



# Recherche de stocks sableux à proximité du littoral de Cannes

Phase de Synthèse et cartographie des données existantes

**BRGM/RP-56602-FR**  
Septembre 2008

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 2008 PSP08PAC46

**Y. Balouin et G. Aubert**

**Vérificateur :**

Nom : GUENNOC Pol

Date :

Signature :

**Approbateur :**

Nom : DESSANDIER David

Date :

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**

**Mots clés** : stocks sableux, données sédimentologiques, extraction de sables marins

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

Balouin, Y. et Aubert, G., 2008. Recherche de stocks sableux à proximité du littoral de Cannes – Phase de synthèse et cartographie des données existantes. Rapport RP-56602-FR. 68 p., 30 ill., 1 ann. ;

## Synthèse

**C**ette étude cofinancée par la Ville de Cannes et le BRGM vise à répertorier les données disponibles à proximité du littoral de Cannes pour évaluer la présence éventuelle de sables marins qui pourraient être utilisés pour du remblaiement de plage.

S'appliquant aux zones côtières situées à proximité de la ville de Cannes, elle tient compte des spécificités du littoral de cette région, et s'étend de la Pointe de l'Esquillon sur la commune de Théoule-sur-Mer à la Pointe Bacon sur la commune d'Antibes. Elle concerne par conséquent un secteur englobant la Baie de la Napoule, le Golfe Juan et les îles de Lérins.

L'étude a permis de recenser, et d'intégrer dans un Système d'informations géographiques, les données existantes relatives à la morphologie sous-marine, à la géologie, aux zones de protections environnementales, ainsi qu'aux réglementations associées aux extractions marines et aux technologies actuelles pour les réaliser.

Les informations réglementaires et celles relatives aux techniques d'extraction ont été synthétisées afin d'évaluer les contraintes éventuelles en vue d'une exploitation. Les zones de protection environnementales limitant ou interdisant les extractions ont également été répertoriées. Ces informations, qui ne présagent pas de la qualité du sédiment, permettent d'évaluer la faisabilité d'une utilisation des sables marins à proximité du littoral de Cannes.

Les informations relatives à la sédimentologie et à la géologie des baies de Lérins sont peu nombreuses. Les levés et observations de la nature des fonds fournissent une cartographie intéressante du secteur, mais le faible nombre de carottages rend difficile toute interprétation approfondie.

L'examen des données disponibles a toutefois permis de définir des zones dans lesquelles une extraction serait envisageable sous réserve de vérification de la bonne qualité du sédiment. Pour la délimitation de ces zones, l'analyse a pris en compte plusieurs paramètres :

- la morphologie très incisée, notamment dans la baie de la Napoule qui limite fortement les superficies des zones potentiellement intéressantes,
- les données sédimentologiques partielles dont la répartition inégale ne permet pas de définir avec exactitude des secteurs où la présence de sables est possible,
- Les contraintes environnementales qui s'exercent sur la quasi-totalité du secteur et qui peuvent restreindre ou interdire toute extraction marine,
- la profondeur d'extraction qui reste un facteur très limitant pour les différents types de dragues, en particulier sur ces zones à morphologie très accidentée.

Des prospections in-situ sont donc indispensables pour vérifier la qualité du sédiment et le volume potentiellement utilisable.

## Sommaire

<b>1. Problématique</b> .....	<b>9</b>
1.1. CONTEXTE GENERAL .....	9
1.2. PROBLEMATIQUE .....	10
1.3. OBJECTIFS .....	10
<b>2. Données disponibles</b> .....	<b>13</b>
2.1. DESCRIPTIF DES DONNEES. ....	13
2.1.1. Données cartographiques de bases .....	13
2.1.2. Données relatives à l'environnement .....	13
2.1.3. Informations relatives à la gestion de l'eau et la protection de l'eau .....	15
2.1.4. Données relatives à la bathymétrie .....	15
2.1.5. Données relatives à la géologie et la sédimentologie .....	15
2.1.6. Données relatives aux ouvrages .....	15
2.1.7. Données sur les biotopes .....	15
<b>3. Extraction de sables marins – réglementation et techniques</b> .....	<b>17</b>
3.1. REGLEMENTATION – PRINCIPES GENERAUX ET TEXTES DE LOIS. ....	17
3.2. LES TECHNIQUES D'EXTRACTION MARINE .....	19
3.2.1. Définition et techniques de dragages (source : projet Beachmed) .....	19
<i>Les dragues à désagrégateur</i> .....	20
<i>Les dragues suceuses porteuses à élinde traînante</i> .....	21
<i>Les dragues stationnaires</i> .....	22
3.2.2. Choix des dragues en fonction des contraintes techniques .....	22
3.3. CONCLUSION SUR LA REGLEMENTATION ET DES TECHNIQUES D'EXTRACTION .....	24
<b>4. Contraintes environnementales et technologiques</b> .....	<b>25</b>
4.1. CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES DANS LA BAIE DE LA NAPOULE ET LE GOLFE JUAN .....	25
4.2. CONTRAINTES TECHNOLOGIQUES. ....	26
<b>5. Etude morphologique et sédimentologique</b> .....	<b>29</b>

5.1. BATHYMETRIE .....	29
5.2. DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES RECENSEES ET ETUDIEES DANS LE CADRE DE L'ETUDE.....	36
5.3. SEDIMENTOLOGIE DES CAROTTES .....	38
5.4. MORPHOLOGIE .....	40
5.5. INTERPRETATION DES TRANSECTS .....	42
5.6. INTERPRETATIONS DES CAROTTES INTERESSANTES.....	43
5.7. CARTE MORPHO-SEDIMENTAIRE .....	45
<b>6. Carte synthétique .....</b>	<b>51</b>
<b>7. Conclusion.....</b>	<b>55</b>
<b>8. Bibliographie .....</b>	<b>57</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte de la zone d'étude : Les deux baies de Lérins.....	9
Illustration 2 : Situation géographique de la zone d'étude ; coordonnées en Lambert II carto.....	11
Illustration 3 : Bases de données et origine. ....	16
Illustration 4 : Schéma récapitulatif des textes de loi et de leurs champs d'application (source : IFREMER, projet beachmed). ....	18
Illustration 5 : Etapes de la procédure pour l'extraction de sable en mer (source : beachmed).....	18
Illustration 6 : Organigrammes des étapes d'une instruction minière et de l'ouverture de travaux de dragage (source : IFREMER, projet beachmed). ....	19
Illustration 7 : Schéma d'un remblayage de plage avec une drague à désagrégateur (source : beachmed).....	20
Illustration 8 : Schéma d'un remblayage de plage avec une drague à élinde traînante (source : beachmed).....	21
Illustration 9 : Schéma d'un remblayage de plage avec une drague stationnaire (source : beachmed).....	22
Illustration 10 : Tableau récapitulatif des profondeurs moyennes de travail des dragues (source : beachmed).....	23
Illustration 11 : Tableau non exhaustifreprésentant les différentes dragues et leurs caractéristiques (source : beachmed). ....	23

Illustration 12 : Schéma montrant les conditions conditionnant les choix d'une barge (source : beachmed). .....	24
Illustration 13 : Localisation des herbiers à posidonies dans la zone d'étude (levé 2008 Œil Andromède). On constate que la totalité des observations est comprise dans les profondeurs de 0 à 30 m. Coordonnées en Lambert II carto.....	26
Illustration 14 : Carte des zones de protections environnementales et des contraintes technologiques ; coordonnées en Lambert II carto.....	27
Illustration 15 : Carte bathymétrique des deux baies de Lérins ; coordonnées en Lambert II carto (source : points SHOM et IFREMER).....	31
Illustration 16 : Carte bathymétrie 3 dimensions des deux baies de Lérins (source : points SHOM et IFREMER). .....	33
Illustration 17 : Localisation du transect des deux baies de Lérins(cf. ill. 18) ; coordonnées en Lambert II carto. ....	34
Illustration 18 : Transect des deux baies de Lérins. ....	34
Illustration 19 : Carte des pentes des deux baies de Lérins ; coordonnées en Lambert II carto (source : points SHOM et IFREMER). ....	35
Illustration 20 : Nature des dépôts marins des golfes Juan et de la Napoule (Nesteroff, 1965). ....	36
Illustration 21 : Tableau informatif des différentes campagnes de carottages. ....	37
Illustration 22 : Localisation des données sédimentologiques ; coordonnées en Lambert II carto. ....	37
Illustration 23 : Géologie de surface des carottes recensées ; coordonnées en Lambert II carto. ....	38
Illustration 24 : Carte des carottes contenant soit du sable, soit du sable vaseux dans la carotte (en surface ou en profondeur) ; coordonnées en Lambert II carto. ....	39
Illustration 25 : Carte des carottes présentant du matériel sableux ou sablo-vaseux en surface ; coordonnées en Lambert II carto. ....	40
Illustration 26 : Localisation des coupes réalisées sur les points de carottages; coordonnées en Lambert II carto. ....	41
Illustration 27 : Coupes longitudinales et transversales réalisées sur le point de carottage KMO06. ....	42
Illustration 28 : Tableau récapitulatif de la sédimentologie et de la morphologie des carottes.....	43
Illustration 29 : Carte morpho-sédimentaire simplifiée des baies de Lérins ; coordonnées en Lambert II carto. ....	47
Illustration 30 : Carte synthétique des zones potentiellement sableuses; coordonnées en Lambert II carto. ....	53

## Liste des annexes

Annexe 1 Transects des carottes BGM des baies de Lérins. ....	59
---	----

# 1. Problématique

## 1.1. CONTEXTE GENERAL

La baie de Cannes s'étend de la limite avec le département du Var (Théoule-sur-Mer) au cap d'Antibes et comprend deux sous-ensembles : à l'ouest, la baie de La Napoule limitée à l'est par la zone des îles de Lérins (Cannes) et le golfe Juan, à l'est, fermée par le Cap d'Antibes.



*Illustration 1 : Carte de la zone d'étude : Les deux baies de Lérins.*

Comme la majorité des littoraux sableux français, les plages de Cannes subissent à la fois une érosion saisonnière lors de la période hivernale et une érosion plus ponctuelle mais plus marquée lors des événements de tempêtes. Ces plages, à forts enjeux socio-économiques, sont des plages artificielles sur lesquels des apports en sables sont réalisés de manière récurrente.

Si des ouvrages de stabilisation du sable sont à l'étude, les rechargements en sédiment demeurent indispensables pour maintenir durablement le stock sur la plage. Ces rechargements sont entrepris à l'heure actuelle en transférant régulièrement le

sédiment de l'avant-plage vers la plage, et les gisements éventuels au large du littoral de Cannes sont méconnus.

## **1.2. PROBLEMATIQUE**

L'utilisation de sables marins du plateau continental pour le rechargement des plages fait l'objet d'une attention croissante en Méditerranée. Utilisée depuis de nombreuses années dans le Nord de l'Europe, cette exploitation des sables marins repose sur une connaissance approfondie des fonds. Une démarche de prospection a été menée récemment dans le golfe du Lion dans le cadre des projets Interreg Beachmed et Beachmed-e, mais ces travaux ne concernent pas les littoraux de la région PACA.

Afin d'évaluer l'existence ou non de gisements sableux potentiels au large de Cannes, une double approche est indispensable comprenant d'une part une synthèse des données existantes et d'autre part une prospection des secteurs sableux potentiels afin de déterminer la qualité et la quantité de ces gisements.

L'objectif de ce projet est de réaliser une première analyse des données existantes sur la morphologie sous-marine, la géologie et la géométrie des unités superficielles, la dynamique sédimentaire littorale, ainsi que de la localisation des herbiers à posidonies, afin de mieux préciser les zones de stocks sableux potentiels en vue d'une prospection ultérieure.

La morphologie sous-marine de la baie de Cannes est très accidentée et le plateau continental très étroit (cf. ill. 2). La tête du canyon de Cannes incise fortement la baie et remonte à proximité de la côte.

Les technologies actuelles d'extraction ne permettent pas d'envisager l'exploitation de gisements marins au delà du plateau continental, ce qui limite la zone potentielle à quelques kilomètres de la côte dans les profondeurs comprises entre 20 et 150 m.

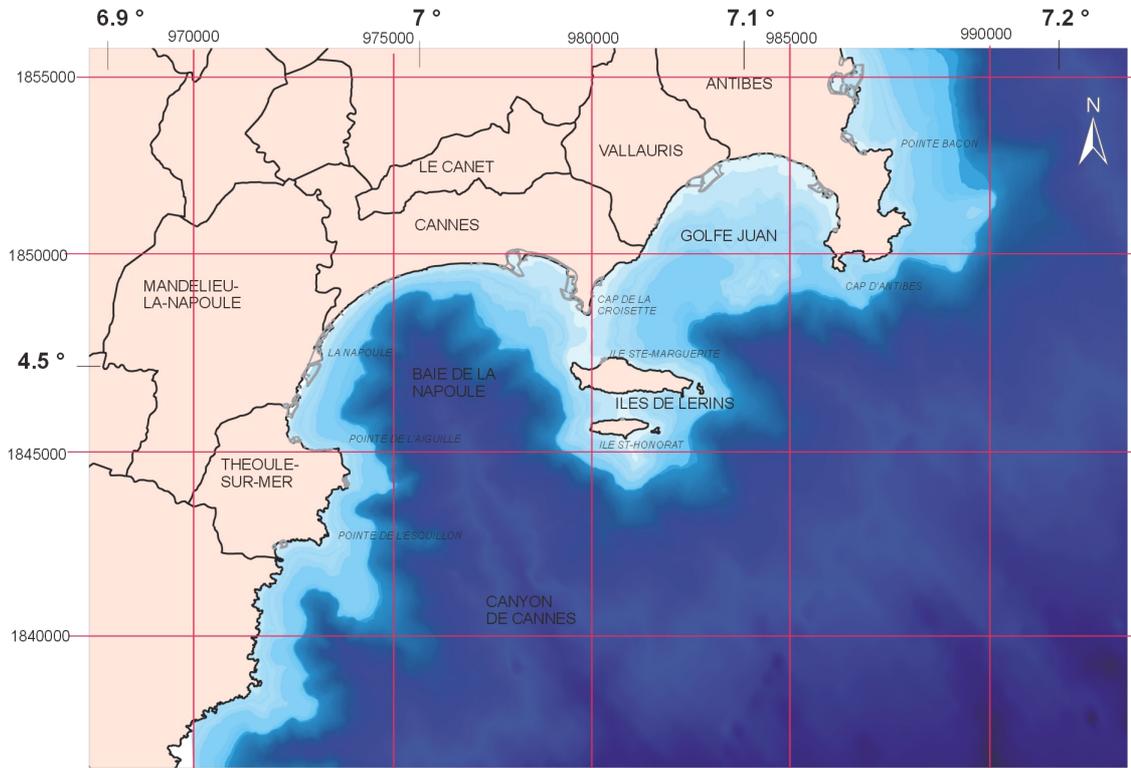
Sur la base des données recensées, ces zones peu profondes ont été assez peu explorées. Toutefois, les observations réalisées dans des environnements similaires de méditerranée (littoral Corse, Monaco ...) montrent l'existence possible près de têtes de canyon de sédiments sableux assez grossiers formant des morphologies sédimentaires de dunes ou mégarides.

## **1.3. OBJECTIFS**

L'objectif principal est d'établir une base de données sur le plateau continental de la baie de Cannes. Cette base de données comportera notamment :

- les informations géologiques issues de la Banque de données de géologie marine (BGM) du BRGM ;
- les informations morphologiques et sédimentologiques disponibles : bathymétries, mesures géophysiques, carottages superficiels ;
- les informations sur la dynamique sédimentaire littorale ;

- la localisation de zones de protection environnementale (ZNIEFF marines, Natura 2000), et des herbiers à posidonies ;
- les informations relatives aux aménagements réalisés dans la baie de Cannes.



*Illustration 2 : Situation géographique de la zone d'étude ; coordonnées en Lambert II carto.*

Cette base de données sera utilisée d'une part, pour réaliser la synthèse des informations morphologiques, géologiques, sédimentologiques et géophysiques afin de déterminer les zones potentiellement riches en sédiments sableux, et d'autre part, pour délimiter les zones environnementales sensibles qui pourrait être impactées par une extraction éventuelle.

Les résultats seront présentés sous forme d'une carte synthétique qui permettra de préciser les zones sur lesquelles une prospection plus approfondie doit être menée.



## 2. Données disponibles

### 2.1. DESCRIPTIF DES DONNEES.

Les données recueillies dans cette première phase (données numériques existantes) peuvent être classées en 7 catégories :

- les données cartographiques de base ;
- les protections environnementales ;
- la protection du patrimoine, monuments historiques et sites classés ou inscrits, espaces remarquables au titre de la loi littoral ;
- les caractéristiques géologiques et sédimentologique des secteurs concernés ;
- les informations relatives à la bathymétrie ;
- les extensions des biotopes, et en particulier des herbiers à posidonies.

#### 2.1.1. Données cartographiques de bases

Elles comprennent les limites de communes, le réseau routier, le réseau hydrographique (cours d'eaux), le plan d'occupation des sols et les photos aériennes.

#### 2.1.2. Données relatives à l'environnement

La majorité des données environnementales ont été recueillies via le site interactif du CRIGE PACA. Elles comprennent :

- les Arrêtés de Biotopes (APB) : donnée utilisée ; instauré par le décret n° 77-1295 du 25/11/1977 pris en application de la loi n°76-629 du 10/07/1976 (article R.211-12 et suivants du Code rural). Il permet au préfet de fixer par arrêté les mesures tendant à favoriser, sur tout ou partie du territoire d'un département, la conservation des biotopes nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie d'espèces protégées. Certains résultats incluent le domaine public maritime ;
- les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) : définies par la circulaire n° 91-71 du ministère chargé de l'Environnement, elles sont caractérisées par leur intérêt biologique remarquable. Les ZNIEFF actuelles sont dites de deuxième génération car leur définition a été revue. Elles sont de deux types (1 et 2) et peuvent comprendre des zones situées aussi bien en milieu marin que continental :
  - type 1 : secteurs de superficie en général limitée, caractérisés par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables, ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional ;

- type 2 : inventaire de grands ensembles naturels (massif forestier, vallée, estuaire ...) riches ou avec de fortes potentialités biologiques. Les zones de type II peuvent inclure une partie des zones de type I. La précision de ces zones est moins grande, l'intérêt écologique et/ou état de conservation moindres ;
- les réserves naturelles (RN): partie du territoire où la conservation de la faune, de la flore, du sol, des eaux, des gisements de minéraux et de fossiles et, en général, du milieu naturel présente une importance particulière et qu'en conséquence, il convient de la soustraire à toute intervention artificielle susceptible de la dégrader ;
- les parcs naturels (PN) : territoire de tout ou partie d'une ou de plusieurs communes, classé par décret du Conseil d'Etat en application des articles L.241-1 et suivants du Code rural, en vue de la conservation de son milieu naturel et de l'accueil et de l'information du public. Il comporte une zone centrale strictement protégée, et une zone périphérique consacrée au développement culturel, social et économique du territoire dans le cadre du développement durable ;
- les parcs naturels régionaux (PNR) : territoire avec une politique de protection de l'environnement, d'aménagement du territoire, de développement économique et social, d'éducation et de formation du public ;
- le périmètre de protection autour des réserves naturelles et géologiques (PPRNG);
- les réserves de biosphère (RBS) : territoire d'application du programme MAB ("Man and Biosphere") de l'UNESCO, qui consiste à promouvoir un mode de développement économique et social, basé sur la conservation et la valorisation des ressources locales ainsi que sur la participation citoyenne.) ;
- les zones spéciale de conservation ( ZSC), zones de protection spéciale (ZPS), les zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) et les zones NATURA 2000 (regroupent les ZPS, ZICO et ZSC entre autres) sont des zones de protection de la faune, de la flore et de l'habitat en général (directive habitat et directive oiseaux) ;
- les sites inscrits (SI) : pour la protection des sites d'intérêt artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque. Les sites sont inscrits par arrêté ministériel après avis des communes concernées. L'inscription est proposée pour des sites moins sensibles ou plus humanisés que ceux faisant l'objet d'un classement mais les sites inscrits sont surveillés avec vigilance) ;
- les zones vulnérables (ZV): Zones désignées comme vulnérables à la pollution diffuse par les nitrates d'origine agricole compte tenu notamment des caractéristiques des terres et des eaux ainsi que de l'ensemble des données disponibles sur la teneur en nitrate des eaux et de leur zone d'alimentation ;
- les zones sensibles (ZS) : parties du territoire où la nécessité de préserver le milieu aquatique et les usages qui s'y attachent justifie la mise en œuvre d'un traitement plus rigoureux des eaux résiduaires urbaines avant leur rejet. Le principal critère d'appréciation est le risque d'eutrophisation du milieu mais d'autres critères nécessitant un traitement complémentaire peuvent être retenus comme par exemple la qualité bactériologique pour les zones conchylicoles ou les zones de baignades.

