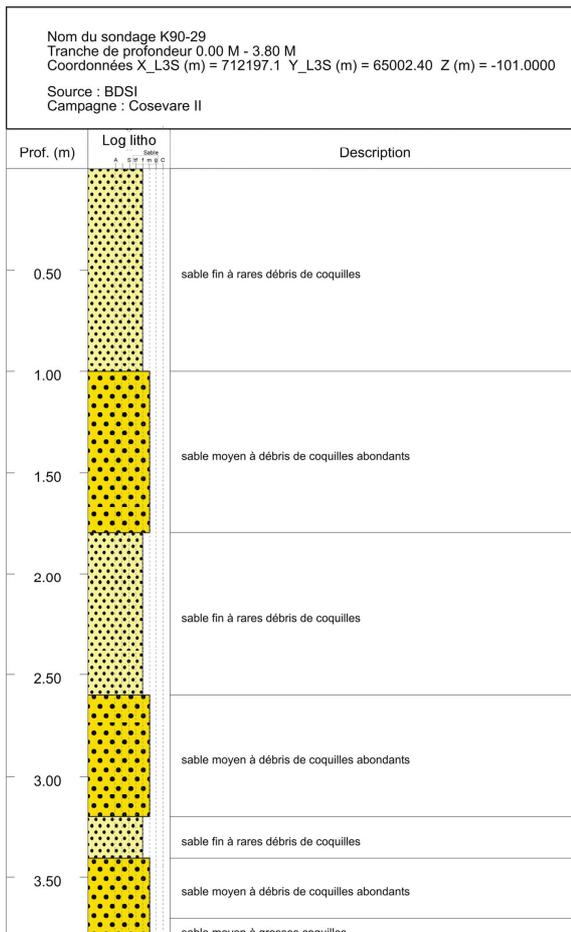
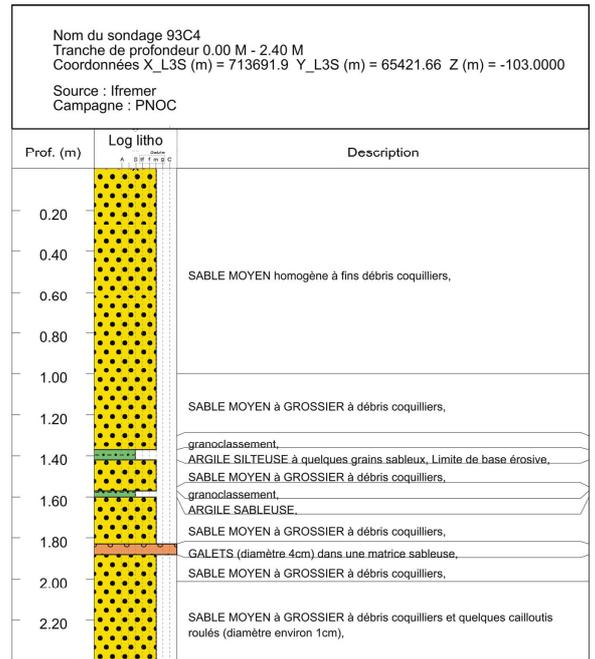
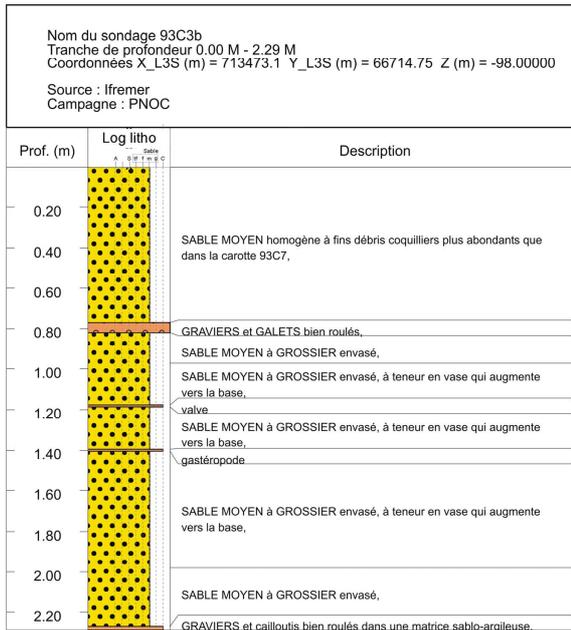


Fig. A2 - 1 – Coupe 1

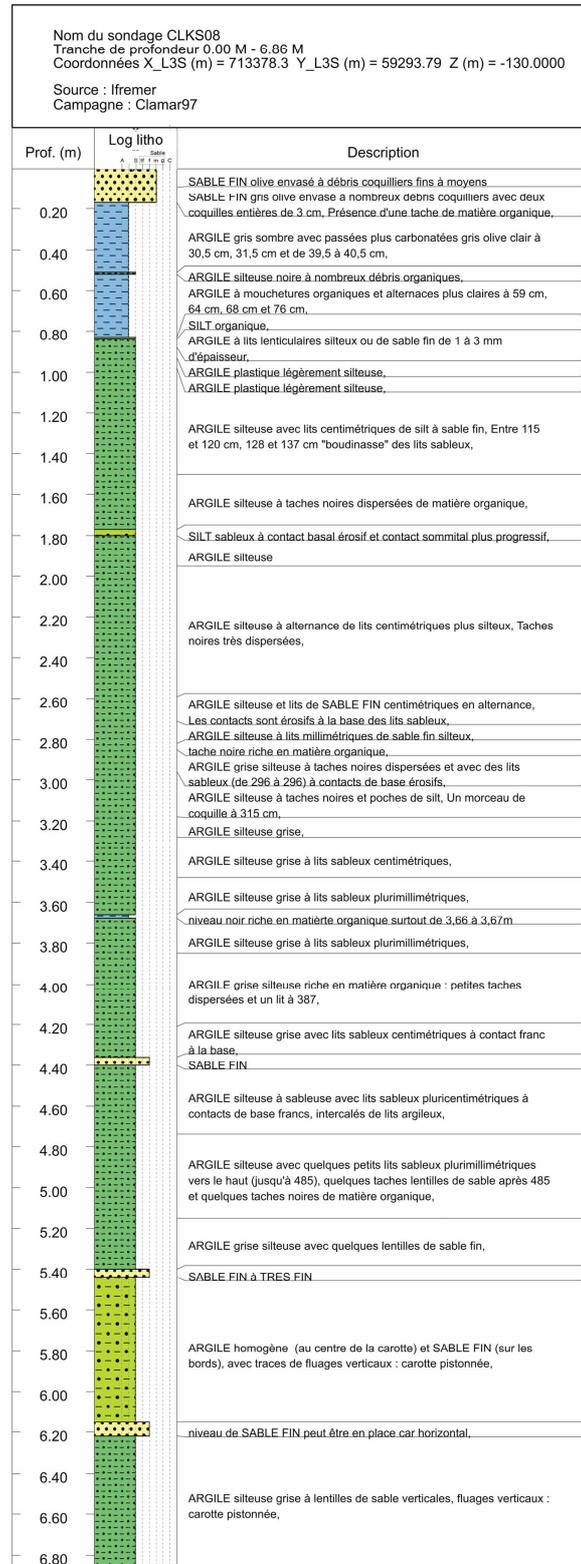
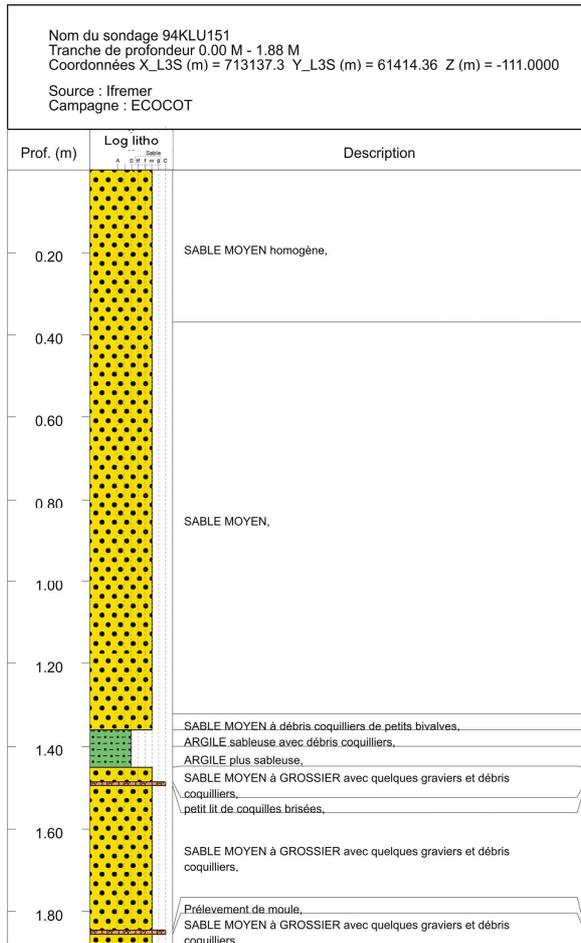
Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II

