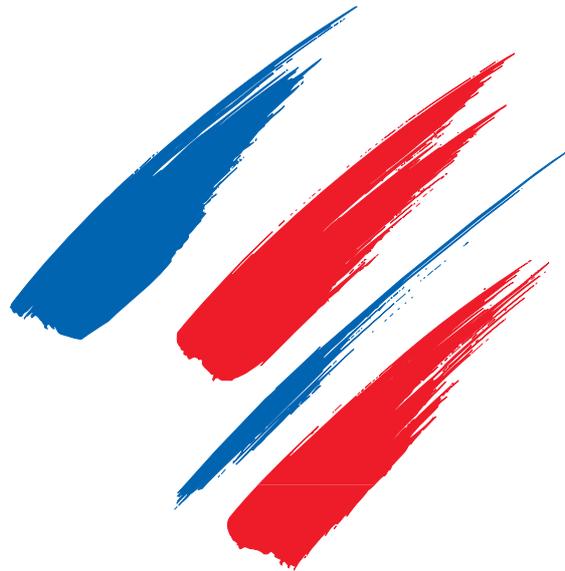


PROJET DE GAZODUC NORVÉGIEN EN FRANCE



Canalisation NORFRA

Étude d'impact



HK GT 970322-10

NORFRA

CANALISATION NORFRA

PARTIE MARITIME ET TERRESTRE DU PROJET
EN FRANCE

ETUDE D'IMPACT

51 8882

Mars 1996

▼
S O G R E A H
INGENIERIE

AUTEURS DE L'ETUDE D'IMPACT

STATOIL ETUDE D'IMPACT

M. ELDØY : Responsable d'études d'impact

SOGREAH Ingénierie

ETUDE D'IMPACT PARTIE TERRESTRE ET MARITIME

M. HAMM : Chef du Projet, Rédaction
Mlle. MABBOUX : Rédaction et enquête partie terrestre
M. YON : Rédaction
M. GALLISSAIRES : Rédaction et enquête partie marine

STATION MARINE DE WIMEREUX

EXPERTISES ECOLOGIQUES MARINES

Dr DEWARUMÉZ
Dr DAVOULT
Dr GENTILHOMME
Dr RICHARD

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 - INTRODUCTION	1.1
1.1 Présentation générale du projet	1.1
1.1.1 Le projet global	1.1
1.1.2 Le gaz naturel	1.2
1.1.3 Les gisements gaziers et les réseaux norvégiens	1.5
1.1.4 La co-entreprise NORFRA	1.8
1.1.5 La canalisation NORFRA	1.9
1.2 La partie française du projet NORFRA	1.10
1.2.1 Descriptif de l'ouvrage	1.10
1.2.2 Le régime administratif de l'ouvrage et la protection de l'environnement	1.11
1.2.3 Les grandes étapes de la réalisation	1.13
1.2.4 Le budget de l'opération	1.14
1.3 Descriptif des travaux envisagés	1.14
1.3.1 La construction de la canalisation sous-marine	1.14
1.3.2 Les dragages et immersions envisagés	1.19
1.3.2.1 Dragages en mer et dans la zone d'atterrage	1.19
1.3.2.2 Immersions en mer	1.21
1.3.2.3 Les remblaiements	1.21
1.3.3 La construction de la canalisation terrestre	1.22
1.3.4 Les ouvrages annexes	1.24
1.3.5 Planning des travaux	1.24

CHAPITRE 2 - ETAT INITIAL	2.1
2.1 Présentation et localisation de la zone d'étude	2.1
2.1.1 Localisation du projet	2.1
2.1.2 Présentation du fuseau d'étude du projet global	2.2
2.1.3 Présentation du fuseau d'étude marin pour la canalisation NORFRA	2.3
2.1.4 Présentation du fuseau d'étude terrestre pour la canalisation NORFRA	2.3
2.1.5 Organisation de l'étude de l'état initial	2.4
2.2 Caractéristiques physiques du milieu	2.4
2.2.1 Géologie, géomorphologie et paysage	2.4
2.2.1.1 Géologie	2.4
2.2.1.2 Géomorphologie et paysage	2.5
2.2.2 Climat	2.6
2.2.2.1 Vent	2.6
2.2.2.2 Précipitations	2.6
2.2.2.3 Température de l'air	2.6
2.2.2.4 Température des eaux marines	2.7
2.2.3 Hydrologie et hydrogéologie des Wateringues	2.7
2.2.4 Hydrologie marine	2.8
2.2.4.1 La marée	2.8
2.2.4.2 Les agitations	2.9
2.2.4.3 Les courants	2.10
2.2.5 Sédimentologie marine et morphodynamique	2.10
2.2.5.1 Nature et origine des sédiments superficiels	2.10
2.2.5.2 Nature des sédiments sous la surface	2.11
2.2.5.3 Mouvements sédimentaires	2.11
2.2.5.4 Evolution du littoral	2.12
2.2.5.5 Evolution des fonds	2.13
2.2.6 Qualité des eaux marines	2.14
2.2.6.1 Origine des pollutions	2.14
2.2.6.2 Salinité des eaux	2.18
2.2.6.3 Turbidité des eaux	2.18
2.2.6.4 Qualité bactériologique	2.19

2.2.7	Qualité des sédiments de surface	2.20
2.2.7.1	les campagnes de mesures	2.20
2.2.7.2	Quelques précisions sur les analyses effectuées	2.20
2.2.7.3	Principaux résultats	2.21
2.2.8	Qualité de l'air	2.22
2.2.8.1	Le dioxyde de soufre	2.23
2.2.8.2	Les poussières	2.24
2.2.8.3	Pollution photochimique	2.24
2.3	Ecologie marine	2.25
2.3.1	Le domaine benthique intertidal	2.26
2.3.1.1	Caractéristiques générales de la zone d'étude	2.26
2.3.1.2	Richesse globale de la macrofaune benthique	2.26
2.3.1.3	Conclusion	2.27
2.3.2	Le domaine benthique subtidal	2.28
2.3.2.1	Description générale de la zone d'étude	2.28
2.3.2.2	Communautés benthiques rencontrées dans la zone d'étude	2.28
2.3.2.3	Conclusions	2.31
2.3.3	Le domaine pélagique	2.32
2.3.4	Les poissons	2.34
2.3.4.1	Frayères de hareng	2.34
2.3.4.2	Frayères de poissons plats	2.35
2.4	Ecologie terrestre	2.35
2.4.1	Les dunes	2.35
2.4.1.1	Description générale	2.36
2.4.1.2	Principaux habitats	2.36
2.4.1.3	Les dunes du Fort-Vert	2.37
2.4.1.4	Le platier d'Oye	2.38
2.4.1.5	Dunes du Clipon	2.38
2.4.2	Les Wateringues	2.39
2.4.3	L'avifaune	2.39
2.4.4	Zones naturelles	2.40
2.4.4.1	Réglementation	2.40
2.4.4.2	Zones naturelles dans le fuseau d'étude	2.41

2.5	Contexte humain et socio-économique	2.42
2.5.1	Population et habitat	2.42
2.5.2	Agriculture et cultures marines	2.42
2.5.3	La pêche en mer	2.43
2.5.3.1	Le cadre administratif européen	2.43
2.5.3.2	Organisation des pêches maritimes en France	2.43
2.5.3.3	Flottes fréquentant le fuseau d'étude	2.44
2.5.3.4	Lieux de pêche	2.45
2.5.3.5	Périodes de pêche	2.45
2.5.3.6	Principales statistiques disponibles	2.47
2.5.4	Activité portuaire et maritime	2.49
2.5.4.1	Le Port Autonome de Dunkerque	2.49
2.5.4.2	Passes et chenaux de navigation	2.51
2.5.4.3	Zones de mouillage et de manoeuvre	2.52
2.5.4.4	Les trafics	2.53
2.5.4.5	Le plan de développement portuaire	2.54
2.5.5	Industrie	2.56
2.5.6	Tourisme et loisirs	2.56
2.5.6.1	Tourisme	2.56
2.5.6.2	La plaisance	2.56
2.5.7	Patrimoine culturel et archéologique	2.57
2.5.8	Infrastructures et réseaux	2.57
2.5.8.1	Réseau routier	2.57
2.5.8.2	Voies ferrées	2.57
2.5.8.3	Aérodromes et centres radioélectriques	2.58
2.5.8.4	Réseaux terrestres	2.58
2.5.8.5	Câbles sous-marins	2.60
2.5.9	Utilisation actuelle des fonds marins	2.60
2.5.9.1	Dragages	2.60
2.5.9.2	Les zones d'immersion	2.60
2.5.9.3	Zones d'emprunt	2.61
2.5.9.4	Epaves - Zones de dépôt d'explosif	2.61
2.5.10	Documents d'urbanisme et servitudes	2.61

CHAPITRE 3 - CHOIX ET JUSTIFICATION DU TRACE DE MOINDRE IMPACT	....	3.1
3.1 Critères ayant orienté le choix du tracé	.....	3.1
3.1.1 Critères environnementaux	.....	3.1
3.1.1.1 Morphologie des fonds marins et de la côte	.....	3.1
3.1.1.2 Sédimentologie	.....	3.2
3.1.1.3 Ecologie marine	.....	3.2
3.1.1.4 Ecologie terrestre	.....	3.2
3.1.1.5 Milieu socio-économique	.....	3.3
3.1.2 Critères liés à la sécurité	.....	3.3
3.1.3 Critères technico-économiques	.....	3.4
3.2 Justification de la bande de moindre impact	.....	3.4
3.2.1 Points de "passage obligé"	.....	3.4
3.2.2 Sensibilité des différents tracés	.....	3.4
3.2.2.1 Sensibilité du milieu marin	.....	3.5
3.2.2.2 Sensibilité du milieu littoral	.....	3.6
3.2.2.3 Sensibilité du milieu terrestre	.....	3.7
3.2.2.4 Sensibilité du milieu socio-économique	.....	3.8
3.3 Conclusion - Choix et raisons du choix	.....	3.8
3.3.1 Zone du site d'atterrage	.....	3.8
3.3.2 Tracé de la canalisation sous-marine	.....	3.9
3.3.3 Choix du site du terminal de régulation/comptage	.....	3.9
3.3.4 Tracé de la canalisation terrestre	.....	3.9
3.3.5 Tracé de la canalisation terrestre aval : Artère des Hauts de France	..	3.10
CHAPITRE 4 - ANALYSE DES IMPACTS DU TRACE RETENU	.....	4.1
4.1 Impacts sur le milieu physique	.....	4.2
4.1.1 Impacts sur la géologie	.....	4.2
4.1.2 Impacts sur la géomorphologie et le paysage	.....	4.2
4.1.2.1 Etat initial le long du tracé	.....	4.2
4.1.2.2 Evaluation des impacts	.....	4.3
4.1.3 Impacts sur l'hydrologie et l'hydrogéologie des waterings	.....	4.4
4.1.4 Impacts sur l'hydrologie marine	.....	4.5
4.1.5 Impacts sur la sédimentologie marine et la morphodynamique	.....	4.5

4.1.5.1	Evolutions actuelles de la plage de Break	4.6
4.1.5.2	Les zones d'immersion	4.6
4.1.5.3	Stabilité des bancs traversés	4.7
4.1.5.4	Evaluation des impacts	4.7
4.1.6	Impacts sur la qualité des eaux marines	4.8
4.1.6.1	Nature des sédiments dragués	4.9
4.1.6.2	Qualité des sédiments dragués : le contexte scientifique	4.9
4.1.6.3	Qualité des sédiments dragués : le point de vue légal	4.9
4.1.6.4	Qualité des sédiments dragués : les analyses disponibles	4.10
4.1.6.5	Qualité des sédiments sur les zones d'immersion : les analyses disponibles	4.10
4.1.6.6	Evaluation des impacts	4.10
4.1.7	Impacts sur la qualité de l'air	4.13
4.2	Impacts sur l'écologie marine	4.14
4.2.1	Impacts sur le milieu intertidal	4.14
4.2.2	Impacts sur le milieu subtidal	4.15
4.2.3	Impacts sur le milieu pélagique	4.15
4.2.4	Impacts sur les poissons	4.16
4.2.5	Impacts sur les zones d'immersion	4.16
4.3	Impact sur l'écologie terrestre	4.17
4.3.1	Impacts sur l'écosystème dunaire	4.17
4.3.2	Impacts sur l'écosystème des waterings	4.17
4.3.3	Impact sur l'avifaune	4.18
4.3.3.1	Description des espèces rencontrées sur le site	4.18
4.3.3.2	Evaluation des impacts	4.19
4.3.4	Impact sur les zones d'intérêt écologique	4.21
4.4	Impacts sur le milieu socio-économique	4.21
4.4.1	Impacts sur la population, l'habitat et l'emploi	4.21
4.4.1.1	Effets techniques	4.21
4.4.1.2	Effets économiques dus au chantier	4.22
4.4.2	Impacts sur l'agriculture	4.23
4.4.3	Impacts sur la pêche en mer	4.24
4.4.3.1	Impacts pendant la construction	4.24
4.4.3.2	Impacts pendant l'exploitation	4.25

4.4.4	Impacts sur l'activité portuaire maritime	4.27
4.4.5	Impacts sur l'industrie	4.28
4.4.6	Impacts sur le tourisme, l'archéologie et la culture	4.28
4.4.7	Impacts sur les infrastructures et les réseaux	4.29
4.4.7.1	Réseau routier	4.29
4.4.7.2	Voies ferrées	4.30
4.4.7.3	Aérodromes	4.30
4.4.7.4	Réseaux terrestres	4.30
4.4.7.5	Câbles sous-marins	4.32
4.4.7.6	Implantation d'éoliennes	4.32
4.4.8	Impacts sur l'utilisation actuelle des fonds marins	4.32
4.4.9	Impacts sur les servitudes et documents d'urbanisme	4.33
4.4.9.1	Acquisition des terrains	4.33
4.4.9.2	Servitudes liées au POS	4.33
4.4.9.3	Schéma direction de la région Flandre-Dunkerque	4.33
4.4.9.4	Schéma d'environnement industriel de la région Flandre-Dunkerque	4.34
4.4.9.5	Création de servitudes par le projet	4.35
4.5	Impacts sur la sécurité et la salubrité publique	4.35
4.5.1	Introduction	4.35
4.5.2	Phase de construction	4.36
4.5.3	Phase d'exploitation	4.37
4.5.3.1	Partie maritime de l'ouvrage	4.37
4.5.3.2	Partie terrestre de l'ouvrage	4.37
4.5.4	Conclusions	4.38
4.6	Raison des choix retenus pour le dragage et l'immersion	4.39
4.6.1	Raison du dragage	4.39
4.6.2	Raison du choix de la technique de dragage	4.39
4.6.3	Raison du choix des zones d'immersion	4.40
4.7	Récapitulatif et synthèse	4.40

CHAPITRE 5 - MESURES ENVISAGEES POUR REDUIRE OU SUPPRIMER LES IMPACTS DU PROJET	5.1
5.1 Mesures générales	5.2
5.1.1 Pour la canalisation sous-marine	5.2
5.1.2 Pour la canalisation terrestre	5.5
5.1.3 Pour la sécurité et la salubrité publique	5.6
5.2 Mesures spécifiques	5.7
5.2.1 Mesures pour le paysage	5.7
5.2.2 Mesures pour l'hydrologie et l'hydrogéologie des waterings	5.8
5.2.3 Mesures pour la population, l'habitat, l'emploi	5.9
5.2.4 Mesures pour la pêche en mer	5.9
5.2.5 Mesures pour le trafic maritime	5.9
5.2.6 Mesures pour les passes et chenaux de navigation	5.10
5.2.7 Mesures pour la sécurité et la salubrité publique	5.11
5.3 Estimation du coût des mesures spécifiques	5.15
CHAPITRE 6 - METHODE D'EVALUATION DES IMPACTS	6.1
6.1 Méthodologie suivie	6.1
6.1.1 Délimitation d'un fuseau d'étude	6.2
6.1.2 Etude et analyse de l'état initial	6.2
6.1.3 Choix et justification du tracé de moindre impact	6.4
6.1.4 Analyse des impacts du projet pour le tracé retenu	6.5
6.1.5 Mesures envisagées pour réduire ou supprimer les impacts du projet	6.5
6.2 Analyses thématiques	6.5
6.2.1 Milieu physique	6.6
6.2.2 Ecologie marine	6.7
6.2.3 Ecologie terrestre	6.7
6.2.4 Contexte humain et socio-économique	6.7
6.3 Limites des méthodes d'analyse	6.8
CHAPITRE 7 - RESUME NON TECHNIQUE	7.1
BIBLIOGRAPHIE	8.1
ANNEXE A: Atlas terrestre	A.1

LISTE DES FIGURES

- 1.1 RESEAU DES GAZODUCS NORVEGIENS ET TRACE DE LA NOUVELLE CANALISATION (STATOIL, 1996)
- 1.2 OUVRAGES REALISES EN FRANCE (GdF, 1995)
- 1.3 TRACE EN PLAN DU GAZODUC DANS SA PARTIE FRANCAISE MARITIME (STATOIL, 1996)
- 1.4 TRACE EN PLAN DU GAZODUC ENTRE LE POSTE DE SECTIONNEMENT A L'ATTERRAGE ET LE TERMINAL (STATOIL, 1996)
- 1.5 ZONES DE DRAGAGE ET D'IMMERSION
- 1.6 LES ENGINES DE DRAGAGES UTILISES
- 1.7 LES METHODES D'IMMERSION
- 2.1 FUSEAU D'ETUDE - PARTIE TERRESTRE
- 2.2 FUSEAU D'ETUDE - PARTIE MARITIME
- 2.3 FUSEAU D'ETUDE - PARTIE LITTORALE
- 2.4 ROSES DES VENTS A CALAIS ET DUNKERQUE (Météorologie Nationale)

- 2.5 REPARTITION DES SEDIMENTS SUPERFICIELS EN MER (Vicaire, 1991)
- 2.6 DIRECTION ET SENS DES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES (Vicaire, 1991)
- 2.7 INDICATEURS DE QUALITE D'AIR SUR LE LITTORAL
- 2.8 REPARTITION DES COMMUNAUTES BENTHIQUES SUBTIDALES (Station Marine de Wimereux, 1994)
- 2.9 FAUNE BENTHIQUE CARACTERISTIQUE DU FUSEAU D'ETUDE
- 2.10 CARTOGRAPHIE DES ZONES TERRESTRES PROTEGEES
- 2.11 DECOUPAGE EUROPEEN DES ZONES DE PECHE AUTOUR DU FUSEAU D'ETUDE (IFREMER, 1995)
- 2.12 ZONES DE PECHE : FLOTTES DE DUNKERQUE ET GRAND-FORT-PHILIPPE
- 2.13 TONNAGES ET VALEURS DECLARES POUR LES CRIEES DE DUNKERQUE ET GRAND-FORT-PHILIPPE
- 2.14 OCCUPATION DU DOMAINE PUBLIC MARITIME
- 3.1 LARGEURS DE L'ESTRAN ET DES DUNES LE LONG DU FUSEAU D'ETUDE
- 3.2 SITES D'ATTERRAGE POSSIBLES DE LA CONDUITE
- 3.3 JUSTIFICATION DU TRACE DE LA CANALISATION TERRESTRE
- 4.1 PLAGES ET DUNES DU BRAEK
- 4.2 DE LA DUNE A POLYCHIM
- 4.3 ROUTE DE MARDYCK ET COULOIR TECHNIQUE

- 4.4 RUE DES DUNES LONGEANT COPENOR
- 4.5 LE VILLAGE DE MARDYCK
- 4.6 LE SECTEUR DES WATERINGUES
- 4.7 NATURE DES SEDIMENTS MARINS LE LONG DU TRACE (FUGRO, 1995)
- 4.8 SCHEMA DIRECTEUR DE LA REGION FLANDRE-DUNKERQUE
- 4.9 SCHEMA D'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL - ORGANISATION DU SITE INDUSTRIEL (AUDRFD, 1993)
- 4.10 SCHEMA D'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL - PRINCIPES PAYSAGERS (AUDRFD, 1993)

Chapitre 1

INTRODUCTION

Cette étude a pour objet de prévoir l'insertion dans l'environnement de la canalisation qui doit être réalisée par la société norvégienne STATOIL pour le compte de la co-entreprise NORFRA. Cet ouvrage s'inscrit dans le cadre de l'atterrage du gazoduc NORFRA en France.

Depuis près de 20 ans, la Norvège fournit du gaz naturel à la France. Ce gaz est d'abord transporté par gazoduc sous-marin jusqu'à des points d'atterrage en Allemagne et en Belgique, puis par gazoducs terrestres jusqu'aux frontières françaises. Les achats croissants de GAZ de FRANCE en gaz norvégien et la nécessité d'augmenter le réseau norvégien de transport de gaz ont résulté en un projet de nouveau gazoduc reliant directement les champs gaziers norvégiens de la mer du Nord et le réseau français de gaz naturel.

1.1 PRESENTATION GENERALE DU PROJET

1.1.1 LE PROJET GLOBAL

Il consiste en (voir figures 1.1 et 1.2) :

- Une modification de la plate-forme Draupner E, déjà existante, sur le plateau continental norvégien.

- Une canalisation sous-marine et terrestre partant de la plate-forme Draupner E, atterrissant dans l'enceinte du Port Autonome de Dunkerque et aboutissant à un terminal de régulation/comptage. La partie de tracé, hors des eaux françaises, traverse les eaux norvégiennes, danoises, allemandes, néerlandaises et belges.
- Un terminal de régulation/comptage du gaz, situé sur la commune de Loon-Plage, près du point d'atterrissage.
- Une station d'odorisation à proximité immédiate du terminal de régulation/comptage.
- Une canalisation d'interconnexion entre le terminal de régulation/comptage et le réseau existant de GAZ de FRANCE.
- Une station d'interconnexion à proximité du stockage de Gournay-sur-Aronde situé à 15 kilomètres au Nord-Ouest de Compiègne.

Pour le terminal de régulation/comptage, la compagnie norvégienne, Den norske stats oljeselskap, STATOIL, agissant pour le compte d'une co-entreprise franco-norvégienne, DTDA, a déposé en décembre 1995, une demande d'autorisation d'exploitation d'installation classée. La société DTDA est constituée afin de réaliser et d'exploiter ce terminal. Elle est composée de 12 sociétés dont STATOIL et GAZ de FRANCE qui détiennent respectivement 45 % et 35 % des parts.

Pour la canalisation et la station d'interconnexion situées en aval du terminal de réception/comptage, GAZ de FRANCE, propriétaire desdits ouvrages, a déposé en juillet 1995 le dossier administratif de demande de concession de transport à l'Administration française conformément à la réglementation en vigueur.

Pour la station d'odorisation, GAZ de FRANCE, propriétaire de l'ouvrage, déposera ultérieurement une demande d'autorisation d'exploitation d'installation classée.

1.1.2 LE GAZ NATUREL

Le gaz naturel est une énergie fossile, au même titre que le charbon et le pétrole, produite et piégée, comme ceux-ci, dans les grands bassins sédimentaires au cours des temps géologiques.

Il est composé essentiellement de méthane. Sa composition varie suivant la provenance et les traitements effectués tout au long de la chaîne gazière (voir tableau ci-après).

Tableau 1.1 - EXEMPLE DE COMPOSITIONS DE GAZ NATURELS DISTRIBUES EN FRANCE					
Caractéristiques Composition en % molaire	Gaz de Troll	Gaz de la mer du Nord (autre que gaz de Troll)	Gaz de Lacq	Gaz liquéfié/ regazéifié	Gaz Russe
Méthane	85,1 %	88,2 %	97,1 %	88,6 %	96,2 %
Ethane	9,6 %	5,4 %	2,2 %	8,2 %	1,2 %
Propane	3,0 %	1,2 %	0,1 %	2,0 %	0,3 %
Butanes et supérieurs	0,7 %	0,6 %	0,2 %	0,6 %	0,2 %
Azote	1,3 %	3,2 %	0,4 %	0,6 %	1,8 %
Dioxyde de carbone	0,3 %	1,4 %	-	-	0,3 %
Composés soufrés* en mg(S)/m ³ (n)	<= 10	< 10	<= 10	< 10	<= 10
PCS kWh/m ³ (n)	12,4	11,4	11,3	12,2	11,1
Densité	0,65	0,63	0,57	0,63	0,58

* dus essentiellement à l'odorisation du gaz

Une énergie primaire abondante...

Le gaz naturel existe en quantité considérable dans les gisements d'hydrocarbures, parfois seul, parfois associé au pétrole. Les ressources mondiales sont très importantes : 146 000 milliards de mètres cubes de réserves prouvées en 1993, ce qui représente, au rythme actuel, 70 ans de consommation. Ce chiffre est supérieur au chiffre équivalent pour le pétrole et il augmente chaque année avec les découvertes de gisements nouveaux faites par les compagnies pétrolières.

Les réserves prouvées en Norvège s'élèvent aujourd'hui à 3000 milliards de m³.

...Très peu polluante...

A la production sur les champs pétroliers et gaziers, le méthane est aisément séparé des autres hydrocarbures ainsi que des autres composés, tel que le soufre, que peut contenir le gisement. Sa production est à l'abri de tout débat écologique majeur.

Le gaz naturel commercial n'est ni polluant, ni toxique, ni corrosif. Seule est à noter la contribution à l'augmentation de l'effet de serre des rejets de méthane dans l'atmosphère, contribution néanmoins faible.

Précisons toutefois que les émissions de méthane dues à l'industrie gazière restent très marginales puisqu'elles ne représentent au niveau mondial que 1 % des émissions de méthane, et une part bien plus faible des émissions globales de gaz à l'effet de serre. Les installations modernes de transport de gaz naturel par canalisations participent à ces rejets pour une part infime.

Enfin, les qualités de la combustion du gaz naturel en font une énergie propre, qui contribue à la limitation des pluies acides, de la pollution photochimique et de l'augmentation de l'effet de serre. Sa combustion dégage principalement du gaz carbonique (CO₂) et de la vapeur d'eau, relativement peu d'oxydes d'azote et pratiquement pas de composés soufrés ni de poussières.

...Et en pleine expansion

Le souci croissant de la préservation de l'environnement milite donc en faveur de la substitution du gaz naturel aux autres combustibles fossiles. Il permet en effet de réaliser des installations de combustion satisfaisant aux nouvelles exigences réglementaires en matière de pollution atmosphérique, avec des coûts compétitifs et des rendements élevés, facteurs essentiels pour la promotion des économies d'énergie.

Le gaz naturel permet une excellente optimisation des parcs d'équipements thermiques des entreprises qui, de plus en plus nombreuses, intègrent les préoccupations d'environnement dans leur stratégie de développement.

Outre ses utilisations traditionnelles pour la production de chaleur, de la cuisinière aux fours industriels, de nouveaux usages se développent comme la cogénération (production combinée de chaleur et d'électricité) et la carburation automobile.

Ses qualités de propreté et de souplesse, son niveau de prix compétitif et sa disponibilité à court et à long terme au plan mondial, font du gaz naturel l'énergie fossile qui connaît actuellement, et qui connaîtra certainement dans les prochaines décennies, la plus forte progression.

Le gaz naturel norvégien

Les contrats

Les premières livraisons de gaz naturel norvégien ont débuté en 1977 en provenance du champ d'Ekofisk. Ce gaz est acheminé vers la France via un gazoduc sous-marin (le NORPIPE) aboutissant à Emden en Allemagne, puis à travers les Pays-Bas et la Belgique.

Depuis, trois nouveaux contrats ont été successivement conclus. Le premier en 1985 concerne les champs de Statfjord, Heimdal et Gullfaks. Le second a permis, dès 1993, le démarrage des livraisons en provenance du champ de Sleipner dans un premier temps puis du champ de Troll à partir de 1996. Ce contrat atteindra sa phase plateau vers l'an 2000 avec des livraisons de 8 milliards de m³ par an. Ces deux contrats sont acheminés vers la France via un gazoduc sous-marin (le ZEEPIPE) aboutissant à Zeebrugge en Belgique, puis par une canalisation terrestre à travers la Belgique.

Enfin, durant l'année 1994 et au début de l'année 1995, GAZ de FRANCE a conclu avec des compagnies norvégiennes, emmenées par STATOIL, deux nouveaux accords portant sur l'achat de 4 et 2 milliards de m³ par an supplémentaires à partir respectivement de 1997 et 2001. Les livraisons de gaz norvégien atteindront ainsi 15 milliards de m³ par an à l'horizon 2005, soit environ 35 % de la consommation française, contre 21 % en 1994.

Les partenaires

Les négociations de vente de gaz norvégien sont placées sous la responsabilité d'un organisme appelé GFU (Gassforhandlingsutvalg - Comité de négociation du gaz). Cet organisme, mandaté par l'Etat norvégien est piloté par STATOIL. Par ailleurs, existe un comité aux approvisionnements dirigé également par STATOIL et ouvert aux compagnies étrangères opérant dans les eaux territoriales norvégiennes dont ELF et TOTAL. Cet organe est chargé de proposer l'attribution des contrats gaziers à des champs spécifiques. La décision finale est prise par les autorités norvégiennes.

Les autres acheteurs

En 1995, la Norvège a exporté 28,2 milliards de m³ de gaz. Les clients sont l'Allemagne avec 11,4 milliards de m³, suivie par la France (7,7 milliards de m³), la Belgique (3,1 milliards de m³), les Pays-Bas (3 milliards de m³), l'Espagne (1,5 milliard de m³ transitant via la France), le Royaume-Uni (1,2 milliard de m³) et l'Autriche (0,3 milliard de m³).

1.1.3 LES GISEMENTS GAZIERS ET LES RESEAUX NORVEGIENS

Les réserves

Les réserves prouvées de la Norvège sont estimées à 3000 milliards de m³ ce qui en fait les plus importantes d'Europe occidentale. Elles sont ou seront exploitées à quelques centaines de kilomètres des côtes françaises par quelques uns des plus éminents groupes pétroliers et gaziers du monde. A lui seul, le champ géant de Troll représente plus de 1200 milliards de m³.

Les perspectives

Lorsque tous les contrats déjà passés auront atteint leur niveau "plateau" en 2005, la Norvège exportera 65 milliards de m³.

Les découvertes pétrolières et gazières sont relativement récentes en Norvège. Bien que la Norvège soit le sixième pays exportateur de gaz naturel du monde et couvre 10 % des besoins de l'Europe de l'Ouest, il existe un potentiel significatif pour d'autres découvertes et ventes de gaz sous réserve, cependant, que ces projets soient économiquement viables. Ces nouvelles quantités de gaz, disponibles en plus des engagements déjà contractés, pourraient bénéficier aux marchés situés à proximité des points d'accueil des canalisations d'exportation. Les exportations de gaz norvégien pourraient ainsi atteindre 80 milliards de m³ à l'horizon 2010.

Les canalisations sous-marines

Le gaz naturel norvégien est acheminé des plates-formes de production en mer jusqu'aux terminaux de régulation/comptage situés à terre par des canalisations sous-marines de grand diamètre, entre 900 et 1200 millimètres, et sous haute pression, environ 150 bars.

Plus de 3200 kilomètres de gazoducs de ce type ont déjà été posés par des compagnies norvégiennes en mer du Nord, avec la participation de STATOIL ou sous sa responsabilité directe.

Une liaison nécessaire (voir figure 1.1)

Plusieurs ouvrages sous-marins permettent ou vont permettre prochainement à la Norvège de transporter le gaz naturel produit vers le continent et le Royaume-Uni. Ce sont, par ordre de réalisation :

- . le NORPIPE, d'une capacité annuelle de 18,5 milliards de m³, reliant le champ d'Ekofisk à Emden (Allemagne) et exploité par PHILLIPS PETROLEUM, principal producteur du champ d'Ekofisk. Cet ouvrage, mis en service en 1977, a été prolongé en 1985 par le STATPIPE qui relie la zone d'Ekofisk aux nouveaux champs de Statfjord et Heimdal ;
- . la canalisation FRIGG, reliant le champ de Frigg à Saint-Fergus en Ecosse. Cet ouvrage, opéré par ELF, a été mis en service en 1977 ;
- . le ZEEPIPE, d'une capacité annuelle de 11,1 milliards de m³, reliant le champ de Sleipner à Zeebrugge (Belgique) et exploité par STATOIL. Cet ouvrage a été mis en service en 1993 ;

- . l'EUROPIPE I, d'une capacité annuelle de 12,8 milliards de m³, doublant le NORPIPE arrivé à saturation et exploité par STATOIL. Cet ouvrage a été mis en service en octobre 1995.

La montée en puissance des exportations de gaz norvégien, principalement à travers les contrats relatifs au gisement géant de Troll, rend nécessaire, dès 1997, un renforcement substantiel des systèmes existants. A l'horizon 2005, une augmentation de la capacité de transport des gazoducs norvégiens est nécessaire à hauteur de 20 milliards de m³ par an.

Cette situation a conduit à prévoir un renforcement en deux étapes :

- . dès 1997, une liaison entre Kollsnes (terminal de réception situé sur la côte en Norvège et relié au gisement de Troll) et la plate-forme Draupner (zone d'Ekofisk), permettant un accroissement de la capacité des réseaux de transport au départ de Troll de 4 milliards de m³ par an. Cette liaison, appelée ZEEPIPE IIB, permettra de faire face, en particulier, à l'accroissement des enlèvements prévus par les compagnies gazières allemandes et notamment RUHRGAS. Un troisième gazoduc entre la Norvège et l'Allemagne est à l'étude ;
- . en 1998, une liaison Draupner-France, le NORFRA, d'une capacité annuelle de 14 milliards de m³, qu'il serait possible de porter à 18 milliards de m³ en ajoutant par exemple une plate-forme de recompression intermédiaire en mer.

Un intérêt mutuel

Pour les compagnies norvégiennes, le choix d'un atterrissage en France offre un troisième point de livraison au continent en plus de Emden et Zeebrugge. Cette solution permet :

- . de rééquilibrer le poids des interlocuteurs traditionnels de la Norvège et améliore la fiabilité de desserte du gaz norvégien grâce à l'interconnexion du réseau européen ;
- . de compléter leur système de transport à destination de leur deuxième plus important client, GAZ de FRANCE ;
- . de faciliter l'accès à des marchés à fort potentiel de développement.

Pour GAZ de FRANCE, l'atterrissage du gazoduc NORFRA en France permet :

- . de donner à la France un accès direct aux ressources d'un de ses plus gros fournisseurs ;

- . d'augmenter la sécurité des approvisionnements du marché français :
 - les importations françaises de gaz norvégien, qui couvriront près de 35 % des besoins du marché français à terme proviendront en effet de trois voies indépendantes : le NORPIPE/EUROPIPE en Allemagne, le ZEEPIPE en Belgique et le NORFRA en France,
 - un nouveau point source du réseau français sera créé. Le point actuel d'arrivée du gaz norvégien et néerlandais, Taisnières sur Hon à la frontière franco-belge, aurait sinon représenté le passage obligé de plus de 50 % des importations de GAZ de FRANCE à l'horizon 2005.

1.1.4 LA CO-ENTREPRISE NORFRA

La co-entreprise NORFRA est constituée pour construire et exploiter la canalisation NORFRA jusqu'au terminal non inclus. NORFRA est une entreprise norvégienne composée des entreprises suivantes, porteuses des participations mentionnées ci-dessous :

Den norske stats oljeselskap a.s, STATOIL	69,7088 %
Norsk Hydro Produksjon a.s	6,4725 %
Saga Petroleum a.s	5,1780 %
Esso Exploration & Production Norway AS	3,8835 %
Mobil Development Norway A/S	3,8835 %
Total Norge AS	2,9126 %
Elf Petroleum Norge AS	2,1359 %
Norsk Agip A/S	1,9417 %
A/S Norske Shell	1,2945 %
Neste Petroleum AS	1,2945 %
Norske Conoco A/S	1,2945 %

Les membres de NORFRA sont également propriétaires du gaz à livrer dans le cadre des contrats de vente de gaz passés entre les vendeurs de gaz norvégiens et GAZ de FRANCE.

NORFRA est représenté par STATOIL au titre de Maître d'Ouvrage délégué et de futur exploitant.

La compagnie STATOIL, créée en 1972, est détenue à 100 % par l'Etat norvégien. Elle a pour mission, seule ou avec d'autres compagnies, de réaliser, dans les domaines gazier et pétrolier, des projets intégrant les phases d'exploration, de production des hydrocarbures, de transport et de commercialisation. Par ailleurs, STATOIL gère les participations financières directes de l'Etat norvégien dans l'exploration et la production des hydrocarbures en Norvège. STATOIL est devenue la compagnie pétrolière intégrée la plus importante du pays.

Cette entreprise emploie plus de 14 000 salariés dans 25 pays et réalisa un chiffre d'affaires de 67 milliards de francs en 1995.

En matière gazière, STATOIL joue un rôle central. Au fur et à mesure de la montée en régime du gisement de Troll, les ventes de la compagnie vont croître pour représenter plus de 60 % du gaz naturel exporté par la Norvège à l'horizon 2005. Par conséquent, STATOIL assume le rôle "naturel" de pilote pour le compte de l'ensemble des compagnies norvégiennes impliquées dans le projet NORFRA.



1.1.5 LA CANALISATION NORFRA

Le projet consiste en :

- Une canalisation sous-marine dite section offshore de diamètre interne nominal 1016 millimètres, entre une zone située dans les eaux de la mer du Nord norvégienne et un point de jonction situé au large de Dunkerque. En dehors des eaux françaises, cette canalisation traverse les eaux norvégiennes, danoises, allemandes, néerlandaises et belges.

- . Une canalisation sous-marine dite section d'atterrage de diamètre nominal interne de 1016 mm prolongeant la section offshore jusqu'à la station d'atterrage.
- . Une station d'atterrage située au point d'atterrage sur la plage de Braek.
- . Une canalisation terrestre de diamètre nominal interne de 1016 mm située entre la station d'atterrage et le terminal de réception.
- . Une gare de piston-râcleur.

L'ensemble des éléments de cette canalisation couvre une distance de 840 km environ dont 34 km en France.

La présente étude d'impact concerne la partie française du projet NORFRA comprenant la canalisation sous-marine et la canalisation terrestre en amont du Terminal. C'est cette partie qui est maintenant décrite ci-après.

1.2 LA PARTIE FRANCAISE DU PROJET NORFRA

1.2.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE (figures 1.3 et 1.4)

Les composantes de la partie française du projet incluent la section offshore...

Il s'agit de la partie terminale de la canalisation sous-marine dite section offshore longue de 19,3 kilomètres environ. Elle arrive en France en traversant le banc de Bergues. Elle sera posée et ensouillée par fonds de 25 à 30 m environ. Elle croise plusieurs câbles de télécommunications ainsi que la liaison maritime "Route des Bancs de Flandre".

La section d'atterrage...

La section d'atterrage est longue de 10,5 kilomètres environ et traverse une zone de bathymétrie très variable, incluant d'abord un champ de rides sableuses puis une série de bancs de sable avant d'arriver à la côte. Elle traverse également le chenal de navigation de la Passe de l'Ouest reliant les ports Est et Ouest de Dunkerque.

Elle sera ensouillée tout le long de son parcours. De plus, un remblaiement sera mis en place après ensouillage de la section d'atterrage depuis la côte jusqu'à la Passe de l'Ouest incluse.

Une station d'atterrage...

La station d'atterrage située sur la plage de Braek, à l'Est de l'avant-port Ouest de Dunkerque, comprend un poste de sectionnement (LVS) situé à 2 mètres au-dessus du niveau des plus hautes mers et occupant une surface clôturée de 20 x 45 m = 900 m² environ. Son but est de pouvoir isoler la canalisation sous-marine de la canalisation terrestre en cas de besoin.

La canalisation terrestre

La canalisation terrestre relie la station d'atterrage au terminal de régulation/comptage de Loon-Plage situé à 3,7 kilomètres de là (figure 1.4). A partir du point d'atterrage, elle doit d'abord franchir le canal des Dunes reliant les ports Est et Ouest de Dunkerque. Elle emprunte ensuite le couloir technique séparant les usines de STOCKNORD et de COPENOR puis longe par l'Ouest le village de Mardyck avant d'arriver au Terminal.

Et une gare de piston-râcleur

Cette gare de piston-râcleur (PRF), comprenant un poste de coupure, est située dans l'enceinte du terminal en amont du système de régulation/comptage.

1.2.2 LE REGIME ADMINISTRATIF DE L'OUVRAGE ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

La canalisation sous-marine et la canalisation terrestre en amont du terminal

Pour la partie du gazoduc depuis la limite de son entrée dans les eaux territoriales françaises jusqu'aux installations du terminal, l'occupation des terrains du domaine public maritime est soumise au régime de l'autorisation d'occupation temporaire (AOT). Dans la circonscription du Port Autonome, l'occupation fera l'objet d'une convention bilatérale passée entre le Port Autonome de Dunkerque et STATOIL. Dans les eaux territoriales, hors circonscription, elle fera l'objet d'un arrêté d'occupation temporaire.

Une convention sera également passée entre le Maître d'Ouvrage du projet et le Port Autonome de Dunkerque, gestionnaire ou propriétaire des terrains, en vue d'établir les servitudes liées aux travaux de pose de la canalisation et à son entretien, qui s'imposeront à la fois aux parties et aux tiers.

Concernant la protection de l'environnement, les trois points suivants sont à considérer :

. **Etude d'impact**

L'étude d'impact est soumise aux dispositions du décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977 modifié par le décret n° 93-245 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques, pris pour l'application de l'article 2 de la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et de l'environnement.

. **Protection des eaux**

Les opérations de dragage projetées et les rejets en mer associés sont soumises à autorisation au titre de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau, dès lors que le volume des sédiments retirés au cours d'une année excède 100 000 m³ (article 3.4.0 de la nomenclature des opérations soumises à l'application de la loi précitée). Ils relèvent cependant de la procédure simplifiée décrite à l'article 20 du décret d'application n° 93-742 du 29 mars 1993, qui prévoit la délivrance d'une autorisation temporaire d'une durée de 6 mois renouvelable une fois dans le cas de réalisation de travaux d'une durée inférieure à un an, et sans effet important ou durable sur le milieu aquatique.

. **Immersion des déblais de dragage**

Les rejets en mer des déblais de dragage doivent faire l'objet d'une demande de permis d'immersion au titre de la loi n° 76-599 du 7 juillet 1976 et son décret d'application n° 82-842 du 29 septembre 1982.

Le permis est délivré par le Préfet de département au terme d'une enquête publique prescrite sur l'ensemble des communes situées à moins de 3 mille marins des zones d'immersion et d'une consultation administrative diligentée par le Service Maritime du Nord.

Dans le cas présent, la consultation administrative sera coordonnée avec celle relative à l'application de la loi sur l'eau.

L'enquête publique sera menée conjointement avec l'enquête publique en application de la loi n° 83-630 du 12 juillet 1983 dite "loi Bouchardeau" et fera l'objet d'un rapport du Service Maritime du Nord. L'étude d'impact ci-présente et incluse dans le dossier prévu pour l'application de la loi précitée intègre l'étude des incidences du dragage (réalisation et immersion des déblais de dragage), en application de la loi sur l'eau et de la loi sur l'immersion.

Ainsi l'étude d'impact, objet du présent document, est incluse dans les 3 dossiers administratifs nécessaires aux procédures administratives légales en vigueur, à savoir :

- . dossier mis à l'enquête publique,
- . dossier pour la demande d'autorisation d'occupation temporaire,
- . dossier pour la demande d'autorisation temporaire de dragage.

Les points spécifiques relatifs à la protection des eaux pour les opérations de dragages projetées et à l'immersion en mer des déblais de dragage ont été, dans la mesure du possible, traités dans des paragraphes séparés. Les paragraphes essentiels du rapport à consulter sur ces sujets sont les suivants: 1.3.2, 2.2.5.1, 2.2.5.2, 2.2.6, 2.2.7, 3.1.1, 4.1.5.2, 4.1.6, 4.2.5 et 4.6.

1.2.3 LES GRANDES ETAPES DE LA REALISATION

De la décision de réalisation à l'enquête publique

Durant la première phase de réalisation du projet, une consultation des autorités locales ainsi que des services techniques et administratifs régionaux et départementaux concernés est menée afin de prendre connaissance de toutes les contraintes de leur ressort pouvant influencer sur la définition du tracé aussi bien maritime que terrestre, ainsi que la localisation du terminal de régulation/comptage.

Cette consultation, complétée par une reconnaissance sur site, permet d'assimiler l'ensemble des contraintes environnementales, naturelles et socio-économiques et d'y insérer les différents projets de localisation et les tracés de canalisation correspondant.

Une étude d'impact des tracés projetés sur l'environnement aboutit au choix du tracé de moindre impact. Elle est soumise à l'enquête publique et à la consultation administrative.

Le calendrier du projet

Les trois dossiers administratifs relatifs à la partie française du projet NORFRA et décrits précédemment (§ 1.2.1) sont déposés courant avril 1996.

Après la phase d'enquête publique et la consultation administrative, les travaux de construction sont prévus de débiter le 2^e trimestre 1997. La mise en gaz est prévue durant le 3^e trimestre 1998.

1.2.4 LE BUDGET DE L'OPERATION

Le coût de la canalisation NORFRA pour sa partie française est estimé à environ 800 millions de francs.

Le coût total du projet comprenant la plate-forme en mer du Nord, la canalisation sous-marine et terrestre ainsi que le terminal de régulation/comptage s'élève à environ 8 milliards de francs.

1.3 DESCRIPTIF DES TRAVAUX ENVISAGES

Une notice technique a été établie par STATOIL et est fournie séparément dans le dossier. Dans le présent paragraphe, seul un résumé synthétique, utile pour la compréhension de l'étude d'impact, est fourni. Il comprend :

- . L'ensemble des travaux liés à la construction de la canalisation sous-marine (sections offshore et d'atterrage) avec un développement particulier pour les opérations de dragages.
- . L'ensemble des travaux liés à la construction de la canalisation terrestre.
- . Les travaux de construction des ouvrages annexes (station d'atterrage, gare de piston-râcleur).
- . Le planning prévisionnel des travaux.

1.3.1 LA CONSTRUCTION DE LA CANALISATION SOUS-MARINE

La construction de la canalisation en milieu marin se réalise par opérations successives. Chaque opération est réalisée avec des navires, des matériels et des équipes spécifiques qui vont se suivre d'un bout à l'autre de l'ouvrage.

Plus précisément, les opérations suivantes sont prévues :

Reconnaissance et préparation du tracé...

Avant le début des travaux proprement dits, une campagne de reconnaissance est réalisée sur une largeur d'environ 1000 mètres (500 mètres de chaque côté du tracé théorique de la canalisation). Un navire de reconnaissance, équipé de puissants moyens de mesures bathymétriques ainsi que d'un sonar, est utilisé pour ce type de campagne. Une campagne de déminage est ensuite effectuée par la Marine Nationale. Enfin, les câbles sous-marins sont protégés par une couverture en gravier ou des matelas en béton.

Dragages et aménagement d'un accès pour les barges...

Dans les zones de hauts-fonds (bancs sous-marins) rencontrées en mer, des opérations de dragage sont effectuées pour aménager un accès aux deux barges de pose sur une largeur variant entre 24 mètres et 50 mètres au plafond. Une pente de 1 pour 7 sera draguée pour rejoindre les fonds naturels. Le tracé cherche à éviter ces zones au maximum, de façon à minimiser le volume de dragage, et par là même, l'impact du projet sur l'environnement. La réalisation de ces opérations est effectuée par plusieurs navires de dragage assistés de navires d'assistance. Une description détaillée de ces opérations est fournie au paragraphe 1.3.2.

Juste avant l'opération de pose, un dragage de maintenance est effectué, de façon à garantir le niveau final de la tranchée. Il est mené dans les mêmes conditions que le dragage initial.

Pose de la canalisation...

L'assemblage et la pose des tubes est une opération très importante du processus de construction de la canalisation. Elle est réalisée en continu par une barge spécialisée. Au fur et à mesure de l'avancement de la barge, la conduite sort de l'arrière de la barge et est posée sur le fond marin, dans la zone préalablement draguée.

Deux barges sont utilisées : une barge de type 3e génération pour la haute mer, et une autre à fond plat pour la zone côtière où les fonds sont plus faibles. L'utilisation de ce deuxième type de barge permet de réduire le volume de dragage de façon importante, vu le faible tirant d'eau de ce type de navire. Pour assister ces barges de pose, des navires d'assistance et de support sont nécessaires.