### **2.1.3. Informations relatives à la gestion de l'eau et la protection de l'eau**

Elles comprennent :

- le SDAGE : schéma directeur d'aménagement et gestion de l'eau : politique de gestion de l'eau ;
- le SAGE : schéma aménagement et gestion de l'eau : politique de gestion de l'eau au niveau local ;
- les zones RAMSAR : protection des zones humides ;
- les zones inondables : zone soumise à un aléa d'évènement de crue et qui joue un rôle important dans leur écrêtement.

### **2.1.4. Données relatives à la bathymétrie**

Elles comprennent :

- les points de sondes du SHOM (Service hydrographique et océanographique de la marine) ;
- les points de sondes bathymétriques de l'IFREMER (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer).

### **2.1.5. Données relatives à la géologie et la sédimentologie**

Elles comprennent :

- Les données de l'étude IN-VIVO : sédimentologie, sonar, sous forme d'un SIG (système d'informations géographiques);
- les carottes recensées par le BRGM sur la baie de Cannes et d'Antibes ;
- les relevés de surface réalisés par l'association l'Oeil d'Andromède (extension des herbiers, nature du sédiment en surface).

### **2.1.6. Données relatives aux ouvrages**

Elles comprennent les zones portuaires et les ouvrages : Inventaire et impact des aménagements gagnés sur le domaine marin ([www.medam.org](http://www.medam.org));

### **2.1.7. Données sur les biotopes**

Elles comprennent :

- les herbiers de posidonies fournies par l'étude INVIVO dans les petits fonds sur la commune de Cannes ;
- les suivis des herbiers réalisés dans le cadre du GIS Posidonies ;
- les relevés de surface des herbiers de posidonies réalisés par l'association l'Oeil d'Andromède dans la baie de la Napoule, le golfe Juan et autour des îles de Lérins.

L'illustration 3 présente les données utilisées dans cette étude, ainsi que leur origine.

Description des données	Source
<b>Données cartographiques de base</b>	
Limites des communes	BD carto IGN
Réseau routier	BD carto IGN
Réseau hydrographique	BD carto IGN
Occupation du sol	IFEN – CORINE Land cover
Scan 25	IGN
<b>Données relatives à l'environnement</b>	
ZICO	DIREN-PACA
ZNIEFF type 1 et 2	DIREN-PACA
Arrêtés de biotope	DIREN-PACA
Réserves naturelles	DIREN-PACA
Périmètre intégré Natura 2000	DIREN-PACA
Périmètre ZPS intégré Natura 2000	DIREN-PACA
Parc Naturel Régional	DIREN-PACA
<b>Données relatives à la bathymétrie</b>	
Points de sondes du SHOM	SHOM
Points de sondes de l'IFREMER	IFREMER
Levé multi-faisceau In-VIVO	In-VIVO
<b>Données relatives à la géologie et la sédimentologie</b>	
Inventaire des carottages et bennes de la BGM	BRGM
Levé sonar et bennes In-VIVO	In-VIVO
Observations de surface d'œil Andromède	Association Œil Andromède
<b>Données relatives aux ouvrages</b>	
Inventaire des ports et ouvrages MEDAM	MEDAM
<b>Données relatives aux biotopes</b>	
Extension de l'herbier à posidonies	Association Œil Andromède
Interprétation sonar	In-VIVO
Caractéristiques des herbiers et réseau de suivi	GIS- Posidonies

Illustration 3 : Bases de données et origine.

### **3. Extraction de sables marins – réglementation et techniques**

L'extraction de sables marins est soumise à une réglementation stricte et précise dépendant de plusieurs paramètres comme la distance à la côte, les volumes prélevés, etc.

Par ailleurs, les technologies d'extraction ne permettent à l'heure actuelle d'envisager des prélèvements à grande profondeur, ce qui limite fortement les zones potentielles d'extraction en particulier dans les secteurs où le plateau continental est peu étendu.

Ce chapitre fait l'inventaire des réglementations en vigueur sur le plateau continental, les procédures réglementaires, ainsi que les différentes techniques d'extractions et leurs contraintes.

#### **3.1. REGLEMENTATION – PRINCIPES GENERAUX ET TEXTES DE LOIS.**

Il existe différents types de zones marines en France : les eaux territoriales, les eaux du plateau continental et les eaux de la zone économique exclusive.

Ces différentes zones se subdivisent en :

- eaux territoriales: de 0 à 12 miles (1.852 kilomètres) nautiques (L. du 24/12/71) ;
- eaux du plateau continental : jusqu'à une distance correspondant à une profondeur de 200 mètres au delà de la mer territoriale sauf convention sur les limites entre états (France/GB) ;
- eaux de la zone exclusive : de 12 à 200 miles.

La compétence et la gérance de ces eaux appartiennent à l'Etat qui en possède les droits exclusifs en matière d'exploration et d'exploitation des fonds marins (sol et sous-sol de la mer territoriale) qui sont incorporés dans le domaine public de l'État.

Dans le cadre de notre étude, nous nous situerons dans la première catégorie, à savoir les eaux territoriales. Nous nous rattacherons donc aux lois qui s'y appliquent (cf. ill. 4).

Une fois établie la zone marine où aura lieu le dragage, il faut tenir compte de la réglementation associée au dragage. Le passage des granulats (matériaux dragués) au rang des substances minières par les lois de décembre 1968 (plateau continental) et juillet 1971 (eaux territoriales) a nécessité la création d'une autorisation minière ministérielle.

Les principaux textes et articles de loi ainsi que le contexte géographique où ces textes s'appliquent sont représentés dans l'illustration ci-dessous.

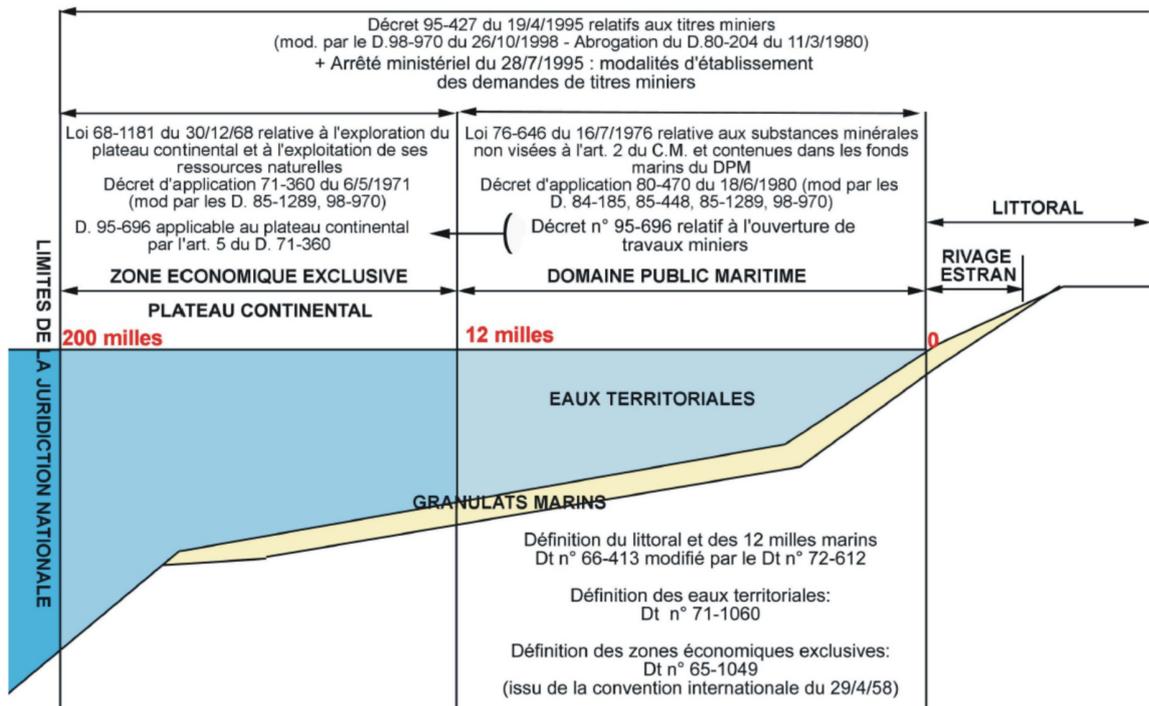


Illustration 4 : Schéma récapitulatif des textes de loi et de leurs champs d'application (source : IFREMER, projet beachmed).

Pour obtenir l'autorisation d'effectuer un dragage, il faut effectuer une procédure regroupant différentes obligations et se déroulant en deux phases distinctes (cf. ill. 5) :

- Phase 1 : l'instruction minière.
- Phase 2 : l'ouverture des travaux après l'obtention d'une autorisation ministérielle.

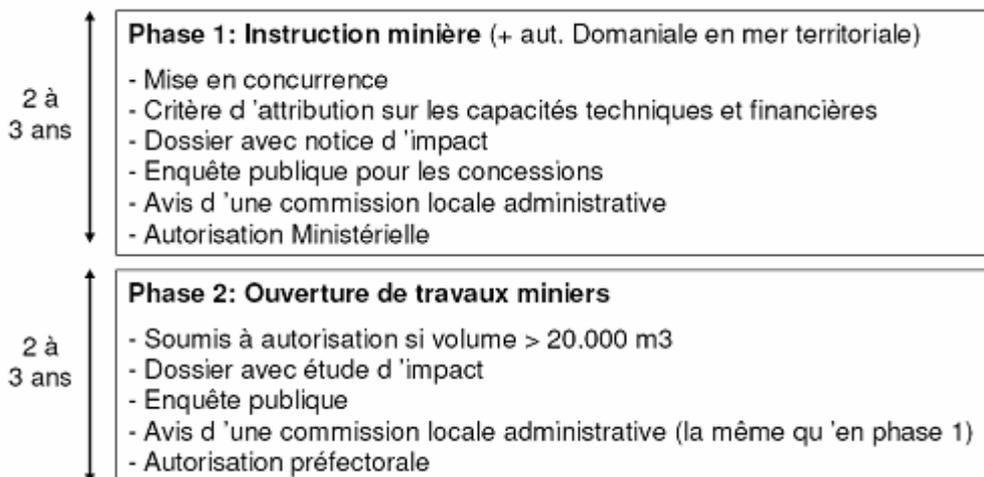


Illustration 5 : Etapes de la procédure pour l'extraction de sable en mer (source : beachmed).

L'ensemble de la procédure peut prendre en 4 et 6 ans de part la complexité et l'importance du nombre d'organismes sollicités au cours de l'instruction du dossier.

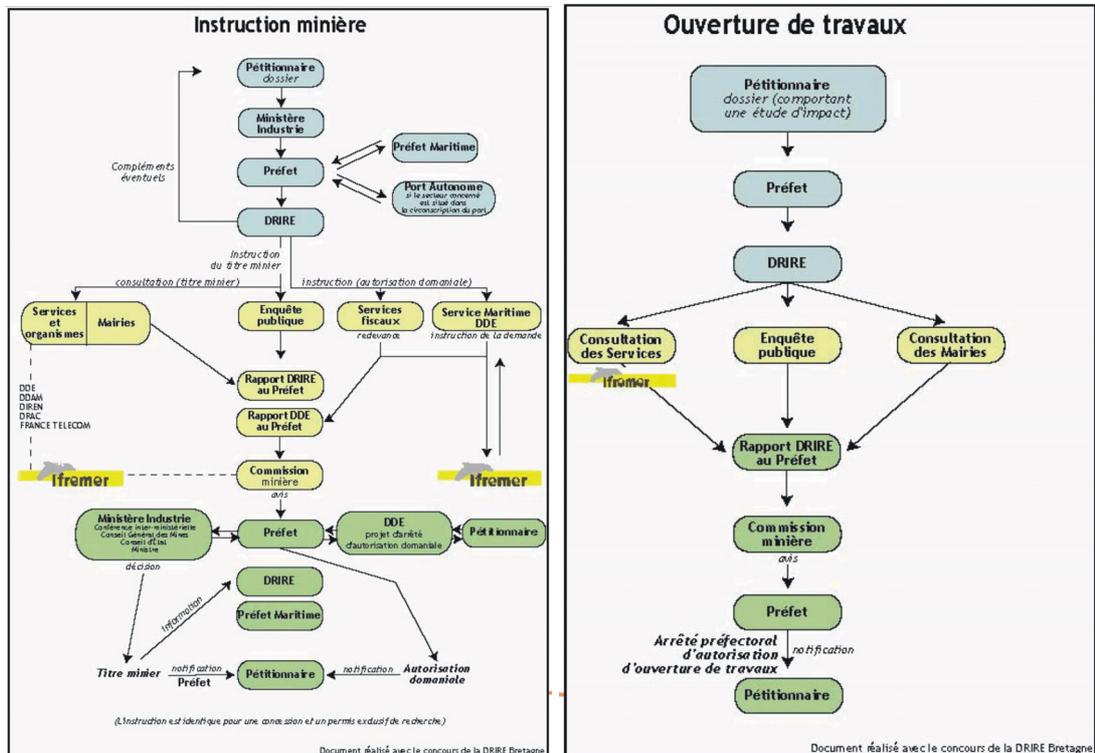


Illustration 6 : Organigrammes des étapes d'une instruction minière et de l'ouverture de travaux de dragage (source : IFREMER, projet beachmed).

## 3.2. LES TECHNIQUES D'EXTRACTION MARINE

### 3.2.1. Définition et techniques de dragages (source : projet Beachmed)

Le dragage consiste à prélever des matériaux situés en fonds de mer dans le but de les exploiter pour la réalisation de divers travaux (génie portuaire, remblayage et aménagement des plages,...). Le dragage se fait par pompage hydraulique. Celui-ci est basé sur le principe de création d'une sous-pression ou d'un vide dans un tuyau d'aspiration, ce qui entraîne le pompage d'un mélange d'eau et de sédiments / particules solides. La pression d'aspiration est créée par une ou plusieurs pompes centrifuges de dragage fixé sur le même tuyau d'aspiration.

Les dragues suceuses qui utilisent ce genre de technologie sont divisées en différentes catégories suivant leurs technologies et leurs fonctionnements :

- les dragues à désagrégateur ;
- les dragues suceuses porteuses à élinde traînante et ;
- les dragues suceuses stationnaires.

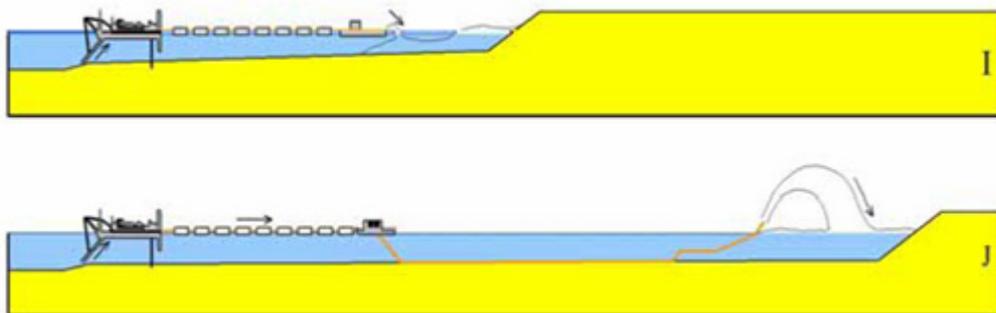
### **Les dragues à désagrégateur**

Les dragues à désagrégateur sont des dragues de types stationnaires. Ces dragues ont en face de la bouche d'aspiration un désagrégateur rotatif qui désagrège les matériaux solides, ce qui aide au mélange avec l'eau et permet de faciliter le passage à travers le tuyau et le système de pompage.

Ce mélange, une fois passé à travers la pompe pour le sable, est déversé dans une drague. Ce type de drague est souvent connecté à un pipeline de déchargement flottant pour atteindre le rivage. La puissance de pompage est généralement suffisante pour couvrir la distance jusqu'au lieu de déchargement.

Ces dragues sont caractérisées par de grands volumes de production. Elles ont comme autres caractéristiques de fonctionnement : la possibilité de pomper sur plusieurs kilomètres de distance ; une limitation dans la profondeur de travail (pas plus de -35 m) ; le besoin d'un petit équipement spécial (bateau auxiliaire équipé) pour l'ancrage et le repositionnement de la drague ; la difficulté de travailler en haute mer (uniquement par houle modérée) ; l'utilisation de béquilles de support (pieux verticaux) permettant le papillonnage (mouvement latéral progressif) caractéristique de ce type de dragage ; la nécessité d'utiliser des ancrs permettant le papillonnage et l'obstruction des canaux de navigation et des accès dans les ports à cause des pipelines flottants et des ancrs.

Les dragues à désagrégateur sont principalement utilisées pour : le dragage pour augmenter la profondeur des ports ; la création de nouveaux quais ou de nouveaux canaux ; le broyage et enlèvement de matériaux rocheux de moyenne ou forte dureté et leur déchargement dans des zones spécifiées ; le remblayage de plage dans des zones marines internes ou protégées ; la récupération de terrains marécageux pour la création de nouvelles berges ; l'extraction de sédiments de zones submergées ; le nettoyage de zones polluées par l'enlèvement des terres et des sédiments contaminés et leur déchargement dans des zones réservées.



*Illustration 7 : Schéma d'un remblayage de plage avec une drague à désagrégateur (source : beachmed).*

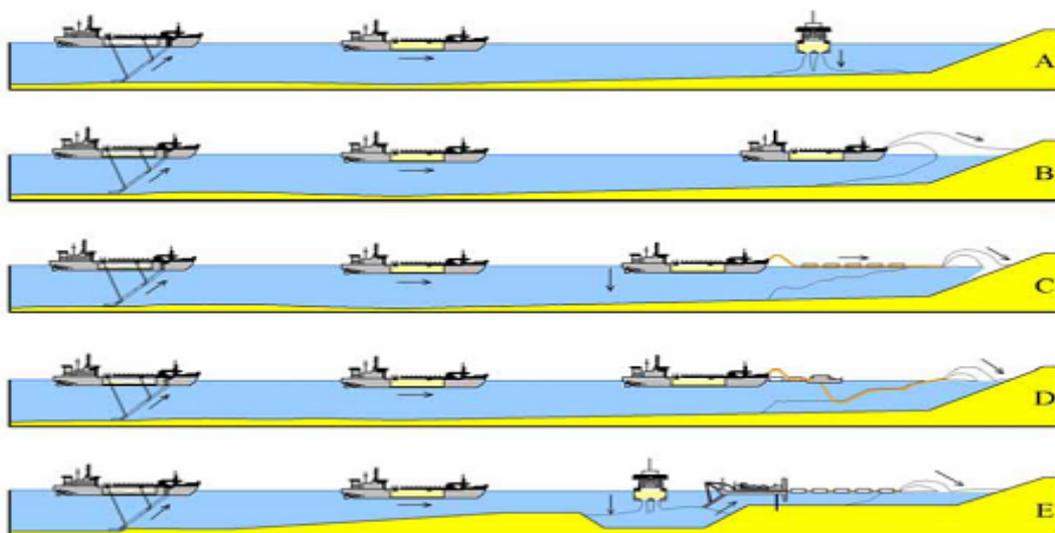
### **Les dragues suceuses porteuses à élinde traînante**

Les dragues suceuses porteuses combinent les fonctions de dragage et de transport. Ces dragues autopropulsées sont capables de naviguer et de tourner autour d'une zone à draguer tout en stockant les matériaux dragués dans une marie-salope (benne) dont elles sont équipées. Le chargement des matériaux s'effectue au moyen de conduites placées le long de la drague et qui aspirent le fond de la mer à l'aide de puissantes pompes centrifuges. Le déchargement peut s'effectuer soit par ouverture des portes de la benne soit par refoulement via le système des pompes de dragage.

Ces dragues sont caractérisées par un haut niveau de production ; la possibilité de transporter les matériaux sur de longues distances ; leurs dimensions : plus grandes, ces dragues peuvent opérer à de plus grandes profondeurs (au moins 80 mètres et jusqu'à 150 mètres) et sur des distances plus importantes tout en résistant à une hauteur de vague de 1,5 à 2 m et plus ; leur autonomie (dépendent d'aucun auxiliaire) ; leur capacité à fluidifier les sédiments et à les pomper dans un pipeline conçu à cet effet ; la possibilité de décharger les matériaux stockés le long des côtes et elles ne sont soumises à aucune restriction de navigation dans l'aire d'emprunt mais ont besoin d'assistance appropriée pour le travail dans la zone de déchargement prévue.

Les principaux inconvénients sont l'impossibilité de draguer des matériaux durs ou compacts ; l'impossibilité d'opérer dans des zones très restreintes ; la sensibilité à la concentration de débris et la dilution du matériau lors de l'opération de chargement.

En raison de leurs caractéristiques, les dragues suceuses porteuses à élinde traînante sont spécialisées dans les travaux suivants la maintenance ou approfondissement des ports, le dragage des canaux d'approche et des bassins de revirement, la création de tranchées sous-marines et le remblayage de plage, récupération de terres.