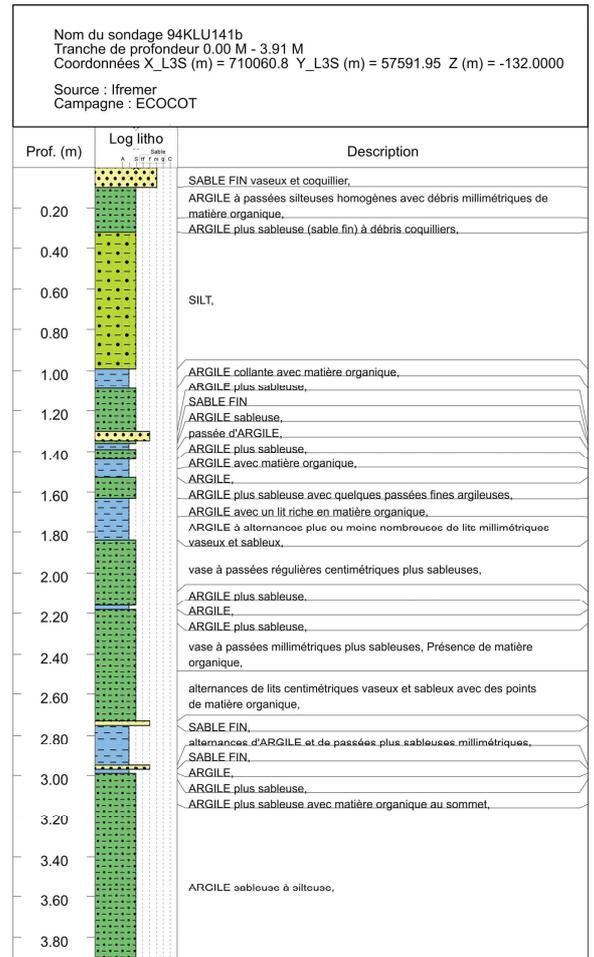
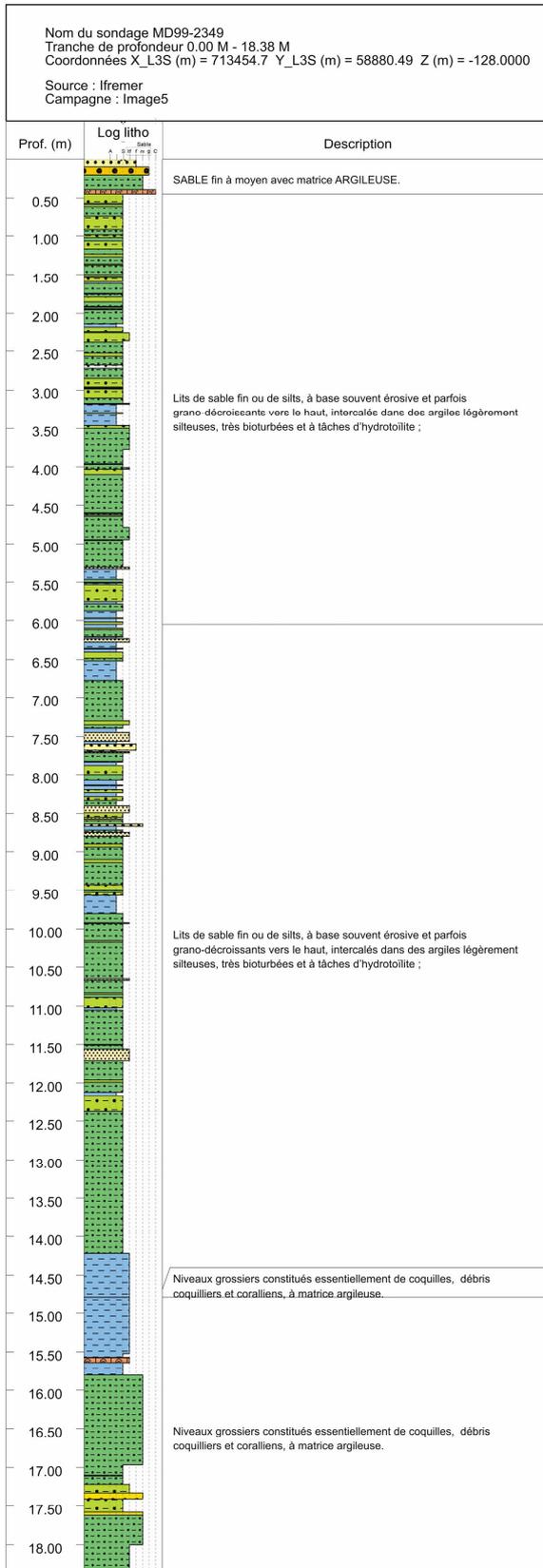


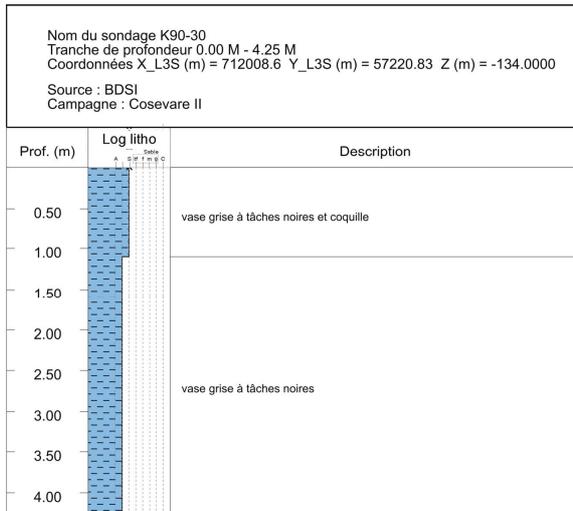
Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II



Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II







Coupe 2

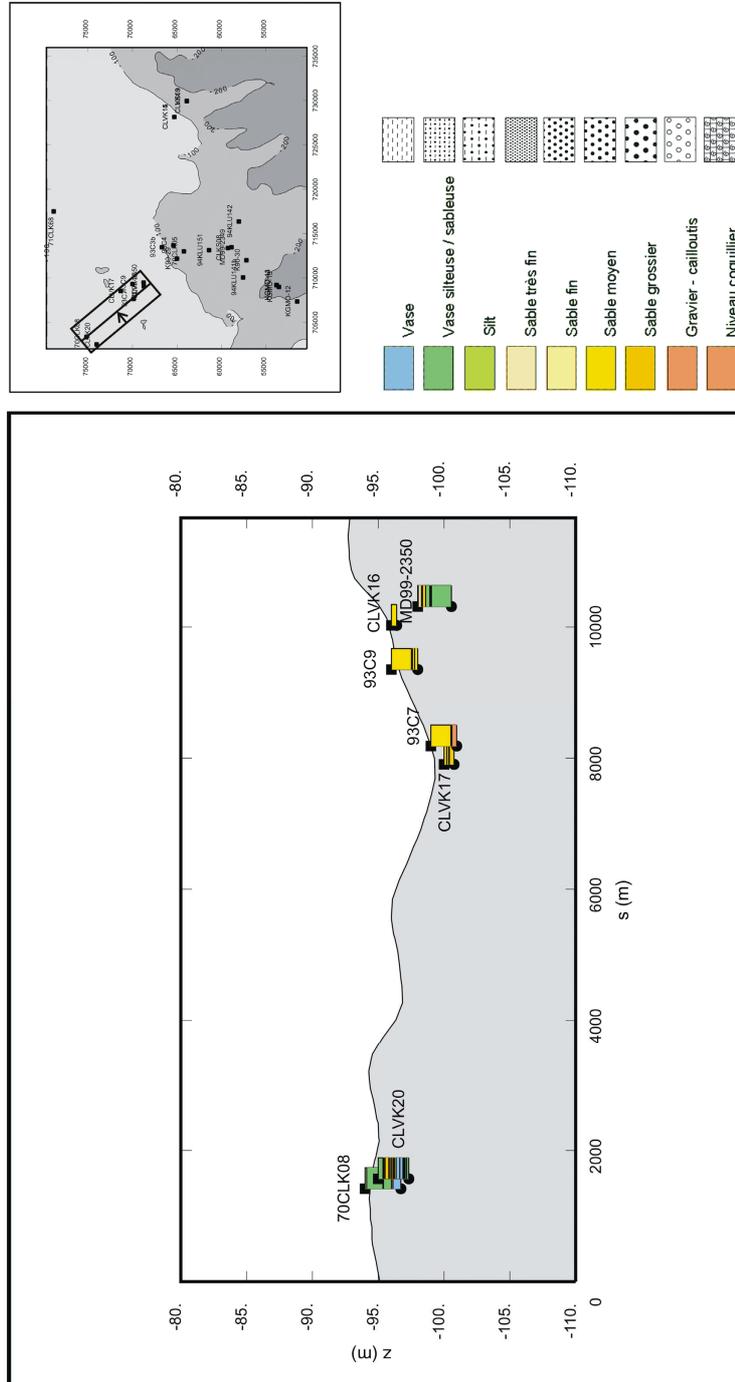
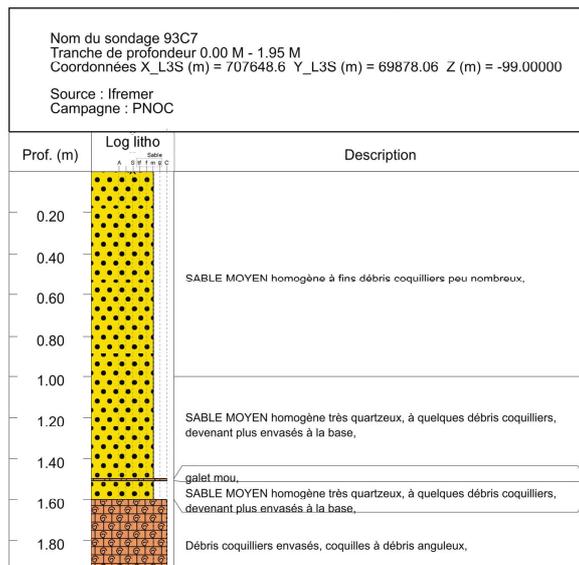
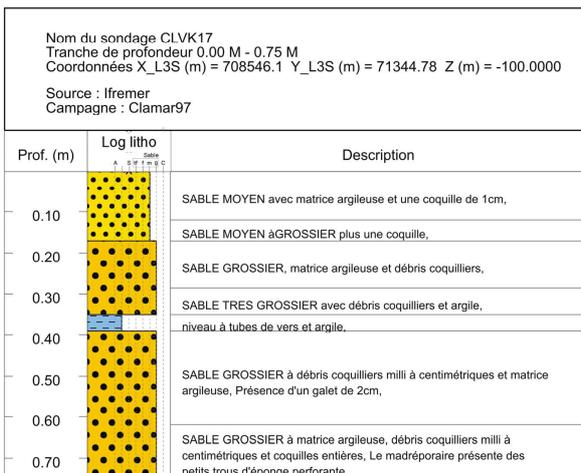
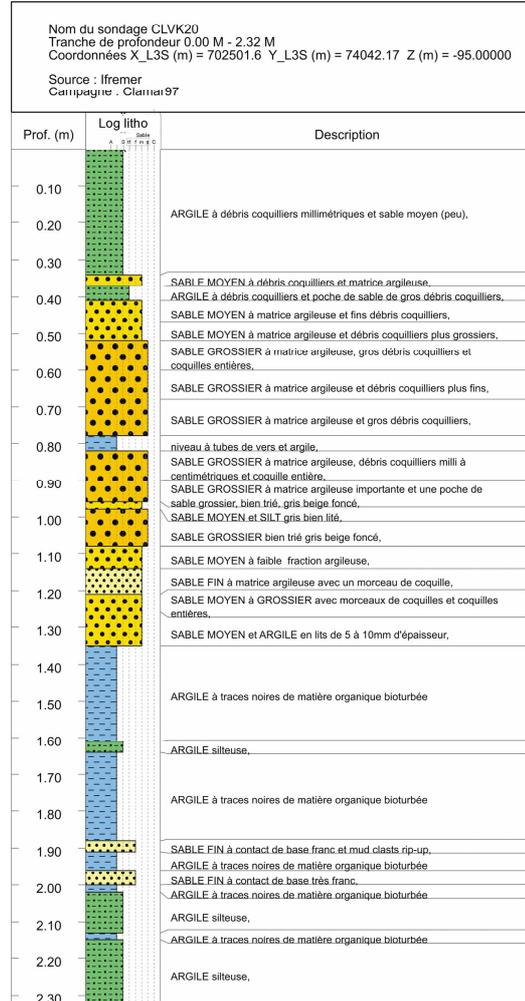
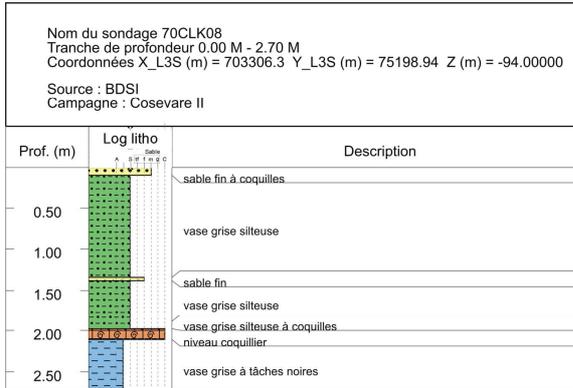
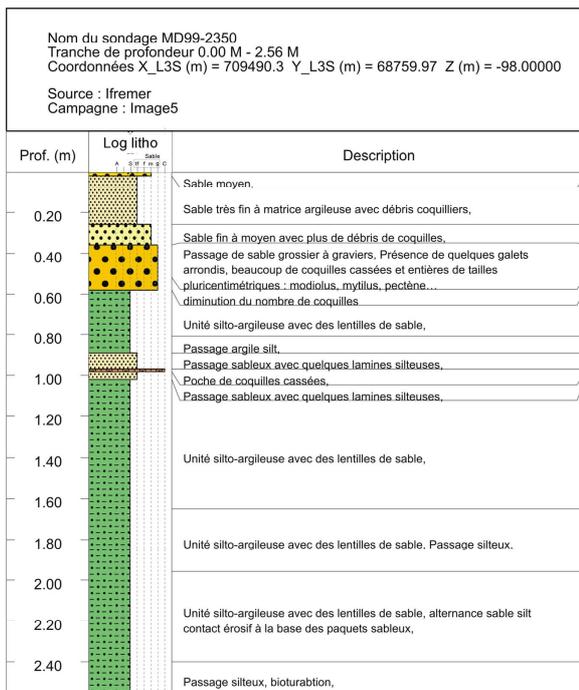
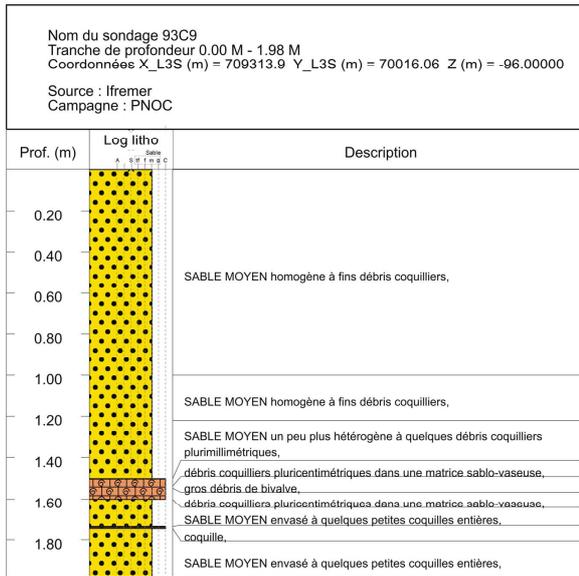