La vitesse de progression de la barge de pose est, en fait, celle de l'assemblage de la conduite. L'assemblage de la conduite se décompose en opérations élémentaires : l'approvisionnement et la mise en ligne des tubes, le soudage bout à bout et l'enrobage des joints soudés.

Le soudage est une opération délicate réalisée avec des modes opératoires, des matériels et des opérateurs dont la sélection est pratiquée avec rigueur (épreuve de qualification avant le démarrage du chantier). Avant que ne débutent les opérations de soudage, l'Entrepreneur doit faire agréer par le Maître d'Ouvrage un ou plusieurs modes opératoires de soudage. Les conditions de qualification du mode opératoire obéissent à une procédure conforme aux pratiques internationales et agréées par les Autorités françaises, ainsi qu'aux spécifications du Maître d'Ouvrage. La soudure électrique des tubes peut-être réalisée par des machines automatiques en plusieurs passes successives.

Les trois principales opérations de pose concernent :

- . La pose de la canalisation d'atterrage sur la plage jusqu'au point d'atterrage qui sera réalisée en tirant depuis la terre la canalisation à l'aide de puissants treuils. Le tuyau sera soudé sur une barge à fond plat ancrée devant la côte.
- . La poursuite de la pose de la canalisation d'atterrage à l'aide d'une barge à fond plat qui progressera de la côte vers le large tant que les hauteurs d'eau resteront faibles (soit une distance de 10 kilomètres environ).
- . La pose de la canalisation du large par une barge semi-submersible en haute mer jusqu'à la limite de la zone française.

Le positionnement de la barge est une condition déterminante pour la réalisation de la pose. Il est assuré par 10 à 12 ancres qui sont continuellement déplacées par des navires d'assistance, de façon à permettre la progression de la barge par traction sur les amarres. De ce fait, la zone de travail nécessaire est d'environ 2 x 2 kilomètres autour de la barge.

Enfin, les opérations de pose se terminent par le raccordement hors d'eau par soudage des deux sections sous-marines.

Pendant toutes ces opérations de pose, une surveillance et un contrôle des travaux sont assurés par un représentant de STATOIL (présent sur la barge de pose) en collaboration avec l'entreprise chargée des travaux.

Une reconnaissance du tracé est effectuée juste avant le démarrage des opérations de pose.

Le suivi permanent des paramètres de pose, tels que les contraintes dans la canalisation, est effectué ainsi que les risques de déformation.

Les soudures font l'objet de contrôles radiographiques permettant de s'assurer de la bonne exécution de l'assemblage. Le contrôle est confié à un organisme spécialisé indépendant agréé par les Autorités françaises qui applique strictement les procédures et les critères d'acceptation définis par les normes en vigueur et les spécifications particulières du Maître d'Ouvrage.

Enrobage de la canalisation...

La conduite est recouverte d'un revêtement isolant destiné à assurer l'efficacité de la protection cathodique. De plus, avant la pose, elle se voit appliquer un enrobage en béton destiné à lui assurer sa stabilité et une protection face aux agressions mécaniques et chimiques.

Ensouillement de la canalisation...

Un ensouillement de la canalisation est réalisé après la pose. Cette technique consiste à envoyer de l'eau sous pression près du fond sur lequel repose le tuyau afin de liquéfier le sol et permettre à la canalisation de s'enfoncer sous son propre poids jusqu'à la cote désirée. Cette méthode permet de réduire les volumes de dragages.

Durant ces travaux, un contrôle de la profondeur d'ensouillement est effectué pour vérifier la profondeur d'ensouillement requise. Une reconnaissance de la canalisation est effectuée à la fin de ces opérations pour vérifier sa position et sa stabilité.

Remblaiement de la tranchée et remise en état...

Le remblaiement d'une hauteur minimale d'un mètre est effectué avec du sable sur la partie la plus proche de la côte sur 3 kilomètres environ. De plus, le remblaiement sous la Passe de l'Ouest elle-même sera d'abord effectué avec du gravier.

A la fin des travaux, une reconnaissance est effectuée pour vérifier la bonne mise en place du remblaiement.

Point singulier : l'atterrage...

L'arrivée sur le rivage nécessite l'emploi d'installations temporaires. Dans le cas présent, les opérations suivantes sont prévues :

- aménagement d'un site temporaire à proximité de la station d'atterrage et d'une route d'accès en bordure de côte,
- installation d'un puissant treuil après réalisation de fondations en palplanches nécessitant une excavation de 5000 m³ sur une surface de 50 x 50 m² = 2500 m²,

- . construction d'une enceinte de 500 mètres de long et 6 mètres de large sur l'estran par battage de palplanches et excavation le long du passage de la conduite,
- . ouverture de la tranchée en mer avec des dragues à godets ou de petites dragues à succion,
- . immobilisation de la barge à fond plat en face de l'atterrage,
- . tirage de la conduite de la mer vers le côte au fur et à mesure de son assemblage à l'aide du treuil,
- . démontage du treuil et de ses accessoires,
- . démontage du batardeau et remblaiement de la tranchée,
- . remise en état du site.

L'épreuve hydraulique

Une fois posée, la canalisation doit subir une épreuve hydraulique réglementaire conformément aux Règles Techniques ayant reçu l'agrément des Autorités françaises. Individuellement, les tuyaux, pièces et organes de la canalisation ont déjà été soumis dans les usines de fabrication à une épreuve sous charge hydraulique sous contrôle d'un organisme spécialisé indépendant et agréé par les Autorités françaises. L'épreuve hydraulique en fin de construction est destinée à vérifier la solidité et l'étanchéité de l'ouvrage réalisé. La pression d'épreuve est supérieure à la pression maximale de service de la conduite mais inférieure à la pression d'épreuve individuelle des éléments en usine.

Cette épreuve est effectuée sous le contrôle d'un organisme spécialisé indépendant agréé par les Autorités françaises, qui veille à la stricte application des procédures d'essais mises en oeuvre. Il est habilité à certifier que l'épreuve est réussie. Pour cette opération, des installations temporaires (compresseurs et pompes) sont mises en place au point d'atterrage à l'emplacement occupé précédemment par les treuils. L'eau nécessaire au remplissage de la canalisation sera pompée dans le canal des Dunes. Elle sera rejetée en mer du Nord dans les eaux norvégiennes à l'autre extrémité de la canalisation.

Après vidange de son eau depuis la plate-forme Draupner E en mer du Nord, la canalisation est essuyée par le passage de plusieurs pistons, puis elle est séchée avant l'introduction du gaz et sa mise en service.

L'après pose

Après les opérations de réception, toutes les installations temporaires au point d'atterrage sont démontées et le site remis en état.

En mer, après l'achèvement des travaux, la navigation dans les chenaux maritimes et l'exploitation dans les zones de pêche peuvent reprendre normalement. Des inspections fréquentes de la canalisation sont effectuées afin de vérifier sa position et sa stabilité.

1.3.2 LES DRAGAGES ET IMMERSIONS ENVISAGES

1.3.2.1 DRAGAGES EN MER ET DANS LA ZONE D'ATTERRAGE

Les opérations de dragage ont pour but d'ouvrir un chenal d'accès pour les barges de pose, et de niveler les zones de mégarides de manière à éviter les portées libres de la canalisation.

Les zones de dragage dans les eaux territoriales françaises ont été divisées en sections (figure 1.5) :

1. Section du batardeau d'atterrage.
2. Section allant de la Fosse de Mardyck jusqu'au batardeau d'atterrage.
3. Section du Banc Saint-Pol.
4. Zone de transition du chenal de la Passe de l'Ouest.
5. Section du Banc de Snouw.
6. Section du Banc de Breedt.
7. Section du chenal entre le Banc de Breedt et le Banc In Ratel.
8. Section du Banc In Ratel.
9. Zone Sud des mégarides.
10. Zone Nord des mégarides du Banc de Bergues.

Les différentes méthodes de dragage envisagées sont les suivantes :

- . La section du batardeau d'atterrage sera vraisemblablement draguée à l'aide d'engins terrestres. Les matériaux extraits seront mis en dépôt à l'extérieur du batardeau, le long des palplanches.
- . Une drague à tête mécanique aspirante (CSD, figure 1.6) sera utilisée pour les sections 2, 3 et 4. Les matériaux de dragage seront déversés dans des trémies, puis immergés sur les dépôts Ouest et Centre, selon les accords passés avec le Port Autonome de Dunkerque et conformément à la réglementation française.

- Les sections 5 et 6 seront draguées à l'aide d'une drague à tête aspirante traînante (TSHD). Les matériaux de dragage seront immergés sur les dépôts Ouest ou Centre.
- Les sections 8, 9 et 10 seront draguées à l'aide d'une drague à tête aspirante traînante (TSHD). Les matériaux de dragage seront immergés de part et d'autre du tracé, à 500 mètres de la ligne médiane, selon les accords passés avec le PAD et conformément à la réglementation française.

Des précautions seront prises de manière à éviter l'immersion des déblais de dragage dans le Passage des Bancs des Flandres, afin de ne pas gêner la navigation.

Les représentants de STATOIL à bord des barges de dragage s'assureront que :

- Les matériaux de dragage sont mis en dépôt au Dépôt Ouest et au Dépôt Centre comme convenu avec le PAD.
- La zone de transition de la Passe de l'Ouest est draguée en direction du Sud, sur une distance de 100 m.
- La profondeur minimale requise pour la Passe de l'Ouest est respectée.

En outre, l'entreprise(s) chargée des travaux de dragage devra mettre en oeuvre et respecter toutes les prescriptions émises par le PAD ou par les autorités maritimes françaises.

Les volumes de dragages ont été réduits au maximum. Ils comprennent le dragage d'approfondissement ainsi qu'une estimation du dragage de maintenance nécessaire en raison des effets continus du courant marin au cours des travaux. Ils sont actuellement estimés être de l'ordre de :

Tableau 1.2 - VOLUMES DE DRAGAGE ESTIMES				
Section	Longueur (m)	Volume d'approfondissement (m ³)	Volume d'entretien (m ³)	Total (m ³)
1	500	12 000	-	12 000
2 et 3	1 400	180 000	120 000	300 000
4, 5, 6 et 8 en partie	6 000	220 000	150 000	370 000
8, 9 et 10	21 900	170 000	110 000	280 000
Total	29 800	582 000	380 000	962 000

1.3.2.2 IMMERSIONS EN MER

L'évacuation des déblais de dragage a été décrit dans le paragraphe précédent.

Il est prévu d'immerger les volumes suivants en mer:

- . le long du batardeau (section 1) : 12 000 m³
- . sur les dépôts Centre et Ouest
du Port de Dunkerque (sections 2 à 6) : 670 000 m³
- . le long du tracé (sections 8 à 10) : 280 000 m³

Les Dépôts Ouest et Centre seront surveillés avant et après les opérations de dragage, de manière à contrôler le niveau des dépôts comme convenu avec le Port Autonome de Dunkerque (PAD).

1.3.2.3 LES REMBLAIEMENTS

Les travaux suivants de remblaiement seront entrepris après la fin des opérations de pose et de raccordement :

- . Démontage du batardeau après le remblai de la canalisation. La tranchée sera remblayée jusqu'au niveau initial du fond marin conformément aux accords passés avec le PAD.
- . La tranchée située entre le Banc Saint-Pol et le batardeau d'atterrage sera remblayée directement par déversement de sable au moyen d'une STSHD (dragage à tête aspirante traînante à trémie) ou par remblayage hydraulique à l'aide d'une épandeuse flottante. Une couverture minimale de 1 mètre est requise dans cette zone.
- . Dans le chenal de la Passe de l'Ouest, la tranchée de la canalisation sera remblayée avec une couche de gravier de 1 mètre d'épaisseur, et une couche de sable, dragué localement, de 0,5 m.

Le déversement du gravier et du sable se fera au moyen d'un navire de déversement à positionnement dynamique, muni d'un tube de descente (figure 1.7). Ce type de bateau transportant des matériaux de remblai n'utilise pas d'ancre, mais un système comportant 4 propulseurs contrôlés par un système à positionnement dynamique, ce qui permet le déversement précis du gravier et du sable sur la canalisation, et réduit les pertes dues au courant.

Tous les travaux de creusement et de remblai seront effectués à l'aide de systèmes bathymétriques, de positionnement et d'inspection les plus récents. Si les conditions ambiantes le permettent un système d'inspection au moyen de véhicules téléguidés (ROV) pourra être utilisé.

Les volumes totaux de remblaiement estimés pour les différentes sections s'élèvent à 13 000 m³ de gravier et 60 000 m³ de sable.

Ce sable sera extrait des zones peu profondes de la Passe de l'Ouest.

1.3.3 LA CONSTRUCTION DE LA CANALISATION TERRESTRE

La construction de la canalisation terrestre se réalise par opérations successives. Chaque opération est exécutée par une équipe spécifique, et les équipes se suivent d'un bout à l'autre de l'ouvrage. Les opérations suivantes sont prévues :

Création d'une piste de circulation et de travail...

Une piste de travail de 30 à 35 m de large est aménagée de manière à permettre le passage des engins et le montage de la conduite. Les tubes d'un diamètre nominal de 1,1 m sont ensuite stockés tout le long de la piste de travail et leur cintrage effectué aux endroits qui le nécessitent par une cintreuse.

Ouverture de la tranchée et assemblage de la conduite...

La tranchée dans laquelle la conduite doit être mise en place est creusée par une trancheuse à roues ou à chaînes et les déblais extraits sont déposés en cordon le long de la fouille. La largeur de la tranchée sera d'environ 8 m (au niveau du terrain naturel) selon la nature du terrain. De même sa profondeur variera de façon à enterrer la conduite sous une épaisseur minimale de 1,0 m. La tranchée sera élargie aux points de raccordement et approfondie pour le passage des différents points singuliers.

Un drainage de la tranchée sera effectuée pour la maintenir hors d'eau durant les travaux de pose et de soudage qui seront effectués dans la tranchée.

L'assemblage des tubes s'effectue par soudage avec un niveau équivalent de soin et de contrôle que pour la canalisation sous-marine (paragraphe 1.3.1).

Remblayage et remise en état...

Le remblayage s'effectue après les opérations de contrôle de l'assemblage. Il s'effectue avec le sol excavé précédemment. Après le remblayage de la tranchée, on procède à la remise en état des terrains occupés.

Epreuve hydraulique réglementaire...

La canalisation doit subir, conformément aux Règles Techniques, une épreuve hydraulique destinée à vérifier la solidité et l'étanchéité de l'ouvrage. Ces opérations s'effectueront à partir de la station d'atterrage dans les mêmes conditions que pour la canalisation sous-marine.

Points singuliers...

La canalisation terrestre traverse les points singuliers principaux recensés dans le tableau n° 1.3 nécessitant des opérations particulières.

Type	Nombre
Routes goudronnées	7
Chemins de terre	4
Voie ferrée	1
Canal des Dunes	1
Câbles et canalisations souterrains	3
Ligne électrique haute tension	1
Galerie technique souterraine	1
Fossés et ruisseaux	3

Les franchissements des routes, chemins et fossés ainsi que des réseaux souterrains s'effectueront à ciel ouvert. Les voies ferrées ainsi que la galerie technique souterraine et la route adjacente seront franchies par forage ou par fonçage. Enfin, le franchissement du canal des Dunes s'effectuera vraisemblablement par microtunnelier. Cette technique permet de réduire les volumes d'excavation pour les larges ouvrages à traverser.

L'après pose

Dans les prairies et les milieux non cultivés, les graines conservées dans la terre arable remise en place et la "revégétalisation" éventuelle couvrent rapidement la piste. La canalisation ne sera alors repérable que par les bornes et/ou les balises qui la jalonnent. Des inspections de la canalisation sont ensuite effectuées à intervalle régulier.

1.3.4 LES OUVRAGES ANNEXES

Les ouvrages annexes comprennent la station d'atterrage sur la plage et la gare de piston-râcleur dans l'enceinte du terminal de réception.

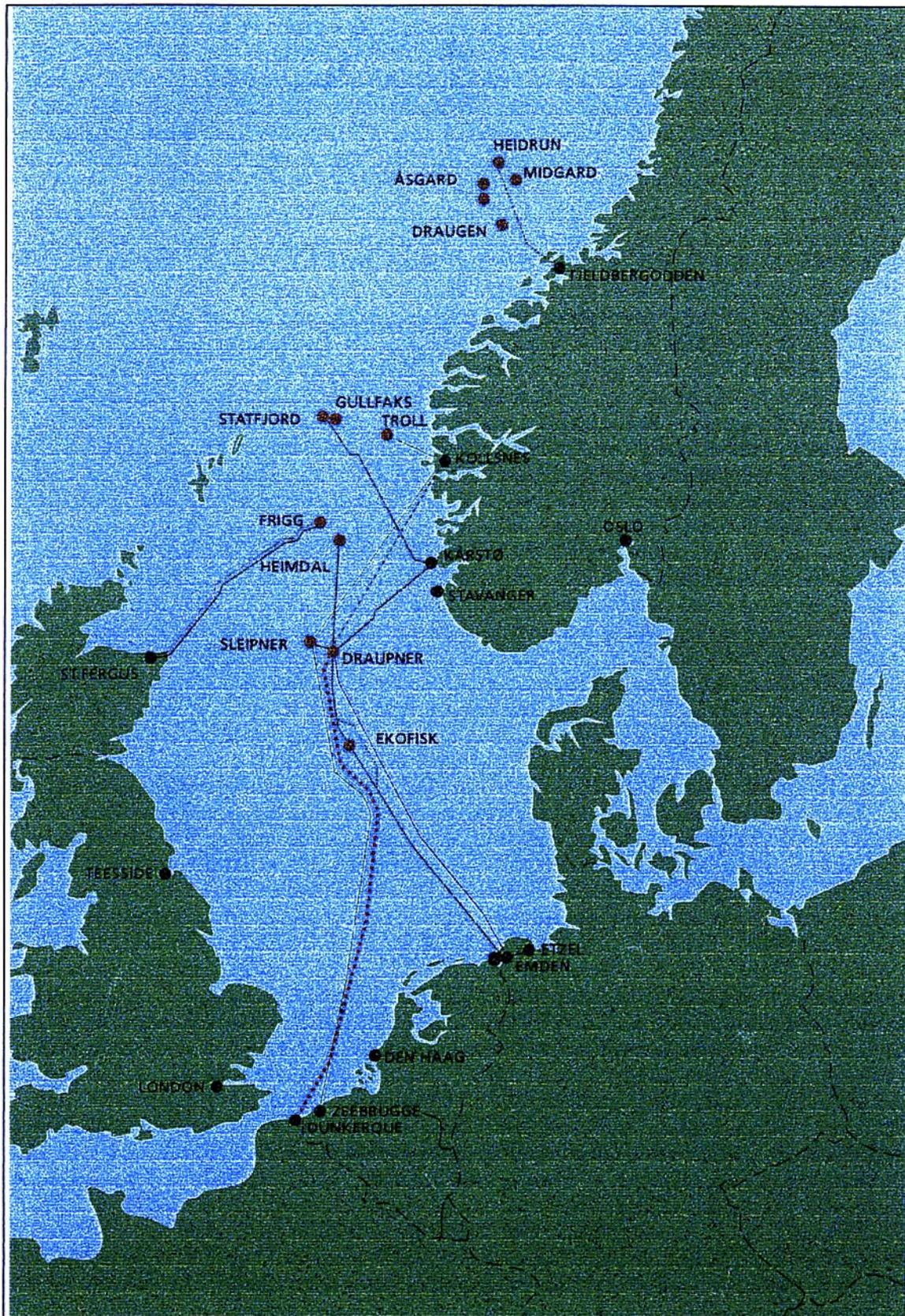
La construction de la station d'atterrage inclut les travaux de génie civil comprenant les fondations de la station, le creusement de la fosse, le coffrage et le bétonnage. Ces travaux seront suivis de l'installation des vannes principales, des tuyauteries, du système électrique et de l'instrumentation.

1.3.5 PLANNING DES TRAVAUX

Les travaux de construction s'étaleront sur 16 mois environ entre mars 1997 et juin 1998.

Le tableau ci-dessous résume la durée des principales phases de travaux.

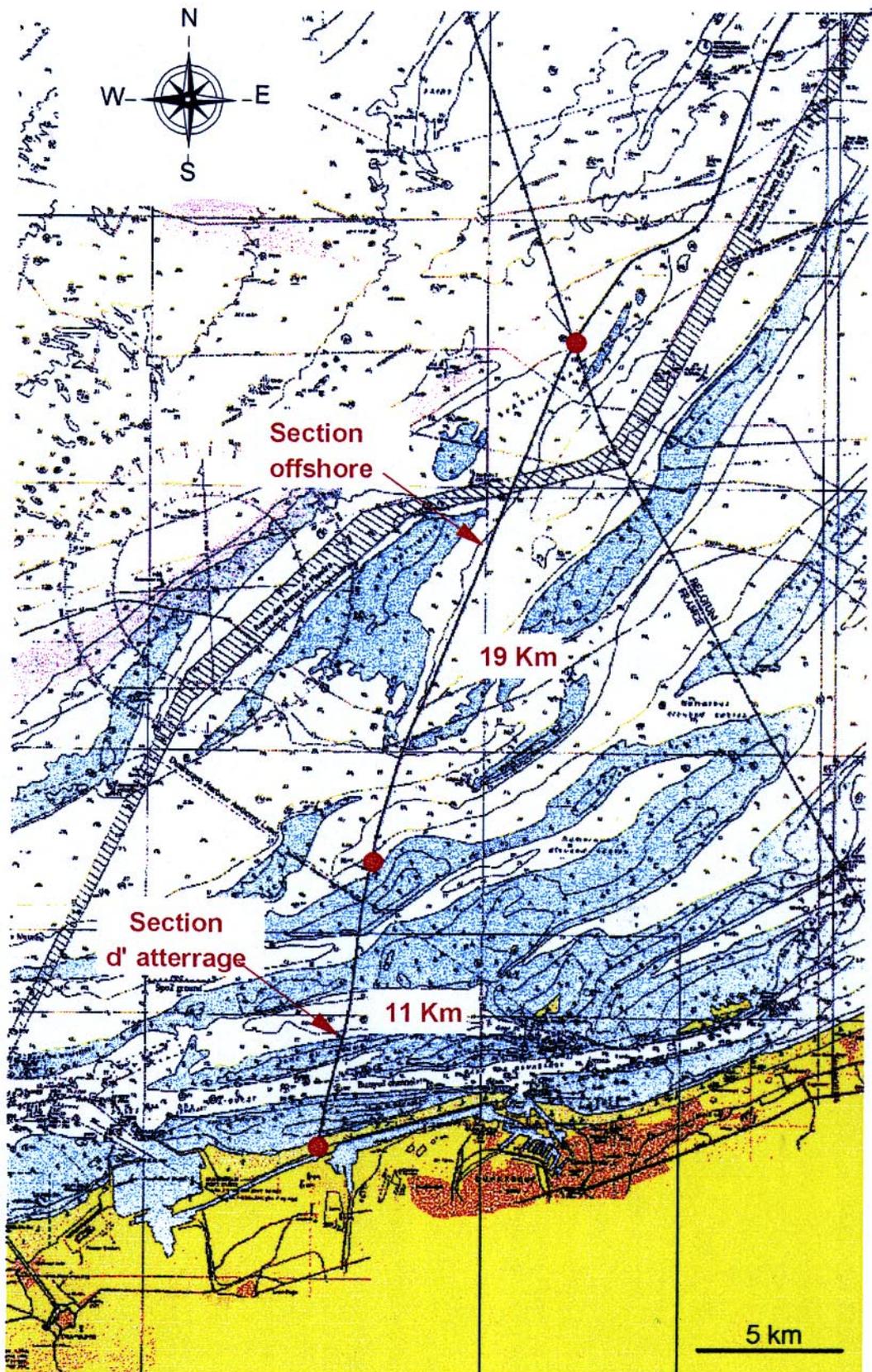
Tableau 1.4 - DUREE ESTIMEE DES TRAVAUX				
	Mois			
	0	6	12	18
Construction du batardeau	■			
Dragages en mer		■		
Pose en mer et sur la plage		■		
Ensouillement et remblaiement en mer et sur la plage		■		
Pose de la canalisation terrestre	■			
Station d'atterrage		■		
Gare de piston-râcleur		■		
Essais et épreuve hydraulique			■	



Mars 1996	CANALISATION NORFRA - Etude d'impact	
	RESEAU DES GAZODUCS NORVEGIENS ET TRACE DE LA NOUVELLE CANALISATION (STATOIL 1996)	51 8882 Fig. 1.1



Mars 1996	CANALISATION NORFRA - Etude d'impact	
	OUVRAGES REALISES EN FRANCE (GDF 1995)	51 8882
		Fig. 1.2



Mars 1996

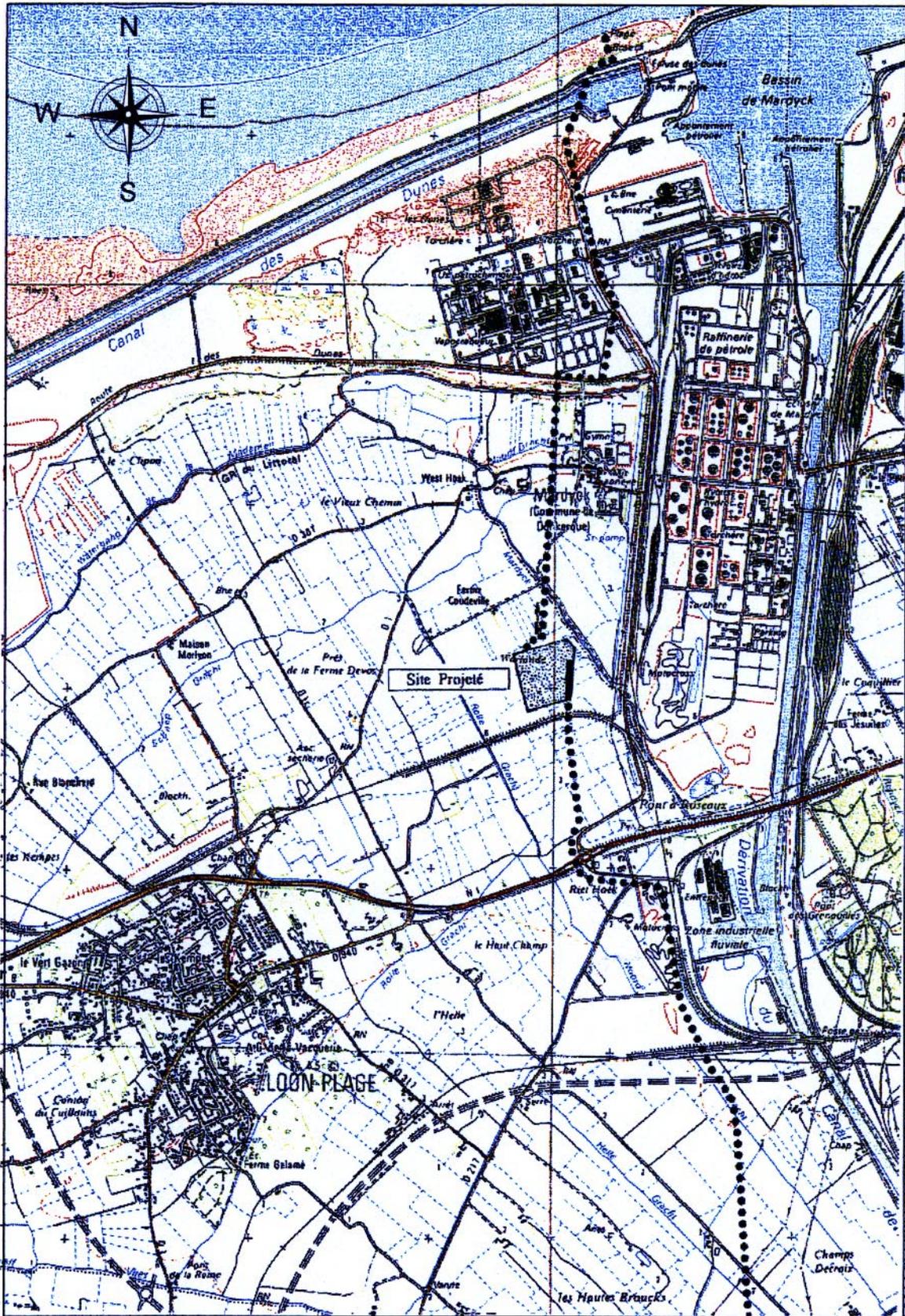
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



**TRACE EN PLAN DE LA CANALISATION
DANS SA PARTIE FRANCAISE MARITIME
(STATOIL 1996)**

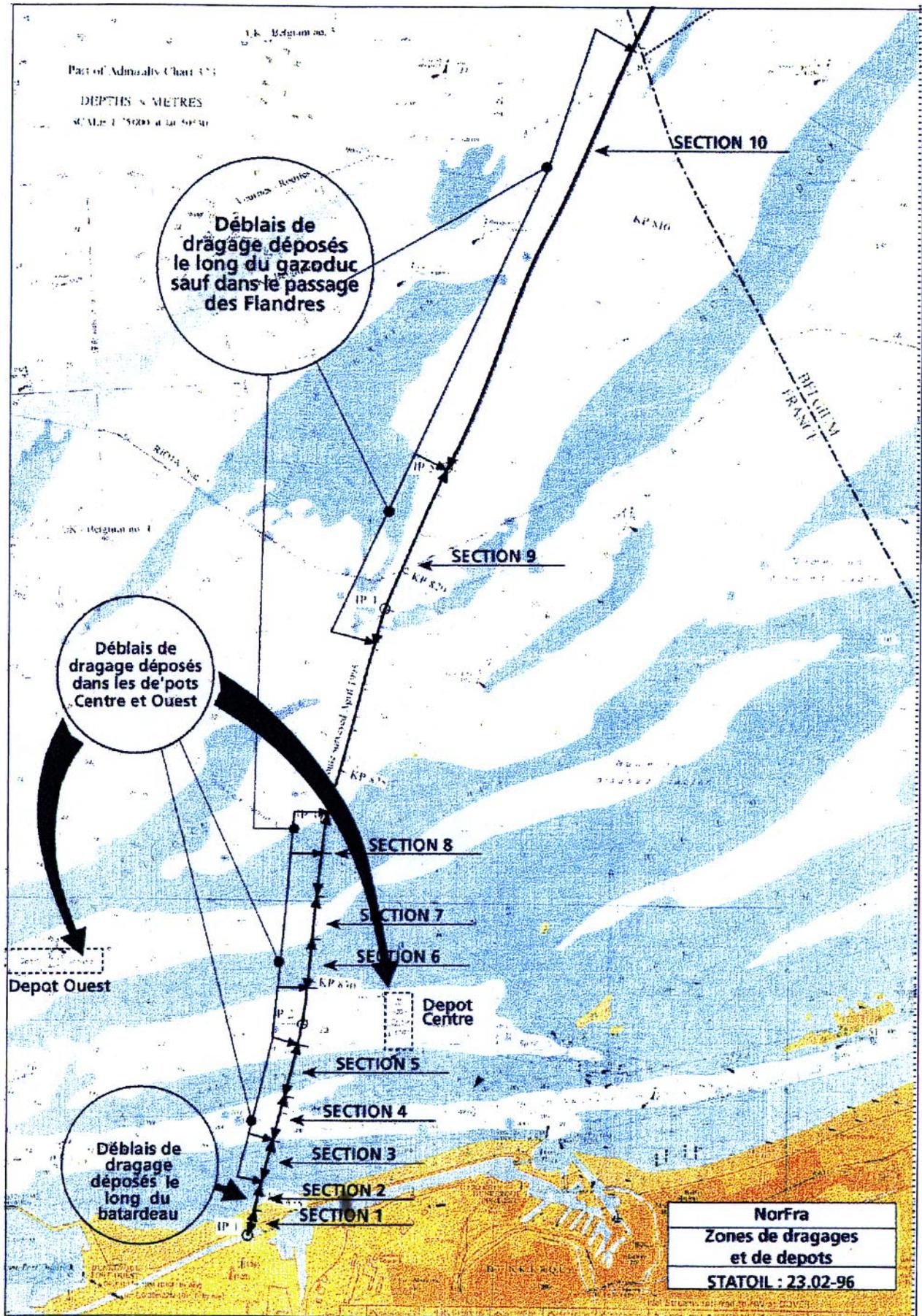
51 8882

Fig. 1.3



1 Km

Mars 1996	CANALISATION NORFRA - Etude d'impact	
	TRACE EN PLAN DE LA CANALISATION ENTRE LA STATION D'ATERRAGE ET LE TERMINAL (STATOIL 1996)	51 8882 Fig. 1.4



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

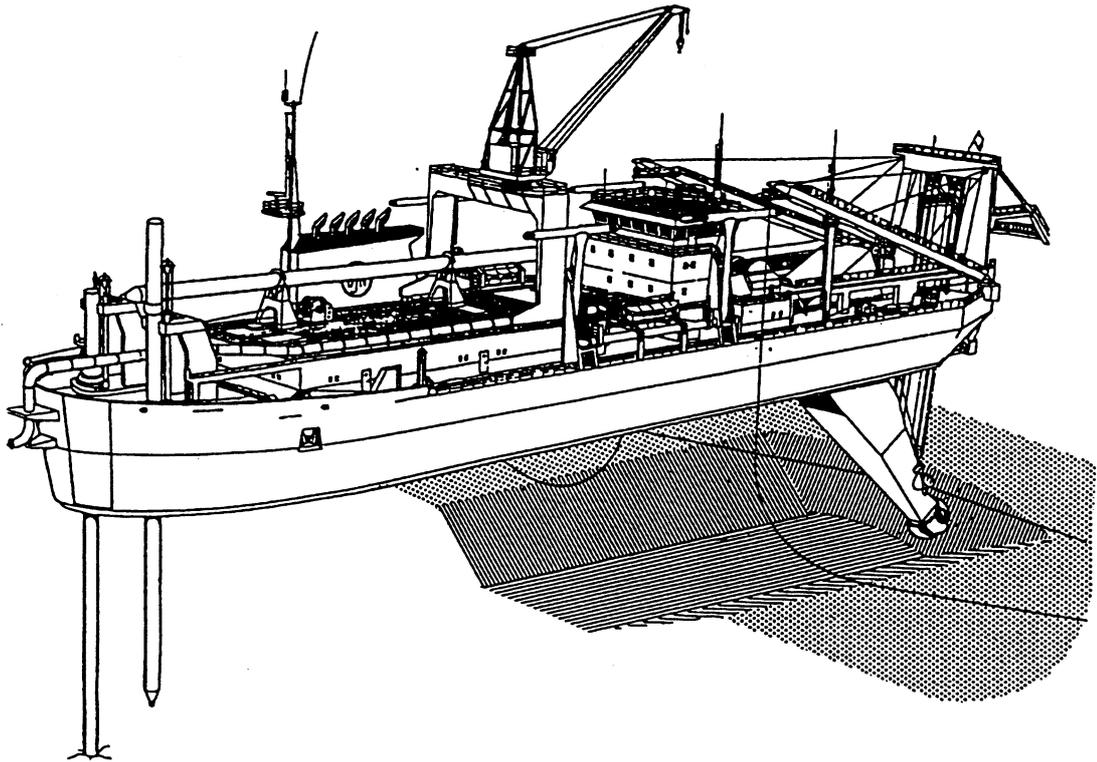


**ZONES DE DRAGAGE ET D'IMMERSION
 ENVISAGEES**

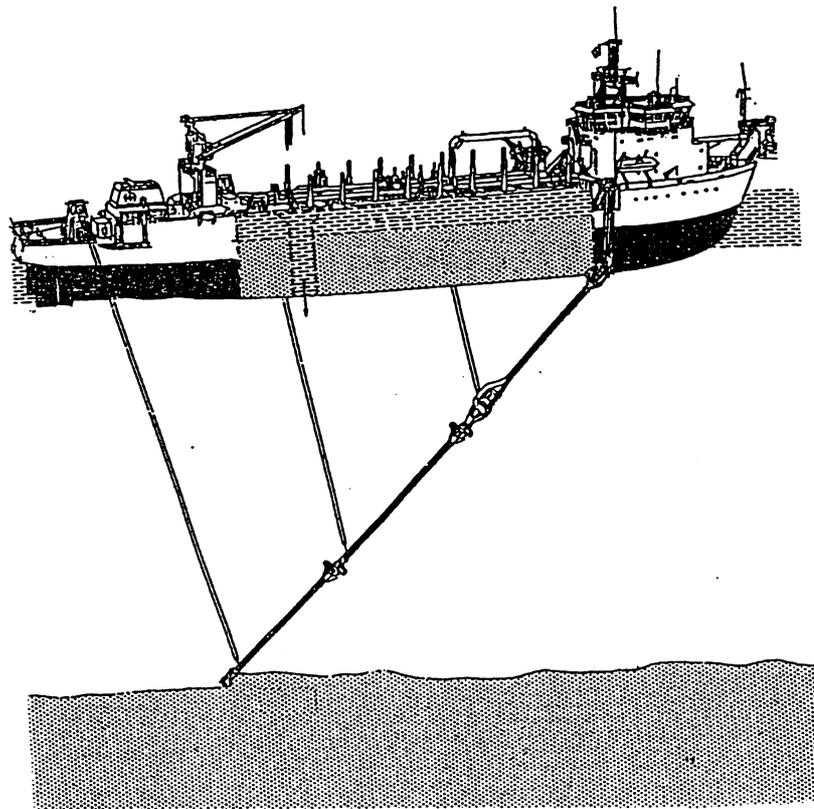
51 8882

Fig. 1.5

DRAGUE ASPIRATRICE A DESAGREGATEUR (CSD)



DRAGUE ASPIRATRICE PORTEUSE A ELINGUE TRAINANTE (TSHD)



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

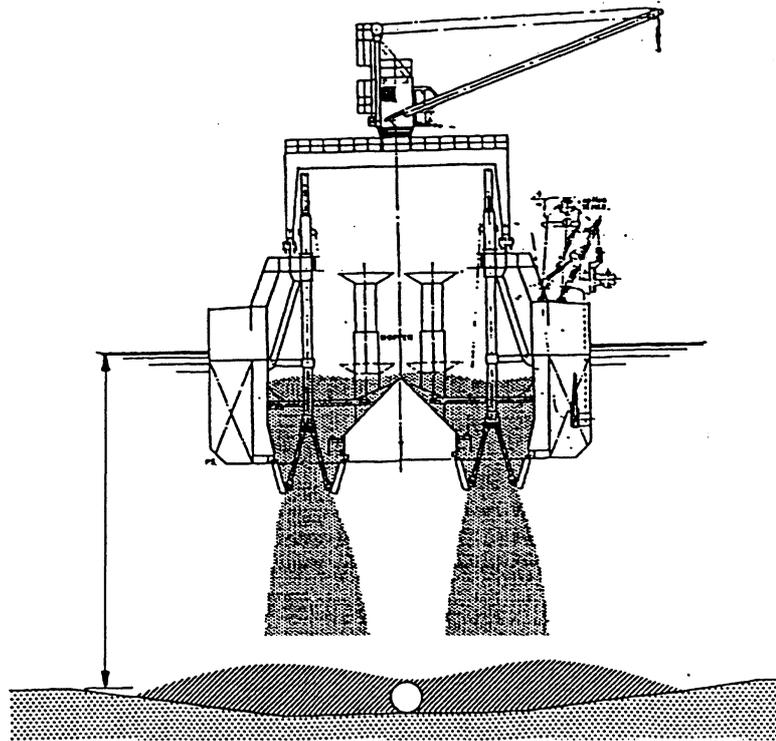
▼
SOGREAH
INGENIERIE

LES ENGINES DE DRAGAGES PREVUS

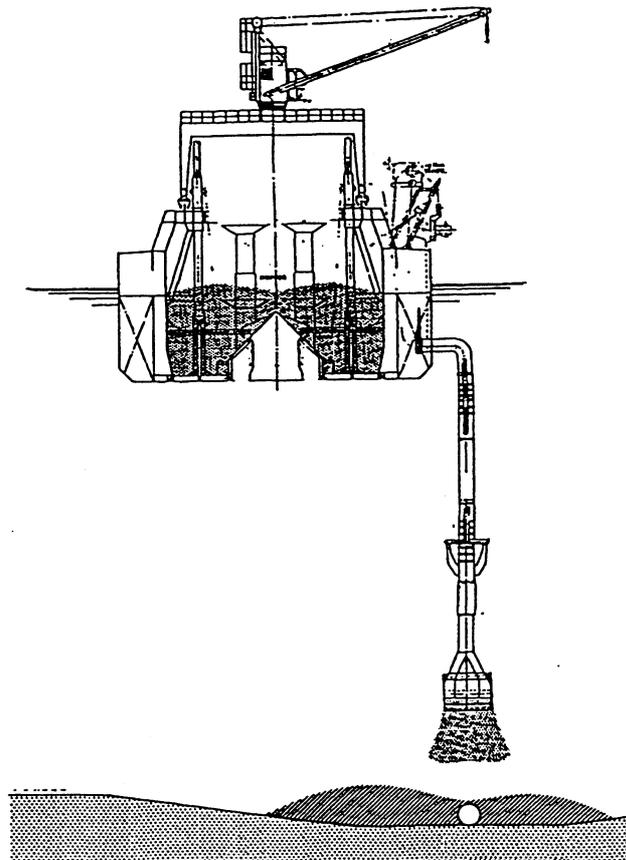
51 8882

Fig. 1.6

IMMERSION PAR FAIBLES FONDS



IMMERSION CONTROLEE PAR PROFONDEURS IMPORTANTES



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

SOGREAH
INGENIERIE

LES METHODES D'IMMERSION

51 8882

Fig. 1.7

Chapitre 2

ETAT INITIAL

2.1 PRESENTATION ET LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude d'impact présentée dans ce document est relative à la canalisation marine reliant les limites marines territoriales françaises au littoral Nord - Pas-de-Calais prolongée par une canalisation terrestre pour parvenir au terminal de régulation/comptage du gaz, situé à terre à 3,7 km du point d'atterrage. Une étude d'impact spécifique a également été réalisée pour le terminal et une autre pour la canalisation terrestre reliant ce terminal au site de stockage souterrain de Gournay-sur-Aronde (Oise). Pour assurer un lien entre ces différents documents, une présentation du fuseau d'étude du projet global est effectuée ci-après.

2.1.1 LOCALISATION DU PROJET

La zone d'étude du projet global s'étend de la limite marine territoriale française située dans la mer du Nord pour la partie Nord, au site de stockage souterrain de Gournay-sur-Aronde (Oise, 15 kilomètres au Nord de Compiègne) pour la partie Sud.

Il fait approximativement 200 kilomètres de long sur 27 kilomètres de large en moyenne (représentant une surface moyenne de 4600 km²) (figure 2.1). Il s'insère entre les villes de Dunkerque et Calais pour la partie Nord et les villes de Bruay-la-Buissière, Hesdin, Amiens, Roye pour la partie médiane et méridionale.

En raison de l'influence humaine, des contraintes naturelles (réserves naturelles), des contraintes maritimes (avant-port de Dunkerque), 3 sites d'atterrage de la canalisation sous-marine ont été retenus dans le cadre de l'étude d'impact. Ce sont les sites 1, 2 et 3 situés respectivement à Calais, Oye-Plage et Dunkerque Ouest.

Ces trois sites, ainsi que leur tracé associé, ont fait l'objet d'études écologiques fines.

Les départements concernés par le fuseau sont :

- . le Nord (59) : Partie Nord Occidentale du département,
- . le Pas-de-Calais (62) : Partie médiane du département,
- . la Somme (80) : Partie médiane du département,
- . l'Oise (60) : Partie extrême Nord du département.

La Région Nord - Pas-de-Calais regroupe les départements du Nord et du Pas-de-Calais. La Région Picardie regroupe les départements de la Somme et de l'Oise.

2.1.2 PRESENTATION DU FUSEAU D'ETUDE DU PROJET GLOBAL

Le fuseau d'étude tel qu'il est décrit dans le paragraphe précédent a été défini à partir d'une analyse générale des contraintes régionales suivantes (figure 2.1) :

1. Ainsi, la partie septentrionale du fuseau (limite mer du Nord) a été délimitée par les villes de Dunkerque et Calais. Les contraintes posées par Calais rejettent un éventuel atterrissage plus à l'Ouest. Le tunnel sous la Manche et ses installations terrestres, la configuration de la côte (falaises) et surtout la surlongueur de la partie marine conduisent à abandonner cette possibilité. A l'Est, la zone située entre Dunkerque et la frontière belge contient de trop nombreuses contraintes pour être incluse dans le fuseau. En effet, les 13 kilomètres séparant l'agglomération dunkerquoise de la frontière belge sont fortement urbanisés (Malo-les-Bains, Zuydcoote, Bray-Dunes). Ils représentent un site touristique d'intérêt économique majeur (plage des Côtes de la mer du Nord) ; ils contiennent un cordon dunaire d'importance écologique qui assure une protection vis-à-vis des agressions marines. Enfin, ils sont en partie occupés par des zones militaires. Pour ces raisons, la zone Est de Dunkerque a été écartée du fuseau d'étude.
2. La limite septentrionale Ouest a été définie par la présence du Parc Naturel Régional du Boulonnais.
3. La limite septentrionale Est est figée par la présence :
 - . de la frontière belge,
 - . de l'autoroute A25-E42 (Lille-Dunkerque),
 - . des Monts de Flandres à partir de Cassel.
4. La limite médiane Est a été fixée à l'Ouest de Bruay-la-Buissière en raison de la présence de nombreuses agglomérations (Béthune, Lens, Arras, Bruay) à l'Est.

5. La limite médiane Ouest a été tracée par prolongement de la limite Nord-Ouest précédemment décrite, tout en évitant les villes d'Hesdin et d'Amiens.
6. La largeur du fuseau est ainsi comprise entre 32 et 40 kilomètres ; dans la mesure du possible, cette largeur a été conservée jusqu'au franchissement de la Somme.
7. La limite méridionale Est est fixée par la présence de l'autoroute A1 (Paris-Lille) et du TGV Nord.
8. Après le franchissement de la Somme et compte tenu de la position du stockage de Gournay-sur-Aronde, la largeur du fuseau a été progressivement réduite à quelques kilomètres.

2.1.3 PRESENTATION DU FUSEAU D'ETUDE MARIN POUR LA CANALISATION NORFRA

A partir de la délimitation du fuseau d'étude du projet global présenté précédemment, la limite maritime du fuseau d'étude pour la canalisation NORFRA a été établie en tenant compte du fait que la section offshore de la canalisation emprunte les eaux territoriales belges et qu'elle évite les rails de navigation du détroit du Pas-de-Calais.

Le fuseau d'étude s'étend donc de Calais à Dunkerque pour la partie littorale et se prolonge en mer jusqu'aux bancs sous-marins du Ruytingen (figure 2.3).

2.1.4 PRESENTATION DU FUSEAU D'ETUDE TERRESTRE POUR LA CANALISATION NORFRA

A partir de la délimitation du fuseau d'étude du projet global présenté précédemment, le fuseau d'étude terrestre de la canalisation NORFRA a été défini en reprenant les limites latérales Ouest et Est du fuseau du projet global et en plaçant la limite Sud à 5000 m à l'intérieur des terres. Cette distance correspond au maximum raisonnable pour l'implantation du terminal de régulation/comptage qui doit se trouver le plus près possible du point d'atterrage.

Ainsi le fuseau d'étude retenu (figure 2.2) s'étend sur une distance de 27 km entre l'Hoverport de Calais à l'Ouest et la digue du Braek protégeant le bassin maritime du port de Dunkerque à l'Est. Entre ces deux points, le littoral comprend :

- . une série de plages sableuses qui s'étend sur 15 km entre l'Hoverport et les villes de Grand Fort et Petit Fort Philippe,
- . le débouché endigué du fleuve Aa qui coule entre ces deux villes,

- . la centrale nucléaire de Gravelines avec son canal de rejet en mer,
- . l'avant-port Ouest du port de Dunkerque,
- . une plage de 4 km de long située entre la jetée Est de l'Avant-Port Ouest (dite jetée du Clipon) et la digue du Braek.

L'intérieur des terres est constitué par les Wateringues. Ce sont des terrains gagnés sur la mer par drainage et dont la vocation est essentiellement agricole.

2.1.5 ORGANISATION DE L'ETUDE DE L'ETAT INITIAL

Le bilan initial présenté ici a été réalisé en quatre parties :

- . les caractéristiques physiques du milieu incluant aussi bien les aspects terrestres et littoraux que les aspects proprement marins. Des liens étroits existent en effet entre ces trois milieux dans la zone d'étude considérée,
- . l'écologie marine,
- . l'écologie terrestre,
- . le contexte humain et socio-économique qui inclut là aussi l'ensemble des aspects terrestres, littoraux et marins.