*Illustration 8 : Schéma d'un remblayage de plage avec une drague à élinde traînante (source : beachmed).*

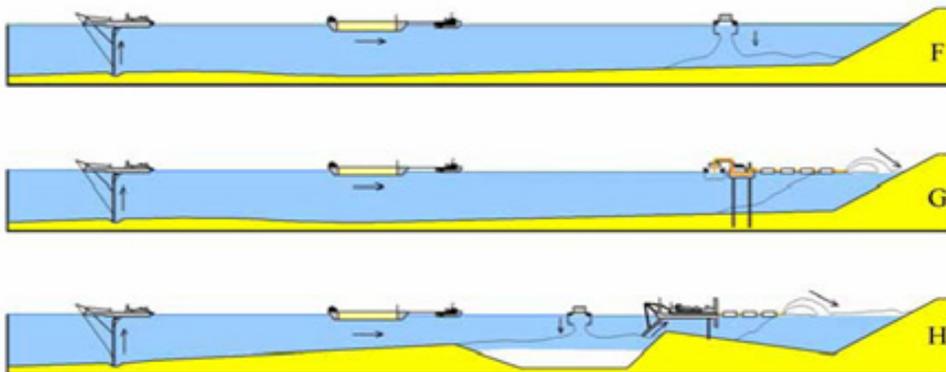
### **Les dragues stationnaires**

Elles extraient le sable de la même manière que les dragues suceuses porteuses à élinde traînante mais ne disposent pas de propulsion propre ni de possibilité de stockage des matériaux. Elles déchargent les matériaux dragués via des pipelines ou dans des dragues auxiliaires amarrées le long de la drague. La drague est fixée sur ses ancres et balai sa zone de travail en papillonnant autour de ses points d'ancrage.

Ces dragues sont caractérisées par des niveaux de production moyens ou élevés et des mélanges de hautes densités et par la possibilité de décharger les matériaux directement sur la plage (ceci en fonction de la distance).

Les principaux inconvénients sont la difficulté d'opération dans les petits-fonds, la nécessité d'un auxiliaire pour les déplacements, la nécessité d'une mer calme pour les opérations.

Les dragues stationnaires sont principalement conçues pour récupérer directement les matériaux mais parfois elles peuvent décharger les matériaux dans des petites dragues autopropulsées et ainsi, participer à des travaux de remblayage de plage ou des opérations de déchargement de grande envergure.



*Illustration 9 : Schéma d'un remblayage de plage avec une drague stationnaire (source : beachmed).*

### **3.2.2. Choix des dragues en fonction des contraintes techniques**

Le choix du type et de la taille de la drague dépend du travail souhaité et de l'emplacement du dragage. En effet, le travail en haute mer et/ou à de grandes profondeurs implique l'utilisation de navires de mer spécialement conçus et construits à cet effet. Les règles de sécurité pour les équipages en mer, ainsi que la possibilité de travailler dans des conditions difficiles, imposent l'utilisation d'un équipement hautement sophistiqué capable de travailler en présence de vagues de 1,5 - 2 m et d'extraire du sable à des profondeurs de 40 – 100 m (voire 150 m).

A titre d'exemple, les dragues suceuses à désagrégateur ne peuvent pas opérer dans ces conditions, parce qu'elles ne supportent pas les vagues d'une telle force, et parce que le godet ne peut pas atteindre des profondeurs aussi importantes (profondeur maximum : 30 m). Seules peuvent être utilisées des dragues auto-chargeuses autopropulsées ou autres dragues de haute mer stationnaires spéciales capables d'extraire le sable à des profondeurs de 40 à 150 m (cf. ill. 10).

Profondeur	< 35 m	< 50 m	< 75 m	< 100 m
Petite drague	X			
Drague moyenne	X	X		
Grande drague		X	X	
Drague Jumbo		(X)	X	X

Illustration 10 : Tableau récapitulatif des profondeurs moyennes de travail des dragues (source : beachmed)

On distingue généralement plusieurs catégories de dragues suceuses porteuses :

- petites dragues : volume entre 1.000 - 3.000 m<sup>3</sup> ;
- dragues moyennes : volume entre 3.000 - 8.000 m<sup>3</sup> ;
- grandes dragues : volume entre 8.000 - 16.000 m<sup>3</sup> et ;
- dragues Jumbo : volume supérieur à 16.000 m<sup>3</sup>.

L'illustration 11 présente une synthèse des caractéristiques principales de ces dragues. Les dragues dont le volume est inférieur à 1.000 m<sup>3</sup> n'ont pas été prises en compte; elles sont utilisées exclusivement pour les travaux dans les ports de mer et les fleuves.

	Petites dragues	Dragues moyennes	Grandes dragues	Dragues Jumbo
Capacité de la marie-salope (m <sup>3</sup> )	1.500	6.000	10.000	20.000
Longueur (m)	75	100	135	165
Largeur (m)	13	19	23	30
Profondeur (m)	5,05	9,05	11	12
Profondeur (m)	4,05	8	9	10
Port en lourd (tonnes)	1.700	9.000	16.500	30.000
Puissance totale (kW)	4.500	14.700	19.000	40.000
Profondeur de dragage (m sous le niveau de l'eau)	30	50	50 - 80	130

Illustration 11 : Tableau non exhaustif représentant les différentes dragues et leurs caractéristiques (source : beachmed).

les deux paramètres majeurs qui entrent en compte dans le choix d'une drague sont la profondeur de travail et le volume à exploiter (cf. Ill. 12).

L'utilisation des dragues nécessitent un investissement financier conséquent. En effet, les dragues suceuses porteuses à élince traînante modernes représentent un lourd investissement et leur déploiement est planifié avec rigueur afin d'éviter tout déplacement improductif. Par exemple, le prix journalier d'un voyage (20 à 30 de voyage jours suivant la provenance) d'une grande drague est de 50000 euros (un coût total de 1 million pour 20 jours hors dragage). De plus, la distance à la cote, la main d'œuvre, le carburant ajoutent des coûts non négligeables.

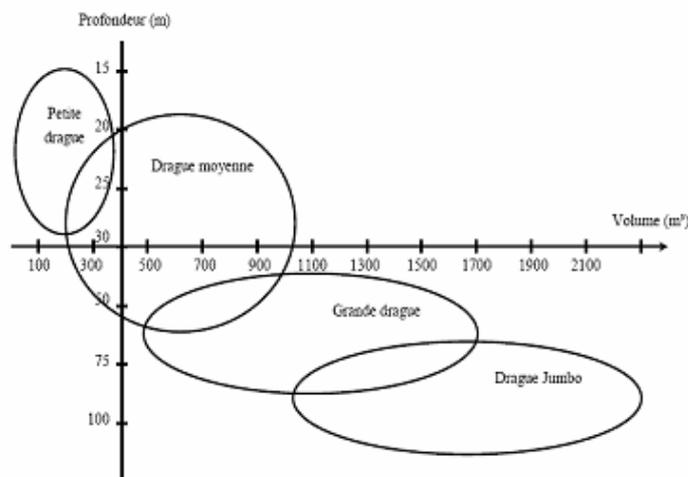


Illustration 12 : Schéma montrant les conditions conditionnant les choix d'une drague (source : beachmed).

### 3.3. CONCLUSION SUR LA REGLEMENTATION ET DES TECHNIQUES D'EXTRACTION

La réglementation s'appliquant aux zones côtières de la Baie de la Napoule et du Golfe Juan est régie par la loi des 12 milles. Cela sous entend la procédure décrite dans l'illustration 5. D'après cette procédure, si le volume prélevé est inférieur à 20 000 m³ alors les travaux d'extraction ne sont pas soumis à autorisation.

A cette procédure s'ajoute la réglementation environnementale telle que la présence de ZNIEFF ou de DH (Directive Habitat) qui sera abordée par la suite. De plus, les aspects techniques vont également entrer en compte car selon le lieu où s'effectue le dragage et les volumes prélevés et la profondeur d'extraction, les types de drague (et donc les coûts) varieront grandement. On peut cependant supposer que d'après la profondeur d'extraction (au minimum -30 mètres) et la quantité de sable souhaitée, on s'orientera vers le choix de dragues de catégorie grande ou Jumbo.

## 4. Contraintes environnementales et technologiques

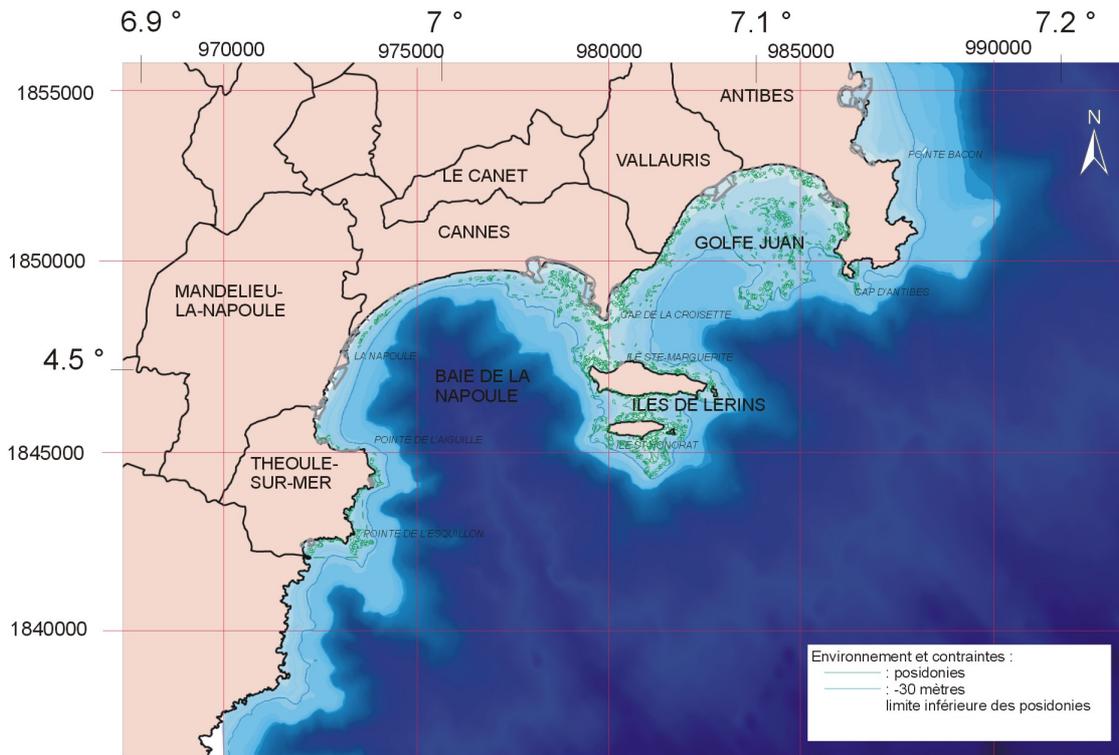
### 4.1. CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES DANS LA BAIE DE LA NAPOULE ET LE GOLFE JUAN

Le secteur de la Baie de la Napoule et du Golfe Juan possède des zones de protection environnementale (cf. ill. 13) dont la réglementation pourrait interdire ou limiter les extractions marines. L'illustration 14 présente l'ensemble des protections environnementales et des contraintes technologiques.

Les protections environnementales regroupent les ZNIEFF de types 1 et 2 ainsi que la directive habitat qui rentre dans le cadre de l'établissement d'un sanctuaire pour la préservation des cétacés. Cette directive habitat a pour vocation d'empêcher la perturbation et la dégradation de l'habitat naturel des espèces protégées. Elle n'interdit pas formellement les extractions marines, dès lors que leur impact sur l'environnement est inexistant ou limité. Ces trois domaines de protection environnementale sont les seules contraintes présentes sur le territoire des baies de Lérins.

A cela s'ajoute les contraintes environnementales drastiques concernant les herbiers de posidonies. En effet, les herbiers de posidonies sont une espèce protégée par une série de textes réglementaires en vigueur dans la zone RAMOGE (composée de la France, de l'Italie et de la principauté de Monaco). En France, la protection légale des posidonies s'intègre dans le cadre de la Loi Juillet 1976, relative à la protection de la nature et de son Décret d'application du 25 Novembre 1977 concernant la protection de la flore et de la faune sauvages du patrimoine naturel français. Cette protection est officialisée par l'Arrêté interministérielle du 19 Juillet 1988 relatif à la liste des espèces végétales marines protégées qui spécifie que sont « *interdits, en tout temps et sur tout le territoire métropolitain, la destruction, la coupe, l'arrachage, la mutilation, la cueillette ou l'enlèvement, la colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces* » (RAMOGE, 2006).

La présence de posidonies est donc une contrainte non négligeable tant au niveau législatif que géographique. En effet, les posidonies sont situées tout le long du pourtour de la baie de La Napoule et du golfe Juan et sont comprises généralement dans la tranche d'eau 0 et -50 mètres de profondeur (zone d'habitat naturelle) (RAMOGE, 2006), ce qui nous permet de déterminer et d'extrapoler les zones de présence possible de posidonies dans les zones où l'on se trouve face à une absence de données relatives aux posidonies dans la suite de notre étude.



*Illustration 13 : Localisation des herbiers à posidonies dans la zone d'étude (levé 2008 Œil Andromède). On constate que la totalité des observations est comprise dans les profondeurs de 0 à 30 m. Coordonnées en Lambert II carto.*

L'illustration 13 superpose la couche de posidonies relevée par l'association l'Œil d'Andromède dans le cadre du contrat de baies avec la ville de Cannes avec la limite inférieure des posidonies. Cela permet de montrer que l'extrapolation sur la position des herbiers (de 0 à 30 m) est acceptable et que l'on peut l'appliquer raisonnablement dans la partie Est du Cap d'Antibes où les données ne sont pas disponibles.

#### 4.2. CONTRAINTES TECHNOLOGIQUES.

Les techniques actuelles d'extraction de sables marins (cf. chapitre 3.2) ne permettent pas d'envisager d'exploitation à grande profondeur. La limite la plus importante est la limite des -160 m de profondeur car au-delà, aucune drague ne peut travailler. Cette profondeur de -160 m constitue donc la limite externe de la zone d'extraction possible. Il faut cependant prendre en compte le fait que cette limite est un maximum, et qu'au-delà de -35 m de profondeur, il faut déjà une drague relativement grande, ce qui oblige à un lourd investissement.

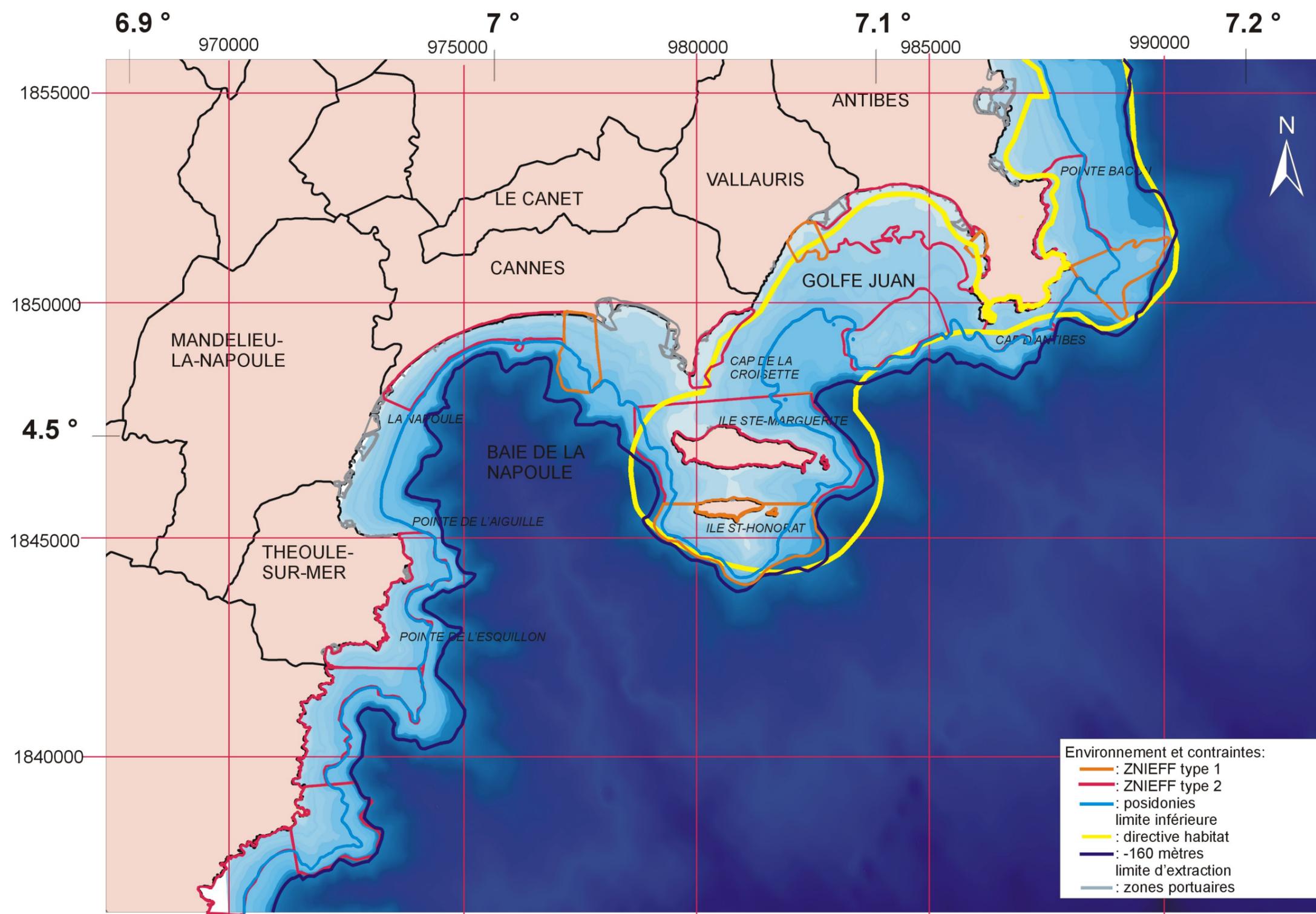


Illustration 14 : Carte des zones de protections environnementales et des contraintes technologiques ; coordonnées en Lambert II carto.



## 5. Etude morphologique et sédimentologique

Les informations morphologiques et sédimentologiques recueillies ont été analysées afin d'identifier les secteurs potentiellement riches en sédiments sableux. Cette analyse repose sur une caractérisation fine de la bathymétrie par une reconstitution à partir des différents jeux de données existant d'un modèle numérique de terrain (MNT) de bonne précision. Elle repose également sur l'étude des observations sédimentologiques disponibles (levés sonar ou observations visuelles) et des carottages ou prélèvements réalisés dans ce secteur.

### 5.1. BATHYMETRIE

L'analyse de la bathymétrie permet de caractériser finement les reliefs sous-marins dans la zones d'études, et d'identifier les secteurs dans lesquels des extractions seraient envisageables, mais elle également de localiser les différents environnements de dépôts –plate-forme, canyon, ...) qui fournissent une indication précieuse quant à la nature des sédiments superficiels.

Une bathymétrie composite a été réalisée, en couplant les données disponibles. Dans le cadre de cette étude, on été utilisé les points SHOM (points de sondes bathymétriques du service hydrographique et océanographique de la marine). Ils permettent de faire un tracé relativement précis du domaine côtier (de -10 à -120 m). Afin de caractériser les secteurs plus profonds, les points de sondes de l'IFREMER ont été utilisés. Enfin, dans le secteur littoral de la Baie de la Napoule, les levés multifaisceaux réalisés par In-Vivo ont également été intégrés.

Ces séries de points ont été couplées et ont permis de créer un MNT de toute la zone d'étude. Ce MNT a été crée à partir de la triangulation du plus proche voisin de chaque point dans le logiciel MAPINFO. Différentes grilles ont été créées, en fonction de la précision requise sur des secteurs particuliers, et en tenant compte de la densité de points de sonde disponibles. Des maillages de 100\*100m, 50\*50m, 10\*10m et jusqu'à 2\*2m dans la zone pré-littorale ont ainsi été calculés. Ces différentes grilles permettent la visualisation 2D ou 3D de la bathymétrie (cf. ill. 15 et 16), mais permettent également d'extraire des coupes relativement précises pour vérifier la présence de corps sédimentaires (cf. ill. 17 et 18).