Fig. A2 -2 – Coupe 2

Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B – Partie II





Annexe 3

Etude granulométrique, APE Nord

Tables des grains médians
Courbes cumulatives de fréquence
Histogrammes de pourcentages des sédiments

Les analyses granulométriques ont été effectuées sur la fraction de taille inférieure à 2 mm.

La classification granulométrique utilisée est la suivante :

Classes granulométriques	Taille
Sables très grossiers	1 mm - 2 mm
Sables grossiers	0,5 mm - 1 mm
Sables moyens	0,25 mm – 0,5 mm
Sables fins	0,125 – 0,25 mm
Sables très fins	0,063 – 0,125 mm
Silts	0,004 mm – 0,063 mm
Argiles	< 0,004 mm

Pour les carottes K90-16, K90-19 et K90-20, les silts et argiles ont été regroupés, en raison du format des données disponibles pour ces carottes.

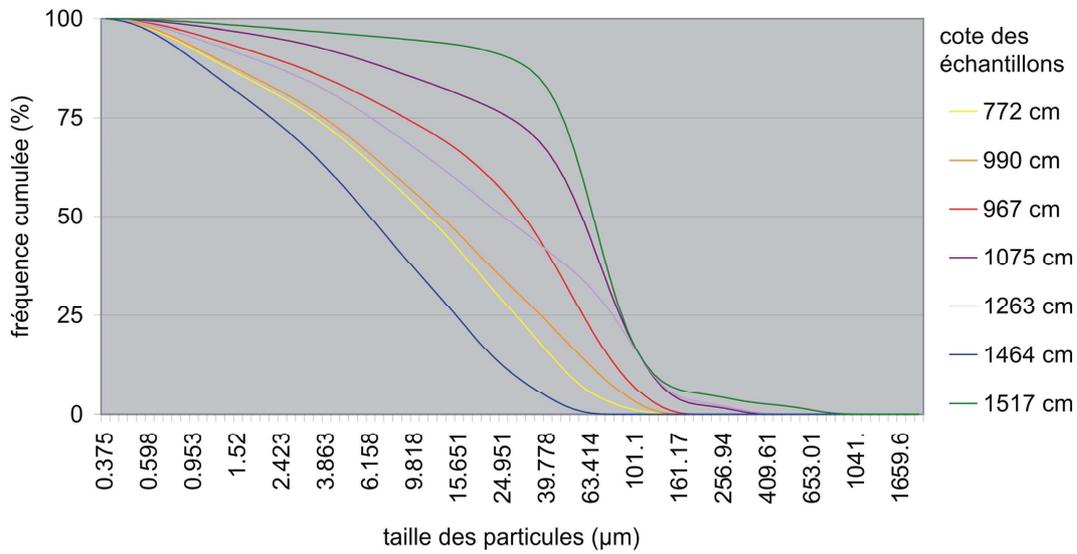
Description et localisation des carottes

Sondage	Source	Mission	Année	Longitude WGS84	Latitude WGS84	Z (en m)	Épaisseur (en m)
MD99-2352	Ifremer	Images5	1999	4,16083	43,31933	-70,00	15,46
STVK24	ifremer	Strataform	2002	4,15208	43,37287	-45,00	2,00
K90-16	BDSI	Cosevare II	1990	4,09417	43,23639	-89,00	3,90
K90-19	BDSI	Cosevare II	1990	4,09361	43,355	-60,00	9,40
K90-20	BDSI	Cosevare II	1990	4,09417	43,41083	-39,00	3,60

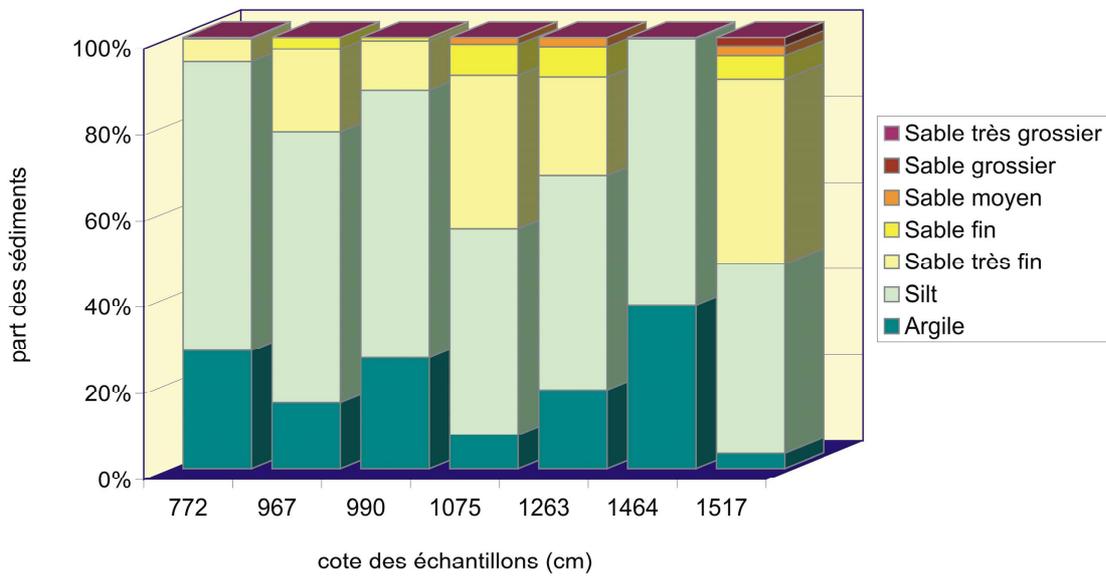
Grain médian des carottes

MD99-2352		STVK24		K90-16		K90-19		K90-20	
échantillon (en cm)	médiane (en μm)	échantillon (en cm)	médiane (en μm)	échantillon (en cm)	médiane (en μm)	échantillon (en cm)	médiane (en μm)	échantillon (en cm)	médiane (en μm)
772	11,20	5	149.65	215-225	63-80	25-27,5	100-125	0-5	125-160
967	30,94	190	5.65	250-255	315-400			10-15	125-160
990	12,90			300-305	400-500			20-25	125-160
1075	57,04			350-355	400-500			40-50	125-160
1263	24,89							100-120	125-160
1464	6,08							140-160	125-160
1517	64,34							200-220	125-160