2.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU MILIEU

2.2.1 GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE ET PAYSAGE

2.2.1.1 GEOLOGIE

Le secteur d'étude appartient à la bordure méridionale de la Mer du Nord jusqu'au Crétacé Supérieur (Vicaire, 1991). Son substratum est essentiellement constitué par les formations tertiaires du bassin belge.

Au cours du Pléistocène, les fluctuations climatiques entraînent de grandes variations du niveau marin. La faible profondeur de la Mer du Nord, surtout dans sa partie occidentale, fait qu'elle a été particulièrement remaniée. Les traces d'érosion correspondent aux paléo-vallées, remblayées en partie ou en totalité par les nappes alluviales ou les sédiments mis en place lors de la transgression flandrienne. Les accumulations sédimentaires de la période flandrienne favorisent le comblement de la plaine maritime et la construction des édifices sableux de grandes dimensions.

Du point de vue des faciès, on trouve en surface des sables sur 20 ou 30 m d'épaisseur et en dessous l'argile (flandrien) dont le toit sur le littoral varie entre -25 m et -30 m ZH⁽¹⁾.

2.2.1.2 GEOMORPHOLOGIE ET PAYSAGE

Le fuseau d'étude inclut la zone des Wateringues, le littoral et les fonds marins.

La côte est rectiligne, plate, basse, formée d'alluvions sableuses d'origine assez récente. L'estran est très développé de Calais à l'avant-port Ouest de Dunkerque (largeur comprise entre 500 et 1700 m). Il est plus réduit de l'avant-port Ouest à la frontière belge (300 à 600 m de large).

Le littoral est généralement bordé de dunes dont l'altitude maximale est de l'ordre de +18 m ZH. Entre Calais et Gravelines, on distingue deux massifs dunaires principaux : les dunes du Fort-Vert à l'Est de Calais et les dunes du platier d'Oye à l'Ouest de Grand-Fort-Philippe. Il s'agit là de dunes d'accumulation. Une fois établies le long des positions de la ligne de rivage, elles ne sont jamais plus attaquées par les vagues car le rivage est très vite reporté à bonne distance. A l'Est de l'avant port Ouest se situe le massif dunaire du Clipon.

Les fonds marins sont caractérisés par des bancs de sables appelés aussi "Ridens", orientés Ouest/Sud-Ouest ; Est/Nord-Est dont le sommet atteint une cote moyenne comprise entre -7 et -3 m ZH (figure 2.2). Leur longueur s'échelonnent entre 8 et 60 kilomètres pour une largeur comprise entre 1 et 5 kilomètres. Ils sont séparés par des zones plus profondes.

On distingue classiquement les groupes de bancs suivants :

- les bancs de Calais (Ridens de Calais et de la Rade),
- les bancs du large (Dyck, Ruytingen, Bergues),
- les bancs de Dunkerque (In Ratel, hauts-fonds de Gravelines, Saint-Pol, Breedt, Snouw et Braek).

⁽¹⁾ ZH : les cotes sont rapportées au zéro hydrographique des cartes marines. Dans notre cas, il s'agit du zéro hydrographique de Gravelines qui est plus bas de 0,26 m par rapport au zéro hydrographique de Dunkerque.

2.2.2 CLIMAT

2.2.2.1 VENT

Le vent est mesuré par la Météorologie Nationale à 2 stations météorologiques situées sur le littoral :

- Station de Dunkerque : 51°03'N et 2°20'E.
- Station de Calais-Mark : 50°58'N et 1°58'E.

Les statistiques des vents sont établies par la Météorologie Nationale. Les roses des vents ainsi établies couvrent la période 1949-1975 pour Calais et 1951-1980 pour Dunkerque (figure 2.4).

Le vent souffle presque en permanence puisqu'il n'y a qu'un peu plus de 1 % de calme dans l'année. Pour les 2 stations, les vents dominants proviennent du secteur Ouest/Sud-Ouest à Sud/Sud-Ouest. Ce secteur est mieux marqué par rapport aux autres directions pour la station de Calais (29,6 %) que pour Dunkerque (26,6 %). La plupart du temps, il est assez fort. Les vents supérieurs à 8 m/s représentent 34 % des vents annuels à Dunkerque.

La direction dominante est Sud-Ouest à Ouest, principalement en été. Au printemps et en hiver, il existe une proportion assez forte des vents de Nord-Est.

2.2.2.2 PRECIPITATIONS

La moyenne des précipitations sur les dix dernières années est de 697 mm/an. Les mois les moins pluvieux sont les mois de février à mai.

2.2.2.3 TEMPERATURE DE L'AIR

La température moyenne annuelle, répartie sur les dix dernières années, est de 10,8°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août, les plus froids janvier et février. La température moyenne mensuelle la plus basse observée sur les dix dernières années est de -3,9°C.

Le tableau ci-dessous donne la répartition des températures mensuelles moyennes sur les dix dernières années :

Tableau 2.1 - TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES (en °C)											
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4,6	4,2	7,1	9,2	12,4	14,9	17,6	17,8	15,7	12,5	7,9	6,5

2.2.2.4 TEMPERATURE DES EAUX MARINES (station marine de Wimereux, 1994)

Les données enregistrées à la station de référence pour le suivi écologique de la centrale de Gravelines (située au Nord de la passe de l'Ouest, au droit de l'Avant-Port Ouest), indiquent une température minimale moyenne mensuelle (1976-1991) de 5,06°C au mois de janvier et une température maximale au mois d'août : 18,78°C. Le réchauffement de la masse d'eau ne débute qu'au mois de mai, et le refroidissement commence entre le mois d'octobre et le mois de novembre.

Spatialement, sur le plan horizontal les variations de température se font sentir dans le sens côte-large, et non parallèlement à la côte en raison de la circulation des masses d'eau. L'été, les eaux côtières sont plus chaudes que les eaux du large, et inversement en hiver, en raison de la différence de profondeur. Ces écarts de température sont toutefois faibles : de l'ordre de 0,5°C entre la côte et le banc du Dyck.

Sur la verticale, la masse d'eau apparaît soit homogène (banc du Dyck) soit stratifiée (sur le site de la communauté à *Abra alba*). Cette stratification est d'autant plus importante que nous nous rapprochons du canal de rejet de la centrale de Gravelines ainsi que du débouché de la rivière Aa. En dehors de ce secteur, la présence d'une stratification verticale est principalement imputable à un hydrodynamisme faible, l'énergie solaire n'étant pas redistribuée sur l'ensemble de la colonne d'eau.

2.2.3 HYDROLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DES WATERINGUES

La zone des wateringues s'étend sur une bande côtière d'une largeur comprise entre 12 et 20 km tout le long de la zone d'étude. Il s'agit de terrains à vocation essentiellement agricole gagnés sur la mer par drainage progressif des sols. Ils se caractérisent par une faible altitude et une faible perméabilité des sols.

Les Wateringues sont quadrillés par un réseau ancien et fort complexe de petits canaux (watergangs) vidangés à marée basse qui assure le drainage des terres. Les watergangs fonctionnent alternativement en drainage (d'octobre à avril, en principe) et en irrigation le reste du temps à la demande. L'Aa et d'autres canaux de navigation, qui traversent les Wateringues, alimentent les watergangs en période d'irrigation. Toute l'eau d'irrigation n'est pas "consommée". Une partie est rejetée à la mer par les exutoires des Wateringues.

La collecte des eaux est assurée par des collecteurs situés dans le point bas de chaque champ. Un drain de sortie assure alors l'écoulement des eaux vers les watergangs voisins. Chaque watergang, alimenté par les champs de son bassin versant, alimente un watergang principal ou canal.

Ces canaux acheminent alors les eaux soit vers la mer du Nord, par le biais d'une station de relevage pompant dans un canal exutoire, soit vers les canaux de navigation (Haute-Colme, l'Aa, etc.).

Le passage vers la mer du Nord n'est pas continu durant la journée. Ainsi, les portes seront fermées, à marée montante et à marée haute, par un système automatique. De la même façon, les portes sont ouvertes à marée descendante et à marée basse. Ceci permet de limiter les intrusions salines par les watergangs.

Les portes sont également fermées lors de grandes marées ou lors de fortes tempêtes. Dans ce cas, l'eau des Wateringues est évacuée par pompage dans le canal exutoire vers la mer par-dessus la porte.

Dans des conditions exceptionnelles, lors de fortes pluies couplées à des conditions de tempête, l'ensemble des eaux arrivant à la station de pompage ne peut être évacué, le niveau d'eau monte dans les watergangs et peut noyer certains champs.

Cette zone des Wateringues est également caractérisée par une nappe d'eau douce de surface superposée à une nappe salée liée à l'intrusion de la mer du Nord dans les sables "Pissards". Cette nappe d'eau douce s'écoule de manière préférentielle vers la mer. Le passage eau douce/eau salée se marque par une augmentation progressive en profondeur de la salinité jusqu'à 20 ‰. La répartition des courbes d'isosalinité se fait en fonction de la charge hydraulique induite par la masse d'eau douce sus-jacente.

2.2.4 HYDROLOGIE MARINE

2.2.4.1: LA MAREE

La marée, du type semi-diurne, résulte de l'interférence d'une onde de marée venant de l'Atlantique par la Manche et d'une autre descendant par la Mer du Nord, le long de la côte anglaise. La courbe de marée est généralement dissymétrique : le montant est plus court que le perdant, surtout en vive-eau, d'environ 1 à 2 h. Le tableau 2.2 ci-après présente les caractéristiques de la marée à Calais, Dunkerque et Gravelines. Les cotes sont exprimées par rapport au zéro hydrographique.

Tableau 2.2 - LES NIVEAUX DE LA MAREE (en mètres)				
Port		Dunkerque	Gravelines	Calais
Marée de vive-eau moyenne (C95)	Cote de pleine mer	5,3	5,9	7,2
	Cote de basse mer	0,6	0,5	1,0
Marée de morte-eau moyenne (C45)	Cote de pleine mer	4,8	4,9	6,0
	Cote de basse mer	1,4	1,3	2,2

Les valeurs présentées sont les valeurs théoriques prévues par le Service Hydrographique de la Marine (SHOM). A ces cotes peuvent s'ajouter d'importantes surcotes ou se soustraire des décotes qui dépendent des conditions atmosphériques.

L'ajustement statistique des cotes de pleines mer enregistrées à Dunkerque conduit à une surcote :

- . annuelle de 1,04 mètre,
- . décennale de 1,49 mètre,
- . centennale de 1,94 mètre.

2.2.4.2 LES AGITATIONS

Les données utilisées dans cette étude proviennent :

- . d'une part, d'observations visuelles effectuées régulièrement au large par des officiers de certains navires marchands français sélectionnés, qui sont recueillies et archivées par la Météorologie Nationale,
- . d'autre part, des mesures d'agitation à la côte ont été effectuées lors de l'étude du nouvel avant-port de Dunkerque en 1971 par le Laboratoire National d'Hydraulique.

La direction dominante des houles au large est le secteur Nord/Nord-Ouest à Nord/Nord-Est (66,4 %). Les agitations de longue période proviennent du secteur Nord. Le secteur Ouest à Nord-Ouest est prédominant, surtout en hiver. Vient ensuite le secteur Nord à Nord-Est lié à des coups de vent de Nord-Est au printemps.

Pendant 75 % du temps, les agitations ne dépassent pas 1,25 mètre. Les fortes hauteurs à la côte sont fonction de la direction au large, de la réfraction sur les fonds très irréguliers à cause de fosses et de bancs et du niveau de la mer.

Les hauteurs de houle de tempêtes extrapolées à partir des observations disponibles sont fournies dans le tableau 2.3 :

Tableau 2.3 - HAUTEURS DE HOULE EXTREMES				
Lieu	Hauteur significative de la houle en (m)			Profondeur en m (ZH)
	Annuelle	Décennale	Centennale	
Dunkerque Est	4,1	5,7	7,4	6 à 13
Dunkerque Ouest	4,9	6,8	8,7	6,2
Passe de l'Ouest	6,6	9,1	11,6	13,5

A l'approche de la côte, les agitations subissent un phénomène de réfraction qui peut provoquer des renforcements ou des atténuations de l'amplitude plus ou moins complexes suivant la topographie des fonds (bancs ou ridens devant Calais et Dunkerque) et le niveau de la mer.

2.2.4.3 LES COURANTS (Vicaire, 1991)

Les courants de marée sont périodiques : leur période est celle de la marée qui leur donne naissance (12 h 24 mn). On distingue le courant de flot ou flot, qui commence entre la basse mer et la pleine mer, et le courant de jusant ou jusant qui commence entre la pleine mer et la basse mer.

L'intensité des courants dépasse partout 1,5 noeud (0,8 m/s) lors des plus grandes marées. Ils sont maximaux dans le détroit du Pas-de-Calais (plus de 1,5 m/s) du fait de l'entonnement qui s'y produit. En règle générale, le courant de flot est supérieur au courant de jusant. Près de la côte, les courants sont sensiblement alternatifs. Ils suivent la direction des chenaux entre les bancs. Les vitesses varient rapidement d'un point à un autre en fonction de la configuration des fonds.

L'interprétation des nombreuses mesures disponibles en terme de phase de courant dominante a permis de déterminer le schéma régional suivant :

- . influence prépondérante du jusant au Nord des bancs de Dyck,
- . influence prépondérante du flot entre les bancs de Dyck et la côte avec un gradient des vitesses de courant décroissant de l'Ouest vers l'Est.

2.2.5 SEDIMENTOLOGIE MARINE ET MORPHODYNAMIQUE

2.2.5.1 NATURE ET ORIGINE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS (Vicaire, 1991)

Une cartographie détaillée de la répartition des sédiments superficiels sur la zone d'étude a été effectuée par Vicaire (1991) et est reproduite sur la figure 2.5. On distingue essentiellement trois grands types de sédiments dans la zone d'étude :

- . les sables fins (diamètre moyen compris entre 0,063 à 0,2 mm),
- . les sables moyens (diamètre moyen compris entre 0,2 à 0,5 mm),
- . les cailloutis (diamètre moyen supérieur à 2 mm) composés essentiellement de silex.

La fraction fine silteuse (pélites de diamètre inférieur à 0,063 mm) est généralement absente sauf en quelques endroits décrits ci-après.

Les bancs du large sont constitués de sable moyen à grossier. Les bancs de Calais et de Dunkerque sont essentiellement constitués de sables moyens, homogènes et peu calcaires.

Deux autres types de sédiments s'observent également dans le secteur des bancs de Dunkerque : les sables fins et les sables vaseux. Des sables fins ont été observés à la fois sur les blancs du Snouw, du Braek et du Breedt à des profondeurs comprises entre 0 et 15 m et dans la plupart des chenaux entre ces bancs à des profondeurs de 15 à 20 m. La fraction silteuse peut se trouver uniquement dans les chenaux dans une proportion ne dépassant pas 5 %.

Les sables vaseux sont ceux contenant plus de 5 % de pélites. On les trouve sur les zones de rejet de dragage et devant l'entrée des avant-ports Ouest et Est de Dunkerque où les teneurs atteignent 80 %. Ces valeurs sont cependant à relativiser car elles résultent très probablement d'une superposition de vase sur les fonds sableux. Des mesures répétées au droit de Gravelines ont montré des teneurs en fraction fine variant du simple au double suivant la période d'échantillonnage. Il s'agirait donc de vases en suspension se déposant sur les fonds par beau temps et remis en suspension par l'agitation. Ce phénomène s'observe aussi dans les avant-ports protégés de l'agitation et dans lesquels la sédimentation vaseuse résultant de la décantation des matières en suspension est très importante.

2.2.5.2 NATURE DES SEDIMENTS SOUS LA SURFACE

Les mesures effectuées par Vicaire (1991) indiquent que le sable est présent sur une profondeur d'au moins 2 m en général en dehors des zones à cailloutis.

2.2.5.3 MOUVEMENTS SEDIMENTAIRES (Vicaire, 1991)

Le mouvement des sédiments se fait sous l'action du vent, des agitations et des courants. Le sens et l'intensité des transports sont résumés ci-après.

a. Sous l'action du vent

Le vent a une légère dominante Sud-Ouest et provoque donc un transport éolien sur l'estran globalement dirigé d'Ouest en Est, parallèlement au littoral.

b. Sous l'action des agitations

Sur l'estran, à partir des expériences de traceurs luminescents (plage des Gravelines) et d'après les calculs basés sur la répartition des provenances des agitations observées sur le littoral, le transit littoral résultant dû aux agitations serait orienté d'Ouest en Est et son ordre de grandeur serait de 10 000 à 20 000 m³/an.

c. Sous l'action des courants

Des expériences de traceurs radioactifs ont permis d'obtenir une certaine connaissance du transport dû aux courants renforcés éventuellement par les agitations.

Les résultats montrent que :

- . au droit de la pointe de Gravelines (la dispersion du traceur s'effectue préférentiellement vers l'Est, dans la direction du courant de flot. En terme de volumes déplacés par charriage, les débits solides sont de l'ordre de 0,2 à 1,4 m³/m/j suivant la valeur des coefficients de marée,
- . dans les chenaux et inter-bancs, le déplacement se fait vers l'Est, dans le sens du flot. Les grains de taille comprise entre 0,160 et 0,315 mm sont transportés en suspension. Le débit par charriage dans les chenaux est au maximum 0,03 m³/m/j,
- . sur le Dyck central, on assiste à une forte remise en suspension avec un transport sous la double influence du flot et du jusant. La valeur du débit moyen par charriage atteint 0,1 à 0,3 m³/m/j dans le sens du flot. Les agitations ont un rôle non négligeable dans la remobilisation des sédiments.

Une tranchée expérimentale creusée devant Gravelines a été suivie pendant 1 an. Elle s'est déplacée de 25 m vers l'Est et a permis d'estimer l'intensité du transport par les courants dans une fourchette de 0,5 à 2 m³/m/j.

La figure 2.5 résume la direction et le sens des transports sédimentaires dans le secteur d'étude.

2.2.5.4 EVOLUTION DU LITTORAL (Corbau, 1991)

Une étude récente de Corbau (1991) permet de résumer la situation du littoral compris dans le fuseau d'étude.

A l'Est de Calais, la plage de Walde engraisse très fortement (3 à 7 m/an). Les digues successivement construites : la digue royale, la digue Taaf, maintenant à l'intérieur des terres sont témoins de cette avancée.

De Calais à l'avant-port Ouest de Dunkerque, le littoral avance. Les plages de Grand Fort Philippe et Petit Fort Philippe avancent vers le large, respectivement de 15 et 1 m/an, menaçant l'accès au port de Gravelines.

Les raisons avancées pour expliquer ce processus sont les suivantes :

- . Un décollement sur la Cap Blanc-Nez des courants lié à la cassure de l'orientation du littoral à ce niveau. Les courants faiblissent donc à la côte entre Calais et Dunkerque.
- . Les Bancs de Flandre protègent cette zone de l'action des houles déferlantes. Les sédiments s'y déposent donc plus facilement.

Entre l'avant-port Ouest et Mardyck, la plage a fait l'objet de deux interventions du Port de Dunkerque et est plutôt en érosion.

Plus à l'Est, la digue du Braek, longue de 6300 m, protège le bassin maritime du port de Dunkerque.

2.2.5.5 EVOLUTION DES FONDS

L'origine des bancs sableux remonterait à la dernière glaciation (Weichsel). Lors de la remontée du niveau marin entre -18 000 ans et -8 600 ans, d'importants courants dans le Pas-de-Calais auraient transporté les sédiments de la Mer du Nord et formé ces bancs parallèles à la côte et aux courants.

Sur le ridens de Calais, les mouvements se limitent à une extension de la structure sableuse vers le Nord-Est et une érosion vers l'Ouest. Par contre, l'évolution du ridens de la rade est beaucoup plus forte. Il s'étend vers l'Ouest et vers l'Est, tout en se rapprochant du littoral (3 à 33 m/an suivant les époques et les parties du banc considérées. Devant Gravelines, les fonds présentent une bonne stabilité.

L'évolution des bancs sableux de Dunkerque a fait l'objet d'une analyse de la part de Corbau (1991). La comparaison des cartes bathymétriques entre 1879 et 1962, indique que les bancs progressent vers la côte avec une érosion du flanc côté large et une sédimentation sur le flanc côtier. Les épaisseurs des érosions peuvent atteindre 0,2 à 0,5 m/an. Le mécanisme responsable de ce phénomène est encore mal cerné.

La présence de figures sédimentaires a été détectée sur la majorité des bancs de sable et sur le talus littoral. Ces structures sableuses sont appelées vagues de sables. Leur crête est orientée perpendiculairement au courant. Elles ont une hauteur de 2 m à 10 m en moyenne pour une longueur d'onde variant de 200 m à 1500 mètres.

Sur ces vagues de sables peuvent se superposer des mégarides dont la longueur d'onde est inférieure (\approx 20 m) ainsi que leur hauteur ($<$ 1,5 m). De façon générale, la vitesse de migration des structures varie selon les auteurs et les lieux d'observations entre 2 m et plus de 150 m/an.

2.2.6 QUALITE DES EAUX MARINES

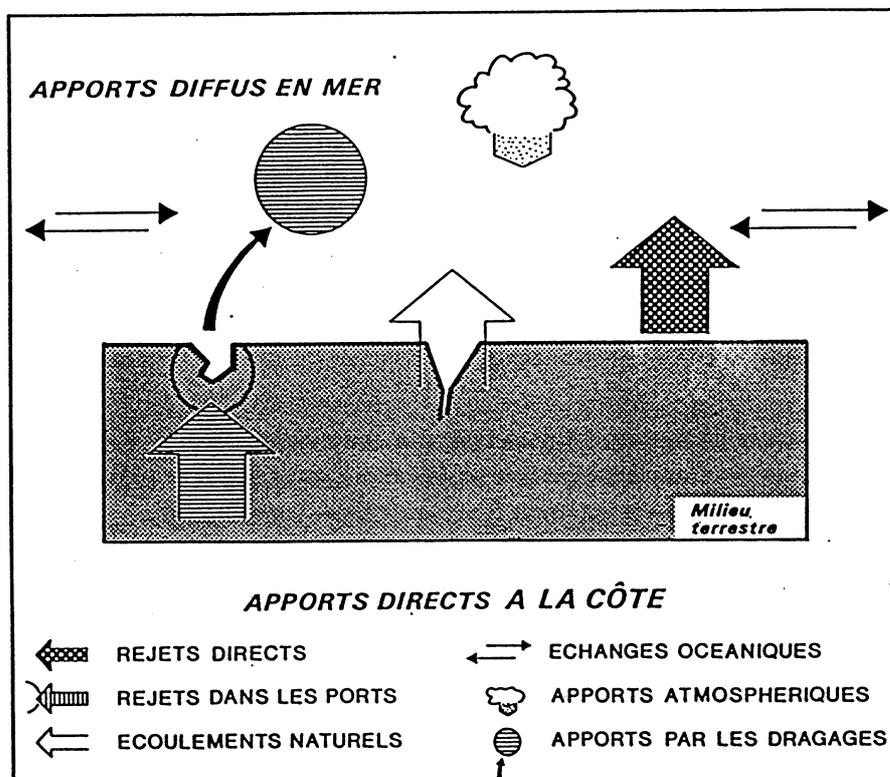
2.2.6.1 ORIGINE DES POLLUTIONS (IFREMER, 1989)

L'estimation des apports à la mer de polluants dans la région Nord - Pas-de-Calais a fait l'objet d'un important travail de synthèse de la part de l'IFREMER (1989) dont nous résumons ci-après les principaux résultats.

Le bilan des apports au milieu marin de la région Nord - Pas-de-Calais (de la frontière belge à l'Authie) a été réalisé à partir de données multiples, d'origines diverses : d'une part, les travaux propres au programme régional intégré sur l'environnement marin, d'autre part, les nombreux résultats issus des organismes officiels ayant localement des missions de surveillance et de contrôle.

La présente synthèse est originale car elle prend en compte tous les types d'apports à la mer, égouts urbains, rejets industriels, écoulements naturels, immersions des produits de dragages, retombées atmosphériques, circulation maritime.

Dans ce bassin général, on a distingué les apports directs à la côte (égouts et écoulements) et les apports diffus en mer (retombées atmosphériques et immersions).



Globalement, la façade Nord se caractérise par trois débouchés majeurs : l'estuaire de l'Aa et les ports de Dunkerque-Est et de Calais, réceptacles des réseaux d'écoulements des Wateringues de la Flandre maritime. En outre, il existe deux gros rejets directs : la centrale de Gravelines et l'usine Tioxide à Calais. Sur la façade Ouest, on note, à côté du port de Boulogne exutoire de la rivière la Liane, plusieurs rivières et de multiples rejets urbains directs en mer.

On a résumé dans le tableau 2.4, sur la base des connaissances acquises, les résultats des calculs de flux relatifs aux différents types d'apports. Il est très délicat de les comparer entre eux, principalement pour des raisons méthodologiques inhérentes à ce type d'évaluation. Ainsi, les apports par les cours d'eau sont très certainement sous-évalués, car ils ne prennent pas en compte le détail des variations saisonnières et les phénomènes exceptionnels tels que les crues. A l'inverse, les apports par les produits de dragage sont en partie surévalués dans la mesure où ils comptabilisent vraisemblablement dans certains cas des matériaux d'origine marine. Enfin, les rejets urbains et industriels ayant fait l'objet d'évaluations, même s'ils sont en général parmi les plus importants, ne représentent en nombre qu'une petite fraction de tous les rejets directs identifiés. Globalement, les flux urbains et industriels sont donc sous-estimés.

On présentera, ci-après, quelques points marquants concernant les flux bactériens, les flux particuliers, organiques et nutritifs et les flux de contaminants chimiques ; les résultats globaux sont ceux qui sont récapitulés dans le tableau, exprimés en tonnes par an et en pourcentages.

- **Les flux bactériens**

Les cours d'eau, en particulier ceux débouchant dans les grandes agglomérations portuaires, correspondent aux flux les plus importants ; en effet, ceux-ci collectent, dans leur partie terminale, de nombreux rejets d'effluents urbains y compris ceux des stations d'épuration. Les apports directs à la mer, égouts et surtout rejets des stations d'épuration dont les effluents ne sont pas désinfectés, constituent la seconde source en importance. Rappelons par ailleurs que la qualité sanitaire du milieu peut également être en relation avec des rejets secondaires qui posent problèmes en période d'afflux touristique (site des Caps).

• Les flux particulaires, organiques et nutritifs

Bien que sous-évalués, les apports particuliers par les cours d'eau, en particulier les rivières naturelles du Marquenterre au Sud de la Région, sont les plus importants. Les apports par les écoulements débouchant dans les ports par les canaux de Flandre sont très inférieurs. On remarque globalement que les quantités de matières particulières draguées dans les ports sont dans un rapport de 200 à 1, comparées aux matières arrivant dans ces ports par les écoulements ; ceci conduit à admettre que, même en tenant compte de la sous-évaluation des flux des écoulements, une part notable des matériaux dragués serait d'origine marine.

**Tableau 2.4 - BILAN DES FLUX APPORTES A LA MER (t/an).
SELON LES TYPES D'APPORTS (pourcentages entre parenthèses) -
IFREMER (1989)**

DÉSIGNATION DES APPORTS	FLUX (en valeurs arrondies)								
	BACTERIENS	PARTICULAIRES, ORGANIQUES ET NUTRITIFS			CONTAMINANTS				
	10 ¹⁴ <i>E coli</i> par 24 h	MES	MO	N	Pb	Zn	Cd	Cu	PCB
Apports directs									
- urbains	3 (36)	100 (< 1)	100 (< 1)	500 (5)	—	—	—	—	—
- industriels	—	6 600 (10)	2 900 (8)	1 000 (9)	5 (36)	70 (29)	0,2 (29)	2 (15)	—
- cours d'eau :									
• débouchant dans les ports (*)	5 (53)	10 000 (16)	19 500 (57)	2 500 (23)	2 (20)	153 (64)	0,1 (18)	4 (24)	0,1 (46)
• autres (**)	1 (11)	47 100 (74)	11 400 (34)	6 700 (63)	5 (44)	16 (7)	0,3 (53)	10 (6)	0,1 (54)
TOTAL	9 (100)	63 700 (100)	33 900 (100)	10 700 (100)	12 (100)	239 (100)	0,6 (100)	16 (100)	0,2 (100)
Apports diffus atmosphériques	—	100 000 (5)	—	700 (***)	6 (5)	26 (8)	0,4 (22)	8 (19)	—
dragages	1 (****)	1 900 000 (95)	—	—	126 (95)	308 (92)	1,5 (78)	33 (81)	0,2
TOTAL	—	2 000 000	—	—	132	334	1,9	41	—
(*) Canal exutoire, canaux de Calais, Liane à Boulogne, (**) Aa, Slack, Wimereux, Canche, Authie (***) 1,2 g m ⁻² an (34) (****) Boulogne et Calais									

Concernant les matières organiques et nutritives, le petit nombre de rejets directs urbains et industriels qui ont pu être évalués, ne permet pas une comparaison précise avec les flux dus aux écoulements naturels ; ces derniers apparaissent comme étant les plus importants ; en particulier, on retrouve l'influence de nombreux apports urbains et industriels, plus ou moins épurés, collectés dans les zones portuaires. Dans le cas des cours d'eau débouchant directement sur le littoral, on remarque l'influence des activités agricoles de certains bassins versants, en particulier de celui de l'Aa.

Globalement, les flux de matières organiques et nutritives sur la façade Nord sont plus importants que sur la façade Ouest.

- **Les flux de contaminants chimiques**

Les activités industrielles situées autour des zones portuaires sont à l'origine des principaux apports directs de micropolluants. Les flux de contaminants métalliques par les produits de dragages sont particulièrement élevés. On constate qu'ils sont de 2 à 60 fois plus importants que ceux des écoulements et des rejets industriels débouchant dans les ports réunis. On conçoit donc, comme dans le cas des flux particuliers soit que des apports directs importants ne sont pas pris en compte dans le présent bilan, soit que la méthodologie de calcul est trop imprécise, soit vraisemblablement que les zones portuaires recueillent des apports d'origine marine.

Sur la base d'un découpage des zones intraportuaires en trois types de zones dites, à échanges, intermédiaires et confinées, et d'une comparaison de celles-ci entre elles, on a pu démontrer que les quantités de contaminants étaient très élevées dans les zones dites confinées. Ainsi, à Dunkerque-Est et à Calais, plus de la moitié des contaminants évacués en mer sont contenus dans moins de 10 % des produits dragués.

Les activités industrielles rejetant directement dans le milieu marin sont à l'origine du tiers des apports directs, y compris le rejet de l'usine Tioxide. Certaines d'entre elles rejettent dans les zones draguées, on peut alors constater une augmentation de la contamination des sédiments, par exemple, le plomb et le manganèse à Boulogne-sur-Mer, le zinc à Calais et Dunkerque, le fer à Dunkerque.

Concernant les apports atmosphériques, les flux de retombées globales calculés sur une surface de 125 x 5 kilomètres sont du même ordre de grandeur que ceux de tous les écoulements naturels réunis et sont, en valeurs spécifiques, tout à fait comparables à ceux mesurés dans les pays de l'Europe du Nord, voisins de la région Nord - Pas-de-Calais. Il a pu être démontré, par ailleurs, par le rapport des isotopes du plomb que les retombées atmosphériques de ce métal sont liées à la combustion des essences par le trafic automobile, sauf dans le cas de Dunkerque et de Boulogne-sur-Mer, où l'origine serait en relation avec les activités sidérurgiques.

Enfin, il existe peu de données sur les micropolluants organiques. On remarquera, d'après les calculs effectués, que les apports sont dus autant aux cours d'eaux qu'aux produits de dragages portuaires.

Globalement, les flux de contaminants chimiques sont plus importants sur la façade Nord que sur la façade Ouest.

Le secteur Calais-Dunkerque objet de la présente étude se caractérise par une forte pression urbaine et surtout industrielle. La présence de gros rejets directs en mer, et les plus forts tonnages dragués expliquent que les apports de pollution y soient les plus importants de tout le littoral régional. La priorité sur cette façade paraît être la maîtrise des rejets industriels directs ou non et des canaux débouchant dans les ports de Calais et de Dunkerque.

2.2.6.2 SALINITE DES EAUX (Station Marine de Wimereux, 1994)

Des variations annuelles de salinité sont observées sur le site considéré. A la station de référence située devant l'entrée de l'avant-port Ouest de Dunkerque, la salinité oscille entre des valeurs proches de 34 ‰ pendant les mois d'été et d'hiver, et des valeurs proches de 33 ‰ pendant le printemps. Une période de dessalure est également observée en automne mais celle-ci est plus faible (salinité proche de 33,5 ‰) qu'au printemps.

Les mesures effectuées sur le banc du Dyck montrent des variations similaires à celle de la station de référence, cependant les salinités sont plus élevées, elles varient entre environ 33,5 ‰ et 34,5 ‰. Ces différences de salinité entre la côte et le large sont typiques de ces régions en raison une fois encore de la circulation des masses d'eau qui s'effectue parallèlement à la côte engendrant ainsi une plus grande diffusion dans ce sens que dans le sens transversal.

Les mesures effectuées à proximité de l'Aa indiquent bien évidemment des variations de salinité plus grandes et des salinités généralement plus faibles qu'à la station de référence, entre 31,3 ‰ et 34,1 ‰. Cette station se caractérise aussi par des variations verticales de la salinité pouvant atteindre 2 ‰, du fait de la proximité de l'Aa, alors qu'elles restent faibles sur les autres sites, environ 0,1 ‰.

2.2.6.3 TURBIDITE DES EAUX

Les concentrations de matières en suspension dans la colonne d'eau sont variables et dépendent de plusieurs facteurs : les mélanges verticaux et horizontaux occasionnés par les courants de marée et les conditions météorologiques (agitation), la production in situ (ex. : le phytoplancton) ou encore les apports des rivières, dans le cas présent, de l'Aa. En mer, un fond turbide de 10 à 20 mg/l s'observe par temps calme.

Des mesures régulières ont été effectuées devant le littoral de Gravelines entre 1975 et 1977 et devant le port de Calais de 1978 à 1980 (LNH, 1980). Les turbidités moyennes sur la verticale ont varié entre 7 et 87 mg/l sur ces périodes avec une moyenne de 31 mg/l. Ces mesures ont toujours été faites en période de faible agitation. Une très faible corrélation a pu être établie entre la turbidité et le coefficient de marée par l'analyse de ces mesures. Par contre, un gradient de turbidité croissant du large vers la côte a pu être observé surtout au printemps, avec des valeurs extrêmes au débouché de l'Aa. D'autres mesures (Station Marine de Wimereux, 1994) confirment ce point avec des valeurs maximales de 260 mg/l observées au débouché en période de crue au printemps. Les tempêtes jouent également un rôle essentiel dans l'augmentation de la turbidité mais des mesures sont difficiles à effectuer dans de telles conditions.

2.2.6.4 QUALITE BACTERIOLOGIQUE (Station Marine de Wimereux, 1994)

Dans la zone concernée par l'étude, une surveillance particulière est effectuée aux niveaux des rejets des villes de Calais et Dunkerque, à la sortie de l'Aa, dans l'avant-port ouest de Dunkerque, ainsi que dans la zone des bouchots de Oye-Plage et à Waldan. Les mesures sont effectuées dans les eaux, en particulier les rejets naturels ou non en zone littorale, dans les sédiments et dans la chair des mollusques.

De fin mai à fin septembre, des prélèvements sont effectués chaque semaine sur les plages de chaque commune. Hors saison estivale, quelques mesures sont effectuées pour assurer un suivi des plages.

Dans l'ensemble, on constate une dégradation de la qualité des eaux de baignade. Cette dégradation se poursuit actuellement dans certaines zones malgré les efforts entrepris pour améliorer l'épuration des rejets et mieux contrôler ceux-ci.

Une étude sur la bactériologie des mollusques menée d'avril 1982 à mars 1983 sur l'ensemble du littoral Nord-Pas de Calais a montré qu'il n'existait pas une seule zone salubre au sens de l'arrêté interministériel du 12 octobre 1976. Le secteur le plus contaminé reste celui de Boulogne sur Mer et ses environs.

Plus récemment, le réseau de surveillance microbiologique (REMI) mis en place par l'IFREMER a continué à surveiller régulièrement l'évolution des concentrations bactériennes dans la chair des moules.

Une synthèse des données recueillies de 1989 à 1993 par ce réseau montre une dégradation de la qualité bactériologique par rapport à la période 1982/83, tous points confondus, en regard des normes actuelles (arrêté interministériel du 12 octobre 1976 et directive européenne du 15 juillet 1991).

2.2.7 QUALITE DES SEDIMENTS DE SURFACE

La contamination des sédiments de surface dans la zone côtière de la région Nord - Pas-de-Calais est suivie par le service des eaux de l'Institut Pasteur de Lille dans le cadre des programmes HYDROBIOS (Institut Pasteur de Lille, 1980, 1983 et 1985). Ces programmes s'intègrent dans un ensemble de recherches sur la pollution du littoral Nord de la France, financé par l'IFREMER et l'Etablissement Public Régional Nord Pas-de-Calais. Les principales conclusions de ces études concernant le fuseau d'étude sont résumées ci-après.

2.2.7.1 LES CAMPAGNES DE MESURES

Une première campagne de prélèvements, dans la zone subtidale (1-10 km) a été réalisée en 1980 à bord du navire océanographique "Le Noroît" (Hydrobios I). Une seconde campagne de prélèvements (Hydrobios II) a ensuite été effectuée dans la frange littorale (estran et subtidale proche). Les polluants recherchés dans les sédiments étaient les métaux lourds (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Co, Ti, Fe, Mn, Al, Hg), les pesticides organochlorés, les polychlorobiphényles (PCB) et les phtalates.

Ces reconnaissances ont mis en évidence deux zones (Boulogne-Gris Nez et Calais-Dunkerque) de contamination plus élevées que la moyenne de la zone.

C'est pourquoi, des prélèvements de sédiments selon un maillage plus serré (mais en limitant les analyses aux polluants déjà mis en évidence) ont été réalisés en 1984 afin de confirmer les résultats antérieurs sur les deux zones concernées.

Les prélèvements de 15 à 45 kg par point en mer et 0,5 à 50 kg sur l'estran ont été effectués. Les échantillons étaient ensuite placés dans des sacs en polyéthylène et conservés par congélation.

2.2.7.2 QUELQUES PRECISIONS SUR LES ANALYSES EFFECTUEES

Toutes les analyses ont été réalisées sur la fraction fine (< 63 microns) des sédiments. Cette pratique, couramment admise pour l'analyse des métaux, ne semble pas être la règle pour l'analyse des produits organiques, en particulier des pesticides, qui sont plus fréquemment recherchés dans le sédiment total.

Or, les résultats des analyses de pesticides et d'hydrocarbures obtenus en 1980, après la campagne Hydrobios I, étaient très souvent inférieurs aux seuils de détermination. Des prises d'essai plus importantes (plus d'un kilogramme pour certains sédiments) auraient impliqué l'utilisation d'un matériel d'extraction important et de grandes quantités de solvants avec d'inévitables impuretés en plus grandes quantités ("blancs" élevés).

A l'inverse, l'utilisation de la fraction fine conduit assez facilement à des concentrations en polluants mesurables à partir de faibles quantités de matière (0,5 - 1 g). En effet, plusieurs auteurs l'ont montré, les composés organiques peu solubles dans l'eau s'adsorbent préférentiellement sur les particules fines (< 63 μm et souvent < 20 μm) constituées soit d'argiles (montmorillonite, kaolinite), soit a été observé pour les pesticides organo-chlorés et les polychlorobiphényles et pour les phtalates.

Ce point a été vérifié spécifiquement au cours de la campagne Hydrobios II en réanalysant la fraction fine des échantillons déjà analysés sur leur fraction totale. La comparaison des résultats a montré que les micropolluants organiques sont presque exclusivement liés à la fraction fine et qu'une relation simple permet de passer des concentrations dans la fraction fine à celles du sédiment.

2.2.7.3 PRINCIPAUX RESULTATS

Les deux campagnes Hydrobios réalisées en 1980 et 1981 montrent donc que, dans l'ensemble, la région Nord de la France est relativement peu polluée. A partir de Boulogne et jusqu'à la frontière belge, deux types de contaminations peuvent être distingués.

D'une part, une pollution côtière très diversifiée selon les activités locales, industrielles (métaux, plastifiants) ou agricoles (pesticides), et le degré d'urbanisation. Les ports apparaissent systématiquement comme des réceptacles de polluants, alors que l'estran présente plutôt une propreté générale sauf des singularités liées à des rejets ponctuels.

D'autre part, une pollution généralisée par les métaux lourds, peut être notée au large entre Boulogne et le Cap Gris-Nez, entre Calais et Gravelines et au Nord de Dunkerque.

En particulier, on a noté entre Calais et Dunkerque, des teneurs des sédiments en plomb, cadmium, nickel et chrome anormalement élevées.

Les caractéristiques de cette pollution :

- . nature des métaux,
- . situation au large, sans relation apparente avec une pollution de l'estran, mais toujours à proximité de ports (Boulogne, Calais, Dunkerque)

font penser à une contamination par des rejets en mer de vases portuaires.

On remarquera que les vases, initialement réductrices, très chargées en Fe, Zn, Pb et également en Cu et Cd, s'oxydent dans le milieu marin en perdant une partie de leurs propriétés séquestrantes vis-à-vis de certains métaux (Zn, Cd) mais en conservant ces propriétés pour le cuivre et le plomb. Après leur dépôt en mer, les vases seraient ainsi plus riches en plomb et en cuivre et relativement moins riches en zinc et cadmium. Les teneurs en zinc, malgré un relargage du métal dans l'eau, resteraient toutefois encore assez élevées, en raison des hautes concentrations initiales des vases portuaires.

Les prélèvements et les analyses réalisés en 1984 confirment, dans l'ensemble, les résultats déjà obtenus et les hypothèses qui avaient été émises, lors de précédentes études, sur l'origine de la pollution métallique marine de la région dunkerquoise.

Le tableau ci-dessous met en parallèle les moyennes et les écarts types des concentrations en métaux des sédiments, obtenues en 1980 et 1984, pour les mêmes points de prélèvement (33 points communs Hydrobios 80 et III).

Tableau 2.5 - TENEURS EN METAUX LOURDS MOYENNES ET ECARTS TYPES (mg/kg fraction fine)						
		Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
Hydrobios 80	Ensemble des points communs (33) (sans extrêmes)	55 ± 21	1,10 ± 0,43	104 ± 145	9,0 ± 5,9	17,0 ± 9,8
Hydrobios III	Ensemble des points communs (33)	83 ± 38	0,29 ± 0,18	39,9 ± 27,9	18,8 ± 7,0	44,1 ± 17,2
	Ensemble des points (77)	86,3 ± 70,9	0,32 ± 0,28	37,2 ± 24,6	22,9 ± 20,4	49,4 ± 34,3

L'influence des déversements de déblais portuaires semble être prédominante. Les déversements occasionnent d'une part, des contaminations importantes en zinc, cadmium, plomb et parfois en nickel et en chome, localisées sur les quatre sites de rejet, et d'autre part, une contamination ambiante de tout le secteur étudié à cause de la dispersion des vases par les courants.

A cette pollution concernant plutôt le large (1 à 10 km des côtes), il faut ajouter une pollution côtière, qui s'étend vers l'Ouest à partir du port Est de Dunkerque, et qui semble sortir directement des ports.

2.2.8 QUALITE DE L'AIR

La réglementation en France en matière de surveillance de la qualité de l'air pour la protection des agglomérations est basée sur l'application des directives européenne. La France a ainsi déterminée par décret (décret du 25 octobre 1991) les niveaux de concentration dans l'atmosphère qui ne doivent pas être dépassés pour l'anhydride sulfureux (H₂S), les particules en suspension, le plomb et le dioxyde d'azote.

La communauté européenne a adopté trois directives fixant des valeurs limites et quelquefois des valeurs guides pour les composés du soufre et les poussières, le plomb, le dioxyde d'azote et l'ozone et ses précurseurs (carbone organique volatil et oxydes d'azote).

Le développement industriel Dunkerquois et une sensibilité croissante de la population à l'égard des problèmes d'environnement ont conduit à la création, en 1976, d'un réseau automatique de surveillance de la pollution atmosphérique, dont la gestion a été confiée à l'association AREMADEC.

Le réseau de mesure s'étend sur tout le littoral entre Calais et Dunkerque. On dénombre 11 stations de mesures :

- . Calais
- . Gravelines
- . Loon-Plage
- . Mardyck
- . Grande-Synthe
- . Fort-Mardyck
- . Saint-Pol-sur-Mer
- . Cappelle-la-Grande
- . Dunkerque
- . Malo-les-Bains
- . Coudekerque-Branche

Globalement, on assiste à une amélioration de la qualité de l'air sur le littoral entre Calais et Dunkerque.

Les niveaux en polluants gazeux présentent soit une baisse sensible (SO_2 , NO_x , HF), soit une stabilité (HCT) pour l'année 1994 par rapport aux années précédentes. Le seul polluant concerné par une augmentation significative en 1994 est l'ozone (O_3). Pour les poussières en suspension, on observe également une diminution sensible sur tout le littoral.

2.2.8.1 LE DIOXYDE DE SOUFRE (SO_2)

Son origine est essentiellement la combustion des combustibles fossiles (fuel, charbon...) contenant du soufre en proportion variable, la composante industrielle sur le littoral représente près de 85 % des émissions.

La baisse observée, depuis 1978, aux aléas climatiques près se poursuit (voir figure 2.7). En moyenne, on observait en 1994 :

- . sur Dunkerque : $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- . sur Calais : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La valeur guide pour la moyenne annuelle (40 à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été respectée.

2.2.8.2 LES POUSSIÈRES

Leurs natures (organique, minérale), taille et provenance sont variées. Elles proviennent de résidus de combustion (chauffage, gaz d'échappement : diesel, industrie, incinération,...), d'émissions lors de processus industriels (sidérurgie, cimenterie, métallurgie,...) et de sources naturelles (érosion, incendie, volcanisme,...).

Nous avons deux types de poussières :

- **Les poussières en suspension**

Leur taille (inférieure à 10 μm) leur confère des propriétés particulières notamment un pouvoir de pénétration dans les organismes vivants (systèmes respiratoires). Les valeurs sont en baisse sur l'ensemble des stations (voir figure 2.7).

- **Les poussières sédimentables**

Contrairement aux précédentes, elles ne présentent pas d'effets sur l'appareil respiratoire ; ceci est dû à leur taille (supérieure à 10 μm). On observe une stabilité sur Dunkerque et une diminution sur Calais.

2.2.8.3 POLLUTION PHOTOCHIMIQUE

- **Les oxydes d'azote (NO_x)**

Ils proviennent essentiellement des gaz d'échappement des véhicules (pour 75 % au niveau national) et des installations de combustion (centrale thermique, industries,...) ; sur le littoral, la composante industrielle représente environ 55 %.

Les valeurs enregistrées sont en baisse en 1994 par rapport aux dernières années (voir figure 2.7). La directive Européenne a été respectée.

- **Les hydrocarbures totaux (HCT)**

Ils sont appelés aussi composés organiques volatiles (COV).

Les origines sont multiples, ils proviennent d'évaporation de stockage (pétroliers) ou d'opération de remplissage de réservoir, des foyers de combustion (gaz d'échappement, cheminées d'usine, chauffages domestiques,...), de processus industriels, d'utilisation de solvants, des activités agricoles et d'émissions naturelles (méthane, essences aromatiques,...).

Après plusieurs années d'augmentation, la valeur semble se stabiliser (voir figure 2.7).

. L'ozone (O₃)

L'ozone troposphérique provenant de la pollution ne doit pas être confondu avec l'ozone stratosphérique qui est la couche naturelle et protectrice vis-à-vis des rayonnements UV solaires. Si l'ozone stratosphérique est bénéfique pour la vie terrestre, en revanche, au niveau du sol, il peut être à dose élevée un irritant oculaire et respiratoire.

Les polluants gazeux (NO_x, HCT) interviennent dans la pollution photochimique, au travers d'une chaîne de réactions complexes initiées par les rayonnements UV solaire et qui contribuent à la formation d'ozone (O₃) et d'autres composés secondaires dans la basse atmosphère. De ce fait, les épisodes de pollution photochimique liée au composé gazeux l'ozone (O₃) sont étroitement liés aux conditions météorologiques.