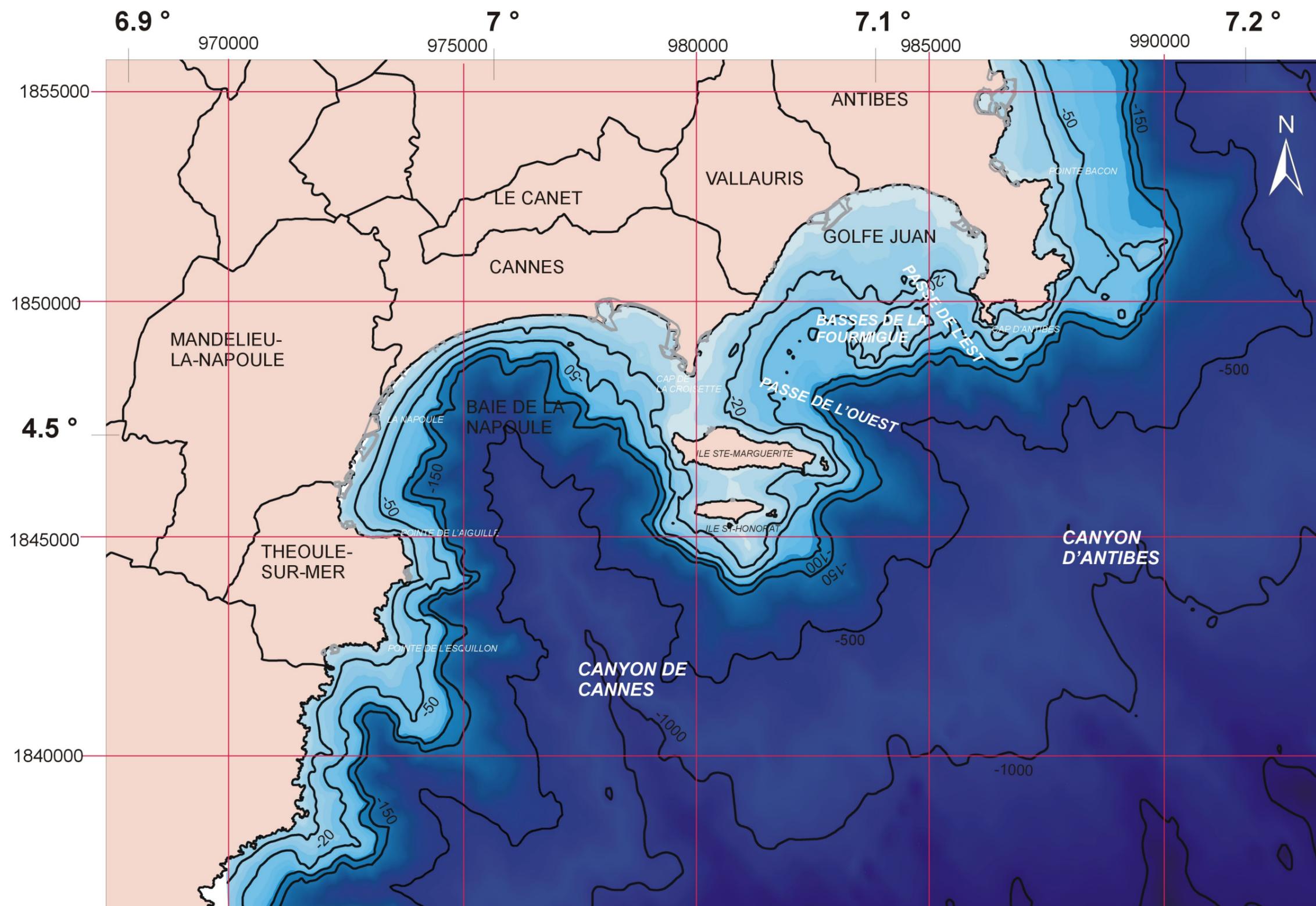


Illustration 15 : Carte bathymétrique des deux baies de Lérins ; coordonnées en Lambert II carto (source : points SHOM et IFREMER).

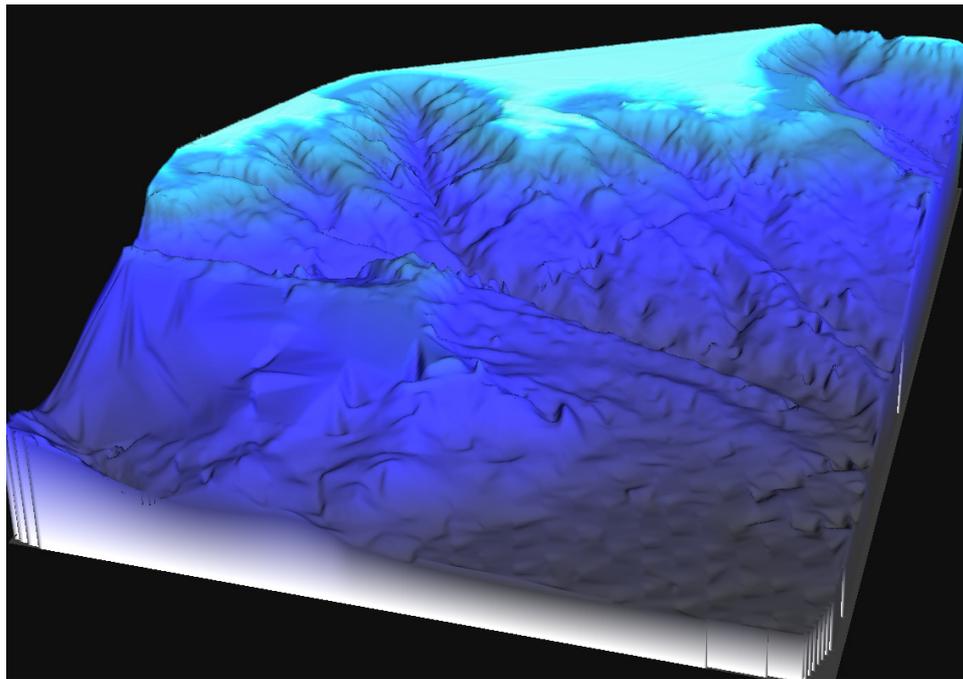


La zone d'étude (cf. ill. 15) est composée de deux baies, la baie de la Napoule et le Golfe Juan, séparées par les îles des Lérins, et un haut-fond entre la côte (cap de la croisette) et l'île Sainte Marguerite

Dans la baie de la Napoule, le plateau continental est quasi-inexistant. Sa largeur atteint 1750 m à l'est et 1170 m à l'ouest de la baie, mais ne mesure que 500 m dans le centre de la baie au niveau de la plage de la Bocca. Cette étroite plateforme continentale est localisée à l'aplomb d'une tête de canyon dont l'alignement se situe dans l'axe de la vallée de la Siagne. Ce canyon atteint rapidement des profondeurs de plusieurs centaines de mètres (600 m à 4 km de profondeur dans l'axe de la Bocca).

Dans le Golfe Juan, les fonds sont moins incisés (cf. ill. 18). Le plateau continental (les Basses de la Fourmigue) est assez large (entre 2.5 et 3 kilomètres à l'est et à l'ouest) et est incisé par deux passes à l'ouest et à l'est (d'environ 1 kilomètre de largeur).

En contrebas de cet ensemble se trouve le canyon d'Antibes. Il est situé plus loin des côtes que celui de Cannes (600 m à 6.45 km dans l'axe des basses de la Fourmigue) mais est tout aussi profond.



*Illustration 16 : Carte bathymétrique 3 dimensions des deux baies de Lérins (source : points SHOM et IFREMER).*

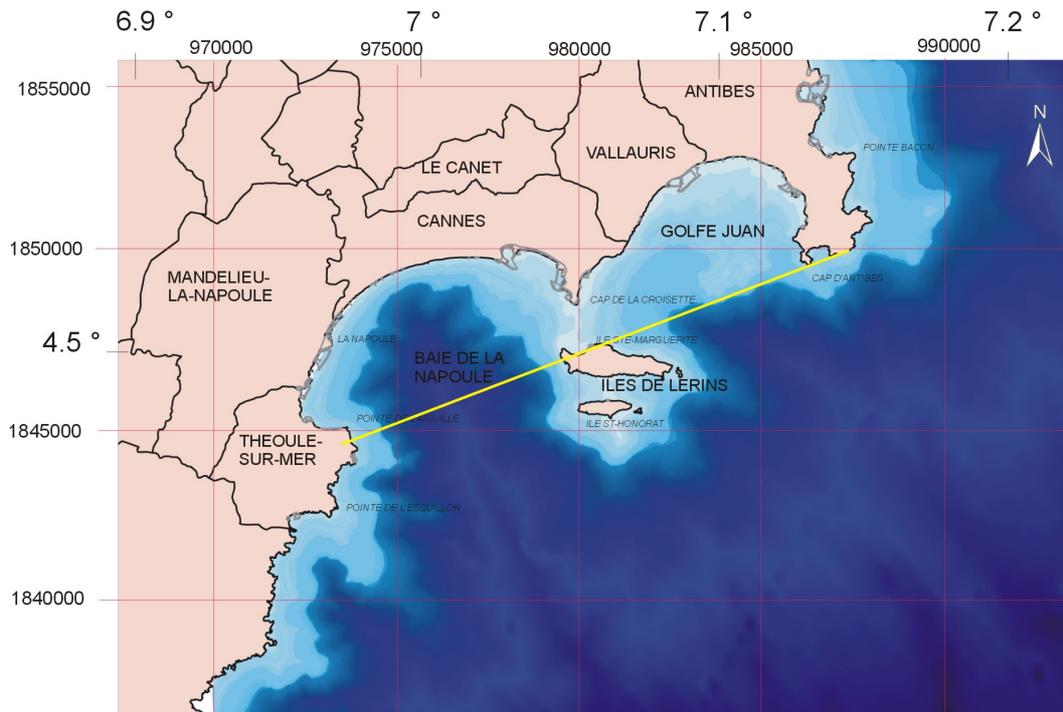


Illustration 17 : Localisation du transect des deux baies de Lérins(cf. ill. 18) ; coordonnées en Lambert II carto.

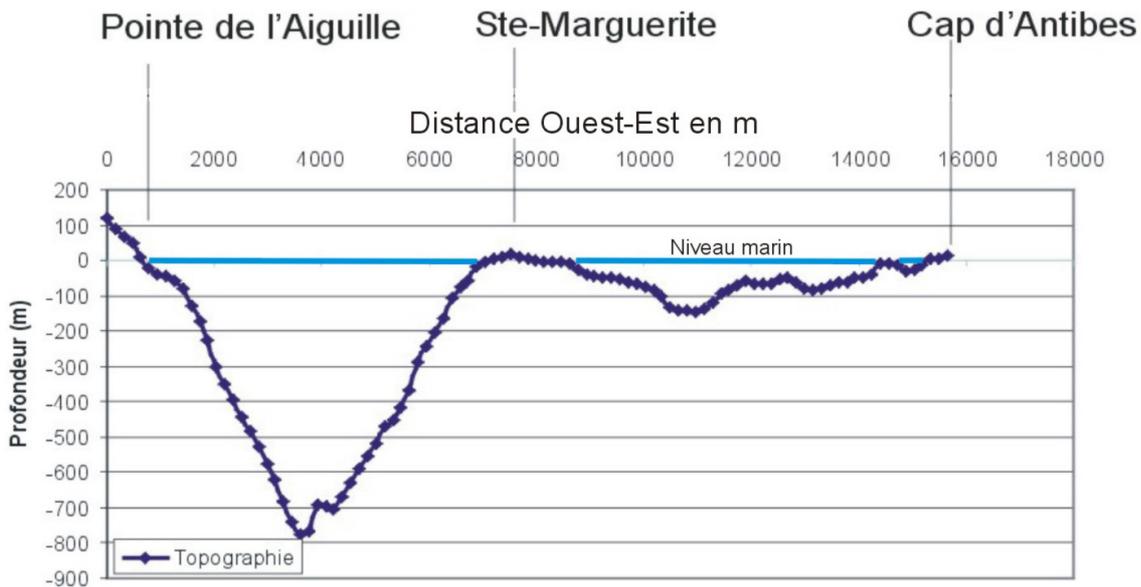


Illustration 18 : Transect des deux baies de Lérins.

Le transect Ouest-Est (cf. ill. 18, localisation en jaune dans l'illustration 17) permet de mettre en évidence la présence d'une morphologie très incisée de canyon dans la baie de La Napoule entre la pointe de l'Aiguille et l'île Ste-Marguerite. En effet, en moins de

2 km, on passe d'une profondeur très faible à près de 900 m. La tête de ce canyon est située à quelques centaines de mètres du littoral. La plate-forme continentale est par conséquent extrêmement limitée, et on atteint alors très rapidement des profondeurs importantes où les extractions de sables marins ne sont pas réalisables. En revanche, la bathymétrie entre les îles de Lérins et Antibes est beaucoup moins importante et plus douce que la bathymétrie de la baie de La Napoule avec des profondeurs de l'ordre de 100 m qui permettent d'envisager des extractions si la qualité des sédiments superficielles s'avère intéressante.

L'illustration 19 met en évidence les fortes pentes des flancs du canyon de Cannes (en rouge).

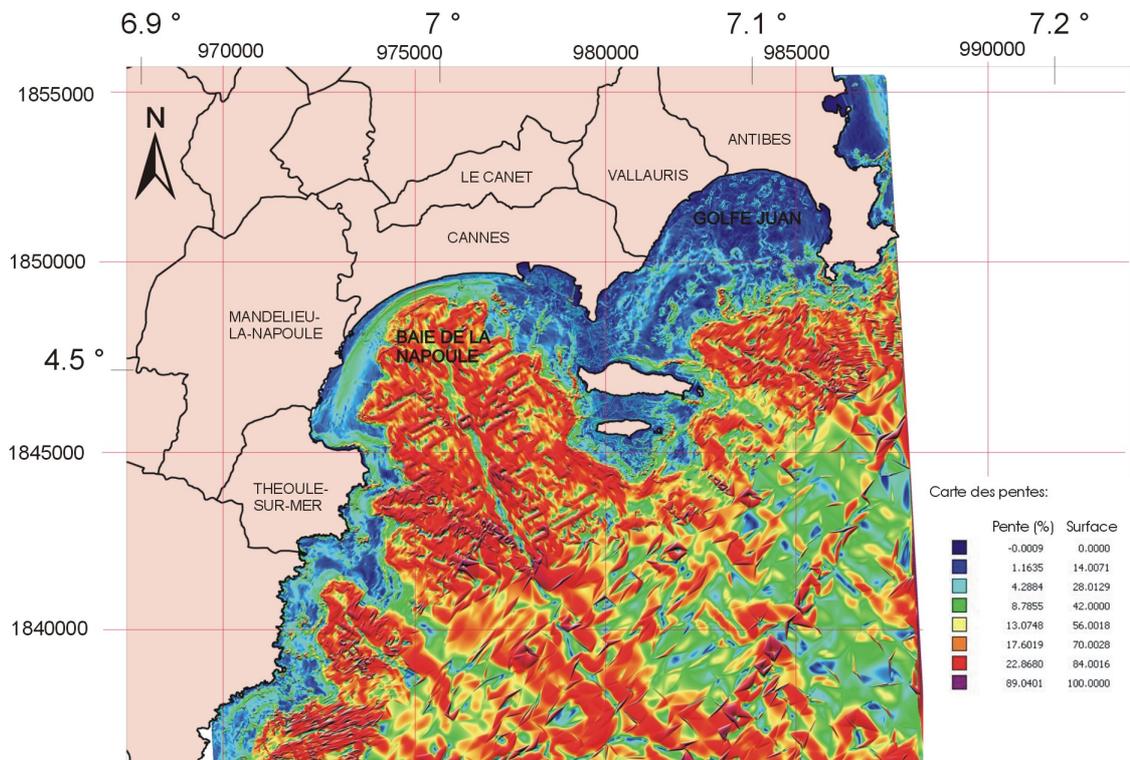


Illustration 19 : Carte des pentes des deux baies de Lérins ; coordonnées en Lambert II carto (source : points SHOM et IFREMER).

Cette carte illustre l'incision profonde du canyon à l'intérieur des baies et l'emprise importante du canyon. Les ruptures de pentes aux abords du canyon sont très marquées (on passe rapidement de pentes de 2% à des pentes de plus de 20%). Etant donné l'extension du canyon de Cannes, la quasi-totalité de la Baie de la Napoule présente des pentes fortes supérieures à 20%. Ces ruptures très nettes et ces pentes fortes peuvent être utilisées comme des indicateurs de présence ou non de sédiments sableux mobiles. Les instabilités évidentes sur des pentes très fortes laissent en effet supposer l'absence de dépôts sableux mobiles.

## 5.2. DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES RECENSEES ET ETUDIEES DANS LE CADRE DE L'ETUDE.

La sédimentologie et la géologie des baies de Lérins ont été assez peu étudiées. Toutefois, la nature des fonds a fait l'objet de plusieurs observations. Ainsi, Delesse en 1872, passe en revue la minéralogie des plages de la région. Chevalier, en 1917 étudie le littoral d'Antibes à Menton. Puis Nesteroff, en 1958, établit une carte des dépôts marins à partir de nombreux prélèvements de surface (cf.ill.20).

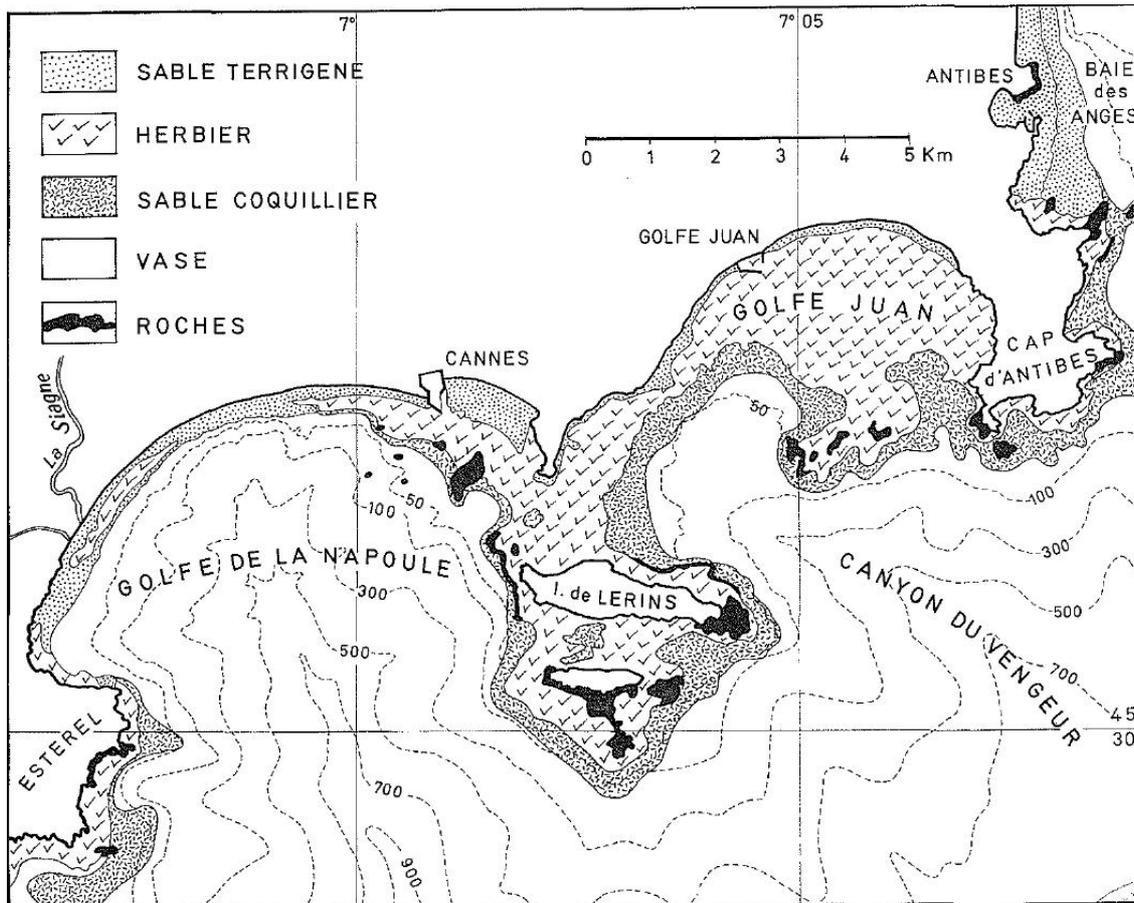


Illustration 20 : Nature des dépôts marins des golfes Juan et de la Napoule (Nesteroff, 1965).

Cependant, la majorité des études et observations concernent la nature des sédiments sur le fond, et très peu d'approches ont concerné la nature des sédiments de subsurface et la géométrie des unités sédimentaires. Seul Pautot (1968) a réalisé des carottages dans le secteur (recensés dans la BGM) et des profils sismiques qui concernent essentiellement la zone de pente et les canyons et ne sont donc pas intéressants pour cette étude.

Les différentes données sédimentologiques et géologiques qui ont pu être répertoriées dans les baies de Cannes et Antibes, ainsi qu'au large de la zone sont présentées sur l'illustration 22. Il s'agit des études antérieures (notamment Nesteroff, 1965), de l'emplacement des carottes existant dans ce secteur, recensées dans la BGM (Base de Géologie Marine du BRGM), des prélèvements de surface et du levé sonar réalisés lors de l'étude d'IN-VIVO, et des observations par l'association l'Oeil d'Andromède. Seules les carottes de la BGM sont nommées sur la carte et elles sont au nombre de 28. L'illustration 21 contient les informations relatives aux carottes contenues dans la BGM. La majorité de ces carottes proviennent d'une même mission menée en 1966 par Guy Pautot.