CAROTTE MD99-2352



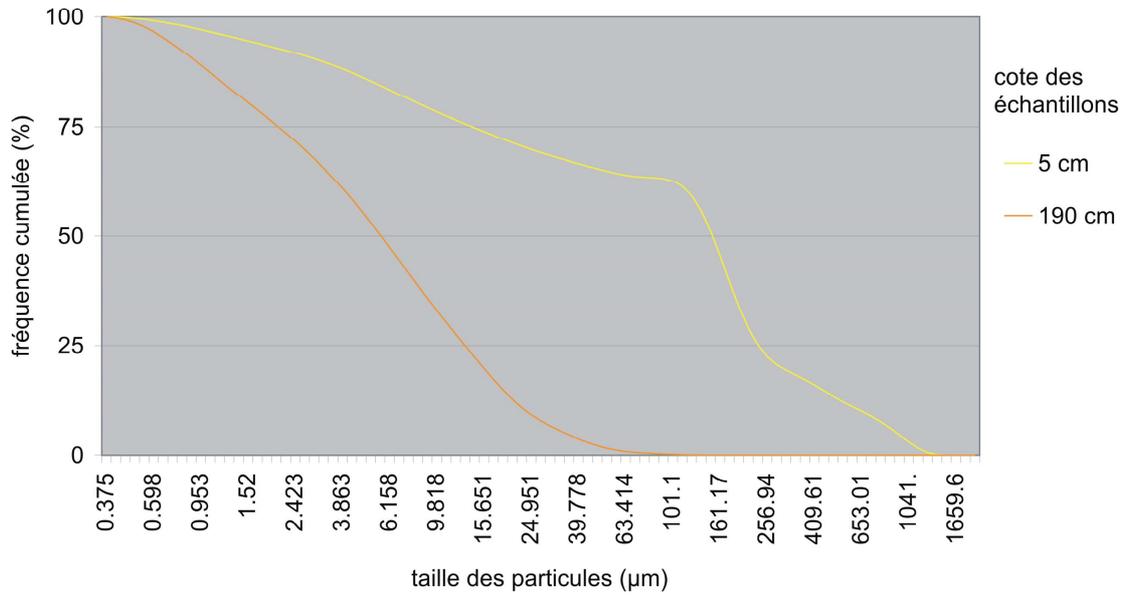
(a)



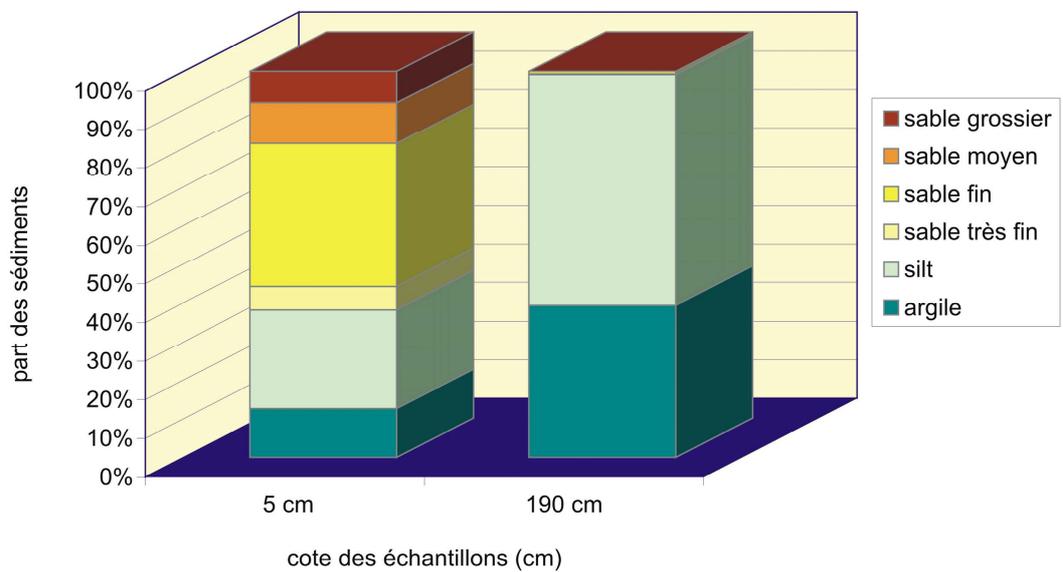
(b)

Fig. A3 - 1 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte MD99-2352.

CAROTTE STVK24



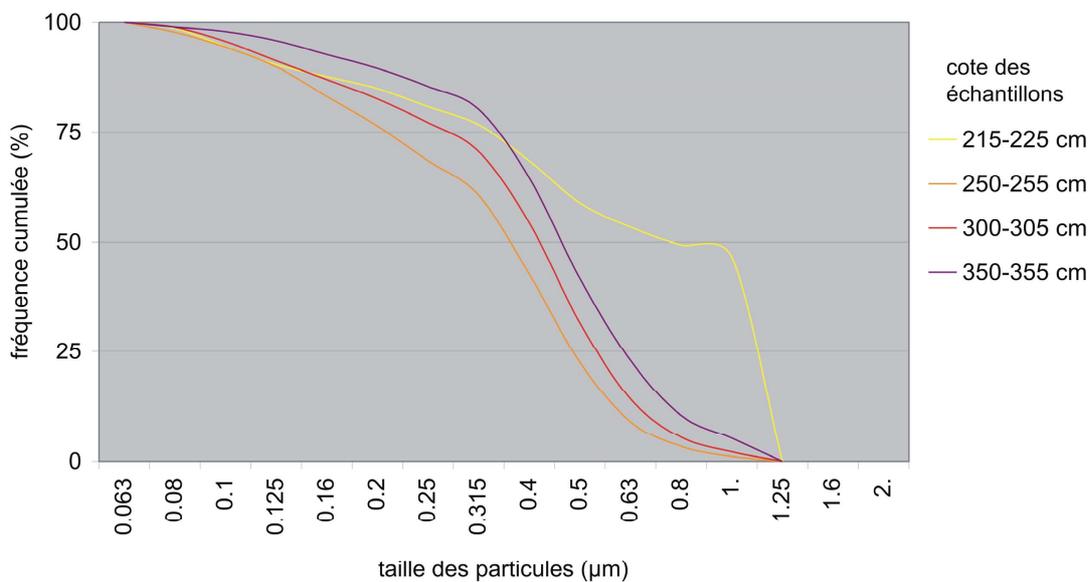
(a)



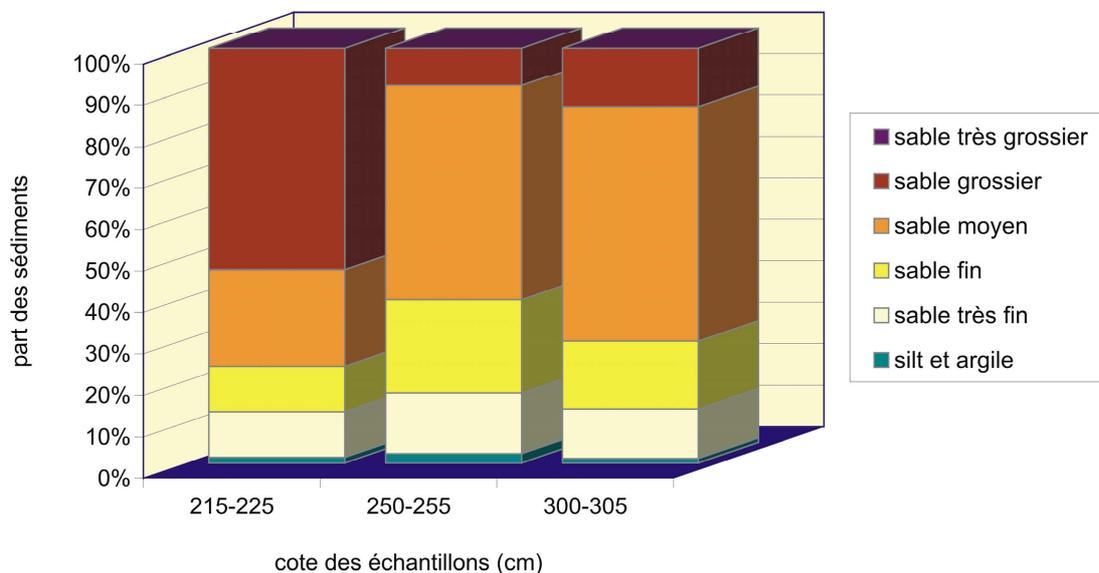
(a)

Fig. A3 - 2 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte STVK24.

CAROTTE K90-16



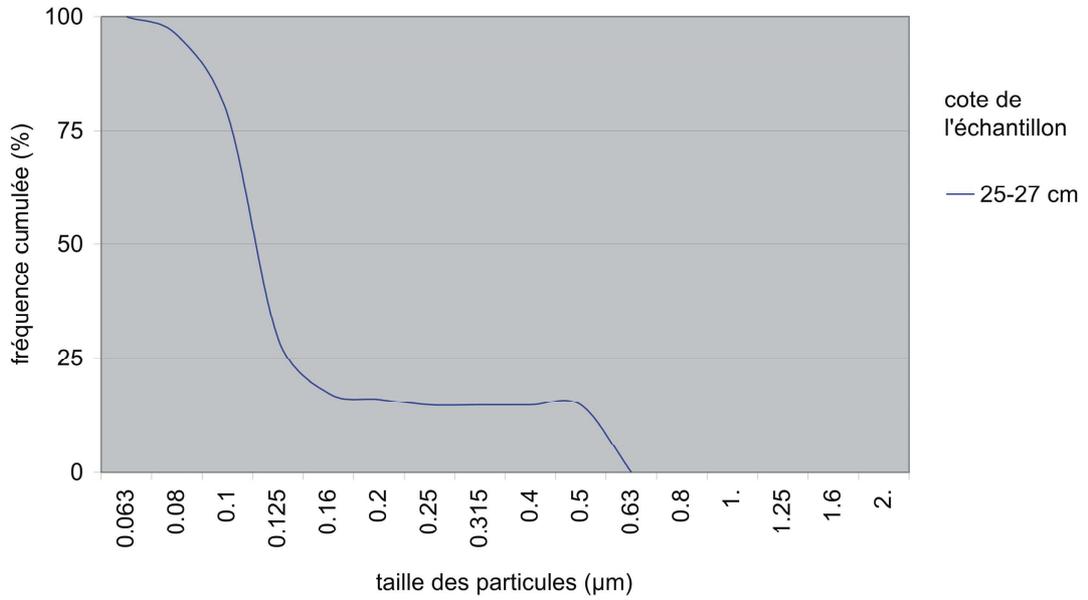
(a)