Ainsi, plusieurs seuils horaires et journaliers fixés par la directive européenne ont été atteints, voire dépassés en 1994. Les conditions météorologiques étaient particulièrement favorables à la formation d'ozone (ensoleillement important, températures élevées). Par contre en 1993, la directive européenne avait été respectée.

2.3 ECOLOGIE MARINE

Une étude approfondie des caractéristiques biologiques dans la zone d'étude est effectuée depuis une vingtaine d'années par la Station Marine de Wimereux en particulier dans le cadre du suivi écologique du site de la centrale de Gravelines. Une synthèse de ces données a d'abord été rédigée pour la présente étude (Station Marine de Wimereux, 1994). De plus, une campagne de mesures spécifique a été effectuée sur la zone notamment le long des différentes routes envisagées (Station Marine de Wimereux, 1995).

C'est une synthèse de ces données qui est présentée ici en distinguant (comme cela est fait habituellement) :

- . le domaine benthique intertidal,
- . le domaine benthique subtidal,
- . le milieu pélagique,
- . les poissons.

2.3.1 LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL

Le suivi de la macrofaune benthique intertidale s'effectue en choisissant des stations de prélèvement à trois niveaux différents appelés haut niveau, moyen niveau et bas niveau qui correspondent respectivement aux niveaux des hautes mers de pleine mer, au niveau moyen de la marée et au niveau des hautes mers de basse mer.

A chaque station de prélèvement, l'échantillonnage consiste en dix replicats de 0,025 m² couvrant donc une surface totale de 0,25 m². Cette surface d'échantillonnage est suffisante pour estimer de manière fiable la diversité spécifique, la dominance numérique et la biomasse du peuplement.

2.3.1.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA ZONE D'ETUDE

Cette zone est entièrement occupée par un estran sableux, constitué majoritairement de sables moyens. Les seuls substrats durs présents sont les structures artificielles (Calais, Grand-Fort-Philippe, centrale de Gravelines et l'avant-port Ouest de Dunkerque).

Dans ces conditions, aucune population de macroalgues ne s'y développe. Il ne sera donc question ici que du recensement de la macrofaune benthique. De plus, il faut noter que cette zone n'est pas directement sous influence estuarienne, à l'exception des abords de Grand-Fort-Philippe (débouché de l'Aa).

2.3.1.2 RICHESSE GLOBALE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE

a. Diversité spécifique

Sur la zone d'étude, le nombre d'espèces récoltées varie entre 4 et 19. Le nombre moyen d'espèces augmentant des hauts niveaux envasés vers les bas niveaux. La partie la plus diversifiée de la zone semble se situer entre Calais et le platier d'Oye.

De manière générale, les hauts niveaux sont dominés par les mollusques gastéropodes (*Hydrobia ulvae*) et les crustacés Amphipodes (*Bathyporeia pilosa*) alors que les moyens et bas niveaux sont dominés par les Annélides (*Nerine cirratulus* en moyen niveau et *Nephtys cirrosa* en bas niveau).

b. Densités

Les densités sont très variables mais ont nettement tendance à diminuer des hauts niveaux vers les bas niveaux d'estran.

Entre Calais et l'Aa, les densités mesurées varient entre 20 et 16 000 ind/m²⁽¹⁾ dans les hauts niveaux envasés (moyenne de 3200) et entre 70 et 900 ind/m² dans les bas niveaux (moyenne de 160). Les fortes densités se situent exclusivement dans des sédiments envasés de haut niveau où seules quelques espèces sont adaptées aux grandes durées d'émersion.

A l'Est de l'avant-port Ouest, les mesures effectuées pour la présente étude donnent des densités comparables devant la dune du Clipon mais beaucoup plus faibles sur la plage de Braek (12 à 140 ind/m²).

c. Biomasses

Les hauts niveaux envasés, habités par un faible nombre d'espèces présentes en grande densité, ont les biomasses les plus élevées, jusqu'à 12 g/m² (poids sec décalcifié). Aux niveaux inférieurs de l'estran, les biomasses sont moindres, généralement de l'ordre de quelques centaines de mg/m² lorsque aucune population de bivalves n'est présente.

Entre Calais et l'Aa, les biomasses moyennes par niveau varient de 1,4 g/m² (hauts niveaux) à 0,8 g/m² (bas niveaux). La biomasse moyenne de l'estran de part et d'autre de l'Aa est estimée à 1,7 g/m² à l'ouest et 1,9 g/m² à l'est.

A l'Est de l'avant-port Ouest, les mesures indiquent une biomasse plus faible de 0,45 g/m².

2.3.1.3 CONCLUSION

L'ensemble des études menées depuis une vingtaine d'années sur le domaine intertidal permet d'avoir une vision globale précise et cohérente de la structure spatiale de la macrofaune benthique.

On a ainsi pu observer que les peuplements varient relativement peu dans leur globalité sur l'ensemble de la zone d'étude. Les peuplements restent également globalement stables au cours du temps.

Les espèces principales rencontrées sont toutes communes et ont un cycle de reproduction annuel. Les populations sont plutôt mobiles. Aucune zone originale abritant des espèces rares n'a été observée.

⁽¹⁾ ind/m² nombre d'individus au mètre carré.

2.3.2 LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL

2.3.2.1 DESCRIPTION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

La zone de référence se situe au sein d'un système d'atténuation des courants de marée. On note la présence de deux gradients d'atténuation qui conditionnent directement la structure granulométrique des sédiments et par voie de conséquence directe, l'organisation des communautés biosédimentaires.

Le premier gradient est orienté ouest-est, il est généré par la structure géographique. Au large du cap Gris Nez, les fonds sont constitués de cailloutis, principalement galets et silex, dont la taille dépasse couramment 10 cm, la fraction sableuse (grains < 2 mm) reste faible. A l'autre extrémité de la zone de référence la fraction sableuse est largement dominante, les fonds sableux dominant ensuite dans le reste de la mer du Nord.

Le second gradient est perpendiculaire au rivage. Vers la côte, le gradient d'atténuation concomitant à des apports d'origine continentale (petits fleuves côtiers, rejets urbains et portuaires) provoque un affinement du sédiment constitué alors de sable fins (grain < 0,2 mm) comportant une part parfois non négligeable de pélites.

2.3.2.2 COMMUNAUTES BENTHIQUES RENCONTREES DANS LA ZONE D'ETUDE

Le suivi de la macrofaune benthique subtidale s'effectue quantitativement par prélèvements sur 0,5 m² à l'aide d'une benne et qualitativement à l'aide d'une drague lorsque l'utilisation de la benne n'est pas possible (zone des cailloutis). Le sédiment prélevé est tamisé à 1 mm qui est la limite couramment admise pour la macrofaune benthique. A chaque station, un échantillon supplémentaire est prélevé pour procéder à une analyse granulométrique. En effet l'organisation des communautés benthiques est directement liée à la structure granulométrique des sédiments.

Pour chaque prélèvement, le nombre d'individus est déterminé ainsi que le nombre de taxons et le nombre d'espèces. La biomasse exprimée en poids sec sans cendres est ensuite obtenue par double pesée.

Une synthèse de l'ensemble des données disponibles sur la zone d'étude a permis l'établissement d'une carte d'ensemble (figure 2.8) indiquant la répartition des cinq communautés benthiques présentes sur la zone d'étude, à savoir :

- . le peuplement de la gravelle à *Amphioxus lanceolatus*,
- . le peuplement des cailloutis à épibiose sessile,
- . le peuplement des sables moyens à *Ophélia borealis*,
- . le peuplement de l'hétérogène envasé,
- . le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba*.

Cette carte a été établie à partir de plus de 100 stations d'échantillonnage dont certaines ont été visitées plusieurs fois depuis 1973.

Des mesures complémentaires ont ensuite été effectuées le long des différents tracés envisagés. La figure 2.9 illustre les principaux peuplements rencontrés. Une présentation synthétique de ces peuplements est proposée ci-dessous. Nous évoquerons dans ce chapitre les différentes communautés biosédimentaires du large vers la côte.

a. Le peuplement de la gravelle à *Amphioxus lanceolatus*

Ce peuplement est cité simplement pour mémoire. Il est généralement situé très au large en mer du Nord, alors qu'en Manche il se rencontre près de la côte. Quelques petites enclaves de ce peuplement se rencontrent au sein du peuplement des cailloutis entre l'Out Ruytingen et le Sandettié, à la limite de la zone d'étude. Il est caractérisé par une diversité et une biomasse très faibles.

b. La communauté des cailloutis à épibiose sessile

Cette communauté occupe les endroits les plus profonds de la zone. On la rencontre au-delà des Ridens de Calais et entre les bancs du Sandettié et de l'Out Ruytingen ainsi qu'entre les bancs du Dyck occidental et de l'Out Ruytingen. Elle colonise des fonds de cailloutis dont la dominance est causée par la force des courants de marée.

Il s'agit d'un peuplement d'une très grande diversité incluant :

- . Une épifaune sessile incluant les spongiaires qui sont moins nombreux qu'au large de Cap Gris-Nez, les cnidaires (*Abretinavia abretina*, *Hydrallmania falcata*, *Alcyonium digitatum*), les bryozoaires (*Cellepora pumicosa*, *Schizomavella auriculata*), les crustacés cinipèdes et les gastéropodes nudibranches.
- . Une épifaune vagile où dominent les crustacés décapodes (*Pisidia largicornis*, *Galathea intermedia*...). Les amphipodes (*Ampelisca spinipes*, *Melita gladiosa*, ...), les gastéropodes prosobranches (*Buccinum undatum*, *Ocenebra erinacea*, ...) et les annélides polychètes (*Harmothoe spp*, *Polynoe scolopendrina*, ...) sont également bien représentés.
- . Une endofaune peu abondante et surtout représentée par des espèces sabulicoles (*Nephtys cirrosa*, *Ophiura albida*, ...) qui colonisent les sables piégés entre les gros éléments. On peut ainsi rencontrer des espèces qui annoncent l'évolution vers les peuplements de l'hétérogène envasé et les communautés de sables propres à *Ophelia*.

Néanmoins, il faut cependant noter que la zone ne présente pas les aspects les plus riches et les plus diversifiés de ce peuplement. Elle se situe en effet dans un faciès d'appauvrissement à cause d'un léger envasement du peuplement des cailloutis à épibiose sessile. La biomasse peut être estimée à environ 50 g/m².

c. Le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis*

Ce peuplement ayant une relative pauvreté est le mieux représenté en surface dans la zone d'étude.

Il est localisé sur la totalité des bancs sableux de la baie sud de la mer du Nord (le Sandettié, l'Out Ruytingen, le Dyck, le Haut fond de Gravelines, le Breedt, le Snouw). A partir de Dunkerque, il forme un vaste complexe continu en mer du Nord uniquement interrompu par quelques dépressions interbancs où des sédiments envasés sont piégés.

Le nombre et la densité des espèces augmentent du sommet (5 à 9 m de profondeur) vers le pied des bancs (20 à 30 m) parallèlement à l'augmentation du grain du sédiment. Ce peuplement est oligospécifique. La densité totale varie de 100 à 500 individus par m² et sa biomasse de 1 à 3 g/m² (poids sec décalcifié).

Les espèces caractéristiques sont les Polychètes *Nephtys cirrosa*, *Ophelia borealis*, *Spiophanes bombyx* et *Spio martinensis*, les mollusques *Spisula solida* et *Montacuta ferruginosa*, les Crustacés *Gastrosaccus spinifer*, *Bathyporeia elegans* et *Bathyporeia guilliamsonniana* et les Echinodermes *Echinocardium cordatum* et *Spatangus purpureus*.

d. Le peuplement de l'hétérogène envasé

Ce peuplement occupe les fonds des grandes dépressions interbancs les plus côtières ainsi que dans le chenal ouest de Dunkerque. Il constitue en fait un écotone entre le peuplement des cailloutis à épibiose sessile et le peuplement des sables fins envasés.

Il présente dans sa partie ouest des aspects proches du peuplement des cailloutis et dans sa partie est des aspects semblables au peuplement des sables fins envasés.

L'épifaune sessile est relativement peu représentée du fait de la présence d'une forte proportion de sable qui peut atteindre 60 % du poids total du sédiment et d'une teneur en pélites pouvant atteindre 4 %. Elle n'est en fait représentée principalement que par les Hydraires *Halecium halecinum*, *Sertularia cupressina* et par le polychète *Pomatoceros triqueter*. Elle est surtout présente dans la partie Ouest du peuplement. L'épifaune vagile est encore commune, surtout représentées par les Crustacés *Pisidia longicornis*, *Galathea intermedia* et *Macropodia rostrata* ainsi que par des Echinodermes *Asterias rubens*, *Ophiura texturata* et *Psammechinus miliaris*.

La biomasse de ce peuplement est relativement importante, elle est voisine de 30 g/m².

e. **Le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba***

Ce peuplement est localisé le long de la côte à une profondeur excédant rarement 10 mètres dans la zone étudiée. Il est installé sur des sédiments où dominent les sables fins et les pélites. Des aspects particuliers de ce peuplement apparaissent localement, notamment des faciès fortement envasés devant les ports ou les estuaires.

Il est particulièrement diversifié avec une biomasse élevée, de 30 à 50 g/m², de même que la densité, 25 000 individus par m². Les espèces dominantes du peuplement sont les Polychètes *Nephtys hombergii*, *Lanice conchilega* et *Pectinaria koreni* ainsi que les Mollusques *Abra alba* et *Tellina fabula*. Les autres espèces communes sont les Polychètes *Owenia fusiformis* et *Anaitides mucosa*, les Mollusques *Spisula subtruncata* et *Mysella bidentata* et l'Echinoderme *Ophiura texturata*.

Ce peuplement est très stable sur le long terme mais peut aussi, certaines années, être le lieu de proliférations brutales et imprévisibles de certaines espèces peu communes, voire quasi absentes du peuplement, qui, au bénéfice de conditions courantologiques particulièrement favorables, peuvent envahir le peuplement et éliminer les espèces autochtones. Un cas récent est celui du mollusque *Ensis directus* qui a bénéficié d'un recrutement intense mais temporaire en mai 1991.

2.3.2.3 CONCLUSIONS

Les campagnes de mesures in situ effectuées au cours de la présente étude ont permis de confirmer la prééminence de trois unités bionomiques classiques de la région dans le fuseau d'étude :

- Le peuplement des cailloutis (auquel se rattache celui de la partie Ouest de l'hétérogène envasé) se situe entre les bancs de Ruytingen et du Dyck. Il est très diversifié mais présente une tendance à l'appauvrissement de l'Ouest vers l'Est et donc une faculté de régénération assez faible.
- Le peuplement des sables propres à *Ophelia borealis* est relativement peu diversifié, peu dense (100 à 500 ind./m²) et présente une faible biomasse (1 à 3 g/m²). C'est le peuplement le mieux représenté en surface dans le fuseau d'étude.
- Le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* est le peuplement le plus côtier (profondeurs inférieures à 10 m). Il est particulièrement diversifié, très dense (25 000 ind./m²) avec une biomasse relativement élevée (30 à 50 g/m²). Il possède de fortes possibilités de régénération en cas de perturbation provisoire qui peuvent même présenter un caractère brutal et intense.

Aucune zone particulière abritant des espèces rares n'a été recensée dans le périmètre de l'étude. Plus de 90 % des espèces benthiques ont un cycle benthopélagique, les larves de ces espèces sont pélagiques. Comme nous nous trouvons ici dans un système à fort hydrodynamisme, une excellente dissémination des larves est assurée grâce aux populations d'adultes qui se trouvent en amont de la dérive des masses d'eaux qu'elle soit normale (Sud-Ouest - Nord-Est) ou qu'elle soit contrariée par des vents de conditions anticycloniques (vents de Nord-Est).

2.3.3 LE DOMAINE PELAGIQUE

Nous nous intéresserons dans ce chapitre au phytoplancton et au zooplancton.

a. Phytoplancton

Les variations annuelles de la biomasse phytoplanctonique communément observées dans la zone d'étude incluent des valeurs hivernales faibles (entre 2 et 3 mg/m³), un bloom printanier (en moyenne de l'ordre de 11 mg/m³) et un bloom automnal.

De telles variations saisonnières sont observées sur l'ensemble du fuseau d'étude avec toutefois des écarts plus grands en zone côtière par rapport au large, traduisant ainsi un gradient côte-large des biomasses phytoplanctoniques. Ce gradient est de l'ordre de 3 mg/m³ entre la côte et le Dyck en mars et en mai.

L'augmentation de la biomasse au printemps est étroitement corrélée à une augmentation de la productivité qui apparaît plus élevée au large, sur le banc du Dyck, qu'à la côte sur le site de la communauté à *Abra alba*.

Ces variations de biomasse et de production s'accompagnent de changements dans les espèces phytoplanctoniques :

- . à la sortie de l'hiver les espèces présentes sont *Melosira sulcata* ainsi que des *Thalassiosira* et des *Thalassionema*,
- . en mars apparaît *Astrerionella glacialis*, suivi de *Phaeocystis* pendant le mois d'avril et début mai, cette espèce représente alors les trois quart de la biomasse. Cette dernière réapparaît au mois de juin. Le printemps est également propice aux genres *Nitzschia* et *Rhizosolenia*,
- . au cours de l'été les espèces dominantes sont : *Chaetoceros curvisetus* et *Rhizosolenia delicatula* et *Rhizosolenia shrubsolei*. Des péridiniens et des Noctiluques sont aussi présents à cette période de l'année,
- . en automne, outre une grande part des espèces déjà citées, le cortège spécifique est caractérisé par *Eucampia zodiaca*.

La succession de ces espèces s'observe avec régularité tous les ans. Seules les dates précises d'apparition ou de disparition d'une espèce peuvent varier.

b. Le zooplancton

La biomasse zooplanctonique mesurée entre 1977 et 1991 sur le site de référence de Gravelines montre des valeurs élevées (entre 100 et 250 mg/m³ de matière sèche), ainsi que d'importantes fluctuations mensuelles ne correspondant pas au schéma classique des valeurs estivales fortes et hivernales faibles.

L'espèce holoplanctonique dominante est *Temora longicornis*. Ce copépode présente des abondances maximales généralement au cours du mois de mai. Parmi les autres espèces holoplanctoniques, *Centropages hamatus* et *Acartia clausi* présentent des maxima d'abondance un peu plus tard, au cours des mois de juin-juillet. *Euterpina acutifrons* présente des abondances maximales en septembre-octobre, tout comme *Paracalanus parvus*. C'est au cours de l'hiver (janvier) que les abondances de *Pseudocalanus elongatus* sont les plus élevées.

Hormis ces copépodes qui constituent généralement la majorité du zooplancton, il faut noter deux pics d'abondance, en avril-mai et septembre-octobre, pour l'appendiculaire *Oikopleura dioica*, et un maximum d'abondance en septembre pour le chaetognathe (organisme prédateur) en *Sagitta setosa*. Enfin, le mois de mai est également caractérisé par de fortes abondances du Ctenaire *Pleurobrachia pileus*.

La fraction méroplanctonique est dominée par les annélides polychètes et les larves de cirripèdes. Chez les polychètes les deux espèces principalement rencontrées sont : *Polydora ciliata* (maximum d'abondance aux environs de mars) et *Lanice conchilega* qui possède deux périodes de ponte en avril-mai et en septembre. Pour les cirripèdes, toutes espèces confondues, les pontes se produisent en mars et en septembre. L'absence de larve de bivalve dans les prélèvements de zooplancton, alors que les adultes constituent une grande part de la biomasse du macrobenthos, est probablement due à la stratégie d'échantillonnage qui met en oeuvre un filet de 200 µm de vide de maille alors qu'un grand nombre de larves de bivalves présente des tailles inférieures.

Les abondances de chacune des espèces présentées ci-dessus varient également d'une année sur l'autre.

c. Conclusions

Les caractéristiques du domaine pélagique sont très peu différentes entre l'Ouest et l'Est du fuseau d'étude. La circulation des masses d'eau y est très importante et les temps de régénération des populations phytoplanctoniques (doublement en 1 jour) et zooplanctoniques (doublement en 10 jours) sont très courts.

2.3.4 LES POISSONS

La zone d'étude présente une grande variété de poissons :

- . poissons plats : sole, limande sole, plie, carrelet,
- . poissons benthonectoniques : morue, merlan, tacaud,
- . poissons divers : bar, roussette,
- . crustacés, crevette grise, ...
- . poissons pélagiques : maquereau, hareng.

Dans le cas présent et compte tenu de la nature des travaux qui n'affecteront que les fonds marins, ce sont les frayères qui sont les plus vulnérables.

2.3.4.1 FRAYERES DE HARENG

Le hareng est une espèce migrative. La variété qui fréquente la zone du Sud de la Mer du Nord se reproduit en octobre-novembre.

Le hareng dépose ses oeufs sur des fonds graveleux. Il existerait une zone de ponte mal délimitée à 3 milles au large de Sangatte-Wissant et sans doute dans des zones du large (fonds à gravelles à Amphioxus entre Ruytingen et Sandettié). Ces deux zones restent cependant en dehors du fuseau d'étude.

2.3.4.2 FRAYERES DE POISSONS PLATS

D'importantes nourriceries côtières de soles, de carrelet (plie) et de limande dans des fonds faibles (inférieurs à 10 m) du littoral belge à la Baie de Somme et plus particulièrement dans la zone de Calais à Dunkerque ont été recensées.

Dans le secteur côtier des Hemmes de Marck à l'avant port de Dunkerque, se concentrent des juvéniles de 3 espèces de poissons plats :

- . **La sole** : la ponte de cette espèce a lieu au printemps dès que la température est supérieure à 7°C, essentiellement centrée sur avril et mai. Les juvéniles (groupe 0) sont dans la zone intertidale jusqu'à l'automne où ils gagnent le large quand la température chute.
- . **Carrelet ou plie** : la ponte a lieu durant la fin de l'hiver (décembre à mars) au large (milieu de la Manche). Les juvéniles viennent passer l'été dans la zone côtière et repartent en automne comme la sole.
- . **Limande** : elle se reproduit de février à avril mais les juvéniles restent dispersés.

2.4 ECOLOGIE TERRESTRE

Deux principaux types d'écosystèmes terrestres sont présents dans le fuseau d'étude à savoir les massifs dunaires et les Wateringues.

2.4.1 LES DUNES

Trois massifs dunaires principaux sont présents dans le fuseau d'étude (figure 2.3). Il s'agit (d'Ouest en Est) :

- . de la dune du Fort Vert,
- . du platier d'Oye,
- . de la dune du Clipon.

Ces trois massifs sont actuellement classés en ZNIEFF de type 1 (cf. paragraphe 2.4.4.2) par leur intérêt écologique, faunistique et floristique. Une réserve naturelle a également été instituée au centre du massif du platier d'Oye. Une description générale des massifs dunaires de la zone est d'abord fournie. Une synthèse des données écologiques les plus remarquables de ces trois sites est ensuite effectuée.

2.4.1.1 DESCRIPTION GENERALE

L'orientation de la côte parallèle aux vents dominants d'Ouest a formé des massifs peu élevés (15 mètres environ), au relief tourmenté et de faible largeur. Elles forment des dunes dites "flamandes" par opposition aux dunes "picardes" présentes sur l'ensemble de la façade atlantique.

Les massifs dunaires, résultats du phénomène classique de sédimentation éolienne, sont stabilisés en front de mer par des touffes éparses d'oyats, d'euphorbes et de chardons bleus, puis par une végétation plus dense de fourrés (argousiers, troènes sauvages, sureaux et saules argentés) ou par des pelouses bryolichéniques (mousses). En limitant naturellement l'extension des fourrés, les lapins entretiennent ces pelouses où pousse une multitude de petites plantes : pensée des dunes, phléole, sabline, orpin.

Cette stabilisation n'est cependant pas définitive. En effet, le vent réussit à remettre le sable en mouvement par endroits. Ainsi se creusent, jusqu'à la nappe phréatique, des dépressions paraboliques plus ou moins larges à fond plat : les "pannes sèches" ou "humides". Ces pannes abritent généralement de nombreuses plantes plus ou moins rares comme les parnassies, orchidées et gentianes, etc.

Il s'agit de dunes "jeunes" puisque leur formation est postérieure aux transgressions marines dunkerquoises (qui se poursuivent jusqu'au VIIe siècle) et que des discontinuités permettant à la mer d'envahir la plaine subsistent dans ce cordon jusqu'au XIe siècle. L'édification du massif dunaire s'est poursuivie depuis le Moyen-Age jusqu'à nos jours.

2.4.1.2 PRINCIPAUX HABITATS

Les habitats habituellement concentrés sont les suivants :

a. La dune blanche ou dune bordière

On qualifie ainsi les premiers bourrelets dunaires situés en arrière de la plage, n'étant jamais atteints par l'eau de mer, mais subissant de plein fouet les vents du large et les apports d'embruns. Classiquement on observe deux bandes parallèles dans cette zone :

- . Une dune embryonnaire à végétation vivace dominée par l'agropyre à feuilles de jonc,
- . Une dune "mobile", appelée ainsi car elle génère souvent des grandes dunes paraboliques mobiles dans les systèmes dunaires importants. Elle forme un bourrelet élevé supportant jusqu'à 80 cm d'accumulation annuelle de sable et est colonisée par une végétation d'environ 60 cm de hauteur végétative moyenne, dominée par l'oyat.

b. La dune fixée

On qualifie ainsi la zone située entre la dune mobile à oyat et la zone poldérienne où la végétation ne présente plus de caractère maritime évident. Il s'agit d'une zone comportant des fourrés arbustifs d'argousier et des "dunes noires" à mousses. Autrefois cette zone était très généralement pâturée et constituée de pelouses rases. Depuis le début du siècle, l'abandon du pâturage sur ces zones a libéré la colonisation naturelle arbustive, engendrant l'apparition de fourrés arbustifs dominés par l'argousier, qui constituent la végétation naturelle potentielle, relativement stable, de ce type de dunes fixées. Certaines zones ont toutefois été maintenues rases par l'action de broutage des animaux sauvages et surtout du lapin de garenne.

c. Les prairies humides intradunaires

Cela inclut d'anciens marais plus ou moins remblayés ainsi que de nombreuses mares creusées pour la chasse au gibier d'eau entre Calais et le débouché de l'Aa.

2.4.1.3 DUNE DU FORT-VERT

Il s'agit d'un complexe littoral constitué d'estrans sableux, de cordons dunaires récents, de pannes et prairies humides et saumâtres, de dunes boisées plus anciennes, de prés salés et de polders. C'est une zone typique du littoral flamand.

Les intérêts du site se situent à plusieurs niveaux :

. Intérêt floristique

Il s'agit d'un des trois sites français d'*Halimione pedunculata*, espèce rare en voie de disparition en Europe Occidentale.

On note de nombreuses espèces rares dont certaines appartiennent à la liste nationale des espèces protégées : *Viola curtisii*, *Elymus arenarius*,...) ainsi qu'une grande diversité de groupements végétaux de prés salés et de dunes.

. Intérêt faunistique

Site exceptionnel pour l'avifaune où peuvent s'observer toutes les espèces d'oiseaux susceptibles de fréquenter le littoral de la mer du Nord. Ceci est dû à la très grande variété de milieux. Cependant, il existe un risque de limitation de la diversité et de la densité de l'avifaune par une chasse excessive.

. Intérêt écosystémique

Site de dimension déjà importante et présentant des biotopes très variés.

Cependant, ce site est menacé par l'extension des zones industrielles de Calais et par une pression touristique importante. Il a fait l'objet d'un classement en arrêté de biotope sur une partie de sa surface pour son très grand intérêt biologique.

2.4.1.4 LE PLATIER D'OYE

Ce massif comprend une réserve naturelle qui est incluse dans la ZNIEFF du même nom. Il s'agit d'une zone de dunes et polders typique du littoral flamand.

La valeur patrimoniale du site a été évaluée en analysant des critères de rareté des espèces.

159 espèces végétales de plantes supérieures ont été recensées sur le site. Le site présente un certain intérêt patrimonial du point de vue flore, avec 16 % d'espèces présentant un caractère de rareté, ce qui n'est pas négligeable par rapport à des sites similaires. On note en particulier la présence de la très rare *Cochlearia officinalis* (station régionale unique).

Deux espèces sont protégées :

- . la violette des Curtis (*Viola curtisii* protégée nationalement),
- . le panicaut champêtre (*Erungium campestre* protégé régionalement).

Les deux arrêtés de protection stipulent que sont interdits, en tout temps, sur le territoire français (et la région Nord - Pas-de-Calais pour le panicaut), la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette, l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages de deux espèces mentionnées.

2.4.1.5 DUNE DU CLIPON

C'est une zone de dunes et polders typiques du littoral flamand. Elle présente un intérêt floristique : unique station régionale de *Phelypaea purpurea*. Nous notons de nombreuses espèces rares à très rares : *Calamagrostis*, *Canesceus*, *Thalictrum minus subsp. duneuse* (protégé).

L'écosystème présente une bonne diversité des milieux, secs et humides, qui sont bien développées et qui présentent des phytocoenoses rares et précieuses.

2.4.2 LES WATERINGUES

La zone des Wateringues est essentiellement à vocation agricole. Elle ne présente pas d'espèces végétales protégées ou rares ni de site nature d'intérêt. Les parcelles non urbanisées étant à dominante culturale, les espèces floristiques restent peu nombreuses. Seules les berges des fossés et watergangs, avec leur végétation subaquatique (roseaux, phragmites) et les quelques arbustes qui y poussent présentent quelques intérêts pour la faune et le paysage.

Du point de vue de la faune, le milieu contient peu d'espèces sensibles telles que des espèces migratrices ou nicheuses. La seule espèce protégée que l'on trouve dans cette zone est le busard des roseaux. Cette espèce est menacée par la chasse. Des lapins sont présents, ainsi que des faisans, des perdrix, des poules d'eau et quelques petits carnivores.

2.4.3 L'AVIFAUNE

L'avifaune est présente sur l'ensemble du site et chaque milieu (mer, estran, dune, champs des wateringues) est fréquenté par des espèces d'oiseaux particulièrement adaptées à ce milieu.

La zone du large est fréquentée par les oiseaux de mer et principalement les goélands, les fous de bassan, les gravelots, les sternes, les Alcidés,...

La zone littorale est un ensemble remarquable. Elle se situe sur l'un des trois axes européens de migration d'oiseaux : 225 espèces d'oiseaux y ont été signalés ; 153 espèces sont visibles en migration d'hiver et 142 espèces durant l'été. C'est une des voies principales de migration. Dans les différentes zones du littoral (dunes, prairies proches, estran,...), 110 espèces d'oiseaux sont nidificatrices.

La zone des wateringues est peu propice à la nidification. Il s'agit d'une zone agricole et industrielle, sans arbres et très ventée ayant donc un habitat pauvre. Les oiseaux observés sont les canards, les poules d'eau, les busards des roseaux, les alouettes et les mouettes qui vivent sur les canaux (watergangs) et habitués aux activités humaines.

On note cependant dans la zone des wateringues autour de plans d'eau artificiels (friche humide de Sollac Mardyck, salines de Fort-Mardyck, lac au Nord de Armbouts-Cappel,...) la présence d'une avifaune intéressante.

2.4.4 ZONES NATURELLES

2.4.4.1 REGLEMENTATION

Plusieurs arrêtés ont été pris au niveau national et régional afin de protéger certaines espèces floristiques et faunistiques. Certains décrets concernent également les réserves naturelles.

a. Les ZNIEFF

Une ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) est un secteur identifié comme étant particulièrement intéressant au point de vue écologique. L'ensemble de ces secteurs constitue, sur le plan écologique, l'inventaire des espaces naturels exceptionnels ou représentatifs.

Deux types de zones existent :

- . les zones de type 1 : ce sont des zones de superficie limitée, particulièrement sensibles à des équipements ou à des transformations même limités, car renfermant des espèces rares, des associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine national ou régional,
- . les zones de type 2 : ce sont de grands ensembles naturels riches et peu modifiés ou offrant des potentialités biologiques importantes.

b. Les réserves naturelles

Des zones peuvent être classées en réserve naturelle lorsque 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 ou qu'il convient de les soustraire à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader. A l'intérieur de la réserve, toute action susceptible de nuire au développement naturel de la faune et de la flore est réglementée et, le cas échéant, interdite.

c. Les biotopes

Les biotopes sont des zones dans lesquelles les mesures tendent à favoriser la conservation du milieu naturel nécessaire à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie des espèces. Ces zones sont délimitées par un arrêté préfectoral.

d. Les zones de protection spéciale

Dans le cadre de la communauté européenne, une directive a pour objet la protection, la gestion et la régulation des oiseaux sauvages et en particulier des espèces migratrices. Pour cela les biotopes et habitats des espèces les plus menacées font l'objet d'un classement en zone de protection spéciale.

2.4.4.2 ZONES NATURELLES DANS LE FUSEAU D'ETUDE

Sur l'ensemble de la zone littorale, nous recensons trois zones de protection (figure 2.10) :

a. Dune et Plage du Fort-Vert

Il s'agit d'une ZNIEFF de type 1 ayant le n° 0072. En outre, la dune du Fort Vert a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de protection des biotopes le 14/10/1982.

b. Zone du Platier d'Oye

Cela comprend :

- la réserve naturelle du Platier d'Oye créée par décret du 9 juillet 1977 et classée en Zone de Protection Spéciale en mai 1988 au titre de la directive européenne n° 79/409 du 6 avril 1979,
- la ZNIEFF de type 1 "Platier d'Oye-Plage" n° 0073.

c. Dune du Clipon

Il s'agit d'une ZNIEFF ayant le n° 0074 est située sur les terrains du Port Autonome de Dunkerque à vocation industrielle.

Sa préservation a fait l'objet d'un cahier des charges dans le cadre du Schéma d'Environnement industriel de la région Flandre Dunkerque (AUDRFL, 1993). Celui-ci précise que la présentation du milieu naturel est assurée jusqu'à ce que le site soit appelé à accueillir des aménagements consécutifs à une décision nationale.

Tout projet susceptible d'être à l'origine d'un processus menant à la disparition de tout ou partie du site, doit faire l'objet de la recherche de variantes afin que soient étudiées des possibilités de sauvegarde totale ou partielle des milieux naturels.

Définies dans le cadre d'une démarche concertée entre le Port Autonome de Dunkerque et les collectivités locales, les modalités de gestion de l'ensemble du site viseront à :

- . le soustraire aux dégradations pouvant naître de l'ouverture de chantiers à sa proximité,
- . y interdire les activités incompatibles avec les objectifs de protection des écosystèmes (engins motorisés, extractions de sable, dépôts de déchets,...),
- . assurer la propreté et la sécurité des lieux,
- . assurer la stabilisation des dunes situées en front de mer.

2.5 CONTEXTE HUMAIN ET SOCIO-ECONOMIQUE

2.5.1 POPULATION ET HABITAT

Le secteur est caractérisé par la présence de deux grands ports sur ce littoral : le complexe portuaire de Dunkerque-Gravelines, à l'Est, et le port de Calais à l'Ouest, en limite de la zone d'étude. L'occupation du sol est donc partagée entre (figure 2.2) :

- . des zones urbaines : communes de Oye-Plage, Grand-Fort-Philippe, Mardyck, Loon-Plage, Dunkerque,... La population totale concernée par le fuseau d'étude localisé en figure 2.2 était d'environ 20 000 personnes en 1990,
- . des zones rurales dans les Wateringues,
- . des zones industrielles à proximité des zones portuaires : Calais, Gravelines, Loon-Plage, Dunkerque.

2.5.2 AGRICULTURE ET CULTURES MARINES

Toute la zone des wateringues est exploitée par l'agriculture.

Sur l'ensemble du littoral, le Recensement Général Agricole de 1988 précise que la culture principale est le blé suivie de l'orge ou de la betterave suivant les secteurs.

On note également la présence de cultures marines (moules, coques) sur un ensemble de concessions déjà attribuées ou en projet situées sur l'estran entre Calais et Grand-Fort-Philippe.

2.5.3 LA PECHE EN MER

L'IFREMER a réalisé pour le compte de STATOIL un bilan de l'activité halieutique dans le Sud de la mer du Nord entre 1983 et 1993 (IFREMER, 1995). Les principaux éléments de cette étude sont résumés ci-après.

2.5.3.1 LE CADRE ADMINISTRATIF EUROPEEN

La compréhension des activités de pêche maritimes en France nécessite de prendre en compte différents éléments et tout d'abord la Politique Commune des Pêches mise en place par l'Union Européenne.

Celle-ci assure la gestion des pêches communautaires grâce à plusieurs outils incluant notamment :

- . l'encadrement de l'effort de pêche défini à travers des Programmes d'Orientation Pluriannuelles depuis 1983. Ces programmes imposent à chaque état un taux de réduction de sa flotte,
- . Le système des TAC (Total Autorisé de Capture) et des quotas qui définit chaque année le total de capture autorisé par Etat et par Zone administrative (ICES). Ces zones sont issues d'un découpage administratif des mers et océans communautaires.

Le fuseau d'étude est essentiellement inclus dans le rectangle statistique 31F2 de la sous-zone IVC4 (mer du Nord méridionale) indiqué sur la figure 2.10.

Ce découpage virtuel ne reflète cependant pas la réalité de limites géographiques de distribution spatiale d'espèces ou de secteurs d'activités de flottilles.

2.5.3.2 ORGANISATION DES PECHEES MARITIMES EN FRANCE

L'ensemble des informations relatives aux pêches maritimes en France est placé sous la responsabilité du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, par l'intermédiaire de la Direction des Pêches et des Cultures Marines (DPMCM), direction dont dépend le service des Affaires Maritimes.

Le littoral français est divisé en Quartiers Maritimes (ex. : Quartier Maritime de Dunkerque), chaque Quartier comprenant un ou plusieurs ports rattachés (ex. : Dunkerque et Grand-Fort-Philippe pour le Quartier de Dunkerque), certains ports pouvant être classés comme Station Maritime.

Chaque Quartier Maritime a la charge de gérer les navires immatriculés au Quartier et la production débarquée dans ses ports.

Le fuseau d'étude est couvert par les quartiers maritimes de Dunkerque auxquels les ports de pêche et les criées de Dunkerque et Grand-Fort-Philippe sont rattachés et celui de Boulogne qui inclut les ports de Calais et Boulogne et la criée de Boulogne.

L'importance de ces différents centres est très inégale. La revue France Eco-pêche indique que la criée de Boulogne est la première de France en valeur (572 MF en 1995), celle de Dunkerque arrive au 29e rang (40 MF) et celle de Grand-Fort-Philippe (13 MF) est l'une des plus petites criées de France (44e rang sur 46).

De même, le port de pêche de Boulogne est très important pour la pêche industrielle mais aussi pour la pêche artisanale. Cependant, la position géographique du tracé de la canalisation permet d'affirmer que seule une partie mineure des activités de production et de vente à Boulogne sont directement imputables à la zone d'étude.

2.5.3.3 FLOTTILLES FREQUENTANT LE FUSEAU D'ETUDE

Pour des raisons évidentes de rayon d'action, les navires les plus directement rattachés à cette zone sont, par ordre de dépendance décroissante, basés dans les ports de Dunkerque, Grand-Fort-Philippe, Calais et Boulogne (seuls quelques navires de Dieppe et Fécamp viennent travailler épisodiquement du Sud de la mer du Nord).

Plus précisément, ce sont les navires artisans qui sont susceptibles d'être concernés. On classe dans cette catégorie les navires effectuant des marées d'une durée inférieure à 5 jours.

Les principaux métiers pratiqués sont le chalutage à perche dirigé vers les poissons plats (sole et plie essentiellement), les filets fixes à sole ou à morue, le chalutage pélagique (espèces cibles : hareng, maquereau), le chalutage côtier à crevette grise, le chalutage de fond dirigé vers les poissons ronds (morue, merlan) ou diverses espèces à forte valeur marchande (rouget, barbet, encornet, seiche). Chaque flottille est caractérisée par un ou deux métiers dominants.

En 1993, le nombre de navires composant chaque flottille de navires artisans était le suivant :

Type d'immatriculation	Petite pêche	Pêche côtière	Total
Dunkerque	21	6	27
Grand-Fort-Philippe	6	0	6
Calais	14	0	14
Boulogne	54	76	130

La pêche côtière dans le fuseau d'étude est essentiellement liée à la flottille de Dunkerque (et partiellement celle de Boulogne) qui comprend des chalutiers à perche (dits à tangons). Ces chalutiers très puissants peuvent traîner simultanément deux chaluts à perche.

D'autres navires, de type industriel (pêche fraîche ou congélateurs) fréquentent occasionnellement le Sud de la mer du Nord et s'intéressent essentiellement aux espèces pélagiques (hareng, maquereau et chinchard). Ces navires, basés à Boulogne, Dieppe et Fécamp, développent cependant le gros de leur activité dans d'autres secteurs.

2.5.3.4 LIEUX DE PECHE (figure 2.12)

La pêche à la crevette se pratique dans la zone côtière (bande côtière des 3 milles) qui est interdite aux navires pratiquant les arts traïnants. Ce sont essentiellement de petits bateaux artisanaux venant de Grand-Fort-Philippe - Calais, de Dunkerque et occasionnellement de Boulogne qui pratiquent cette pêche.

On note également la pratique de la pêche aux filets fixes sur l'estran devant Grand-Fort-Philippe.

La zone du large (au-delà des 3 milles) est soumise à un chalutage intensif par chalut de fond, pélagique ou semi-pélagique par des navires de Boulogne, Calais et Dunkerque dans une bande de 5 milles environ ainsi que par les chalutiers à tangons de Dunkerque.

La zone côtière la plus exploitée se situe aux abords de Calais (Ridens de la Rade et Nord-Est de Calais) jusqu'à l'Aa. Les abords des bancs de l'Out Ruytingen surtout et un peu le Dyck sont préférentiellement exploités par les chalutiers.

2.5.3.5 PERIODES DE PECHE

Les périodes de pêche sont variables suivant les espèces pêchées. On distingue :

a. Poissons plats : sole et plie...

La pêche des poissons plats par les trémailleurs s'étend sur toute la côte, de mars à novembre. La pêche au chalut des poissons plats s'effectue sur les bancs du Dyck Occidental jusqu'au Breedt et sur la partie Sud-Ouest de l'Out Ruytingen de février à décembre, soit pratiquement durant toute l'année (tableau 2.7).

b. Poissons benthonectoniques : morue, merlan, tacaud...

La bande côtière est exploitée par les trémailleurs (zone de Calais essentiellement) d'octobre à mars tandis que les chalutages sur la partie Ouest du Dyck Occidental s'effectuent durant l'hiver (janvier à mars). L'effort de pêche porte essentiellement au large, pour ces espèces de gadidés, sur l'Out Ruytingen durant une grande partie de l'année où les trémailleurs se disputent l'espace avec les chalutiers.

c. Poissons pélagiques : maquereau - hareng...

Cette pêche s'effectue au chalut pélagique entre le Dyck et l'Out Ruytingen (d'octobre à février pour le hareng et de mai à juillet pour le maquereau).

d. Poissons divers : bar, roussette... et crustacés

La pêche s'effectue à la côte au niveau des ridens entre Calais et Grand-Fort-Philippe et un peu sur l'Out Ruytingen d'avril à mai. Cependant, la pêche de ces espèces s'effectue essentiellement sur des secteurs hors du fuseau d'étude au large de Wissant et du Blanc-Nez.

Le tableau ci-après, construit à partir des données IFREMER (1995), donne la répartition le long de l'année des espèces pêchées au large du Ruytingen Ouest puis du Dyck Ouest jusqu'à la côte par poids économique décroissant :

Nombre de navires	Port et Mode de pêche	Sole et poissons plats	Morue, merlan...	Daurade, grondin, ribarbet, encornet, seiche	Hareng	Maquereau	Anguille	Crevette
Dunkerque 27	Dunkerque chalut fond et perche	Janvier à mai	Juin à décembre	-	-	Juin à décembre	-	-
	Maillant et chalut côtier	Janvier à mars	Avril à décembre	-	-	-	Juin à septembre	Janvier à décembre
Grand-Fort-Philippe 6	Pêche côtière	Mars à novembre	Octobre à mars	-	Octobre à janvier	-	-	-
Calais 14	Maillant trémail	Avril à mai	Septembre à janvier	-	-	-	-	-
	Chalut de fond	Avril à septembre	Septembre à mai	-	-	-	Mai à septembre	-
Boulogne 130 (une partie seulement concernée)	Maillant trémail	Mai à juin	-	-	-	-	-	-
	Chalutiers	-	Novembre à février	août à novembre	-	-	-	-

2.5.3.6 PRINCIPALES STATISTIQUES DISPONIBLES

Les tonnages débarqués dans les 3 criées intéressant le fuseau d'étude sont fournis dans le tableau ci-dessous :

Crique	1992		1993		1994		1995	
	Tonnages (t)	Valeur (MF)						
Boulogne	60 314	597,9	68 812	594,0	64 582	549,2	63 426	572,6
Dunkerque	1 744	36,8	1 798	33,8	2 007	35,4	2 160	40,3
Grand-Fort-Philippe	364	8,1	429	8,7	574	11,5	593	13,1
Hors crique Dunkerque	133	4,7	95	2,7	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

n.c. : non communiqué

Ces chiffres concernent des activités débordant largement le fuseau de l'étude.

L'IFREMER (1993) a réalisé une estimation plus fine couvrant la sous-zone IVC4 et le secteur 31F2. Les résultats de cette estimation sont fournis dans le tableau ci-après :

Secteur	IVC4		31F2	
Crée	Tonnage (t)	Valeur (MF)	Tonnage (t)	Valeur (MF)
Boulogne	7996	58,6	1841	9,9
Dunkerque	1521	27,7	1061	17,6
Grand-Fort-Philippe	357	6,1	357	6,1
Hors créée	95	2,7	95	2,7
Total	9969	95,1	3354	36,3

Ces valeurs couvrent encore une zone plus large que le fuseau d'étude.

Les deux tableaux suivants extraits de l'étude IFREMER (1995) fournissent la répartition par espèces des valeurs enregistrées sur les criées de Dunkerque et Grand-Fort-Philippe pour les secteurs restreints considérés précédemment. On observe que la sole est l'espèce dominante.

	1992 (MF)	1993 (MF)
Sole	6,6	6,6
Turbot	3,4	3,6
Plie	2,2	2,1
Morue	1,4	0,8
Barbue	0,9	1,0
Limande sole	0,9	1,6
Autres	2,0	1,9
Total	17,4	17,6

	1992 (MF)	1993 (MF)
Sole	3,6	3,0
Morue	0,6	0,9
Turbot	0,1	0,7
Limande sole	0,1	0,5
Plie	0,3	0,3
Merlan	0,2	0,4
Bar	0,2	0,1
Autres	0,5	0,2
Total	5,6	6,1

Enfin, la figure 2.13 présente la répartition mensuelle des apports en criée à Dunkerque et Grand-Fort-Philippe (toutes zones confondues). Ces graphiques mettent en évidence un premier pic de production au printemps (mars et avril) et un second à l'automne (septembre à novembre).

2.5.4 ACTIVITE PORTUAIRE ET MARITIME

Le détroit du Pas-de-Calais demeure le plus fréquenté du monde (16 marins au km²) et environ 700 navires empruntent chaque jour les rails de navigation à sens unique qui y sont soigneusement balisés. Le fuseau d'étude évite cependant ce trafic. Il inclut par contre les chenaux d'accès aux ports de Gravelines et de Dunkerque.

Sur le littoral, le site portuaire de Dunkerque sur lequel s'appuie un puissant espace industriel constitue un pôle économique majeur du fuseau d'étude. Troisième port de France par le trafic global (37 millions de tonnes en 1994 et huitième port européen, la zone portuaire s'étend sur 15 km de rivage en front de mer dans la partie Est du fuseau d'étude.

Il faut signaler aussi la présence du port de Gravelines plus à l'Ouest qui reçoit un trafic de cabotage. Ce trafic reste cependant très mineur par rapport à celui de Dunkerque.

Le présent paragraphe a donc pour objet de fournir un résumé de l'activité portuaire à Dunkerque puis de la navigation qui s'y rattache.

