



Évaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion

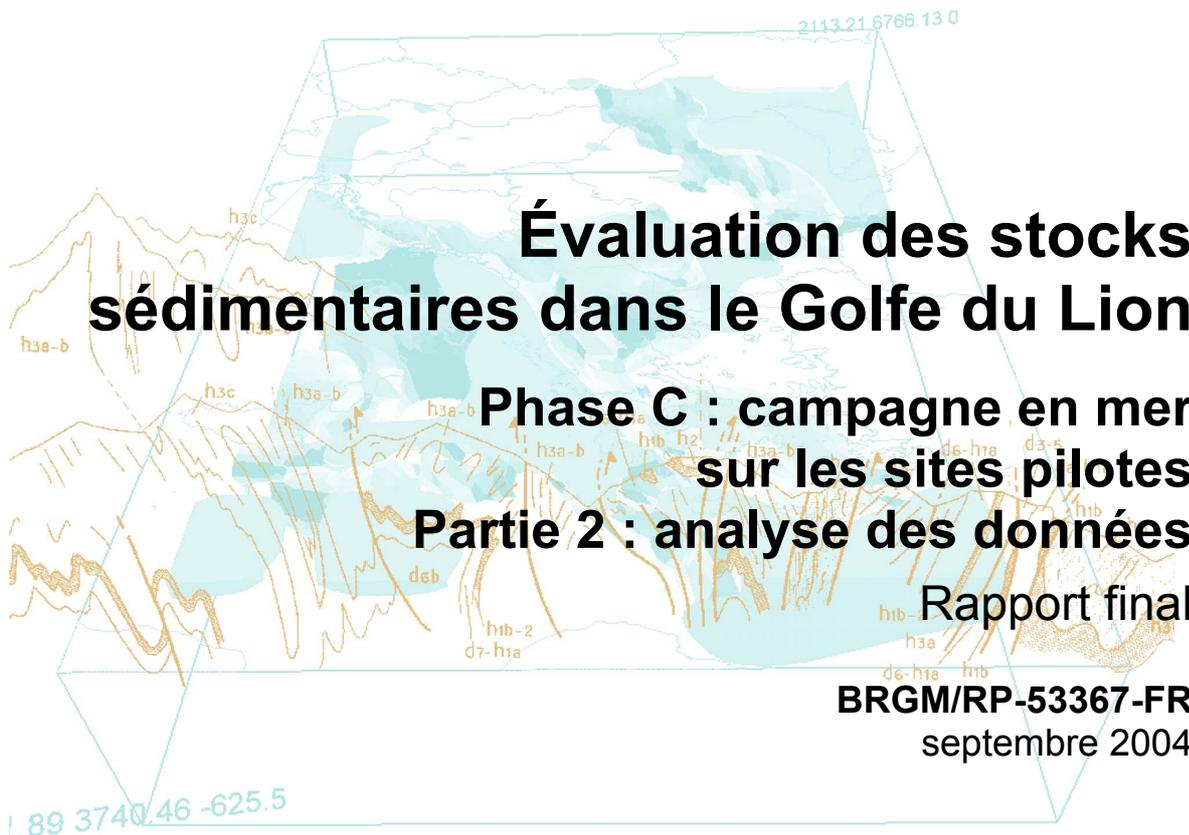
Phase C : campagne en mer sur les sites pilotes Partie 2 : analyse des données

Rapport final

BRGM/RP-53367-FR
septembre 2004



Biophysique et Dynamique des Systèmes Intégrés



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



SMNLR



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Évaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion

Phase C : campagne en mer sur les sites pilotes Partie 2 : analyse des données

Rapport final

BRGM/RP-53367-FR
septembre 2004

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 03LITC06
et du projet BEACHMED

P. Guennoc, D. Idier, N. Lenôtre, K. Guérin, C. Satra, J. Boyer, S. Berné, M. Tesson
Avec la collaboration de
M.A. Bassetti, A.S. Alix, C. Labaune, B. Gensous



Biophysique et Dynamique
des Systèmes Intégrés



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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

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

Guennoc P., Idier D., Lenôtre N., Guérin K., Satra C., Boyer J., Berné S., Tesson M., avec la collaboration de **Bassetti M.A., Alix A.S., Labaune C. et Gensous B.** (2004) – Évaluation des stocks sédimentaires dans le golfe du Lion. Phase C : Campagne en mer sur les sites pilotes. Partie 2 : Analyse des données. Programme INTERREG III-B MEDOCC – Projet Beachmed. BRGM/RP-53367-FR, 108 p., 14 fig., 4 tabl., 3 ann.

Synthèse

Dans le cadre du programme européen INTERREG III-B MEDOCC, le projet BEACHMED a pour thématique 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 (SMNLR).

La phase A du projet a établi un inventaire des données et des connaissances disponibles sur les différents thèmes dans la partie française du Golfe du Lion. La phase B synthétise et analyse les données existantes sur deux zones ou Ateliers Potentiellement Exploitable (APE) sélectionnés en fonction de l'existence possible de dépôts sableux (Satra *et al.*, 2004a ; Guennoc *et al.*, 2004). Pour l'APE Nord (sud-ouest de la pointe de l'Espiguette, profondeurs de 30 à 50 m au niveau de la zone pilote), des dépôts sableux fins à très fins ont été identifiés dans une zone d'une trentaine de kilomètres de long et de 3 à 4 km de large, sur une épaisseur de l'ordre d'une dizaine de mètres. Sur l'APE Sud (rebord de la plate-forme, profondeur de plus de 90 m), les ressources potentielles sont constituées de sables moyens à fins, d'une quinzaine de mètres d'épaisseur sur environ 150 km², avec une topographie localement accidentée et des fonds parfois indurés.

Ce rapport de phase C analyse la localisation et la nature des ressources sableuses potentielles suite à la campagne en mer réalisée en février 2004. Sur le site pilote de l'APE Nord et sur les secteurs proches, les unités superficielles reconnues par sondage sur les deux à trois premiers mètres, sont constituées principalement de sables fins à très fins alternant avec quelques niveaux plus grossiers à débris coquilliers ou avec des niveaux argileux plus ou moins abondants. Lorsqu'ils sont présents les sables moyens sont peu abondants ou en niveaux peu épais. Sur le site pilote de l'APE Sud, les dépôts sableux de sub-surface sont soit des sables moyens à fins comportant une fraction significative de débris coquilliers et localement de galets, soit des sables fins mieux classés. Ces derniers forment les dépôts les plus épais, pouvant dépasser 6 m d'épaisseur, et sont présents au sein d'une unité supérieure caractérisée par une morphologie en dunes de formes variables. L'unité inférieure, dépassant 25 m d'épaisseur au niveau du site pilote, est vraisemblablement constituée d'un matériau similaire mais n'a pas été atteinte par les sondages.

Avant de passer à une phase d'exploitation, des investigations complémentaires sont nécessaires afin de mieux qualifier et quantifier les ressources potentielles de sables.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Résultats de la phase B. Objectifs de la campagne en mer	11
2.1. PRINCIPAUX RÉSULTATS DE LA PHASE B.....	11
2.2. OBJECTIFS ET RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE EN MER. ANALYSE DES DONNÉES.....	13
3. Analyse des données sur le site pilote de l’APE Nord (APE1)	15
3.1. MORPHOLOGIE ET NATURE DES FONDS	15
3.2. STRUCTURE DES UNITÉS SUPERFICIELLES.....	16
3.3. ANALYSE DES DONNÉES DE SONDAGE, DE GRANULOMÉTRIE ET DES CORRÉLATIONS AVEC LES UNITÉS ACOUSTIQUES.....	17
3.4. RESSOURCES EN SABLE SUR LE SITE PILOTE DE L’APE NORD.....	28
4. Analyse des données sur le site pilote de l’APE Sud (APE2)	29
4.1. MORPHOLOGIE ET NATURE DES FONDS	29
4.2. STRUCTURE ET ÉPAISSEUR DES UNITÉS SÉDIMENTAIRES.....	30
4.3. NATURE DES UNITÉS SUPERFICIELLES	31
4.4. RESSOURCES EN SABLE SUR LE SITE PILOTE DE L’APE SUD.....	35
5. Conclusion et perspectives	41

Deux planches hors texte :

Planche 1 : Carte de synthèse - Site pilote APE Nord

Planche 2 : Carte de synthèse - Site pilote APE Sud

Liste des figures

Figure 1 - Localisation des APE Nord et Sud (cadre rouge) et des sites pilotes de la phase C (zone grisée).....	12
Figure 2 - Cartes de localisation des travaux réalisés sur les sites pilotes des APE Nord et Sud durant la campagne Beachmed (Satra <i>et al.</i> , 2004a).....	14
Figure 3 - Carte de la nature des fonds de l'APE Nord, éléments morphologiques (d'après Satra <i>et al.</i> , 2004b) et nature des niveaux superficiels observés dans les sondages.	16
Figure 4 - Carte de répartition des unités sismiques d'après Satra <i>et al.</i> (2004c) et logs simplifiés de sondages montrant la distribution et la variation des successions lithologiques dans le secteur du site pilote de l'APE Nord.....	23
Figure 5 - Coupe 1 (N-S) à l'ouest du site pilote de l'APE Nord : logs lithologiques, analyses granulométriques, diagrammes des fréquences cumulées et position des sondages sur les extraits du profil BMCH15	24
Figure 6 - Coupe 2 (N-S) à l'est du site pilote de l'APE Nord : logs lithologiques, analyses granulométriques, diagrammes des fréquences cumulées et position des sondages sur les extraits du profil BMCH13	25
Figure 7 - Coupe 3 (WNW-ESE) au centre du site pilote de l'APE Nord : logs lithologiques, analyses granulométriques, diagrammes des fréquences cumulées et position des sondages sur les extraits du profil BMCH18.....	26
Figure 8 - Coupe 4 : logs lithologiques de sondages sur un transect WNW-ESE à l'est de la zone du site pilote de l'APE Nord. Localisation des sondages : fig. 4.....	27
Figure 9 - Carte de localisation des profils et sondages du site pilote de l'APE Sud et principales structures morphologiques. Bathymétrie : isobathes 2 m (d'après Satra <i>et al.</i> , 2004a).	30
Figure 10 - Extrait du profil de sondeur chirp BMCH03 et localisation des sondages BMKS03 et CLVK14 et 15. Noter l'épaisseur de l'unité U155 en bordure de la plate-forme.	32
Figure 11 - Sondage BMKS01 : log lithologique, analyses granulométriques, diagramme de fréquence cumulée et localisation sur le profil BMCH02	33
Figure 12 - Sondage BMKS02 : log lithologique, analyses granulométriques, diagramme de fréquence cumulée et localisation sur le profil BMCH02	34
Figure 13 - Sondage BMKS03 : log lithologique, analyses granulométriques, diagramme de fréquence cumulée et localisation sur le profil BMCH02	36
Figure 14 - Sondage BMKS04 : log lithologique, analyses granulométriques, diagramme de fréquence cumulée et localisation sur le profil BMCH02	37

Liste des tableaux

Tableau 1 - Principaux paramètres sédimentologiques calculés à partir des analyses granulométriques de sédiments de la zone Nord. Carottes : BMKS02, 05, 12, 14, 15, 16, 17, 19.....	21
Tableau 2 - Principaux paramètres sédimentologiques calculés à partir des analyses granulométriques de sédiments de la zone Nord. Carottes : BMVK06, BMVK07, BMVK08, BMVK09, BMVK10, BMVK13, BMVK16, BMVK18, BMVK20, STVK24, K90-20.	22
Tableau 3 - Principaux paramètres sédimentologiques calculés à partir des analyses granulométriques de sédiments de la zone Sud.	39
Tableau 4 - Avantages et inconvénients des sites pilotes Nord et Sud.....	42

Liste des annexes

Annexe 1 - Logs et analyses granulométriques, site pilote 1 (APE Nord).....	47
Annexe 2 - Logs et analyses granulométriques, site pilote 2 (APE Sud)	81
Annexe 3 - Calcul des indices granulométriques.....	105

1. Introduction

Objectifs du projet BEACHMED

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

L'artificialisation du littoral a contraint le fonctionnement du système naturel et modifié son équilibre. Parallèlement, l'impact du recul du trait de côte s'est accru du fait du développement des enjeux socio-économiques liés à cet espace. 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. Des 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 quatre 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 quatre 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 a été consacrée à la synthèse puis 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.

La phase C est consacrée à la réalisation de nouveaux travaux lors d'une campagne en mer qui s'est déroulée du 1^{er} au 7 février 2004 (Satra *et al.*, 2004b), au traitement

de ces données et à leur analyse en terme de ressources potentielles en sable. Les secteurs qui ont fait l'objet de levés détaillés sont deux sites pilotes situés sur chacune des APE. Les travaux ont consisté en des levés de bathymétrie très détaillés, d'imagerie acoustique, de sismique très haute résolution et de sondages par carottages sur le site de l'APE Nord. Le site pilote de l'APE Sud a été reconnu par des profils de sondeur à sédiments à très haute résolution et quatre sondages.

Un rapport IFREMER – BDSI (partie I) (Satra *et al.*, 2004c) présente les résultats du traitement des données recueillies au cours de la phase C. Le présent rapport présente l'analyse de ces données et résultats en terme de ressources potentielles au niveau des sites pilotes de chaque APE.

2. Résultats de la phase B

Objectifs de la campagne en mer

2.1. PRINCIPAUX RÉSULTATS DE LA PHASE B

La phase B a permis de réaliser une synthèse des données existantes sur les deux APE Nord et Sud (fig. 1).

Les données existantes comprenaient des profils sismiques et des carottages. Les unités sédimentaires pouvant contenir des dépôts sableux ont fait l'objet de cartes d'isopaques (iso-épaisseurs). La synthèse des diverses informations disponibles sur la lithologie en surface et en profondeur a été réalisée au travers de la compilation des données de sondages et de l'analyse des diverses cartes bathymétriques, sédimentologiques et d'unités acoustiques existantes.

L'APE Nord s'étend de 3°50'E à 4°20'E et de 43°15'N à 43°30'N sur une superficie de 1 120 km² (40 x 28 km) depuis la côte, au niveau de la pointe de l'Espiguette au nord-est, jusqu'aux fonds de 90 m de profondeur au sud. La sélection de cette zone est basée sur la présence d'une zone potentielle de ressources en sables situés actuellement à des profondeurs de 30 à 50 m. Pour cet APE Nord, la synthèse des données existantes a conduit à estimer la présence de dépôts sableux (fins à très fins) au niveau d'une étroite zone allongée sur une trentaine de kilomètres et large de 3 à 4 km. Dans cette zone, l'unité sismique U400 pouvant contenir des dépôts sableux d'après son faciès acoustique à réflecteurs pentés, ou cliniformes, a une extension de l'ordre de 100 à 150 km² et une épaisseur moyenne de l'ordre de la dizaine de mètres (8 à 13 m d'après l'épaisseur de la zone à cliniformes). Dans cette zone, les sédiments sont le plus souvent décrits visuellement comme des sables fins d'après les rapports et logs de sondage.

L'APE Sud 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). 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. Le secteur d'intérêt se situe aux profondeurs les plus importantes de la plate-forme (90 à 110 m) et à une cinquantaine de kilomètres des secteurs du littoral susceptibles de faire l'objet de rechargements. L'étude de cet APE Sud a conduit à identifier une unité sismique dénommée U150 à cliniformes très marqués dans sa partie supérieure. La cartographie en isopaques de l'ensemble à cliniformes montre une épaisseur variable de quelques mètres à quelques dizaines de mètres qui s'accroît vers le rebord de la plate-forme. Les zones d'épaisseur maximale sont situées d'une part au sud-est de l'APE en bordure du canyon de l'Hérault, et d'autre part au sud-ouest, vers la tête d'un canyon (canyon Bourcart) entaillant la plate-forme. Les sondages disponibles sont concentrés sur le secteur occidental et montre la présence de sables moyens à fins qui pourraient atteindre une épaisseur moyenne de l'ordre d'une quinzaine de mètres (15 à 20 m) d'épaisseur sur une superficie de l'ordre de 180 km² dans une zone à topographie localement accidentée et où les fonds sont parfois indurés.

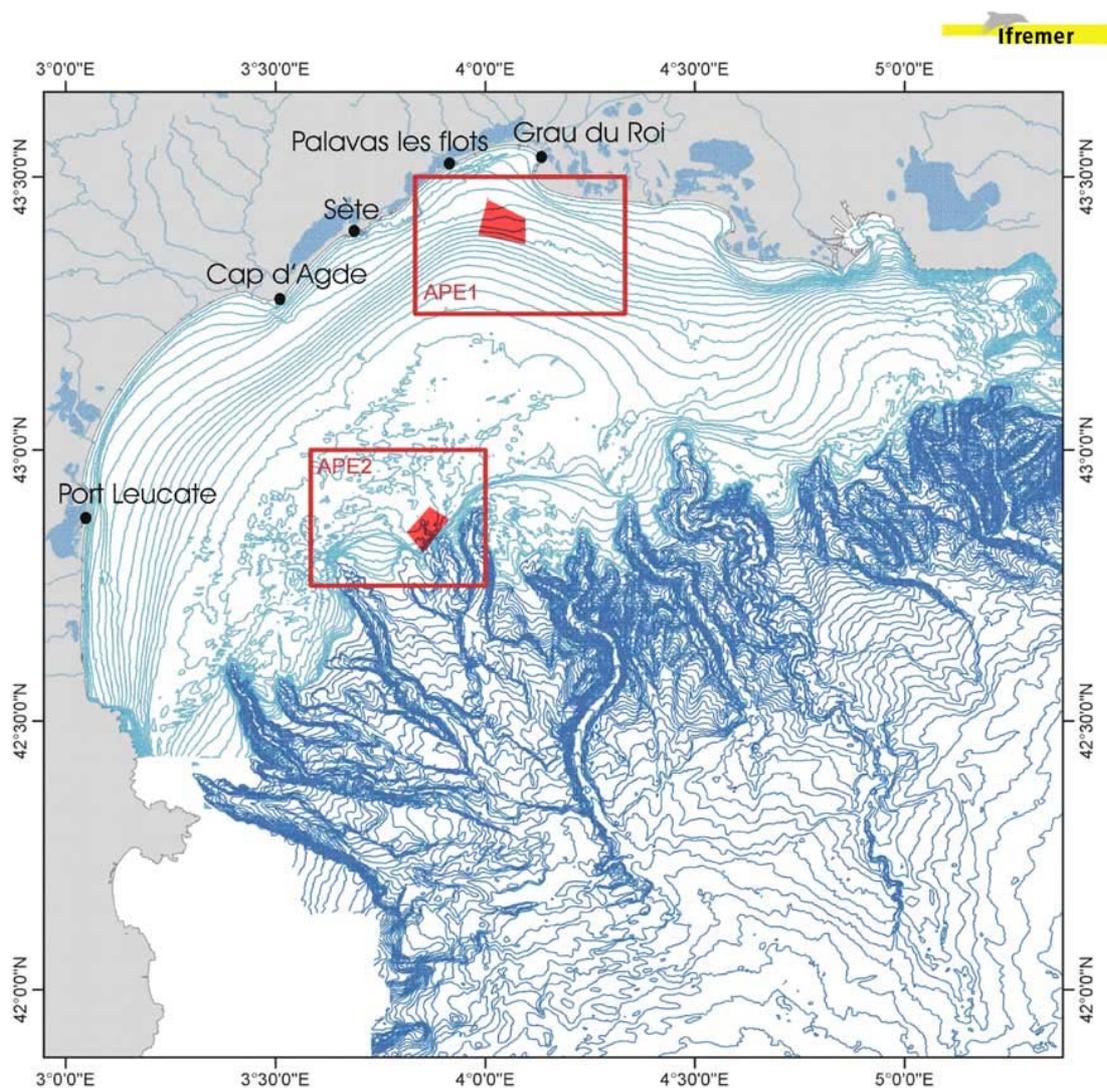


Figure 1 - Localisation des APE Nord et Sud (cadre rouge) et des sites pilotes de la phase C (surface colorée en rouge).

2.2. OBJECTIFS ET RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE EN MER. ANALYSE DES DONNÉES

La campagne BEACHMED a permis de compléter les informations existantes et interprétées lors de la phase B et d'étudier plus en détail deux sites pilotes identifiés au niveau des APE (fig. 1).

Sur l'APE Nord (fig. 2a), le site pilote identifié est situé à une dizaine de kilomètres de la côte. Sa profondeur varie de 30 à 50 m (fig. 3). Ce site est localisé au NW de la zone des sables fins à très fins cartographiés en surface où l'unité sismique U400 est la plus épaisse et atteint au total une trentaine de mètres d'épaisseur. Le site pilote est aussi localisé à l'ouest d'une zone partiellement reconnue lors d'un autre projet (zone Strataform). Les travaux ont consisté en des levés de bathymétrie systématique au sondeur multifaisceaux permettant d'obtenir une topographie très détaillée et une imagerie acoustique des fonds. L'enregistrement de sondeurs à sédiments à très haute résolution de type Chirp durant ces levés a aussi permis une reconnaissance très précise de la structure des unités acoustiques superficielles. Des sondages ont été réalisés sur le site pilote et les secteurs environnants par carottier à gravité et vibrocarottier.

Sur l'APE Sud (fig. 2b), le site pilote est distant d'environ 70 km de la côte (respectivement à 75 km de Port-Vendre et à 60 km de Sète) et la profondeur moyenne est de 100 m (fig. 9). Le site est situé dans la zone d'épaisseur maximale de l'unité à cliniformes en bordure de la plate-forme. Les travaux moins nombreux ont été consacrés à la réalisation de transects par profil Chirp et de quatre sondages au travers cette zone d'épaisseur maximale.

La partie I du rapport de la phase C (Satra *et al.*, 2004c) présente les diverses informations recueillies sur les sites pilotes durant la campagne en mer, les cartes et les résultats du traitement des données.

Cette partie II du rapport de phase C présente l'analyse de ces diverses informations et résultats en considérant tout d'abord les caractères morphologiques et la nature des fonds au niveau des sites pilotes qui caractérisent les conditions d'accessibilité à d'éventuelles ressources en sables. La nature et la distribution des unités sédimentaires superficielles sont ensuite analysées à partir des résultats de sondages et des analyses granulométriques, ainsi qu'à partir des comparaisons établies avec les données acoustiques. La distribution et les variations des successions lithologiques à l'échelle du site pilote sont examinées.

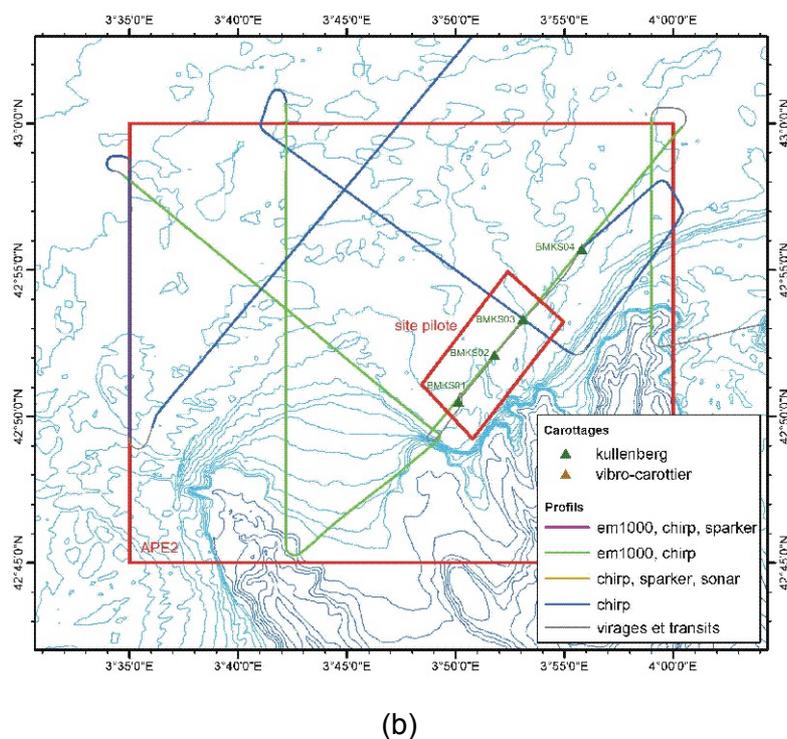
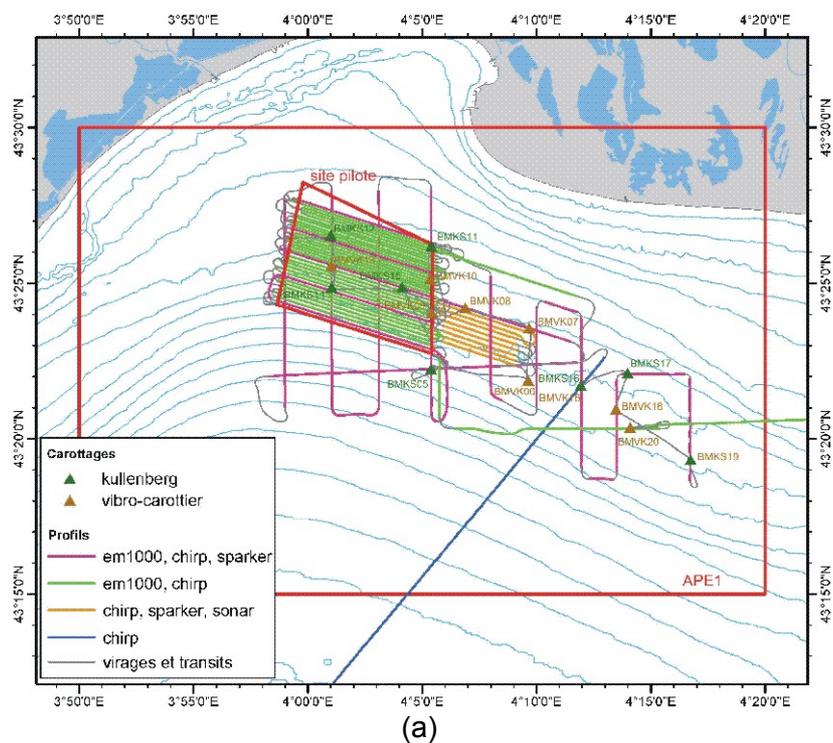


Figure 2 - Cartes de localisation des travaux réalisés sur les sites pilotes des APE Nord (a) et Sud (b) durant la campagne Beachmed (Satra et al., 2004a).

3. Analyse des données sur le site pilote de l'APE Nord (APE1)

3.1. MORPHOLOGIE ET NATURE DES FONDS

La cartographie détaillée établie à partir des levés au sondeur multifaisceaux de la campagne BEACHMED (février 2004) et ceux de campagnes antérieures (fig. 5 *in* Satra *et al.*, 2004c) met en évidence la morphologie particulière de la zone à l'est du site pilote. Elle révèle aussi une nette évolution E-W de la morphologie de détail (présence de dunes). Les principaux éléments linéaires de cette morphologie sont indiqués sur la figure 3. Les formes dunaires très adoucies de quelques mètres d'amplitude et de direction N-S, transverses par rapport à la pente générale, se terminent vers 4°05'E. Plus à l'ouest, ce sont les directions linéaires perpendiculaires, WNW-ESE, qui sont perceptibles dans la morphologie générale de la pente. La question de l'origine des formes dunaires -formes reliques ou liées à des événements récents- demeure posée. Les changements de morphologie des fonds (présence ou non de dunes, caractéristiques des dunes) dans la zone peuvent aussi augurer de variations de nature des fonds au sein de la zone cartographiée.

L'imagerie acoustique issue des levés au sondeur multifaisceaux révèle des différences de réflectivité à l'est qui sont clairement liées à la morphologie dans la zone des dunes. Des sédiments plus grossiers peuvent être suspectés dans les zones à réflectivité forte sur les zones « hautes » et inversement des sédiments plus fins dans les zones à réflectivité faible dans les creux (Satra *et al.*, 2004c), mais la faible densité des prélèvements ne permet pas de vérifier cette corrélation qui nécessiterait des prélèvements spécifiques et bien positionnés en fonction des différents faciès.

La perte de sédiments superficiels est fréquemment relevée dans les carottages par gravité (KS). Les bennes à sédiments réalisées sur les sites de carottages opèrent un mélange des premiers décimètres de sédiments. Il ne peut donc être réalisé de cartographie nouvelle de la nature des fonds à partir des prélèvements disponibles. Les sondages réalisés durant la campagne BEACHMED confirment cependant l'existence de sables fins à très fins en subsurface au sein de la zone cartographiée à partir des données antérieures (fig. 3). On notera la présence de sable et argile (ou vase) plus ou moins mélangé (lors du prélèvement ou réel mélange *in-situ* ?) à l'extrémité E du site pilote et dans la zone Strataform (située à l'est du site pilote). Plus au sud-est, les sédiments superficiels semblent redevenir plus sableux, mais il est à noter que l'on n'a pas rencontré de sable moyen décrit dans la carotte 72CLK48 (campagne 1972, université de Perpignan).

Au niveau du site pilote de l'APE Nord, les sédiments superficiels sont donc essentiellement constitués de sables fins à débris coquilliers mais la présence fréquente d'argile témoigne de l'envasement récent à actuel. La zone présentant la morphologie la plus prononcée (dunes à pente très faible) apparaît être celle où les dépôts argileux sont les plus importants, ce qui peut renforcer l'hypothèse de formes fossiles.

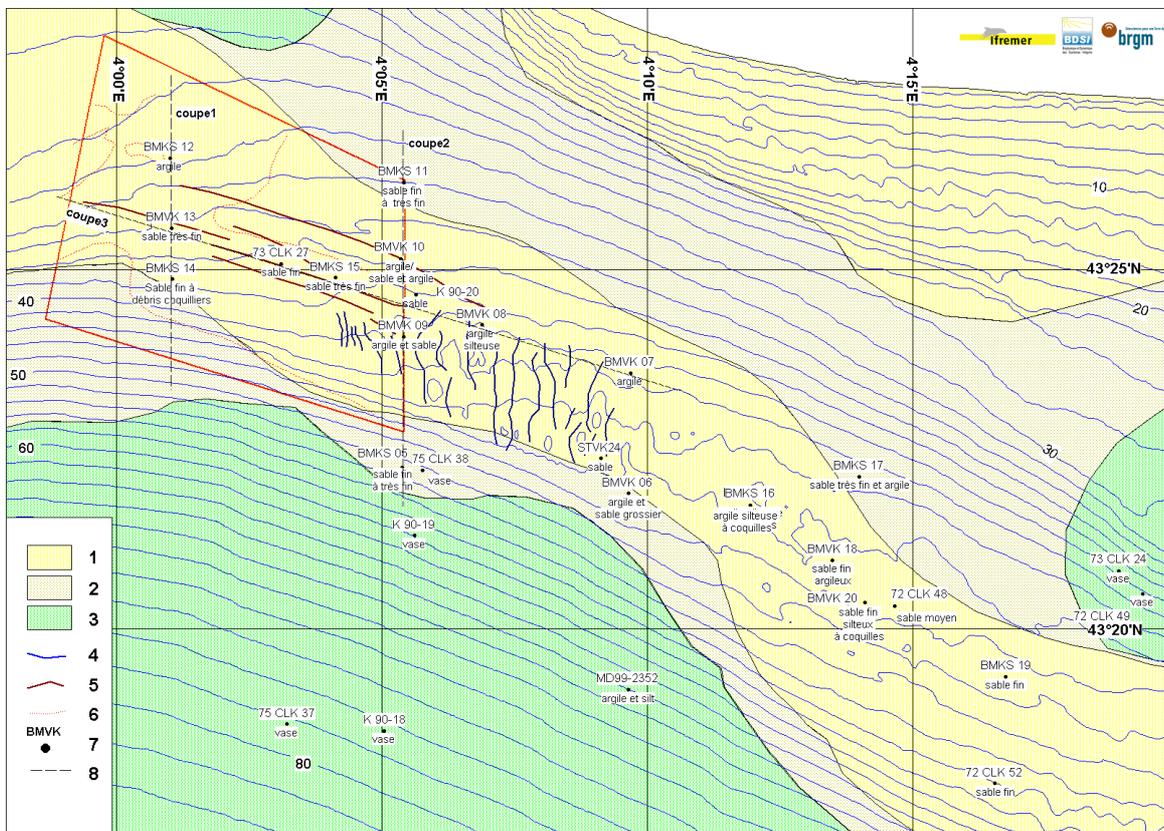


Figure 3 - Carte de la nature des fonds de l'APE Nord, éléments morphologiques (d'après Satra et al., 2004b) et nature des niveaux superficiels observés dans les sondages.

Légende : nature des fonds : 1 - sables fins ; 2 - sables vaseux ; 3 - vases. Éléments morphologiques : 4 - crêtes de dunes ; 5 - linéaments ; 6 - limites de zones plus réfléchissantes ; 7 - localisation des sondages analysés ; 8 - coupes des figures 4, 5 et 6.

3.2. STRUCTURE DES UNITÉS SUPERFICIELLES

La zone du site pilote dans l'APE Nord est caractérisée par l'existence d'une unité sismique dénommée U400. Cette unité présente dans sa partie supérieure des réflecteurs obliques (clinoformes) qui sont interprétés comme les témoins de milieux de dépôts à plus haute énergie, donc plus grossiers. Dans la partie inférieure de l'unité et vers le large, secteurs où dominent les sédiments vaseux en surface, ces réflecteurs deviennent très peu pentés, puis parallèles aux limites de l'unité. L'épaisseur maximale de l'unité U400 atteint 28 ms temps double (*i.e.* 22 m, avec une célérité du son dans le sédiment de 1 600 m/s), celle de l'ensemble à clinoformes étant estimée à 15-20 ms t.d. (12 à 16 m) (Satra et al., 2004a) (cf. pl. hors texte 1).

Vers le nord, l'unité plus récente U500 est caractérisée par des réflecteurs sub-horizontaux et parallèles. Cette unité, épaisse d'une vingtaine de mètres, s'amincit vers le large et recouvre en partie l'unité U400 au nord (pl. hors texte 1).

Sur les profils de sondeur à très haute résolution de type chirp réalisés dans l'APE Nord, le signal du fond peut présenter un « dédoublement » ou « pédalage » et son épaisseur peut atteindre ou dépasser 2-3 ms (1,5-2 m). Or, la longueur des sondages réalisés lors de la campagne BEACHMED est du même ordre de grandeur (~ 2 m). L'examen des caractéristiques et des corrélations entre profils sismiques et sondages peut donc s'avérer délicate selon la géométrie des réflecteurs dans les premiers mètres.