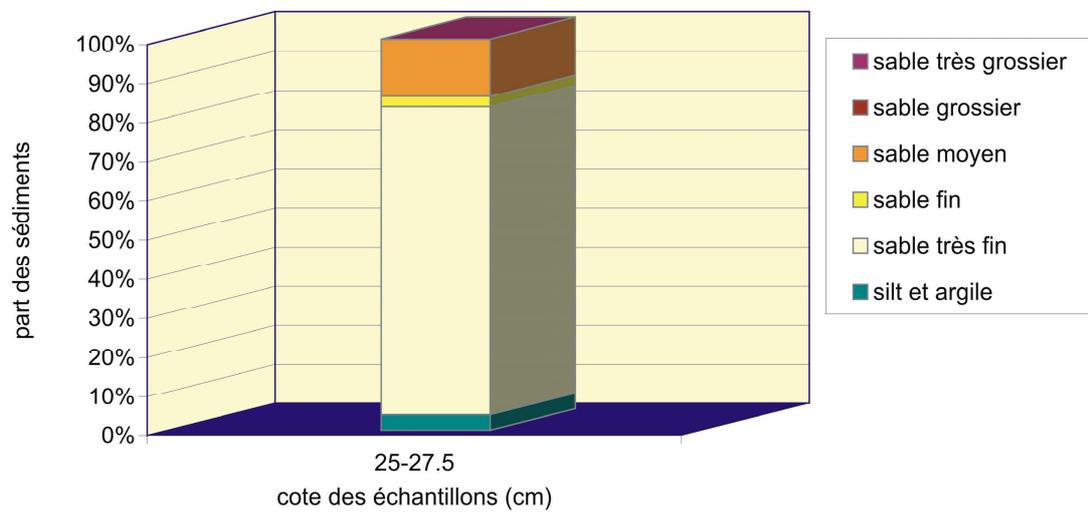
(b)

Fig. A3 - 3 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte K90-16.

CAROTTE K90-19



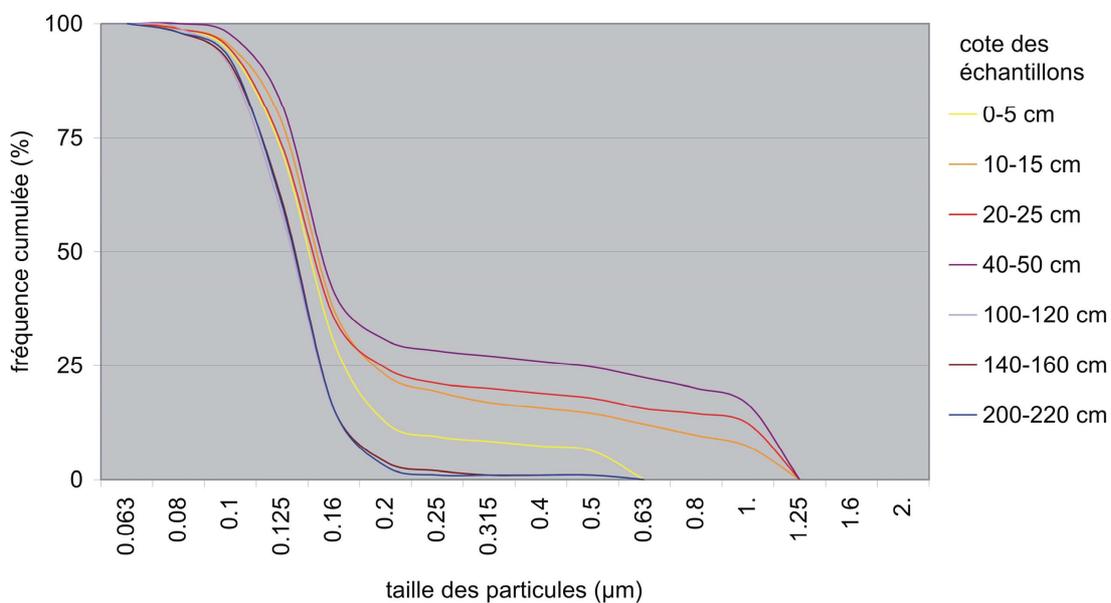
(a)



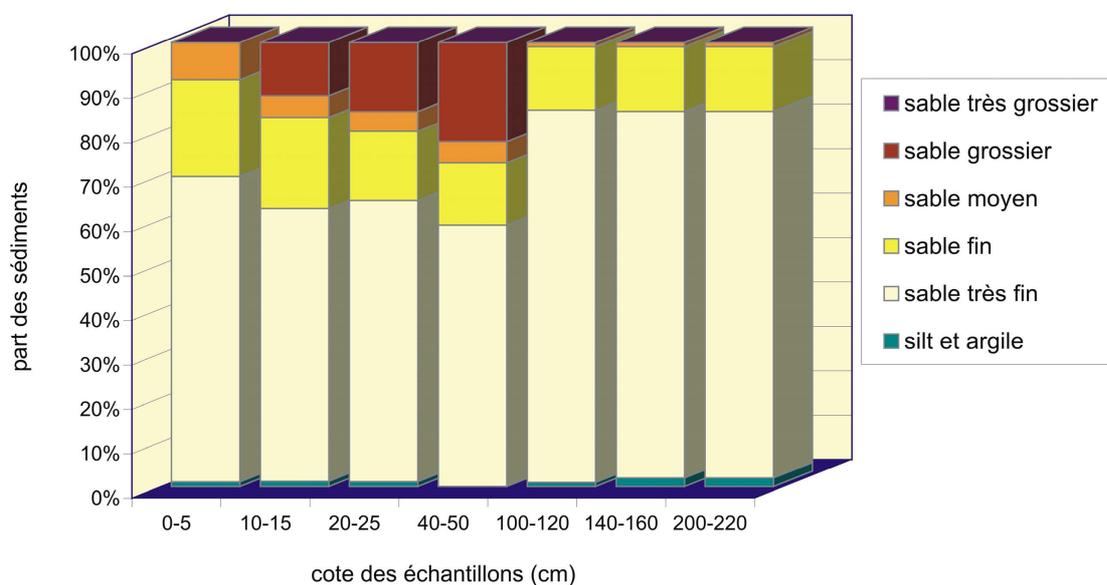
(b)

Fig. A3 - 4 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte K90-19.

CAROTTE K90-20



(a)



(b)

Fig. A3 - 5 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte K90-20.

Annexe 4

Etude granulométrique, APE Sud

Tables des grains médians

Courbes cumulatives de fréquence

Histogrammes de pourcentages des sédiments

Les analyses granulométriques ont été effectuées sur la fraction de taille inférieure à 2 mm.

La classification granulométrique utilisée est la suivante :

Classes granulométriques	Taille
Sables très grossiers	1 mm – 2 mm
Sables grossiers	0,5 mm - 1 mm
Sables moyens	0,25 mm – 0,5 mm
Sables fins	0,125 – 0,25 mm
Sables très fins	0,063 – 0,125 mm
Silts	0,004 mm – 0,063 mm
Argiles	< 0,004 mm

Description et localisation des carottes

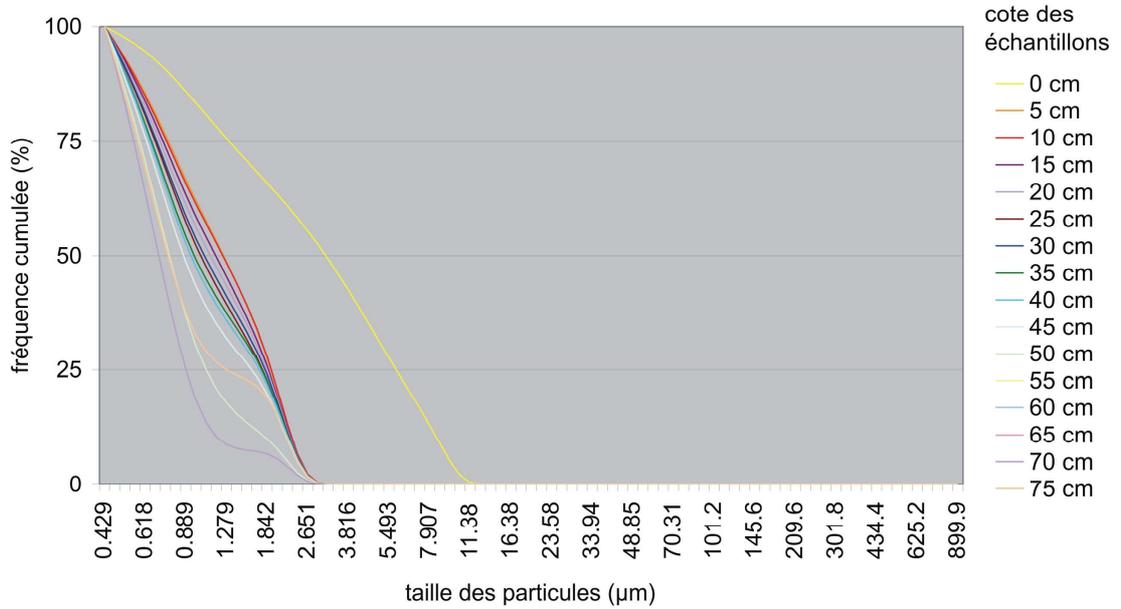
Sondage	Source	Mission	Année	Latitude WGS84	Longitude WGS84	Z (en m)	Épaisseur (en m)
CLVK13	ifremer	clamar97	1997	42,863900	3,926520	-123,00	0,75
CLVK20	ifremer	clamar97	1997	42,959200	3,592750	-95,00	2,32
93C3b	ifremer	pnoc		42,891700	3,725670	-98,00	2,29
93C9	ifremer	pnoc		42,922000	3,675420	-96,00	1,96
94KLU141b	ifremer	ecocot	1997	42,810100	3,682080	-132,00	4,22
94KLU151	ifremer	ecocot	1997	42,844000	3,720470	-111,00	1,88
MD99-2350	ifremer	image5	1999	42,910700	3,677330	-98,00	2,57