Nom campagne	Année	Nom carotte
Golfe Napoule	1966	B82, B81, B67, B79, B78, B68, B85, B66, B76, B77, B84, B71
Golfe Napoule	1966	E7, E8, E12, E9, E13, E10, E14, E15
Golfe Napoule	1966	D2
Golfe Napoule	1966	C63, C20, C22, C64
Villefranche	1966	P64, P2
Monycia	1989	KMO06

Illustration 21 : Tableau informatif des différentes campagnes de carottages.

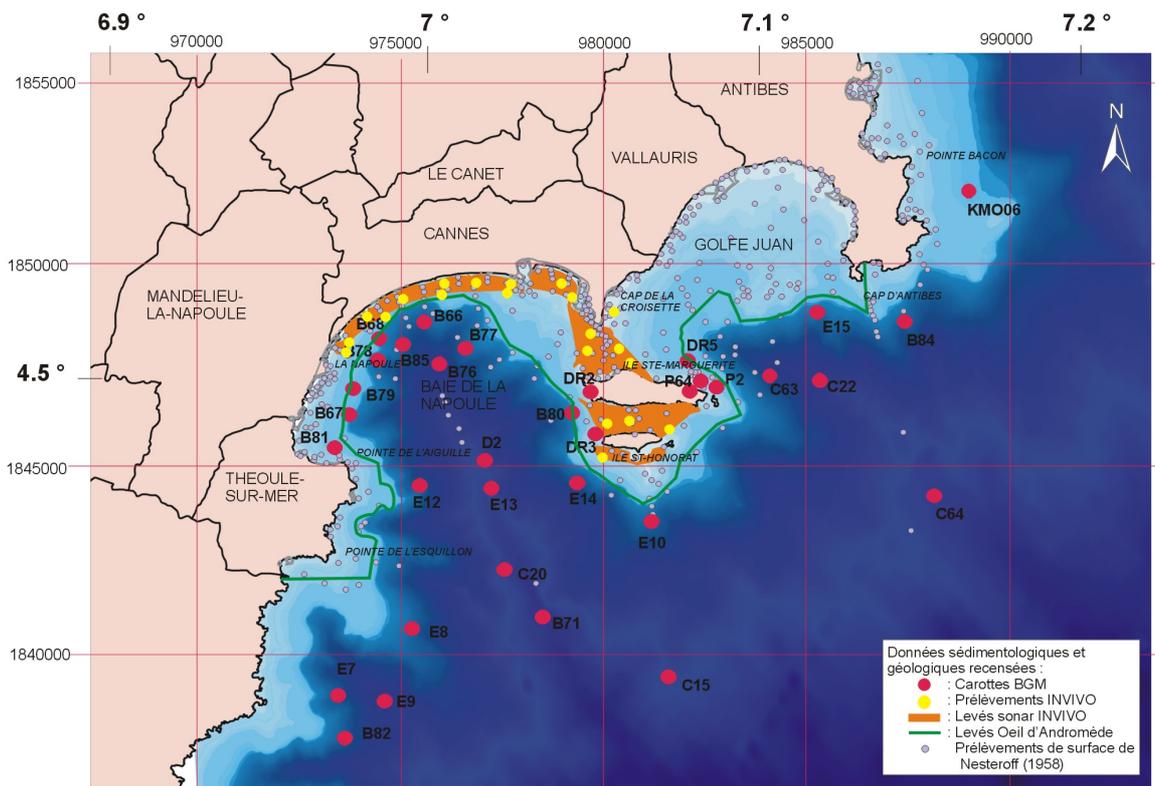


Illustration 22 : Localisation des données sédimentologiques ; coordonnées en Lambert II carto.

L'analyse des ces données sédimentologiques et géologiques, ainsi que les caractéristiques des points de prélèvements seront utilisés dans les chapitres suivants pour identifier les sables marins potentiellement exploitables.

### 5.3. SEDIMENTOLOGIE DES CAROTTES

Les observations contenues dans la BGM permettent de cartographier le contenu sédimentaire des carottes. Les illustrations 23 à 25 présentent respectivement la sédimentologie en surface, la présence de sable dans la carotte, et la présence de sable en surface.

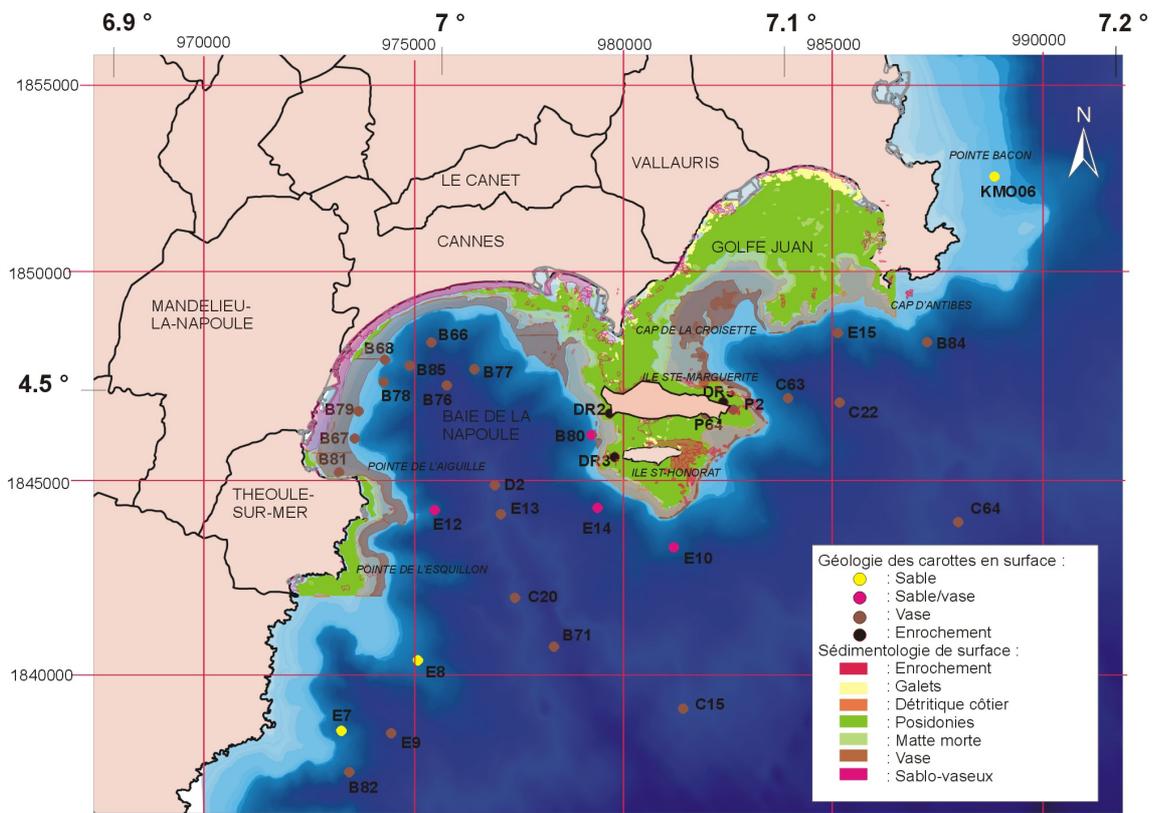


Illustration 23 : Géologie de surface des carottes recensées ; coordonnées en Lambert II carto.

L'illustration 23 ne montre que la géologie de surface. Cependant on peut déjà remarquer que la majorité des carottes (21 sur 28) sont constituée de vase en surface. Seules trois carottes (E7, E8 et KMO06) montrent du sable en surface. On remarque aussi la présence de carottes présentant un mélange de sable et de vase.

Les relevés d'Oeil d'Andromède montrent la faible proportion de matériel sableux (ne sont considérés comme sableux que les zones sablo-vaseuse et détritique côtier) en surface. Toutefois, ces observations de surface restent à croiser avec les carottes plus profondes afin de vérifier la présence éventuelle d'un stock sableux intéressant recouvert par une faible couche vaseuse.

L'illustration 24 présente les carottes contenant principalement de la vase sableuse ou du sable (ou présence de sable). Les premières ne sont pas intéressantes pour l'exploitation mais serviront à essayer de déterminer des morphologies spécifiques dans le but d'éliminer ces zones de faible intérêt alors que les deuxièmes sont les plus intéressantes car elles contiennent du sable potentiellement exploitable.

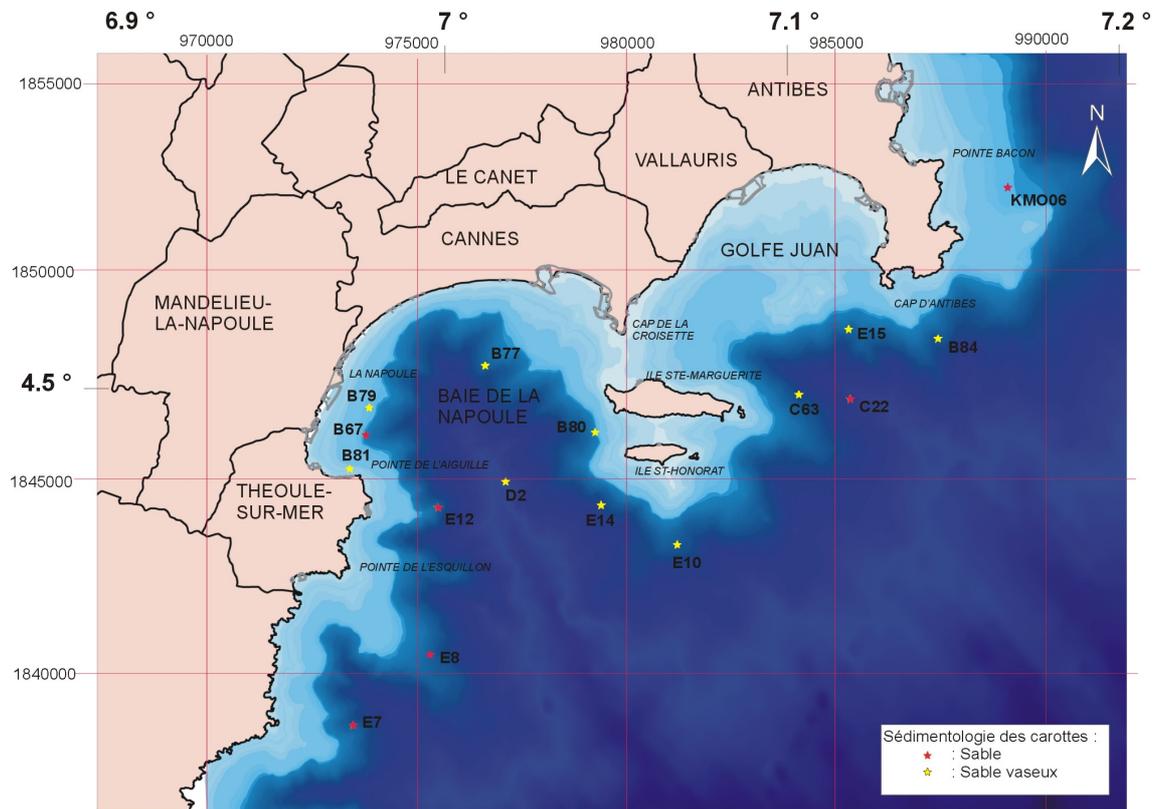


Illustration 24 : Carte des carottes contenant soit du sable, soit du sable vaseux dans la carotte (en surface ou en profondeur) ; coordonnées en Lambert II carto.

On remarque que 16 carottes sur 28 contiennent du matériel sableux et seulement 6 contiennent du sable.

L'illustration 25 présente les carottes contenant du matériel sableux (vase sableuse ou sable) en surface ou sub-surface. On constate que sur les 28 carottes étudiées, 8 contiennent du matériel sableux (sable ou sable vaseux) en surface.

Il en résulte que, parmi les carottes disponibles, peu de points possèdent les critères intéressants, à savoir la présence de sable, qui soit localisé en surface ou sub-surface pour permettre son exploitation. Seules les carottes E7, E8 et KMO06 remplissent les critères.

La faible quantité de carottes présente dans le secteur, et en particulier dans des profondeurs comprises entre 0 et 160 m ne donne qu'une vague indication du potentiel sableux de la zone. Toutefois, l'analogie des morphologies bathymétriques permet

dans une certaine mesure, et en prenant en compte les observations de la nature des fonds, d'éliminer ou d'ajouter des secteurs qu'il pourrait être intéressant de prospecter ultérieurement.

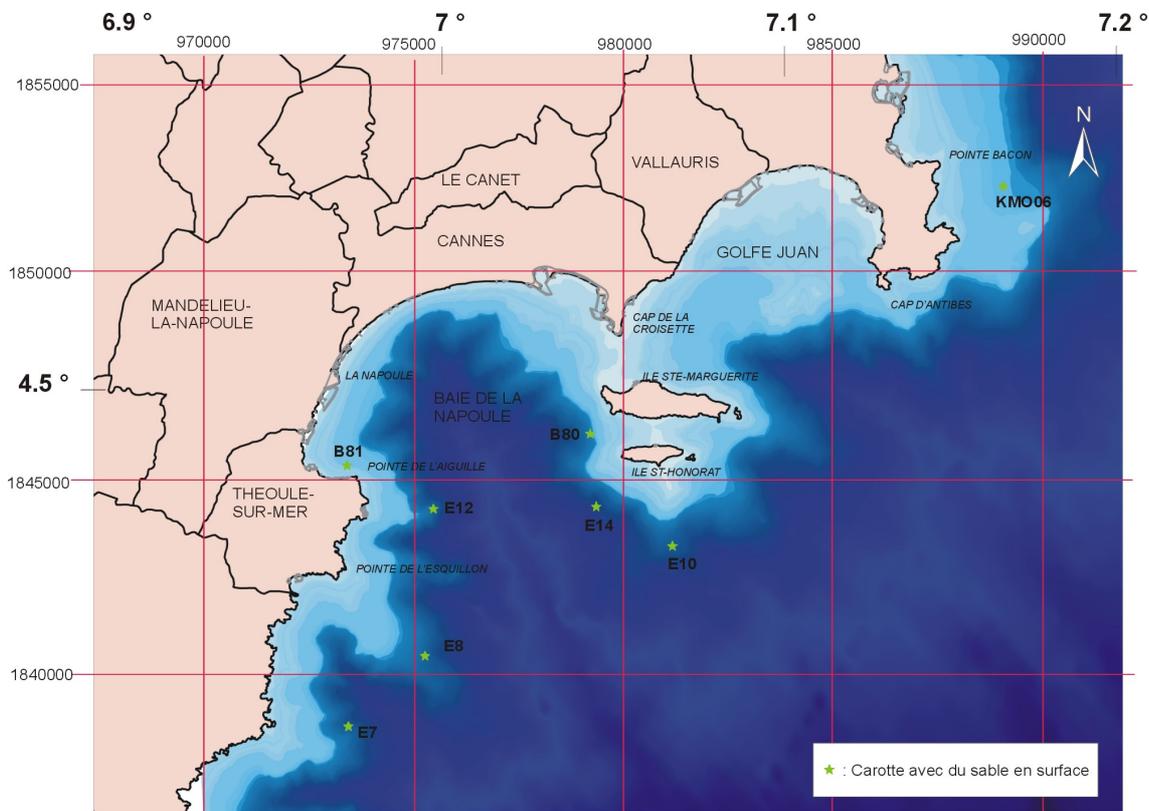


Illustration 25 : Carte des carottes présentant du matériel sableux ou sablo-vaseux en surface ; coordonnées en Lambert II carto.

## 5.4. MORPHOLOGIE

Afin d'extrapoler les observations, faites sur les carottes, à l'ensemble de la baie, une analyse a été menée afin de mettre en évidence d'éventuelles relations entre l'environnement de dépôt, la profondeur et la sédimentologie.

Il s'agit notamment d'élaborer des corrélations éventuelles entre la position de la carotte (sur le plateau continental, sur un interfluve, dans une tête de canyon) et la présence de sables. Pour cela, des coupes bathymétriques ont été réalisées sur tous les points de carottages contenant du matériel sableux ou présentant des niveaux sableux potentiellement intéressants.

Afin de pouvoir déterminer la morphologie sur les points de carottages (paramètre important pour les carottages), on disposera des coupes (transects) bathymétriques de direction globale Nord/Sud et Est/Ouest. Ces transects (cf ill. 26) permettront donc de

définir les morphologies locales sur lesquelles la présence de sables peut être envisagée. Les coupes sur les points de carottage sont présentées en annexe 1.

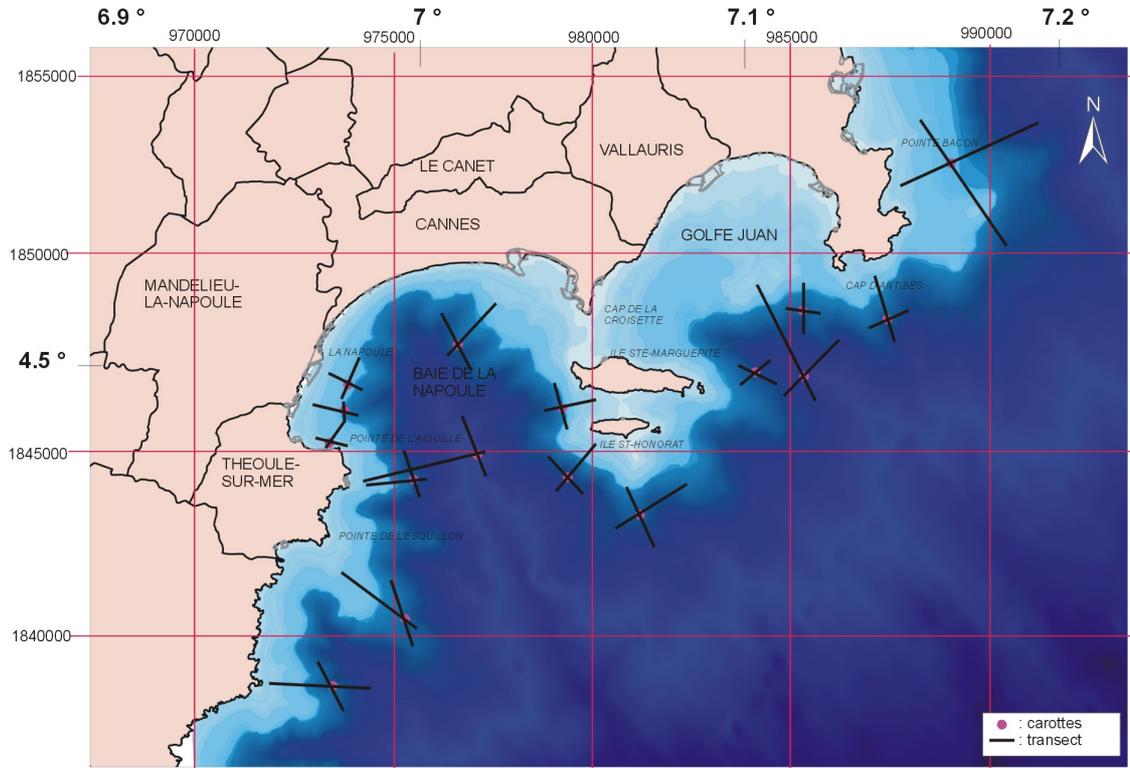


Illustration 26 : Localisation des coupes réalisées sur les points de carottages; coordonnées en Lambert II carto.

L'illustration 27 présente un exemple de transect permettant d'étudier la morphologie. Il s'agit du point de carottage KMO06 située à proximité de la Pointe Bacon à l'Est du Cap d'Antibes.

Le transect transversal (Ouest-Est) met en évidence la position de la carotte en rebord de plate-forme, à proximité de la rupture de pente et à une profondeur de 85 m. La morphologie des fonds est relativement plane et techniquement accessible. Il s'agit donc d'une zone potentiellement intéressante pour l'extraction de sables marins.

Ce type d'environnement est donc susceptible de contenir des sables, et on pourra, en fonction des observations de surface, considérer que des environnements similaires dans la zone d'étude méritent une attention particulière.