2.5.4.1 LE PORT AUTONOME DE DUNKERQUE

Le Port de Dunkerque comprend deux sites portuaires sur 15 kilomètres de rivage, en front de mer et sans estuaire :

- . **Le Port Est**, derrière écluses, accessible aux navires avec une cargaison de 115 000 tonnes à l'entrée, soit 14,20 mètres de tirant d'eau et 90 000 tonnes en sortie (14 m de tirant d'eau).
- . **Le Port Ouest**, port à marée réalisé dans les années 70, accessible aux navires de 300 000 tonnes de port en lourd à plein charge, soit 20,50 mètres de tirant d'eau, ouvert sans contrainte d'heure, d'écluse ou de marée, permettant des escales très courtes et situé à 1 heure de navigation de la route maritime du Détroit de Pas-de-Calais.

Port polyvalent, Dunkerque propose de nombreux quais et terminaux spécialisés :

- . **Pour les vracs liquides** (10 millions de tonnes en 1994) :
 - **Port Ouest** : Appontement Pétrolier des Flandres (pétrole brut, navires jusqu'à 300 000 tonnes à plein charge).
 - **Port Est** : Appontements divers (produits pétroliers et chimiques, gaz, vracs alimentaires ; navires jusqu'à 100 000 tonnes).

- . **Pour les vracs solides** (19,3 millions de tonnes en 1994) :
 - **Port Ouest** : Terminal à Pondéreux Ouest minerais et charbons, navires jusqu'à 180 000 tonnes de port en lourd, stockage de 1,2 million de m³.
 - **Port Est** : Quai Sollac desservant la sidérurgie, nombreux quais pour vracs divers importés et exportés. Equipements céréaliers : deux terminaux pour 650 000 tonnes de capacité de stockage.

- . **Pour les marchandises diverses** (8 millions de tonnes en 1994) :
 - **Port Ouest** : Port rapide : terminal à conteneurs (trois portiques) pour services feeders et océaniques, terminaux spécialisés Transmanche (Stena Sealink et Sally Line).
 - **Port Est** : 16 kilomètres de quais pour les lignes régulières conventionnelles ou semi-conteneurisées, la navigation au tramping, les terminaux spécialisés (sucres, sables, bois, aciers, céréales,...).

En Transmanche, Dunkerque est le seul port continental pouvant assurer l'embarquement de wagons de chemin de fer à destination de la Grande Bretagne (train ferry). Deux services rouliers desservent Douvres (fret roulant en camion et chemin de fer) et Ramsgate (passagers et fret roulant en camion).

Le site portuaire est aussi le lieu d'un développement industriel très important. Ce développement industriel résulte d'une volonté de l'Etat qui a créé, grâce au Port Autonome, une vaste réserve foncière de 6000 hectares, et des Collectivités locales qui ont appuyé et favorisé l'aménagement de la zone industrielle portuaire.

Aujourd'hui, la valeur ajoutée industrielle produite grâce au port dépasse largement les 13 milliards de Francs par an, et constitue, avec les activités commerciales du port la principale source de richesse du littoral.

Mais Dunkerque, par sa situation nautique exceptionnelle, ses accès terrestres performants, sa proximité de fortes concentrations de populations et d'activités, dispose des atouts nécessaires pour être un port de commerce de niveau européen.

2.5.4.2 PASSES ET CHENAUX DE NAVIGATION

Cinq zones sont à distinguer ici (figure 2.14) :

a. Le chenal d'accès au port Ouest ou passe principale

Il débute à la bouée Dunkerque située à l'Ouest du Dyck occidental pour aller jusqu'au port Ouest. Il est balisé par des bouées du système latéral allant du couple DW1/DW2 au couple DW15/DW16. Sa cote au plafond est maintenue à -21,5 m ZH. Tous les navires escalant aux ports Ouest et Est l'empruntent exceptés quelques petits caboteurs (faible tirant d'eau) arrivant par la passe de Zuydcoote à l'Est mais leur nombre est peu significatif par rapport aux autres. Le tirant d'eau maximal est de 22 m.

b. Le chenal intermédiaire ou passe de l'Ouest

Il va des couples DW17/DW18 à DW29/DW30. Sa cote au plafond est maintenue à -13,5 m ZH. Il est emprunté par les bateaux escalant au seul port Est, par les navires de service transitant entre les deux ports, les plus gros chalutiers et filéyeurs par mauvais temps, bien que ces derniers ne naviguent pas dans le chenal mais juste à l'extérieur de celui-ci soit dans le Nord, soit dans le Sud. Le tirant d'eau maximal est de 14,2 m.

Les Jetfoils de la ligne Ostende/Ramsgate l'empruntent par mauvais temps de secteur Sud-Ouest à Ouest. Cela leur permet de couper le détroit en ayant le vent sur le travers arrière ce qui est plus confortable. Mais du fait de leur faible tirant d'eau, quand ils sont déjaugés, leur zone de passage n'est pas restreinte au seul chenal.

c. La passe de l'Est

Elle est située vers l'Est du port et à terre des bancs Hills que l'on franchit par la passe de Zuydcoote permettant de récupérer les fonds de plus de 10 mètres du West Diep. Sa profondeur est de -3,2 m ZH.

Elle permet d'emprunter la passe de Zuydcoote mais n'intéresse que peu de bateaux du fait de sa faible profondeur qui limite la taille des navires pouvant y naviguer (51 caboteurs en transit ont emprunté le chenal du port Ouest, la passe de l'Ouest et la passe de l'Est en 1994).

d. La passe des bancs de Flandre

Elle se situe entre les bancs du Ruytingen au large et les bancs du Dyck à terre pour sa partie Ouest et à l'Est à terre du banc Butten Ratel jusqu'à la rade d'Ostende. La cote des fonds est de -15 m ZH au plus haut.

Elle permet aux ferries classiques de la ligne Ostende/Ramsgate, par fort vent de suroît, d'adopter une route plus confortable mais comme en l'empruntant on allonge la distance de traversée, elle est peu employée. Toutefois quelques caboteurs venant des ports hollandais ou belges peuvent la prendre pour éviter les zones de séparation de trafic et ainsi gagner un temps appréciable.

e. Le canal des Dunes

Le port Est et le port Ouest sont reliés par le canal des Dunes long de 5,5 km. Ce canal est à grand gabarit européen. La cote des fonds est de -3,5 m ZH et la largeur du plan d'eau est de 50 m. Il est relié au port Est par l'écluse des Dunes longue de 180 m et large de 12 m.

Ce canal est actuellement utilisé essentiellement par les navires de servitude. Il représente cependant un atout important pour le développement futur du port Ouest lorsque la connexion du port Est avec les canaux à grand gabarit de l'Europe du Nord sera effective. Cela permettra alors le passage jusqu'au port Ouest de convois poussés de grande taille (6000 TPL).

Enfin, il faut noter que les entrées au port se font aux étales de courant uniquement qui ont lieu :

- . 2 h 00 après la Pleine Mer au port Est,
- . 2 h 30 après la Pleine Mer au port Ouest.

2.5.4.3 ZONES DE MOUILLAGE ET DE MANOEUVRE

Deux zones d'attente et deux zones de manoeuvre sont utilisées dans le fuseau d'étude (Figure 2.12).

Les navires à fort tirant d'eau mouillent à 255° de la bouée-phare de Dunkerque dans la zone d'attente au Nord des ridens de Calais.

Les navires d'un tirant d'eau égal ou supérieur à 14 m mouillent à 2 milles à l'Ouest-Nord-Ouest de la bouée du phare de Dunkerque.

2.5.4.4 LES TRAFICS

Le trafic maritime est classé en différentes catégories :

- Les navires de commerce incluant les pétroliers, vracquiers, porte-conteneurs, roll-on-oll-off, etc. qui font escale essentiellement dans l'avant-port Est. Les navires faisant escale à l'avant-port Ouest sont généralement ceux ayant le plus fort tirant d'eau. Il faut noter que Dunkerque est le premier port français pour le trafic sec (hors pétrole).
- Les ferries dont le trafic est concentré sur l'avant-port Ouest. Ce trafic est important. En effet, Dunkerque est le deuxième port transmanche français. On peut y ajouter quelques Jetfoils belges empruntant les chenaux côtiers en cas de mauvais temps.
- Les navires de pêche (notamment ceux basés au port Est) dont la plupart n'empruntent pas les chenaux de navigation étant donné leur faible tirant d'eau qui leur permet de passer sur les bancs. Les chalutiers à tangons sont une exception du fait de leur forte taille. Ils empruntent régulièrement la passe de l'Ouest.
- Les navires de plaisance (notamment ceux basés au port Est) se comportent comme les bateaux de pêche.
- Les vedettes de l'administration incluent les affaires maritimes, douanes, gendarmerie, Marine Nationale, phares et balises, pilotage, servitude Port Autonome de Dunkerque et le Secours en mer (SNSM).
- Les remorqueurs.

Le tableau n° 2.12 présente les statistiques de trafic par catégorie. Il distingue les escales aux deux avant-ports (chaque escale correspond à deux passages dans les chenaux de navigation) et le trafic dans la passe de l'Ouest. Ces chiffres permettent d'estimer l'importance de la navigation dans les différents chenaux.

Escales Avant-Port Ouest dont ferries (année 1995)	4 006 3 456
Escales Avant-Port Est (année 1995)	2 170
Passages Passe de l'Est (année 1994)	289
Passages Passe de l'Ouest (dont pêche)	8 966 2 678
Passages Chenal d'accès Ouest	16 978

2.5.4.5 LE PLAN DE DEVELOPPEMENT PORTUAIRE (Lassauce, 1993)

A travers le Plan de Développement Portuaire, ce sont les efforts de l'ensemble de la Communauté Dunkerquoise qui sont mobilisés pour valoriser le potentiel commercial du port de Dunkerque et fournir ainsi le complément indispensable au développement de l'activité industrielle portuaire.

Le plan de développement s'articule en trois volets :

- . Modernisation de l'outil portuaire.
- . Valorisation de l'espace industrialo-portuaire.
- . Actions d'accompagnement.

a. Modernisation de l'outil portuaire

Les principaux investissements prévus par le PAD concernent les trafics stratégiques du port (marchandises diverses, conteneurs, vracs et transmanche) en tirant parti de la complémentarité des ports Est et Ouest et du potentiel économique de la Région. Ces différents projets portent sur une enveloppe pour la période 1993-1998 de 700 MF en hypothèse basse et 900 MF en hypothèse haute.

b. Valorisation de l'espace

Les réserves foncières de la Zone Industrielle Portuaire constituent un atout reconnu du développement économique de la Région et du littoral Dunkerquois. Un Schéma d'aménagement Industriel confirme cette orientation et la volonté politique d'affirmer Dunkerque dans son rôle de plate-forme industrielle.

L'aménagement de cette zone nécessite d'anticiper la demande avec deux objectifs principaux :

- . Permettre le prolongement de la Darse de l'Atlantique au Sud de la RN1.
- . Réaliser la viabilisation primaire de la Zone Centrale au Nord de la commune de Loon-Plage.

La poursuite de la Darse de l'Atlantique constitue l'axe prioritaire de développement du Port Ouest en préparant de nouveaux terrains d'accueil pour les industries bord à quai.

Les opérations structurantes nécessaires à l'aménagement de ce secteur visent d'une part à permettre le franchissement de la RN1 et de la voie ferrée qui la longe, d'autre part à disposer de terrains industriels remblayés au Sud de la RN1, enfin d'améliorer l'accessibilité à la Zone depuis la Rocade Littorale.

Le programme comporte, par conséquent, des opérations routières, des voies ferrées, la déviation de réseau, le creusement de nouveaux bassins, avec remblaiement de terrains et constitution de digues de protection, et la réalisation de quai en fonction des demandes exprimées par les industriels.

D'autre part, le Schéma d'Environnement Industriel (AUDRFD, 1993) a confirmé la vocation chimique et pétrochimique de la zone centrale, au Nord de Loon-Plage, mais les études générales d'aménagement doivent être actualisées. S'agissant d'une zone qui peut être desservie à long terme par des quais, l'étude du positionnement d'un nouveau bassin et de son débouché dans l'avant-port doit être menée de manière à disposer d'un plan d'aménagement cohérent réservant les potentialités d'avenir. De manière plus immédiate, la viabilisation primaire doit être programmée et engagée et un prépayage anticipé pour renforcer l'attractivité de cette zone.

c. Mesures d'accompagnement

Des mesures d'accompagnement devraient être réalisées soit à l'extérieur du domaine portuaire, soit d'intérêt général qui concernent le port et les industries qui y sont implantées. Parmi les actions qui ont été recensées on peut citer :

- . Le traitement des déchets industriels.
- . Le développement de la ressource en eau industrielle.
- . L'aménagement de l'articulation Ville Port (projet Dunkerque Neptune).
- . La création ou l'aménagement de nouvelles routes ou autoroutes.
- . Le renforcement et l'électrification de la voie ferrée Calais-Dunkerque.
- . L'amélioration des liaisons fluviales et la réalisation de la liaison Seine-Escaut.
- . L'amélioration des dessertes d'affaire (TGV, Aérien) et des services (Banques, Assurances, Université,...).
- . L'amélioration de la connaissance des problèmes d'environnement et de prévention des risques.
- . La mise en cohérence des documents d'urbanisme.

Ces opérations sont examinées par l'Etat, la Région et les Collectivités Locales dans le cadre du plan 1994-1998.

2.5.5 INDUSTRIE

Le littoral entre Calais et Dunkerque présente trois secteurs à forte vocation industrielle. Il s'agit des secteurs de Gravelines, Loon-Plage et de Dunkerque.

Nous avons établi la liste des installations majeures du secteur et en particulier celles relevant de la loi de 1976 sur les installations classées pour la protection de l'environnement et de la directive européenne SEVESO du 24 juin 1984 relative aux risques majeurs entraînés par certaines installations industrielles :

- . Secteur de Gravelines
 - Centre de production nucléaire de Gravelines (réglementation particulière).
 - Cyanamide : fabrication de matières actives toxiques.
 - Appontement pétrolier des Flandres.

- . Secteur de Dunkerque
 - Du Pont de Nemours à Loon-Plage : fabrication d'acétonitrite, de méthanol.
 - Copenor à Mardyck.
 - Stocknord à Mardyck.
 - Total à Mardyck.
 - Polychim à Mardyck (ne relève pas de SEVESO).
 - Air Liquide à Grande Synthe (oxygène liquide).

2.5.6 TOURISME ET LOISIRS

2.5.6.1 TOURISME

L'occupation du sol, notamment les complexes portuaires et industriels, font que le tourisme est très peu développé dans la partie Est de la zone d'étude. La découverte des dunes à l'Ouest de Grand-Fort-Philippe peut s'effectuer en parcourant à pied le sentier de Grande Randonnée qui longe le littoral.

2.5.6.2 LA PLAISANCE

Les ports de plaisance sont associés au port de pêche et de commerce du littoral. La capacité d'accueil des bateaux de plaisance pour chaque port est donnée dans le tableau ci-après :

Dunkerque	600
Gravelines	450
Calais	400
Total	1450

Tant à Dunkerque qu'à Calais et Gravelines, la sortie des bateaux ne s'effectue qu'à la pleine mer, ce qui limite les mouvements des bateaux.

2.5.7 PATRIMOINE CULTUREL ET ARCHEOLOGIQUE

Aucun site ou monument historique n'est recensé sur la zone du littoral. Aucun site de vestiges archéologiques n'est signalé sur cette zone. Cependant, en accord avec la loi du 14 septembre 1941, la découverte de tout objet pouvant intéresser le patrimoine, l'histoire, l'art, l'archéologie ou la numismatique doit être déclarée immédiatement au maire de la commune concernée.

2.5.8 INFRASTRUCTURES ET RESEAUX

2.5.8.1 RESEAU ROUTIER

Le réseau routier comprend :

- . Les autoroutes

Nous ne notons pas d'autoroute dans le fuseau d'étude. L'A16, "L'Européenne", est située plus au Sud, à l'extérieur du fuseau.

- . Les routes nationales

La principale route nationale concernée par le fuseau d'étude est la RN1 reliant Calais à Dunkerque.

- . Les routes départementales

Celles-ci sont trop nombreuses pour être listées. Elles apparaissent toutes sur les cartes, notamment sur la figure 2.3.

2.5.8.2 VOIES FERREES

Nous pouvons distinguer deux types de réseaux :

- . le réseau SNCF : une ligne est concernée par le fuseau et relie Calais, Gravelines, Bourbourg et Dunkerque,
- . un réseau spécifique aux besoins industriels sur Gravelines, Loon-Plage, Mardyck.

Toutes ces voies ferrées apparaissent sur les cartes, notamment sur la figure 2.3.

2.5.8.3 AERODROMES ET CENTRES RADIOELECTRIQUES

Il existe dans le fuseau d'étude un aéroport et deux centres radioélectriques :

- . aéroport de Calais-Dunkerque près de Marck, avec son centre radioélectrique,
- . centre radioélectrique de Calais - Oye-Plage.

2.5.8.4 RESEAUX TERRESTRES

Les principaux réseaux de transport ont été inventoriés.

Quatre types de réseaux sont répertoriés :

1. Réseau électrique.
2. Réseau téléphonique.
3. Réseau de transport de fluide particulier.
4. Réseau de Gaz de France.

Electricité

Nous ne nous intéresserons qu'aux lignes HT et THT (Haute Tension et Très Haute Tension).

Quatre types de lignes sont existantes :

- . 400 kV,
- . 225 kV,
- . 90 kV,
- . 63 kV.

Sur le fuseau d'étude, entre Calais et Dunkerque, nous notons des lignes haute tension (voir figures A5, A6, A7 en annexe) :

- . à Gravelines, partant de la centrale électrique et descendant vers le Sud,
- . à Dunkerque, le long de la dérivation du Canal de Bourbourg.

Téléphone

France Télécom gère deux types de liaison :

- . les liaisons hertziennes,
- . les liaisons câblées aériennes ou souterraines.

Les liaisons câblées sont très nombreuses. Deux types sont distinguables :

- les liaisons régionales : le maillage est trop important pour être porté sur une carte des contraintes,
- les Télécommunications du Réseau National (TRN) : il existe un TRN reliant Calais à Dunkerque en limite du fuseau d'étude (voir figures A5, A6, A7 en annexe).

Transport de fluide particulier

Ces conduites sont localisées autour de Dunkerque, dans le secteur de Mardyck. Elles correspondent principalement aux liaisons entre les différents sites industriels du secteur.

Nous notons en particulier (voir figures A5, A6, A7 en annexe) :

- une galerie technique de liaison entre COPENOR et STOCKNORD comprenant des canalisations de gazole, de naphtha, de fuel-oil, de propane, d'éthane, d'éthylène, de propylène, d'hydrogène, d'eau, de vapeurs, de condensats, d'air, d'azote,
- une canalisation de propylène liquide (ø 100 mm) entre TOTAL et POLYCHIM située le long de la route de Mardyck, côté COPENOR,
- une canalisation d'azote (ø 200 mm) située à proximité de la canalisation de propylène,
- un oxyduc qui longe la dérivation du Canal de Bourbourg et se dirige vers le Sud (Arques-Isbergues).

Ces conduites sont toutes souterraines et sont associées à une bande de servitude non aedificandi de 4 à 8 mètres de largeur.

Gaz

L'ensemble des conduites de gaz véhiculent du gaz naturel de type "B" (bas pouvoir calorifique).

Les conduites sont toutes souterraines et sont associées à une bande de servitude non aedificandi de 4 à 10 mètres de largeur.

Les conduites de distribution, situées dans les agglomérations, n'ont pas été repérées.

Sur l'ensemble du fuseau (voir figures A5, A6, A7 en annexe), nous comptons une canalisation Nord-Sud (\varnothing 200) longeant les lignes électriques HT à proximité de Gravelines.

2.5.8.5 CABLES SOUS-MARINS

Les câbles sous-marins suivants ont été recensés dans le fuseau d'étude (figure 2.14) :

- . câble France Télécom/British Télécom (UK - France n° 4) entre Oye-Plage (F) et St. Foreland (UK),
- . câble British Télécom/Belgacom (UK-Belgium n° 4) entre St. Idelsbald (B) et St. Margaret (UK),
- . câble British Télécom/Belgacom/Mercury (Rioja, segment 2) entre la Belgique et le Royaume-Uni,
- . câble British Télécom/Belgacom (UK-Belgium n° 6) entre St. Idesbald (B) et St. Margaret (UK),
- . câble British Télécom (Meridian) entre Veurnes (B) et Rodiles (UK),
- . câble British Télécom/Belgacom (UK-Belgium n° 5) entre St. Idelsbald (UK) et Dumpton Gap (UK).

2.5.9 UTILISATION ACTUELLE DES FONDS MARINS

2.5.9.1 DRAGAGES

Les zones de dragages sont limitées. Les chenaux s'autodraguent sous l'action des courants de marée et ne nécessitent que peu d'entretien. Seules les zones d'entrée de l'avant-port Ouest et l'avant-port Est de Dunkerque-Gravelines sont soumises aux dragages. La passe de l'Ouest est draguée occasionnellement entre les bouées 22 et 24 (voir figure 2.14).

2.5.9.2 LES ZONES D'IMMERSION

Le Port Autonome de Dunkerque utilise quatre zones d'immersion de sédiments qui sont dragués pour maintenir les cotes du fond dans le port et les chenaux d'accès. Elles se situent entre les avant-ports Ouest et Est au nord de la Passe de l'Ouest (figure 2.14).

2.5.9.3 ZONES D'EMPRUNT

Dans le cadre d'une convention en matière de recherche et de développement dans les domaines marin et littoral, signée en mai 1983 entre IFREMER et la Région Nord - Pas-de-Calais, l'IFREMER a réalisé en 1984 et 1985 des recherches sur les sites potentiels intéressants pour une extraction de granulats marins. Deux sites potentiels ont été identifiés au large de Calais, en dehors du fuseau de l'étude.

2.5.9.4 EPAVES - ZONES DE DEPOT D'EXPLOSIF

Les épaves ou croches sont recensées par le SHOM et font l'objet d'une indication sur les cartes marines. Chaque zone de dépôt d'explosif est définie par un cercle de 200 m de rayon. Dans le secteur d'étude, ces zones ont les coordonnées suivantes :

Tableau 2.14 - ZONES DE DEPOT D'EXPLOSIF	
Gravelines	Dunkerque
51°02', 25 N 02°03', 70 E	51°05', 65 N 02°19', 85 E

2.5.10 DOCUMENTS D'URBANISME ET SERVITUDES

Les contraintes de passage du futur gazoduc vis-à-vis des plans d'occupation des sols (POS) des communes ont été examinées sur l'ensemble du fuseau d'étude (voir figures A5, A6, A7 en annexe).

Les POS comportent deux types de zones :

1. Les zones urbaines (U) regroupant :
 - . les zones à vocation d'habitat principal et de services (UA à UE),
 - . les zones à vocation urbaine spécifique (UF à UH),
 - . les zones d'activités (UI à UL).

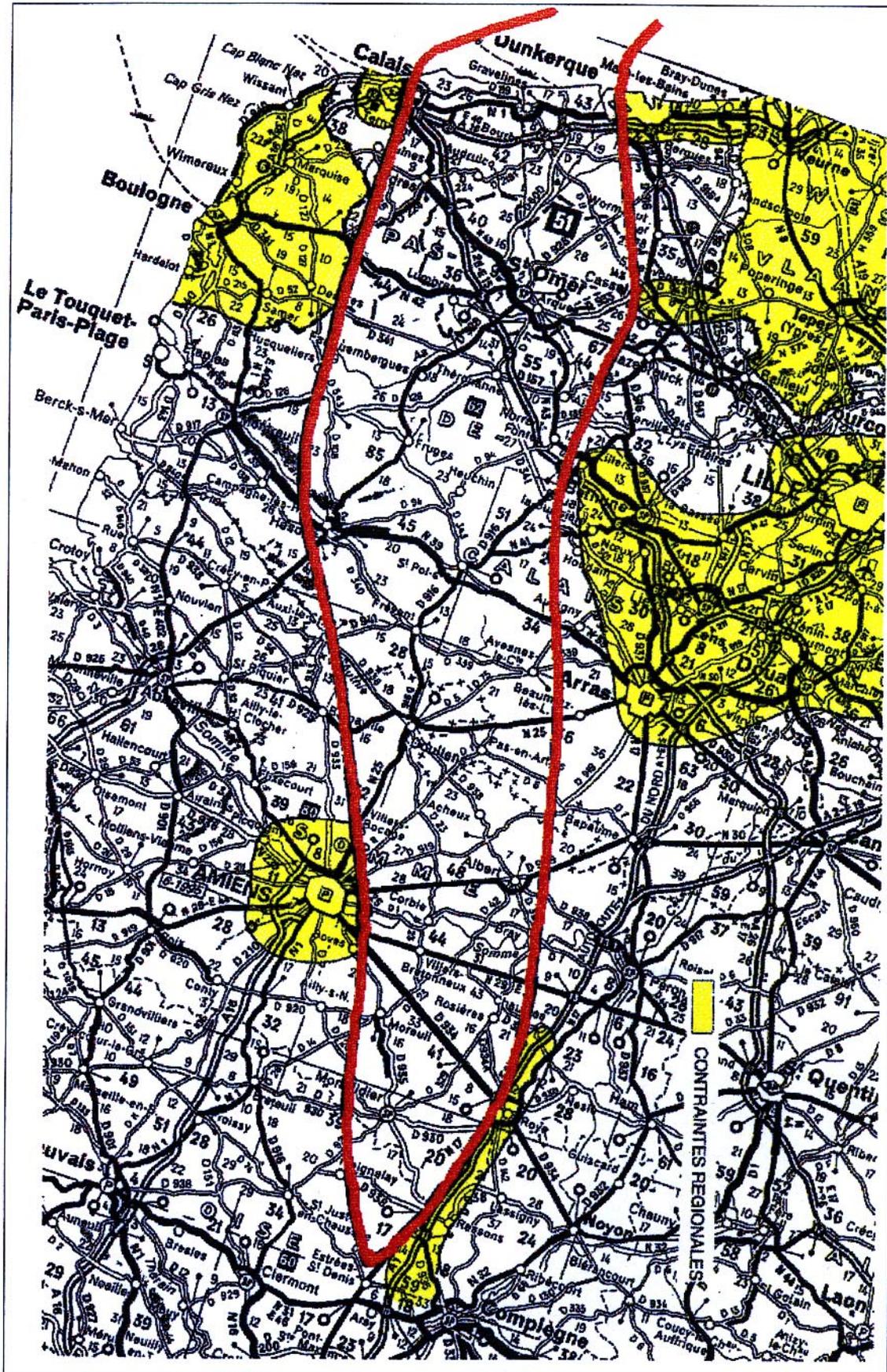
2. Les zones non équipées et naturelles (N) regroupant :
 - . les zones à urbanisation future (NA),
 - . les zones à richesse économique naturelle (NC),
 - . les zones à risques naturels, sites, nuisances (ND),
 - . les zones neutres ou naturelles ordinaires (NB).

Les zones de type U sont des contraintes importantes vis-à-vis du passage du gazoduc, et son tracé devra les éviter dans la mesure du possible.

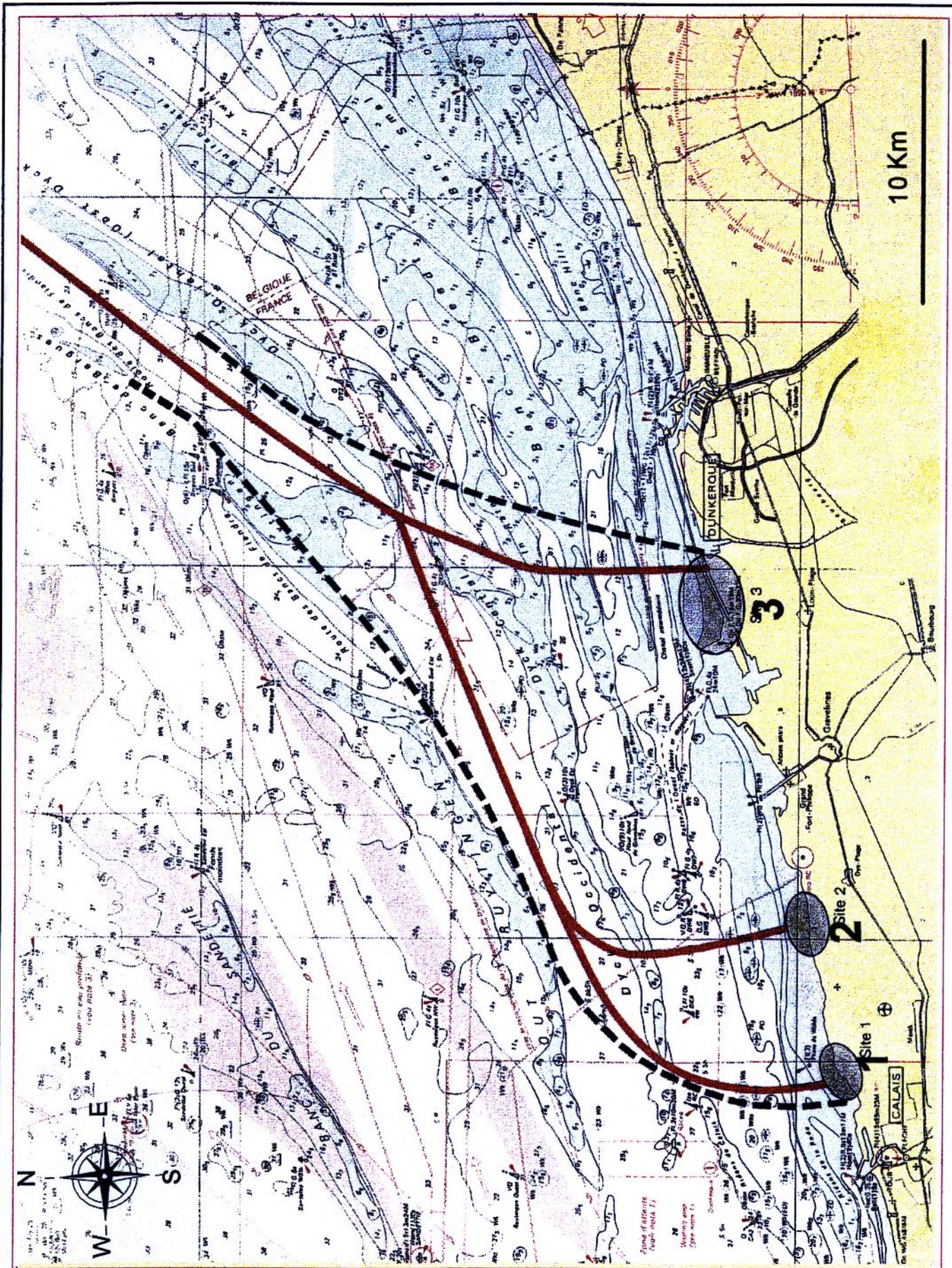
Les zones de type NA (urbanisation future) sont également à éviter dans la mesure du possible.

A ces POS, sont adjointes des servitudes. Etant trop nombreuses sur l'ensemble du fuseau, elles seront décrites plus précisément pour le secteur d'atterrage retenu, dans le chapitre 4. De plus, la région Flandre Dunkerque a fait l'objet d'un schéma directeur approuvé en décembre 1990 et d'un schéma d'environnement industriel le complétant, publié en 1993.

oOo



Mars 1996	CANALISATION NORFRA - Etude d'impact	
	FUSEAU D'ETUDE DU PROJET GLOBAL	51 8882
		Fig. 2.1



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



FUSEAU D'ETUDE DE LA CANALISATION NORFRA
PARTIE MARITIME

51 8882

Fig. 2.2



5 km

Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

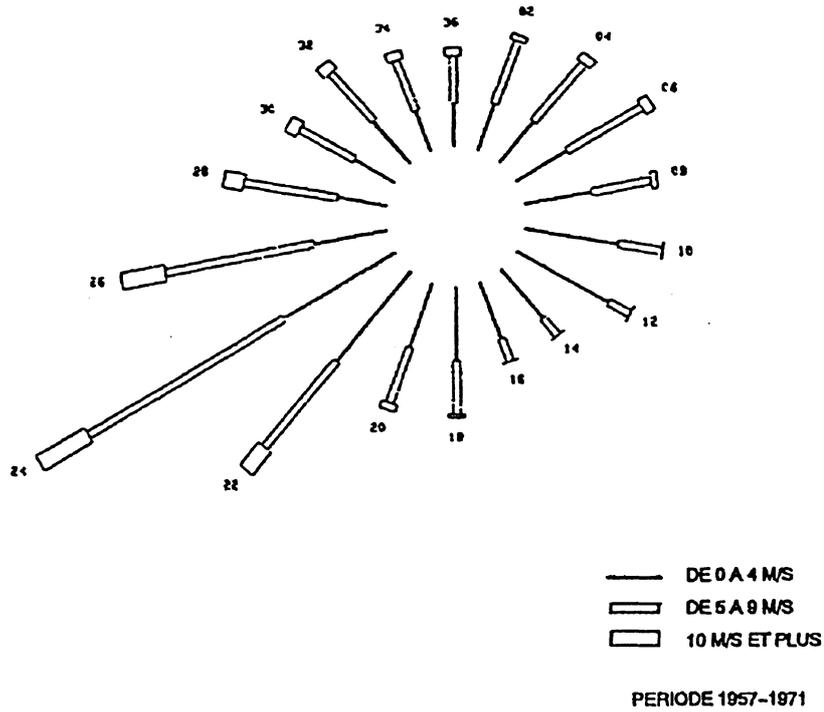


FUSEAU D'ETUDE DE LA CANALISATION NORFRA
PARTIE TERRESTRE

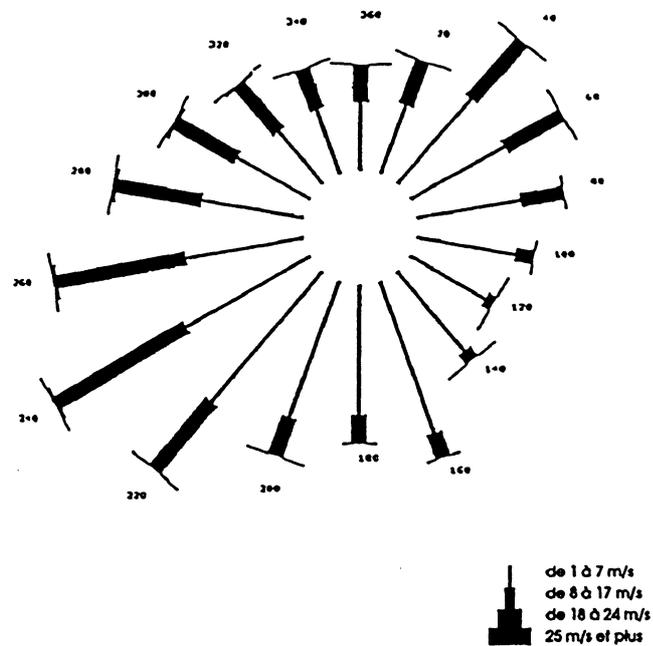
51 8882

Fig. 2.3

CALAIS



DUNKERQUE



Mars 1996

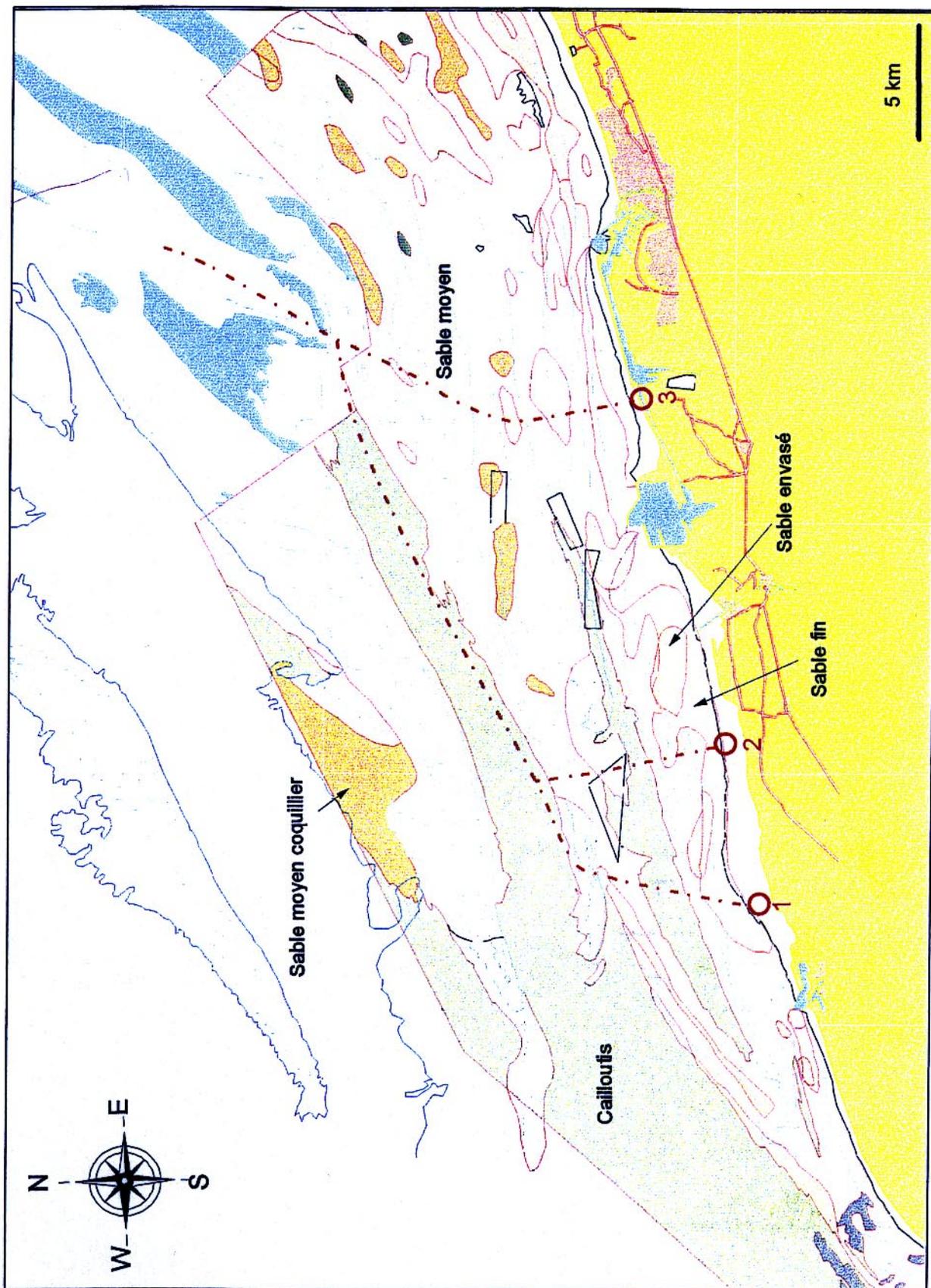
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

SOGREAH
INGENIERIE

ROSES DES VENTS A CALAIS ET DUNKERQUE
(Météorologie Nationale)

51 8882

Fig. 2.4



Mars 1996

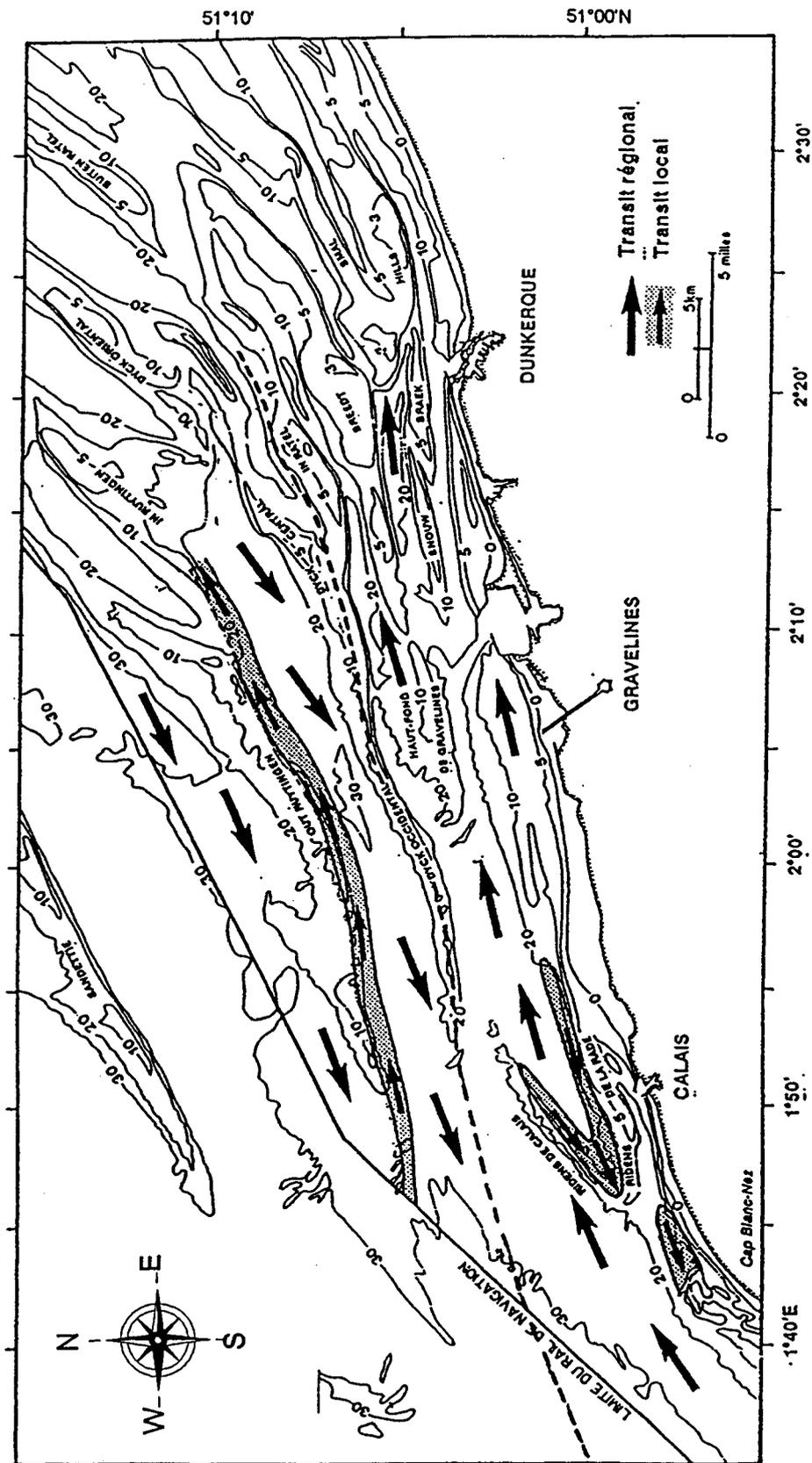
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



**REPARTITION DES SEDIMENTS SUPERFICIELS
EN MER (Vicaire 1991)**

51 8882

Fig. 2.5



Mars 1996

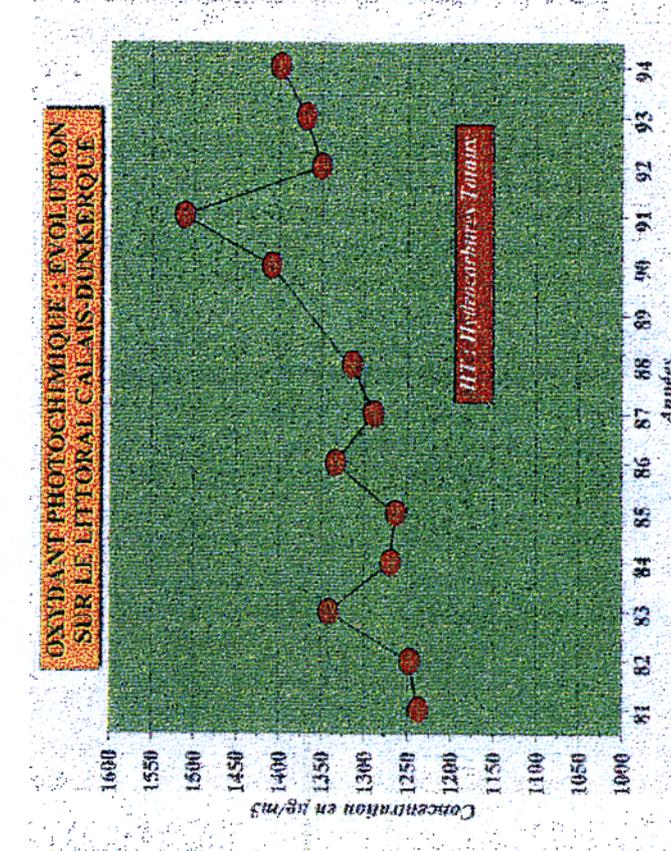
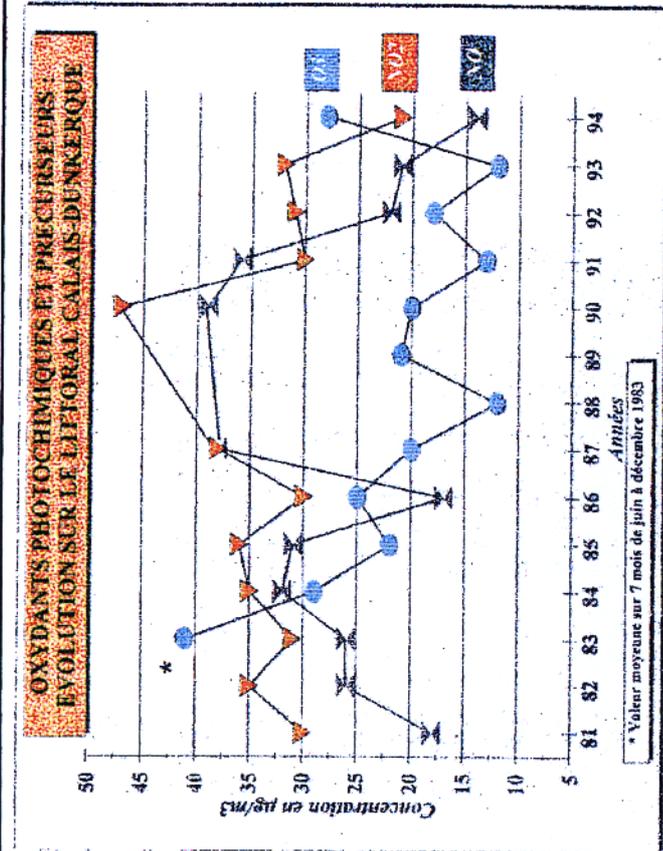
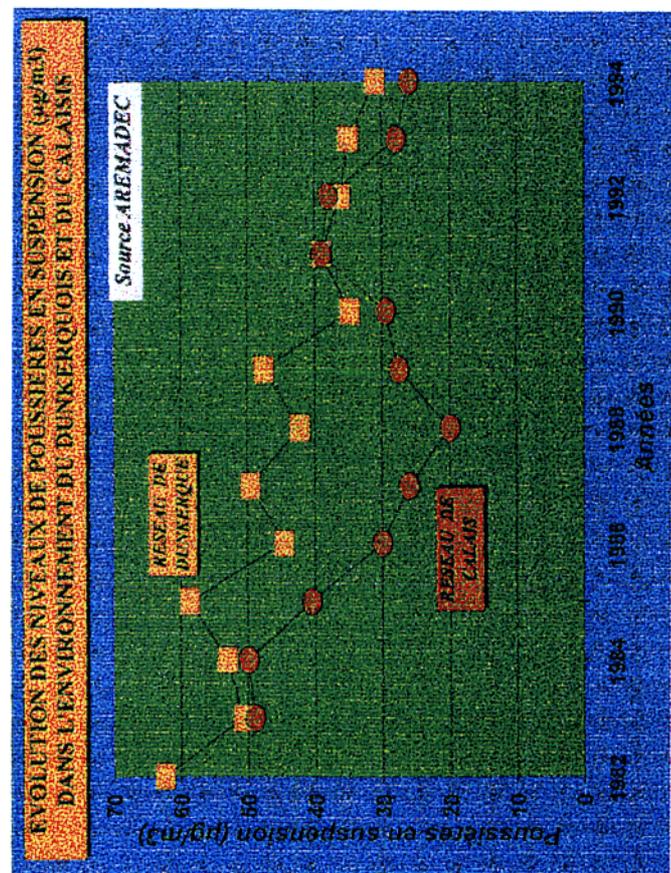
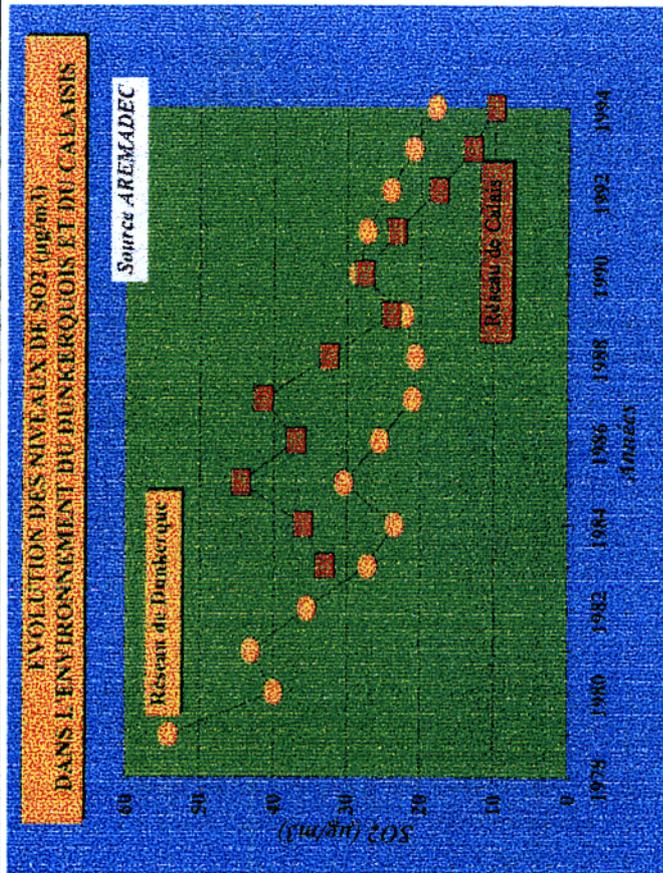
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