Grain médian des carottes

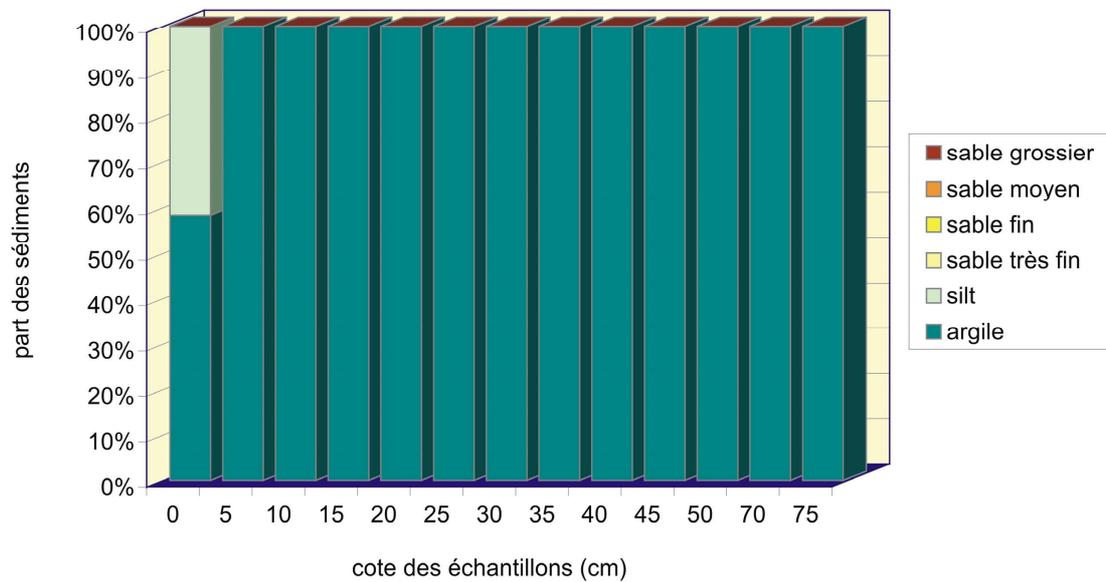
CLVK13		93C3b		93C9		94KLU141b	
échantillon (en cm)	médiane (en μm)	échantillon (en cm)	médiane (en μm)	échantillon (en cm)	médiane (en μm)	échantillon (en cm)	médiane (en μm)
0	3,12	0	212,92	0	259,93	0	184,89
5	1,25	20	260,04	20	227,33	20	183,93
10	1,24	40	266,08	40	235,55	40	192,17
15	1,16	60	260,56	60	245,33	60	191,37
20	1,11	80	258,80	80	241,76	80	207,28
25	1,02	100	295,31	100	247,86	100	209,31
30	1,05	120	222,44	120	249,04	120	218,16
35	0,96	140	274,47	140	226,53	135	203,59
40	0,93	160	227,11	160	177,43	140	10,90
45	0,87	180	209,03	180	205,22	160	255,20
50	0,77	200	221,02	195	162,41	180	226,08
70	0,70	220	247,81				
75	0,76						

CLVK20		94KLU151		MD99-2350	
<i>échantillon (en cm)</i>	<i>médiane (en μm)</i>	<i>échantillon (en cm)</i>	<i>médiane (en μm)</i>	<i>échantillon (en cm)</i>	<i>médiane (en μm)</i>
0	12,91	0	11,93	2	173,83
5	13,63	10	35,87	10	57,12
10	11,71	20	20,59	20	146,63
15	16,31	30	23,43	30	165,36
20	12,13	50	14,68	40	262,00
25	38,55	70	12,15	40	262,81
30	58,38	90	10,26	50	280,55
35	64,29	110	10,13	60	176,40
40	161,68	130	45,51	70	13,64
45	20,67	150	9,63	70	12,96
50	135,96	170	9,85	116	187,12
55	147,54	190	18,12	116	179,84
60	199,24	210	19,06	125	12,79
65	193,18	230	11,62	131	208,25
70	210,11	250	15,88	141	8,64
75	226,74	270	14,37	152	64,04
80	233,47	290	12,71	154	192,01
85	220,42	310	13,07	155	9,76
90	224,78	330	9,68	157	197,61
95	341,60	350	9,51	158	45,61
100	251,21	370	11,18	159	190,64
105	239,86	390	14,60	166	12,20
110	219,42	410	12,17	174	184,98
115	140,63			184	16,82
120	172,96			194	184,28
125	192,71			200	192,24
130	58,57			211	9,86
135	26,02			220	191,57
140	33,95			230	138,88
145	10,94			240	126,03
150	33,29			250	68,91
155	41,74				
155	31,24				
160	26,25				
165	17,91				
170	10,65				
175	16,02				
180	64,98				
185	13,51				
190	71,89				
195	20,13				
200	85,89				
205	20,34				
210	24,05				
215	58,42				
220	27,61				
225	21,75				
230	34,83				

Carotte CLVK13



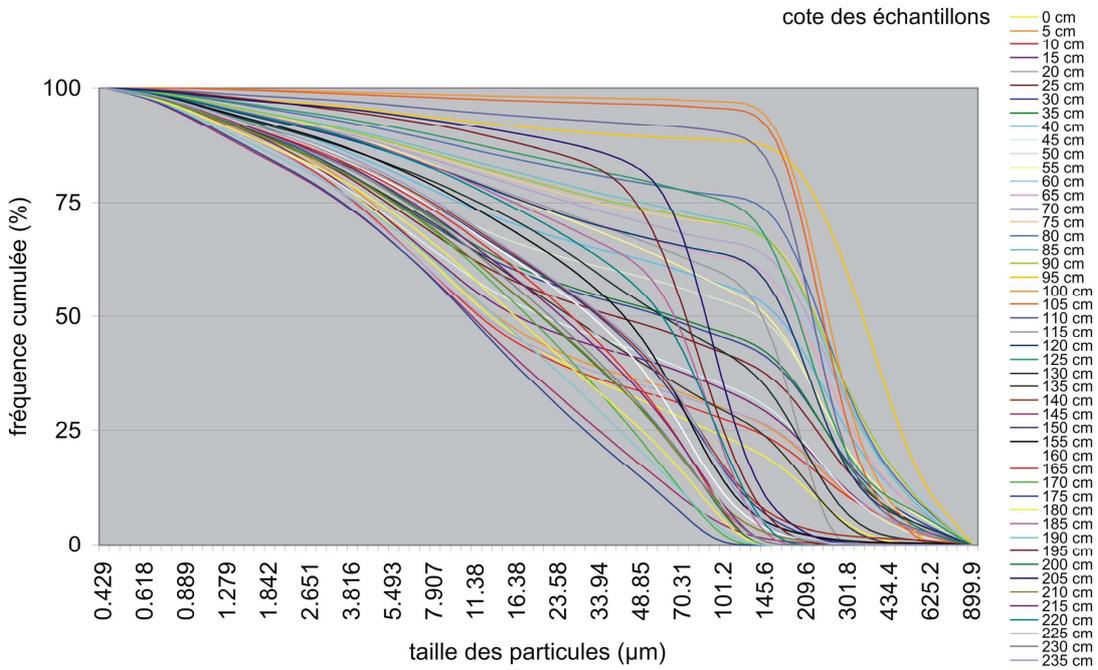
(a)



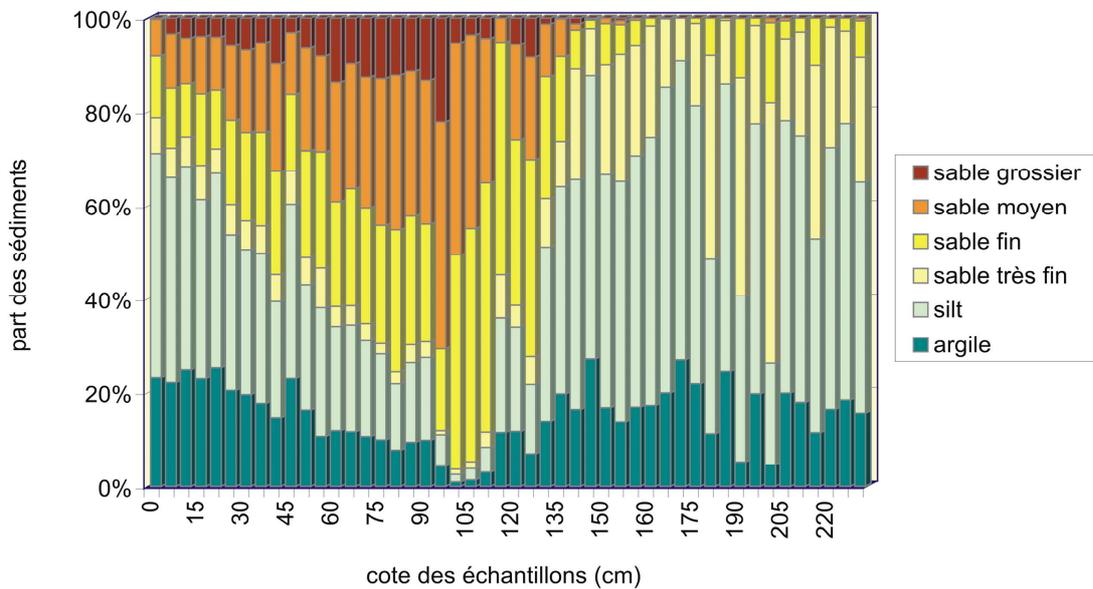
(b)

Fig. A4 - 1 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte CLVK13.