Cependant, ces profils ont permis de contrôler la géométrie et les caractères des unités sismiques dans les niveaux superficiels et de mettre en évidence différents secteurs (Satra *et al.*, 2004b). Entre le secteur nord à fonds vaseux ou sablo-vaseux où affleure l'unité U500 et le secteur sud à fonds vaseux où affleure l'unité U400, s'étend une zone étroite et allongée de sables fins (pl. hors texte 1). Cette zone centrale est caractérisée par une unité U400 sub-affleurante qui peut être localement recouverte par une unité superficielle mince (fig. 4). La distinction de cette « unité supérieure » est parfois claire lorsqu'elle atteint quelques millisecondes d'épaisseur et que le toit de l'unité U400 est diffractant et irrégulier. Son épaisseur est en moyenne de 1,5-2 ms (*i.e.* 1,2-1,6 m), mais peut atteindre localement 5 à 6 ms (*i.e.* 4-4,8 m) (Satra *et al.*, 2004b). Lorsqu'elle est absente ou très réduite, le toit de l'unité U400 peut être suivi très près de la surface en présence de clinofformes, du fait de la différence de géométrie par rapport au signal du fond. Lorsque l'unité supérieure est réduite et que les réflecteurs de l'unité U400 sont peu pentés, la distinction entre les deux unités ne peut être faite et la localisation précise du toit de l'unité U400 est incertaine.

D'après la cartographie des faciès acoustiques superficiels (Satra *et al.*, 2004b) (fig. 4), l'unité U400 est le plus souvent sub-affleurante au niveau du site pilote et plus largement au niveau de la zone des sables fins (zone orientée WSW-ENE bordée par les zones de vase au nord et au sud). L'unité supérieure a pu être bien repérée dans une bande étroite, qui recoupe le site pilote et borde la limite sud de l'unité U500 plus à l'est. On remarque que cette zone étroite, où l'unité superficielle a été identifiée, est orientée E-W puis NW-SE et suit la morphologie des fonds.

3.3. ANALYSE DES DONNÉES DE SONDAGE, DE GRANULOMÉTRIE ET DES CORRÉLATIONS AVEC LES UNITÉS ACOUSTIQUES

L'examen des caractéristiques des unités sismiques a mis en évidence la variabilité des faciès acoustiques dans les couches superficielles, et parfois l'imprécision dans la localisation du toit des unités sub-affleurantes. De même, l'examen des résultats des sondages permet de constater les changements de lithologies dans les premiers mètres de sédiments qui ont pu être carottés. Les corrélations fines entre faciès acoustiques et lithologies sont donc délicates.

Les principaux éléments issus des corrélations entre unités acoustiques et sondages sont les suivants (Satra *et al.*, 2004c) :

- U500 : sable très fin à fin et argile ;
- « unité supérieure » nette : argile prédominante et niveaux coquilliers surmontant des sables fins à très fins avec alternances argileuses ;
- U400 sub-affleurantes : lithologie variée et épaisseurs variables de sable moyen, sable fin ou très fin, argile ;
- U400 affleurante : sable plus ou moins fin et argile.

L'analyse de ces corrélations et de la nature des unités est fortement limitée par la longueur réduite des carottes qui ont été récupérées (L de 1 à 2 m, 2 carottes de 3 m). Cependant, elle met en évidence une forte variabilité lithologique au sein de chaque unité sismique.

Les variations latérales et en profondeur des lithologies peuvent être illustrées et précisées par l'examen plus détaillé de coupes au travers de la zone pilote et par celui de la distribution des successions lithologiques dans la zone reconnue. En complément des pourcentages de fractions granulométriques figurant sur les logs et les diagrammes, les valeurs de grain moyen, classement et asymétrie, ont été calculées pour chaque échantillon analysé (tabl. 1 et 2). La méthode de calcul est exposée en annexe 3. De manière générale, on peut noter que les indices de classement de tous les échantillons sont, à l'exception de quelques échantillons, supérieurs à 1. La plupart des échantillons correspondent donc à des sédiments médiocrement classés et l'utilisation des valeurs de grain moyen n'est donc pas pertinente pour ces échantillons.

- **Coupe 1 (N-S)** : située à l'ouest du site pilote (fig. 5 ; fig. 18 *in* Satra *et al.*, 2004c), cette coupe montre une variation N-S de la lithologie dans les 1,5 premiers mètres.
 - au nord (BMKS12) le sédiment présente un granoclassement positif (diminution de la granulométrie du bas vers le haut) d'après la description lithologique visuelle mais l'analyse granulométrique et les courbes de fréquence révèlent que les proportions de sable fin ou très fin dans ce sable moyen à fin sont faibles (fig. 5). L'indice de classement (tabl. 1) est toujours supérieur à 1 et confirme donc l'hétérogénéité du sédiment dans la carotte, déjà observé sur les histogrammes tracés en regard des logs (fig. 5). Sur le profil Chirp, quelques diffractions sont observées au sein des réflecteurs superficiels on ne peut préciser si le toit de l'unité U400 sub-affleurante a été atteint du fait de la longueur réduite de la carotte. L'unité U400 ne présente pas de clinofformes dans ce secteur ;
 - au centre de la zone (BMVK13), l'unité superficielle, présente au-dessus de la surface de ravinement, apparaît hétérogène en surface, plus homogène et constituée de sable fin en dessous. L'unité U400 révèle quelques clinofformes peu pentés mais elle n'a pas été atteinte par le sondage. Les analyses granulométriques, avec une valeur de classement (tabl. 2) supérieure à 1 (partie inférieure de la carotte, cotes de 80 et 150 cm), voire supérieure à 3 (partie supérieure de la carotte, cote de 30 cm) confirment que le sédiment est médiocrement à très mal classé (voir classifications en ann. 3), en particulier dans la passe de sable grossier (fig. 5) ;
 - au sud, la carotte BMKS14 paraît également entièrement située dans l'unité supérieure. Elle montre comme au nord, un granoclassement positif (diminution de

la granulométrie du bas vers le haut, fig. 5) mais beaucoup plus affirmé, celui-ci étant dû à la présence de nombreux fragments coquilliers à la base (indice de classement de 2,48, tabl. 1). Au-dessous, les réflecteurs de l'unité U400 qui n'ont pas été atteints, sont légèrement pentés et discontinus.

- à l'ouest du site pilote, les sédiments superficiels sont donc très hétérogènes. Si les sables fins à moyens semblent prédominer au nord, des niveaux grossiers coquilliers s'intercalent dans les sables fins plus au sud. La présence d'amas coquilliers était signalée dans ce secteur d'après les cartographies antérieures (carte géologique 1/50 000 du Grau-du-Roi) (Satra *et al.*, 2004a ; Guennoc *et al.*, 2004).
- **Coupe 2 (N-S)** : située à l'est du site pilote (fig. 6 ; fig. 19 *in* Satra *et al.*, 2004b) le long du profil BMCH13, on distingue :
 - au nord (BMKS11), les sables fins à moyens avec intercalations d'argiles (de 0 à 1,70 m) représenteraient la partie distale de l'unité 500 au-dessus d'une zone de sables fins à nombreux débris coquilliers indiquant une zone de transition avec l'unité 400. La nature de l'unité U400 elle-même, caractérisée par des réflecteurs sub-horizontaux dans ce secteur, ne peut donc pas être clairement déterminée par ce sondage. Les analyses révèlent le bon classement des sables fins et l'hétérogénéité des niveaux grossiers coquilliers ;
 - au centre (BMVK10), la carotte révèle un granoclassement décroissant net et une augmentation des sables fins puis des sables très fins et des silts au sein de l'unité supérieure. La faible quantité de débris coquilliers distingue aussi cette carotte de celle située plus à l'ouest dans l'unité supérieure (BMVK13 ou BMKS14) et le sédiment apparaît assez bien classé. Bien que proche, l'unité U400 à réflecteurs très peu pentés dans ce secteur n'a pas été atteinte ;
 - au sud de la zone des sables fins, la carotte BMVK09 révèle une grande hétérogénéité de faciès et de granulométrie dans un secteur où l'unité 400 serait sub-affleurante. Les granoclassements positifs puis négatifs depuis la surface sont liés aux proportions de sable fin et très fin et à l'intercalation de niveaux argileux. La carotte semble avoir atteint le sommet de clinofformes de l'unité 400 caractérisés par des réflecteurs et peu pentés qui se distinguent au travers du signal du fond assez épais ;
 - plus au sud, dans la zone de sédiments de surface plus vaseux, le sondage BMKS05 a été réalisé dans le secteur où les réflecteurs de l'unité U400 sont réguliers et parallèles et où une sédimentation plus fine et homogène pouvait être suspectée. La lithologie superficielle (1,5 m) révèle une succession hétérogène : les sables fins en surface passent à des sables fins à très fins à débris coquilliers et à des intercalations d'argile. Les indices de classement, pouvant atteindre plus de 3 (tabl. 1), confirment cette hétérogénéité ;
 - à l'est du site pilote, on constate que les sables fins prédominent dans la lithologie des sédiments superficiels mais l'intercalation de niveaux argileux et de niveaux riches en débris coquilliers induit une hétérogénéité de ces niveaux. Bien que l'unité U400 ait été atteinte, les corrélations entre les faciès acoustiques et des sédiments plus ou moins grossiers ou fins ne peuvent être clairement établies. On doit cependant noter que la carotte K90-20 située à proximité, à 400 m à l'est du profil entre BMVK10 et BMVK09 (fig. 4), a recueilli sur 3,5 m un sable très fin très

homogène sous un sable plus riche en débris coquillier en subsurface (jusqu'à 0,5 m) (cf. log en ann. 1).

- **Coupe 3 (NW-SE)** : cette coupe longitudinale située le long du profil Chirp CH18 (fig. 7 et fig. 18 in Satra *et al.*, 2004a) recoupe la zone centrale du site pilote et permet d'analyser les variations de lithologie dans le sens W-E.
 - au sein du site pilote, la lithologie relativement homogène au niveau de la carotte BMVK13 prélevée au sein de l'unité supérieure (cf. coupe 1) devient hétérogène vers l'est au niveau de la carotte BMKS15 où les sables très fins, silts et argiles prédominent. Les clinofformes de l'unité U400 sont nets sur ce profil transverse (pendage vrai de 0,7 à 1,3°, d'après Satra *et al.*, 2004a). Ils ont été atteints par le sondage et seraient donc constitués, dans leur partie supérieure, par des sables fins à très fins à intercalations d'argiles. On peut noter que le classement semble s'améliorer vers la base du sondage, dans la zone où U400 serait atteinte, avec un indice d'environ 1,2 (tabl. 1), ce qui constitue toutefois un sédiment médiocrement classé. La valeur seule du grain moyen ne peut donc pas être utilisée pour caractériser le sédiment, même dans cette portion qui semble mieux classée ;
 - à l'est de la zone pilote, les carottes BMVK08 et BMVK07 prélevées au sein de l'unité supérieure, mais non loin du toit, des clinofformes montrent également une variation de la lithologie. Ces carottes sont surtout constituées de sables fins avec intercalation de niveaux coquilliers (BMVK08), d'argiles avec des niveaux de sables fins plus à l'est (BMVK07). Cette dernière carotte est localisée dans la zone d'affleurement de l'unité U500 (fig. 4). Les analyses granulométriques (tabl. 2) effectuées sur la carotte BMVK07 montrent que le grain moyen est faible (0,008 à 0,091 mm), avec toujours un classement médiocre (indice supérieur à 1, voire 3). Les analyses effectuées sur la carotte BMVK08 confirment la présence de débris coquilliers, avec un grain moyen plus important, un indice de classement toujours médiocre, et une asymétrie positive supérieure à 0,3 (*i.e.* forte asymétrie vers les grandes tailles).
- **Coupe 4** : des sondages ont été réalisés durant la campagne BEACHMED à l'est du site pilote et de la zone Strataform (fig. 4) afin de contrôler la nature des sédiments dans la partie orientale de la zone des sables fins dans un secteur où une carotte antérieure (72CLK48) aurait récupéré plusieurs mètres de sables moyens (log descriptif sans analyse granulométrique disponible). Les divers sondages réalisés dans ce secteur (fig. 8) montrent la prédominance de sables fins à très fins dans lesquels s'intercalent quelques niveaux coquilliers et quelques niveaux argileux qui sont plus nombreux au sein de la carotte BMVK06. La proportion de sable moyen est peu abondante dans le sédiment. Ici encore ce sont surtout les coquilles et débris coquilliers qui sont responsables de l'augmentation de granulométrie (grain moyen) dans certains niveaux (tabl. 1 et 2).

Nom carotte	Cote (cm)	Grain moyen (mm)	Classement (phi)	Asymétrie (phi)
BMKS05	40	0,147	1,175	3,359
	90	0,021	2,882	0,0387
	109-111	0,118	3,155	0,488
	149-151	0,227	2,222	0,445
BMKS12	25	0,215	1,414	2,965
	45	0,161	2,258	1,867
	70	0,212	1,601	2,628
	110	0,189	1,910	2,183
BMKS14	20	0,183	1,255	3,026
	69-71	0,369	2,355	0,876
	139-140	0,280	2,481	1,068
BMKS15	15	0,130	1,5230	2,372
	46-47	0,082	3,136	0,373
	85	0,027	2,102	0,661
	145	0,006	1,763	0,103
	185	0,180	1,160	2,847
	250	0,097	1,288	2,344
BMKS16	40	0,145	1,046	3,037
	140	0,142	1,053	2,981
	240	0,135	1,174	2,995
BMKS17	40	0,179	1,186	3,477
	85	0,209	1,442	2,307
	100	0,219	1,902	1,820
	139-140	0,201	3,257	0,651
BMKS19	86-90	0,142	3,329	0,497
	120	0,141	1,091	3,530

Tableau 1 - Principaux paramètres sédimentologiques calculés à partir des analyses granulométriques de sédiments de la zone Nord. Carottes : BMKS02, 05, 12, 14, 15, 16, 17, 19.

Nom carotte	Cote (cm)	Grain moyen (mm)	Classement (phi)	Asymétrie (phi)
BMVK06	28-30	0,128	3,052	0,475
	50	0,166	0,949	2,302
	109	0,009	2,071	-0,111
	130	0,154	1,057	2,242
	150	0,098	1,873	1,916
BMVK07	30	0,008	1,943	-0,059
	89-91	0,082	3,531	0,133
	140	0,031	2,059	0,818
	190	0,091	1,101	2,826
BMVK08	44-49	0,225	2,801	0,736
	80	0,132	1,568	2,952
	130	0,094	2,120	1,882
BMVK09	30	0,050	2,817	0,791
	180	0,157	0,867	3,531
BMVK10	50	0,156	2,367	1,548
	85	0,186	0,983	3,061
	115	0,152	1,146	2,711
	165	0,046	1,946	0,995
BMVK13	30-32	0,149	3,214	0,497
	80	0,167	1,149	3,515
	150	0,155	1,138	3,376
BMVK16	25	0,019	2,874	-0,050
	65	0,108	1,249	2,541
BMVK18	40-44	0,248	2,954	0,702
	145	0,106	1,357	3,236
BMVK20	10	0,043	3,226	0,428
	45	0,149	1,498	2,970
	90	0,126	0,920	3,279
	120	0,141	0,781	3,105
STVK24	5	0,069	2,862	0,731
	190	0,005	1,739	0,117
K90-20	0-5	0,160	0,607	-1,698
	10-15	0,197	0,997	-1,501
	20-25	0,205	1,129	-1,326
	40-50	0,234	1,239	-1,015
	100-120	0,137	0,369	-1,616
	140-160	0,141	0,365	-1,418
	200-220	0,141	0,349	-1,504

Tableau 2 - Principaux paramètres sédimentologiques calculés à partir des analyses granulométriques de sédiments de la zone Nord. Carottes : BMVK06, BMVK07, BMVK08, BMVK09, BMVK10, BMVK13, BMVK16, BMVK18, BMVK20, STVK24, K90-20.

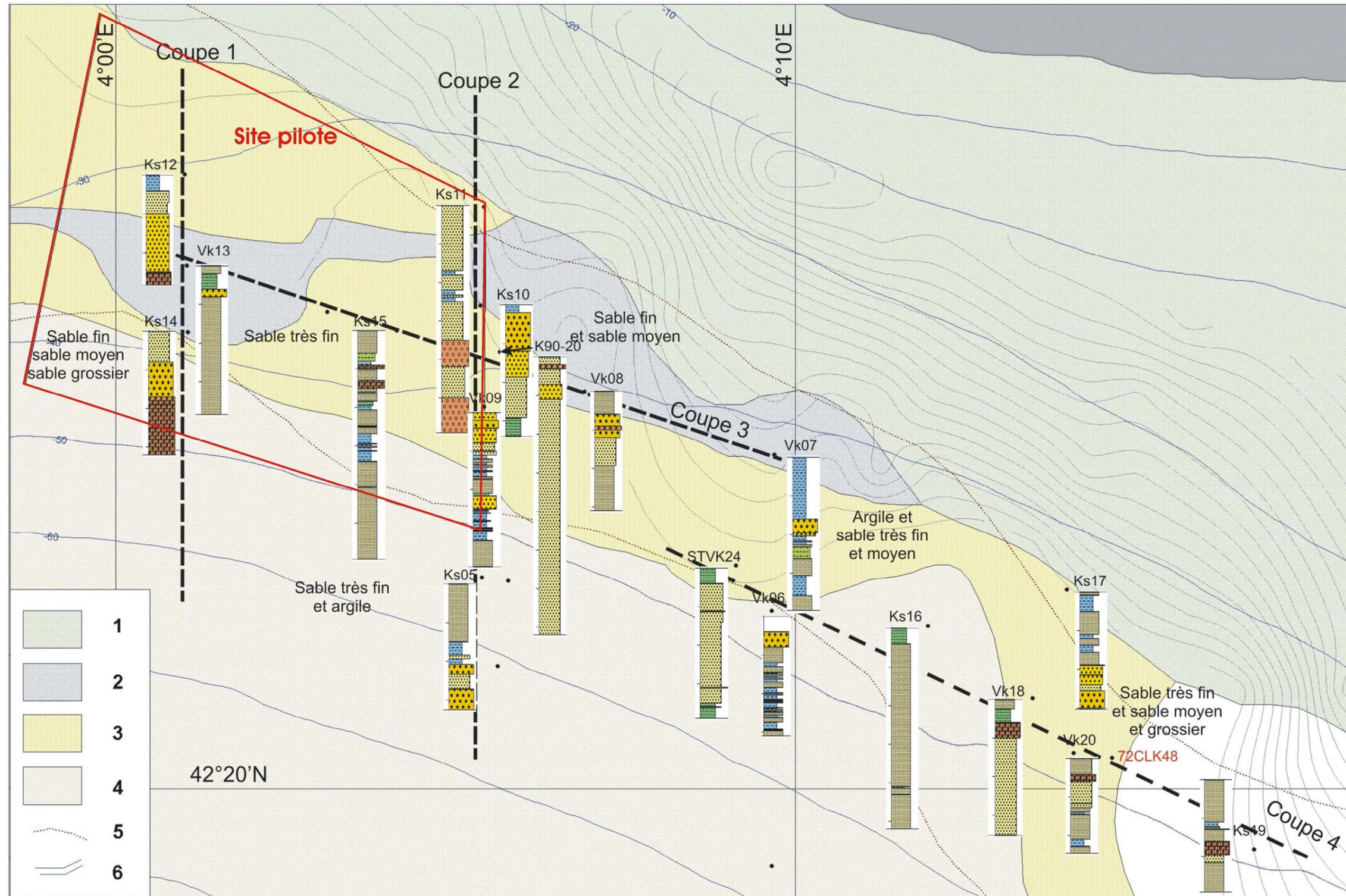
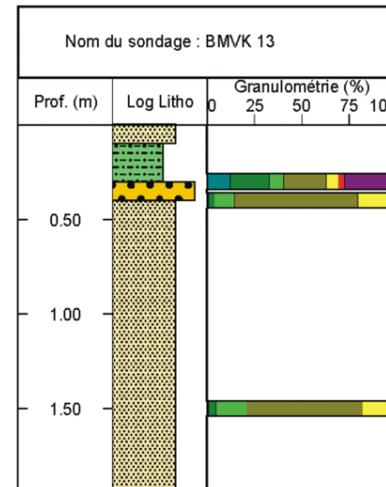
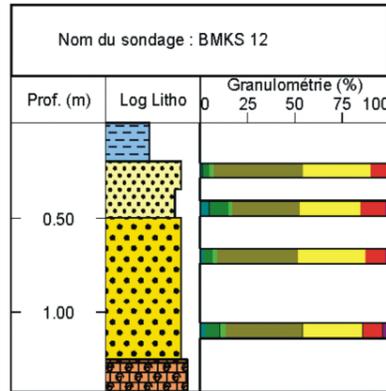
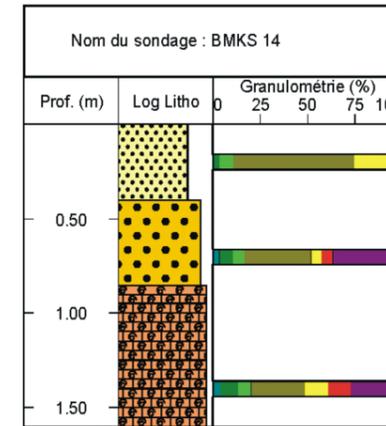


Figure 4 - Carte de répartition des unités sismiques d'après Satra et al. (2004c) et logs simplifiés de sondages montrant la distribution et la variation des successions lithologiques dans le secteur du site pilote de l'APE Nord. Légende : 1 - unité 500 affleurante ; 2 - « unité supérieure » affleurante ; 3 - unité 400 subaffleurante ; 4 - unité 400 affleurante ; 5 - limite des fonds de sables fins ; 6 - isopaques (intervalle 1 m) de l'unité U500. La légende des logs est donnée en annexe 1. Bathymétrie : isobathes : 10 m d'après données IFREMER.

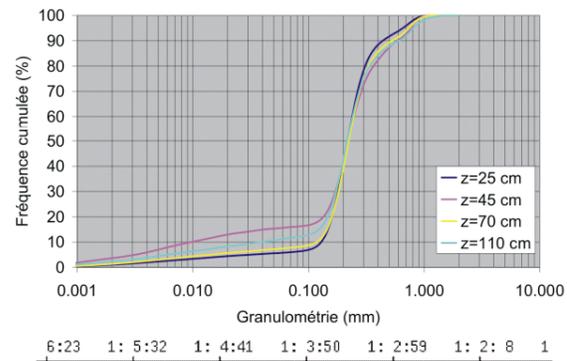
Nord



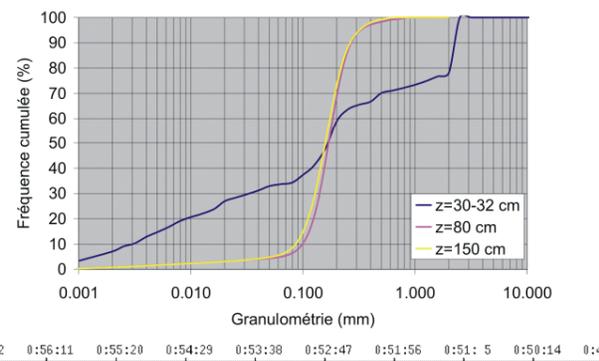
Sud



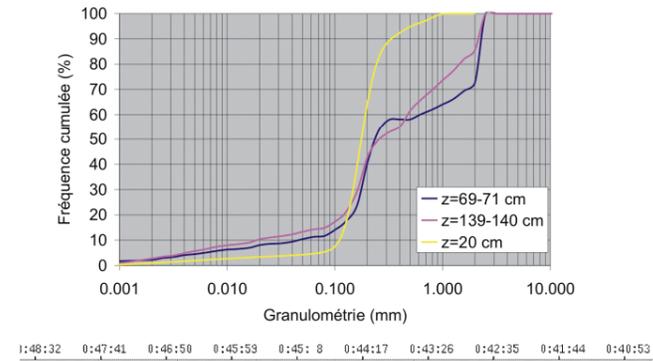
Carotte BMKS12



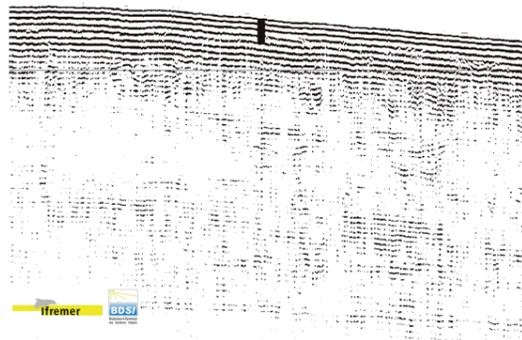
Carotte BMVK13



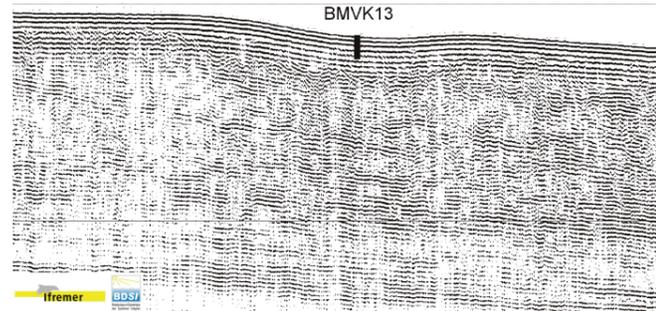
Carotte BMKS14



BMKS12



BMVK13



BMKS14

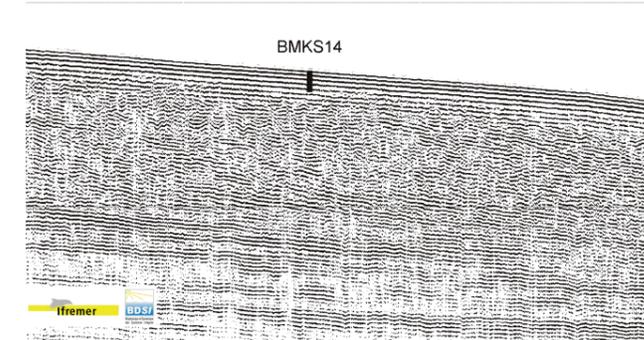


Figure 5 - Coupe 1 (N-S) à l'ouest du site pilote de l'APE Nord : logs lithologiques, analyses granulométriques, diagrammes des fréquences cumulées et position des sondages sur les extraits du profil BMCH15 (légende des logs en ann. 1).

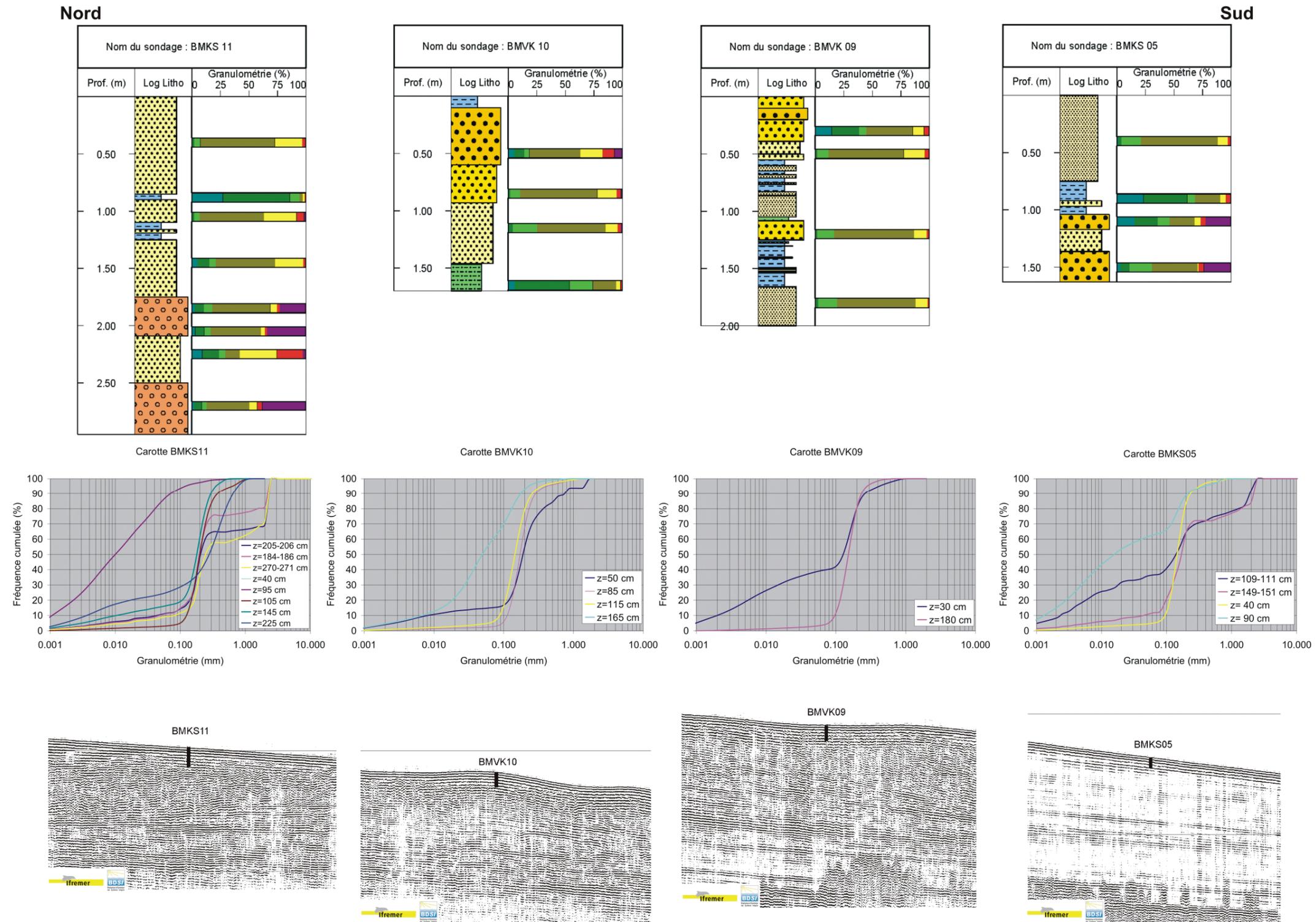


Figure 6 - Coupe 2 (N-S) à l'est du site pilote de l'APE Nord : logs lithologiques, analyses granulométriques, diagrammes des fréquences cumulées et position des sondages sur les extraits du profil BMCH13 (légende des logs en ann. 1).

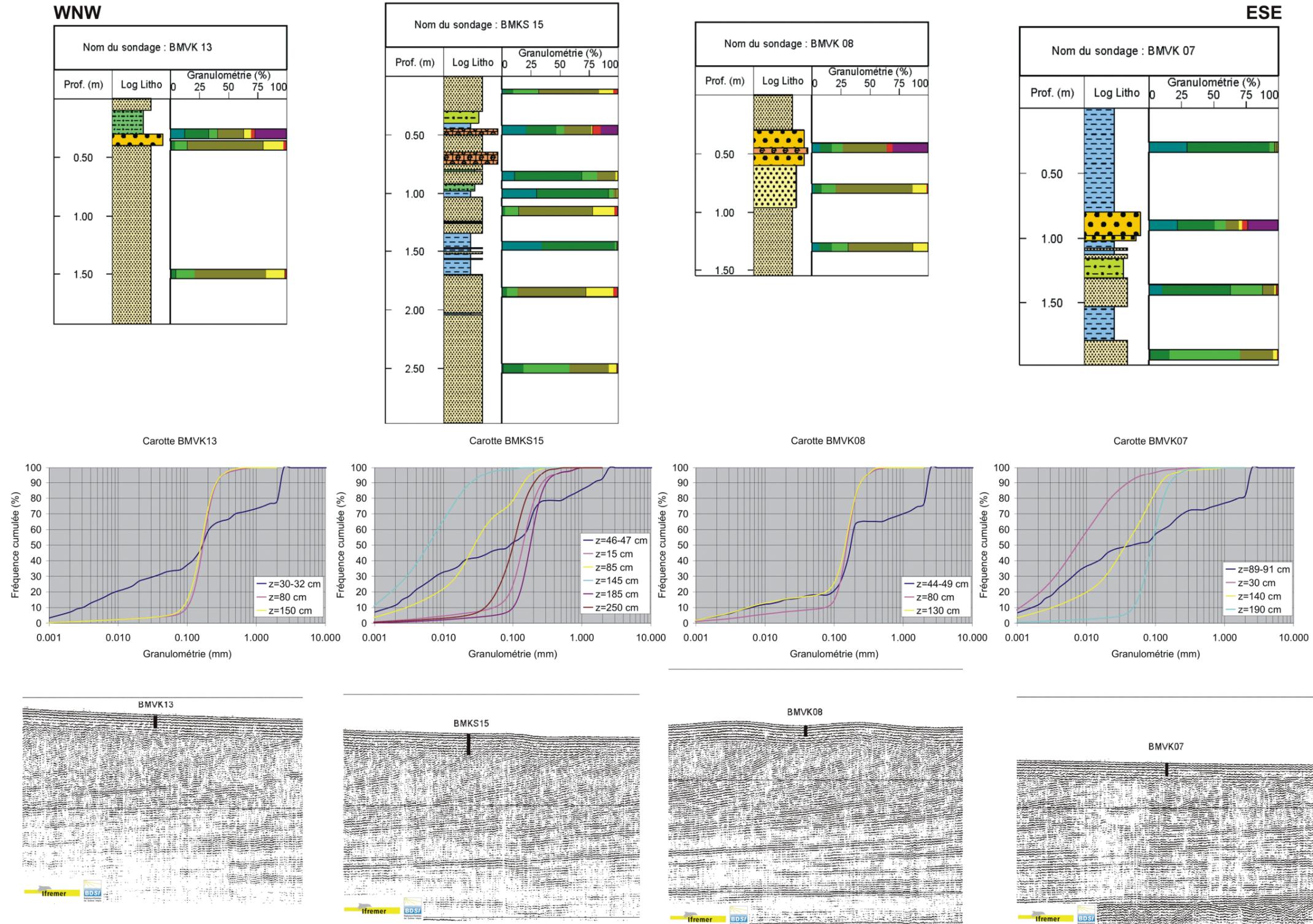


Figure 7 - Coupe 3 (WNW-ESE) au centre du site pilote de l'APE Nord : logs lithologiques, analyses granulométriques, diagrammes des fréquences cumulées et position des sondages sur les extraits du profil BMCH18 (légende des logs en ann. 1).