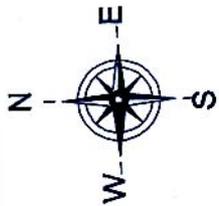
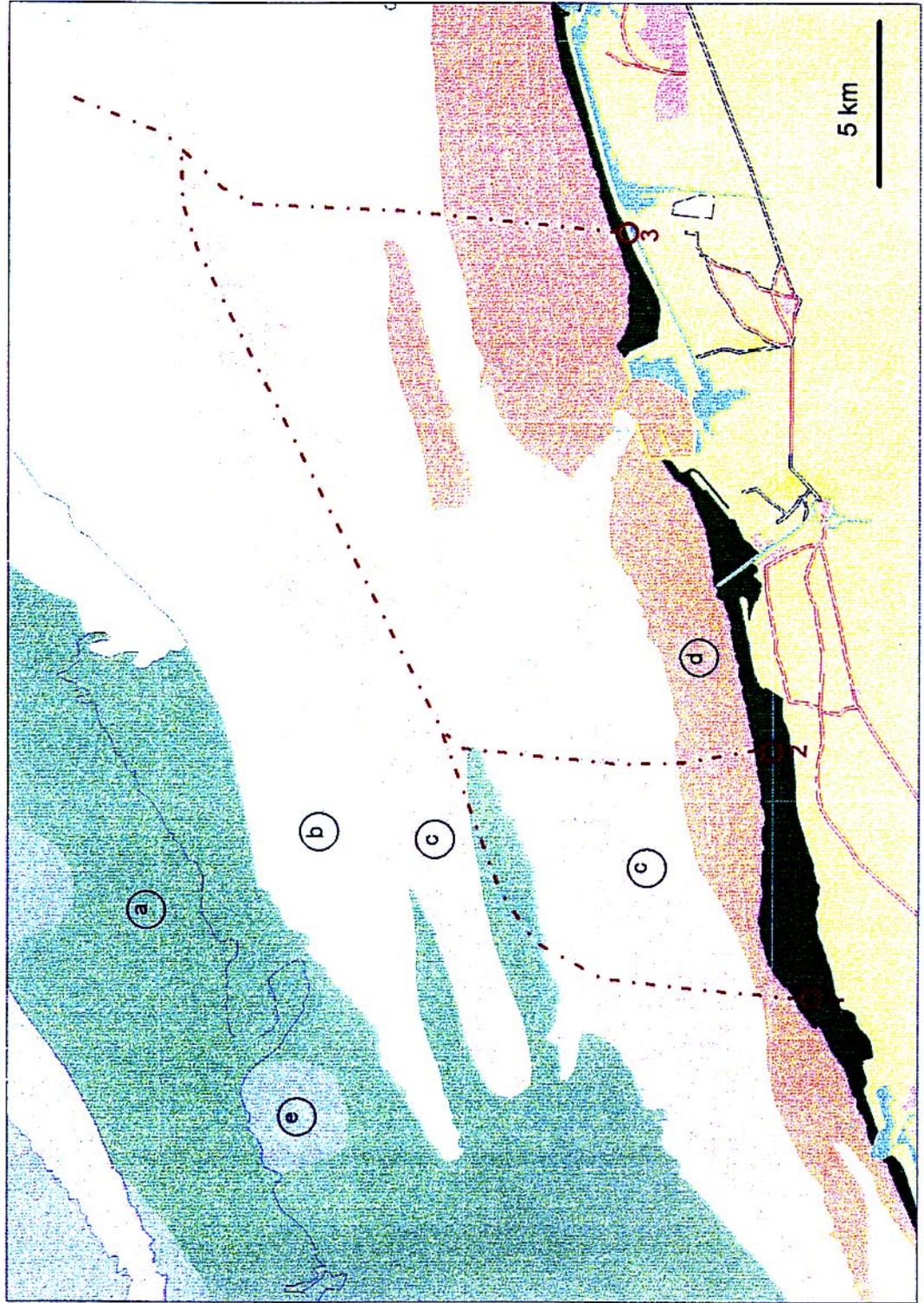
**DIRECTION ET SENS DES TRANSPORTS
SEDIMENTAIRES (Vicaire 1991)**

51 8882

Fig. 2.6



- a Peuplement des cailloutis
- b Peuplement à Ophelia borealis
- c peuplement de l'hétérogène envasé
- d Peuplement à Abra alba
- e Peuplement de la gravelle



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



**REPARTITION DES COMMUNAUTES BENTHIQUES
SUB-TIDALES (Station Marine de Wimereux 1994)**

51 8882

Fig. 2.8



SABLES A ABRA ALBA



L'HETEROGENE ENVASE



SABLES A OPHELIA BORALIS

Mars 1996

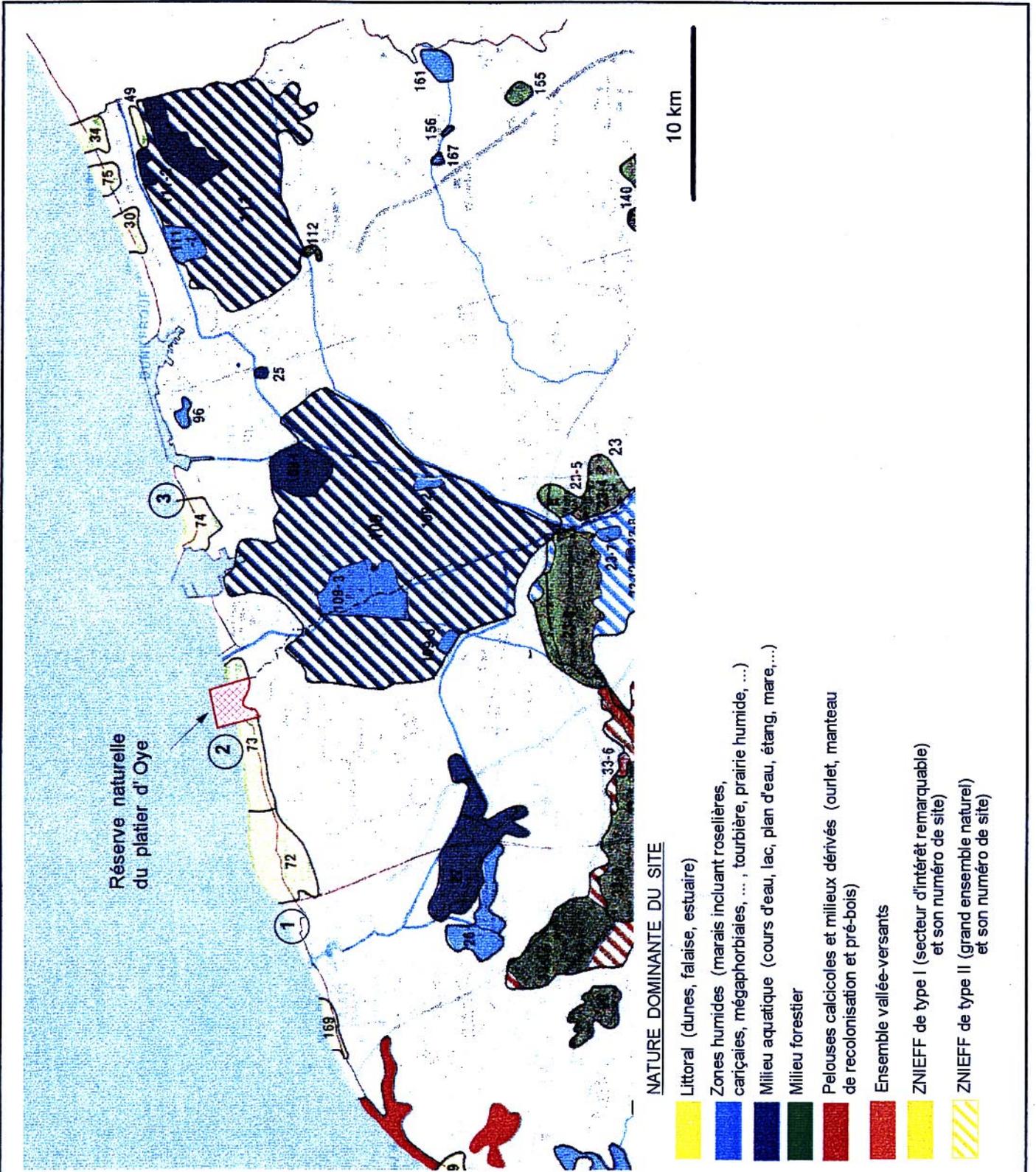
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

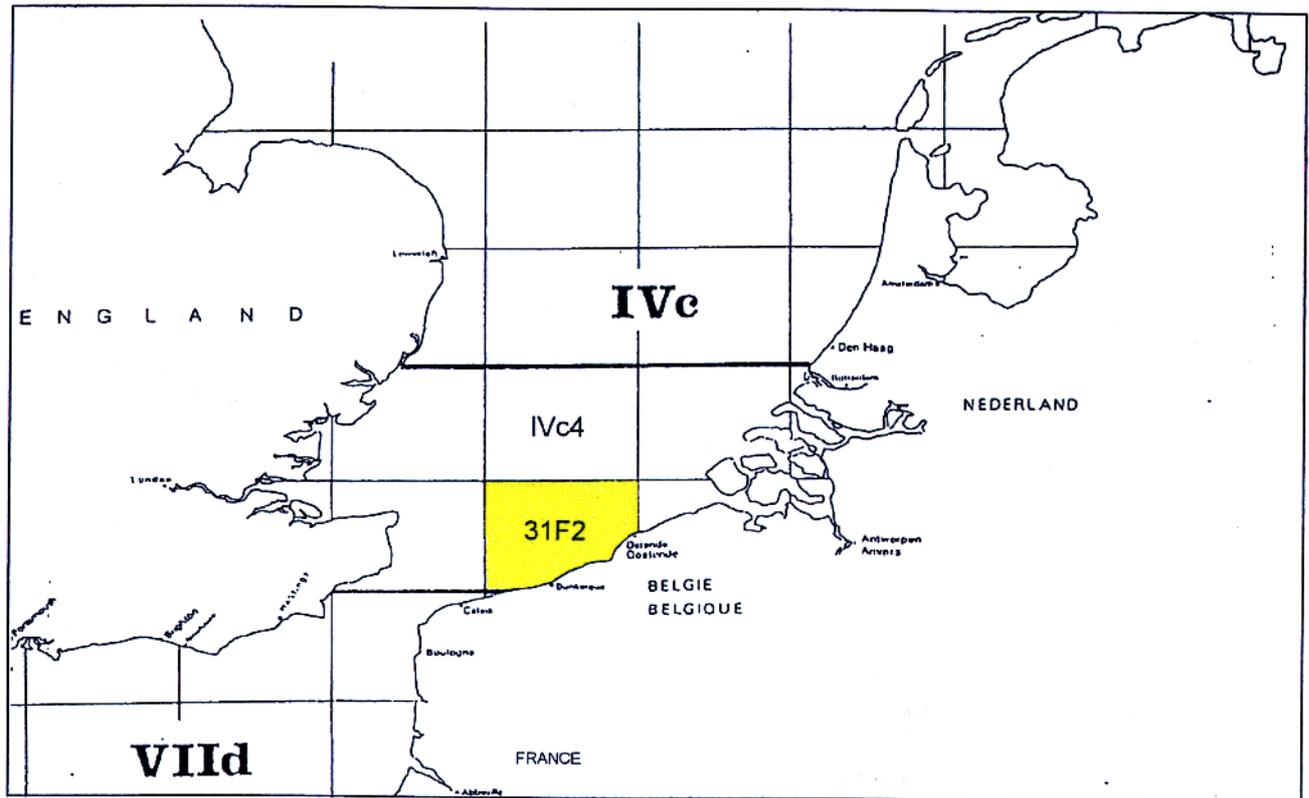
**SOGREAH**
INGENIERIE

**FAUNE BENTHIQUE CARACTERISTIQUE
DU FUSEAU D'ETUDE**

51 8882

Fig. 2.9





Mars 1996

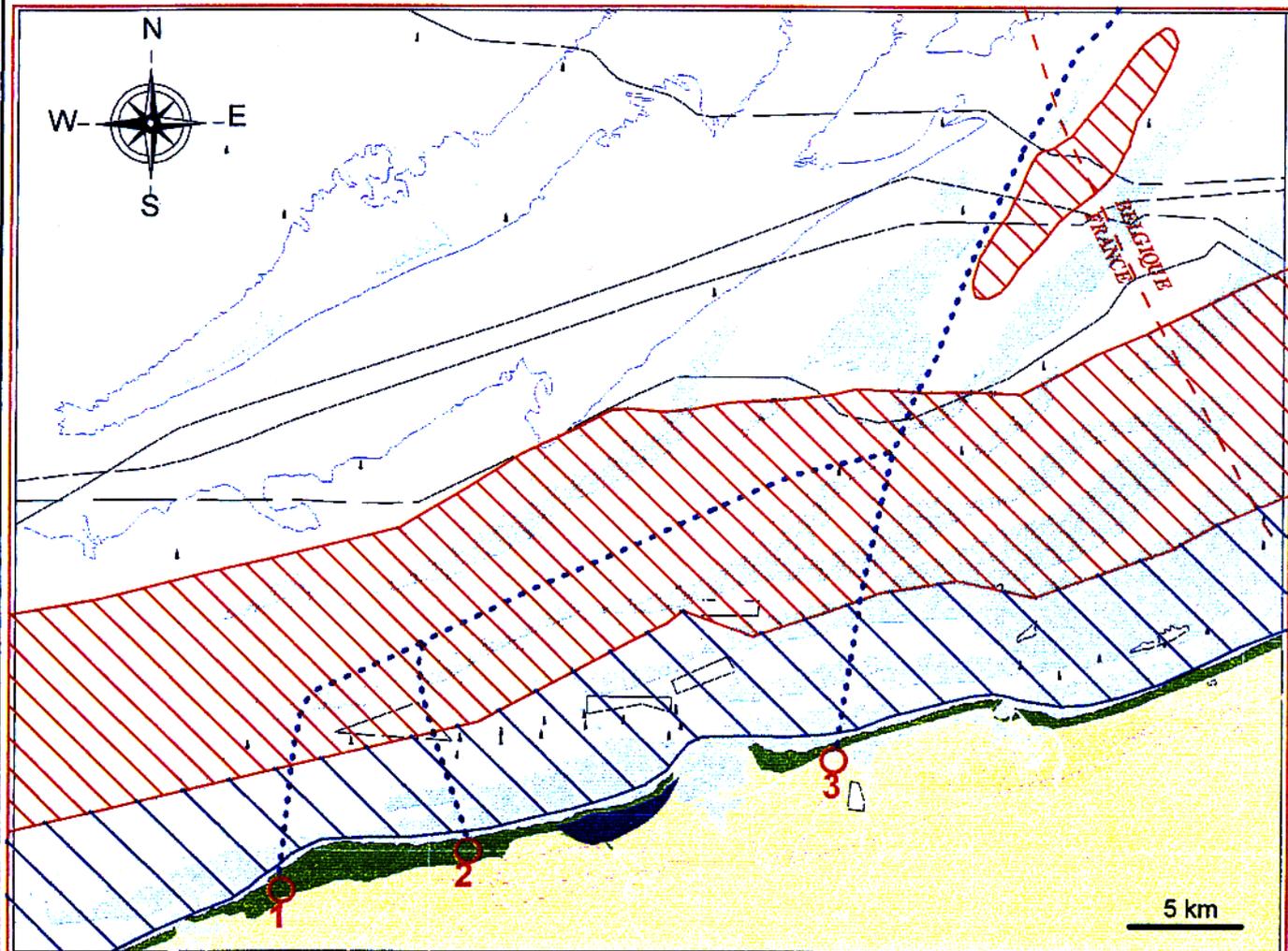
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

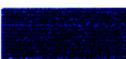


**DECOUPAGE EUROPEEN DES ZONES DE PECHE
AUTOUR DU FUSEAU D' ETUDE
(IFREMER, 1995)**

51 8882

Fig. 2.11



-  Pêche au chalut
-  Pêche à la crevette
-  Pêche à filets fixes

Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

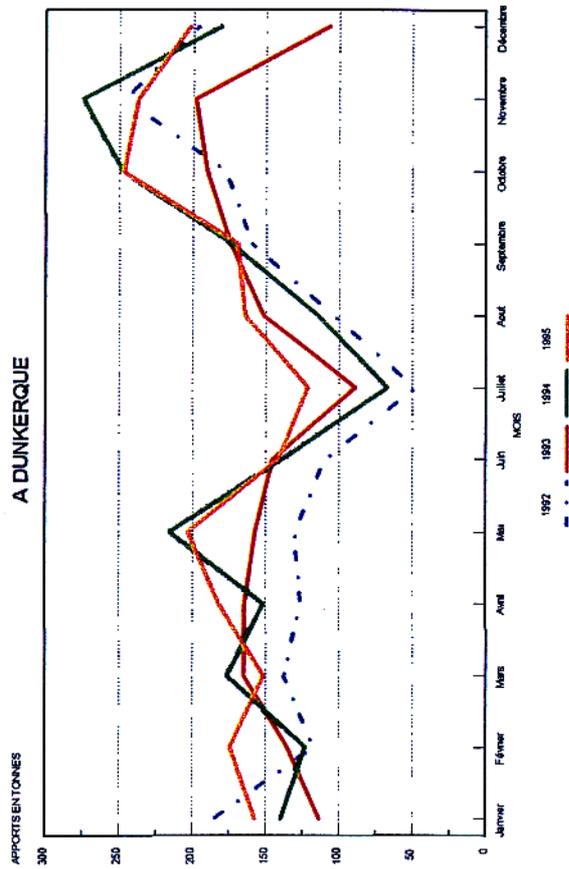

SOGREAH
 INGENIERIE

ZONES DE PÊCHE :
Flottes de DUNKERQUE et GRAND-FORT PHILIPPE
(Affaires Maritimes de Dunkerque)

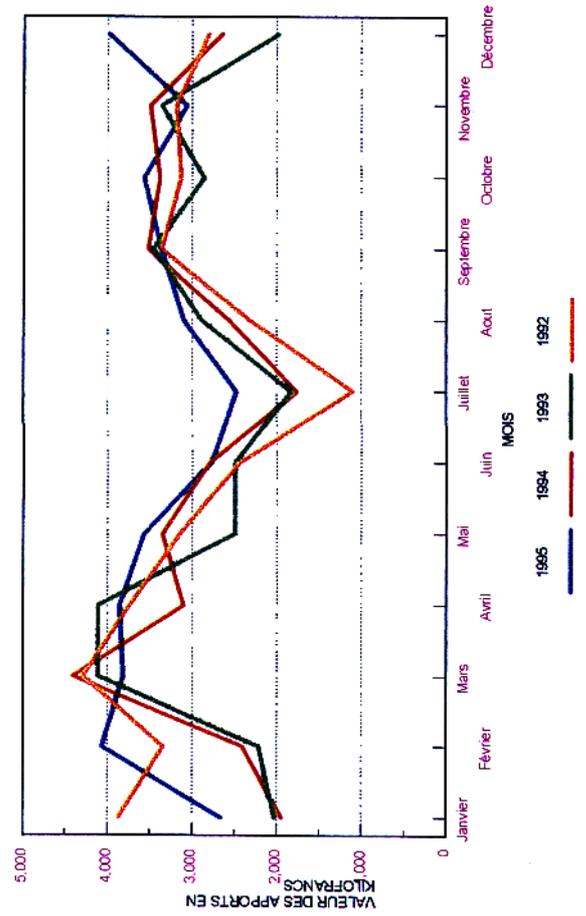
51 8882

Fig. 2.12

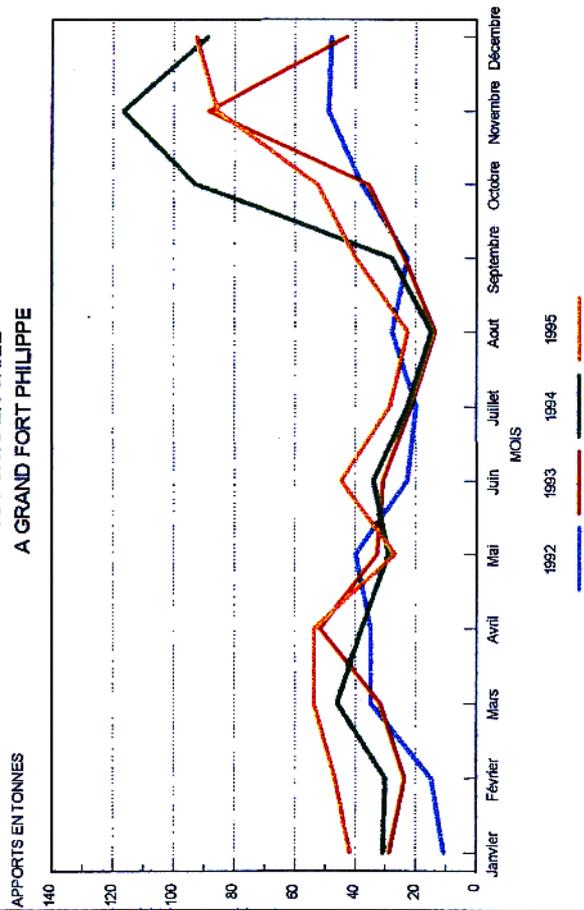
**APPORTS EN CRIEE
A DUNKERQUE**



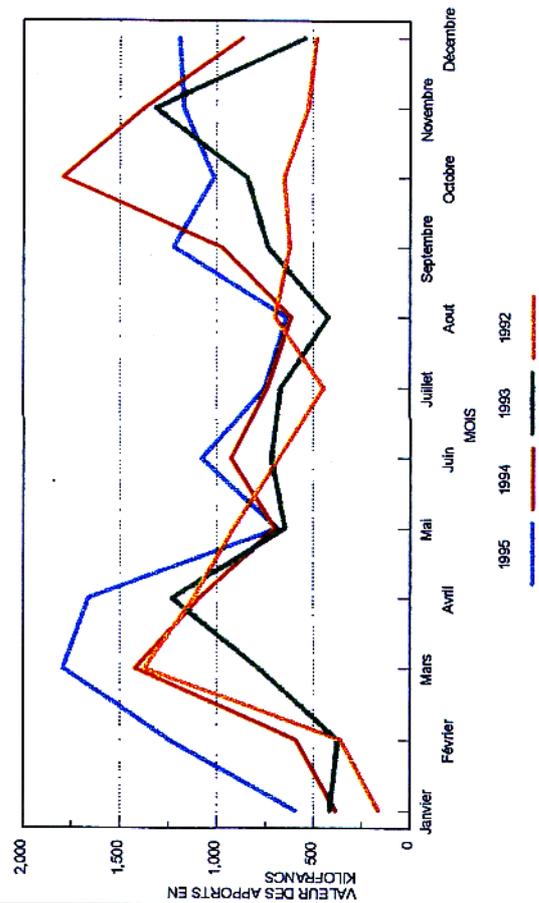
**VALEUR DES APPORTS EN CRIEE
A DUNKERQUE**



**APPORTS EN CRIEE
A GRAND FORT PHILIPPE**



**VALEUR DES APPORTS EN CRIEE
A GRAND FORT PHILIPPE**



Mars 1996

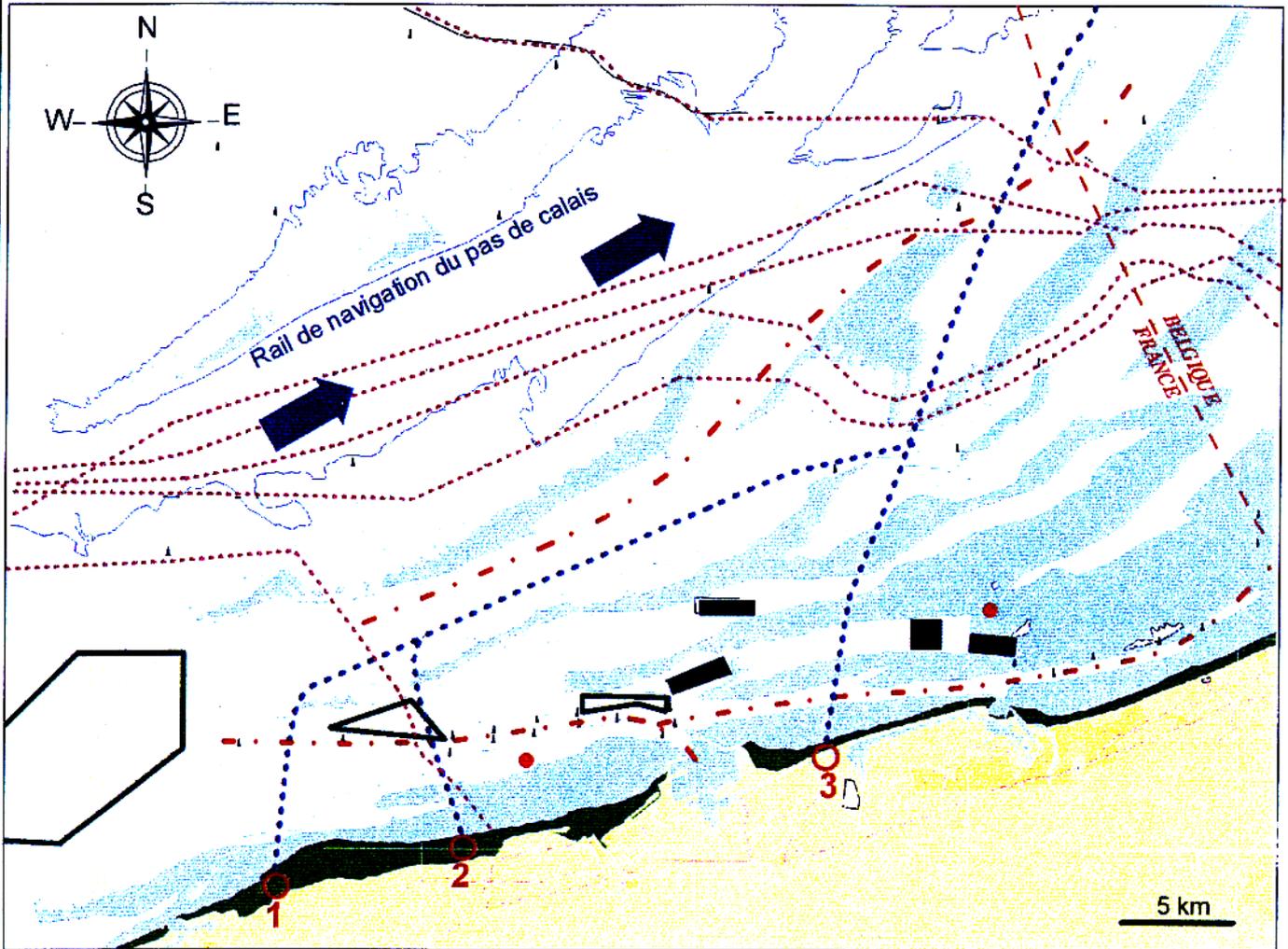
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



**TONNAGES ET VALEURS DECLAREES
POUR LES CRIEES DE DUNKERQUE
ET GRAND FORT PHILIPPE
(Données France Eco-pêche)**

51 8882

Fig. 2.13



-  Zones d'attente et de dégagement
-  Axe des chenaux de navigation
-  Sites d'immersion du P.A.D
-  Cables sous-marins
-  Dépôts d'explosifs
-  Bouées de balisage

Mars 1996	CANALISATION NORFRA - Etude d'impact	
	OCCUPATION DU DOMAINE PUBLIC MARITIME	51 8882 Fig. 2.14

Chapitre 3

CHOIX ET JUSTIFICATION DU TRACE DE MOINDRE IMPACT

3.1 CRITERES AYANT ORIENTE LE CHOIX DU TRACE

Le tracé de la canalisation NORFRA est le résultat de nombreuses études dont l'objectif est de minimiser les difficultés rencontrées et les impacts générés, tant au moment des travaux de construction que pendant l'exploitation de l'ouvrage. Préalablement à la détermination d'un tracé précis, l'ensemble des contraintes de l'état initial ainsi que les impacts d'un ouvrage gazier sur l'environnement ont été analysés afin de mettre en évidence une bande de moindre impact.

Cette analyse fait intervenir les critères majeurs environnementaux et de sécurité mis en évidence dans l'établissement de l'état initial ainsi que des critères technico-économiques.

3.1.1 CRITERES ENVIRONNEMENTAUX

Les principaux critères environnementaux sont :

3.1.1.1 MORPHOLOGIE DES FONDS MARINS ET DE LA COTE

Toute la zone maritime traversée est caractérisée par la présence de bancs de sable ou ridens qui sont en nombre croissant d'Ouest en Est. Le tracé cherchera à réduire autant que possible la longueur de traversée de ces bancs.

Le littoral est bordé d'un cordon dunaire, excepté à Dunkerque où l'urbanisation et l'industrialisation ont remplacé ce cordon. Le tracé évitera autant que possible les milieux dunaires développés et écologiquement riches et il privilégiera la traversée d'un estran de faible largeur. La figure 3.1 illustre ces contraintes le long du fuseau d'étude.

3.1.1.2 SEDIMENTOLOGIE

Les fonds sont essentiellement constitués de fonds sableux. Le tracé essaiera d'éviter toutefois les fonds de cailloutis généralement liés à une faune riche.

Il essaiera également d'éviter localement les zones dans lesquelles une fraction fine significative pourrait être recensée lors des campagnes de reconnaissances ceci afin d'éviter une augmentation significative de la turbidité lors des dragages.

3.1.1.3 ECOLOGIE MARINE

Les impacts sur l'écologie sont essentiellement liés à la préparation du fond marin et à la remise en suspension des matériaux argileux et à leur dépôt (rejet de dragages sur les zones voisines). D'autre part, l'augmentation de la turbidité des eaux lors des opérations de creusement de la tranchée ou des rejets de dragages peut perturber la vie des organismes pélagiques et benthiques filtrants.

On évitera autant que faire se peut les zones où les sédiments sont fins (vaseux, argileux). On privilégiera :

- . un atterrage où l'estran est étroit,
- . un atterrage éloigné des zones benthiques riches et diversifiées,
- . un tracé qui réduit les volumes de dragages.

3.1.1.4 ECOLOGIE TERRESTRE

Les massifs dunaires constituent une contrainte écologique importante dans le fuseau d'étude. La traversée de ces massifs doit être évitée dans la mesure du possible. Par contre, la région des waterings sera dans tous les cas traversée et le tracé devra minimiser la largeur de traversée de cette zone.

3.1.1.5 MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE

a. Zones industrielles et urbanisées

Le front de mer contient des zones non propices à l'arrivée d'un gazoduc. Ainsi, d'Ouest en Est, la présence des agglomérations de Calais et de Marck engendre des traversées de zones fortement urbanisées dans le cas d'une implantation à l'Ouest du fuseau. Plus à l'Est, la présence de l'aérodrome de Calais-Dunkerque nécessite un contournement par l'Est ou par l'Ouest. A l'Ouest de Oye-Plage, la présence de la commune de Gravelines et d'une centrale nucléaire constitue une autre contrainte majeure. Plus à l'Est, les bassins maritimes du Port Ouest et du Port Est de Dunkerque réduisent les possibilités d'atterrage.

b. Utilisation actuelle des eaux et fonds marins

Le tracé évitera en mer les zones spéciales telles que les dépôts de dragage, les zones d'attente et de manoeuvre des navires, les zones d'emprunts, les dépôts d'explosifs et d'épaves.

c. Activité portuaire maritime

Quel que soit le tracé envisagé, celui-ci coupe le chenal de navigation d'accès au port de Dunkerque. L'impact sur la navigation est réduit à la durée des travaux dans les zones concernées. Il serait souhaitable que le tracé évite la zone de plus grand trafic à l'Ouest du port Ouest de Dunkerque.

d. La pêche

Dans la mesure où toute la zone fait l'objet de pêches intensives, on privilégiera un tracé court de l'ouvrage gazier, minimisant ainsi les contraintes sur l'activité de la pêche.

3.1.2 CRITERES LIES A LA SECURITE

L'amélioration de la sécurité des personnes et des biens est un souci permanent de STATOIL dans l'exercice de ses activités.

Le tracé retenu et la conception de la canalisation doivent prendre en compte les aspects relatifs à la sécurité de l'ouvrage et de l'environnement proche pendant toute sa durée de vie. En outre, ils intègrent les aspects liés à la sécurité des personnes amenées à travailler sur le site pendant les différentes phases de construction puis pendant la phase d'exploitation.

3.1.3 CRITERES TECHNICO-ECONOMIQUES

En l'absence de contraintes majeures et à contraintes résiduelles équivalentes, le choix entre plusieurs tracés est conditionné par la longueur de la canalisation et la quantité des volumes dragués.

3.2 JUSTIFICATION DE LA BANDE DE MOINDRE IMPACT

3.2.1 POINTS DE "PASSAGE OBLIGE"

Le choix d'une bande de moindre impact est conditionné par l'existence de plusieurs points de passage dont le contournement accentuerait les impacts du gazoduc sur l'environnement. Après analyse de l'état initial, trois points de "passages obligés" ont été considérés le long du fuseau d'étude. Ce sont, du Nord vers le Sud :

- . l'arrivée de la canalisation venant des eaux territoriales belges au droit du banc de Bergues,
- . le point d'atterrage,
- . le terminal de régulation/comptage et la connexion avec la canalisation de GAZ de FRANCE, point d'arrivée de la canalisation NORFRA.

Le respect des critères précédemment définis a amené à la sélection de trois sites a priori possibles pour l'implantation du site d'atterrage (figure 3.2) :

- . un premier site (site n° 1), au niveau de la pointe de Walde, à l'Est de Calais,
- . un deuxième site (site n° 2), au niveau de Oye-Plage,
- . un troisième site (site n° 3), à l'Ouest de Dunkerque.

3.2.2 SENSIBILITE DES DIFFERENTS TRACES

A partir des trois sites d'atterrage, des analyses spécifiques par rapport aux différentes contraintes environnementales ont été effectuées.

3.2.2.1 SENSIBILITE DU MILIEU MARIN

Des analyses spécifiques de faune et flore benthique et pélagique ont été effectuées sur les 3 sites d'atterrage et sur les 3 tracés y menant (Station Marine de Wimereux, 1995). Les principales conclusions de cette étude sont résumées ci-après :

a. Le milieu intertidal

Les résultats obtenus lors de cette étude sont conformes à ceux acquis antérieurement sur les zones concernées ou sur des secteurs adjacents. Pratiquement aucune évolution notable n'apparaît, les différences observées pouvant tout aussi bien être imputées à la variabilité spatiale à petite échelle des conditions qu'à une hypothétique évolution temporelle de celles-ci.

En ce qui concerne le choix d'un atterrage provoquant l'impact le plus faible possible sur le milieu intertidal, il convient de séparer l'impact à court terme d'un impact à plus long terme.

L'impact à court terme lié aux travaux provoque *a priori* la destruction des espèces présentes sur le site et une modification des conditions physiques au moins pendant toute la période des travaux. Dans ce cas, l'impact est proportionnel à la richesse de la zone traversée et ce sont les sites d'atterrage 1 et 2 les plus exposés. L'existence sur le platier d'Oye de concessions pour la culture de moules de bouchots rend en particulier problématique le choix du site 2. Des investigations complémentaires devront être effectuées si le franchissement est envisagé.

Le site 3 présente l'intérêt de se situer sur l'estran le plus étroit des zones considérées, l'impact global y sera donc minimisé. De plus les résultats obtenus sur cette radiale mettent nettement en évidence la pauvreté de cette zone, tant en diversité spécifique qu'en biomasse.

b. Le milieu subtidal

Nous sommes en présence dans le cadre de cette étude de trois unités bionomiques classiques de la baie Sud de la mer du Nord. Les prélèvements effectués ne présentent pas les aspects les plus caractéristiques de ces unités, la raison est due en fait à la faible taille de la zone étudiée. Néanmoins il est possible de mettre en évidence des tendances qui peuvent orienter le choix du site d'implantation d'une infrastructure telle qu'un gazoduc.

Le peuplement des cailloutis présente une tendance à l'appauvrissement de l'Ouest vers l'Est qui peut être mise en évidence par la diminution du nombre d'espèces récoltées. Il semble donc judicieux de ne pas s'avancer vers l'Ouest dans la souille située entre les bancs du Ruytingen et le Dyck occidental.

La position côtière du peuplement à *Abra alba*, en général très riche, fait qu'il est impossible de l'éviter pour l'atterrage. Ce ne doit pas donc être un critère pour le choix éventuel d'un tracé.

Le peuplement des sables moyens à *Ophelia Gorealis* présente des aspects faunistiques remarquables parce que rare sur le passage du tracé 1. Il présente des aspects plus riches parce que liés à la présence d'espèces vasicoles dans la partie Est de la zone d'étude.

Le tracé 3 semble en définitive être celui qui causerait l'impact minimum sur le milieu benthique subtidal. Il éviterait presque complètement le peuplement de l'hétérogène envasé et passerait très à l'Est de la zone de dépôts de dragages. Pour cet atterrage, le trajet du gazoduc aura en fait un effet minimum sur le domaine benthique dans la mesure où il traversera exclusivement des peuplements peu denses et peu productifs.

c. Le milieu pélagique

Le choix du site d'implantation de la conduite ne semble pas devoir influencer le domaine pélagique de manière différente, étant donné le peu de différence observée entre l'Ouest et l'Est de la zone.

d. Aspects sédimentologiques

Du point de vue sédimentologique, les relevés géophysiques effectués (Géoconsult, 1994) indiquent la présence d'argile affleurante sur le tracé conduisant au site n° 1. Ces couches affleurantes sont à éviter si possible à cause des risques d'augmentation de turbidité prévisibles en cas de dragage. Mis à part cet aspect, il n'y a pas d'éléments particuliers autres que ceux relatifs à la faune benthique permettant de choisir un des trois sites. Il convient donc ici de réduire la longueur de la canalisation et réduire les dragages.

3.2.2.2 SENSIBILITE DU MILIEU LITTORAL

Le site de Calais (site n° 1) présente une grande sensibilité écologique. C'est un milieu naturel formé de dunes et de pannes humides contenant une faune et une flore diversifiées. Ce milieu s'étale sur une longueur de plus de 750 mètres par endroits.

Le site de Oye-Plage (site n° 2) est également très sensible écologiquement, et une partie (le platier d'Oye) est classée en réserve naturelle. Cette sensibilité écologique est due à la présence d'un massif dunaire côtier renfermant plusieurs espèces floristiques et faunistiques protégées.

Le site de Dunkerque (site n° 3) est celui qui présente l'estran le plus étroit (300 m) et où le massif dunaire est le moins développé sur l'ensemble du fuseau d'étude (figure n° 3.1). Son importance écologique reste également très limitée.

3.2.2.3 SENSIBILITE DU MILIEU TERRESTRE

Un atterrage près de Calais (site n° 1) engendre un passage de la canalisation à travers l'agglomération de Marck dans le cas d'un tracé rectiligne. Si cette agglomération doit être évitée, un contournement de l'ensemble engendre une surlongueur d'au moins 5 à 6 km. Pour limiter cette surlongueur, cet atterrage orienterait le tracé sur le côté Ouest du fuseau contenant de nombreuses contraintes naturelles (parc, ZNIEFF). Sur cette partie du littoral, l'estran est large, ce qui augmente les impacts sur cette zone.

L'implantation d'un atterrage à Oye-Plage (site n° 2) engendre une quantité d'impacts résiduels plus importante que pour un atterrage à Dunkerque (site n° 3). Les dunes du platier d'Oye présentent un intérêt botanique, zoologique importants. La réserve naturelle du platier d'Oye constitue une contrainte majeure.

Dans ce cas, deux orientations sont envisageables pour le tracé aval :

- . La première orientation minimisant les longueurs conduit à traverser le Parc de l'Audomarois en partie centrale, ce qui est très dommageable pour le parc naturel. Cette solution n'est donc pas souhaitable.
- . Une deuxième orientation est alors possible. Elle consiste à contourner le parc par l'Est. Dans ce cas, la conduite présentera une surlongueur importante, susceptible par conséquent de générer un impact plus important. Par ailleurs, par l'Est, la conduite doit traverser la zone des Wateringues sur 22 kilomètres, qui est une zone hydrogéologiquement très sensible.

Par contre, un atterrage sur la zone Ouest de Dunkerque (site n° 3) permet d'éviter le Parc Naturel de l'Audomarois dans sa quasi-totalité, de réduire la distance de traversée de la zone des Wateringues par rapport au contournement du parc à partir de Oye-Plage. De plus, le tracé entre l'atterrage et la localisation des sites possibles emprunte un couloir technique existant dans la zone d'activité du port Autonome de Dunkerque et évite le village de Mardyck.

3.2.2.4 SENSIBILITE DU MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE

Sensibilité halieutique

Du point de vue halieutique, comme toute la zone est pêchée, la route la plus directe semble préférable. Toutefois, il serait préférable d'éviter la zone du Dyck et de l'Out Ruytingen et la partie Nord-Est de Calais qui sont des zones très exploitées : les tracés 1 et 2 ne semblent donc pas être les plus favorables compte tenu des contraintes à la pêche qu'ils vont engendrer.

Navigation portuaire

Les tracés n° 1 et 2 coupent le chenal principal d'accès à Dunkerque.

Par contre, le tracé de Dunkerque (n° 3) permet d'éviter la majorité du trafic maritime de l'avant-port Ouest.

Dragages

Le tracé le plus court permet de limiter les volumes dragués donc de minimiser d'une part les dragages et les remises en suspension lors de dépôts de dragages.

Câble sous-marin

Le tracé de Dunkerque (site n° 3) permet d'éviter le câble dont l'atterrage se situe à Oye-Plage (site n° 2).

3.3 CONCLUSION - CHOIX ET RAISONS DU CHOIX

3.3.1 CHOIX DU SITE D'ATTERRAGE

Les sites de Oye-Plage et de Calais présente une forte sensibilité écologique sur le plan côtier et, dans une moindre mesure, sur le plan marin. Ils induisent par ailleurs des impacts importants sur le tracé de la canalisation terrestre du fait de la présence de zones urbanisées. Ils se trouvent, de ce fait, écartés au profit d'un atterrage sur le site de Dunkerque.

Cette solution s'inscrit dans une logique industrielle globale puisque cet atterrage est situé dans la zone d'aménagement du Port Autonome de Dunkerque.

3.3.2 TRACE DE LA CANALISATION SOUS-MARINE

A partir des deux points de passage obligé que représentent l'arrivée de la canalisation dans les eaux françaises et le site d'atterrage, le tracé a été choisi de façon à minimiser les volumes dragués, ce qui réduit ainsi les remises en suspension et les volumes d'immersion. Elle passe également sur le flanc Est du banc In Ruytingen évitant la zone de pêche située entre ce banc et celui de Oost Dyck.

3.3.3 CHOIX DU SITE DU TERMINAL DE REGULATION/COMPTAGE

Le terminal a fait l'objet d'une étude d'impact séparée dont nous résumons ci-après les principales conclusions quant au choix du site.

Le terminal devant être situé à proximité de l'atterrage de la canalisation marine, seuls les dix premiers kilomètres de tracé ont été étudiés (de l'atterrage jusqu'au Canal de la Haute-Colme).

Du Nord vers le Sud, le long du tracé, on recense la présence successive du Canal des Dunes, du cordon dunaire et le début du couloir technique séparant les usines de STOCKNORD et COPENOR. L'implantation du terminal n'y est pas possible.

A la sortie du couloir technique, le tracé évite le village de Mardyck en respectant les espaces boisés classés de cette commune (seul le contournement par l'Ouest est envisageable), longe la "coulée verte" jusqu'après le franchissement du Mardyck gracht.

Le site retenu pour le terminal appartient à la zone industrielle et portuaire de Dunkerque. Il permet de minimiser les impacts sur l'environnement.

3.3.4 TRACE DE LA CANALISATION TERRESTRE

Le tracé de la canalisation terrestre (figure 3.3) traverse d'abord le canal des Dunes en respectant les installations existantes du Port de Dunkerque ainsi que les plans de développement futurs des infrastructures portuaires.

La conduite s'engage ensuite dans le couloir technique existant ce qui permet de minimiser les risques concernant la sécurité de l'ouvrage. Ce couloir technique remplit en effet toutes les conditions de sécurité maximale grâce à une surveillance et un contrôle permanent.

La canalisation s'écarte ensuite du village de Mardyck au-delà de la coulée verte de façon à minimiser tous les impacts sur ce village y compris les impacts ponctuels durant la durée des travaux.

Elle rejoint ensuite le terminal au plus court à travers champs.

3.3.5 TRACE DE LA CANALISATION TERRESTRE AVAL : ARTERE DES HAUTS DE FRANCE

La canalisation "Artère des Hauts de France" a fait l'objet d'une étude d'impact séparée dont nous résumons ci-après les principales conclusions quant au choix du site.

L'état initial couplé à l'analyse des impacts a permis de mettre en évidence quatre points de passage obligé :

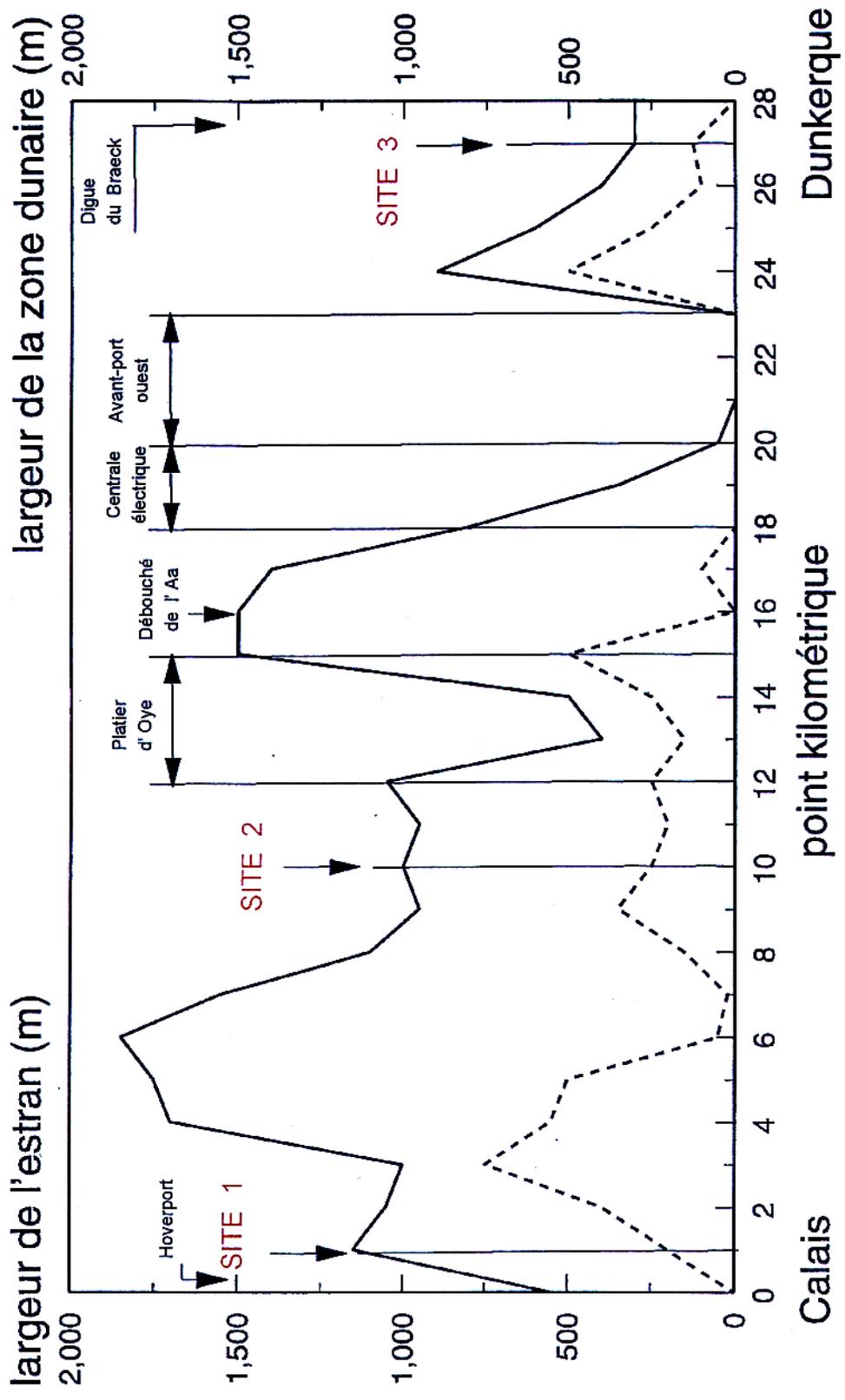
- . le site d'atterrage de la canalisation marine,
- . le Parc Naturel Régional de l'Audomarois où le principe d'un franchissement à son extrémité orientale a été décidé afin d'éviter au maximum les parties boisées,
- . le franchissement de la Somme près de Corbie où la rivière est la moins large,
- . le site de stockage de Gournay-sur-Aronde pour un raccordement au réseau existant de transport de GAZ de FRANCE.