Carotte CLVK20



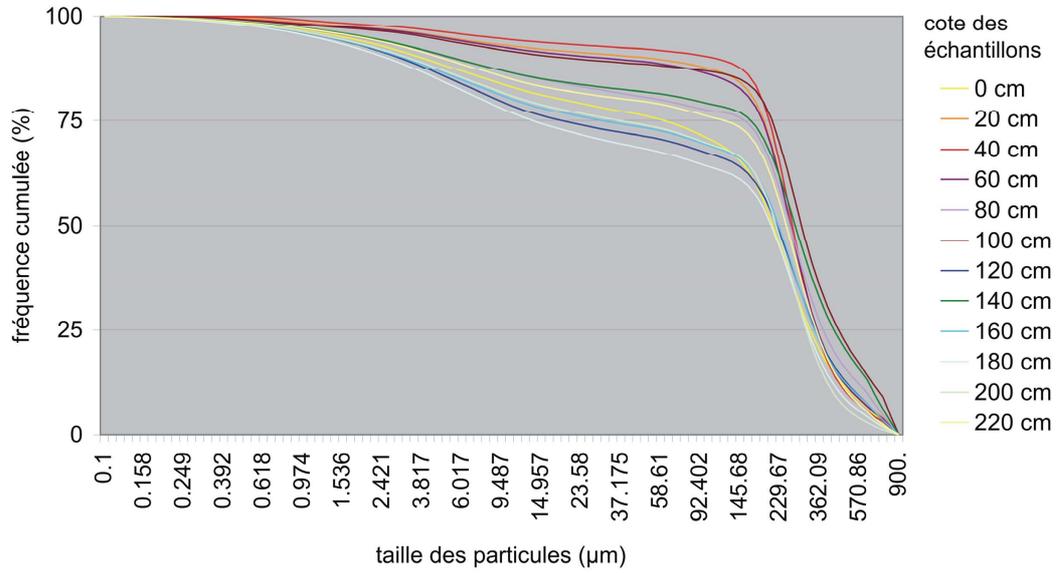
(a)



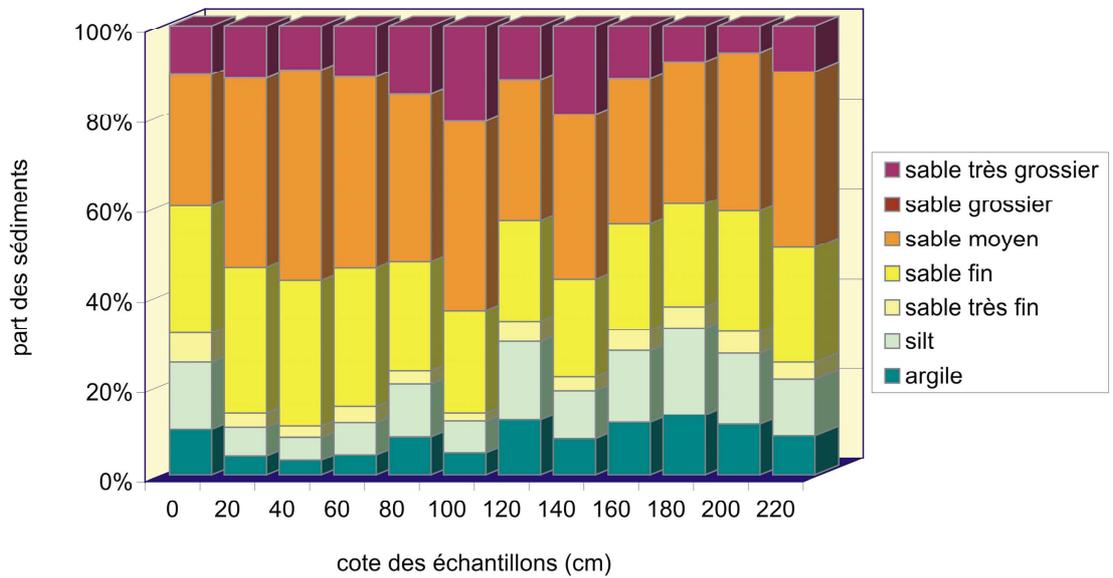
(b)

Fig. A4 - 2 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte CLVK20.

Carotte 93C3B



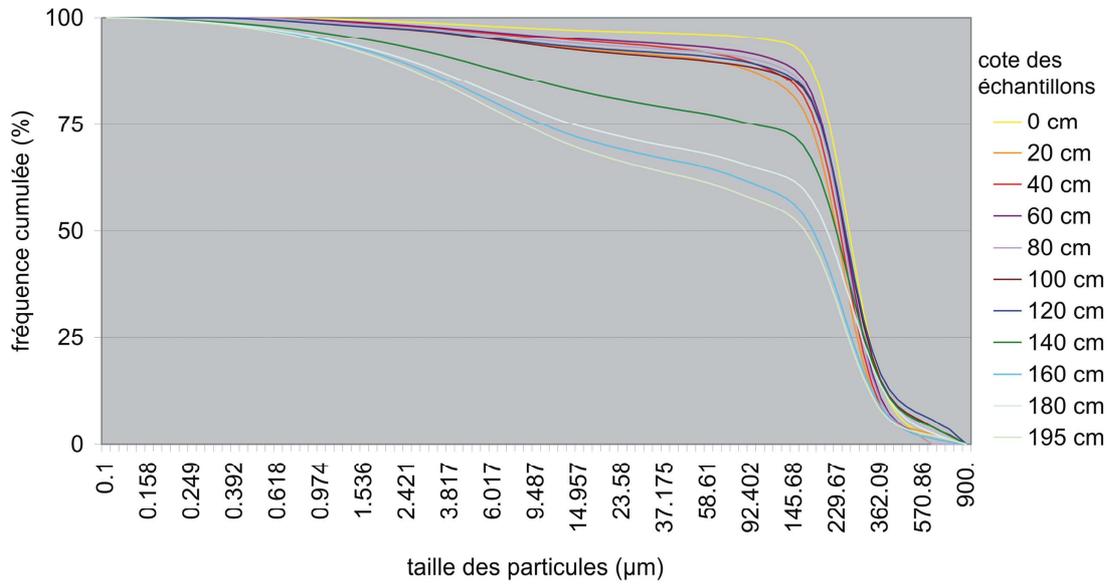
(a)



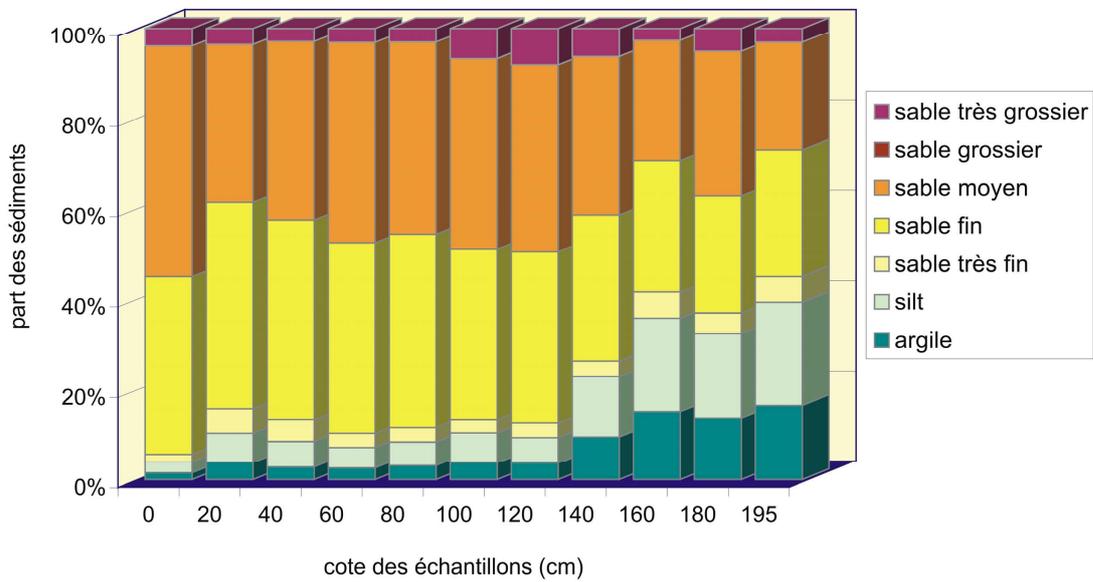
(b)

Fig. A4 - 3 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte 93C3b.

Carotte 93C9



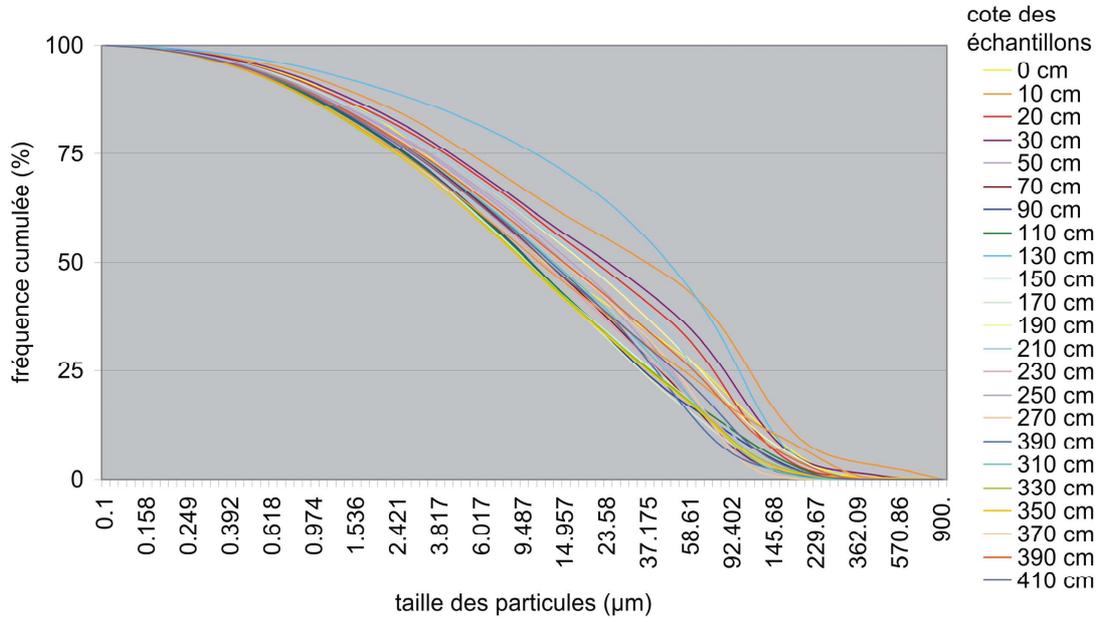
(a)



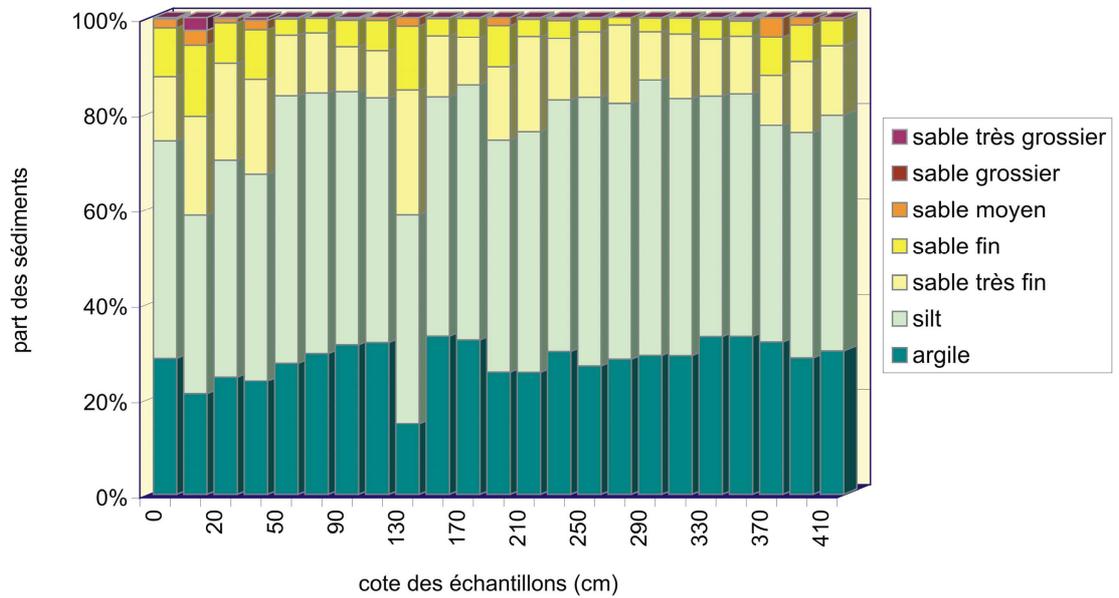
(b)

Fig. A4 - 4 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte 93C9.