WNW

ESE

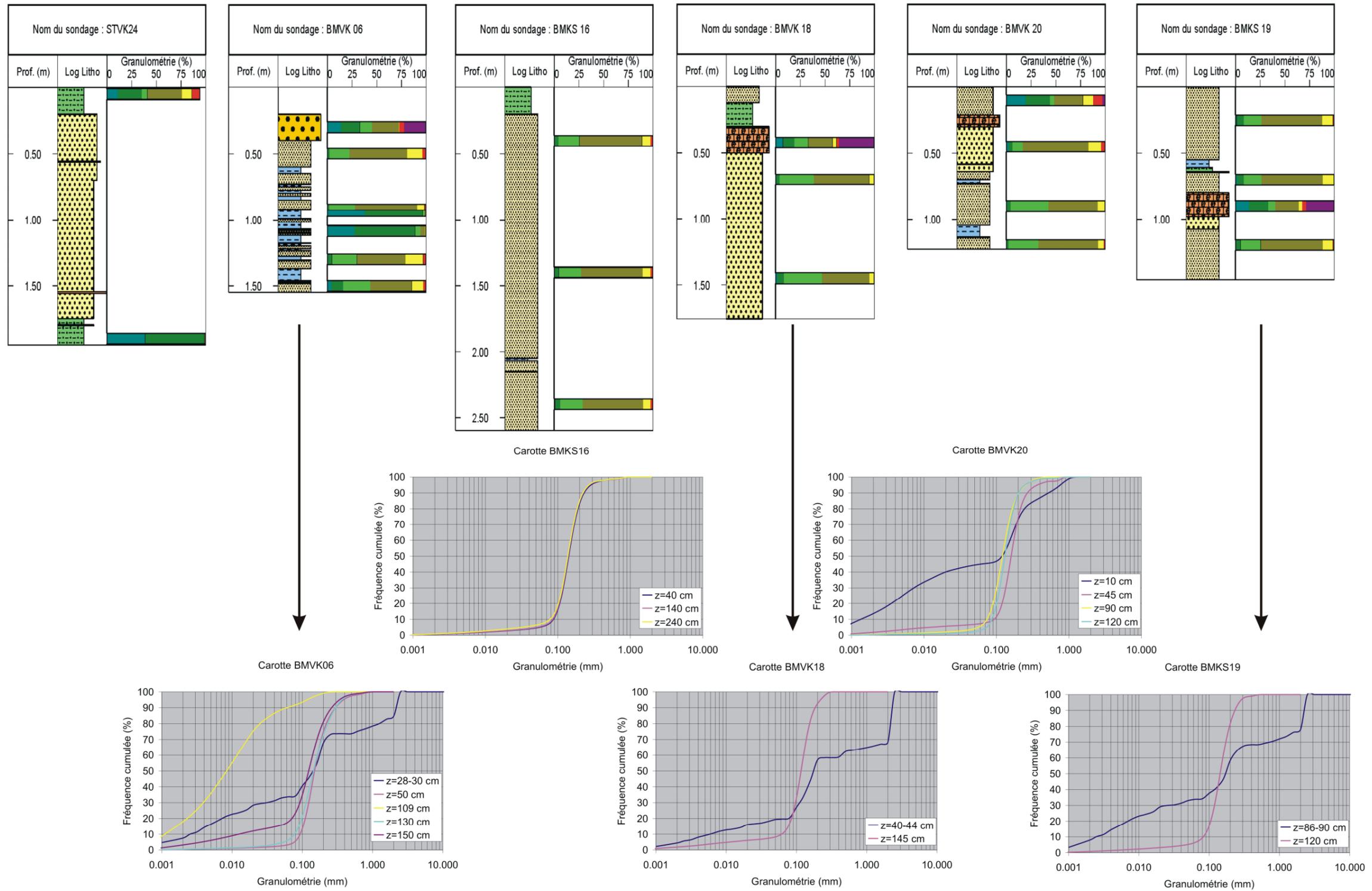


Figure 8 - Coupe 4 : logs lithologiques de sondages sur un transect WNW-ESE à l'est de la zone du site pilote de l'APE Nord. Localisation des sondages : fig. 4 (légende des logs en ann. 1).

3.4. RESSOURCES EN SABLE SUR LE SITE PILOTE DE L'APE NORD

Les données de sismique réflexion très haute résolution obtenues sur le site pilote de l'APE Nord ont permis d'établir une reconnaissance plus détaillée des premiers mètres de sédiments. En outre, cela a permis de préciser les relations entre les unités superficielles et l'unité sismique U400 dont l'ensemble supérieur à cliniformes constituait la cible des levés de la campagne Beachmed.

En raison de la présence d'une unité supérieure, qui n'avait pas été reconnue auparavant, et de la longueur réduite des sondages, cette unité sismique à cliniformes n'a été que rarement atteinte. Les informations obtenues sur quelques sites (BMKS15, BMVK09) semblent montrer que cet ensemble à cliniformes serait constitué, au moins dans sa partie supérieure, de sable fin à très fin et d'argiles. La relation univoque entre la pente des réflecteurs et une lithologie plus grossière semble aussi infirmée par les sédiments de granulométrie identique rencontrés dans les zones à réflecteurs sub-horizontaux de l'unité U400 (ex. BMKS05).

L'examen de la distribution des successions lithologiques rencontrées dans la zone étudiée montre la variabilité de celles-ci d'un secteur à l'autre. Malgré cette variabilité, et en tenant compte de la faible densité des sondages disponibles, une certaine zonation peut être esquissée à l'échelle des un à deux premiers mètres reconnus par sondage (fig. 4). Elle traduit surtout la présence de niveaux argileux plus nombreux dans certains secteurs et de niveaux coquilliers dans d'autres secteurs. Sur l'ensemble de la zone, la fraction dominante est celle des sables fins qui atteignent fréquemment 25 % à plus de 50 % de la fraction granulométrique. Les sables moyens sont peu importants et, lorsqu'ils sont présents, ils dépassent rarement 10 à 20 % de la fraction granulométrique à l'exception de quelques sondages au nord de la zone (BMKS12 et KS11).

Bien que seuls les deux à trois premiers mètres de sondage aient été reconnus sur le site pilote de l'APE Nord et dans les secteurs proches, on peut conclure que les unités sédimentaires supérieures de cette zone sont constituées de sables fins à très fins à niveaux de débris coquilliers et argileux plus ou moins abondants.

4. Analyse des données sur le site pilote de l'APE Sud (APE2)

4.1. MORPHOLOGIE ET NATURE DES FONDS

Le site pilote de l'APE Sud représente une zone de 9 x 4,7 km située sur la partie externe du plateau continental à des profondeurs de -92 à -110 m, et jouxte le rebord du talus continental au sud (fig. 9). À l'est, un talus continu de faible amplitude, entre -93 et -97 m, recoupe l'ensemble du site et sépare deux secteurs à morphologies différentes. À l'ouest, la topographie du site est caractérisée par des reliefs de quelques mètres principalement orientés NNW-SSE à N-S. À l'est et à l'extérieur de la zone du site pilote, les reliefs sont orientés NE-SW parallèlement à la bordure du plateau.

Dans ce secteur, dit des « sables reliques du large », relativement peu de données antérieures étaient disponibles sur la nature des fonds superficiels. La synthèse générale sur la lithologie de surface de l'APE Sud indiquait l'existence de sables moyens au nord-est et de sables fins vers le sud-ouest, tandis que les sables vaseux étaient cartographiés en bordure de plate-forme (Satra *et al.*, 2004a ; Guennoc *et al.*, 2004). Les carottes réalisées durant la campagne BEACHMED (BMKS01 à BMKS04) et les quelques données antérieures (CLVK14 et 15 en bordure de plateau) confirment que les sédiments de surface sont sableux. Cependant, ces nouveaux prélèvements montrent qu'en surface, le sable est grossier et hétérogène (BMKS01) au sud-ouest, tandis que plus au nord-est, il s'agit de sable moyen ou moyen à fin (BMKS02, BMKS03, BMKS04) (cf. ann. 2). En bordure de plate-forme (CLVK14 et 15, -97 m) (fig. 9), les sédiments sont également des sables moyens à grossiers très hétérogènes d'après les analyses granulométriques qui révèlent un pourcentage de silt et de vase plus important que pour les prélèvements précédents. Ce pourcentage plus important de vase se retrouve au-delà du premier talus de rebord de plate-forme vers -125 m (CLVK13, CLKS09), mais les sédiments sont toujours à dominante sableuse.

Compte tenu du faible nombre de prélèvements disponibles, une carte sédimentologique de surface plus précise ne peut être établie sur le site pilote. En l'état actuel des données, on peut conclure que les sédiments de surface du site pilote de l'APE Sud sont constitués de sables hétérogènes moyens à grossiers à débris coquilliers au sud-ouest, de sables fins à moyens plus homogènes et mieux classés au nord-est.

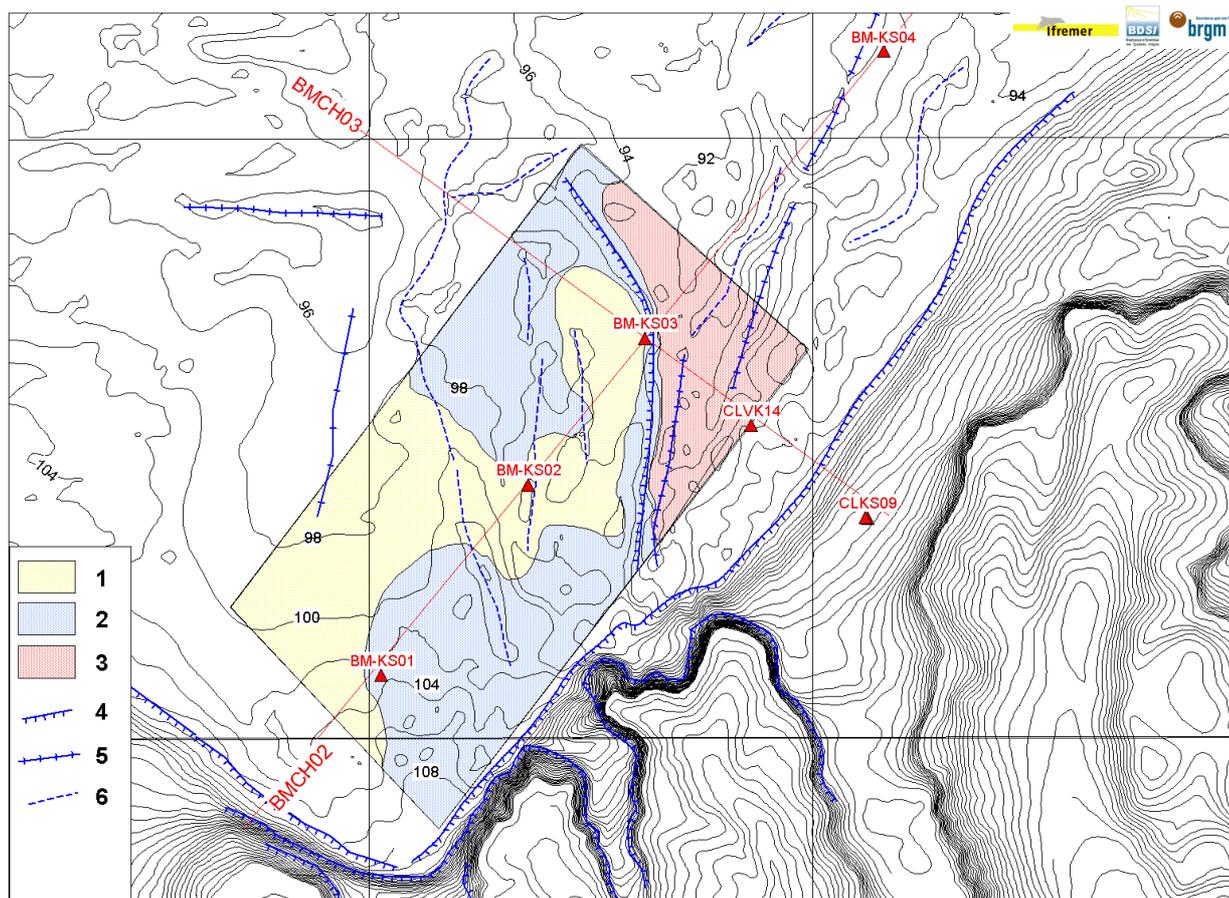


Figure 9 - Carte de localisation des profils et sondages du site pilote de l'APE Sud et principales structures morphologiques. Bathymétrie : isobathes 2 m (d'après Satra et al., 2004a).

Légende : épaisseur en millisecondes temps double de l'unité supérieure U155, 1 - de 0,1 à 2,9, 2 - de 3 à 5,9, 3 - de 6 à 9. Éléments morphologiques, 4 - talus, 5 - axes hauts, 6 - axes bas.

4.2. STRUCTURE ET ÉPAISSEUR DES UNITÉS SÉDIMENTAIRES

Les données antérieures de sismique réflexion ont permis d'établir une carte d'isopaques de la partie supérieure d'une unité sismique (U150) dont la géométrie à cliniformes marqués est interprétée comme la marque de dépôts à haute énergie, essentiellement sableux (Satra *et al.*, 2004a). Cette sous-unité à cliniformes est plus épaisse (15 à 30 m) en bordure de plate-forme et en particulier au niveau du site pilote sélectionné (fig. 3, Satra *et al.*, 2004c ; pl. hors texte n° 2).

Les profils de sondeur à sédiments de type Chirp réalisés durant la campagne BEACHMED ont permis par leur très bonne résolution, de mettre en évidence au sommet de cette unité à cliniformes, une unité superficielle (U155) d'épaisseur variable (Satra *et al.*, 2004c). La distribution générale de ces variations d'épaisseur fait apparaître les secteurs où l'unité superficielle est en moyenne peu épaisse (0,1 à

2,9 ms, *i.e.* 0,08 à 2,3 m) à l'ouest et au centre du site, et plus épaisse au nord-est où elle atteint 6 à 9 ms (4,8 à 5,4 m) (fig. 9). Cependant le profil Chirp qui présente une coupe longitudinale au travers de cette zone (fig. 2, Satra *et al.*, 2004b) révèle la forte variabilité d'épaisseur de cette unité sismique liée à la morphologie des fonds. Cette unité présente en effet une morphologie de dunes asymétriques qui auraient été formées par le remaniement de l'unité sous-jacente lors du dernier bas niveau marin.

Le faciès acoustique le plus fréquent au sein de cette unité superficielle est constitué de réflecteurs peu pentés à sub-horizontaux, des réflecteurs obliques pouvant être observés localement. La base de l'unité, de forme irrégulière, représente une surface érosive au toit de l'unité U150.

La coupe transversale représentée par le profil BMCH03 (fig. 10) montre la très faible épaisseur de cette unité au nord du site pilote et une épaisseur plus importante et plus constante au nord-est, en bordure de plate-forme, où elle atteint ou dépasse 6 m d'épaisseur sur une distance de 1,2 km (célérité du son dans le sédiment : 1 600 ms). Dans la partie nord-est du site pilote, il existe donc un secteur pouvant s'étendre plus à l'est, où l'unité supérieure présente une épaisseur plus grande et plus constante.

4.3. NATURE DES UNITÉS SUPERFICIELLES

Les sondages réalisés durant la campagne BEACHMED dans cette zone pilote sud ont permis de reconnaître les 2 à 5 premiers mètres de sédiments selon un transect WSW-ENE le long d'un profil chirp (cf. fig. 2 *in* Satra *et al.*, 2004b).

L'examen des sites de carottages, reportés sur des extraits du profil BMCH02, des logs de sondage et des données granulométriques permet d'établir les points suivants :

- Site BMKS01 (fig. 11) : la carotte a été prélevée dans une zone où l'unité U155 est peu épaisse (< 3 m). Les sables rencontrés dans les deux premiers mètres de la carotte sont constitués d'une fraction grossière comprenant essentiellement des débris coquilliers et des sables moyens. Les fractions silteuse ou argileuse sont peu abondantes dans ce niveau superficiel. Le niveau situé entre 2 et 2,3 m est caractérisé par des alternances de niveaux vaseux et sableux, les niveaux sableux étant eux-mêmes très hétérogènes et composés surtout de sable grossier (fragments coquilliers) dans une matrice silto-argileuse. Au-dessous, on retrouve un niveau de sable moyen à débris coquillier. Du fait de la distance du site de carottage par rapport au profil (à 100 m), une corrélation très précise ne peut être établie, mais les sédiments recueillis appartiennent vraisemblablement à l'unité supérieure U155.
- Site BMKS02 (fig. 12) : le site de carottage, situé très près du profil, montre que celle-ci a été prélevée sur le flanc peu penté d'une dune où l'épaisseur de l'unité superficielle est très réduite. Les sédiments prélevés montrent un granoclassement positif ou augmentation régulière de la fraction grossière du sommet à la base liée à une nette augmentation de la fraction biogénique. Il est possible que les niveaux échantillonnés à la base représentent les sédiments de la base de l'unité U155 (niveau de remaniement marqué par des dépôts très grossiers).

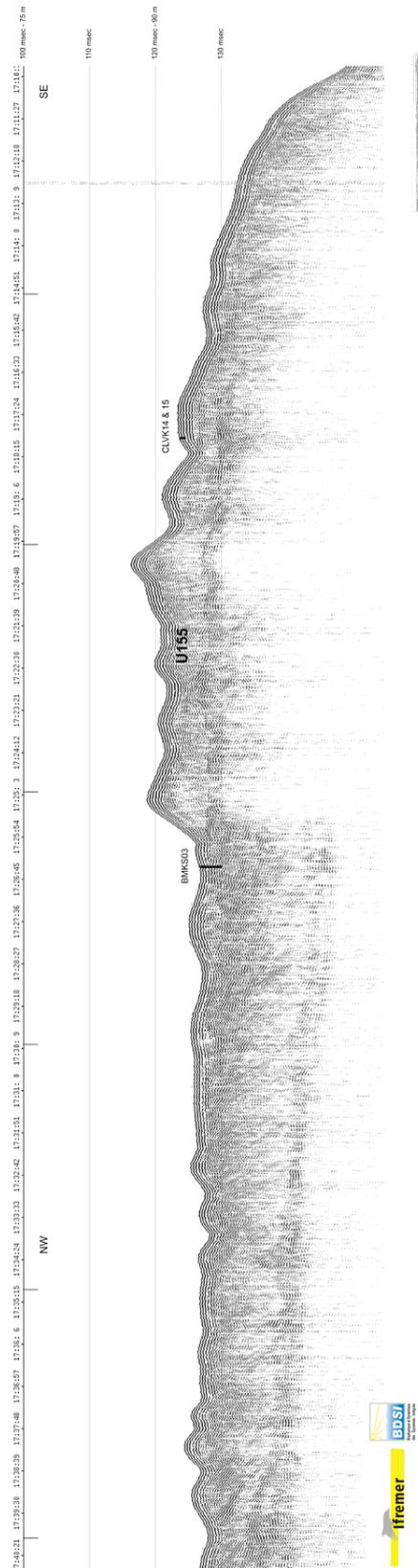


Figure 10 - Extrait du profil de sondeur chirp BMCH03 et localisation des sondages BMKS03 et CLVK14 et 15. Noter l'épaisseur de l'unité U155 en bordure de la plate-forme. Échelle verticale x 20 ms TD (~16 m dans les sédiments).

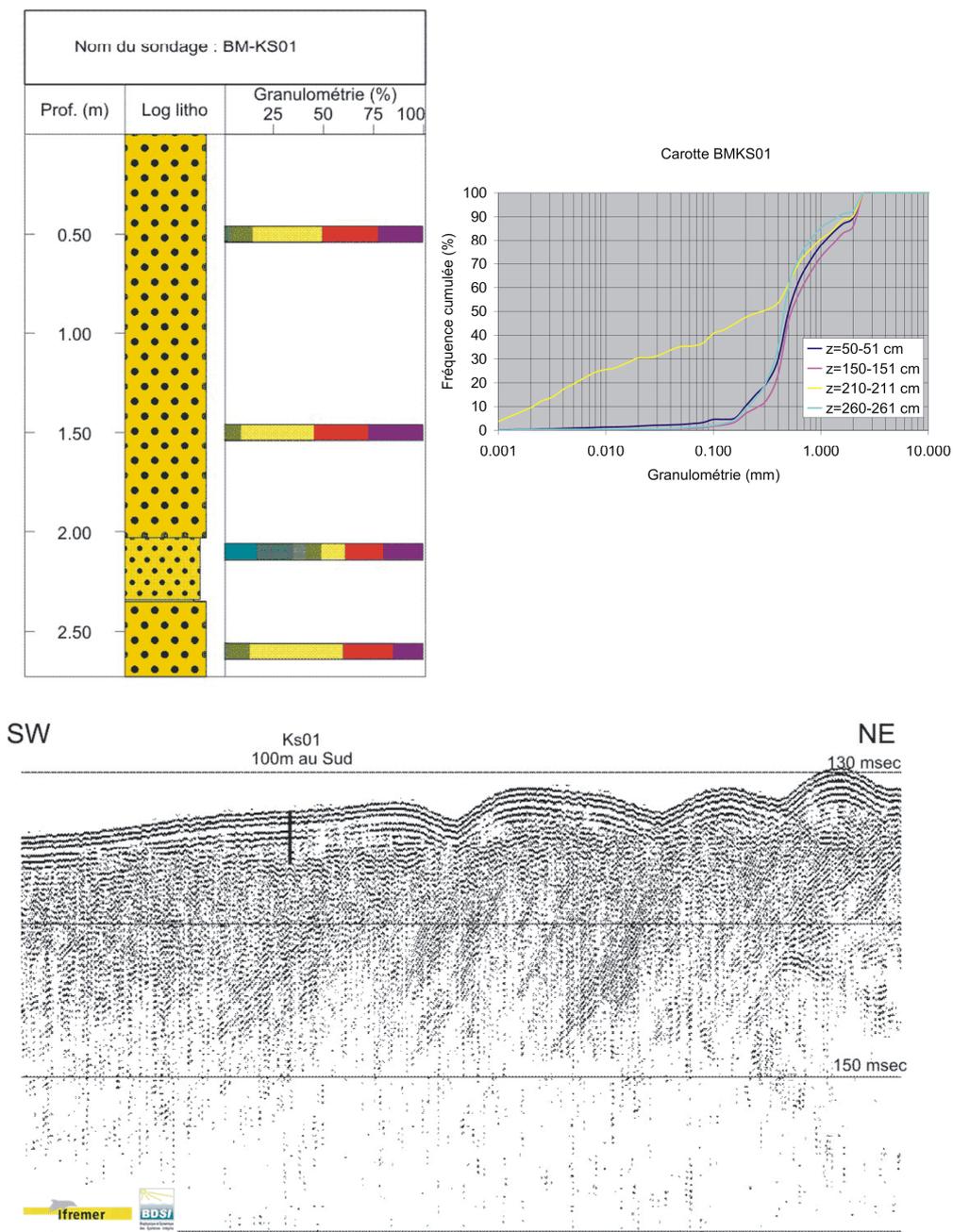


Figure 11 - Sondage BMKS01 : log lithologique, analyses granulométriques, diagramme de fréquence cumulée et localisation sur le profil BMCH02 (légende du log : cf. ann. 2).

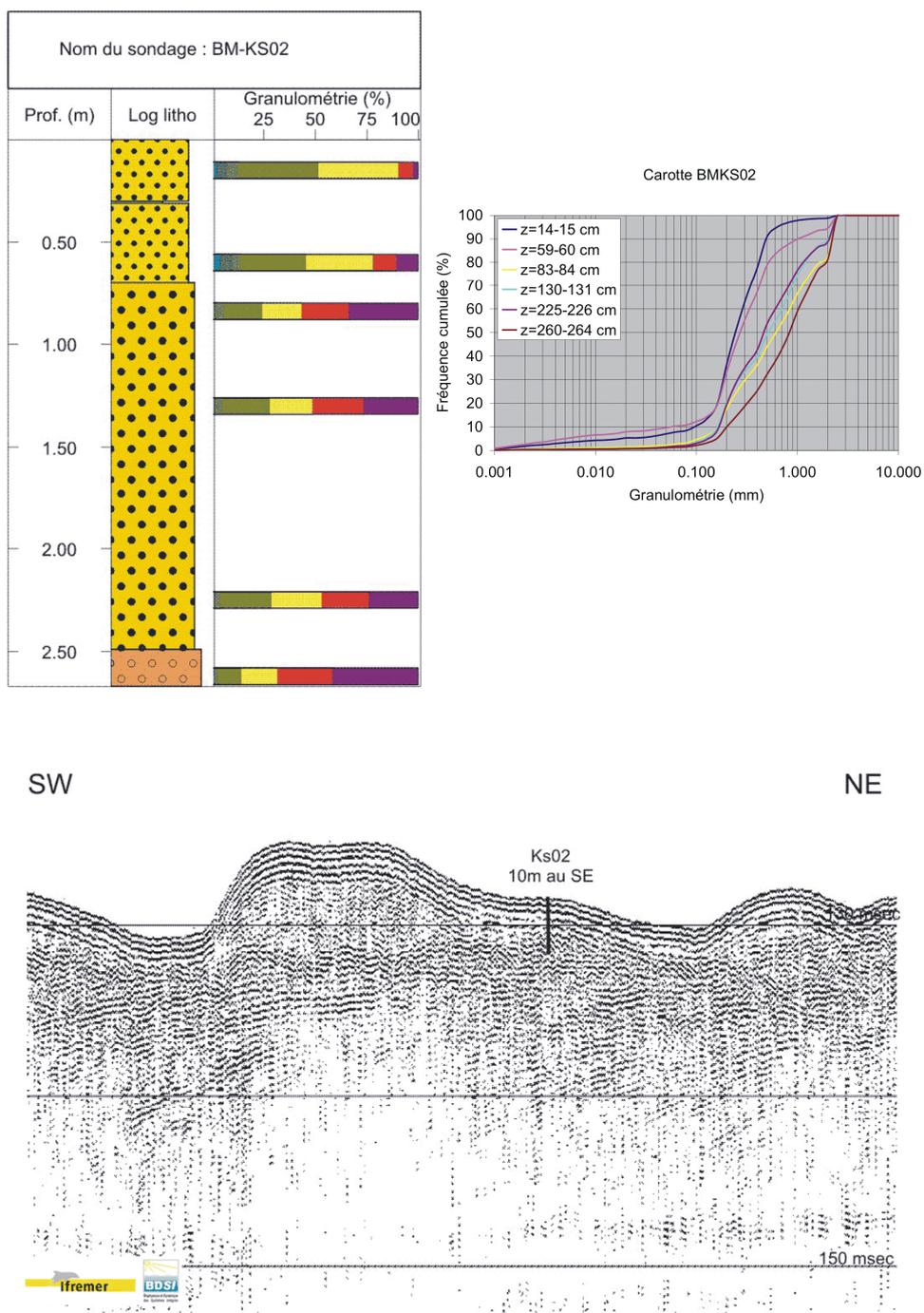


Figure 12 - Sondage BMKS02 : log lithologique, analyses granulométriques, diagramme de fréquence cumulée et localisation sur le profil BMCH02 (légende du log : cf. ann. 2).

- Site BMKS03 (fig. 13) : cette carotte a également été prélevée dans une zone où l'unité supérieure U150 est réduite. Elle est située dans une légère dépression au pied de la faible pente linéaire orientée NNE-SSW (cf. § 4.1.). Cette situation, au sein d'une légère dépression, peut expliquer la présence de niveaux superficiels plus fins (sable fin). Par contre, à partir de 70 cm de profondeur, on relève une augmentation de la fraction grossière due à la présence de nombreux graviers et petits galets bien roulés, les débris biogéniques étant rares (pl. 1). Les courbes granulométriques confirment le mauvais classement de ce sédiment et l'augmentation de la fraction grossière en profondeur. La présence des nombreux galets semble indiquer que l'on se trouve dans la zone d'interface entre les deux unités et dans un secteur où des dépôts fluviatiles ont pu être remaniés. En effet, le tracé d'un ancien cours fluvial a été reporté par Berné *et al.* (2002) dans ce secteur.
- Site BMKS04 (fig. 14) : situé à 4 km au nord-est du site pilote, la carotte BMKS04 a permis d'échantillonner plus de 5 m de sédiments dans un secteur où l'unité supérieure U155 est relativement épaisse et continue. Au niveau du premier mètre de sédiment carotté, la matrice est constituée de sable fin à moyen et renferme une fraction grossière biodétritique assez importante. Au-dessous, il s'agit surtout de sable fin assez bien classé et homogène.
- Les sondages antérieurs situés en bordure de plate-forme (CLVK14 et 15) n'ont permis de recueillir que les 50 premiers centimètres de sédiments. Le sédiment est hétérogène, constitué de sable moyen à grossier mais avec une fraction argileuse et silteuse importante (CLVK14, ann. 2). Sur le haut de pente, vers -125 m, les sables moyens à grossiers biodétritiques sont toujours présents et comportent une matrice argileuse assez importante dans les niveaux superficiels (CLVK15 et CLKS09).

4.4. RESSOURCES EN SABLE SUR LE SITE PILOTE DE L'APE SUD

Les données de la campagne BEACHMED ont permis de mettre en évidence une unité supérieure de quelques mètres d'épaisseur U155 surmontant l'unité précédemment cartographiée U150 potentiellement sableuse d'après la géométrie des clinofformes. Les carottages de la campagne BEACHMED n'ont pas permis de vérifier la nature exacte de cette unité inférieure. Cependant, comme cette unité constitue la source de l'unité supérieure qui a été prélevée, sa nature sableuse est très probable.

L'unité supérieure qui a pu être reconnue par sondeur à très haute résolution et par carottages est caractérisée par une morphologie de dunes 2 à 4 m d'amplitude (fig. 9). Leur longueur d'onde paraît variable et une analyse précise nécessiterait une cartographie très détaillée. La partie centrale du site pilote paraît caractérisée par une paléomorphologie fluviale dont les structures principales de direction sensiblement N-S ont été plus ou moins remodelées. Quelques formes de direction E-W sont décelées dans la topographie des fonds (fig. 9).

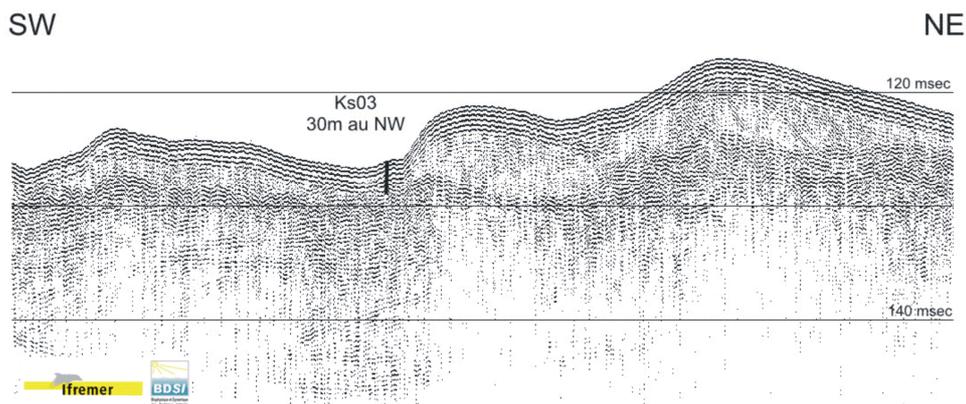
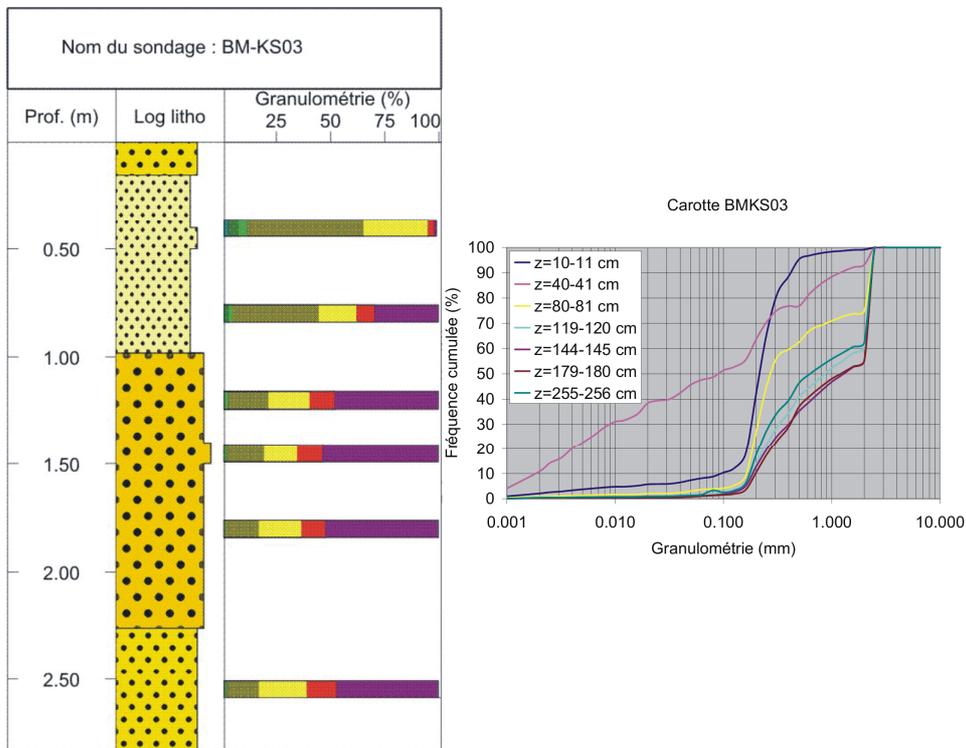


Figure 13 - Sondage BMKS03 : log lithologique, analyses granulométriques, diagramme de fréquence cumulée et localisation sur le profil BMCH02 (légende du log : cf. ann. 2).