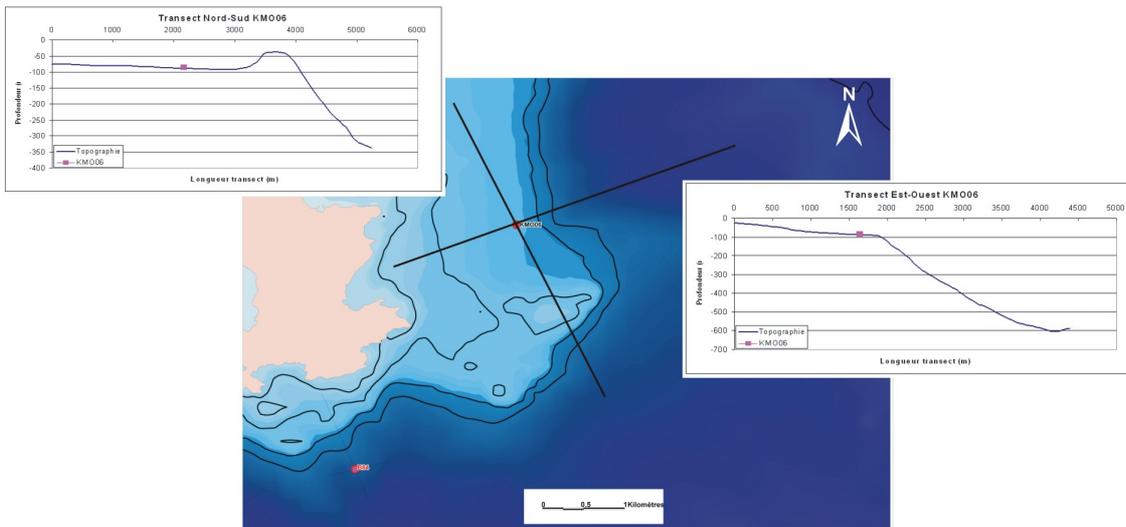


Illustration 27 : Coupes longitudinales et transversales réalisées sur le point de carottage KMO06.

## 5.5. INTERPRETATION DES TRANSECTS

Cette description des morphologies a été réalisée sur tous les points de carottage contenant du matériel sableux. Les morphologies dans la zone d'études peuvent être classées en quatre types :

- 1 plate forme continentale: zone située juste avant la rupture de pente, généralement comprise entre 0 et 120 m ;
- 2 interfluve : sommet ou crête situé entre deux canyons (principaux ou secondaires) ;
- 3 pente : zone située en contre bas de la bordure de plateforme, qui peut dans le cas présent constituer les pentes latérales des canyons ;
- 4 canyons principaux (canyon de Cannes et canyon d'Antibes).

Les différentes morphologies ont été croisées avec les informations sédimentologiques des carottes pour tenter de déduire des types morphologiques potentiellement riches ou pauvres en sédiments sableux. Ces données sont compilées dans l'illustration 27.

Nom	Latitude	Longitude	Epaisseur (m)	Surface ou sub-surface	Pente (%)	Profondeur (m)	Morphologie	Distance côte (km)	Sédimentologie
B77	43.53	7.00	0.1	non	25	-200	Interfluve	2.56	Sable vaseux
B79	43.52	6.96	0.5	non	5	-80	Plate forme	4.67	Sable vaseux
B80	43.51	7.03	0.75	oui	45	-85	Plate forme	4.92	Sable vaseux
C63	43.52	7.09	1.6	non	30	-380	Pente canyon	8.37	Sable vaseux
D2	43.50	7.00	0.9	non	25	-740	Canyon principal	5.43	Sable vaseux
E10	43.49	7.05	4.63	oui	6	-260	Interfluve	8.42	Sable vaseux
E14	43.50	7.03	0.2	oui	25	-310	Pente canyon	6.61	Sable vaseux
E15	43.53	7.11	1.9	non	25	-230	Pente canyon	9.15	Sable vaseux
BB1	43.51	6.95	0.45	oui	10	-40	Plate forme	6.1	Sable vaseux
BB4	43.53	7.14	0.6	non	20	-250	Plate forme	11.34	Sable vaseux
E7	43.45	6.95	4.8	oui	35	-275	Pente canyon	12	Sable pur
B67	43.52	6.96	0.8	non	36	-110	Plate forme	5.31	sable vaseux et pur
C22	43.52	7.11	0.32	non	47	-680	Canyon principal	9.55	Sable vaseux et pur
E8	43.47	6.97	4.05	oui	50	-275	Interfluve	4.88	Sable pur
E12	43.50	6.98	4.11	oui	33	-240	Interfluve	6.19	Sable vaseux et pur
KMO06	43.57	7.16	0.42	oui	0	-85	Plate forme	13	Sable pur

Illustration 28 : Tableau récapitulatif de la sédimentologie et de la morphologie des carottes.

## 5.6. INTERPRETATIONS DES CAROTTES INTERESSANTES.

Les points jugés intéressants sont les points contenant le matériel sableux, les points situés en surface ou sub-surface et les points situés en zone d'extraction possible (située en externe à -160 m). Les autres points serviront à essayer de déterminer et éliminer des zones inintéressantes (zones vaseuses ou trop profondes).

Les carottes contenant du sable:

- B67 : située près de la rupture de pente du plateau, présence de 0.1 m de sable et 0.7 m de sable vaseux en profondeur. Profondeur de la carotte : -110 m ;
- E7 : située en pente de canyon (sur replat), présence de 2.8 m de sable et de 2 m de sable vaseux en surface. Profondeur de la carotte : -275 m ;
- E8 : située au sommet d'un interfluve, présence de 4.05 m de sable en surface en surface. Profondeur de la carotte : -275 m ;
- E12 : située au sommet d'un interfluve, présence de 3.3 m de sable vaseux et d'au moins 0.01 m de sable en surface. Profondeur de la carotte : -275 m ;
- C22 : située en fond de canyon, présence de 0.15 m de sable et 0.17 m de sable vaseux en profondeur. Profondeur de la carotte : -650 m ;
- KMO06 : située en zone de plateforme, présence de sable sur 0.42 m en surface. Profondeur de la carotte : -85 m.

Sur les 6 carottes contenant du sable, seules 2 sont potentiellement intéressantes : la B67 située à -110 m et la KMO06 située à -85 m car elles sont situées à des profondeurs accessibles. Cependant, ces carottes contiennent vraisemblablement des quantités (épaisseur) de sables insuffisantes pour l'exploitation. Les plus intéressantes pour l'exploitation sont les carottes E7 et E8 mais leur profondeur (-275 m pour les 2) est trop importante pour les techniques actuelles.

Les carottes contenant du matériel avec du sable en surface :

- B80 : située également près de la rupture de pente en bordure de plateforme), présence de 0.75 m de sable vaseux. Profondeur de la carotte : -80 m ;

- E10 : située au sommet d'un interfluve, présence de 4.63 m de sable vaseux. Profondeur de la carotte : -250 m ;
- E14 : située en pente de canyon, présence de 0.2 m de sable vaseux. Profondeur : -300 m ;
- B81 : située en plateforme, présence de 1.2 m de sable vaseux. Profondeur de la carotte : -40 m ;
- E7 : située en pente de canyon, présence de 2.8 m de sable et de 2 m de sable vaseux. Profondeur de la carotte : -275 m ;
- E12 : située au sommet d'un interfluve, présence de 3.3 m de sable vaseux et d'au moins 0.01 m de sable. Profondeur de la carotte : -275 m ;
- KMO06 : située en zone de plateforme, présence de sable de qualité sur 0.42 m en surface. Profondeur de la carotte : -85 m ;
- E8 : situé au sommet d'un interfluve, présence de 4.05 m de sable en surface en surface. Profondeur de la carotte : -275 m.

Sur les 8 carottes contenant du matériel sableux à leurs surfaces, seule la E7, la E8 et la KMO06 sont intéressantes. Cependant E7 et E8 étant trop profondes, seule KMO06 est potentiellement utilisable dans le cadre de l'étude. On note cependant la présence de sable en surface aux alentours de profondeurs -250/-300 m. Ce sable qui reste potentiellement intéressant est toutefois difficilement exploitable avec les technologies actuelles.

Les carottes situées en zone d'extraction :

- B67 : située en zone de plateforme (limite rupture de pente), présence de 0.1 m de sable et 0.7 m de sable vaseux en profondeur. Profondeur de la carotte : -110 m ;
- B80 : situé en sommet de pente de rupture (fin de plateforme), présence de 0.75 m de sable vaseux. Profondeur de la carotte : -80 m ;
- B81 : située en plateforme, présence de 1.2 m de sable vaseux. Profondeur de la carotte : -40 m ;
- KMO06 : située en zone de plateforme, présence de sable sur 0.42 m en surface. Profondeur de la carotte : -85 m.

Sur les 5 carottes accessibles dans le cadre de dragage, seules B67 et KMO06 ont un potentiel intéressant avec toutefois des quantités de sable relativement faible. Il conviendra donc d'identifier le type de corps sédimentaires présents pour vérifier la viabilité de ces secteurs.

Les interprétations se basant sur la morphologie locale, la profondeur, et le contenu des carottes ont permis de montrer la présence de sable dans les baies de Lérins. Cependant, si cette analyse permet d'écarter des secteurs inintéressants, il est difficile, avec les données disponibles, de tirer des conclusions de l'étude des carottes en terme de morphologies potentiellement sableuses. On pourra seulement noter que le sable est préférentiellement situé soit en bordure de plate-forme ; soit sur de larges interfluves qui sont souvent situés à des profondeurs où l'exploitation n'est pas

envisageable avec les techniques actuelles. La présence de sable en bordure de plate-forme peut, à titre d'hypothèse, être mise en relation avec des dépôts formés en période de bas niveau marin comme cela est observé sur les autres secteurs de plate-forme méditerranéenne (golfe du Lion, Est-Corse...). C'est dans ces secteurs que se trouvent les corps sédimentaires sableux les plus importants (cf. Beachmed, 2004). Une reconnaissance de la géométrie des unités sédimentaires de ces secteurs de bordure de plate-forme pourraient donc s'avérer intéressante.

## 5.7. CARTE MORPHO-SEDIMENTAIRE

L'analyse des carottes et prélèvements disponibles, des observations de surface, et des morphologies sous-marines permet de proposer une carte morpho-sédimentaire préliminaire (cf. ill. 29) qui synthétise toutes les informations disponibles. Cette carte cible les zones préférentielles où la probabilité de présence de sable est bonne. Elle ne prend pas en compte les contraintes techniques et environnementales associées à l'extraction éventuelles de ces sables.

Comme montré précédemment, la présence des deux canyons principaux contraignent énormément la zone d'étude. A ces contraintes s'ajoute la présence de matériel vaseux à l'embouchure des fleuves côtiers (notamment dans la baie de La Napoule), qui peut recouvrir du sable potentiel (dans les carottes étudiées, les carottes situées en sortie des embouchures ne contenaient aucune trace de sable). Pour finir, des lacunes en termes de données de carottage (les seules données disponibles sont les observations de surface faites par l'Œil d'Andromède) dans le golfe Juan ne permettent pas d'évaluer le potentiel sableux. Cependant, il serait intéressant d'effectuer des investigations supplémentaires, notamment dans les Basses de la Fourmigue afin de combler ces lacunes et déterminer la composition sédimentologique.

Les données disponibles permettent d'identifier 9 zones dans lesquelles la probabilité de présence de sable est considérée comme bonne (ces zones sont déterminées à l'aide des carottes et des relevés de surface faits par l'œil d'Andromède) :

- Zone 1 : elle (2.610 km<sup>2</sup> et allant de -26 à -401 m de profondeur) se situe sur un interfluve, partant de la plate forme continentale jusqu'à la rupture de pente du canyon principal. Elle a été déterminée par l'étude des carottes ;
- Zone 2 : elle (4.441 km<sup>2</sup> et allant de -18 à -361 m de profondeur) se situe sur un interfluve, part de la plateforme continentale jusqu'à la rupture de pente du canyon principal. Elle a été déterminée par l'étude des carottes et des relevés de surface de l'Œil d'Andromède ;
- Zone 3 : elle (2.322 km<sup>2</sup> et allant de -33 à -340 m de profondeur) se situe d'une part sur un interfluve et d'autre part sur une plateforme continentale. Elle s'arrête à la rupture de pente de la tête du canyon principal. Elle a été déterminée par l'étude des carottes et des relevés de surface de l'Œil d'Andromède ;



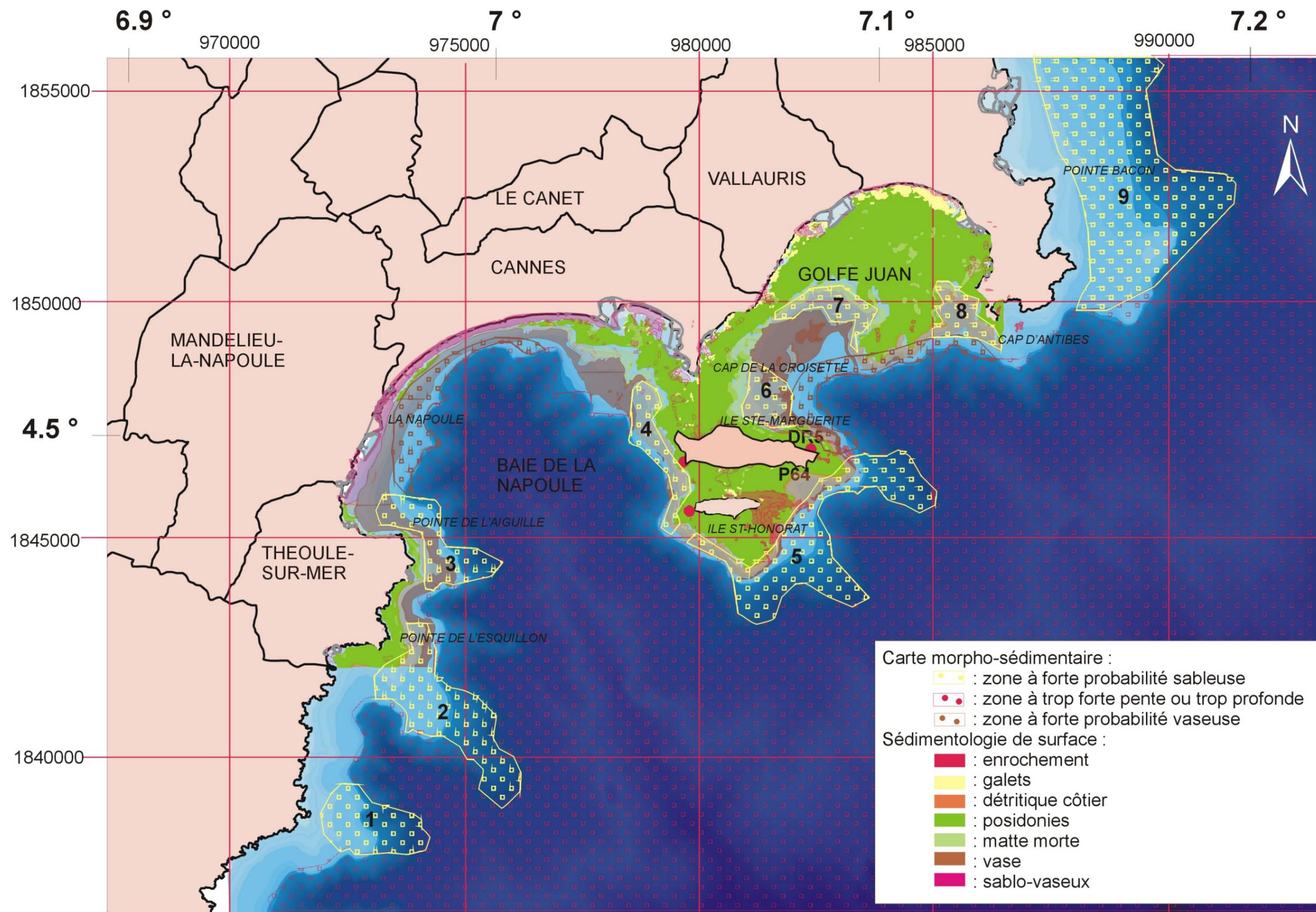


Illustration 29 : Carte morpho-sédimentaire simplifiée des baies de Lérins ; coordonnées en Lambert II carto.



- Zone 4 : elle (1.583 km<sup>2</sup> et allant de -31 à -120 m de profondeur) se situe sur plusieurs interfluves, et partant de la plateforme continentale jusqu'à la rupture de pente du canyon principal. Elle a été déterminée par les relevés de surface de l'Oeil d'Andromède ;
- Zone 5 : elle (6.215 km<sup>2</sup> et allant de -12 à -350 m de profondeur) se situe principalement sur une zone de plateforme continentale. Elle a été déterminée par l'étude des carottes et des relevés de surface de l'Oeil d'Andromède ;
- Zone 6 : elle (1.195 km<sup>2</sup> et allant de -28 à -58 m de profondeur) se situe principalement sur une zone de plateforme continentale. Elle a été déterminée par les relevés de surface de l'Oeil d'Andromède ;
- Zone 7 : elle (1.2 km<sup>2</sup> et allant de -16 à -59 m de profondeur ) se situe principalement sur une zone de plateforme continentale. Elle a été déterminée par les relevés de surface de l'Oeil d'Andromède ;
- Zone 8 : elle (1.2 km<sup>2</sup> et allant de -23 à -57 m de profondeur ) se situe principalement sur une zone de plateforme continentale. Elle a été déterminée par les relevés de surface de l'Oeil d'Andromède ;
- Zone 9 : elle (14.88 km<sup>2</sup> et allant de -20 à -303 m de profondeur) se situe principalement sur une zone de plateforme continentale. Elle a été déterminée par l'étude des carottes.

Ces zones sont toutes situées sur des interfluves ou sur des plates-formes continentales.

Au total, ont été identifiés 35.6 km<sup>2</sup> de zones à bonne probabilité de présence de sable.



## 6. Carte synthétique

La carte synthétique (cf. ill. 30) permet, en recoupant les différentes couches d'informations que sont les contraintes environnementales, technologiques ainsi que les informations morpho-sédimentaires, de faire ressortir les zones susceptibles d'être intéressantes et accessibles aux plans législatif et technologique dans le cadre d'une extraction de sable pour le remblayage des plages de la ville de Cannes. Cette carte présente donc une synthèse des différentes informations discutées précédemment.

En croisant la couche d'informations morpho-sédimentaire et celle de des contraintes technologiques, on constate une très forte limitation des zones potentiellement exploitables car une fraction importante des zones à forte probabilité de trouver du sable est située en contrebas de la limite technologique des - 160 mètres. Toutefois, l'analyse ne permet pas de préjuger de la qualité de ce sable qui était recensé comme sable coquillier par Nesteroff (1965), ni du stock et de l'épaisseur potentiellement disponible.

Dans les secteurs a priori exploitables par les techniques existantes, entre 0 et -160 mètres, les contraintes environnementales doivent ensuite être prises en compte. Sachant que les posidonies représentent une contrainte drastique et difficilement contournable, et aussi pour des raisons évidentes de proximité des zones littorales à protéger, on peut raisonnablement éliminer les secteurs à forte probabilité de présence de sable compris entre 0 et -30 mètres de profondeur. Les secteurs restants potentiellement exploitables sont donc compris entre -30 et -160 mètres.

Sur ces derniers secteurs, il convient d'appliquer également les autres contraintes environnementales (ZNIEFF et DH) si l'on envisage des extractions de sables marins.



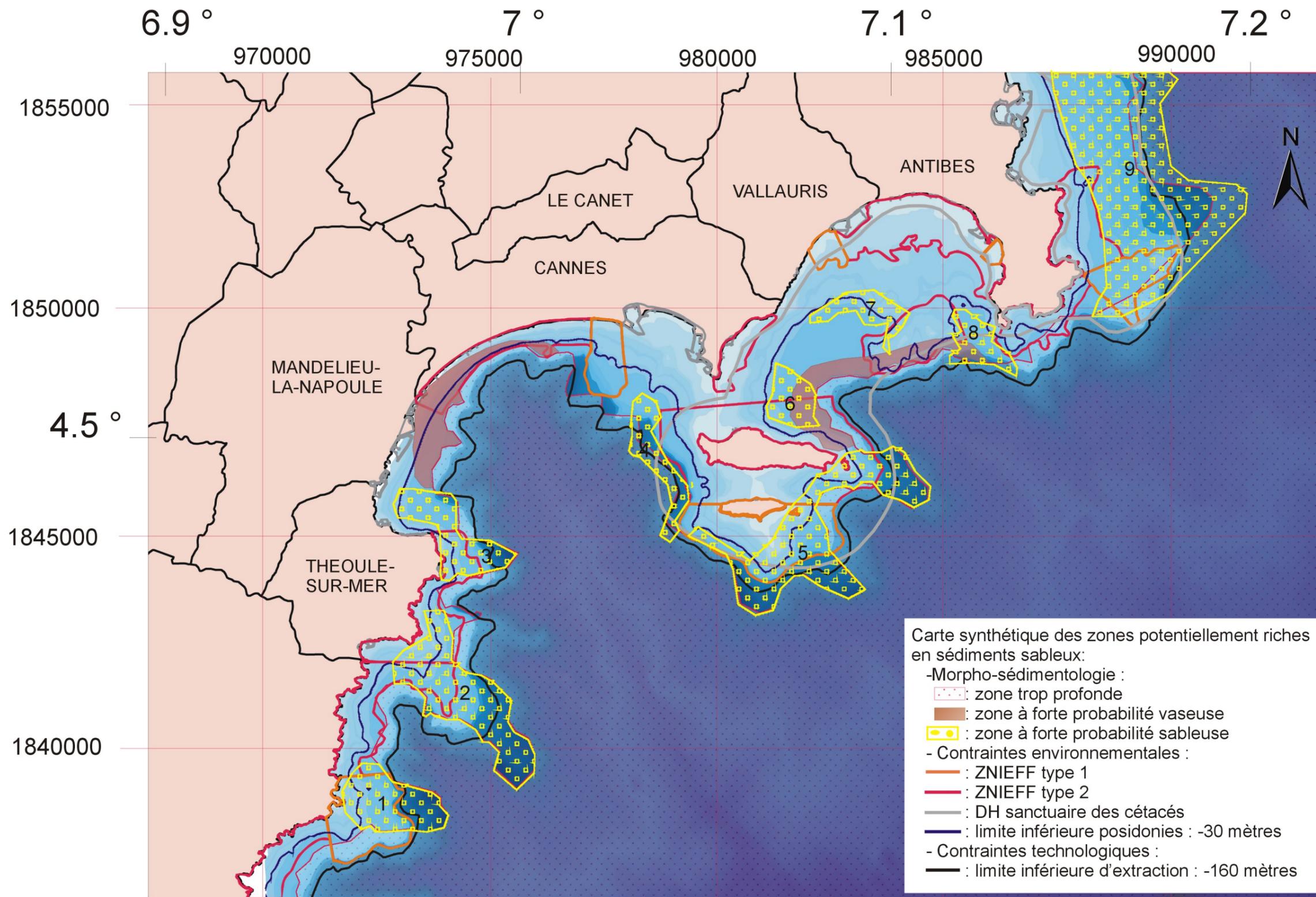


Illustration 30 : Carte synthétique des zones potentiellement sableuses; coordonnées en Lambert II carto.