Carotte 94KLU141B



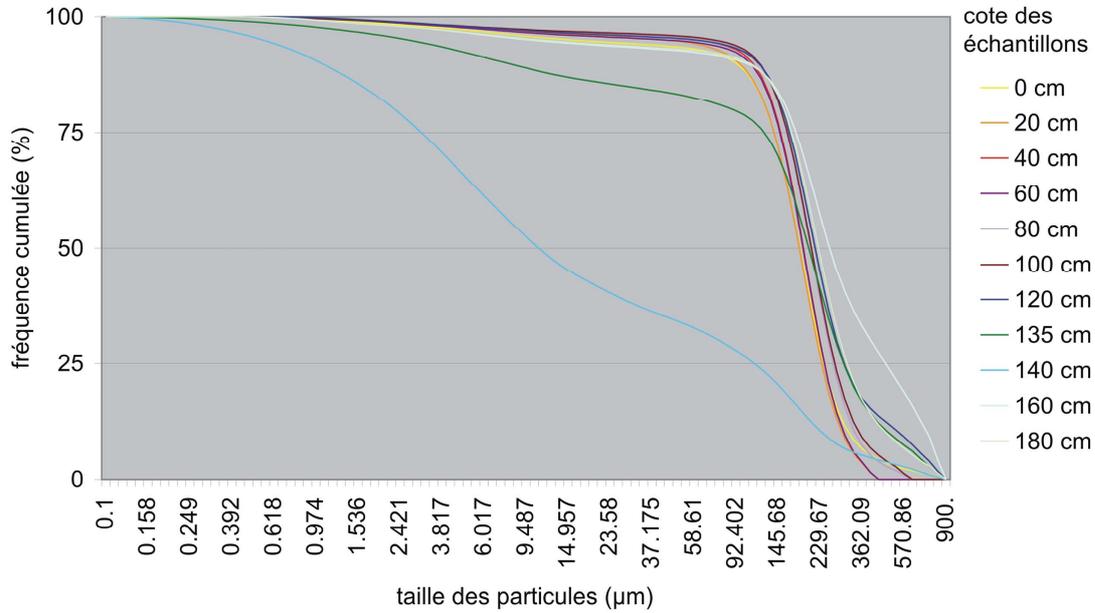
(a)



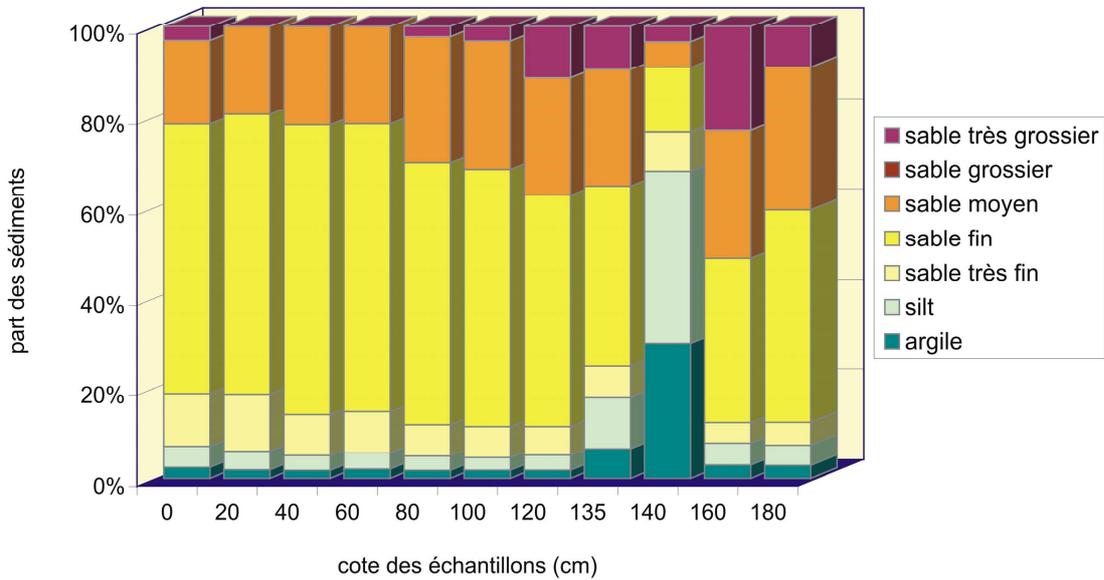
(b)

Fig. A4 - 5 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte 94KLU141b.

Carotte 94KLU151



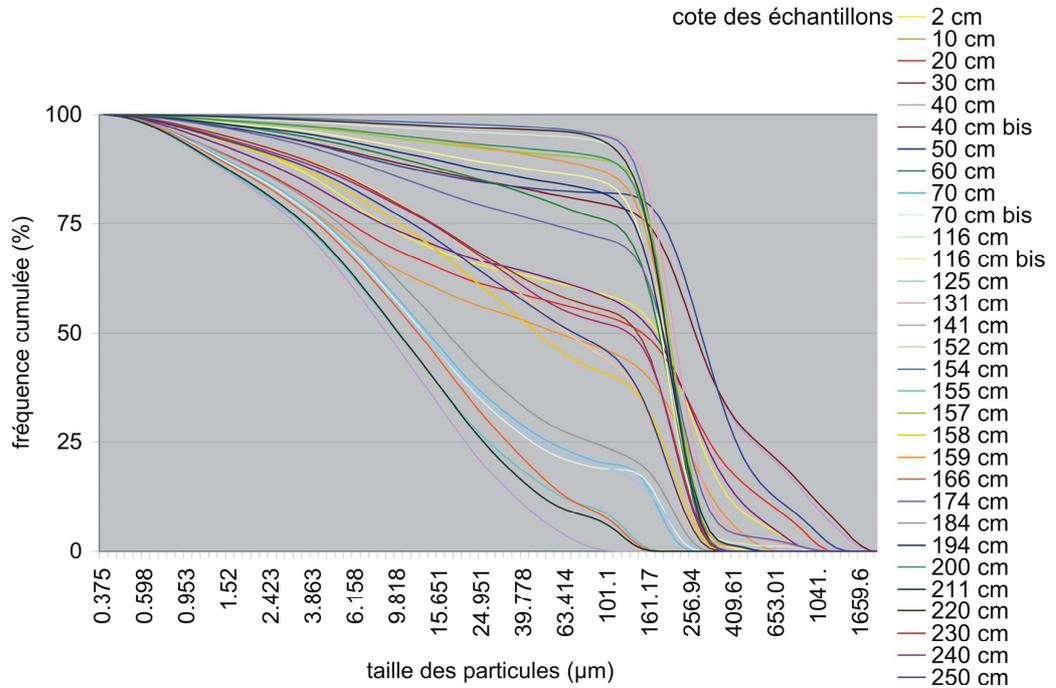
(a)



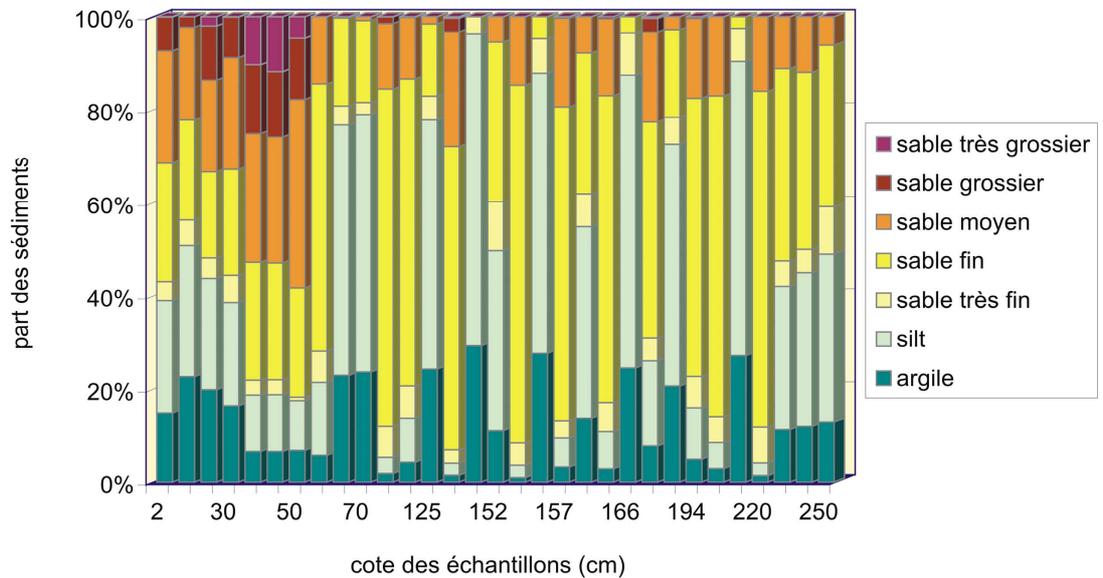
(b)

Fig. A4 - 6 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte 94KLU151.

CAROTTE MD99-2350



(a)



(b)

Fig. A4 - 7 – Courbe de fréquences cumulées (a) et histogramme (b) des échantillons réalisés sur la carotte MD99-2350.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

**Centre scientifique et technique
Service aménagement et risques naturels**
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Languedoc-
Roussillon**
1039, rue de Pinville
34000 Montpellier – France
Tél. : 04 67 15 79 80