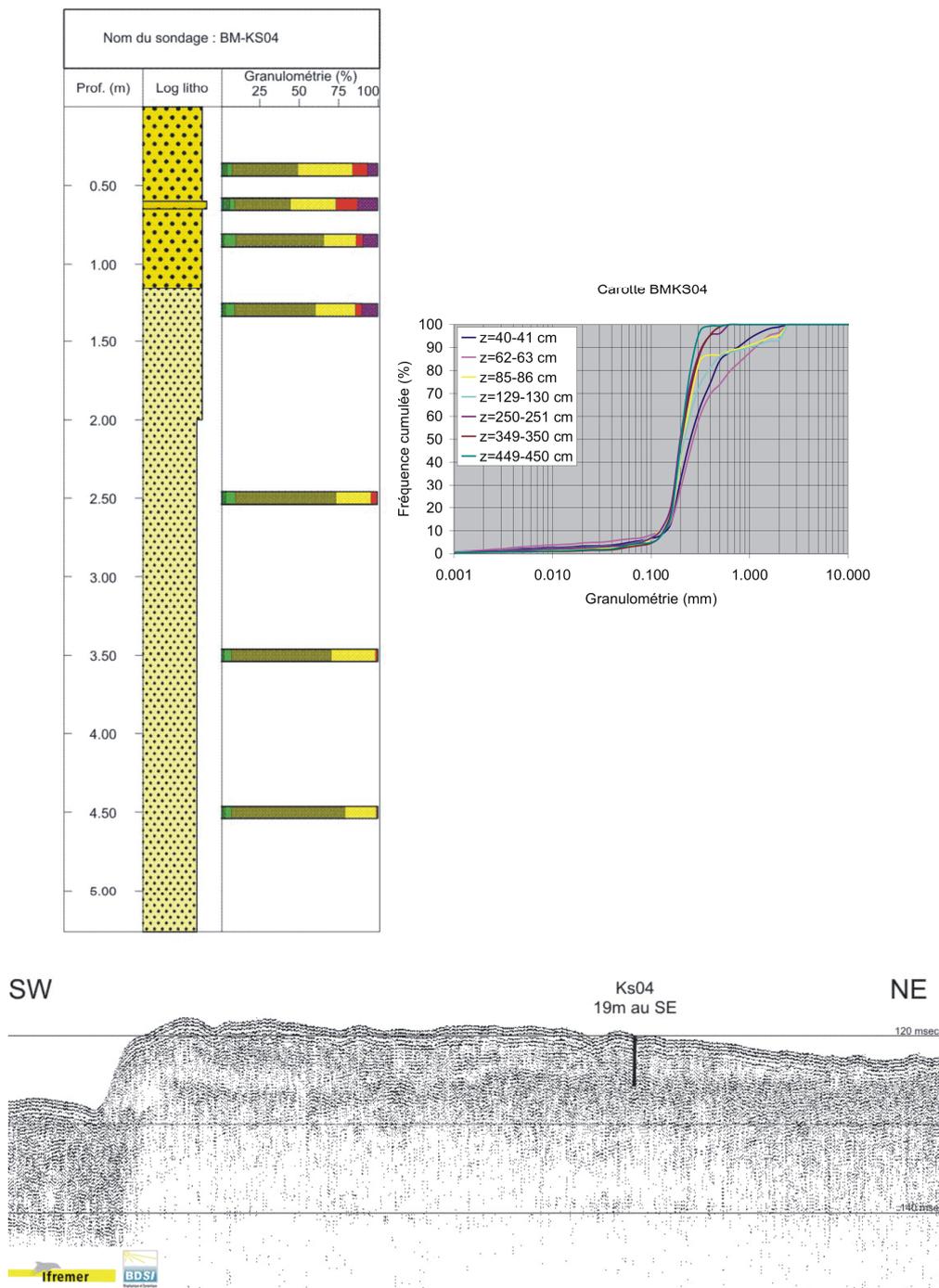


Figure 14 - Sondage BMKS04 : log lithologique, analyses granulométriques, diagramme de fréquence cumulée et localisation sur le profil BMCH02 (légende du log : cf. ann. 2).

Compte tenu de la densité faible des profils et surtout des carottages, on ne peut établir de zonation des dépôts sableux à l'échelle du site pilote. Dans les secteurs où l'unité est mince, les dépôts de sable moyen à fin comportant une fraction de sable grossier et des débris coquilliers assez nombreux semblent prédominer (BMKS01 et 02). Les dépôts grossiers à nombreux galets bien roulés peuvent être limités au secteur de l'ancienne zone fluviale. La présence de sables fins est constatée au NE où l'unité U155 est plus épaisse et continue (BMKS04). La fraction grossière y est de plus en plus réduite en profondeur et le sédiment apparaît moyennement classé (tabl. 3). Dans les autres secteurs le sédiment est médiocrement à très mal classé.

Les ressources potentielles de ce secteur doivent être précisées par des sondages plus nombreux et plus profonds. La reconnaissance éventuelle de l'unité sous-jacente devrait être examinée dans des secteurs où elle est plus largement affleurante notamment au nord de la zone pilote.

Dans le secteur occidental de l'APE Sud, les analyses granulométriques, compilées ou réalisées lors de la phase B, montrent l'existence de sables fins à moyens à débris coquilliers dans un secteur comparable à celui du site pilote en bordure de plate-forme (94KLU151) (ann. 2). Des sables fins à moyens ou des sables moyens coquilliers sont également observés plus au Nord (K90-29, 93C3b, 93C9) mais la fraction fine, silteuse à argileuse est aussi présente et parfois abondante (MD99-2350).

Au regard de ces données encore fragmentaires, on ne peut établir précisément les volumes des ressources potentielles en sable. Toutefois, le volume de la portion supposée sableuse des unités sismiques U150 et U155, sur toute l'APE Sud, a pu être estimé à environ 6 800 millions de m³ (Satra *et al.*, 2004c). Sur le site pilote, le volume de l'unité U155 dont la nature sableuse a pu être contrôlée par sondages est estimé à 200 millions de m³.

Les informations lithologiques compilées et recueillies au cours des phases B et C sont encore relativement peu nombreuses pour établir une cartographie et une analyse des dépôts sédimentaires superficiels. Dans le site pilote, les dépôts sableux sont soit des sables moyens à fins comportant une fraction significative de débris coquilliers et localement de galets, soit des sables fins mieux classés et les sédiments argileux ou silteux y semblent réduits. Les dépôts les plus épais de cette unité sont en moyenne de 6 m d'épaisseur.

Nom carotte	Cote (cm)	Grain moyen (mm)	Classement (phi)	Asymétrie (phi)
BMKS01	50-51	0,524	1,437	1,774
	150-151	0,624	1,231	1,185
	210-211	0,138	2,967	1,010
	260-261	0,484	1,152	1,276
BMKS02	14-15	0,216	1,575	2,405
	59-60	0,246	2,002	1,674
	83-84	0,563	1,619	1,184
	130-131	0,495	1,477	1,015
	225-226	0,478	1,435	0,782
	260-264	0,729	1,384	1,291
BMKS03	10-11	0,195	1,466	2,671
	40-41	0,074	3,212	0,329
	80-81	0,428	1,778	0,547
	119-120	0,741	1,660	0,977
	144-145	0,844	1,596	0,997
	179-180	0,846	1,565	1,012
	255-256	0,660	1,729	0,868
BMKS04	40-41	0,256	1,463	2,129
	62-63	0,291	1,654	1,617
	85-86	0,239	1,344	0,781
	129-130	0,256	1,402	0,605
	250-251	0,189	1,053	3,763
	349-350	0,205	0,742	3,331
	449-450	0,190	0,801	4,780

Tableau 3 - Principaux paramètres sédimentologiques calculés à partir des analyses granulométriques de sédiments de la zone Sud.

5. Conclusion et perspectives

CONCLUSION

L'analyse des données antérieures et des données acquises lors de la campagne Beachmed sur les deux sites pilotes des Ateliers Potentiellement Exploitable, sélectionnés pour l'étude des possibilités de rechargement en sable du littoral héraultais, a permis de caractériser la nature des sédiments en surface et dans les premiers mètres de profondeur.

Le site pilote de l'APE Nord, est situé à des profondeurs d'eaux modérées de 30 à 50 m et relativement proche des côtes avec une distance à la côte d'une dizaine de kilomètres. Avant la campagne de mesure, une zone potentielle de sable avait été identifiée à partir de profils sismiques, de mesures au sonar latéral et de sondages (phase B). Son épaisseur avait été estimée à 12-16 m, pour une superficie de 100-150 km². Dans le site pilote, la description visuelle des carottes indiquait qu'elles étaient entièrement constituées de sable (sable fin dominant), tandis que le maximum d'épaisseur de l'unité U400 dans le site pilote était estimé égale à environ 28 m. Cependant, le manque d'analyses granulométriques ne permettait pas de caractériser le sédiment. La campagne de mesure et les analyses granulométriques ont mis en évidence que, sur le site pilote et sur les secteurs proches, les unités sédimentaires supérieures sont constituées de sables fins à très fins à niveaux plus grossiers à débris coquilliers ou à niveaux argileux plus ou moins abondants selon les secteurs. La succession des lithologies rencontrées dans les sondages montre la variabilité de la sédimentation récente d'un secteur à l'autre. Les données de sondeur à sédiments à très haute résolution ont également mis en évidence les variations de faciès et d'épaisseur des unités sub-affleurantes et l'existence d'une unité supérieure mince (inférieure à 2-3 m) recouvrant en partie l'unité à cliniformes U400, épaisse de 20 à 30 m et, pour partie, potentiellement sableuse. Seuls des niveaux de transition ou les niveaux tout à fait supérieurs de cette unité ont pu être atteints à quelques endroits par les sondages. La nature de l'unité à cliniformes ne peut donc être complètement déterminée mais les informations recueillies laissent présager la prédominance de sables fins à très fins à intercalation d'argiles analogues à ceux rencontrés dans les niveaux superficiels. La grande variabilité des faciès (avec présence d'intercalations argileuses), tant latéralement qu'en profondeur, ainsi que la mise en évidence d'une nouvelle unité superficielle, d'épaisseur supérieure au mètre, recouvrant U400, amène à réduire significativement les premières estimations faites à l'issue de la phase B. De plus, du fait de la longueur limitée des sondages et de la variabilité des faciès rencontrés dans les premiers mètres, une estimation plus précise des ressources potentielles en sable ne peut être établie à ce niveau de connaissance. Les granulométries réalisées sur les sondages d'une longueur maximale de 3 m conduisent à une estimation de sable fin et moyens de l'ordre de 30 % dans les premiers mètres de sédiments mais avec une distribution inégale sur le site pilote.

Sur le site pilote de l'APE Sud, situé en bordure de plateau continental à une centaine de mètres de profondeur et à environ 70 km de la côte, les données complémentaires de sondeur à sédiments ont également mis en évidence une unité supérieure. L'épaisseur de cette unité supérieure varie de quelques mètres à plusieurs mètres - plus de 6 m - selon les secteurs en fonction de la morphologie des fonds caractérisée par l'existence de dunes de taille et de forme variables. Sur la base des faciès et épaisseurs établies à partir des données sismiques, le volume de la portion supposée sableuse des unités U150 et U155 a pu être estimé à environ 6 800 millions de m³ pour toute l'APE Sud (Satra *et al.*, 2004c). Au niveau du site pilote, le volume de l'unité U155, qui a été reconnue par sondages, est de l'ordre de 200 millions de m³. L'analyse granulométrique des sédiments montre que l'unité supérieure est constituée de sables moyens à fins comportant une fraction significative de débris coquilliers et localement de niveaux de graviers et galets notamment à l'ouest du site pilote, zone où elle est peu épaisse. À l'est, cette unité supérieure est constituée de sables fins mieux classés sous la forme d'accumulations plus importantes et plus régulières. L'unité sous-jacente, épaisse de 20 à 30 m au niveau du site pilote, n'a pas été atteinte par les sondages. Cette unité constituant vraisemblablement la source du matériau remanié présent dans l'unité supérieure, est très probablement constituée de sédiments comparables, c'est-à-dire de sables de moyens à fins. Les travaux menés lors de la phase C ont confirmé la présence majoritaire de sable moyen à fin dans une unité supérieure dont le maximum d'épaisseur de 6 m est atteint vers le secteur Est. La nature des sédiments de l'unité superficielle apparaît, à ce niveau de connaissance, comme favorable à une exploitation potentielle. Les investigations sur ce site doivent toutefois être complétées avant de pouvoir faire une estimation réaliste des ressources en sable.

Les deux sites pilotes présentent chacun des avantages et des inconvénients en terme de qualification de la ressource et de leur coût de revient pour une future exploitation (tabl. 4). Toutefois, en terme de ressources en sable, les données recueillies au cours de la phase C du projet BEACHMED conduisent à réduire significativement l'intérêt de la zone côtière préalablement sélectionnée et à privilégier la zone du large pour la recherche de ressources potentielles en sable.

	Avantages	Inconvénients
Site pilote Nord	<ul style="list-style-type: none"> - Distance à la côte : ~10 km - Profondeur de 30 à 50 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Unité potentiellement sableuse en partie recouverte par une formation superficielle de granulométrie hétérogène (latéralement et en profondeur) - Importance de la sédimentation argileuse (disséminée ou en niveaux) - Granulométrie de la fraction sableuse sable fin à très fin
Site pilote sud	<ul style="list-style-type: none"> - Granulométrie des sables reconnus par carottages : sables moyens à fins 	<ul style="list-style-type: none"> - Distance à la côte : ~70 km - Profondeur importante de 90 à 100 m

Tableau 4 - Avantages et inconvénients des sites pilotes Nord et Sud.

PERSPECTIVES

Avant de passer à une phase d'exploitation, il sera nécessaire de réaliser des investigations complémentaires afin de mieux qualifier et quantifier les ressources potentielles de sables.

En ce qui concerne le site pilote de l'APE Nord, des sondages plus longs (6 à 10 m) permettraient une meilleure connaissance de la nature de l'unité U400, identifiée comme potentiellement sableuse mais qui demeure incertaine. Les profils sismiques et bathymétriques réalisés sont vraisemblablement suffisants pour une estimation des stocks sableux sur ce site pilote. La granulométrie très hétérogène des premiers mètres de sédiments et la présence de sables fins et très fins apparaît comme défavorable, à ce niveau de connaissance du site, pour une exploitation potentielle. Il est toutefois possible d'envisager la recherche en profondeur de sédiments plus grossiers et mieux calibrés par des carottages plus longs mais l'utilisation des sédiments des premiers mètres devra être résolue.

Pour le site pilote de l'APE Sud, des investigations complémentaires sont nécessaires pour quantifier et qualifier la ressource. Le programme d'investigation complémentaire devra inclure des levés de bathymétrie détaillée du fait de la morphologie de la zone qui conditionne l'épaisseur de l'unité superficielle, ainsi que des levés de sismique très haute résolution plus denses. Des sondages plus longs (6 à 10 m) et plus nombreux permettront aussi une meilleure identification de l'unité sous-jacente U150, identifiée comme potentiellement sableuse. Toutefois, l'acquisition de sondages longs dans cette zone peut s'avérer plus délicate étant donnée la nature plus grossière du sédiment et la profondeur d'eau importante. Une alternative serait de réaliser des sondages dans des secteurs où cette unité est plus largement affleurante notamment au nord du site pilote.

Au-delà de l'étude économique (cf. activité n°4 du projet BEACHMED qui détaille les éléments à prendre en compte), les travaux complémentaires d'estimation des volumes sur les secteurs jugés favorables à partir des résultats obtenus dans le cadre du projet BEACHMED, devront prendre en compte les contraintes juridiques et environnementales propres à chaque zone. Il sera également nécessaire de se conformer au cadre réglementaire pour l'exploitation de gisements en mer et le rechargement des plages présenté dans le rapport de phase A (Durand *et al.*, 2004).

Bibliographie

Berné S., Carré D., Loubrieu B. et al. (2002) - 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. Éd. Ifremer - Région Languedoc-Roussillon.

Boyer J., Tesson M. (2004) - Rapport synthétique sur les livrables pour le laboratoire BDSI de l'Université de Perpignan et sur la participation de l'association GD ARGO dans le cadre de la phase B du projet Beachmed, 18 p.

Boyer J., Tesson M. (2004) - Rapport synthétique sur les livrables pour le laboratoire BDSI de l'Université de Perpignan et sur la participation de l'association GD ARGO dans le cadre de la phase C du projet Beachmed, 27 p.

Durand N. et al. (2004) - Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion. Phase A : inventaire des données existantes pour le Golfe du Lion. Rapport final. BRGM/RP-52777-FR, 138 p.

Guennoc P., Idier D., Lenôtre N. et al. (2004) - Évaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion - Phase B : Synthèse des données sur les Ateliers Potentiellement Exploitable - Partie II : Analyse des données. Rapport BRGM/RP-53195-FR, 108 p.

Satra C., Boyer J., Labaune C. et al. (2004a) - Évaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase B : Synthèse des données sur les Ateliers Potentiellement Exploitable - Partie I : Présentation des données. Rapport Ifremer/BDSI, DRO/GM/R.2004-15, 37 p.

Satra C., Alix A.S., Leroux E. (2004b) - Évaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion – Phase C : Campagne en mer sur les sites pilotes – Méthodes d'acquisition et de traitement de données. Rapport Ifremer, DRO/GM/R.2004-18, 37 p.

Satra C., Boyer J., Bassetti M.A. et al. (2004c) - Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion - Phase C : Campagne en mer sur les sites pilotes - Partie I : Présentation des données. Rapport Ifremer/BDSI, DRO/GM/R.2004-21, 38 p.

Annexe 1

Logs et analyses granulométriques, site pilote 1 (APE Nord)

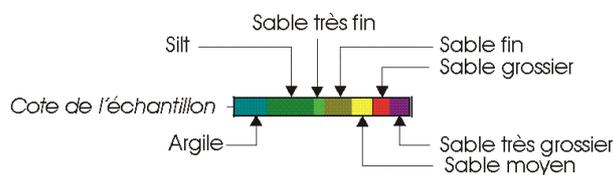
Légende

Log lithographique

	Vase	
	Vase silteuse / sableuse	
	Silt	
	Sable très fin	
	Sable très fin	
	Sable moyen	
	Sable grossier	
	Gravier - cailloutis	
	Niveau coquillier	

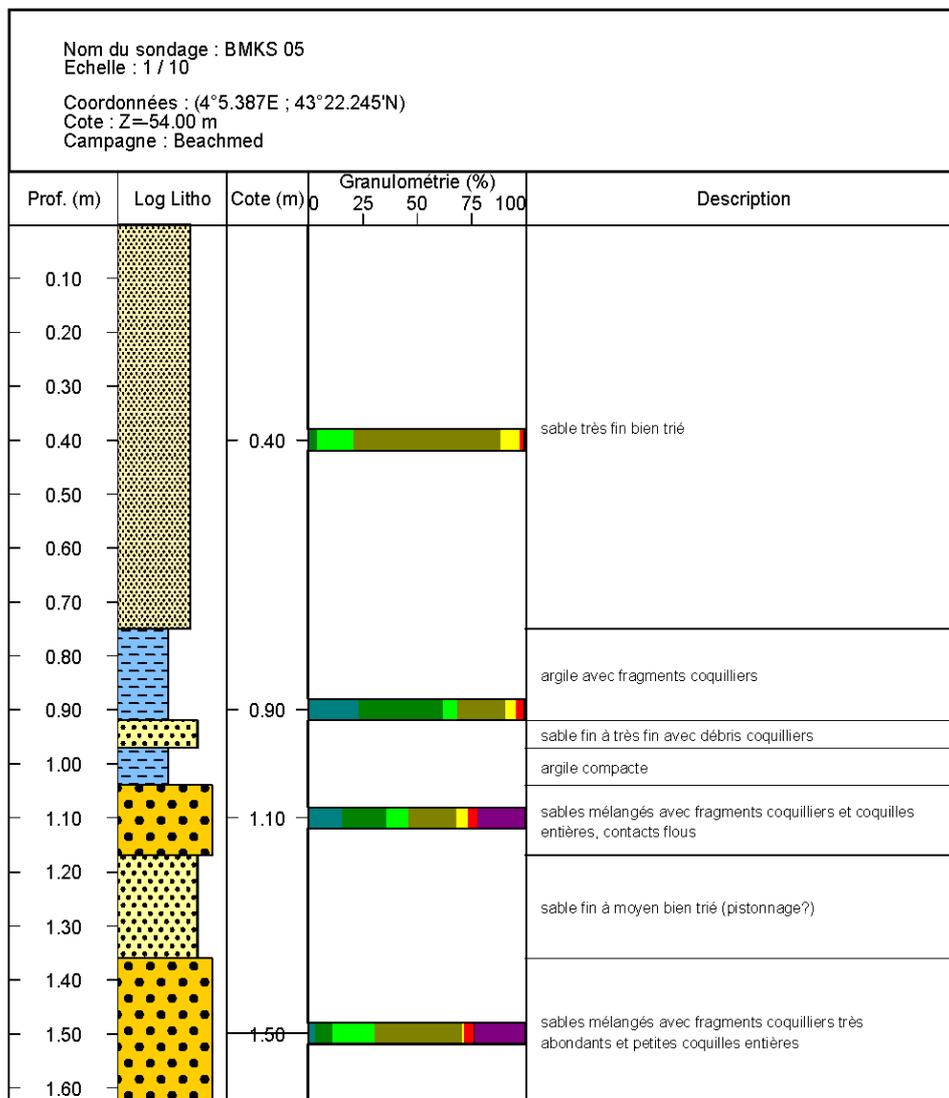
Granulométrie

Sur les logs, la fraction massique de chaque échantillon prélevé est donnée en %. La classe granulométrique est indiquée par le code couleur suivant :

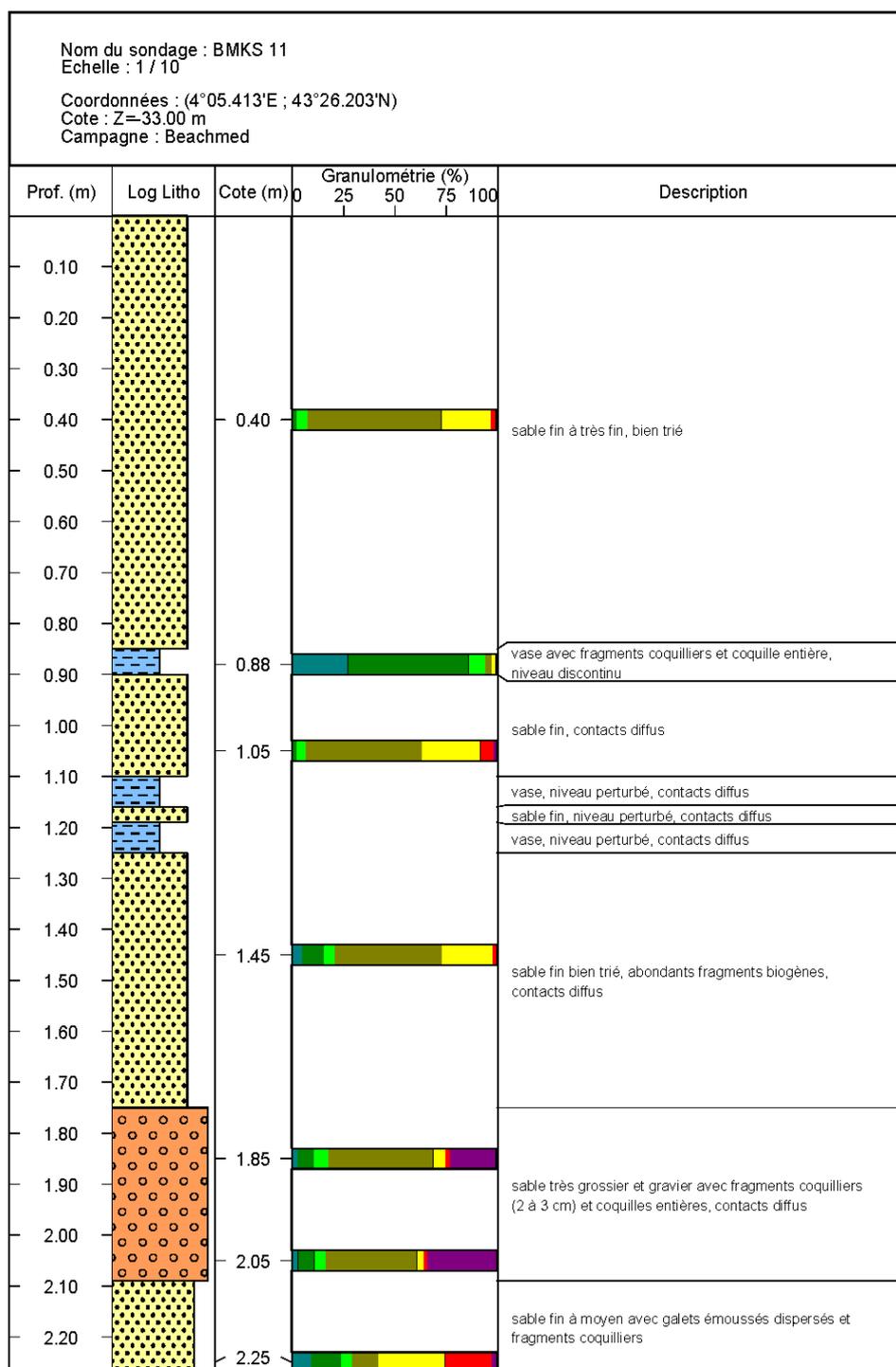


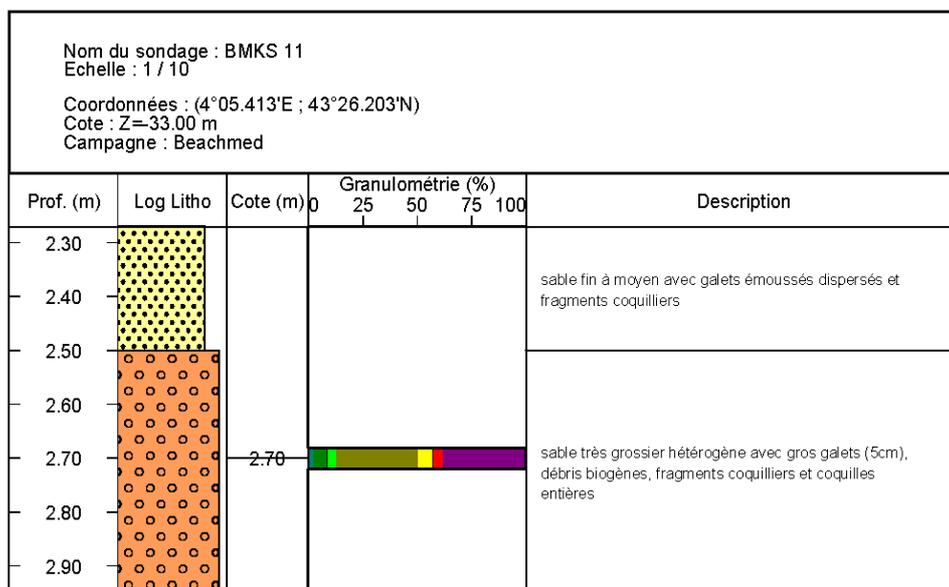
Les classes granulométriques sont les suivantes :

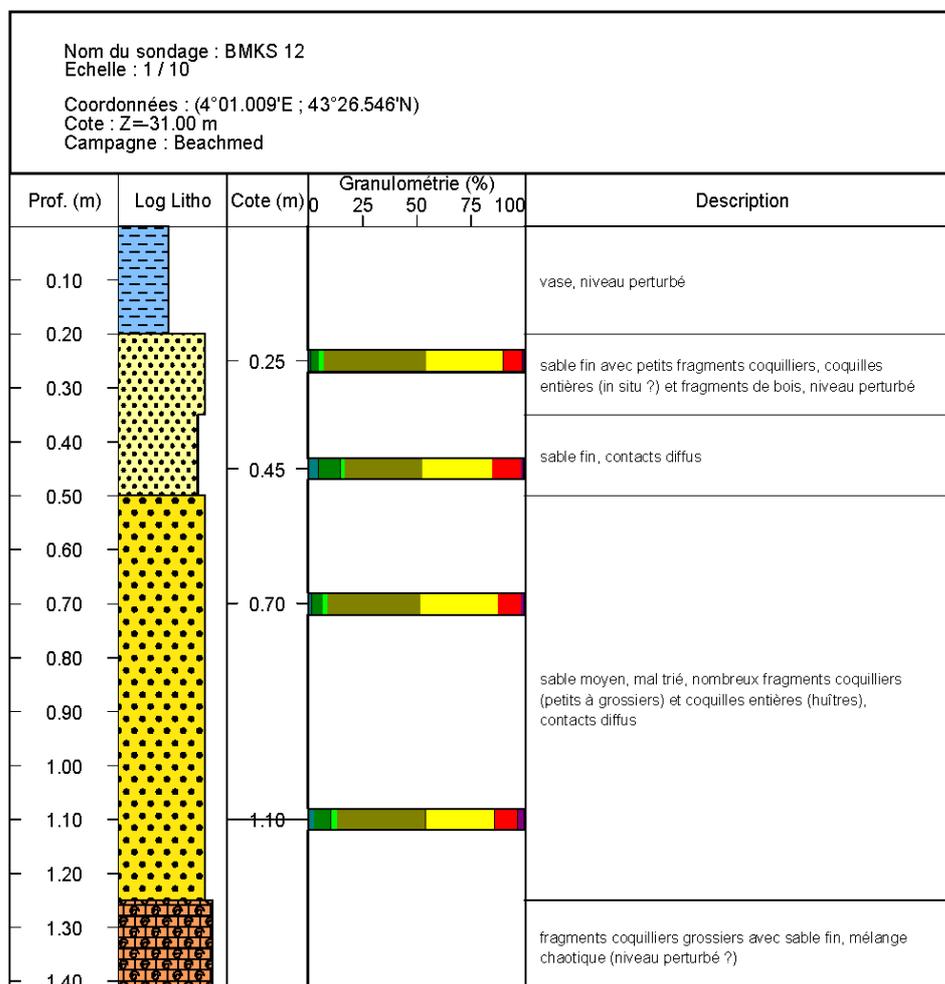
Classe granulométrique	Taille de grain
Sables très grossiers	1 mm - 2 mm
Sables grossiers	0,5 mm - 1 mm
Sables moyens	0,25 mm - 0,5 mm
Sables fins	0,125 - 0,25 mm
Sables très fins	0,063 - 0,125 mm
Silts	0,004 mm - 0,063 mm
Argiles	< 0,004 mm

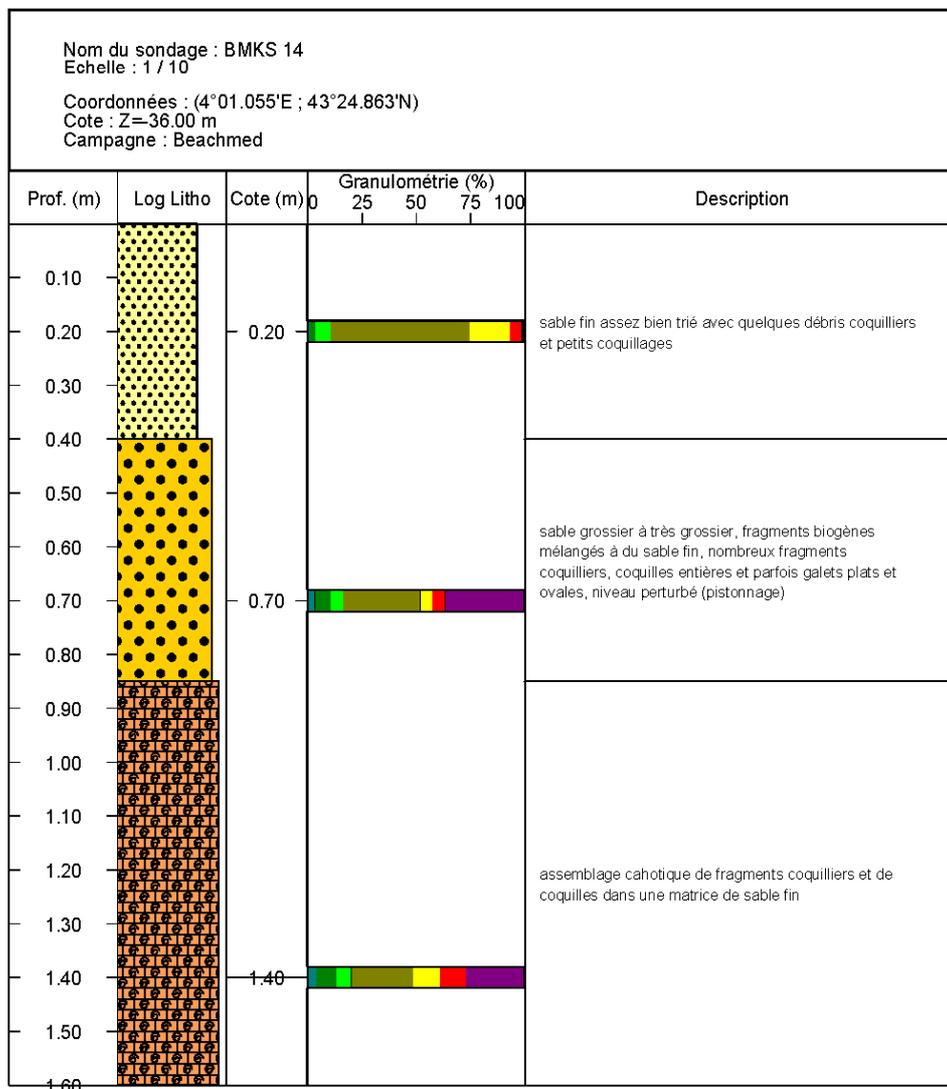


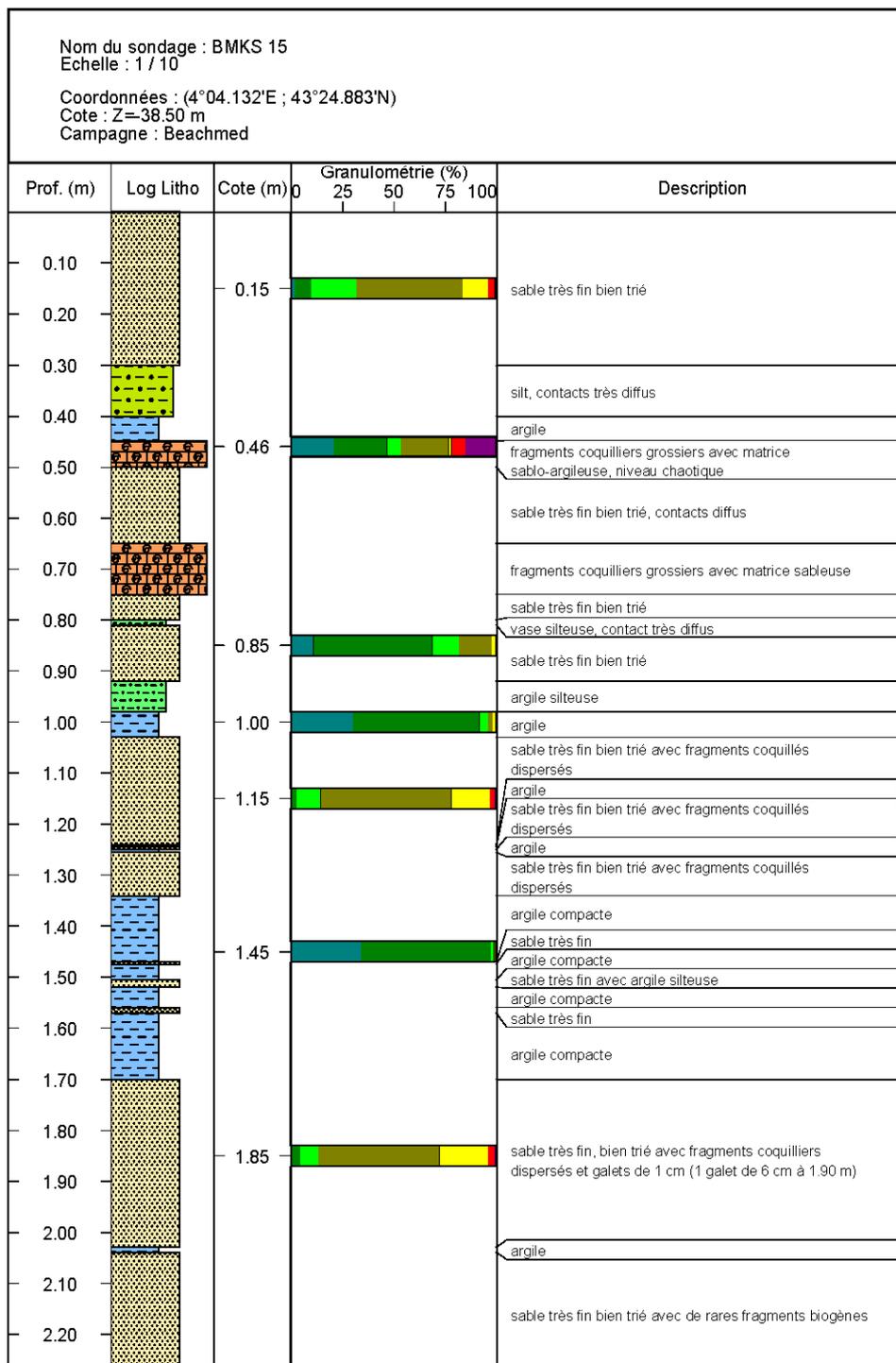
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