Ces quatre points de passage obligé permettent de diviser le fuseau d'étude en trois zones : Flandre (entre le site d'atterrage et le Parc Naturel de l'Audomarois), Artois (entre le Parc Naturel de l'Audomarois et la vallée de la Somme) et Picardie (entre la vallée de la Somme et le site de stockage souterrain de Gournay-sur-Aronde). Dans chacune de ces trois zones, une bande de moindre impact a été mise en évidence en étudiant plusieurs variantes possibles.

La zone d'étude a donc été réduite à une bande ayant une largeur de quelques centaines de mètres. C'est dans cette bande qu'a été déterminé le tracé définitif de la canalisation. Ce tracé répond au mieux aux contraintes environnementales citées précédemment et constitue le tracé de moindre impact. Les principales contraintes ayant orienté le choix du tracé définitif sont les suivantes :

- la présence de canaux et cours d'eau de moyenne à forte importance à franchir (15 au total),
- la traversée de la zone des Wateringues,
- la proximité de 3 captages pour l'alimentation en eau potable,
- la présence de 8 ZNIEFF,
- le croisement de 6 chemins de grandes randonnées,
- la traversée de bois tous non classés,
- la traversée d'une zone aménageable à Aubigny (Somme).

oOo



Mars 1996

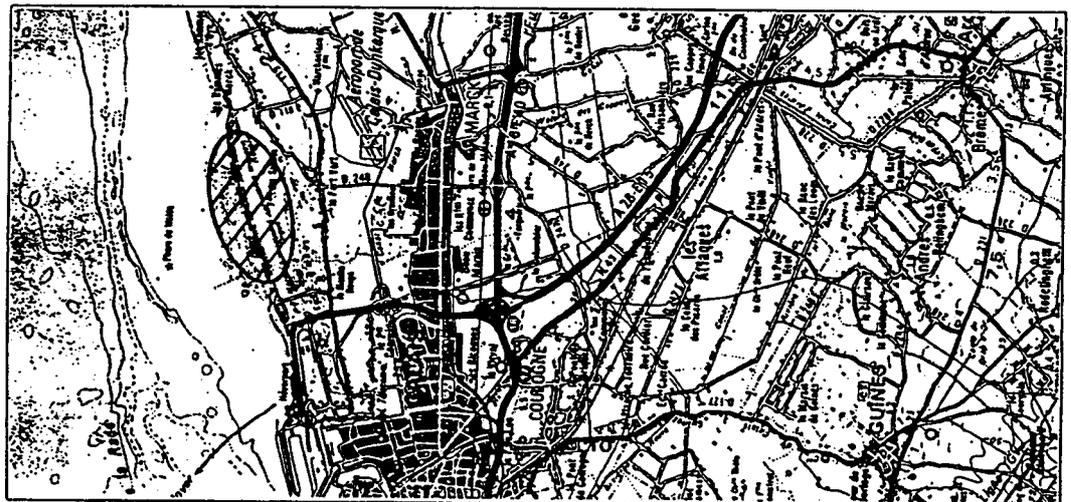
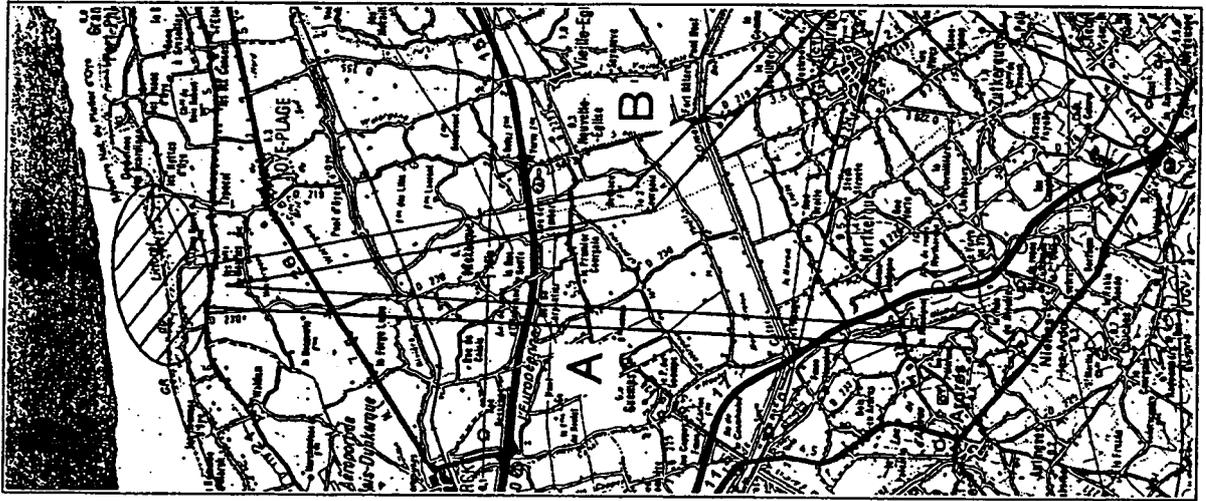
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



**LARGEURS DE L'ESTRAN ET DES DUNES
LE LONG DU FUSEAU D'ETUDES**

51 8882

Fig. 3.1



Mars 1996

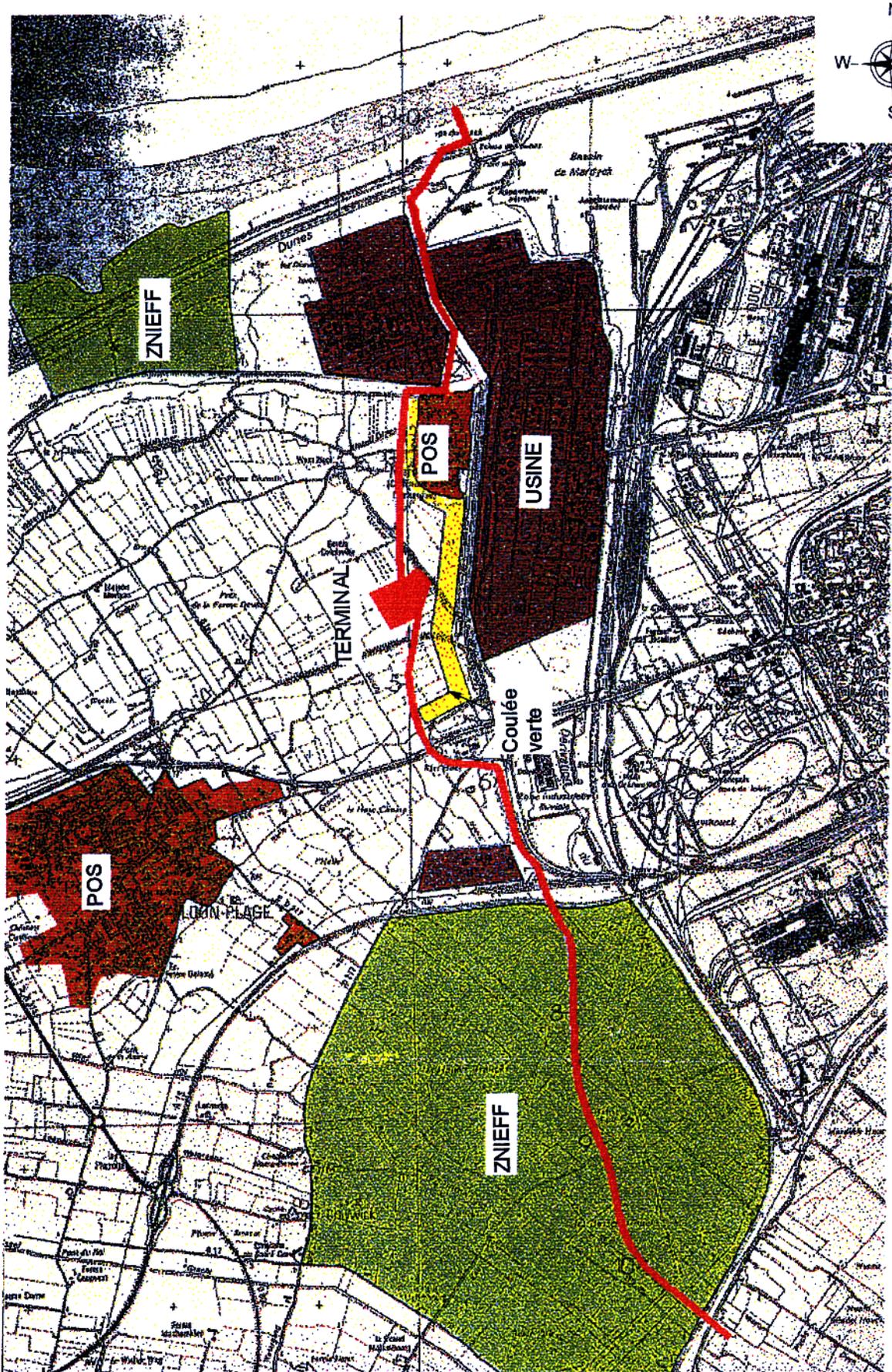
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



SITES D'ATERRAGE POSSIBLES
DE LA CONDUITE

51 8882

Fig. 3.2



ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt Ecologique Faunistique et Floristique
 POS : Plan d'Occupation des Soils

1 km

Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



**JUSTIFICATION DU TRACE
 DE LA CANALISATION TERRESTRE**

51 8882

Fig. 3.3

Chapitre 4

ANALYSE DES IMPACTS DU TRACE RETENU

L'analyse des impacts induits par le tracé de la canalisation finalement retenu est détaillé ici en suivant l'ordre de présentation de l'état initial. Nous traiterons donc successivement :

- . des impacts sur le milieu physique,
- . des impacts sur l'écologie marine,
- . des impacts sur l'écologie terrestre,
- . des impacts sur le milieu socio-économique.

Une synthèse de cette analyse est ensuite présentée.

Pour chaque thème traité, une distinction est faite dans le texte entre les impacts temporaires occasionnés par les travaux et les impacts permanents pendant la phase d'exploitation de l'ouvrage. De plus, certains thèmes ont nécessité des compléments d'investigation sur l'état initial le long du tracé retenu qui sont détaillés avant l'évaluation des impacts.

De plus, un chapitre spécifique (§ 4.5) traite des impacts sur la sécurité et la salubrité publique. Il résume les résultats d'une étude réalisée par STATOIL sur le sujet.

4.1 IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE

4.1.1 IMPACTS SUR LA GEOLOGIE

L'impact d'un gazoduc sur la géologie est négligeable si les principales richesses géologiques locales ont pu être évitées (strates témoins, gisements fossilifères) car la qualité du revêtement de la conduite et la protection cathodique de l'ouvrage assurent sa neutralité chimique.

Le risque sismique est très faible dans cette zone septentrionale du bassin parisien. Les études spécifiques menées par STATOIL ont montré qu'il est négligeable pour l'ouvrage.

4.1.2 IMPACTS SUR LA GEOMORPHOLOGIE ET LE PAYSAGE

L'état initial du secteur d'atterrissage et du tracé terrestre finalement retenu a été précisé par une investigation complémentaire de terrain qui est résumé ci après.

4.1.2.1 ETAT INITIAL LE LONG DU TRACE

Le site d'atterrissage du gazoduc s'inscrit dans le système de grands paysages de la Zone Industrielle et Portuaire de Dunkerque, dont l'ouverture et l'immensité sont telles qu'elles perturbent les échelles et ne permettent pas à une certaine distance de juger à sa juste valeur le gigantisme des installations industrielles elles-mêmes.

Au Nord, le paysage est constitué, derrière les dernières industries, d'une zone de remblai en friche, puis du canal des Dunes (figure 4.2) permettant la liaison entre l'avant-port Ouest et le bassin de Mardyck et enfin, du littoral constitué du cordon dunaire et de l'estran (figure 4.1).

A l'Est le paysage est partiellement fermé à une certaine distance par les installations pétrochimiques de TOTAL, par la société STOCKNORD et par la cimenterie (figure 4.3).

Côté Sud, le site s'appuie sur le remblai de la voie ferrée qui masque les premiers plans et se noie vers l'Ouest, dans la ceinture boisée Nord de Loon-Plage.

Côté Ouest, c'est le paysage originel des waterings (figure 4.6) qui domine et le regard porte jusqu'aux superstructures industrielles lointaines en particulier Aluminium Dunkerque à 5 km et la centrale nucléaire de Gravelines à 7 km.

Au centre de la zone, le village de Mardyck (figure 4.5), tapis dans son écrin de verdure, fait figure de bande boisée au pied du complexe pétrochimique (vapocraqueur COPENOR et usine de polymères POLYCHIM).

4.1.2.2 EVALUATION DES IMPACTS

a. Impacts temporaires

Les impacts temporaires sont liés :

- à la présence sur la dune d'un site temporaire d'un hectare environ destiné à recevoir les installations temporaires de chantier (bureaux, stockage de matériel, engins et outils de pose de la canalisation marine : compresseurs, pompes,...),
- à la création d'une piste de travail et la présence d'engins lors des travaux de pose pour la partie terrestre.

Etant donné le caractère industriel du secteur, l'impact est minime et temporaire, n'excédant pas quelques mois.

La canalisation terrestre, complètement enterrée, devient invisible en quelques mois voire quelques semaines en début de printemps. La remise en état des lieux systématiques à l'issue du chantier visent à ce que le tracé soit rapidement imperceptible dans le paysage. Les facultés du milieu à reconstituer la couverture végétale ne pose généralement pas de problème en plaine notamment en zone agricole (prairie, culture). Précisons que la canalisation terrestre ne traverse pas de haie ni de bois jusqu'au terminal de réception.

La canalisation marine est, quant à elle, en milieu marin profond, ensouillée. De plus en bordure côtière, elle est totalement enfouie.

b. Impacts permanents

Seuls restent visibles les ouvrages annexes ou nécessaires à l'exploitation de la canalisation tels que :

- la station d'atterrissage situé sur la dune,
- la gare de piston-râcleur située dans l'enceinte du terminal de réception qui a fait l'objet d'une étude d'impact particulière par SOGREAH et de mesures spécifiques d'intégration paysagère,

- . les bornes et balises de repérage le long du tracé terrestre.

La station d'atterrissage est constituée d'une aire de 20 mètres par 45 mètres (900 m²) clôturée.

L'impact sur le paysage du projet NORFRA reste donc faible puisque le projet s'intègre dans un secteur destiné à une activité industrielle et portuaire et que seuls restent visibles les ouvrages annexes. Des mesures spécifiques d'intégration paysagère sont cependant prévues.

4.1.3 IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE ET L'HYDROGEOLOGIE DES WATERINGUES

a. Impacts temporaires

Les impacts temporaires pendant la durée des travaux sont liés :

- . à la présence de nombreux canaux ou "Watergangs" qui assurent le drainage en acheminant les eaux vers des exutoires (mer du Nord, canaux de navigation) par l'intermédiaire d'une station de relevage,
- . à la présence d'un biseau salé sous la nappe d'eau douce de surface.

Les travaux sont donc susceptibles d'entraver l'écoulement des eaux au travers des canaux pendant leur traversée. Ils sont également susceptibles d'abaisser de manière excessive le niveau de la nappe d'eau douce aux alentours de la tranchée (pompages nécessaires pour drainer la tranchée ouverte ainsi que pour la traversée de certains points singuliers) et donc de provoquer par contre coup des remontées d'eau salée dans les terrains ainsi que le déjaugage des fondations d'ouvrages proches de la canalisation (pylônes, etc.). Une étude hydrogéologique précise de ce milieu a donc été réalisée par SOGREAH (1994). Elle indique les mesures spécifiques qui seront prises au moment du chantier pour que cet impact soit négligeable.

D'un autre côté, la présence d'eau salée dans le sol ne permet pas l'implantation de périmètres de captage dans ce secteur. En conséquence, le projet n'aura aucun impact sur l'alimentation en eau urbaine.

L'ensemble des mesures qui seront prises au moment des travaux pour que ces impacts soient négligeables sont détaillées au chapitre 5.

b. Impacts permanents

Il n'y a aucun impact permanent à attendre durant la phase d'exploitation compte tenu de la neutralité chimique du revêtement de la canalisation.

4.1.4 IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE MARINE

La conduite sera déposée dans une tranchée creusée à cet effet sur l'ensemble de son parcours en territoire français. Dans les zones de grande profondeur, la conduite sera simplement déposée dans la tranchée. Le comblement se fera naturellement et progressivement sous l'effet des courants. Plus près de la côte et dans des secteurs particuliers (présence de courants, traversée de chenaux de navigation), la tranchée sera remblayée après dépose de la conduite afin de restituer le niveau initial naturel du fond marin.

Ce concept de construction permet donc d'affirmer que la mise en place de la conduite n'aura qu'un impact ponctuel sur les conditions naturelles de courants, de marées et d'agitation.

4.1.5 IMPACTS SUR LA SEDIMENTOLOGIE MARINE ET LA MORPHODYNAMIQUE

Différents types d'impacts ont été identifiés dans ce domaine.

En phase de travaux, il s'agit de :

- . l'impact du batardeau sur la plage,
- . l'impact des travaux de dragage en mer,
- . l'impact des immersions en mer.

En phase d'exploitation, il s'agit de :

- . l'impact du déplacement des bancs sableux sur l'ensouillement de la canalisation,
- . l'impact des évolutions du profil de plage sur l'ensouillement de la canalisation.

L'état initial présenté au chapitre 2 a donc été complété le long du tracé finalement retenu afin de préciser l'importance de ces impacts. Ces informations supplémentaires portent sur la stabilité actuelle de la plage de Braek, les zones d'immersion (zones de vidage centre et ouest) et sur la stabilité des bancs traversés. Un résumé de ces informations est d'abord présenté avant l'évaluation des impacts.

4.1.5.1 EVOLUTIONS ACTUELLES DE LA PLAGE DE BRAEK

La plage de Braek située entre la nouvelle jetée et de l'avant-port Ouest (jetée du Clipon) et le bassin de Mardyck est une plage qui a été très influencée par les travaux de développement du port de Dunkerque. En effet, un important volume de sable dragué dans le nouvel avant-port Ouest a été déposé à cet endroit en 1974-75. Puis, un second dépôt de sable résultant du dragage du canal des Dunes jusqu'au nouvel avant-port Ouest a également été réalisé en 1983-84. L'évolution de la plage à la suite de ces apports artificiels a consisté à répartir le sable latéralement sur l'ensemble de la plage, et à retrouver son profil stable, ce qui a entraîné une érosion du haut de plage et un transport de sable vers les petits fonds. Cela a eu pour conséquence un recul temporaire du trait de côte sur quelques zones. Les levés récents (1995 et 1996) du Port de Dunkerque indiquent que ce trait de côte semble actuellement proche de la stabilité. Le transit littoral moyen annuel est estimé ici à environ 15 000 m³/an. Il est plutôt dirigé d'Ouest en Est.

4.1.5.2 LES ZONES D'IMMERSION

Deux zones d'immersion seront utilisées pendant les travaux. Il s'agit des dépôts Ouest (et plus précisément Ouest-Nord) et Centre.

Le dépôt Ouest se situe entre le haut-fond de Gravelines et le banc du Dyck. Elle est longue de 2,5 km et large de 0,6 km environ ce qui correspond à une surface de 150 ha. Sa cote moyenne est de -20 m ZH. Elle reçoit essentiellement les produits dragués dans l'avant-port Ouest. Ce sont, en moyenne, 760 000 t/an de sédiments (correspondant à 1,3 million de m³ en place) qui sont clapés sur ce site depuis 1983 au cours de quatre campagnes annuelles.

Le dépôt Centre se situe entre le banc de Braek et le banc Breedt. Elle est longue de 1,5 km et large de 0,7 km environ ce qui correspond à une surface de 105 ha. Sa cote moyenne est de -20 m ZH. Elle reçoit essentiellement les produits dragués dans le bassin à flot Est (30 %) et l'avant-port Est (65 %). Ce sont, en moyenne, 130 000 t/an de sédiments qui sont clapés sur ce site depuis 1983.

Pour ces deux dépôts, le sédiment dragué est composé de 90 % de vases (pélites) transportées en suspension en mer et se déposant par décantation dans les zones portuaires. Les clapages s'effectuent en flot et en jusant afin de favoriser une dispersion rapide des vases par les courants. C'est la raison pour laquelle les sédiments restant effectivement en place sur ces zones sont plutôt constitués de sable fin à moyen bien classé et envasé (jusqu'à 12 % de pélites).

4.1.5.3 STABILITE DES BANCS TRAVERSEES

Les bancs sableux de devant Dunkerque sont soumis à des actions hydrodynamiques intenses qui génèrent des évolutions morphodynamiques importantes comme cela a été décrit au chapitre 2. La prévision du mouvement futur de ces bancs a fait l'objet d'une étude spécifique par le Laboratoire National d'Hydraulique (LNH, 1996) en relation avec la stabilité de la canalisation. Cette étude a permis de montrer qu'à long terme et à l'échelle régionale, les bancs de Flandre sont stables. Par contre à court terme, certains bancs peuvent subir des variations qui dans certaines zones spécifiques peuvent être rapides et importantes (barres dans les bancs de sable des chenaux et dans les brèches traversant les bancs). Cette étude a finalement permis de fixer la cote d'ensoulement de la canalisation le long du tracé de façon à minimiser les risques d'instabilité.

4.1.5.4 EVALUATION DES IMPACTS

a. Impacts temporaires

Sur la zone d'atterrage, des modifications temporaires du régime sédimentaire sont à prévoir à la suite de la mise en place de l'enceinte de palplanches. Son extension en mer sur 500 mètres jusqu'au niveau -3 m ZH environ jouera le rôle d'un épi vis-à-vis du transit littoral, entraînant un blocage de sable de la plage à l'Ouest de l'ouvrage. Etant donné l'état strictement temporaire de cet ouvrage, le volume de sable concerné sera inférieur à 12 000 m³.

En mer, les travaux de dragages auront un effet négligeable sur la modification des transits de sables extrêmement importants dans cette zone avec les conditions naturelles.

L'immersion des matériaux dragués le long de la route sur les sections 8 à 10 aura un effet négligeable sur la cote des fonds. En effet, il est prévu d'immerger 280 000 m³ de sable le long de 21,9 km de tracé ce qui correspond à une épaisseur moyenne de dépôt de 0,14 m pour une largeur d'immersion de 100 m.

Un calcul similaire concernant l'immersion sur les dépôts Centre et Ouest indique une épaisseur moyenne de 0,26 m de dépôt (soit 670 000 m³ sur 255 ha). L'impact sera donc minime au regard de la cote actuelle des fonds qui est de -20 m ZH.

b. Impacts permanents

Au large, les mouvements des bancs sableux et des vagues de sable sont susceptibles de découvrir la canalisation et même d'affouiller localement les fonds sous la canalisation en phase d'exploitation. La cote d'ensouillement retenue permet cependant d'éviter tout risque d'instabilité de la canalisation suite à ces mouvements.

Des mesures de surveillance et de remise en état sont donc prévues en phase d'exploitation et détaillées au chapitre 5.

Près de la côte, un remblaiement minimal d'un mètre de la canalisation est prévu dans la zone côtière sur une distance de 3 km environ. Ce remblaiement est porté à 1,5 m pour la traversée de la Passe de l'Ouest et à 3 m pour la plage. Sur la plage, il est prévu d'ensouiller et de remblayer la conduite sous le profil stable de la côte (remblaiement sous 3 m de hauteur), ce qui évitera le risque d'érosion à plus long terme pouvant résulter de l'évolution normale d'un profil de plage après les tempêtes hivernales. Ces hauteurs de remblaiement sont suffisantes pour qu'il n'y ait aucun impact permanent sur la canalisation sur ce tronçon.

4.1.6 IMPACTS SUR LA QUALITE DES EAUX MARINES

Différents types d'impacts ont été identifiés en phase de travaux dans ce domaine. Il s'agit de :

- . l'accroissement de la turbidité durant les phases de dragages, d'immersion et d'ensouillement,
- . le relargage de polluants fixés dans les sédiments dragués,
- . la dégradation de la qualité des sédiments sur les sites d'immersion,
- . les pollutions accidentelles.

L'état initial présenté au chapitre 2 a donc été complété le long du tracé finalement retenu afin de préciser l'importance des deux premiers types d'impacts recensés. Ces informations supplémentaires portent sur la composition du matériau dragué et sur leur qualité. Un résumé de ces informations (et notamment des informations légales en la matière) est d'abord présenté avant l'évaluation des impacts.

4.1.6.1 NATURE DES SEDIMENTS DRAGUES

Le tracé de la canalisation traverse des zones de sables moyens à grossiers au large et de sables fins près de la côte. Afin de confirmer ces données générales, des campagnes de reconnaissances géophysiques et géotechniques ont été effectuées le long du tracé de la canalisation. Les relevés géophysiques (Geoconsult, 1994) indiquent que les bancs de Flandre sont constitués de sable et graviers et de sédiments hétérogènes (graviers avec inclusion de sables et d'argiles) qui sont posés sur un substrat d'argile des Flandres du tertiaire. Ce substrat n'est cependant jamais apparent sur la partie française du tracé. Les relevés géotechniques (FUGRO, 1995 et figure 4.7) n'indiquent aucune présence de vase sur une hauteur d'au moins trois mètres le long du tracé. Ces relevés confirment donc les données antérieures sur la zone.

4.1.6.2 QUALITE DES SEDIMENTS DRAGUES : LE CONTEXTE SCIENTIFIQUE

La qualité des sédiments dragués et rejetés en mer fait l'objet d'un suivi scientifique particulier en France et tout particulièrement dans la région Nord - Pas-de-Calais par l'IFREMER et l'Institut Pasteur de Lille. Généralement, les matériaux dragués dans les bassins portuaires et les chenaux d'accès sont des vases qui sont des fixateurs et des vecteurs de divers composés chimiques et organiques dont plus particulièrement les métaux lourds, les organochlorés et les hydrocarbures aromatiques. Des risques de contamination peuvent alors survenir notamment en cas de relargage dans le milieu liquide. Ces risques de pollution marine font donc l'objet d'une réglementation très stricte que nous allons maintenant résumer.

4.1.6.3 QUALITE DES SEDIMENTS DRAGUES : LE POINT DE VUE LEGAL

C'est la Convention Internationale d'Oslo de 1972 portant sur la prévention de la pollution marine par les opérations d'immersion qui a défini les éléments essentiels figurant dans la loi française de 1976 sur le même thème. Cette convention fait l'objet d'un suivi par une Commission dite Commission d'Oslo qui se réunit régulièrement pour émettre des directives visant à faire évoluer le texte initial.

Cette convention (et la loi de 1976) rendent obligatoire l'obtention d'un permis d'immersion préalable. En pratique, des analyses détaillées sur la composition physico-chimique des sédiments dragués et clapés sont généralement requises afin de vérifier l'absence de substances interdites et le respect des normes concernant les teneurs des autres substances sensibles telles que les métaux lourds et les PCB (polychlorobiphényles). Cependant les récentes directives de la Commission d'Oslo de 1991 précisent que : "En l'absence de sources appréciables de pollution, les matériaux de dragages peuvent être exemptés des dites analyses ... sous réserve qu'ils répondent ... au critère suivant :

"Les matériaux dragués sont presque exclusivement composés de sable, de gravier ou de roche ; ces matériaux sont fréquemment extraits de zones à fort courant ou de houle à haute énergie, telles que les cours d'eau aux lits fortement chargés ou les zones côtières à barres et chenaux mobiles".

Ainsi, au vu de la nature des sédiments dragués décrit précédemment et du fort hydrodynamisme de la zone tant du point de vue des courants que de la houle, il apparaît pleinement justifié d'appliquer l'exemption d'analyses pour les dragages immersions du présent Projet. Ce point de vue a d'ailleurs fait l'objet d'un accord entre Le Service Maritime du Nord et STATOIL.

4.1.6.4 QUALITE DES SEDIMENTS DRAGUES : LES ANALYSES DISPONIBLES

L'analyse précédente est confortée par les résultats d'analyses disponibles sur le site. Le tableau 4.1 ci-après résume les données obtenues par le Port de Dunkerque sur un échantillon prélevé dans la passe de l'Ouest et par STATOIL sur deux échantillons prélevés au large de Dunkerque. Ce tableau a été complété par les valeurs de référence utilisées par les ports français (Massin, 1993) concernant le bruit de fond géologique en France et la valeur plafond de niveau 1 en deçà de laquelle une autorisation d'immersion peut être obtenue sans étude complémentaire. On observe que les résultats disponibles sur le site du Projet restent essentiellement au niveau du bruit de fond géologique.

4.1.6.5 QUALITE DES SEDIMENTS SUR LES ZONES D'IMMERSION : LES ANALYSES DISPONIBLES

Les analyses disponibles pour les sédiments dragués dans les bassins portuaires et régulièrement clapés sur ces zones, conduisent aux résultats figurant dans le tableau 4.2 ci-après. On observe que les teneurs sont dans ce cas beaucoup plus élevées que précédemment ce qui s'explique par la nature des sédiments essentiellement vaseux.

4.1.6.6 EVALUATION DES IMPACTS

a. Impacts temporaires concernant l'augmentation de la turbidité

Les travaux sous-marins incluant des dragages et le dépôt en mer des produits de dragage sont susceptibles d'accroître la turbidité de l'eau, avec possible relargage de matière organique et de métaux lourds adsorbés dans les sédiments les plus fins (pélites).

	Large de Dunkerque STATOIL (1995) point vc 1117 1-1	Large de Dunkerque STATOIL (1995) point vc 1117 1-3	Passe de l'Ouest (PAD, 1984)	Bruit de fond géologique en France	Valeur plafond niveau 1 en France
% pérites	3	2	24		
Hg (mercure)	0,01	0,01	0,04	0,2	0,4
Cd (cadmium)	n.d.	n.d.	0,15	0,5	1,2
As (arsenic)	7	2	4	4,4	25
Pb (plomb)	n.d.	n.d.	14	47	100
Cr (Chrome)	9	6	12	45	90
Cu (cuivre)	n.d.	n.d.	5	35	45
Zn (zinc)	7	n.d.	72	115	276
Ni (nickel)	n.d.	n.d.	25	20	37
PCB	n.d.	n.d.	0,022	0	0,5

n.d. : non détecté

	Avant port Ouest (IFREMER, 1989) clapage zone Ouest	Avant port Ouest (IPL, 1987) clapage zone Ouest	Avant port Est (1982) clapage zone Centre	Bassin à flot Est (1982) clapage zone Centre
% pérites	majoritaire	92	majoritaire	majoritaire
Hg (mercure)	0,15	0,26	0,17	0,27
Cd (cadmium)	0,78	0,75	0,60	2,53
As (arsenic)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Pb (plomb)	58	44	50	655
Cr (Chrome)	n.m.	47	n.m.	n.m.
Cu (cuivre)	15	16	14	126
Zn (zinc)	115	130	120	1054
Ni (nickel)	n.m.	14	n.m.	n.m.
PCB	0,077	0,070	0,045	0,789

n.m. : non mesuré

Dans le cas du présent Projet, les prélèvements de sédiments effectués font apparaître des granulométries homogènes, exclusivement composées de sables grossiers, moyens et fins. Les pélites (particules les plus fines) sont les principales responsables de la turbidité. Or, ces particules ne sont présentes que de façon insignifiante dans les échantillons analysés. En conséquence, l'augmentation de turbidité sera ponctuelle et disparaîtra au bout de quelques heures.

La turbidité pourra être aussi localement accrue au niveau des deux sites de dépôt (Ouest et Centre) lors du clapage des sédiments. Cependant, cet effet restera lui aussi ponctuel du fait de la technique employée.

Enfin, l'enfouissement de la canalisation par injection d'eau sous-pressure crée des nuages de turbidité le long de la conduite. Ces nuages retomberont cependant rapidement du fait de la vitesse de chute assez élevée des particules de sables composant le fond marin.

Dans la zone intertidale, les travaux seront réalisés à l'abri du batardeau et ne devraient donc pas générer d'augmentation significative de turbidité au-delà de la limite de l'enceinte.

Ces conclusions s'appuient également sur des mesures en nature effectuées pendant les travaux de dragage de la canalisation Europipe entre la Norvège et l'Allemagne (Planungsgruppe Grün, 1995). 3 millions de m³ d'un matériau sablo-vaseux ont en effet été dragués lors de la pose de cette conduite. Les résultats de cette étude indiquent que, même dans l'environnement proche des dragues, la turbidité restait essentiellement liée aux conditions naturelles de courant. Mis à part les nuages de turbidité observés ponctuellement lors des dragages et immersion, la valeur moyenne enregistrée de la turbidité autour des dragues n'a augmenté que de 5 à 12 %. Cette augmentation peut d'ailleurs être attribuée partiellement aux conditions d'agitation importantes observées également pendant ces travaux.

En conclusion, nous pouvons affirmer que les travaux de dragages, d'immersion et d'ensouillage dans ce Projet n'auront aucun effet significatif autre que ponctuels sur les variations naturelles de turbidité qui par ailleurs sont très importantes notamment en relation avec le niveau d'agitation du plan d'eau.

b. Impacts temporaires concernant le relargage de polluants

L'absence de particules fines élimine aussi les risques de concentration initiale et de relargage de composés toxiques lors de ces travaux. Aussi, aucun relargage de polluants n'est à attendre de ces travaux. De même, le risque d'une dégradation de la qualité bactérienne des eaux par la remise en suspension de bactéries fixées dans les sédiments est improbable en raison de la nature sableuse des sédiments rencontrés peu propices à l'accumulation bactérienne.

c. Impacts temporaires concernant la qualité des sédiments sur les sites d'immersion

La comparaison des analyses effectuées sur les sédiments dragués pour le présent projet et sur les sédiments habituellement clapés sur les dépôts d'immersion Centre et Ouest indique que la qualité des sites d'immersion ne pourra qu'être améliorée par le Projet.

d. Impacts temporaires concernant les risques de pollution accidentelle

Pendant les travaux, des fuites accidentelles de produits hydrocarbures peuvent survenir à partir des stockages ou des équipements actifs à terre ou en mer. Le risque concerne essentiellement des huiles moteur et du carburant provenant des barges, dragues et autres machines. A priori, le risque reste limité dans la mesure où l'entrepreneur doit diriger son chantier en conformité avec la réglementation française en vigueur et conformément aux spécifications internes de STATOIL.

e. Impacts permanents

Il n'y a aucun impact permanent à attendre durant la phase d'exploitation compte tenu de la neutralité chimique du revêtement de la canalisation.

4.1.7 IMPACTS SUR LA QUALITE DE L'AIR

En période de chantier, tant en mer qu'à terre, la pollution provient essentiellement de la combustion de carburants, gazole marin et automobile. Les principales sources d'émissions sont les échappements des moteurs et équipements annexes des dragues, bateaux, camions et pelleteuses.

Les principaux polluants sont le dioxyde de carbone, les oxydes de soufre et d'azote, les hydrocarbures totaux et donc la pollution photochimique et les poussières. La quantification des apports atmosphériques supplémentaires liés au Projet est complexe, dépendante de la distribution des vents au cours de l'année (direction, vitesse, fréquence), de la qualité initiale des carburants utilisés et du fonctionnement des équipements.

L'importance relative de cette pollution liée aux travaux en mer peut cependant s'apprécier par comparaison avec le trafic maritime existant dans le secteur d'étude et plus particulièrement proche de la côte. La flotte estimée nécessaire aux travaux comprend 20 à 25 navires répartis sur une durée de 6 mois environ.

Cela correspond en gros à 600 passages (jours) de navires principaux et 1650 passages (jours) pour les autres navires, soit un total de 2250 passages pendant les six mois du chantier.

Ce chiffre représente 26 % du nombre de passages dans le port de Dunkerque et ses accès sur six mois. Il représente également 1,8 % du trafic journalier dans le détroit du Pas-de-Calais.

A terre, les travaux n'impliqueront que 3,7 km de tranchée, sans impact significatif sur la qualité de l'air dans une zone à vocation industrielle. En effet, les industries COPENOR, STOCKNORD et TOTAL participent largement aux émissions de pollution atmosphérique. Sur le littoral, la composante industrielle représente environ 55 % de la pollution émise (pour les oxydes d'azote).

Aucun impact permanent n'est à attendre du projet sur la qualité de l'air.

4.2 IMPACTS SUR L'ÉCOLOGIE MARINE

4.2.1 IMPACTS SUR LE MILIEU INTERTIDAL

En zone intertidale, la faune et la flore pourraient être directement affectées par les dragages (destruction du milieu) et indirectement par l'accroissement temporaire de la turbidité pendant les travaux (réduction de pénétration solaire et donc d'activité photosynthétique, colmatage des systèmes branchiaux des animaux par les matières fines en suspension). La zone occupée par le batardeau est d'environ 3000 m² (6 x 500 mètres). Sur l'ensemble de cette emprise, fond marin et benthos seront détruits pendant les travaux. Cela n'affectera cependant pas la survie d'aucune espèce. Toutes sont en effet communes dans le fuseau d'étude.

Comme présenté au chapitre 2, cette zone présente une diversité biologique assez pauvre et les biomasses relevées sont assez faibles. Avec l'hypothèse d'une répartition homogène de cette biomasse dans l'emprise du batardeau (1000 m² par niveau type), la destruction du benthos en milieu intertidal ne concernerait donc qu'une biomasse totale de 2,3 kg, essentiellement composée d'espèces très communes et sans valeur commerciale.

Enfin, tous ces impacts ne sont que temporaires. Dès la fin des travaux et l'enlèvement du batardeau un remblaiement avec le sédiment initial sera effectué. Les espèces caractéristiques de ce milieu pourront rapidement recoloniser le substrat initialement perturbé.

4.2.2 IMPACTS SUR LE MILIEU SUBTIDAL

La distribution des espèces le long du tracé du gazoduc a été présentée en Chapitre 2. Au cours des reconnaissances biologiques, aucune espèce rare ou menacée n'a été identifiée. Le tracé retenu ne traverse pas d'habitat écologique de type exceptionnel. Les travaux de dragage vont perturber localement le benthos sur une largeur variable de l'ordre de 50 mètres (pour une tranchée typique de pose de la conduite) à 120 m (pour un chenal d'accès). Le long de la tranchée dans les sections les plus au large, où les matériaux dragués sont déposés au bord de la tranchée, l'impact sur le benthos s'exercera sur une emprise plus large encore. La superficie totale directement affectée par les dragages sera donc d'environ 350 à 400 hectares.

Tous ces impacts ne sont que temporaires, les secteurs concernés étant rapidement et progressivement recolonisés en fonction de l'avancement des travaux.

4.2.3 IMPACTS SUR LE MILIEU PELAGIQUE

Les études de distribution du plancton le long du tracé du gazoduc n'ont pas mis en évidence de phénomène particulier pouvant influencer sur les choix de tracé et de mise en place de l'ouvrage. La période de construction va temporairement perturber la colonne d'eau.

Mais en raison du très faible accroissement de turbidité attendu, de l'importance de la circulation des masses d'eau, du faible temps de régénération des populations planctoniques et du rapide avancement des travaux de dragage, l'importance de cette perturbation sur l'écologie restera négligeable.

4.2.4 IMPACTS SUR LES POISSONS

La ressource piscicole est riche et variée dans toute cette région. L'état initial effectué indique que se sont les poissons plats (sole, plie, limande) qui pourraient être potentiellement affectés par les travaux de dragage, essentiellement en zone côtière où se situe la ponte des soles au printemps et où vivent les juvéniles pendant l'été qui sont plus sensibles que les adultes à la mise en suspension de fines issues des dragages.

Le Projet ne peut éviter de traverser une telle zone côtière et la perturbation ainsi que la perte d'individus sur la zone occupée par le chantier est probable. Cette zone est cependant négligeable en surface quand on la compare à la surface de la zone occupée par les poissons plats.

Ainsi, l'impact sur les populations sera négligeable.

4.2.5 IMPACTS SUR LES ZONES D'IMMERSION

La couverture sédimentaire des zones d'immersion est caractéristique des inter-bancs de la région. Quelques espèces de l'endofaune forment une association constante caractéristique, mais on y récolte également quelques espèces fixées (Annélides, Hydraires) et des espèces de l'épifaune vagile (Crustacés, Echinodermes). Le nombre d'espèces récoltées y est généralement élevé, de même que la biomasse (poids sec libre de cendre) de l'ordre de 30 g/m².

On retrouve actuellement sur le sédiment la partie la plus grossière des rejets (sables et débris divers) mais également une partie des pélites ainsi que des galets mous de vase cohésive agglomérée. Le peuplement benthique en place peut donc se trouver modifié par augmentation du taux de pélites (milieu plus sélectif) ou par augmentation de la teneur en matière organique ou en métaux lourds (espèces indicatrices de ces deux pollutions).

Les rejets de dragage liés à la pose de la conduite NORFRA sont constitués de sables "propres". Dans ces conditions, la composition du sédiment en place va évoluer vers une diminution du taux de pélites, et donc plutôt vers une augmentation de la diversité spécifique et une diminution de la biomasse. L'impact sur la masse d'eau (chaîne alimentaire) est dans ce cas très limitée.

4.3 IMPACT SUR L'ÉCOLOGIE TERRESTRE

4.3.1 IMPACTS SUR L'ÉCOSYSTÈME DUNAIRE

A partir de la station d'atterrage, la conduite enterrée va traverser le cordon dunaire. Pour cela, des excavations et tranchées vont être réalisées.

Le tracé retenu traverse un cordon dunaire peu développé, déjà remanié au cours du temps à l'occasion des aménagements de la digue de l'Ouest réalisée devant le canal des Dunes entre les deux ports de Dunkerque.

La végétation traversée par la conduite entre son point d'atterrage et le canal des Dunes concerne essentiellement :

- . une végétation de dunes embryonnaires dominée par l'Agropyre à feuilles de jonc,
- . une mosaïque de dépôts sableux plus ou moins stabilisés, caractérisés par l'Oyat sur les dépôts mal stabilisés et par l'Argousier au niveau des zones les mieux fixées.

La largeur de ce cordon au droit du tracé représente environ 100 à 150 mètres. Le projet devrait donc affecter environ 1 ha de zone sableuse, si l'on prend en considération la présence d'une station d'atterrage localisée sur ce tronçon de conduite.

La zone d'atterrage est située environ 1,5 km à l'Est de la limite de la Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) n° 0074, et n'affecte donc pas l'intégrité de cette zone.

4.3.2 IMPACTS SUR L'ÉCOSYSTÈME DES WATERINGUES

a. Impacts temporaires

Après le cordon dunaire, la conduite va traverser le canal des Dunes par microtunnelage, donc sans impact sur la faune aquatique. Le tracé jusqu'au terminal de régulation, va essentiellement affecter une végétation de friches de talus et de bords de route puis une zone agricole, zones sans intérêt écologique particulier étant donné la pauvreté floristique. L'ensemble du tracé est situé dans l'emprise de terrains à vocation industrielle appartenant au Port Autonome de Dunkerque. Aucun défrichement forestier n'est nécessaire. Le tracé ne traverse ni bois, ni haie.

La pratique de décapage et stockage de la couche végétale du sol pendant les travaux pour régalage en fin de pose permet une rapide reprise de la végétation herbacée. La cicatrisation le long du tracé est telle que le tracé de l'enfouissement de la canalisation disparaît progressivement quelques mois après sa pose. L'impact est donc très temporaire.

b. Impacts permanents

Aucun équipement accessoire de surface n'étant prévu le long de ces 3,7 km, aucun impact permanent n'est attendu.

4.3.3 IMPACT SUR L'AVIFAUNE

Généralement, l'avifaune est susceptible d'être dérangée :

- . par les travaux de pose de la canalisation. Il s'agit d'impacts directs mais temporaires,
- . par la perte d'habitat dû à la modification du milieu après les travaux : il s'agit alors d'impacts directs permanents.

Une reconnaissance plus détaillée sur l'avifaune concernée par le secteur d'atterrage a été faite en interrogeant des spécialistes ornithologiques de la région Nord-Pas-de-Calais. Ceux-ci ont classé les espèces d'oiseaux en catégorie homogène par rapport aux impacts prévisibles. Nous résumons d'abord ici les espèces rencontrées sur le site avant d'évaluer les impacts temporaires et permanents.

4.3.3.1 DESCRIPTION DES ESPECES RENCONTREES SUR LE SITE

a. Oiseaux nicheurs

Dans le secteur des dunes concernées par l'atterrage, nous trouvons les espèces nicheuses suivantes en faible nombre étant donné le caractère industriel de cette zone : Sterne de Naine, Gravelot à collier interrompu, Grand Gravelot, Cochevis hupé, Alouette des champs, Traquet motteux, Pipit Farlouse, Linotte mélodieuse. La plupart de ces espèces sont protégées.

Dans les champs des wateringues, nous avons les espèces nicheuses suivantes : Poule d'eau, Canard Souchet, Canard à Col Vert ainsi que Busard des roseaux et Pipit Farlouse (espèces protégées). Elles nichent dans les haies, les bois, etc à proximité du tracé. En effet, rappelons que la canalisation ne traverse ni bois, ni haie.

b. Oiseaux hivernants

Les oiseaux hivernants sont les oiseaux migrateurs qui viennent passer l'hiver dans la région. Nous trouvons les espèces protégées suivantes sur le canal des dunes : Harle hupé, Grèbe hupé, Plongeon. Dans les champs des wateringues nous trouvons les espèces suivantes : Verdier, Bruant des neiges, Linotte ainsi que les espèces protégées Busard Saint-Martin (pas toujours) et Hibou des marais (pas toujours).

c. Oiseaux migrants

L'ensemble du littoral se situe sur l'un des trois axes européens de migration d'oiseaux. Nous trouvons en mer les espèces protégées migratrices suivantes : Fou de Bassan, Sterne, Labbe, Alcidé, Grèbe, Macreuse. Sur le canal et dans les dunes, on observe le Passereau en petit nombre (espèce protégée). Dans les champs des wateringues, nous trouvons les espèces suivantes : Fluvier, Vanneau, Limicole.

4.3.3.2 EVALUATION DES IMPACTS

a. Impacts temporaires lors du chantier

La pose du gazoduc va générer sur l'avifaune deux types d'impact temporaire :

- . Les impacts liés à la réalisation des travaux : le bruit, les allers et venues d'hommes et de matériel vont temporairement contrarier les activités des oiseaux. Ils peuvent être perturbateurs en période de reproduction, notamment au moment de l'incubation. Cependant, le dérangement dû au chantier est très ponctuel en raison d'un chantier à l'avancement.
- . Les impacts liés aux effets des travaux sur les milieux. La création d'une piste et le creusement d'une tranchée vont entraîner la suppression du couvert végétal. Cependant, les travaux ne nécessitent pas de déboisement (bois, haie). Le temps nécessaire pour retrouver un milieu identique sera court étant donné que le milieu est uniquement constitué de prairie.