## 7. Conclusion

Cette étude avait pour objectif principal de répertorier les données disponibles à proximité du littoral de Cannes pour évaluer la présence éventuelle de sables marins qui pourraient être utilisés pour du remblaiement de plage.

Les informations réglementaires et relatives aux techniques d'extraction ont été synthétisées afin d'évaluer les contraintes éventuelles en vue d'une exploitation. Les zones de protections environnementales limitant ou interdisant les extractions ont également été répertoriées. Ces informations, qui ne présagent pas de la qualité du sédiment, permettent d'évaluer la faisabilité d'une utilisation des sables marins à proximité du littoral de Cannes. En raison de la morphologie sous-marine très accidentée dans ce secteur, les contraintes technologiques sont très restrictives car elles imposent la mobilisation de moyens lourds qui sont financièrement peu rentables pour les volumes de remblaiements en jeu. Une évaluation des besoins à plus grande échelle géographique reste à réaliser pour déterminer la faisabilité technique et financière d'une telle opération.

Les informations relatives à la sédimentologie et à la géologie des baies de Lérins sont peu nombreuses. Les levés et observations de la nature des fonds fournissent une cartographie intéressante du secteur, mais le faible nombre de carottages rend difficile toute interprétation approfondie. Des stocks potentiellement intéressants peuvent en effet être localisés sous quelques dizaines de cm de sédiments vaseux, mais ne peuvent être identifiés sur la base des données disponibles.

L'étude de données a toutefois permis de définir les zones dans lesquelles une extraction est envisageable et si la qualité du sédiment est vérifiée. Pour obtenir ces informations, l'analyse a tenu compte de différents paramètres. En premier lieu, la morphologie très incisée, notamment dans la baie de la Napoule limite fortement les superficies des zones potentiellement intéressantes. Les données sédimentologiques partielles et inégalement réparties sur la zone d'étude (notamment dans le golfe Juan) ne permettent pas de définir avec exactitude des zones où la présence de sable en qualité et quantité est avérée. Les contraintes environnementales s'exercent sur la quasi-totalité du secteur et peuvent restreindre ou interdire toute extraction marine (critère à prendre en considération avant toute extraction si la phase de prospection confirme la présence de sédiment sableux de qualité pouvant être utilisé pour du rechargement de plage). La profondeur d'extraction est un élément fortement limitant pour les différents types de dragues, en particulier sur ces bathymétries très accidentées du fait des coûts très importants associés aux extractions profondes.

L'analyse des données disponibles a permis de repérer des morphologies sur lesquelles du sable a été rencontré en sondage : les interfluves des canyons et le rebord de plateformes. Neuf zones à bonne probabilité de présence de sable ont été identifiées. Des prospections in-situ sont indispensables pour vérifier la qualité du sédiment et le volume potentiellement utilisable.



## 8. Bibliographie

- **BCEOM**, 2007. Etude de l'évolution du trait de côte du littoral des Alpes-Maritimes. Rapport Mar n°60554C, 108 p + annexes.
- **BEACHMED**, 2004. Récupération environnementale et entretien des littoraux en érosion avec l'utilisation des dépôts sablonneux marins : phase A et C. Rapport REF n°14/199 NL/jr, 194 p.
- **BRGM**, 2001. Cartographie des plates formes sous marines de la Corse entre 0 et 100 mètres de profondeur. Rapport RP-51523-FR, 62p.
- **Chevalier, A.**, 1917. Etude bathylithologique des côtes de la Méditerranée, d'Antibes à Menton. Ann. Inst. Océanogr. T.7 fasc 1, 35.
- **Delesse, M.**, 1872. Lithologie des mers de France et des mers principales du globe. Paris, Lacroix Edit.
- **InVIVO**, 2006. Relevés bathymétriques avec sondeurs multifaisceaux dans la baie de Cannes. Rapport, 28 p. + annexes + DVD.
- **Nesteroff, W.**, 1965. Recherche sur les sédiments actuels de la région d'Antibes. Thèse de l'Université de Paris. Série A n°3792, Masson et Cie Editeurs, 135 p.
- **Pautot, G.**, 1968. Etude géodynamique de la pente continentale au large de Cannes et Antibes. Bull. Soc. Geol. France, 7e série, 10, 253–260.
- **RAMOGE**, 2006. Préservation et conservation des herbiers à Posidonia Oceanica. Pub. :1-202, 174 p.

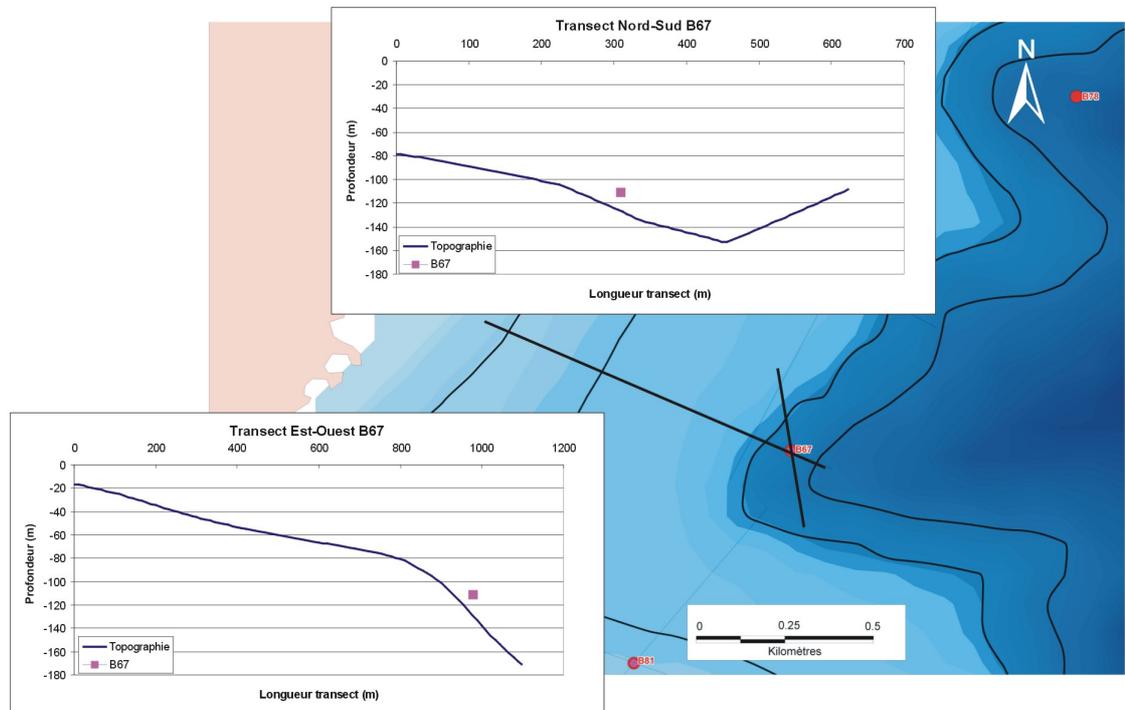


## **Annexe 1**

### **Transects des carottes BGM des baies de Lérins.**

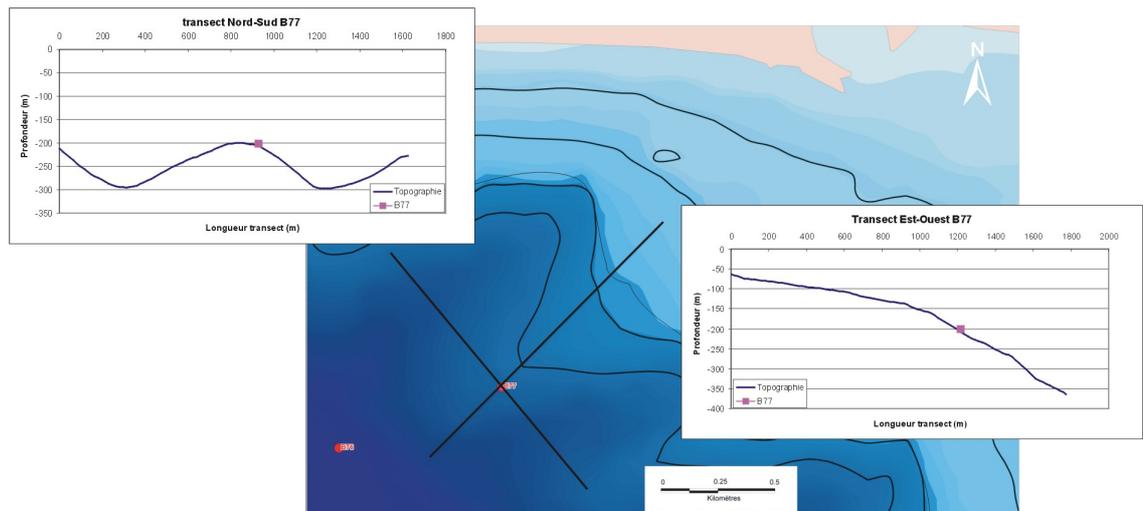


Point B67 :



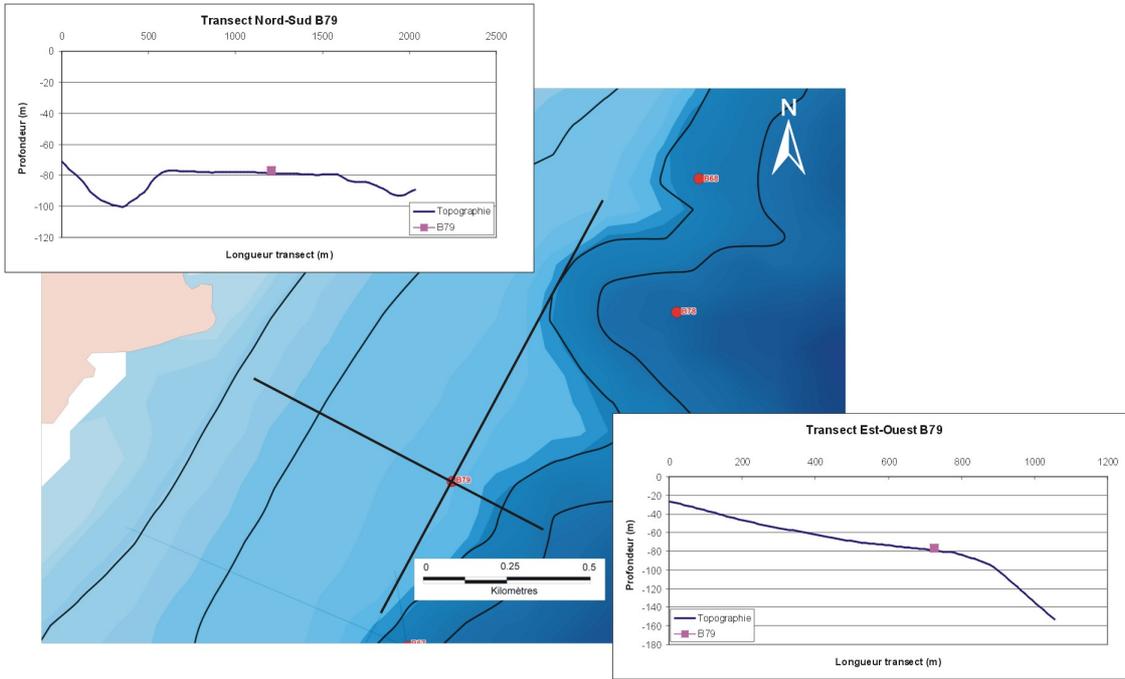
Carotte située sur une plateforme en limite de rupture de pente de canyon.

Point B77 :



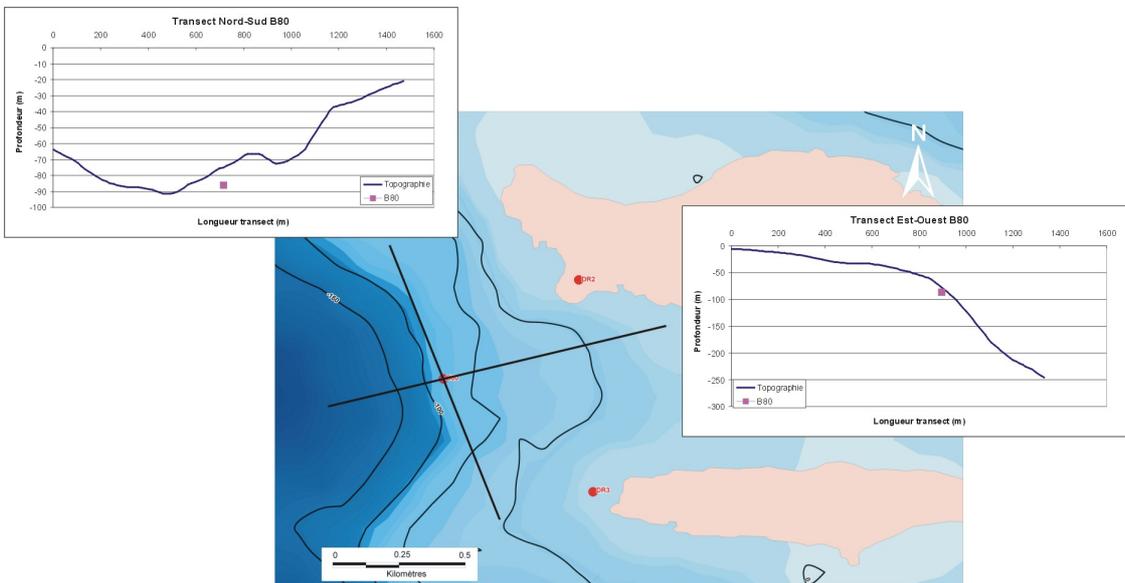
Carotte située au sommet d'un interfluve entre deux canyons du réseau secondaire.

Point B79 :



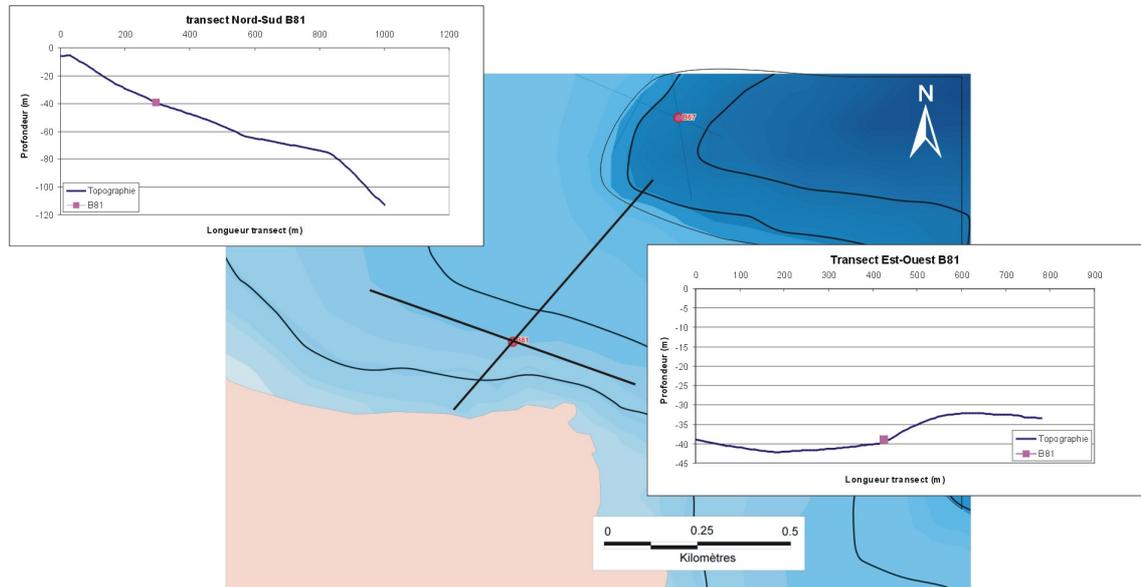
Carotte située sur une plateforme continentale.

Point B80 :



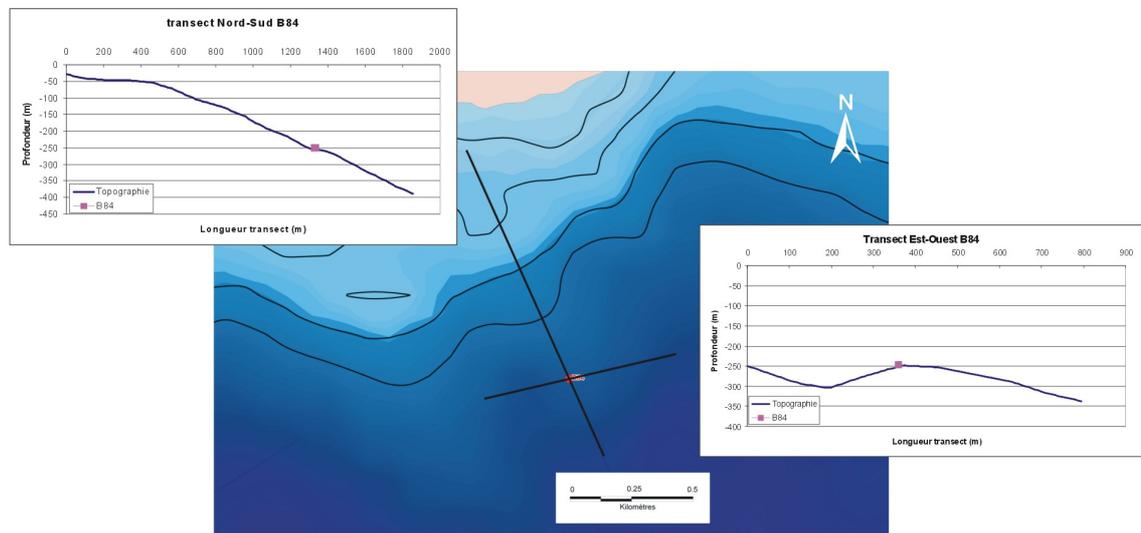
Carotte située sur une plateforme continentale.

Point B81 :



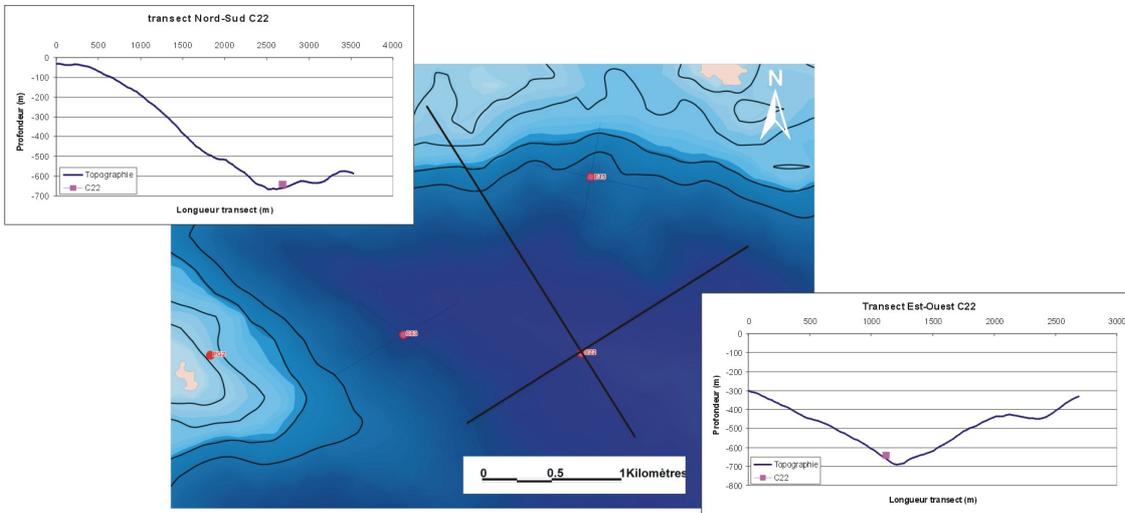
Carotte située sur une plateforme continentale.