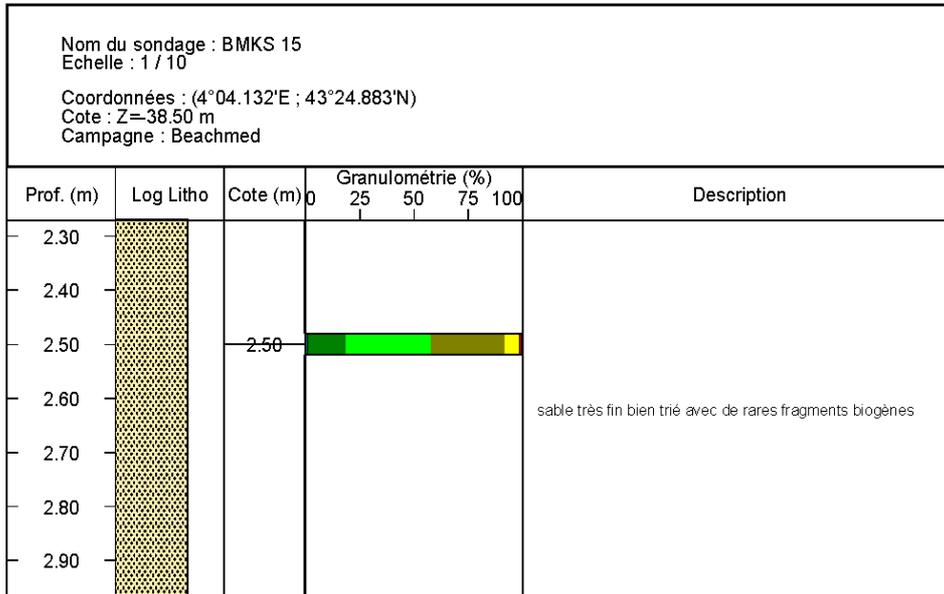




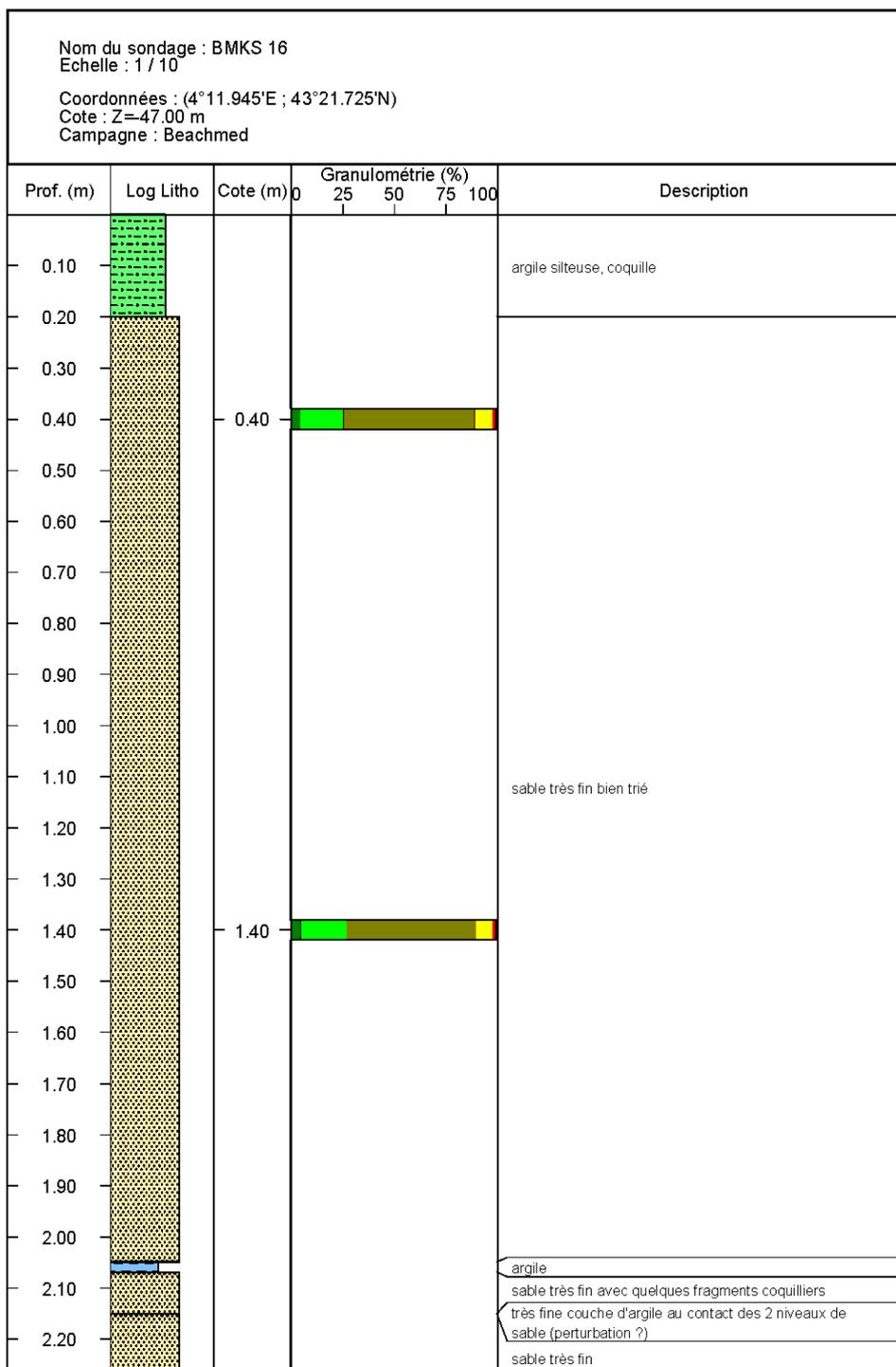






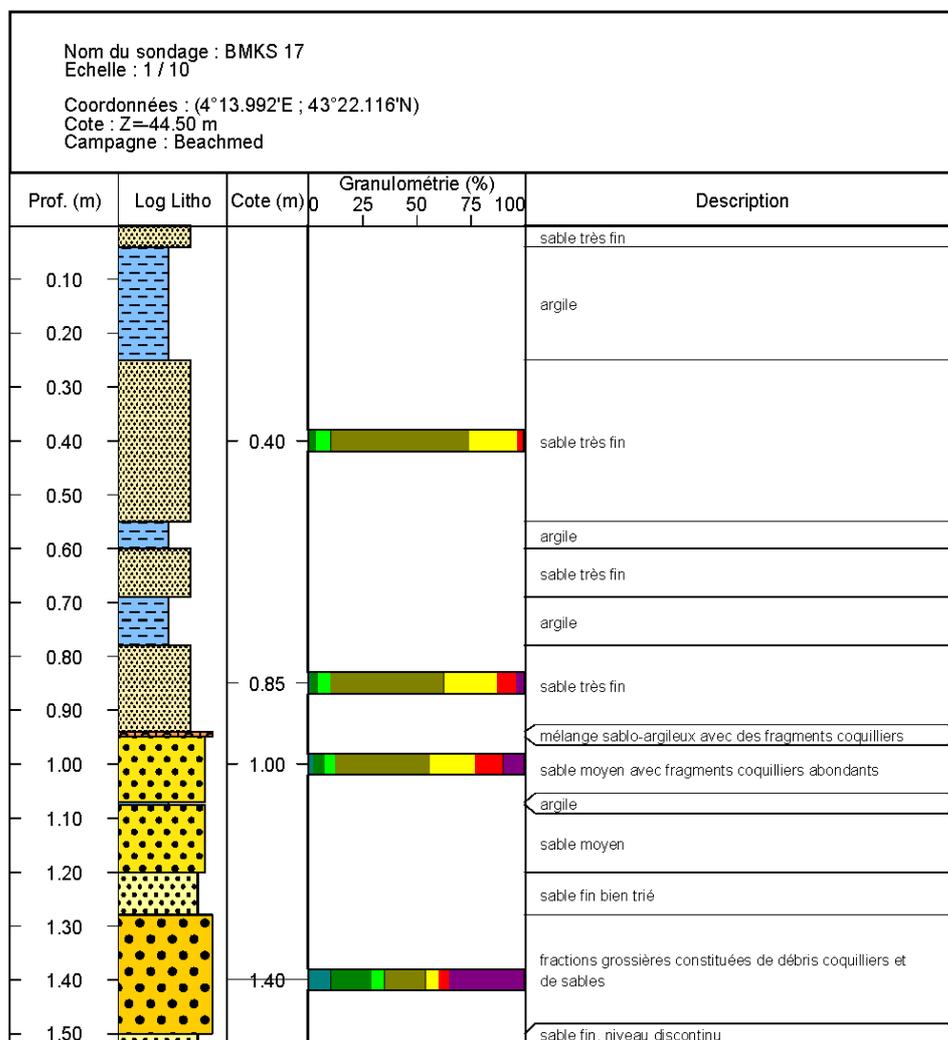


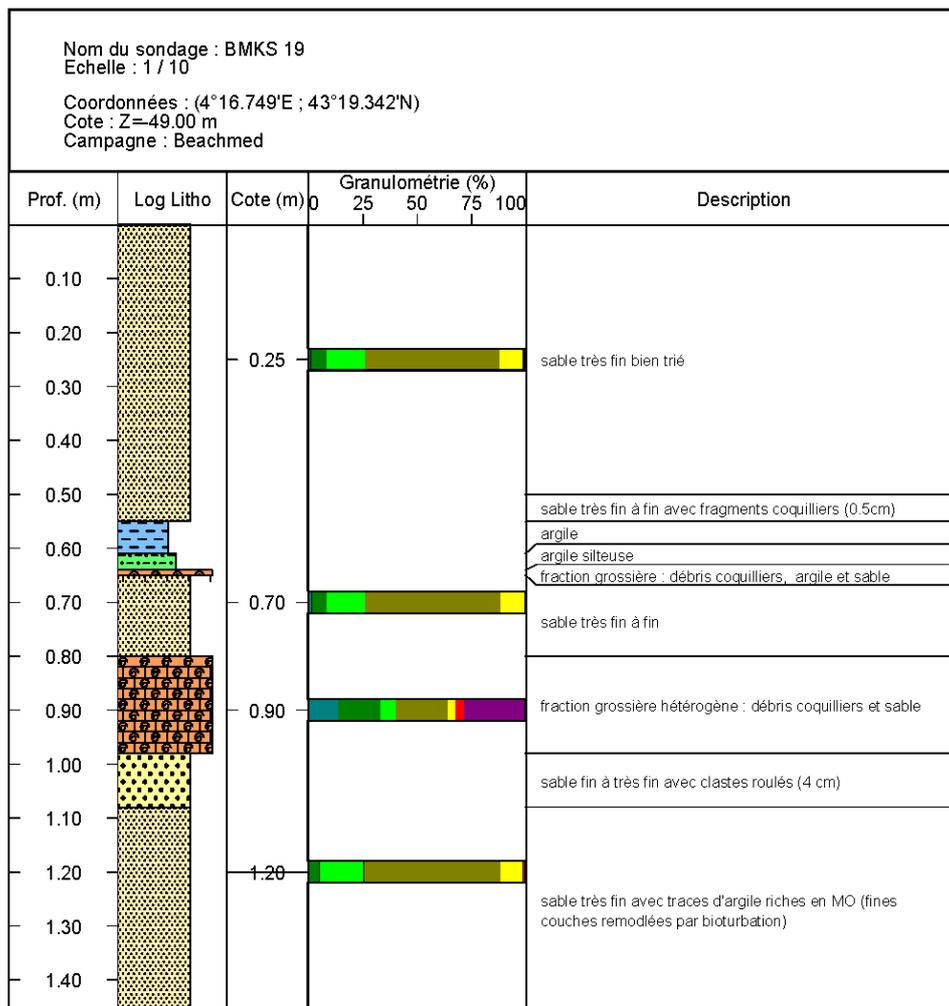
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

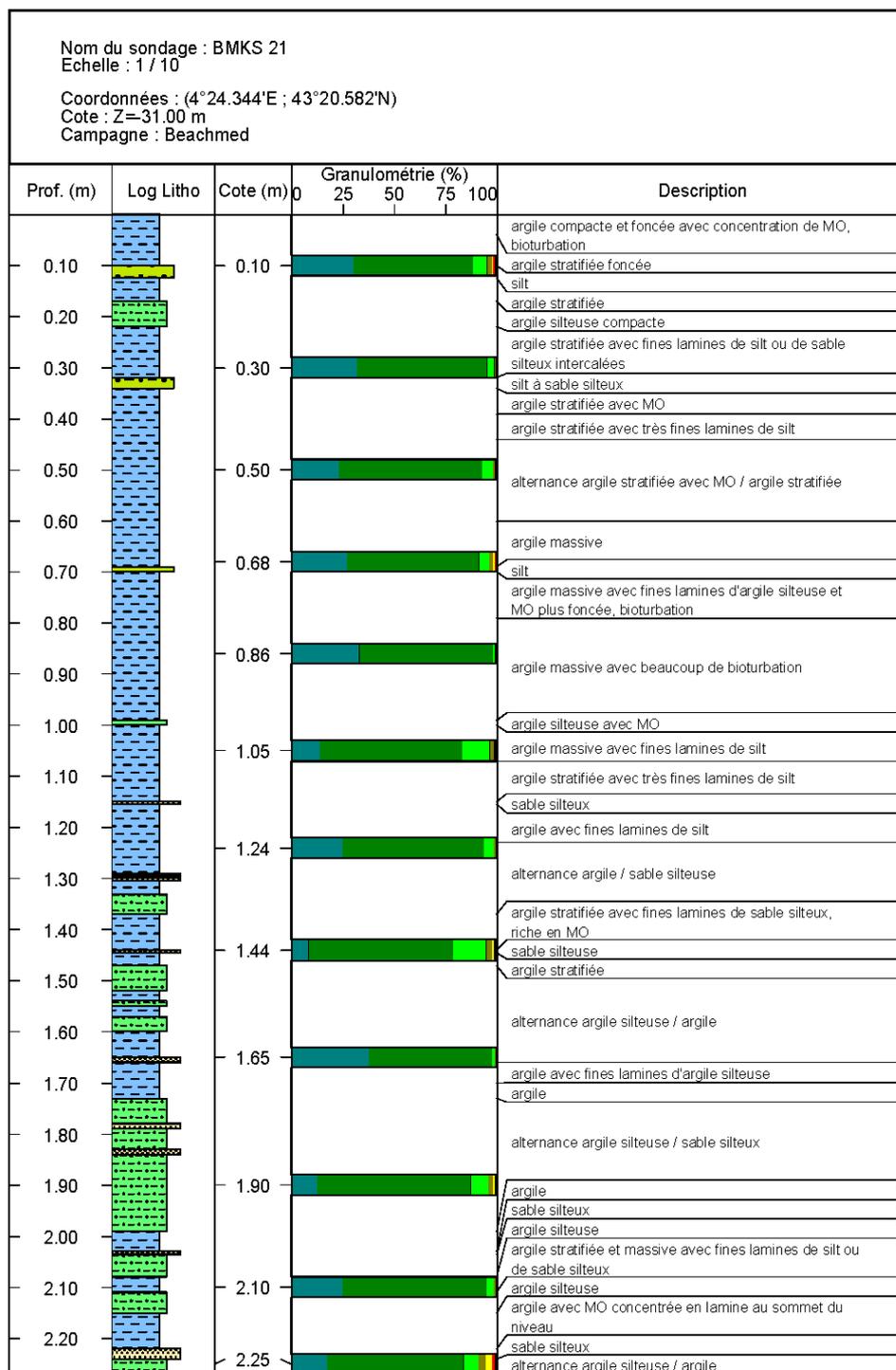


Nom du sondage : BMKS 16 Echelle : 1 / 10 Coordonnées : (4°11.945'E ; 43°21.725'N) Cote : Z=-47.00 m Campagne : Beachmed				
Prof. (m)	Log Litho	Cote (m)	Granulométrie (%)	Description
2.30				
2.40		-2.40		sable très fin
2.50				

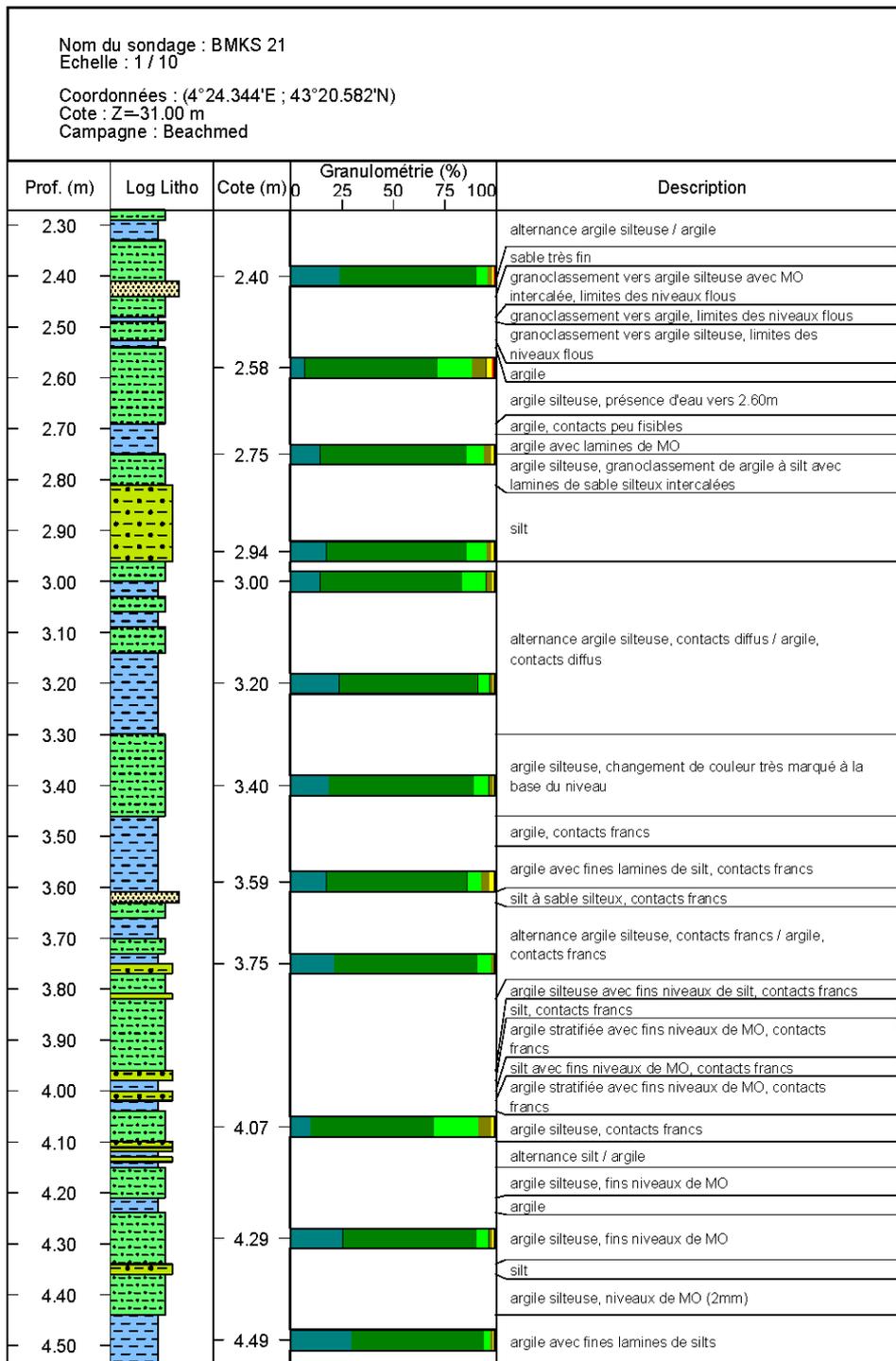
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

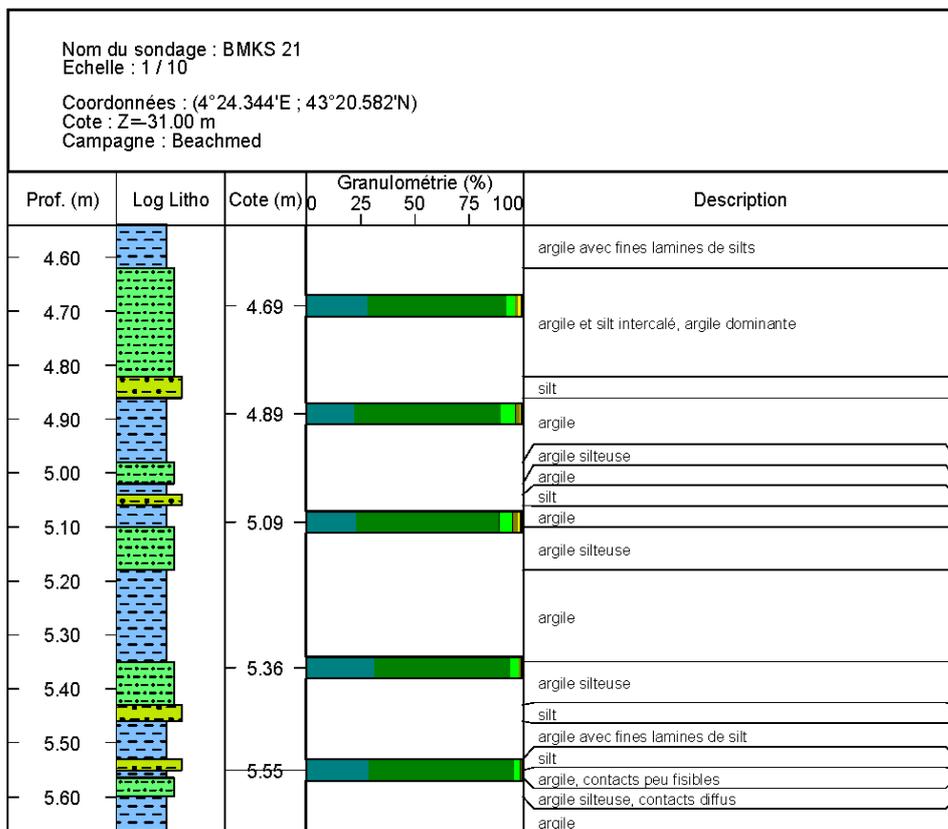




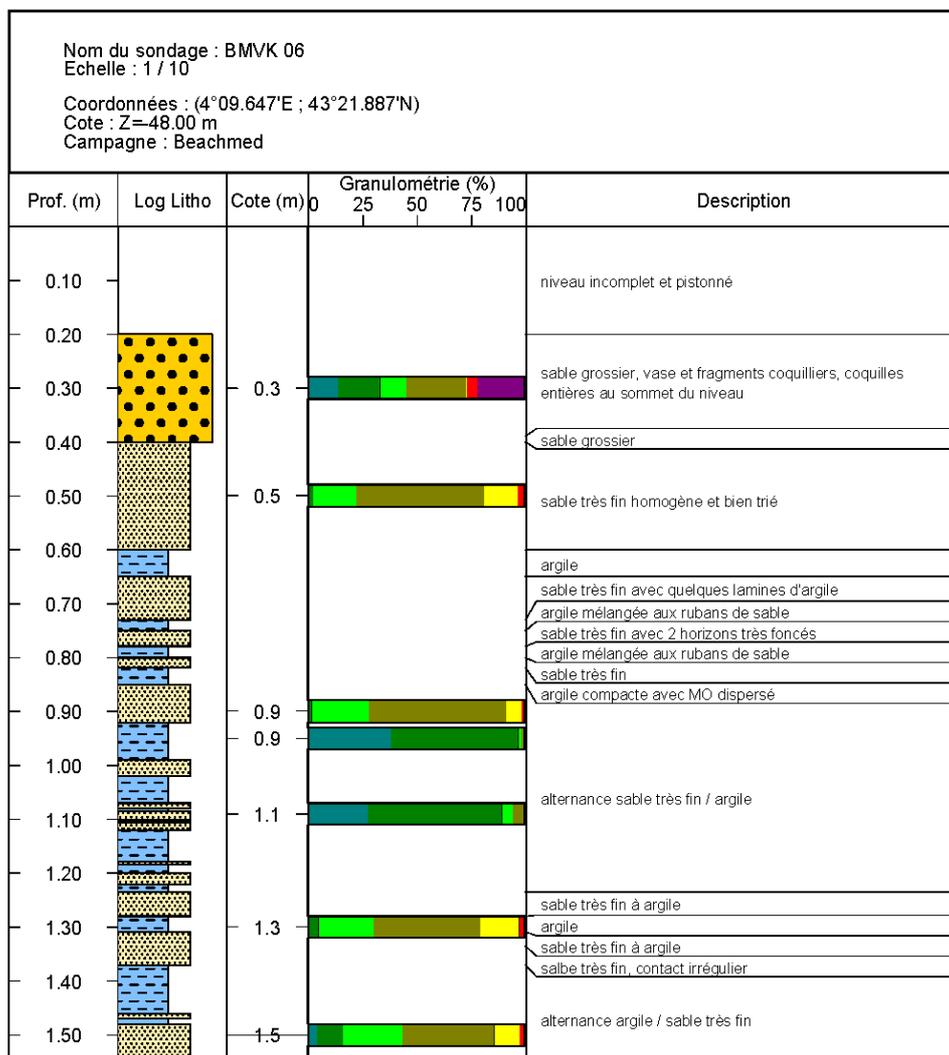


Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

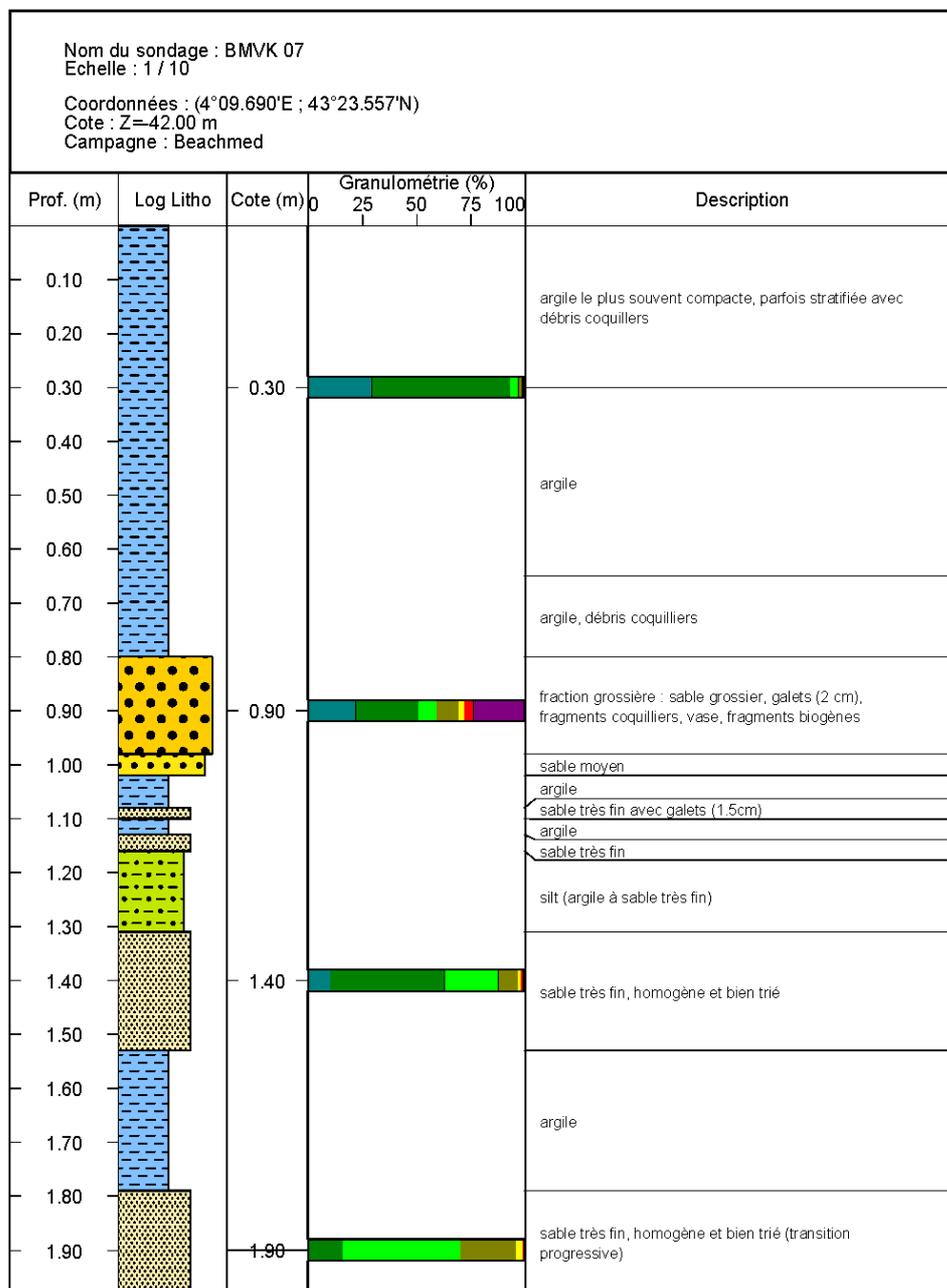




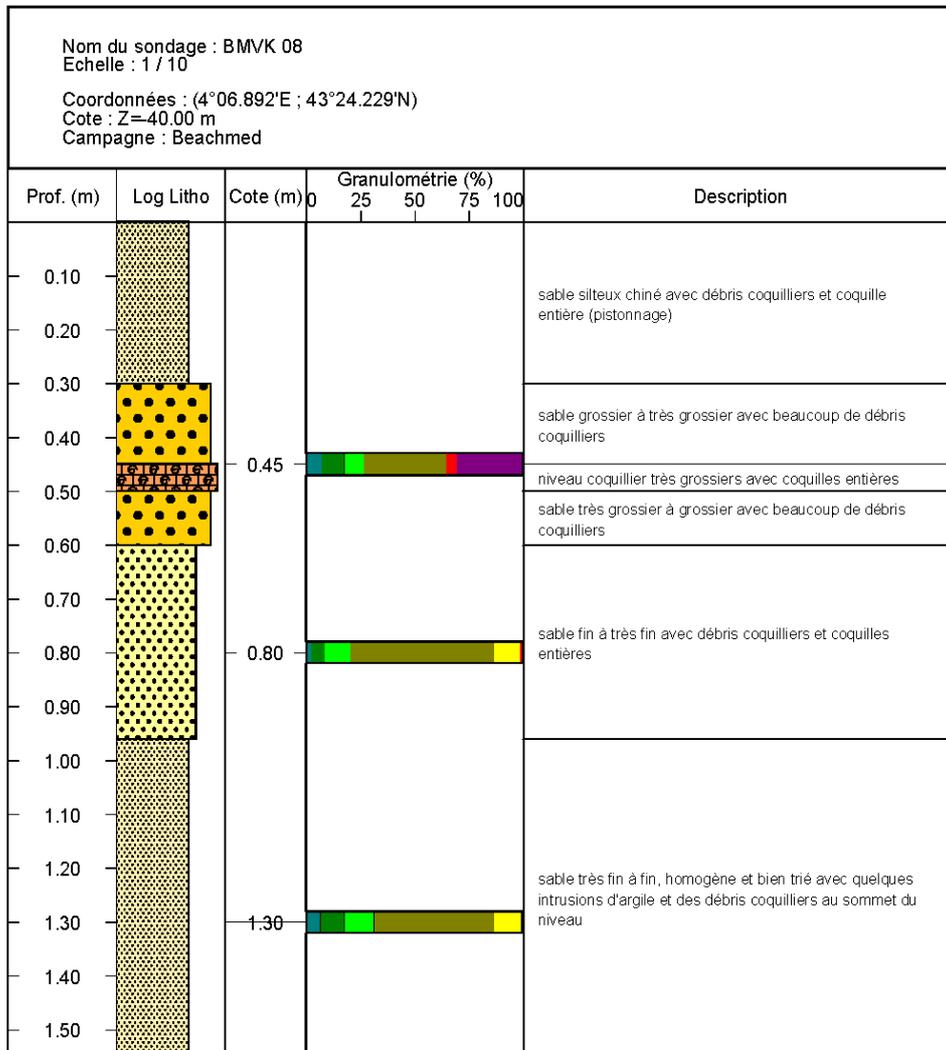
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes



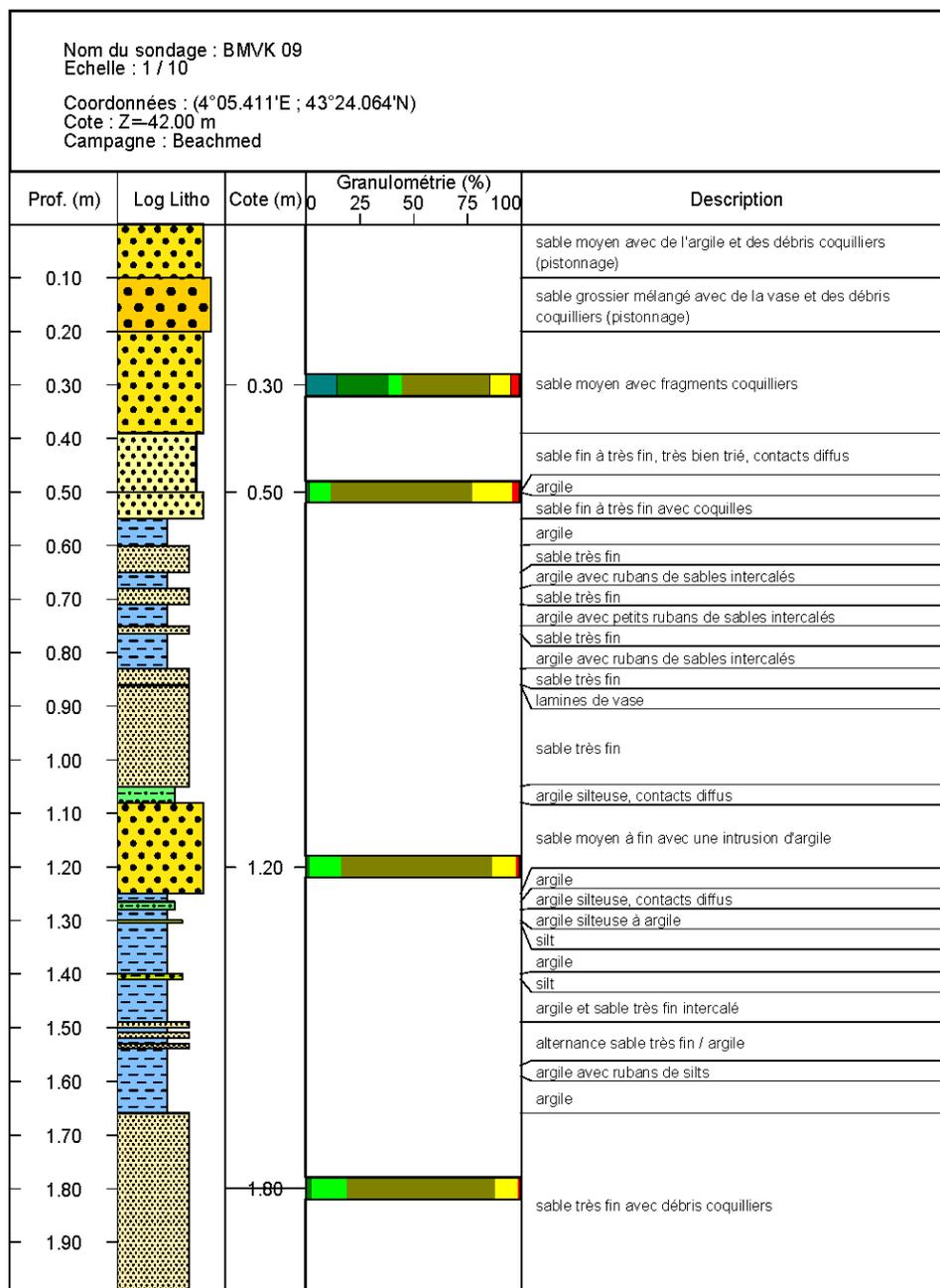
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes



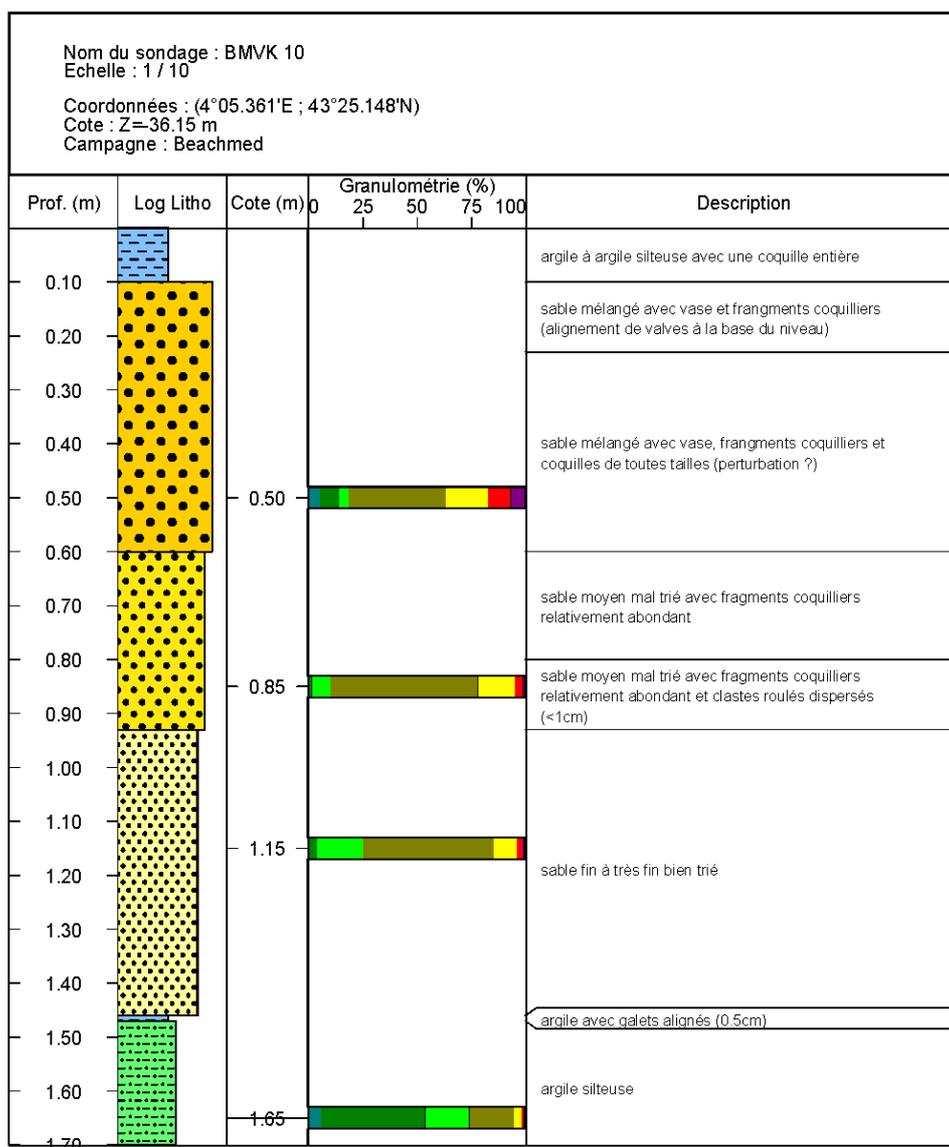
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes



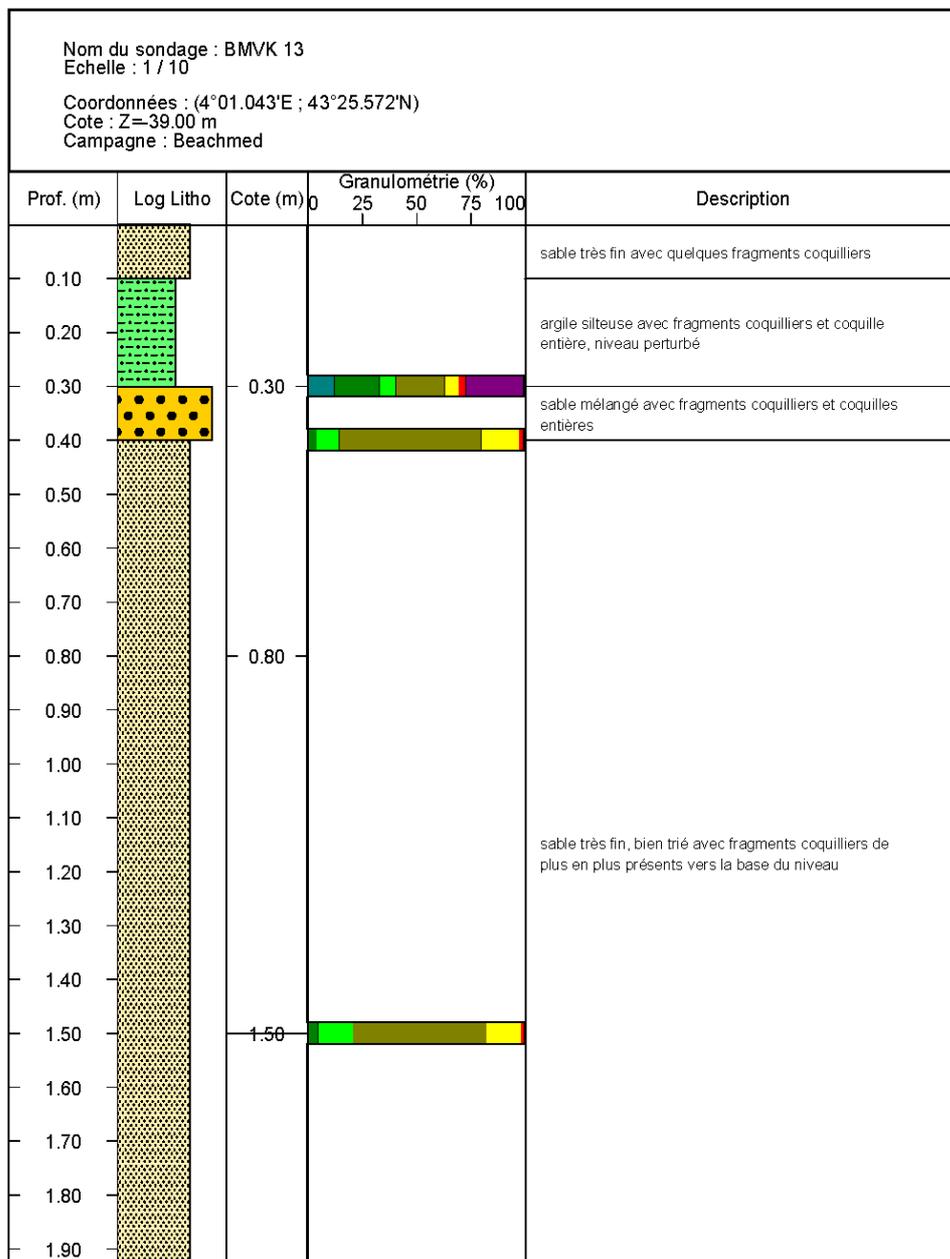
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes



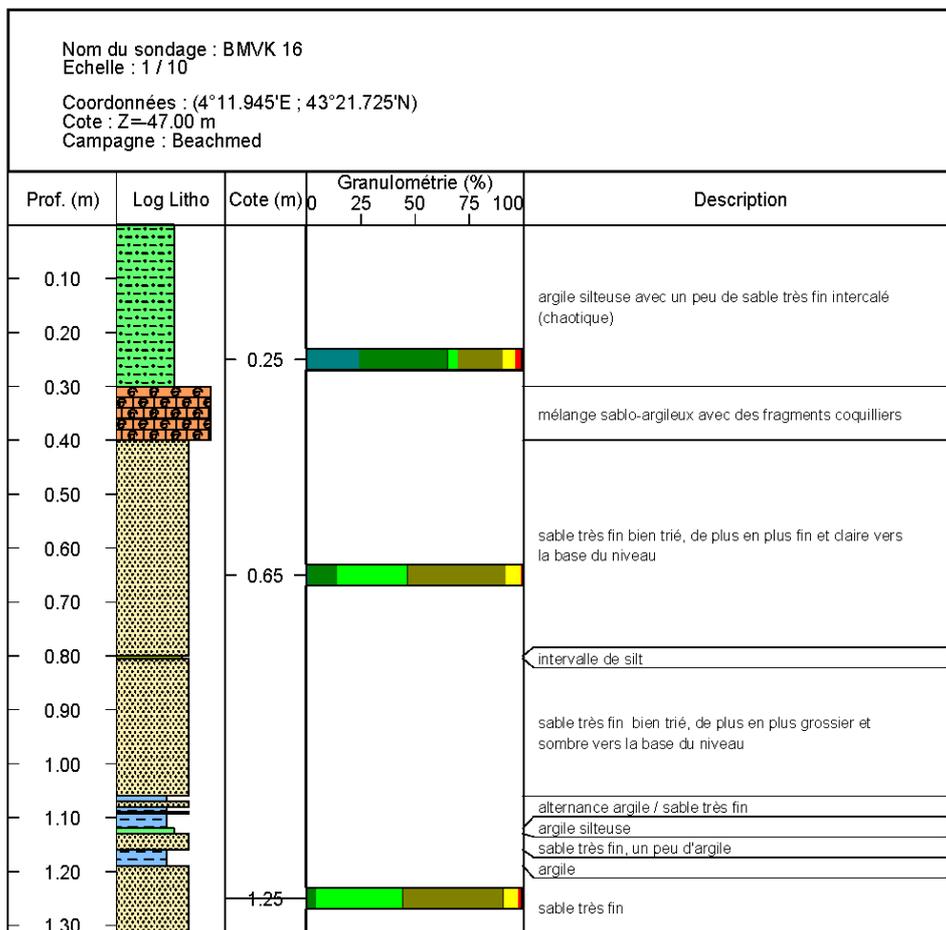
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

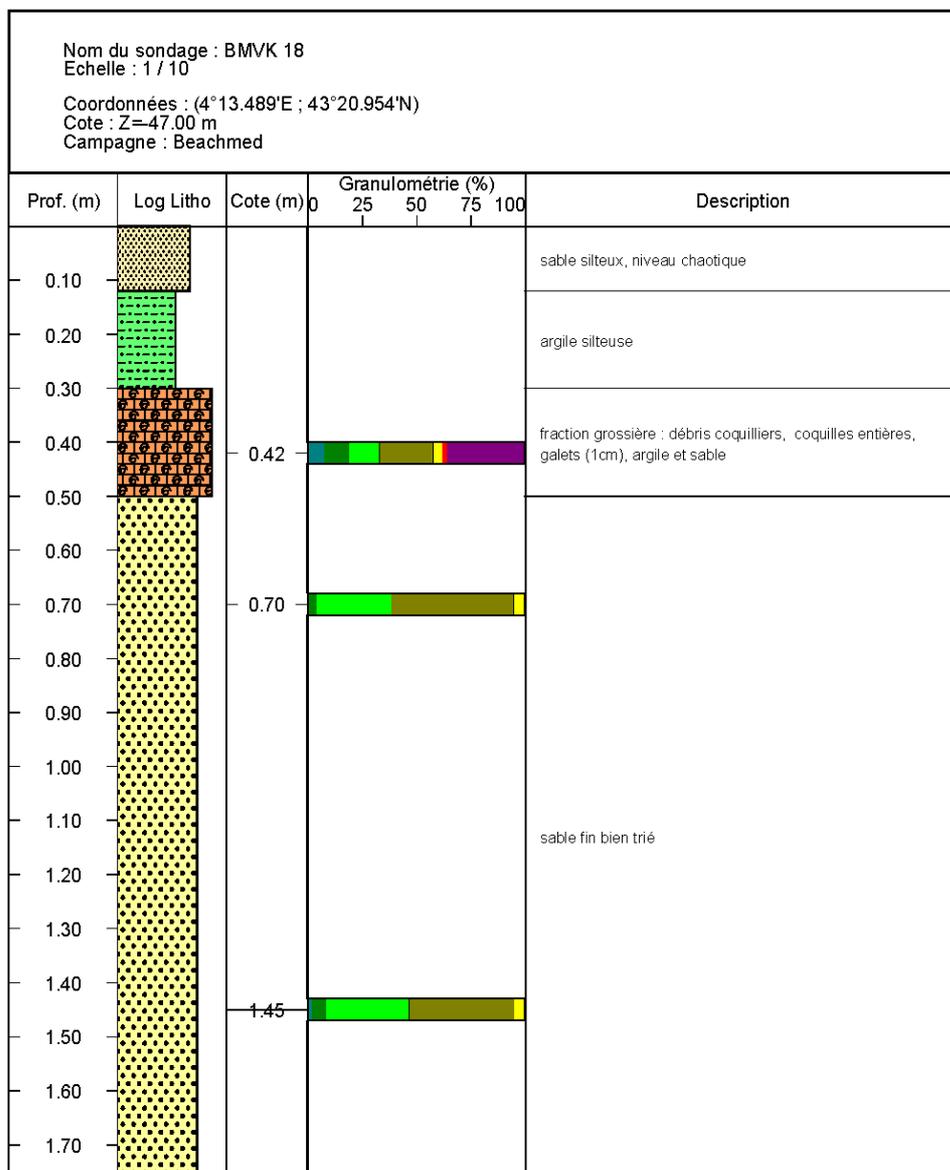


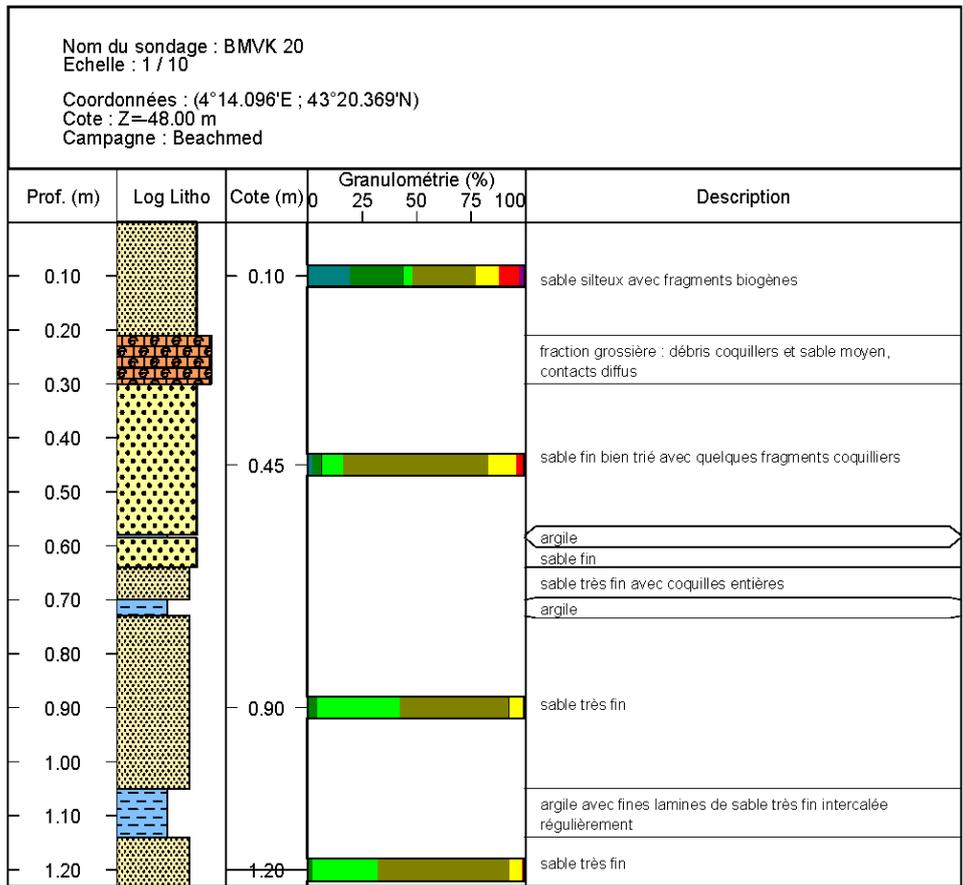
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes



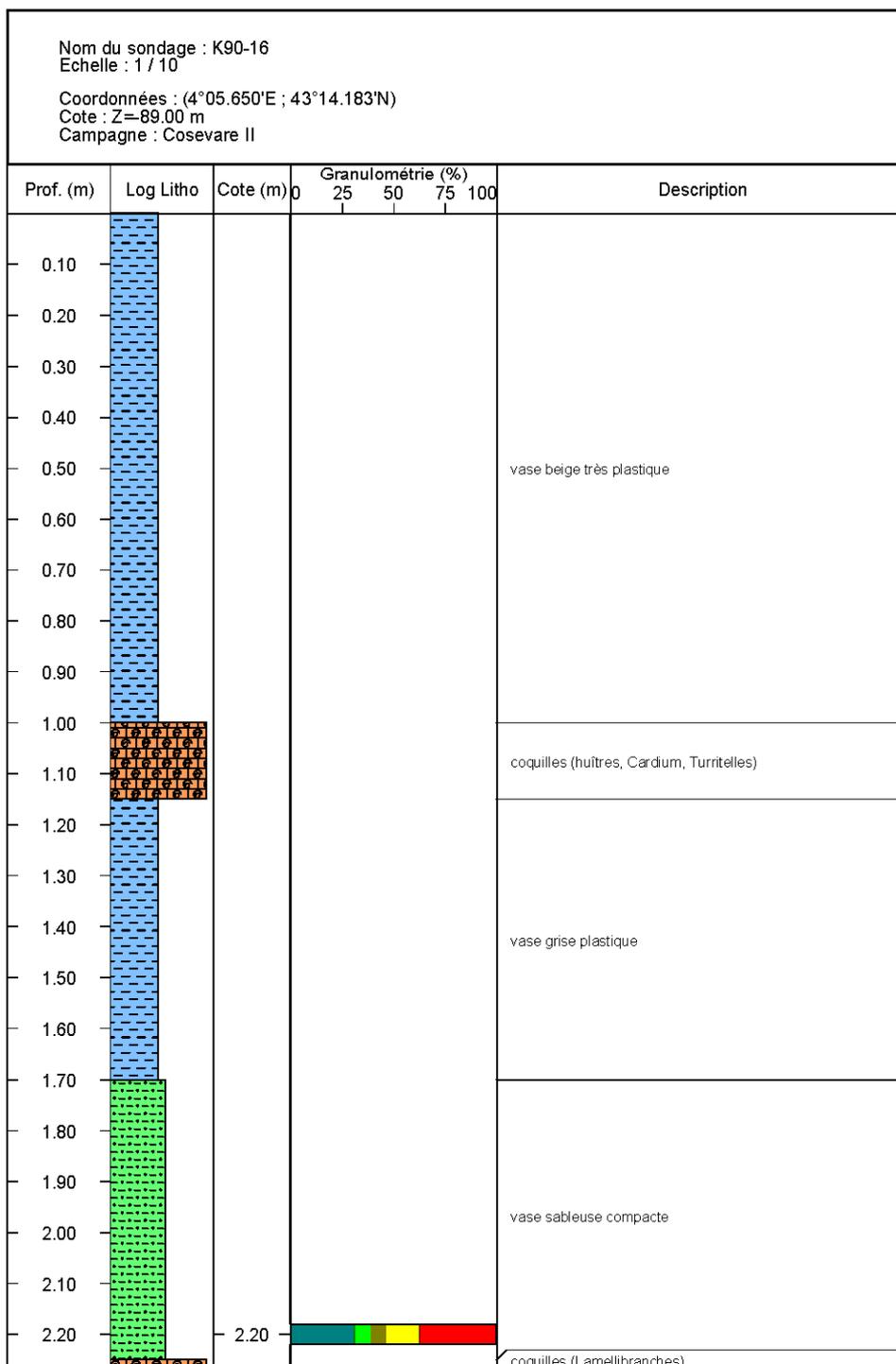
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

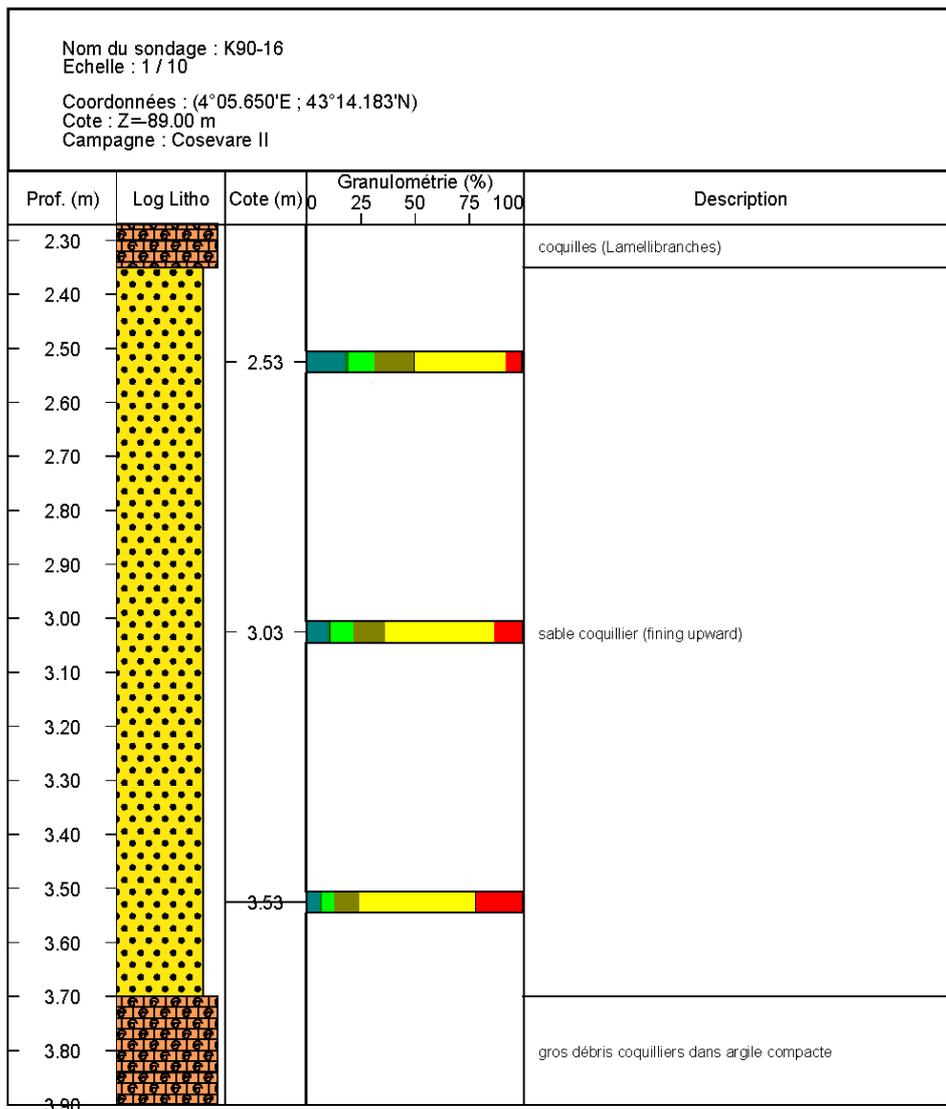




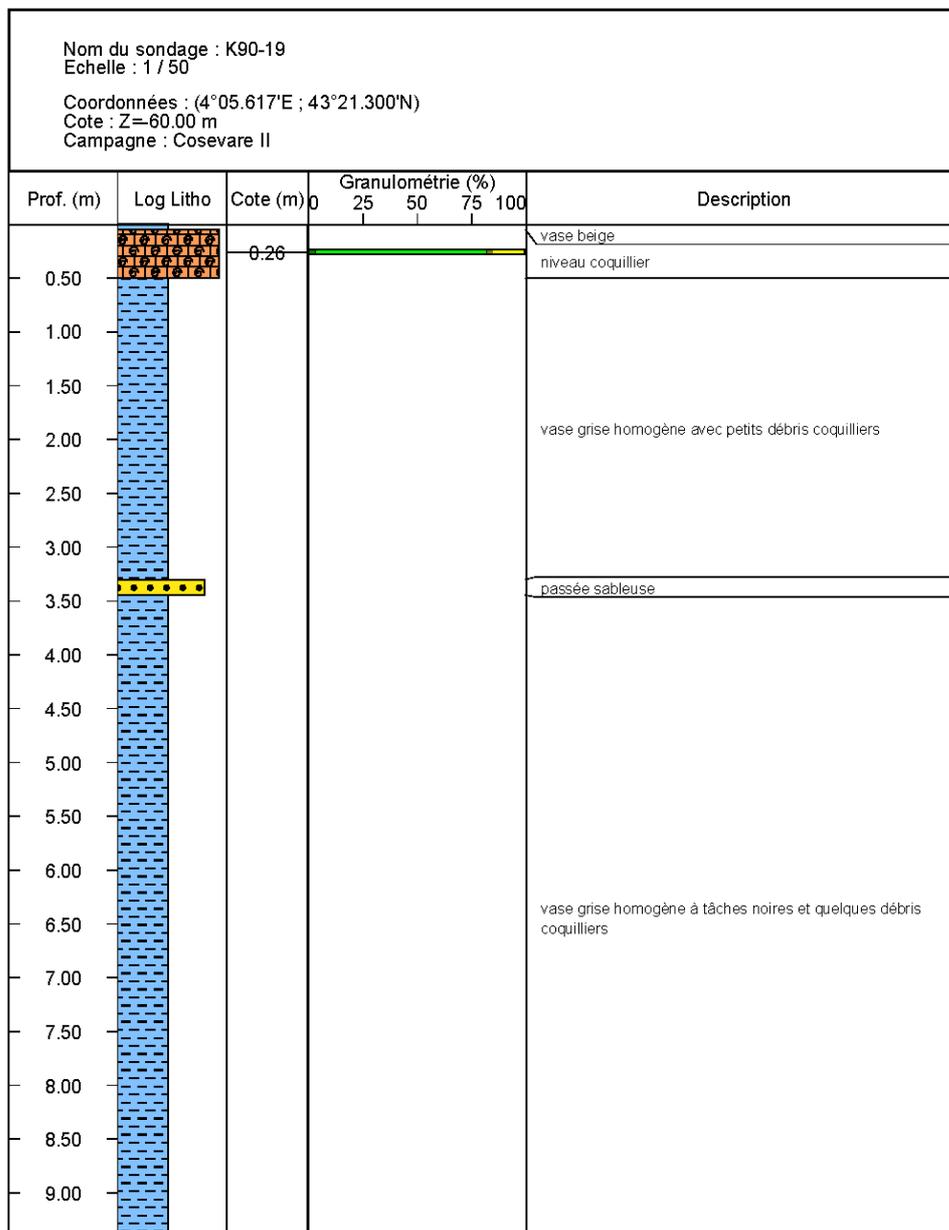


Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

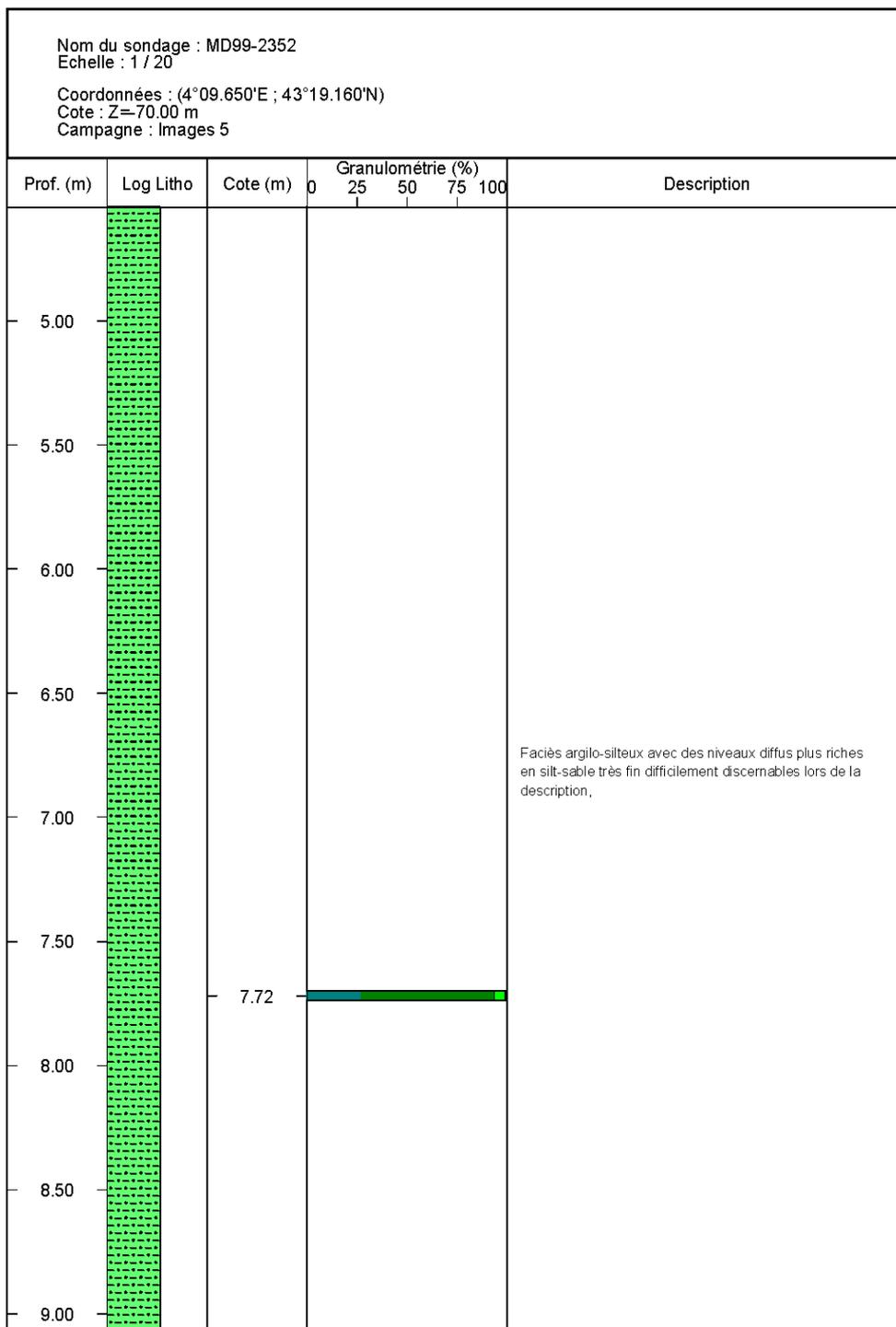


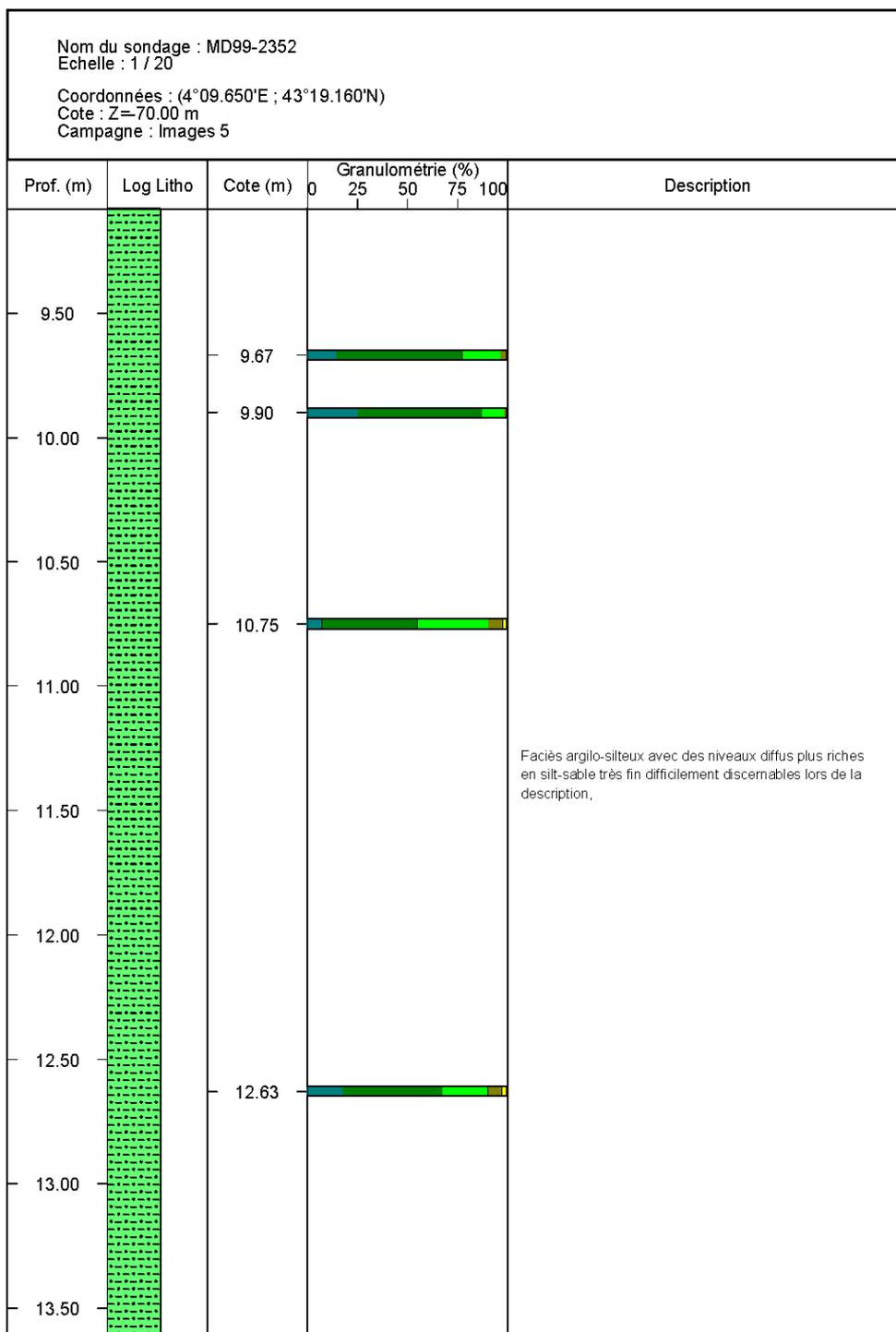


Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

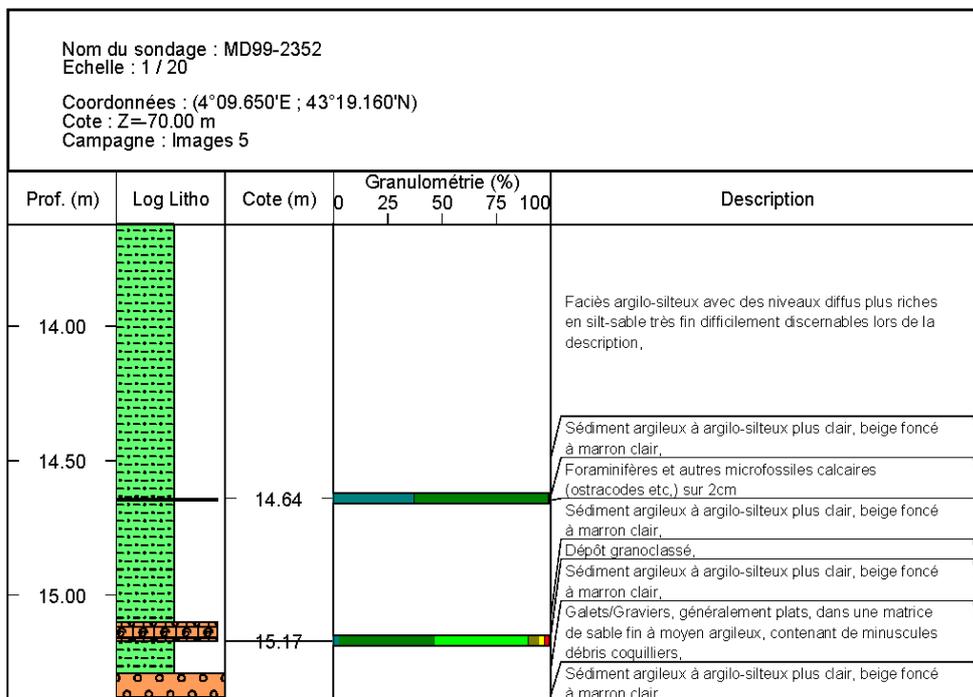


Nom du sondage : MD99-2352 Echelle : 1 / 20 Coordonnées : (4°09.650'E ; 43°19.160'N) Cote : Z=-70.00 m Campagne : Images 5							
Prof. (m)	Log Litho	Cote (m)	Granulométrie (%)				Description
			0	25	50	75	
0.50							Vase beige à marron clair homogène, argileuse au sommet et plus silteuse à partir de 80cm, Valve de bucarde épineus à 7 cm, Poche de sable très fin contenant des spicules, débris coquilliers, foraminifères etc, à 16 cm,
1.00							Niveaux riches en débris coquilliers et en coquillages très bien conservés : turtelles intactes, scaphopodes, bivalves divers,
1.50							Faciès argilo-silteux avec des niveaux diffus plus riches en silt-sable très fin difficilement discernables lors de la description,
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							
4.00							
4.50							

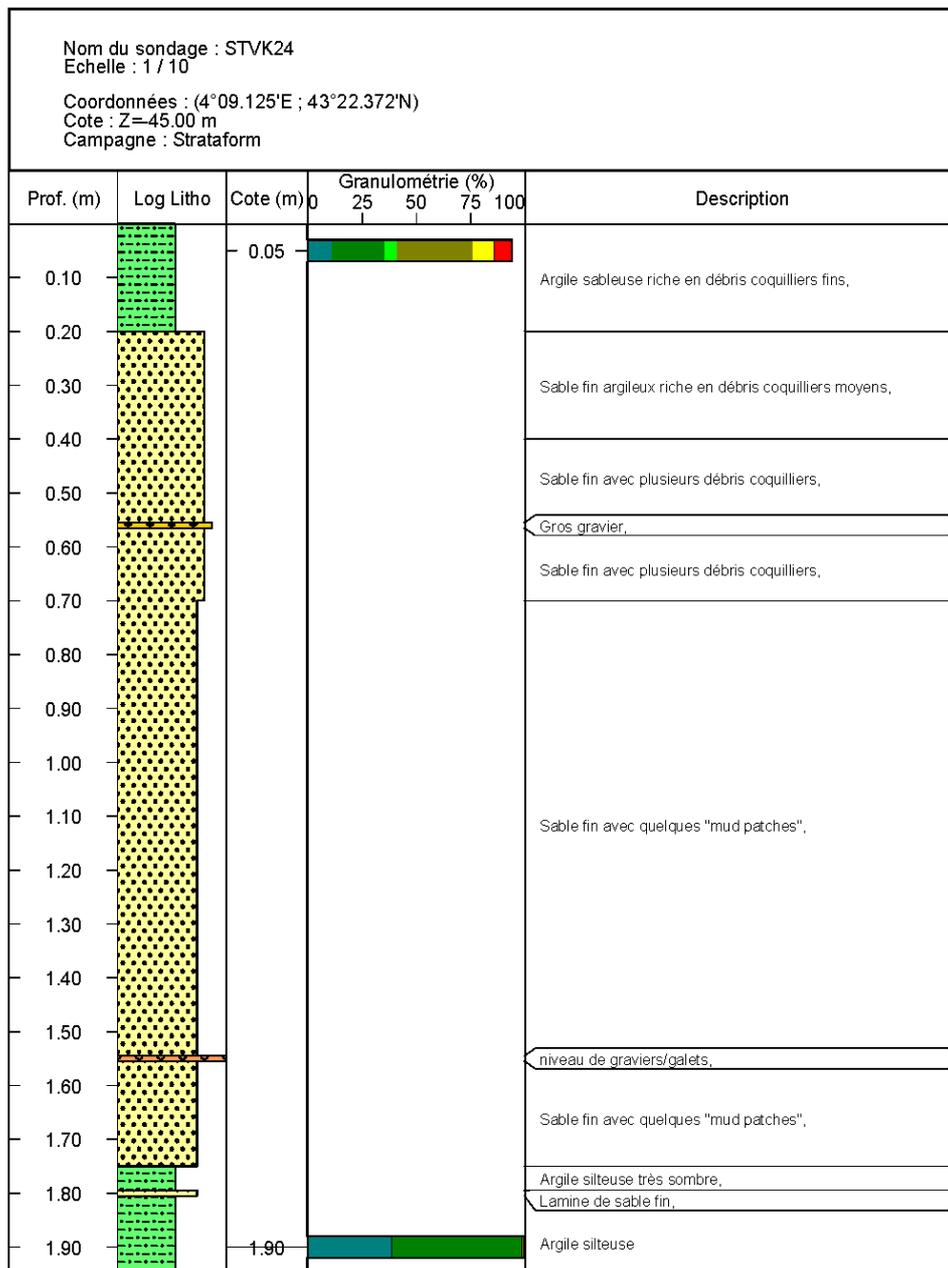




Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes



Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes



Annexe 2

Logs et analyses granulométriques, site pilote 2 (APE Sud)

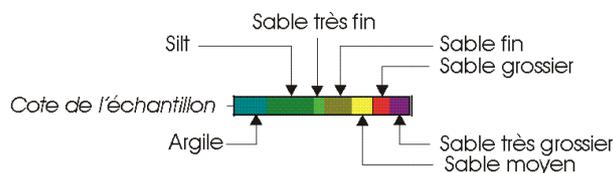
Légende

Log lithographique

	Vase	
	Vase silteuse / sableuse	
	Silt	
	Sable très fin	
	Sable très fin	
	Sable moyen	
	Sable grossier	
	Gravier - cailloutis	
	Niveau coquillier	

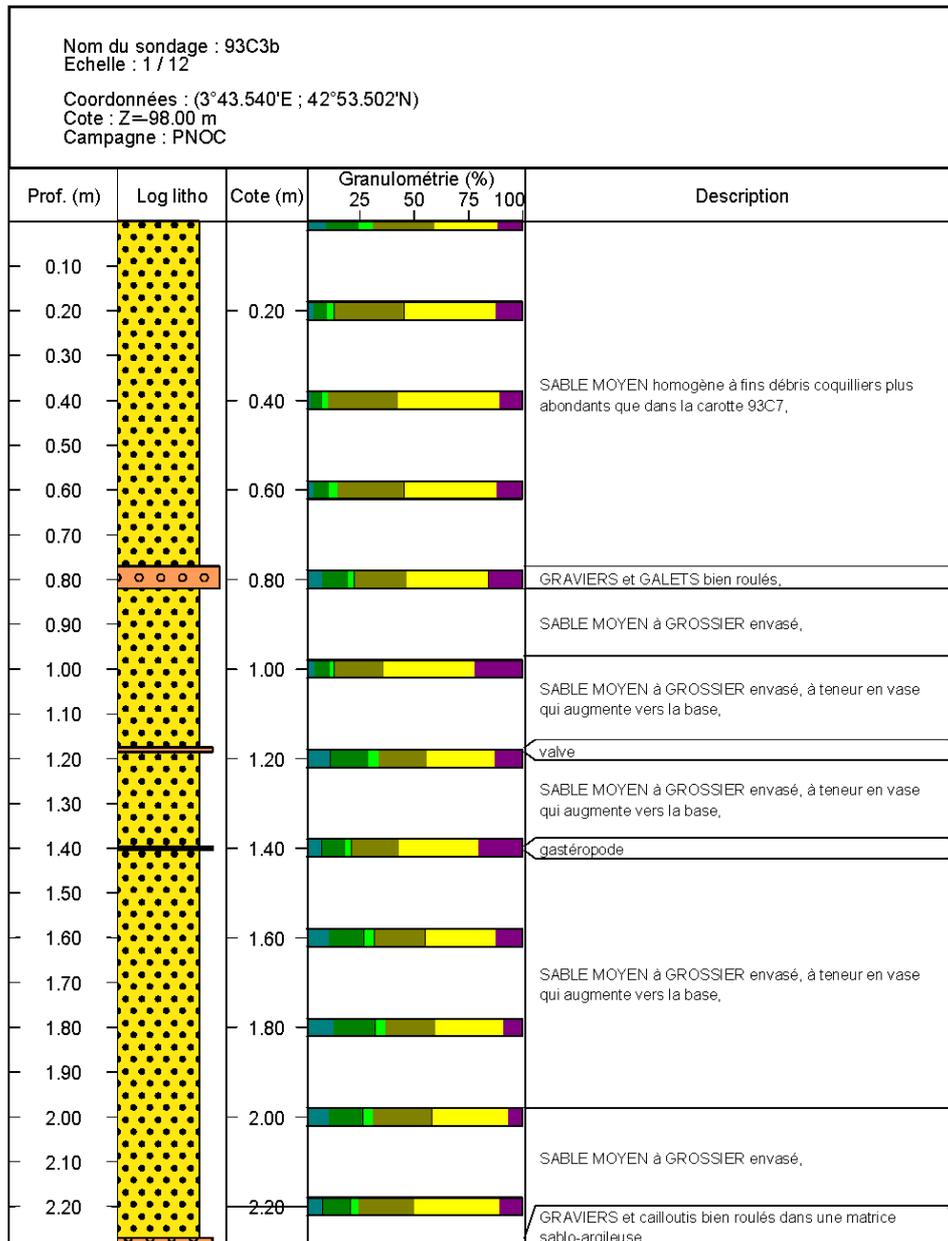
Granulométrie

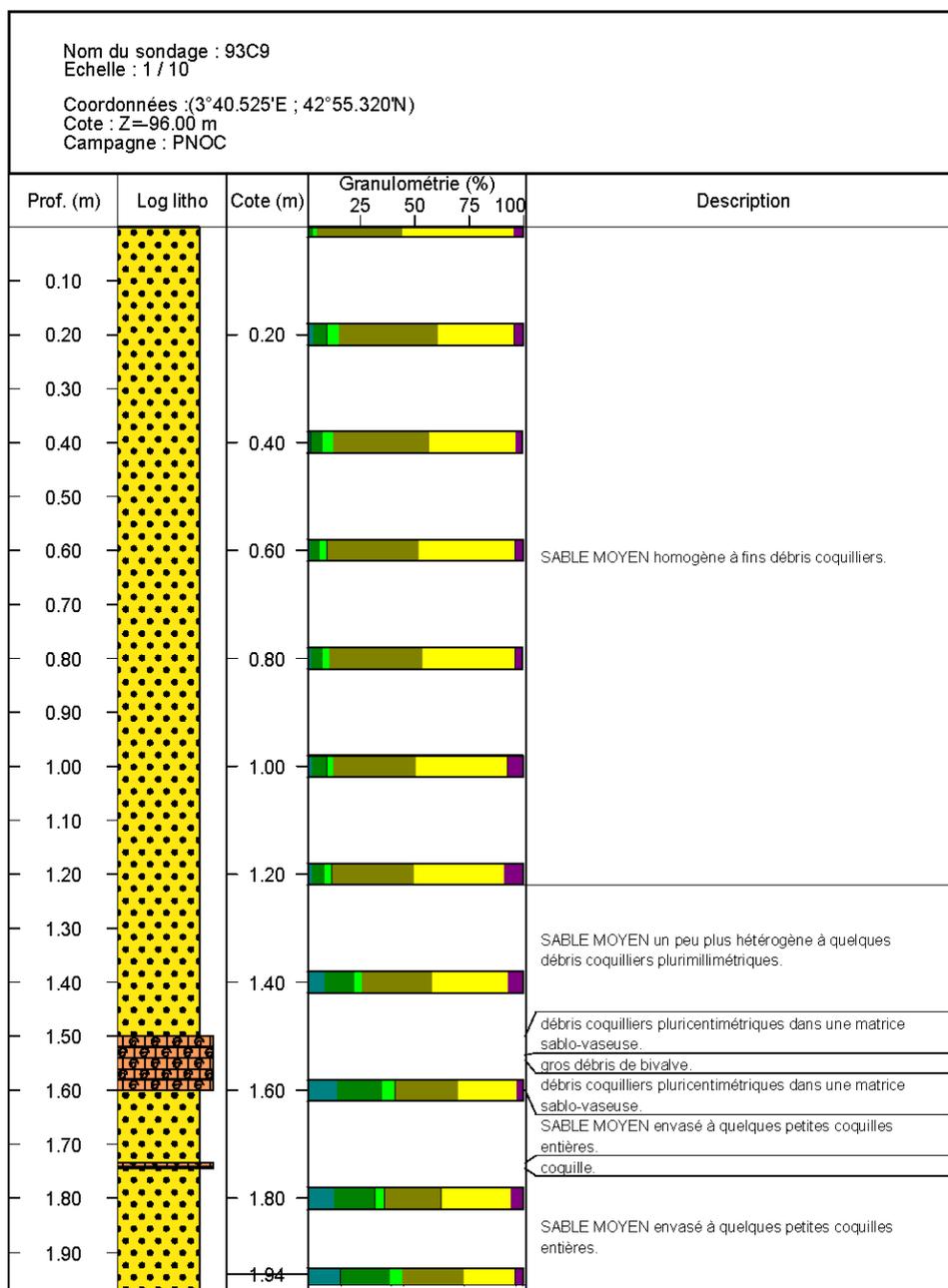
Sur les logs, la fraction massique de chaque échantillon prélevé est donnée en %. La classe granulométrique est indiquée par le code couleur suivant :



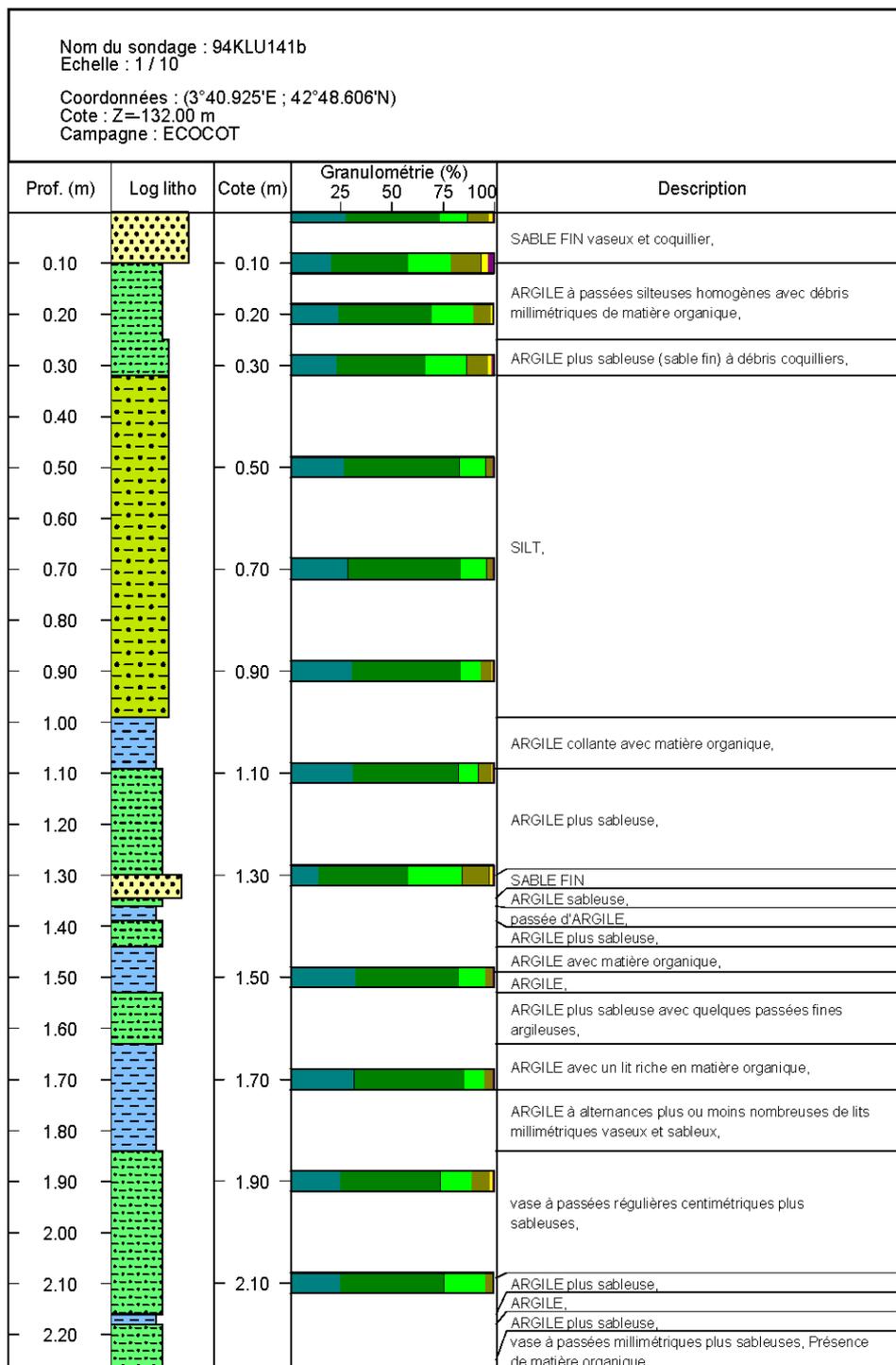
Les classes granulométriques sont les suivantes :

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

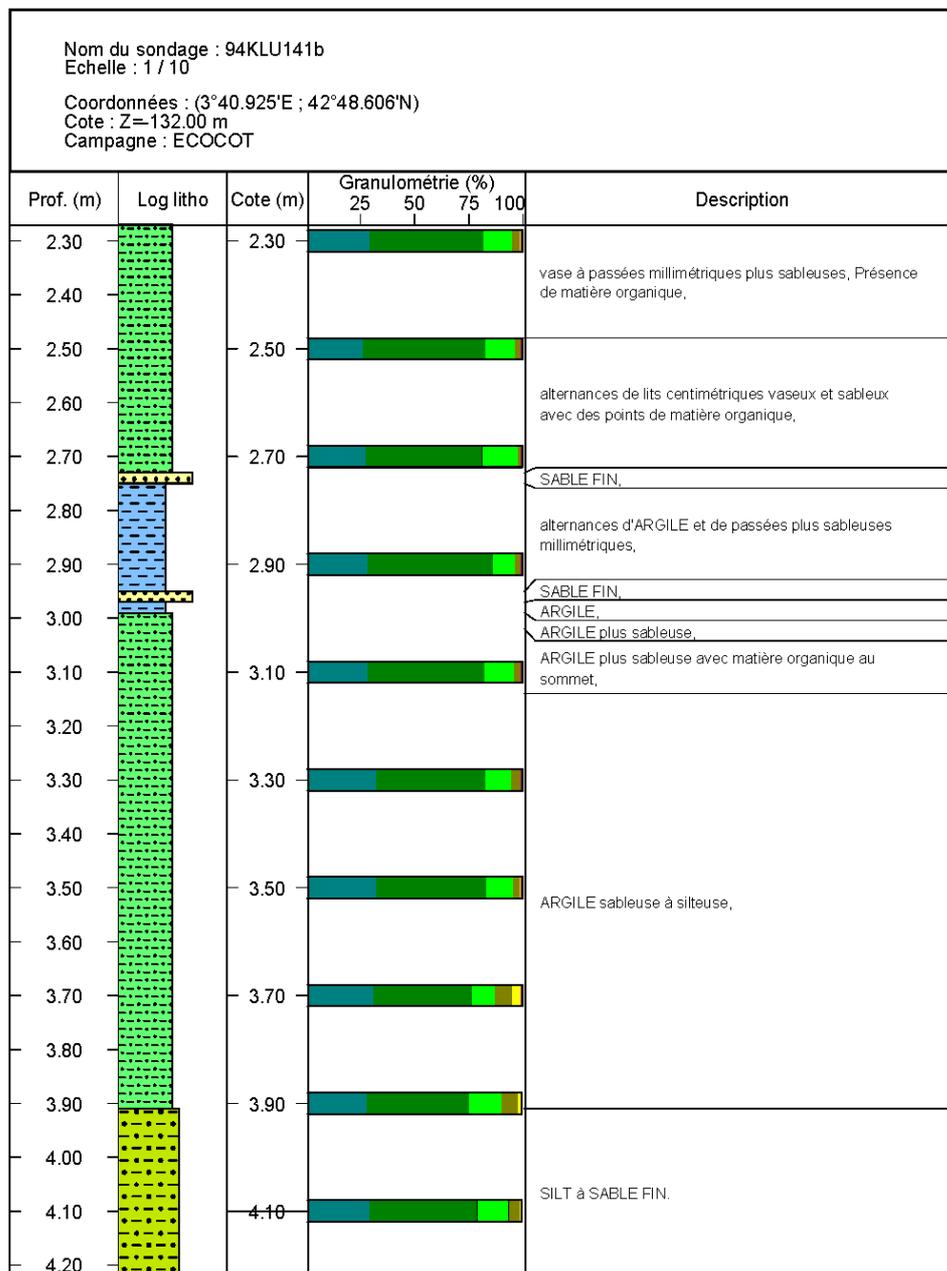




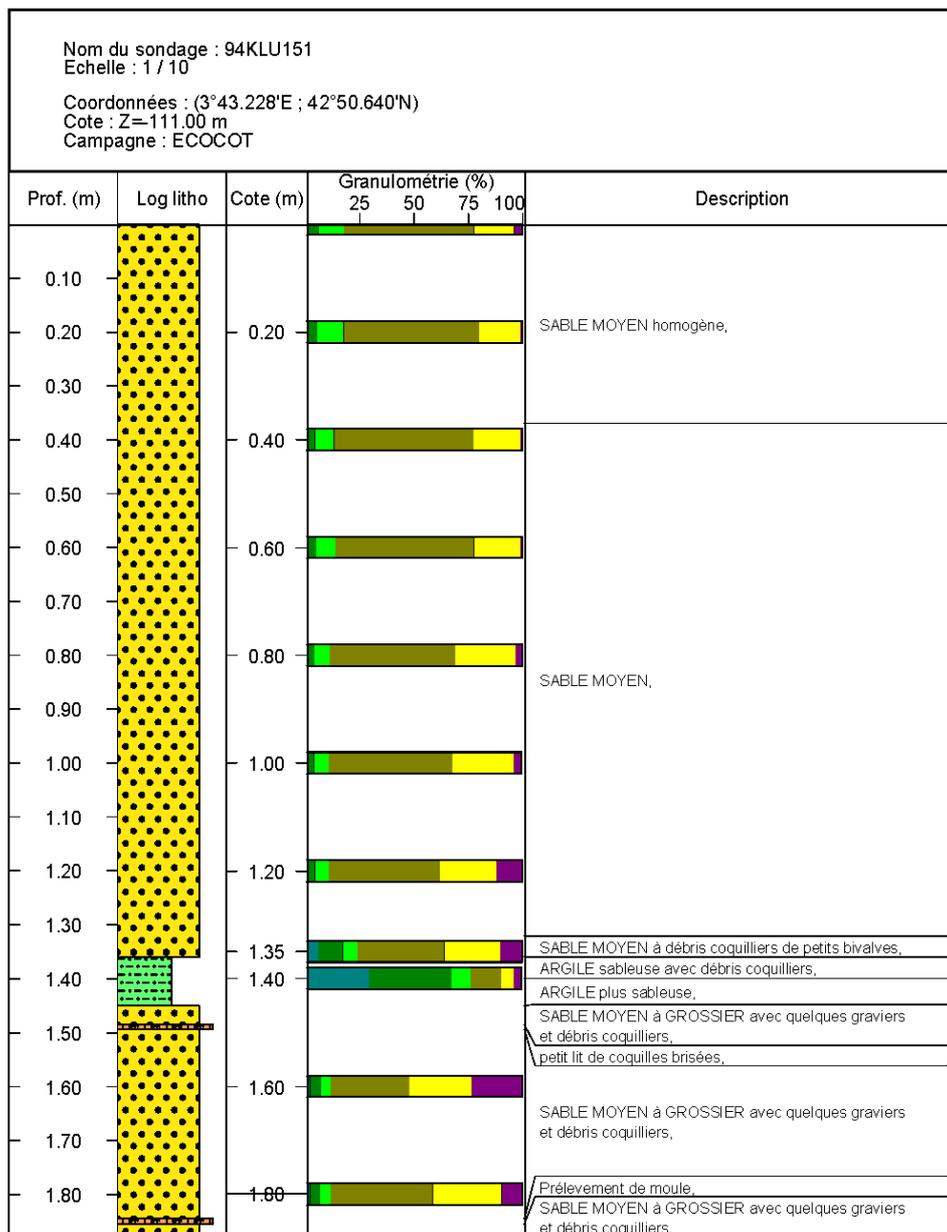
Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