Point B84 :



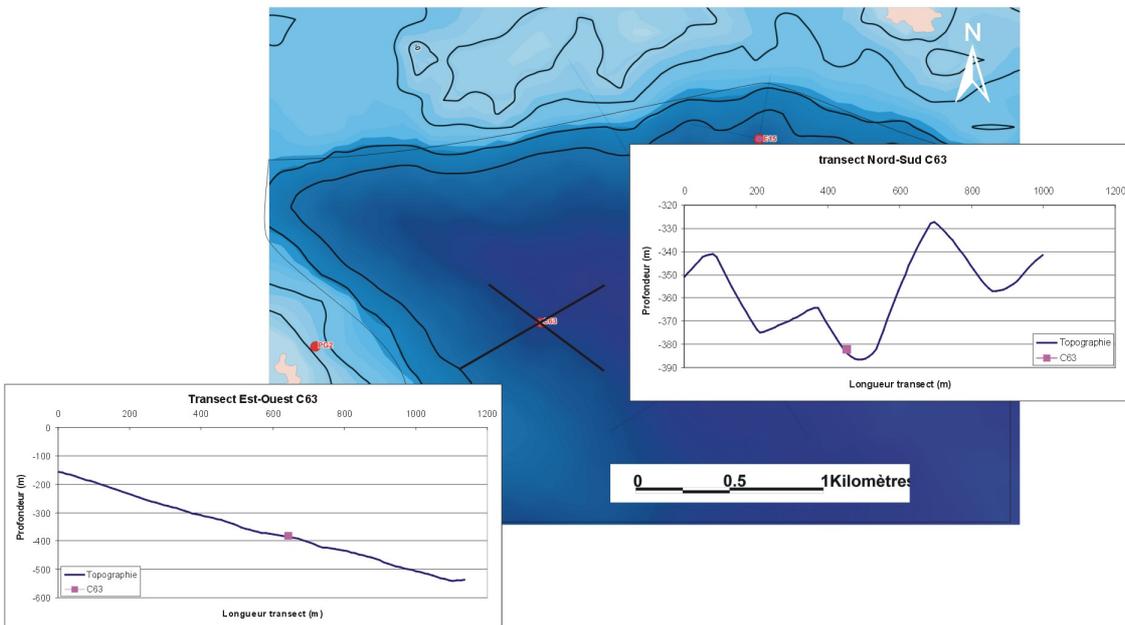
Carotte située sur une plateforme continentale.

Point C22 :



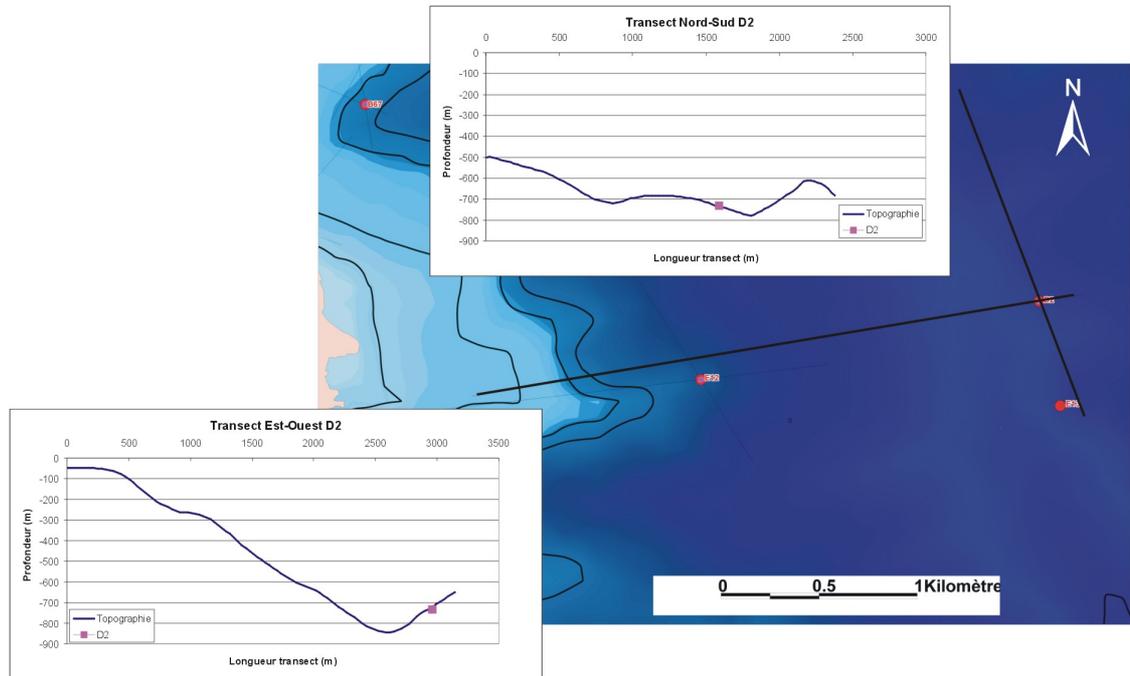
Carotte située en fond de canyon principal.

Point C63 :



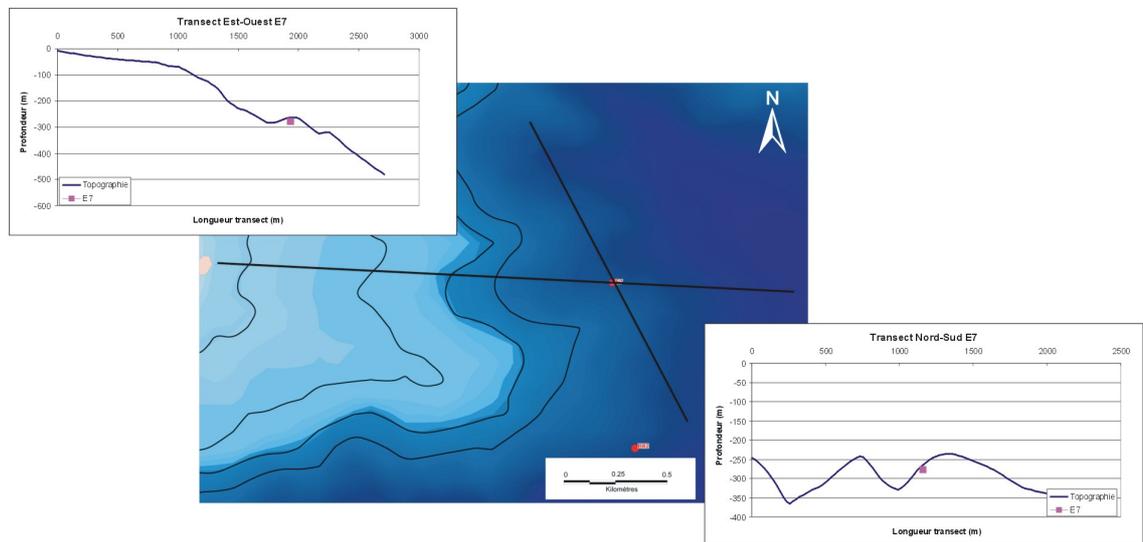
Carotte située en pente de canyon.

Point D2 :



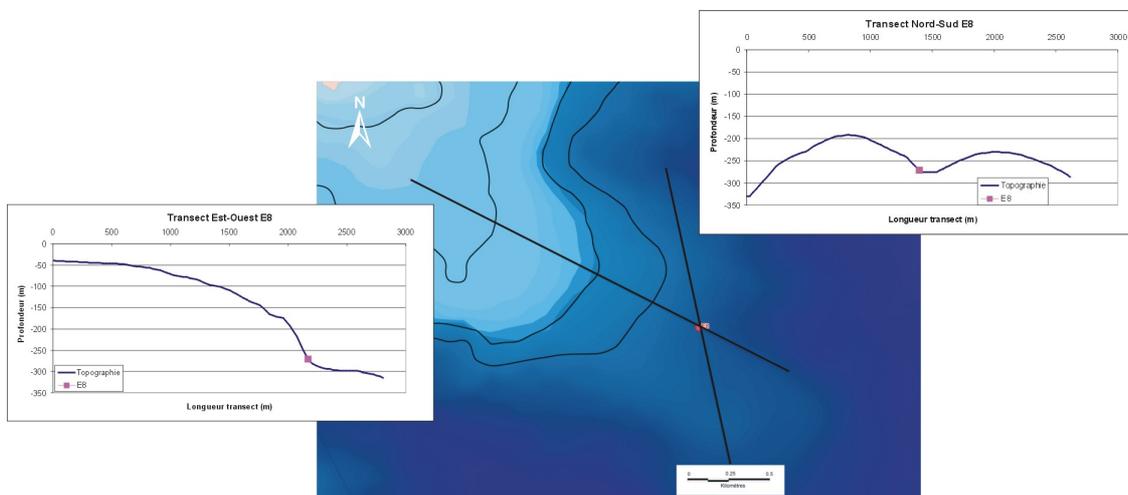
Carotte située en fond de canyon principal.

Point E7 :



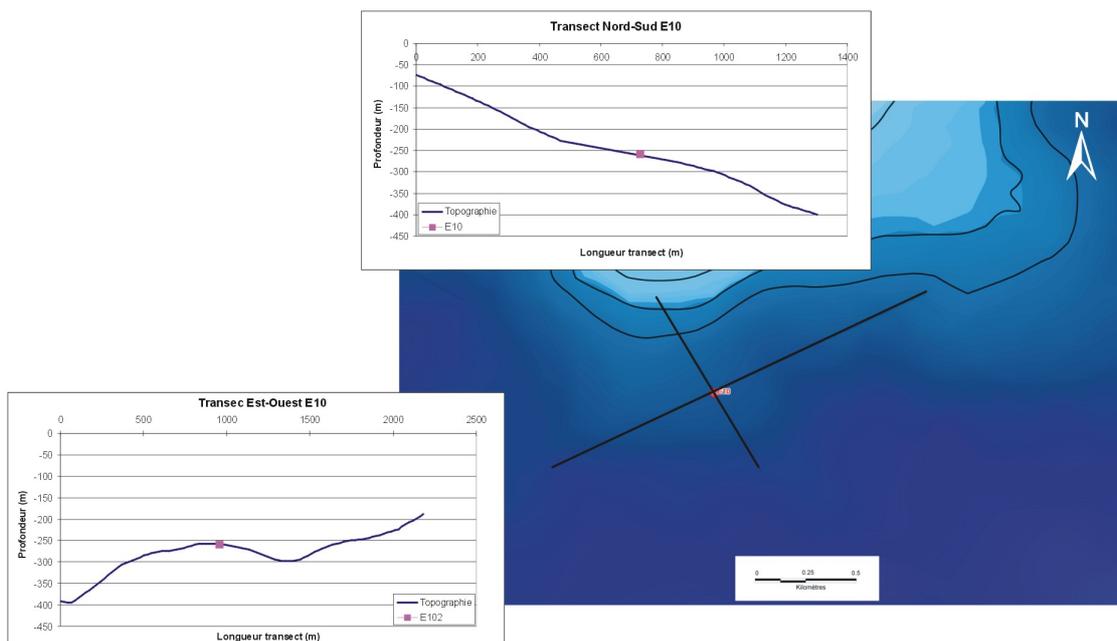
Carotte située en pente de canyon.

Point E8 :



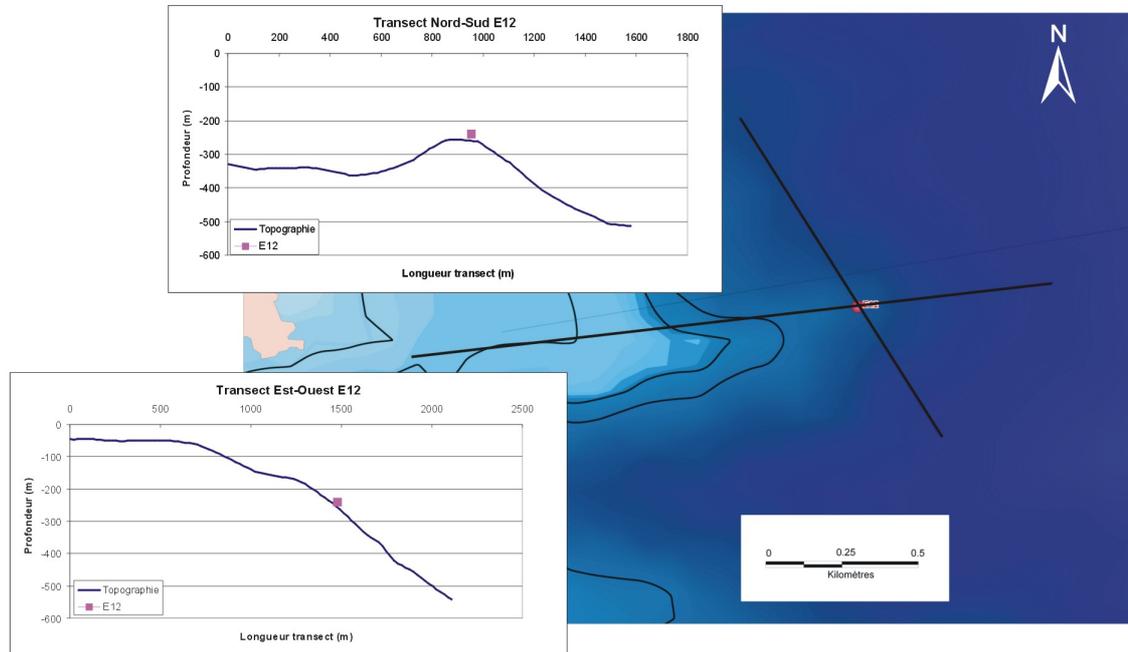
Carotte au sommet d'un interfluve entre deux canyons du réseau secondaire.

Point E10 :



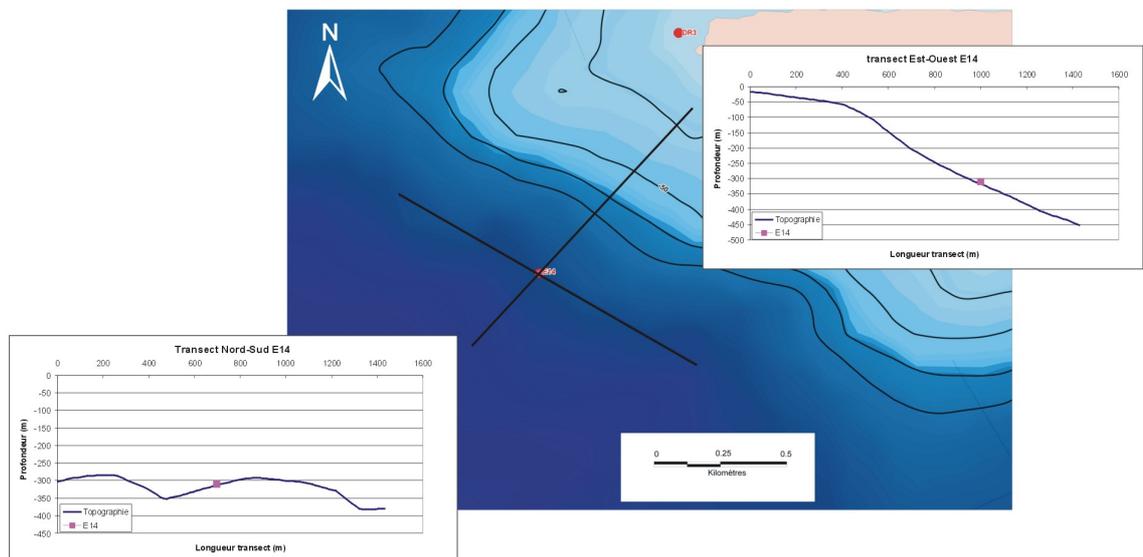
Carotte située au sommet d'un interfluve entre deux canyons du réseau secondaire.

Point E12 :



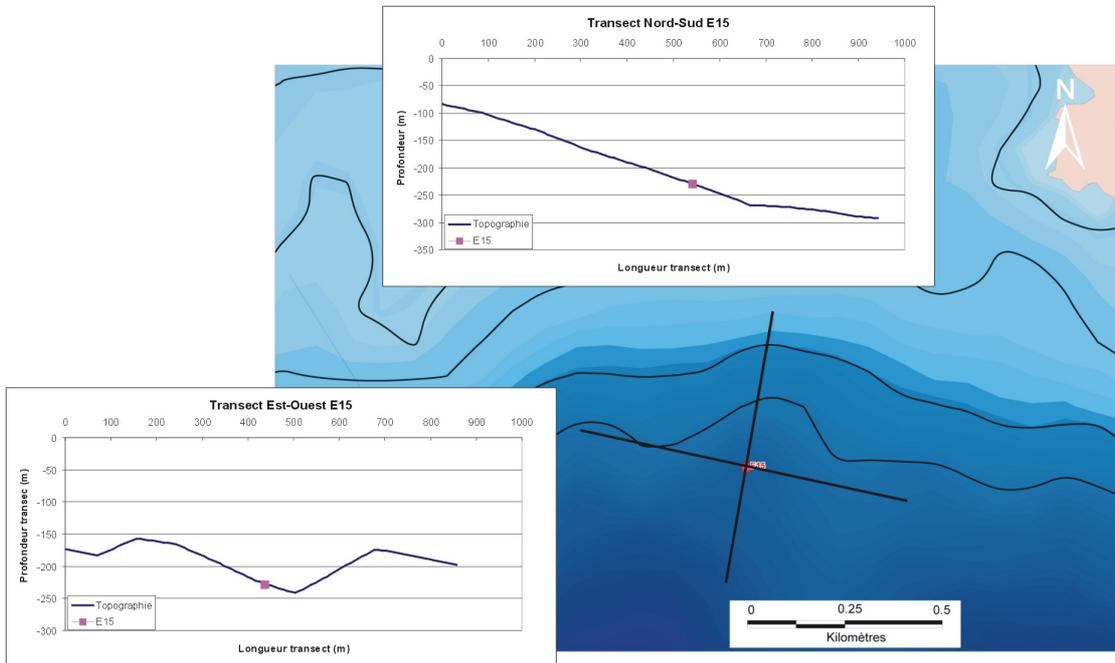
Carotte située au sommet d'un interfluve entre deux canyons du réseau secondaire.

Point E14 :



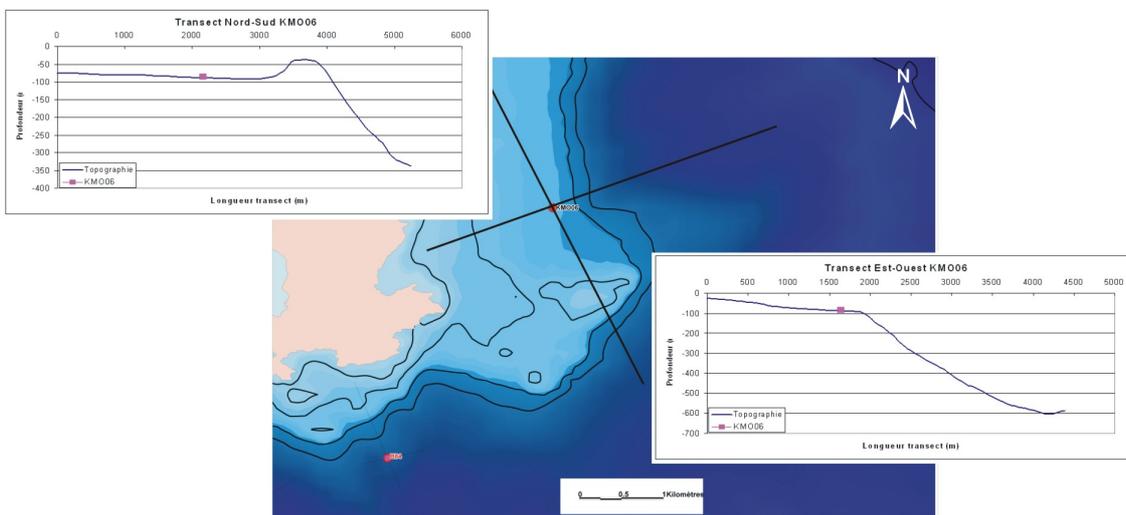
Carotte située en pente de canyon.

Point E15 :



Carotte située en pente de canyon.

Point KMO06 :



Carotte située sur une plateforme continentale.



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional "PACA"**

117, Avenue de Luminy  
B.P. 168

13276 – Marseille cedex 09 - France  
Tél. : 04 91 17 74 77