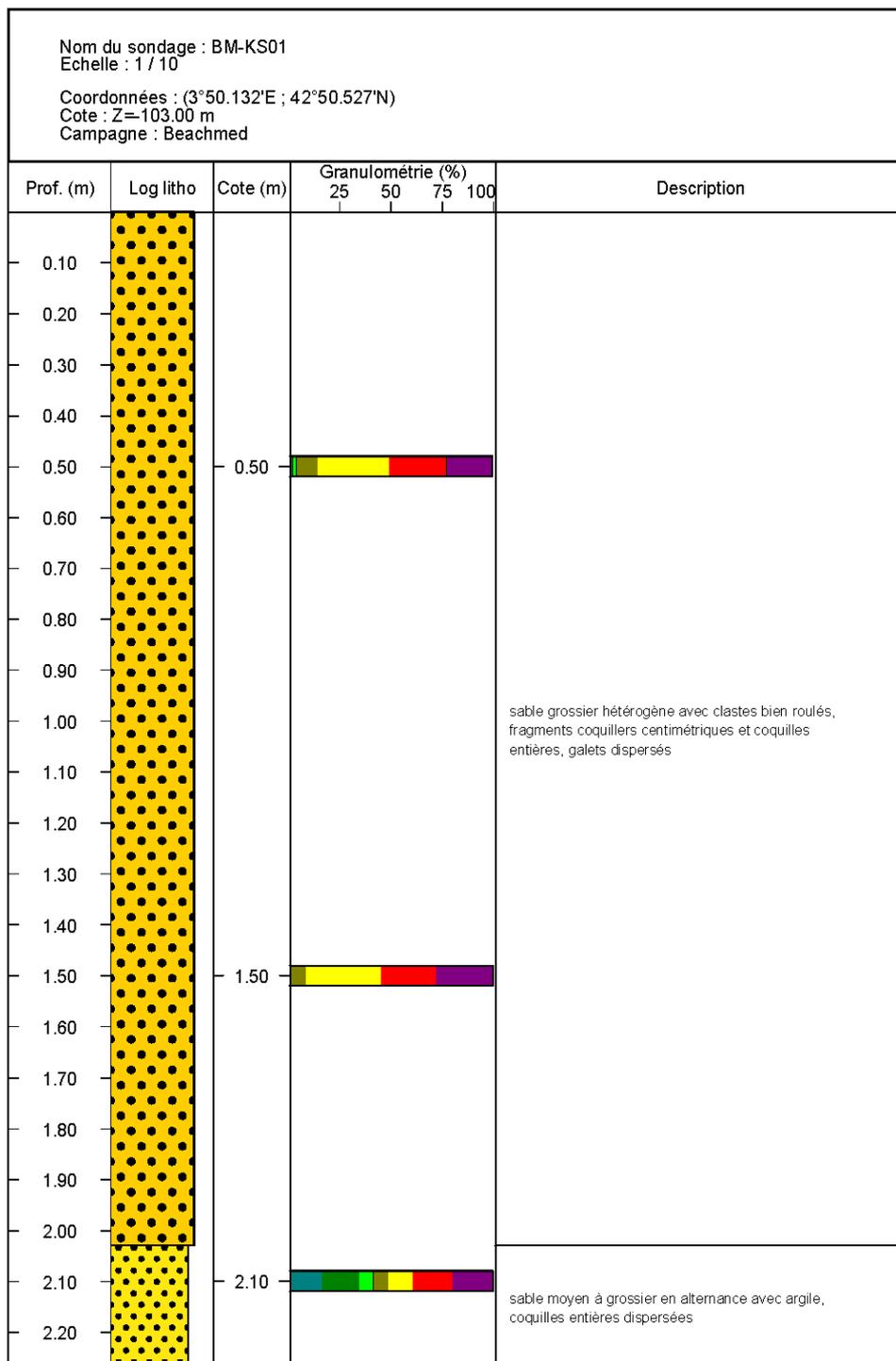


Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

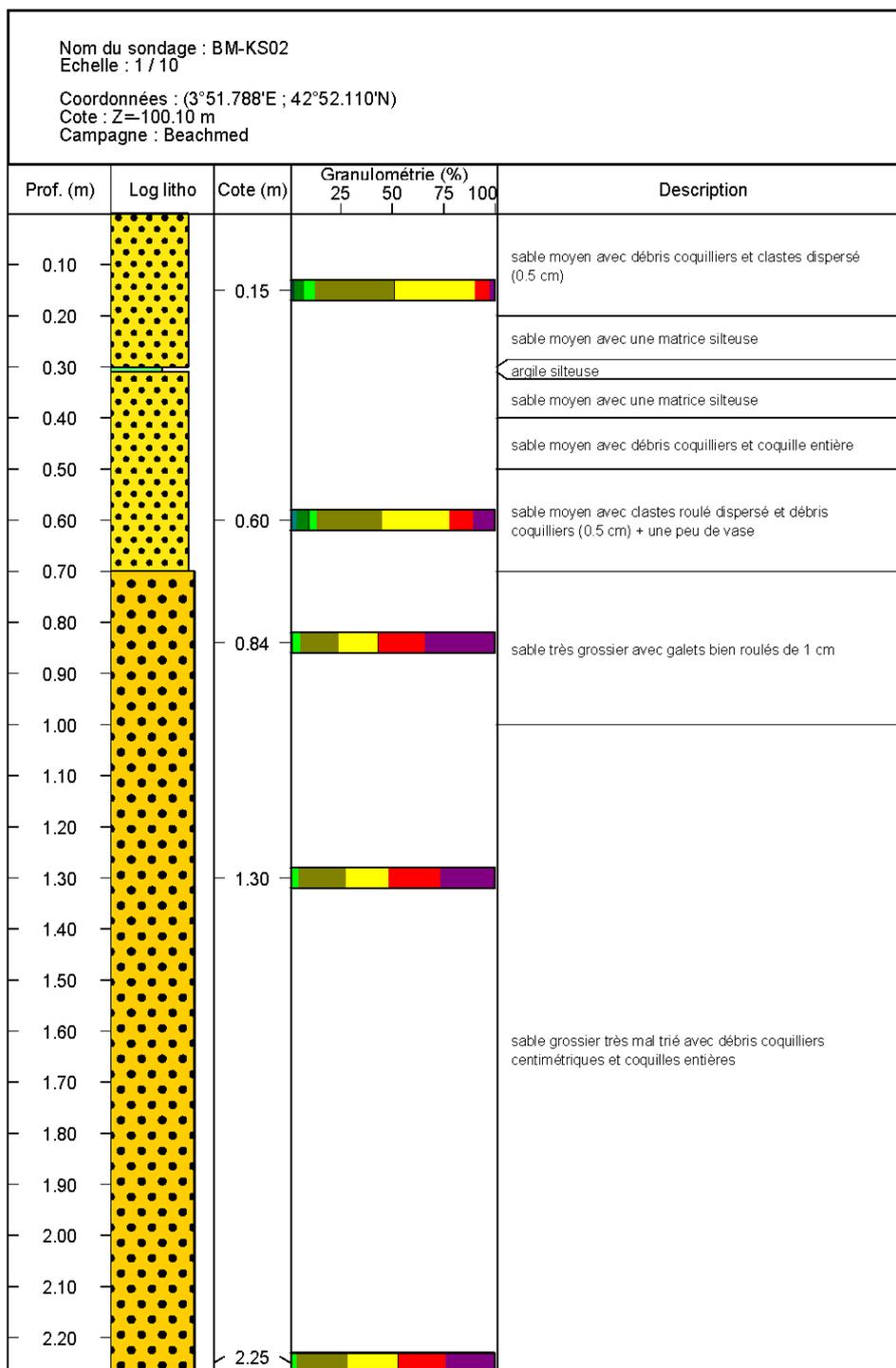


Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

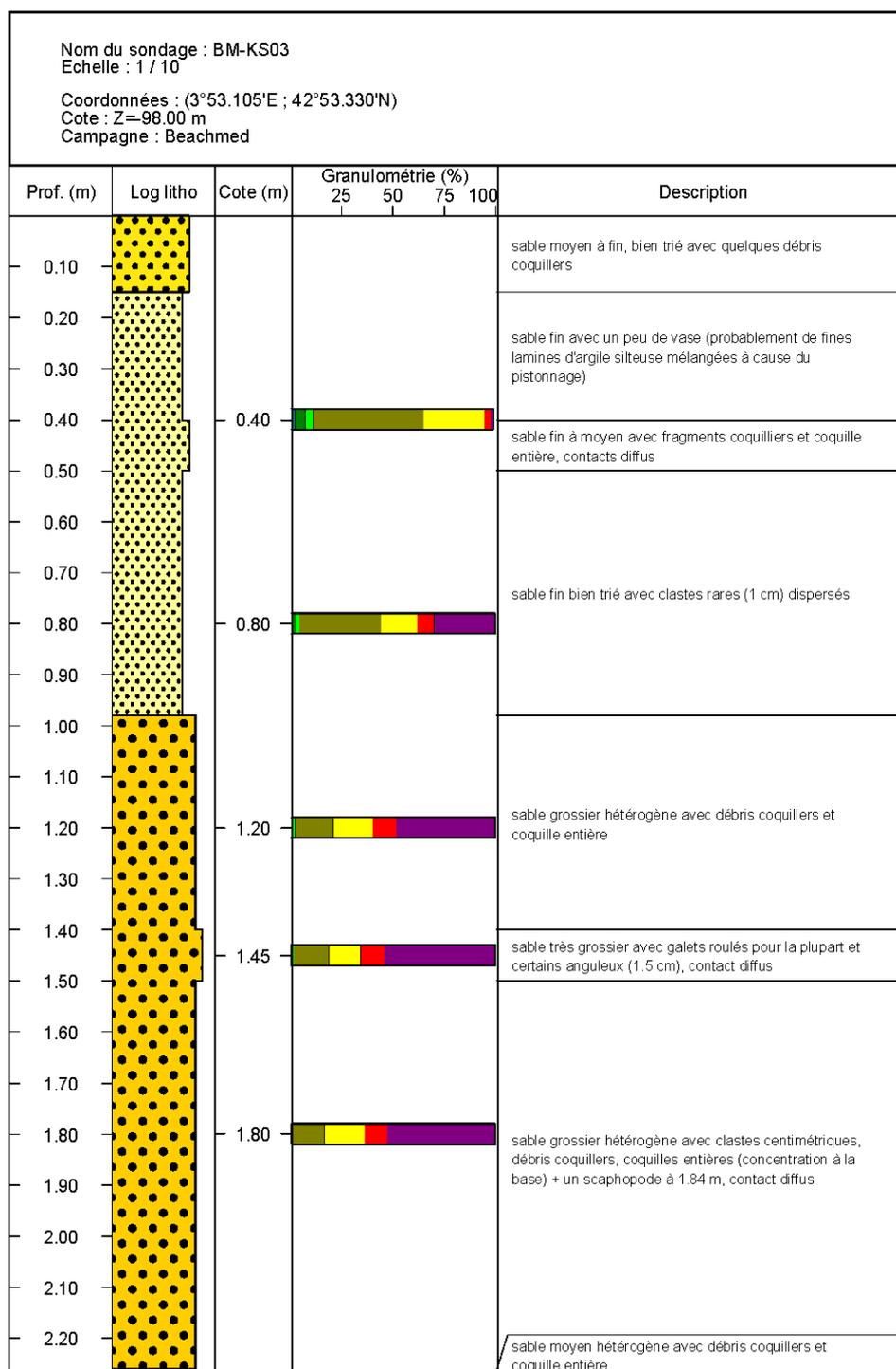




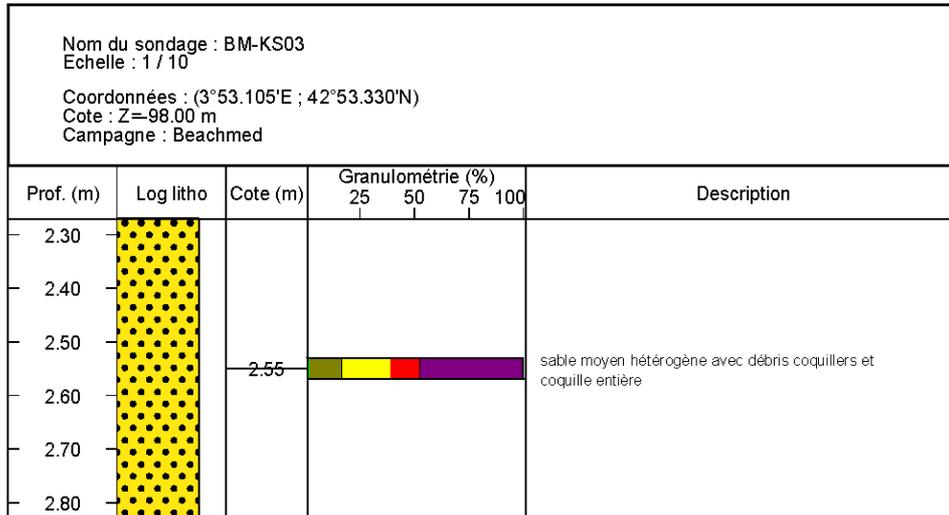
Nom du sondage : BM-KS01 Echelle : 1 / 10 Coordonnées : (3°50.132'E ; 42°50.527'N) Cote : Z=-103.00 m Campagne : Beachmed							
Prof. (m)	Log litho	Cote (m)	Granulométrie (%)				Description
			25	50	75	100	
2.30							sable moyen à grossier en alternance avec argile, coquilles entières dispersées
2.40							sable fin à très fin
2.50							
2.60		2.60					sable grossier avec graviers et galets bien roulés centimétriques
2.70							

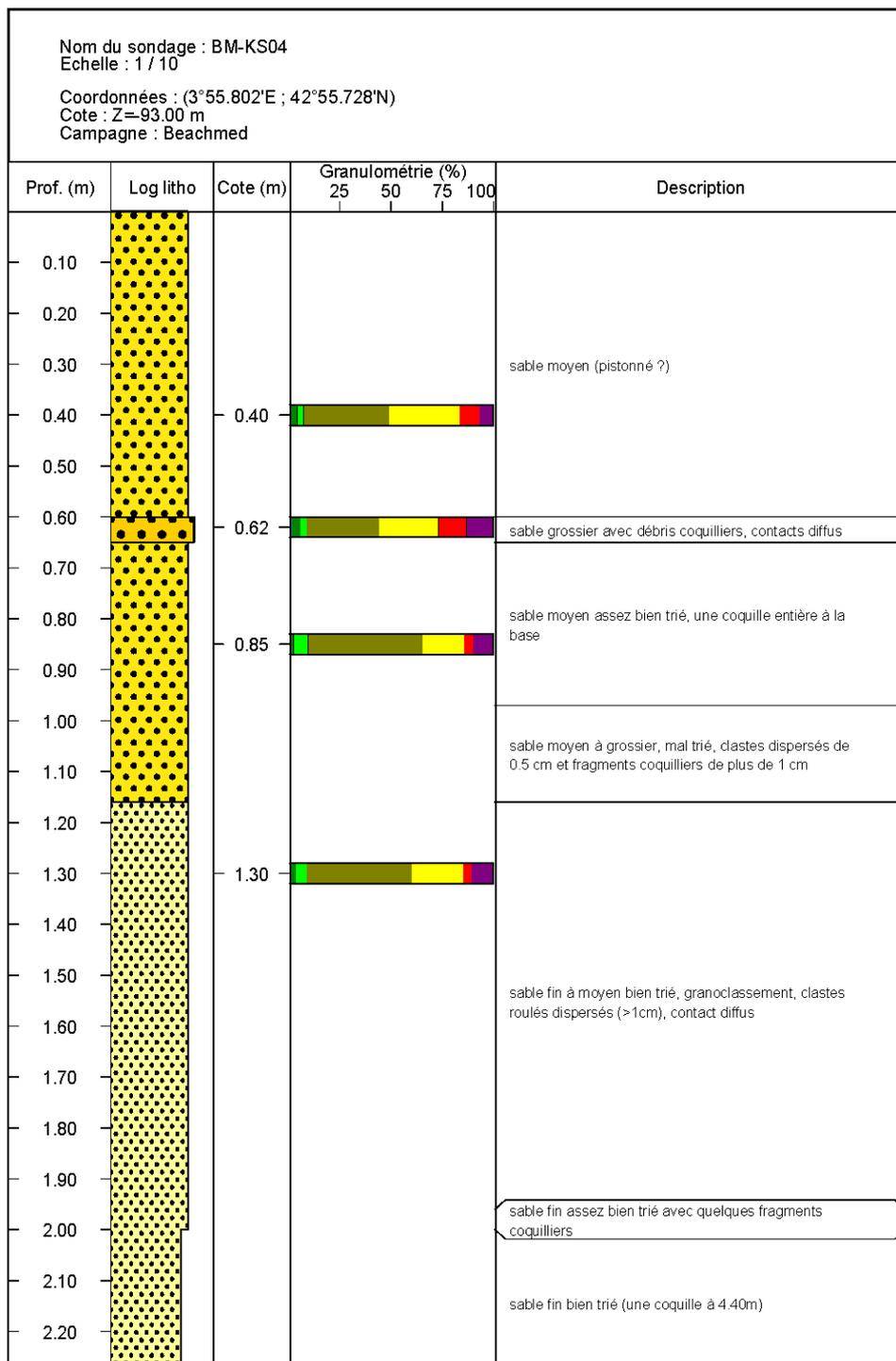


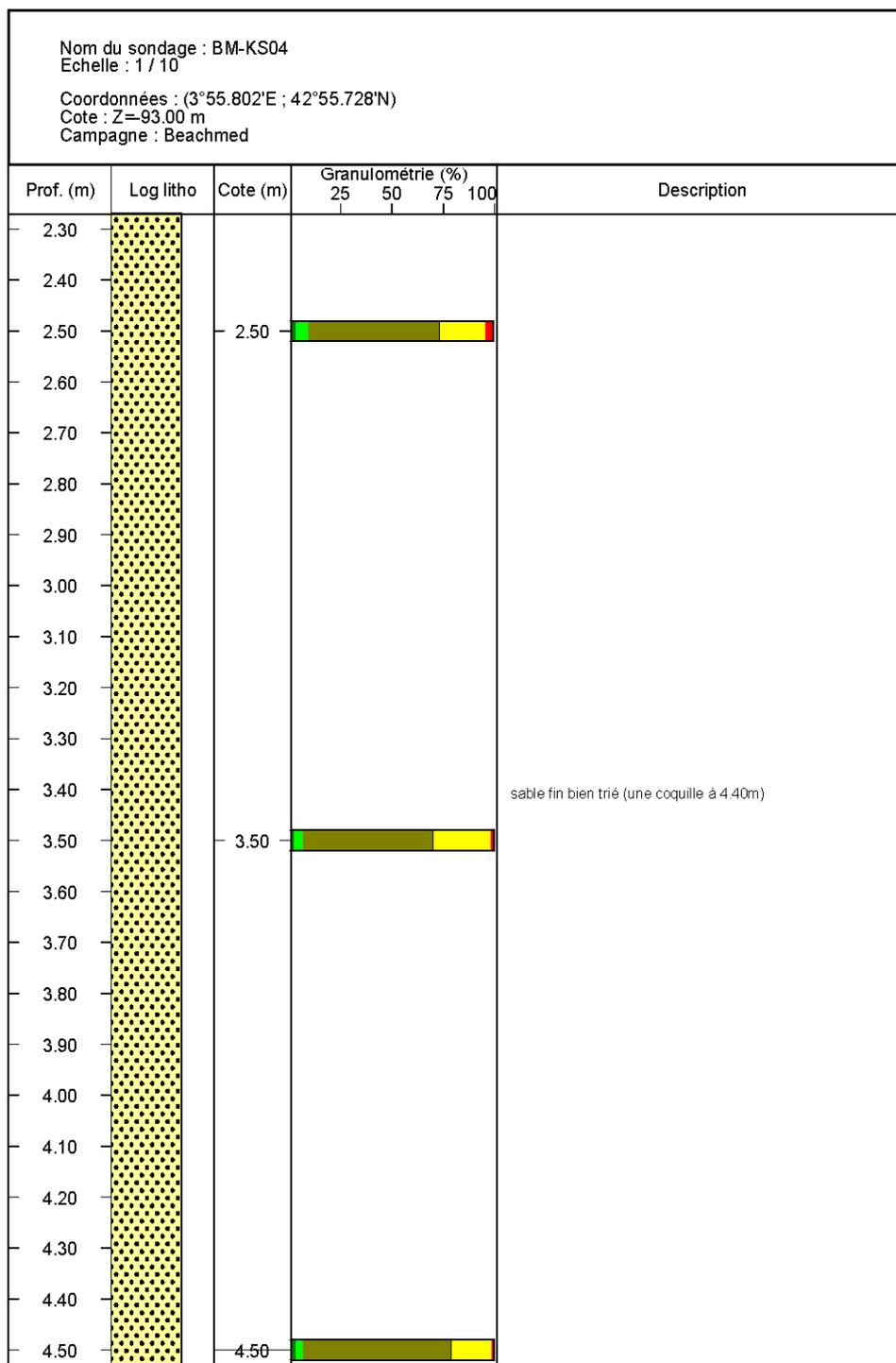
Nom du sondage : BM-KS02 Echelle : 1 / 10 Coordonnées : (3°51.788'E ; 42°52.110'N) Cote : Z=-100.10 m Campagne : Beachmed							
Prof. (m)	Log litho	Cote (m)	Granulométrie (%)				Description
			25	50	75	100	
2.30							sable grossier très mal trié avec débris coquilliers centimétriques et coquilles entières
2.40							
2.50		2.62					gavier, cailloutis et sable très grossier, dépôts faunistiques abondants, concentration de coquilles entières à la base
2.60							



Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

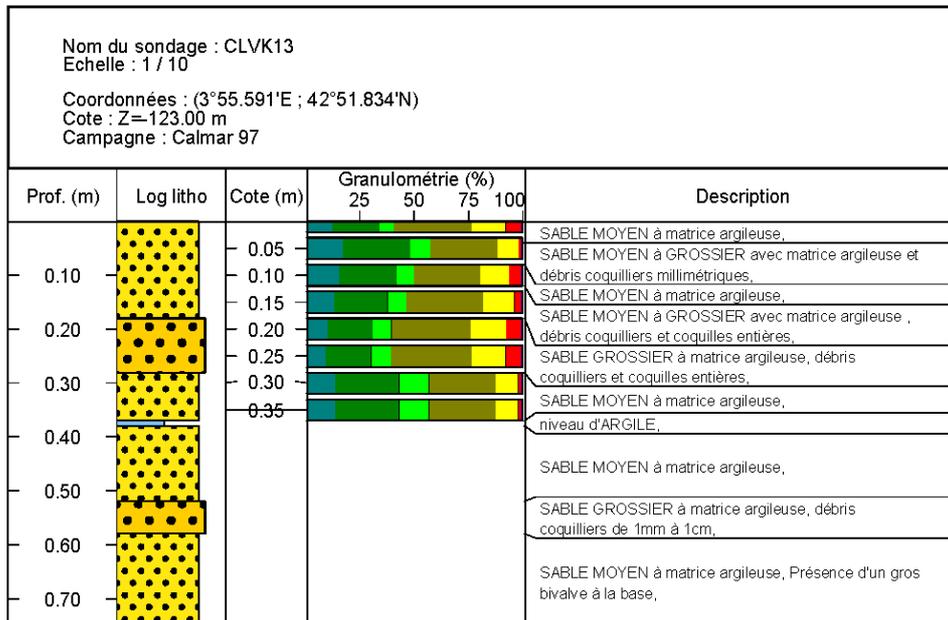


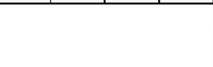
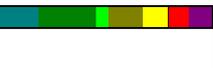
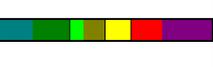
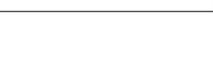




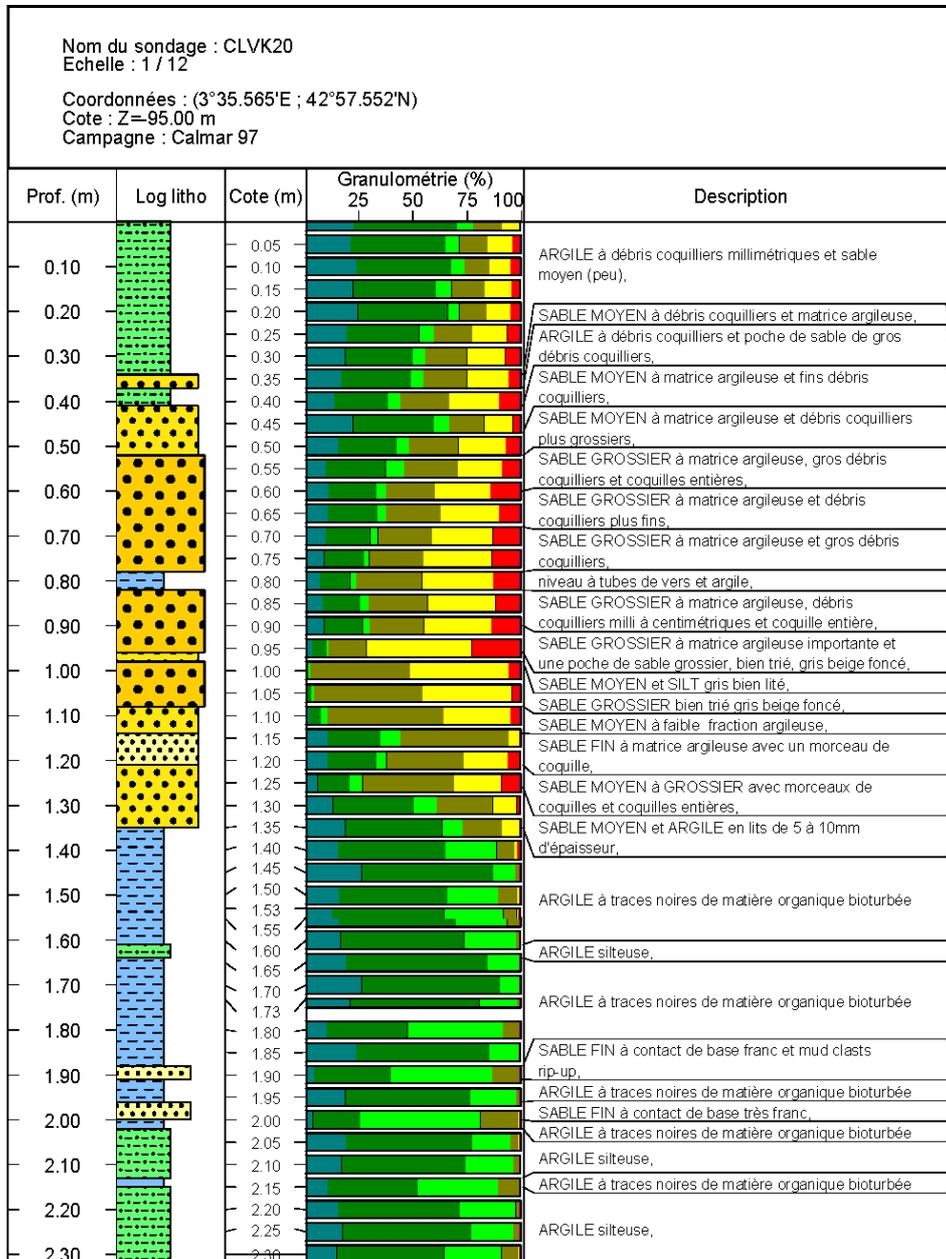
Nom du sondage : BM-KS04 Echelle : 1 / 10 Coordonnées : (3°55.802'E ; 42°55.728'N) Cote : Z=93.00 m Campagne : Beachmed							
Prof. (m)	Log litho	Cote (m)	Granulométrie (%)				Description
			25	50	75	100	
4.60							
4.70							
4.80							
4.90						sable fin bien trié (une coquille à 4.40m)	
5.00							
5.10							
5.20							

Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

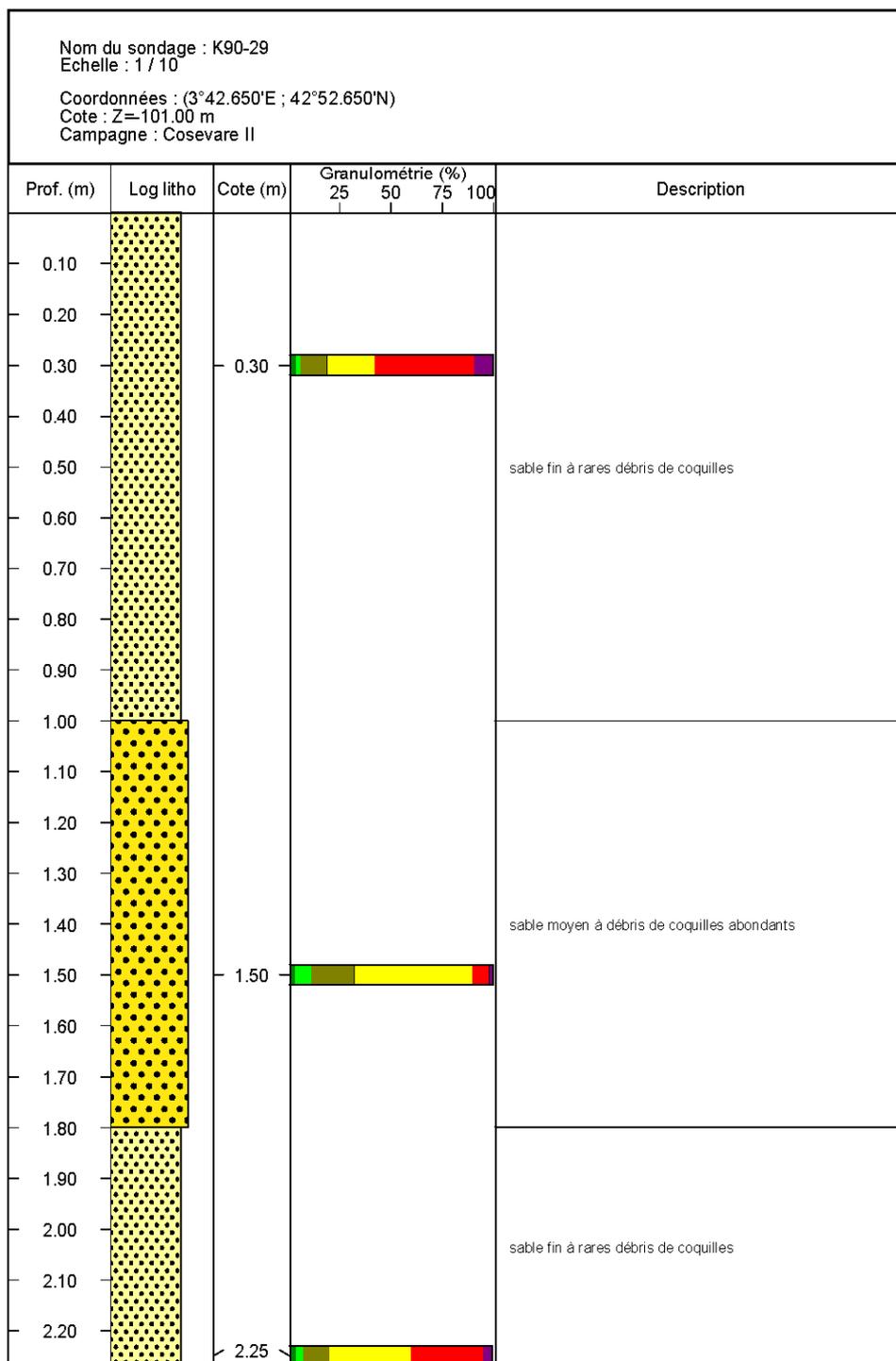


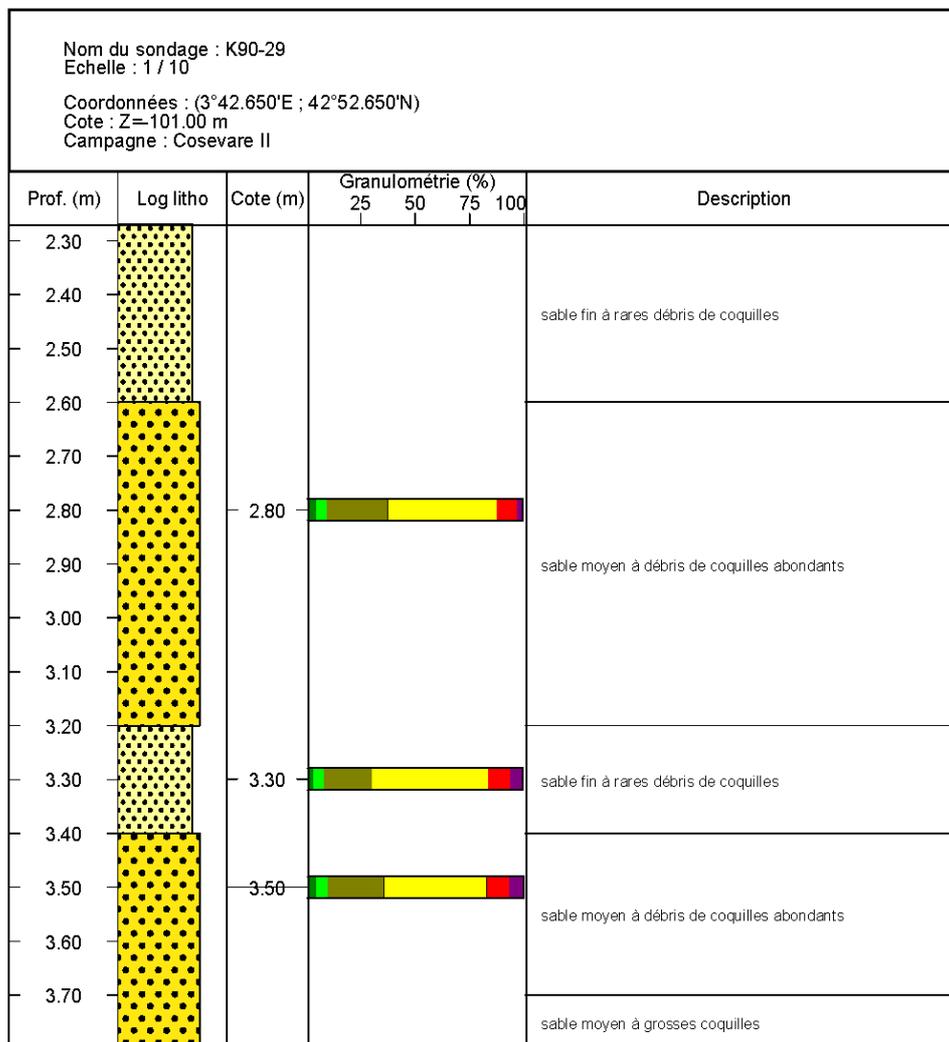
Nom du sondage : CLVK14 Echelle : 1 / 10 Coordonnées : (3°54.305'E ; 42°52.602'N) Cote : Z=97.00 m Campagne : Calmar 97							
Prof. (m)	Log litho	Cote (m)	Granulométrie (%)				Description
			25	50	75	100	
0.10		0.15					SABLE GROSSIER à débris coquilliers de 3 à 5mm,
0.20							SABLE MOYEN à GROSSIER à débris coquilliers et fraction argileuse,
0.30		0.30					SABLE GROSSIER à débris coquilliers nombreux,
							SABLE MOYEN à débris coquilliers millimétriques,

Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes

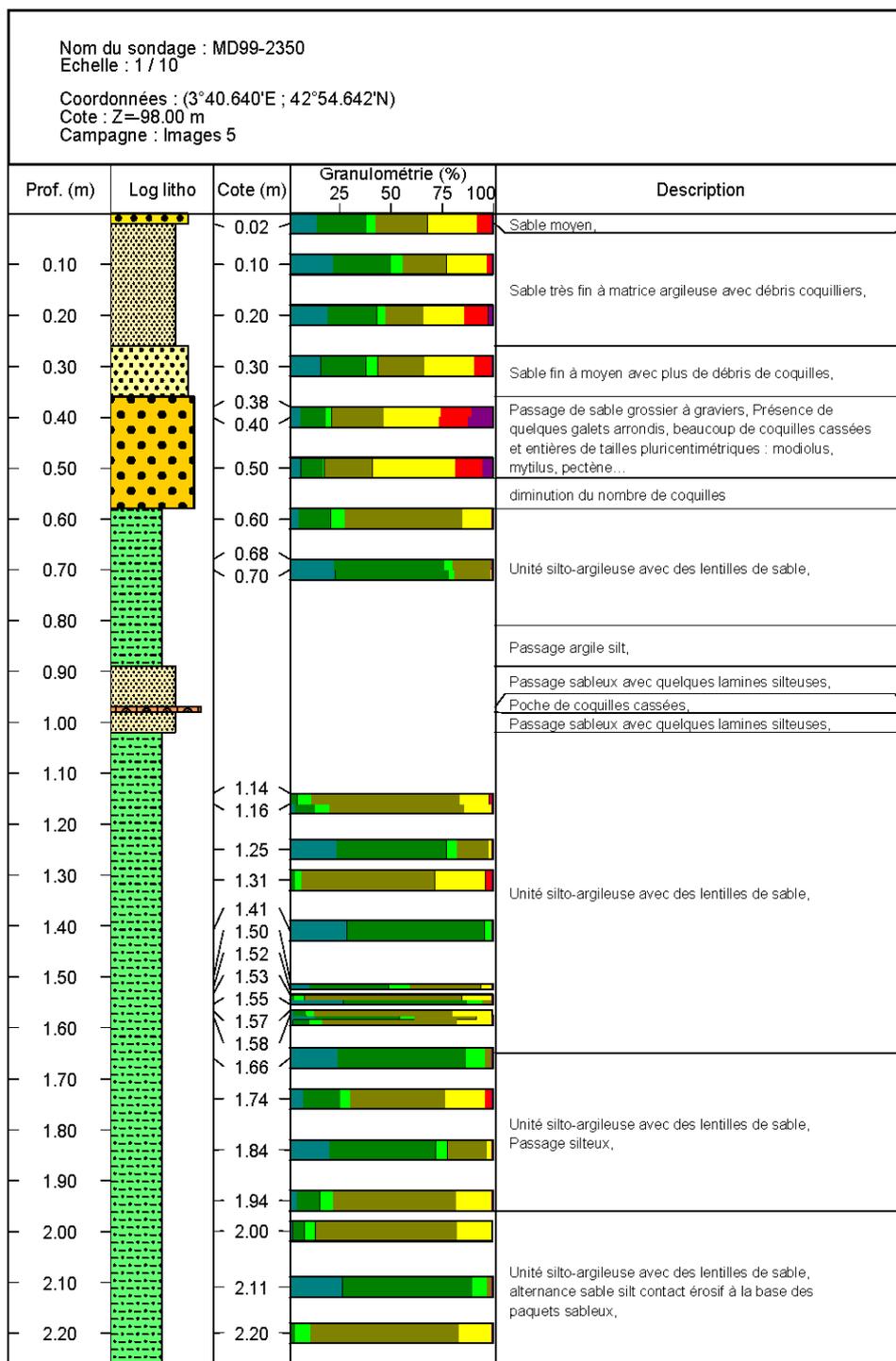


Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes





Évaluation des stocks sableux dans le Golfe du Lion : campagne en mer sur les sites pilotes



Nom du sondage : MD99-2350 Echelle : 1 / 10 Coordonnées : (3°40.640'E ; 42°54.642'N) Cote : Z=-98.00 m Campagne : Images 5				
Prof. (m)	Log litho	Cote (m)	Granulométrie (%)	Description
2.30		2.30		Unité silto-argileuse avec des lentilles de sable, alternance sable silt contact érosif à la base des paquets sableux,
2.40		2.40		
2.50		2.50		Passage silteux, bioturbation,

Annexe 3

Calcul des indices granulométriques

Les indices granulométriques présentés dans les tableaux 1 à 3 sont calculés à partir des formules suivantes.

Unité phi

Phi = $-\ln(\text{diamètre de grain en mm}) / \ln(2)$

Grain moyen (unité phi)

$$Mz = \frac{1}{100} \int_0^{100} X_i dy$$

X_i : moyenne de chaque classe granulométrique exprimée en unités phi.

dy : pourcentage pondérale

Classement

$$So = \sqrt{\frac{1}{100} \int_0^{100} (X_i - Mz)^2 dy}$$

$0 < So < 0.35$

très bien classé

$0.35 < So < 0.50$

bien classé

$0.50 < So < 0.71$

assez bien classé

$0.71 < So < 1.0$

moyennement classé

$1.0 < So < 2.0$

médiocrement classé

$2.0 < So < 4.0$

très mal classé

Asymétrie

$$sk = \frac{\frac{1}{100} \int_0^{100} (X_i - Mz)^3 dy}{\sqrt{\left(\frac{1}{100} \int_0^{100} (X_i - Mz)^2 dy \right)^3}}$$

$0.3 < sk < 1.0$	forte asymétrie vers les grandes tailles
$0.1 < sk < 0.3$	asymétrie vers les grandes tailles
$-0.1 < sk < 0.1$	symétrie granulométrique de l'échantillon
$-0.3 < sk < -0.1$	asymétrie vers les petites tailles
$-1.0 < sk < -0.3$	forte asymétrie vers les petites tailles



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