Dans tous les cas, les effets sur l'avifaune pourront constituer en :

- . une destruction des couvées pour les oiseaux nicheurs, si les travaux sont effectués durant la période de reproduction,
- . la désertion de certains couples en période de nidification en fonction des modifications de la végétation sur le territoire.

Les oiseaux les plus sensibles au dérangement humain sont les espèces nichant dans le milieu traversé (mer, estran, dunes, champs des wateringues).

Les oiseaux hivernants seront sensibles aux travaux de pose mais seront moins affectés que les oiseaux nicheurs. La période de travaux n'englobant qu'un hiver, ils ne seront concernés par les travaux seulement pendant une saison.

Le chantier n'aura un impact que sur les oiseaux migrateurs utilisant le littoral pour se nourrir. Ils seront cependant beaucoup moins touchés que les oiseaux nicheurs et les hivernants. De plus, le chantier ne couvrira qu'un seul automne et donc une seule saison de migration.

L'impact lors du chantier sera toutefois limité et temporaire étant donné :

- . l'importance écologique limitée du secteur d'atterrage par rapport à la zone du Clipon plus à l'Ouest. Ceci résulte de l'étroitesse de l'estran et des dunes et des activités industrielles et portuaires proches,
- . la proximité de la zone du Clipon inscrite en ZNIEFF où les oiseaux pourront se déplacer pour nicher et se nourrir,
- . la pauvreté d'habitat sur la zone des wateringues entraînant un faible nombre d'oiseaux nicheurs et la possibilité pour l'ensemble de l'avifaune de se déplacer plus à l'Ouest vers des zones calmes n'étant pas affectées par le chantier,
- . le caractère industriel de cette zone.

b. Impacts permanents après le chantier : la perte d'habitat

La perte d'habitat concerne la zone de 900 m² qui sera réservée à la station d'atterrage dans la zone des dunes.

L'impact sera négligeable dans la mesure où l'intérêt de cette zone est limité étant donné la proximité des industries. De plus, une zone écologiquement préservée (Dune du Clipon) est située à proximité du site.

4.3.4 IMPACT SUR LES ZONES D'INTERET ECOLOGIQUE

Le tracé ne traverse ni ne longe aucune zone d'intérêt écologique (ZNIEFF), ni aucune zone protégée (réserve naturelle).

4.4 IMPACTS SUR LE MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE

4.4.1 IMPACTS SUR LA POPULATION, L'HABITAT ET L'EMPLOI

La population concernée par le projet est :

- . la population travaillant sur l'ensemble des sites industriels (POLYCHIM, COPENOR, STOCKNORD, TOTAL, cimenterie) du secteur,
- . la population résidant à Mardyck. 363 personnes au recensement de 1990 et aujourd'hui environ 400 personnes.
- . les agriculteurs.

4.4.1.1 EFFETS TECHNIQUES

a. Impacts temporaires

Durant les travaux, la principale gêne est due à la production de bruits par les engins de pose, notamment sur la zone terrestre.

Les principaux engins concernés sont :

- . des véhicules pour l'amenée et le repli du personnel travaillant sur la conduite,
- . des pelles mécaniques et des bulldozers,
- . des camions pour l'évacuation des déblais, le transport des tubes et l'approvisionnement des matériels et matériaux,
- . des side-boom pour la mise en fouille du tube,
- . des twin-arc pour les postes de soudage.

Les niveaux sonores maximaux des bruits aériens produits par les moteurs de ces engins sont fixés par l'arrêté du 11 avril 1972 et par l'arrêté du 2 janvier 1986.

La conformité à ces arrêtés sera vérifiée.

L'utilisation des engins respectera les prescriptions de la circulaire n° 3520 du 6 juillet 1976, à savoir l'interdiction d'utilisation de matériels bruyants pouvant gêner la population proche du chantier pendant les tranches horaires suivantes :

Jours ouvrables	Avant 7 h et après 20 h
Samedi	Avant 7 h, entre 13 h et 15 h et après 20 h
Dimanche et jours fériés	Avant 9 h, entre 12 h et 16 h et après 20 h

b. Impacts permanents

Les effets permanents de la conduite sur la population et l'habitat sont très réduits et résultent du contrat passé entre STATOIL et Port Autonome de Dunkerque (voir paragraphe 4.4.9.1).

La seule servitude en découlant est que le Port Autonome s'est engagé à ne pas entreprendre ou permettre à des tiers d'entreprendre des activités susceptibles d'aller à l'encontre de la stabilité et de la sécurité de la canalisation.

4.4.1.2 EFFETS ECONOMIQUES DUS AU CHANTIER

a. Effets temporaires

Durant les 16 mois de réalisation de l'ouvrage, beaucoup de personnes (quelques centaines) se succèdent et travaillent dans la région, apportant ainsi une contribution temporaire mais sensible à l'économie locale par le biais de :

- . la taxe professionnelle versée par les entreprises de pose aux communes, sur lesquelles elles établissent leurs bureaux de chantier,
- . les achats locaux de matériaux et fournitures pour le chantier (matériaux de construction, carburants, etc.),

- . la réinjection dans le commerce local et les structures d'hébergement (hôtels, maisons et appartements loués) d'une part des salaires versés durant le chantier,
- . l'embauche temporaire de main-d'oeuvre locale,
- . le recours à une part de sous-traitante locale et régionale.

b. Effets permanents

La construction de l'ouvrage n'entraîne pas directement de création d'emploi local permanent.

Au-delà des avantages que présentent les utilisations domestiques du gaz naturel, cette nouvelle source d'énergie peut permettre à des entreprises existantes d'améliorer leur rentabilité et peut également favoriser l'installation de nouvelles entreprises.

Enfin, le terminal de réception est soumis à la taxe professionnelle sur le foncier bâti et les matériels et outillages. Les canalisations elles-mêmes ne donnent lieu à aucun versement de taxes.

4.4.2 IMPACTS SUR L'AGRICULTURE

L'ensemble des terres cultivées traversées par le gazoduc NORFRA appartient au Port Autonome de Dunkerque. Ces terres sont louées par le Port aux agriculteurs exploitants. Elles sont situées au Sud de la rue de l'Ouest et à l'Ouest du village de Mardyck dans la zone des wateringues. L'ensemble des terres est cultivé entre la rue de l'Ouest et le terminal de réception.

a. Impacts temporaires

Les impacts de la canalisation sur l'agriculture sont principalement liés au chantier de construction. Le chantier est conduit de manière à minimiser les dommages aux cultures et la gêne aux exploitants.

b. Impacts permanents

La présence d'une conduite de gaz sous un sol cultivé n'induit en principe aucune contrainte sur l'activité culturale traditionnelle. En effet, la conduite est enterrée avec une couverture de 1 mètre minimum au-dessus de la génératrice supérieure. Cette profondeur est suffisante pour permettre une exploitation agricole des parcelles en toute sécurité. Cependant il convient de rappeler que le Port Autonome s'est engagé à ne pas entreprendre ou permettre à des tiers d'entreprendre des activités susceptibles d'aller à l'encontre de la stabilité et de la sécurité de la canalisation.

4.4.3 IMPACTS SUR LA PECHE EN MER

L'analyse de l'impact de l'ouvrage et des travaux sur les poissons a montré que la ressource ne serait pas affectée de manière significative. Ainsi, a priori, deux types d'effets sont à envisager :

- . la présence des navires de construction (barge et drague) qui pourrait imiter temporairement l'accès à certaines zones de pêche,
- . la présence de la conduite sur le fond marin qui pourrait créer un obstacle au chalutage et réduire ainsi à long terme l'utilisation de certaines zones de pêche.

4.4.3.1 IMPACTS PENDANT LA CONSTRUCTION

La durée estimative des travaux en mer est de six mois à partir du 1er mars 1997 et d'ores et déjà, STATOIL prévoit de ne pas commencer les travaux préparatoires de dragage avant le 1er mai 1997. Les deux premiers mois seront consacrés aux travaux de construction du batardeau sur la plage située hors des zones de pêche de chalutage sur le fond.

Une gêne des activités de pêche est donc prévisible sur une durée de 4 mois environ.

Sur la base des informations recueillies pour établir l'état initial, il apparaît que cette gêne affectera essentiellement la pêche artisanale pratiquée par 27 bateaux inscrits à Dunkerque, 6 bateaux inscrits à Grand-Fort-Philippe, 14 bateaux inscrits à Calais ainsi que des bateaux occasionnels inscrits à Boulogne.

Le planning des travaux a été construit de façon à s'insérer entre les 2 périodes de forte valeur des apports en criée à savoir mars-avril et septembre-novembre de façon à minimiser la gêne.

L'analyse des valeurs par espèces montre que la sole et les poissons plats représentent l'activité dominante des criées de Dunkerque et Grand-Fort-Philippe devant les poissons benthonectoniques (morue, merlan). Ces espèces se pêchent sur une large zone dépassant largement l'emprise des travaux et sur des périodes qui ne recoupent que très partiellement le planning des travaux.

Il est donc possible de conclure que pendant la période de construction, les travaux en mer risquent de perturber très localement certaines activités de pêche, essentiellement celles liées à la sole. Cependant, cette perturbation sera sans aucun doute marginale, dans la mesure où les travaux en mer sont réalisés sur une période courte et ne recouvrent que les dernières semaines de pêche de la sole. Cette faible durée du chantier signifie que l'ensemble des activités sont coordonnées, et que la dépose du gazoduc suit l'avancement de la réalisation de la tranchée. La perturbation potentielle sur la pêche à la sole ne concernera donc, au même instant qu'une petite fraction du tracé. Une information régulière et détaillée auprès des pêcheurs devrait permettre l'organisation de la pêche en fonction de l'avancée prévisionnelle des travaux et réduire (sinon supprimer) la gêne pouvant surprendre certains navires.

4.4.3.2 IMPACTS PENDANT L'EXPLOITATION

Après sa mise en place, la conduite n'est pas repérée en surface par de quelconques équipements flottants (bouées) susceptibles de gêner la pêche pélagique. Aucun impact du Projet n'est donc à attendre vis à vis de ce type d'activité. Concernant la pêche de fond, la question est d'identifier le niveau de risque que représente la présence d'une conduite sur le fond marin pour les équipements de pêche traînés principalement les chaluts de fond à panneaux ou à perche.

Un ensoulement est prévu pour les sections situées dans les zones autorisées pour le chalutage de fond. Trois études spécifiques ont donc été réalisées par STATOIL afin de mieux apprécier l'impact d'une conduite sur les chaluts de fond.

RSK Environment (1992) a réalisé une étude synthétisant l'expérience acquise dans le secteur britannique de la mer du Nord dont les fonds sont particulièrement encombrés de conduites et épaves diverses. L'étude portait sur les effets des canalisations sous marines de diamètre supérieur à 0,76 mètre.

En pratique, toutes les conduites immergées dans ce secteur de faible profondeur sont enterrées dans des tranchées. Dans les zones sédimentaires meubles, le remblaiement de la tranchée s'effectue naturellement sous l'effet des courants. Sur fonds rocheux ou compacts, la conduite est fixée à la surface du fond par des blocs de protection. A des profondeurs supérieures à 60 ou 100 mètres, le pipeline est simplement déposé sur le fond, sans enrochement en raison de la faiblesse des courants. Dans ces cas, l'étude précise qu'au moins 50 % du diamètre s'enfonce naturellement dans le substrat sous l'effet de son propre poids en quelque années.

Par exemple, la conduite de la BP Buchan-Forties a été déposée en tranchée non remblayée sur toute sa longueur. Aujourd'hui, des observations montrent qu'il est complètement enterré sur 90 % et que seuls 10 % de la conduite restent exposés.

En raison des conditions morphodynamiques de la zone du tracé, caractérisées par des sédiments sableux et une courantologie marquée, on peut supposer que le remblaiement naturel de la tranchée se réalisera rapidement (quelques années au plus). L'étude de 1992 a mis en évidence les points suivants :

- a. Il n'y a jamais eu de perte de territoire de pêche à long terme. La limitation d'accès ne s'observe réellement que pendant les travaux de pose de la conduite.
- b. La fédération des Pêcheurs Ecossais considère que les conduites sous-marines ne sont pas un problème pour la pêche comparé aux dégâts provoqués par la multitude de débris et épaves qui jonchent le fond de la Mer du Nord.
- c. Seulement une infime fraction des plaintes déposées pour perte ou endommagement de matériel de pêche ont pour origine une conduite sous-marine : pour la période 1978-1989, un exploitant pétrolier a reçu 160 plaintes dont seulement 17 pouvaient être rattachées à la présence d'un tracé de conduite, mais sans preuve directe impliquant effectivement la conduite. Plus récemment, le Département de l'Agriculture et de la Pêche d'Ecosse a analysé pour la période 1990-91, 280 incidents dont seulement 4 pouvaient être impliqués à une conduite sous-marine.

Des essais grandeur nature ont également été réalisés sur la partie norvégienne de la canalisation reliant la Norvège à Zeebrugge (diamètre de 1,05 m) sur une zone de fonds lisses sableux par fonds de 80 m environ (Valdemarsen, 1993). Cette canalisation est simplement posée sur le fond. Plus d'une centaine d'essais ont été réalisés au total avec trois types de chalut et différents angles de passage. Chaque essai était enregistré par vidéo de façon à observer le comportement du chalut. Des capteurs ont également enregistré différents paramètres tels que l'ouverture, force de freinage, etc. En général, la canalisation représente un obstacle uniquement lorsque l'angle d'incidence est inférieur à 40 degrés. l'ouverture glisse d'abord le long de la conduite ce qui tord le filet et réduit l'ouverture de 20 à 85 %. Puis, il y a franchissement et le chalut reprend sa position initiale au bout de 2 à 10 minutes. Sur 111 tests effectués, deux cas de dommages ont été observés. Il s'est avéré que ces dommages n'avaient d'ailleurs pas été causés par la canalisation elle-même.

De tels essais ont également été effectués plus récemment dans des conditions similaires sur la partie allemande de cette canalisation (Lange, 1995). Les conclusions de ces essais sont identiques à celles de l'étude précédente.

La présence d'affouillements sous la conduite est certainement le point le plus critique pour les chaluts. L'étude conclut que la pose en tranchée limite fortement le risque de voir de tels phénomènes se produire et que lorsque ces phénomènes se produisent, les équipements de pêche supportent sans dommages des hauteurs d'affouillement jusqu'à 60-80 cm.

En conclusion, il est peu probable que des impacts sur les activités de pêche surviennent pendant la phase d'exploitation du gazoduc. Les conditions de pose en tranchée limitent le risque d'affouillement. La qualité meuble des fonds dans cette section peu profonde, associée à la force des courants doit permettre le remblaiement rapide de la tranchée dans les sections où son remblaiement artificiel n'est pas envisagé. Il est très probable que les traces des travaux sous marins auront disparu dans les 2 ou 3 ans après la mise en place, et qu'aucun impact sur la pêche ne sera plus alors observé.

4.4.4 IMPACTS SUR L'ACTIVITE PORTUAIRE MARITIME

Le tracé retenu ne traverse pas les zones d'activité portuaire et ne sera d'aucune gêne pour ces activités. Nous n'examinerons donc ici que les impacts sur la navigation.

a. Impacts temporaires

Le tracé retenu ne traverse pas le chenal d'accès au port de Dunkerque et ne sera d'aucune gêne pour le trafic dans ce chenal. Par contre, il traverse le chenal de la Passe de l'Ouest et des interruptions de courte durée sont prévues lors des travaux en accord avec les autorités portuaires :

- . Fermeture totale :
 - 3 à 4 jours pour la pose de la canalisation,
 - 1 à 2 jours pour l'ensouillage.
- . Fermeture partielle :
 - 5 à 7 jours pour le dragage dans la zone de transition.

Hors du chenal, la présence de la barge de pose et de ses ancres sur un rayon de 1000 m environ constitue une gêne pour les navires de pêche et de plaisance qui naviguent généralement en dehors du chenal du fait de leur faible tirant d'eau. Des mesures préventives seront donc mises en oeuvre en collaboration avec les services compétents et les usagers durant le chantier afin d'éviter les collisions et limiter au maximum la gêne de la navigation. Ces mesures sont décrites au chapitre 5.

Enfin, la traversée du Canal des Dunes par microtunnelier n'entraînera aucun impact sur le trafic empruntant ce canal. De même, le pompage prévu dans ce canal lors des épreuves hydrauliques n'aura pas d'incidence sur la navigation dans ce canal. En effet, les pompes auront un débit de 450 l/s et seront installées dans l'angle situé en face du quai des salines.

b. Impacts permanents

Aucune contrainte résiduelle ne subsiste après la fin des travaux du fait du remblaiement de la canalisation sous la passe de l'Ouest et près de la côte et de son ensouillement plus au large.

4.4.5 IMPACTS SUR L'INDUSTRIE

Les risques d'interactions de la canalisation NORFRA vis-à-vis des installations industrielles situées à proximité (POLYCHIM, COPENOR, STOCKNORD, TOTAL) sont négligeables. L'étude de sécurité effectuée par STATOIL et dont le résumé est présenté dans le paragraphe 4.5 a permis de le montrer.

De plus la canalisation NORFRA est conçue, construite et exploitée dans le respect de la réglementation applicable, en particulier les Règles Techniques approuvées par l'administration française et les règles internes de STATOIL, ce qui garantit un très haut niveau de sécurité vis-à-vis des industries.

4.4.6 IMPACTS SUR LE TOURISME, L'ARCHEOLOGIE ET LA CULTURE

En raison du caractère industriel de la zone d'étude, le Projet n'aura aucun impact sur le tourisme. Le choix du point d'atterrage et la remise en état des lieux, systématique à l'issue du chantier, feront disparaître le tracé aussi vite que possible dans le paysage. Seuls resteront visibles les ouvrages accessoires ou nécessaires à l'exploitation de la canalisation tels que la station d'atterrage, les bornes et balises de repérage.

Les renseignements collectés sur place ne font état d'aucun site d'intérêt culturel (historique, religieux ou archéologique) susceptible d'être affecté par le Projet.

4.4.7 IMPACTS SUR LES INFRASTRUCTURES ET LES RESEAUX

4.4.7.1 RESEAU ROUTIER

Après avoir traversé le Canal des Dunes, la canalisation longe la route de Mardyck, côté STOCKNORD, puis longe la route des Dunes, côté COPENOR. Elle rejoint le terminal de régulation/comptage, situé à l'aval de Mardyck, hors de la proximité de toute autre voie de circulation.

Les routes concernées font partie de la Zone Industrielle et Portuaire.

Le gazoduc NORFRA franchit :

- . la route longeant le Canal des Dunes permettant l'accès à la capitainerie,
- . la route de Mardyck au croisement de la route permettant l'accès à l'écluse des dunes et de la rue de l'Artois donnant accès à Polychim,
- . la rue du Fortelet permettant l'accès à la cimenterie,
- . la route de Mardyck face à Copenor,
- . la route des Dunes,
- . la rue de l'Ouest,
- . la route reliant Mardyck à West Hoek,
- . deux fois un chemin de terre permettant l'accès depuis Mardyck à la ferme Coudeville.

L'ensemble de ces routes et chemins est principalement concerné par le trafic routier nécessaire à la desserte des sites industriels.

Un relevé du trafic routier effectué route des Dunes et route de Mardyck en avril 1991 fait apparaître un débit journalier de véhicule compris entre 2700 et 3500 véhicules avec un débit horaire compris entre 115 et 150 véhicules.

Le franchissement de l'ensemble de ces voies est effectué en tranchée ouverte, aussitôt comblée. L'impact est donc temporaire. Excepté la route de Mardyck face à Copenor, adjacente à la galerie technique, qui sera franchie par forage ou fonçage.

4.4.7.2 VOIES FERREES

La seule voie ferrée franchie par la canalisation NORFRA est la voie non électrifiée utilisée pour la desserte du site industriel de COPENOR. Précisons qu'il existe un projet de prolongement de la voie ferrée existante en direction de l'écluse des dunes. Suivant les dates de travaux de cette voie ferrée, il se pourrait que la canalisation est à franchir cette voie au niveau du croisement entre la route de Mardyck et la rue de l'Artois.

Le franchissement de cette voie ferrée en accord avec la SNCF sera fait par forage ou fonçage. Aucun impact sur la circulation ferroviaire n'est donc prévisible.

4.4.7.3 AERODROMES

Les contraintes vis-à-vis des infrastructures aéroportuaires dépendent de la présence, à proximité du tracé, de radiobalises ou centres radioélectriques.

Aucun de ces équipements n'est situé à proximité du tracé. L'impact de la canalisation est donc inexistant.

4.4.7.4 RESEAUX TERRESTRES

Electricité

La route de Mardyck est longée, côté COPENOR, par une ligne électrique à haute tension 2 x 225 kV, servant à alimenter le poste de transformation de ce site industriel.

L'influence de cette ligne électrique a fait l'objet d'une étude d'influence particulière vis-à-vis de la canalisation, réalisée par GAZ de FRANCE pour le compte de STATOIL.

Le croisement de cette ligne se fera le plus perpendiculairement possible. D'une manière générale, les prescriptions techniques d'EDF imposent un angle supérieur à 5° entre les deux réseaux en évitant au maximum la proximité des pylônes.

On note aussi une canalisation électrique souterraine de 20 kV situé le long de la route de Mardyck, côté STOCKNORD.

Téléphone

Sur le secteur d'atterrage du gazoduc NORFRA, il n'y a pas de TRN (Télécommunications du Réseau National).

La présence de réseaux enterrés Télécom ne constitue pas une contrainte majeure pour le gazoduc. Les franchissements, s'ils ne peuvent être évités, n'induisent aucune détérioration ou altération du réseau existant.

L'emplacement exact du réseau Télécom sera connu lors de la consultation des concessionnaires.

Transports de fluides particuliers

La canalisation NORFRA devra franchir en particulier :

- . la galerie technique de liaison entre COPENOR et STOCKNORD,
- . une canalisation de propylène liquide entre TOTAL et POLYCHIM située le long de la route de Mardyck,
- . une canalisation d'eau industrielle,

dans le secteur où la canalisation franchira face à COPENOR la route de Mardyck.

Le franchissement de la route de Mardyck et de la galerie technique se fera par fonçage ou forage.

Le passage de la canalisation se fera par dessous les autres réseaux rencontrés (eau + propylène).

L'impact sur ces réseaux est nul puisqu'ils ne sont en aucun cas interrompus.

Gaz

Il n'existe, a priori, aucune canalisation de gaz dans le secteur qui sera franchi par la canalisation NORFRA. L'impact sera donc nul.

4.4.7.5 CABLES SOUS-MARINS

En milieu marin, la canalisation n'affecte en aucune manière le fonctionnement des ouvrages sous-marins comme les câbles et conduites qu'elle croise. Ceux-ci ne sont pas interrompus lors du chantier. Leur franchissement se fait par-dessus.

Toutes les précautions sont prises, en liaison avec les opérateurs concernés, pour que l'intégrité et la sécurité des ouvrages existants (câbles électriques, câbles téléphoniques, autres canalisations) soient préservées pendant toute la durée des travaux.

4.4.7.6 IMPLANTATION D'EOLIENNES

Il existe un projet d'implantation de 9 éoliennes sur le littoral entre la jetée du Clipon et le bassin de Mardyck. Ces éoliennes produiront de l'énergie électrique destinée à alimenter le réseau d'Electricité de France.

Des accords entre STATOIL et le Maître d'Ouvrage de ce projet d'implantation d'éoliennes permettront de fixer leurs emplacements définitifs afin de minimiser les gênes possibles pouvant subvenir lors des travaux de pose de la canalisation.

4.4.8 IMPACTS SUR L'UTILISATION ACTUELLE DES FONDS MARINS

Des épaves et croches sont généralement présentes sur les fonds marins. Afin d'éviter toute détérioration de l'épave elle-même si elle présente un intérêt archéologique, ou de l'engin trancheur lors de sa rencontre avec une épave, des campagnes de reconnaissance au sonar sont effectuées le long du tracé, sur une bande large de 1000 m afin de localiser ces épaves.

Le tracé du gazoduc traverse sur 12 km environ, une grande partie de l'ancienne zone minée qui est régulièrement chalutée par les pêcheurs artisanaux. Les résultats d'investigations menées à l'aide d'un sonar n'ont pas fait apparaître de concentration anormale d'objet non identifiés. Un déminage effectué par la Marine Nationale est cependant prévu avant les travaux en 1996.

4.4.9 IMPACTS SUR LES SERVITUDES ET DOCUMENTS D'URBANISME

4.4.9.1 ACQUISITION DES TERRAINS

A terre, le tracé de la conduite est situé sur des terrains industriels appartenant au Port Autonome de Dunkerque. Un contrat a été passé entre STATOIL et le Port Autonome. Il précise un certain nombre de prescriptions concernant la construction et l'exploitation de la canalisation NORFRA.

4.4.9.2 SERVITUDES LIEES AU POS

Les servitudes liées au POS sont peu nombreuses étant donné que la canalisation NORFRA traverse uniquement une zone UEa (Zone d'activités industrielles et portuaires) qui est régie par le Port Autonome de Dunkerque et une zone de prescription spéciale (galerie technique de liaison entre COPENOR et STOCKNORD) régie aussi par le cahier des charges du Port Autonome de Dunkerque.

Une convention a donc été passée entre les différentes entités concernées et le Port Autonome de Dunkerque régissant ainsi la construction et l'exploitation de la canalisation.

La seule servitude du POS concernée par le projet NORFRA est la servitude liée au franchissement de 3 waterings :

- . Noord Gracht
- . Schaep Gracht
- . Mardyck Gracht

Le franchissement de ces waterings sera effectué en tranchée ouverte. La canalisation sera située au minimum 1 mètre sous le fond du wateringue.

Les servitudes liées au POS seront respectées lors de ces travaux de franchissement. L'impact sera donc temporaire.

Les espaces boisés autour de Mardyck seront conservés. La canalisation passe à environ 120 mètres à l'Ouest du village dans des terrains agricoles ayant une vocation industrielle et portuaire d'après le POS.

4.4.9.3 SCHEMA DIRECTEUR DE LA REGION FLANDRE DUNKERQUE

Le schéma directeur de la région Flandre Dunkerque a défini, en décembre 1990, les principes d'urbanisation de cette région (figure 4.8).

Pour le secteur d'atterrage de la canalisation NORFRA, le schéma directeur fait apparaître :

- . une aire urbaine sur l'emplacement du village de Mardyck,
- . la création d'un espace de nature entourant le village de Mardyck et longeant la route de Mardyck du Nord au Sud.

Il s'agit de la "coulée verte" joignant la mer à la nationale N1 et passant par Mardyck,

- . le reste des terrains serait consacré à des activités économiques (industrie, artisanat, services).

La présence de la canalisation NORFRA est donc compatible avec les orientations de ce schéma. L'impact permanent sera donc nul.

4.4.9.4 SCHEMA D'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL DE LA REGION FLANDRE-DUNKERQUE

Le schéma d'environnement industriel de la région Flandre-Dunkerque a été publié en 1993. Il a pour objet de définir les éléments qualitatifs et quantitatifs d'une politique de développement industriel, compatible avec la politique de développement du bassin d'emploi incluant :

1. Les modalités de mise en oeuvre des éléments déterminants de la politique industrielle globale de l'agglomération (figure 4.9).
2. Les modalités d'évolution quantitative et qualitative des espaces économiques.
3. Les éléments indispensables à l'équilibre des espaces industriels (infrastructure, environnement (figure 4.10), insertion, tarification, implantation, spécialisation).

Il ne remet en cause l'existence d'aucun espace d'activités industrielles prévu au Schéma Directeur décrit précédemment mais donne des précisions quant à leur utilisation et leur organisation.

Pour le secteur d'atterrage de la canalisation NORFRA, ce schéma fait apparaître :

- L'instauration d'une zone de vigilance dans un rayon de 800 m autour de Mardyck. Une telle zone ne constitue pas un secteur d'interdiction pour l'implantation d'activités économiques. Elle tend uniquement à privilégier à proximité des secteurs sensibles les installations non classées ou les installations classées présentant les plus faibles niveaux de risques. En ce sens, sa création doit constituer bien entendu une garantie pour les populations et les collectivités locales, mais aussi un service aux industriels pour le choix des sites d'implantation (conditions de voisinage, évaluation de la marge d'évolution de l'entreprise, garantie de non-recours, transparence des relations avec les pouvoirs locaux, ...). Notons que l'instauration de cette zone n'engendre aucun effet rétroactif vis-à-vis des installations industrielles pré-existantes.
- Le renforcement de la coulée verte de Mardyck entre le Sud de Mardyck et le Pont à roseaux sur une bande de 300 m de large (figure 4.10).
- La création d'un espace de transition contigu à la coulée verte qui sera préverduri avant l'implantation d'industries. Le préverdissage doit être considéré comme une mise en valeur de l'espace économique pour l'accueil d'entreprises.

La présence de la canalisation NORFRA est tout à fait compatible avec ce schéma d'environnement industriel et ne générera aucun impact permanent.

4.4.9.5 CREATION DE SERVITUDES PAR LE PROJET

Les seules servitudes résultent du contrat passé entre STATOIL et le Port Autonome.

La seule servitude en découlant est que le Port Autonome s'est engagé à ne pas entreprendre ou permettre à des tiers d'entreprendre des activités susceptibles d'aller à l'encontre de la stabilité et de la sécurité de la canalisation.

4.5 IMPACTS SUR LA SECURITE ET LA SALUBRITE PUBLIQUE

4.5.1 INTRODUCTION

Une étude de sécurité, demandée par les Autorités françaises a été effectuée par STATOIL. Son but est d'apprécier l'acceptation du niveau de risques associés à la construction et à l'exploitation de la canalisation NORFRA sur le territoire français.

Ce document comprend, pour la partie du gazoduc situé depuis la limite des eaux territoriales françaises jusqu'au terminal de réception de Dunkerque :

- Pour la partie marine, un résumé de la totalité des études de sécurité détaillées, effectuées pour l'ensemble de l'ouvrage, réalisé par la société norvégienne DNV Technica pour le compte du Groupe STATOIL.

Une approche probabiliste est utilisée pour le calcul des risques. Cette méthode est la même sur l'ensemble de l'ouvrage dans sa partie marine quelle que soit sa territorialité. De plus, elle est utilisée par STATOIL pour tout projet de cette nature, conformément à la réglementation norvégienne.

- Pour la partie terrestre, une mise à jour au 7/02/96 de l'étude particulière étendue à l'ensemble du tracé demandée par l'Administration française et approuvée par la DRIRE le 18/5/1995, réalisée par le Groupe GAZ de FRANCE, pour le compte de STATOIL.

Une approche déterministe est utilisée pour apprécier l'augmentation potentielle du risque dans cette zone.

Les conclusions principales et les recommandations de l'étude de sécurité sont résumées dans les paragraphes ci-dessous.

4.5.2 PHASE DE CONSTRUCTION

En raison du trafic maritime important dans les eaux territoriales françaises, les risques générés par les travaux de construction sont estimés importants.

Les risques humains concernent seulement la phase de construction de la partie maritime de l'ouvrage. Les risques principaux pouvant causer des blessés ou des victimes, ainsi que des dommages matériels conséquents sont :

- les collisions de navires pendant le dragage ou la pose de la ligne,
- la découverte de munitions dans la zone d'atterrissage,
- la chute d'un tube lors de son déchargement sur la barge de pose,
- l'effondrement des batardeaux d'atterrissage.

L'élaboration et l'application de procédures strictes de travail, basées sur l'expérience de STATOIL acquise dans la réalisation de projets antérieurs de même nature, permettent de maîtriser ces risques.

Des mesures préventives telles que :

- . le prédéminage effectué sur tout le tracé par la Marine Nationale avant le début des travaux,
- . la surveillance active du trafic maritime aux abords du chantier,

réduiront les risques principaux inhérents aux travaux afin de rendre leur niveau acceptable. Ces mesures sont présentées au chapitre 5.

4.5.3 PHASE D'EXPLOITATION

4.5.3.1 PARTIE MARITIME DE L'OUVRAGE

Les risques humains, associés à la canalisation NORFRA dans les eaux territoriales françaises, sont négligeables en phase d'exploitation.

Les risques matériels principaux pouvant endommager la canalisation sont :

- . le naufrage d'un navire,
- . l'impact ou le dérapage d'une ancre,
- . la chute d'un container,
- . l'affouillement et l'instabilité du fond marin.

La fréquence totale d'occurrence des incidents pouvant endommager le gazoduc dans sa partie française est de $2,2 \cdot 10^{-8}$ par km x an.

Ces risques sont bien inférieurs aux critères d'acceptation définis par STATOIL pour les dommages matériels : $1 \cdot 10^{-5}$ par km x an.

Néanmoins, afin de réduire le niveau des risques matériels au cours de son exploitation, des mesures préventives, basées sur l'expérience, sont préconisées en phase de conception et d'exploitation. Ces mesures sont présentées au chapitre 5.

4.5.3.2 PARTIE TERRESTRE DE L'OUVRAGE

- Les risques humains et matériels, associés à la canalisation NORFRA dans sa partie terrestre située à l'Est du Port Ouest de Dunkerque, sont ceux résultant d'un accident provoqué par des agressions extérieures dues à des travaux de tiers.

- Le risque d'interactions en matière de sécurité de la canalisation NORFRA vis-à-vis des installations industrielles situées à proximité, ainsi que du village de Mardyck, est négligeable.
- En cas d'accident survenant aux installations industrielles environnantes, il n'y a pas de risque d'endommagement de la canalisation ou de l'installation de sectionnement située au point d'atterrage.
- Afin de diminuer le niveau de risque d'endommagement de la conduite, lors d'une agression due à des travaux de tiers, des mesures de protection supplémentaires sont proposées en phases de conception et d'exploitation de manière à diminuer la probabilité d'occurrence et les conséquences d'un éventuel accident. Ces mesures sont présentées au chapitre 5.

4.5.4 CONCLUSIONS

La canalisation NORFRA est conçue, construite et exploitée dans le respect de la réglementation applicable, en particulier les Règles Techniques approuvées par l'Administration française et des règles internes (spécifications et procédures) de STATOIL, ce qui garantit un très haut niveau de sécurité.

L'analyse des facteurs de risque montre que cette canalisation se trouve sous l'influence du fluide qu'elle transporte, de l'environnement naturel et industriel et des activités humaines, et que chacun de ces facteurs de risque fait l'objet de mesures de protection spécifiques.

Dans ces conditions, et moyennant la mise en oeuvre des mesures générales et particulières de protection exposées au chapitre 5, la présence de la canalisation NORFRA sur le territoire français ne génère pas de risque inacceptable en mer, n'augmente pas le risque industriel existant dans le secteur de Dunkerque, et ressort dès lors comme une solution acceptable.

4.6 RAISON DES CHOIX RETENUS POUR LE DRAGAGE ET L'IMMERSION

4.6.1 RAISON DU DRAGAGE

Le tracé retenu pour la pose de la canalisation NORFRA en zone française traverse la zone des bancs de Flandre avant d'atterrir sur la plage du Braek. Les opérations de dragage ont pour but d'ouvrir un chenal d'accès pour les barges de pose et de niveler les zones de mégarides de manière à éviter les portées libres de la canalisation. Un volume d'approfondissement de 582 000 m³ environ a été estimé. Il s'y rajoute un volume de dragage d'entretien pour maintenir la cote du fond jusqu'à la fin de la pose qui a été estimé à 380 000 m³ environ. Ces estimations sont le résultat d'études détaillées qui ont exploré plusieurs variantes de tracé ainsi que différentes techniques de pose de la canalisation afin de minimiser les volumes dragués.

4.6.2 RAISON DU CHOIX DE LA TECHNIQUE DE DRAGAGE

Les différences de méthode de dragage dans la zone côtière et plus au large sont liées aux tirants d'eau disponibles pour les dragues.

Près de la côte, les très faibles profondeurs ont conduit à choisir une drague aspiratrice à désagrégation. Cet engin présente l'avantage de creuser son chenal pour progresser. De plus, l'outil désagrégateur peut être manié très précisément ce qui permet de minimiser les volumes dragués nécessaires pour respecter les profils du chenal d'accès.

Par contre, un tel engin est très sensible aux conditions de mer. C'est la raison pour laquelle il sera remplacé plus au large par une drague aspiratrice porteuse à élinde traînante qui permet également un dragage très précis mais a besoin pour cela d'un tirant d'eau suffisant. Ce type de drague est bien adaptée à nature sableuse du matériau ainsi qu'à la géométrie du secteur à draguer disposé en longueur.

Ces dragues sont également équipées d'un système de radiopositionnement très précis.

4.6.3 RAISON DU CHOIX DES ZONES D'IMMERSION

Différentes procédures d'évacuation des déblais de dragage peuvent être envisagées, chacune répondant à des exigences environnementales et socio-économiques particulières.

Il est prévu d'immerger 670 000 m³ sur les dépôts Centre et Ouest du Port de Dunkerque. Ces dépôts sont utilisés régulièrement par le PAD pour claper les matériaux dragués pour entretenir les bassins portuaires et les chenaux d'accès. Ces matériaux sont majoritairement vaseux et les volumes clapés sont de l'ordre de 1,3 million de m³/an.

Ainsi, les volumes à immerger pour le présent Projet restent modérés par rapport à la pratique habituelle sur ces zones. De plus, la nature sableuse et la "propreté" des matériaux à draguer auront un effet plutôt positif sur des dépôts sablo-vaseux actuellement en place.

Enfin, les dragages nécessaires à la canalisation du large seront immergés à une distance de 500 m de part et d'autre du tracé à l'exception du passage de la Route des Bancs de Flandre. Cela représentera 280 000 m³ environ sur une distance de plus de 20 km.

Ce choix permet de réduire la durée des travaux. En effet, les longs trajets nécessaires pour aller claper sur les zones de dépôt sont évités. L'impact sur la faune benthique sera négligeable compte tenu du faible volume immergé rapporté à la longueur du tronçon (13 m³/mètre linéaire) et du fait qu'il s'agit d'un matériau de même nature que celui actuellement en place. Notons également qu'un système de contrôle de l'immersion sera utilisé par profondeur importante afin de réduire l'impact sur la colonne d'eau.

En conclusion, l'évacuation des déblais de dragage telle qu'elle est proposée dans le présent projet s'avère la meilleure solution technique disponible sur le marché ainsi que la meilleure pratique environnementale.

4.7 RECAPITULATIF ET SYNTHESE

L'analyse détaillée par thème qui a été effectuée ne fait apparaître aucun impact permanent à l'exception de la présence de deux ouvrages annexes et d'une zone de servitudes. Par contre, un certain nombre d'impacts temporaires ont été relevés. Ils sont résumés dans le tableau 4.3 ci-après. Ces impacts temporaires peuvent être ponctuels c'est-à-dire très locaux (quelques dizaines, voire centaines de mètres) et peu durables (quelques heures, voire quelques jours), ne concernent que quelques individus d'une espèce animale sans que cela ait un impact durable sur les populations. Les impacts les plus significatifs font l'objet de mesures spécifiques de réduction comme indiqué dans le tableau. Ces mesures sont détaillées au chapitre 5.

Tableau n° 4.3 - TABLEAU RESUME LES IMPACTS RECENSES				
	Impact	Temporaire pendant les travaux	Permanent en phase d'exploitation	Mesures spécifiques de réduction
MILIEU PHYSIQUE				
Géologie	non			
Géomorphologie et paysage	oui	X	X	X
Hydrologie et hydrogéologie des Wateringues	oui	X		X
Hydrologie marine	ponctuel	X		
Sédimentologie marine et morphodynamique	mineur	X		
Qualité des eaux marines	ponctuel	X		
Qualité de l'air	ponctuel	X		
ECOLOGIE MARINE				
Domaine benthique intertidal	individus	X		
Domaine benthique subtidal	individus	X		
Domaine pélagique	individus	X		
Les poissons	individus	X		
ECOLOGIE TERRESTRE				
Les dunes	mineur	X		
Les wateringues	ponctuel	X		
L'avifaune	ponctuel	X		
Zones d'intérêt écologiques ou protégées	non			
CONTEXTE HUMAIN ET SOCIO-ECONOMIQUE				
Population, habitat et emploi	oui	X		X
Agriculture	oui	X		
Pêche en mer	oui	X		X
Activités maritime et portuaire	oui	X		X
Industrie	non			
Tourisme et loisirs	non			
Patrimoine culturel et archéologique	non			
Infrastructures et réseaux	oui	X		
Utilisation des fonds marins	oui	X		
Servitudes et documents d'urbanisme	oui	X	X	



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

**SOGREAH**
INGENIERIE

PLAGE ET DUNES DU BRAEK

51 8882

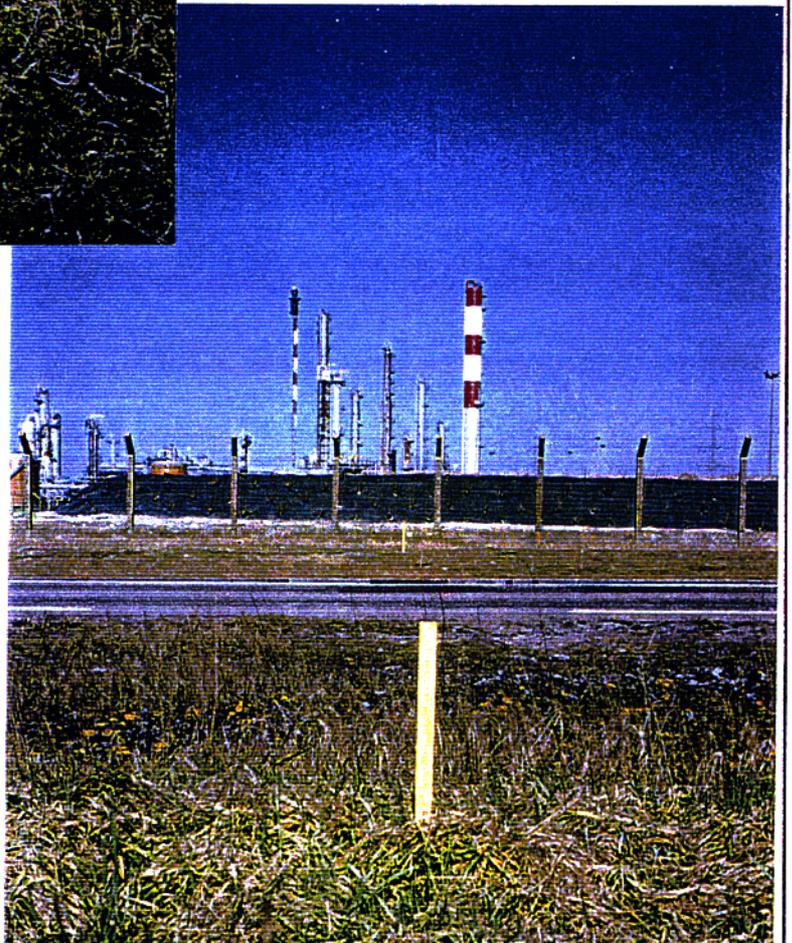
Fig. 4.1



Mars 1996	CANALISATION NORFRA - Etude d'impact	
	<p align="center">DE LA DUNE A POLYCHIM Haut : Canal des dunes</p>	51 8882
		Fig. 4.2



Mars 1996	CANALISATION NORFRA - Etude d'impact	
	ROUTE DE MARDYCK ET COULOIR TECHNIQUE	51 8882 Fig. 4.3



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

51 8882

Fig. 4.4


SOGREAH
 INGENIERIE

RUE DES DUNES LONGEANT COPENOR



Mars 1996

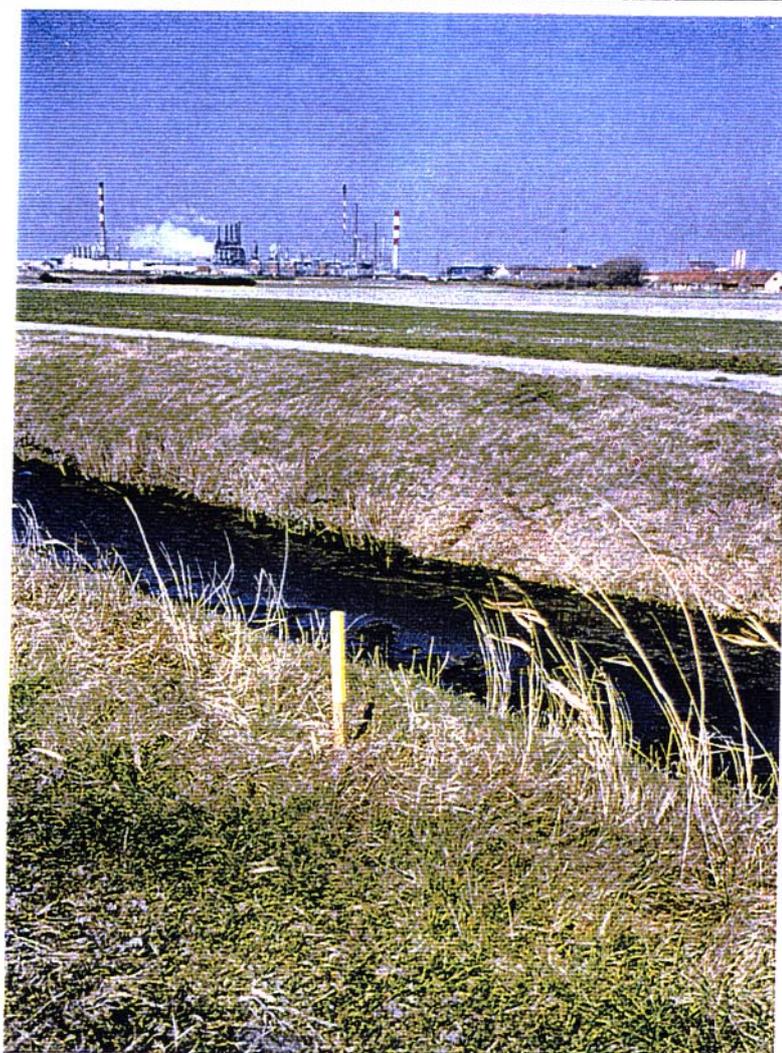
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

51 8882

Fig. 4.5

**SOGREAH**
INGENIERIE

LE VILLAGE DE MARDYCK



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact


SOGREAH
 INGENIERIE

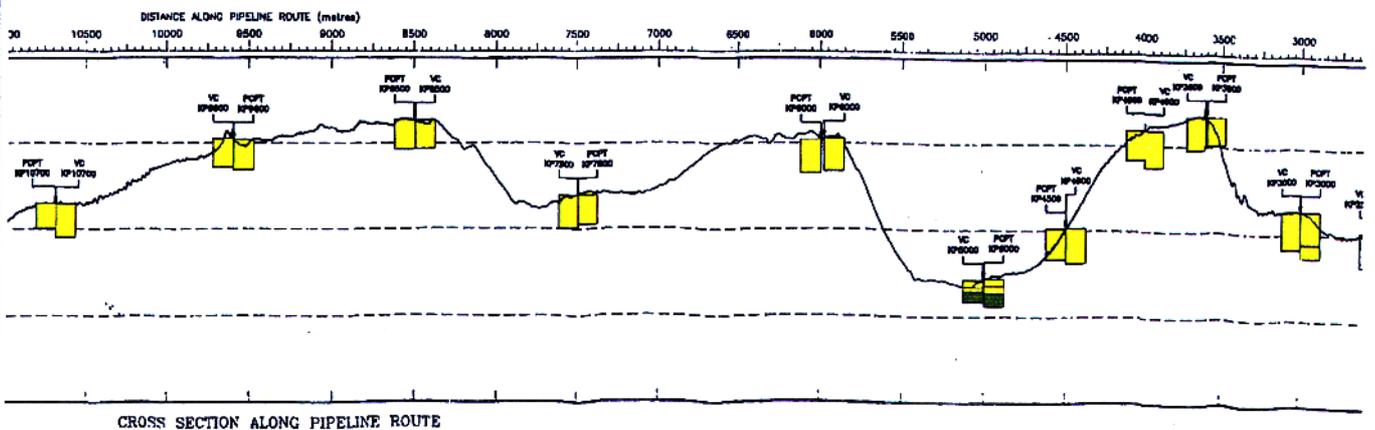
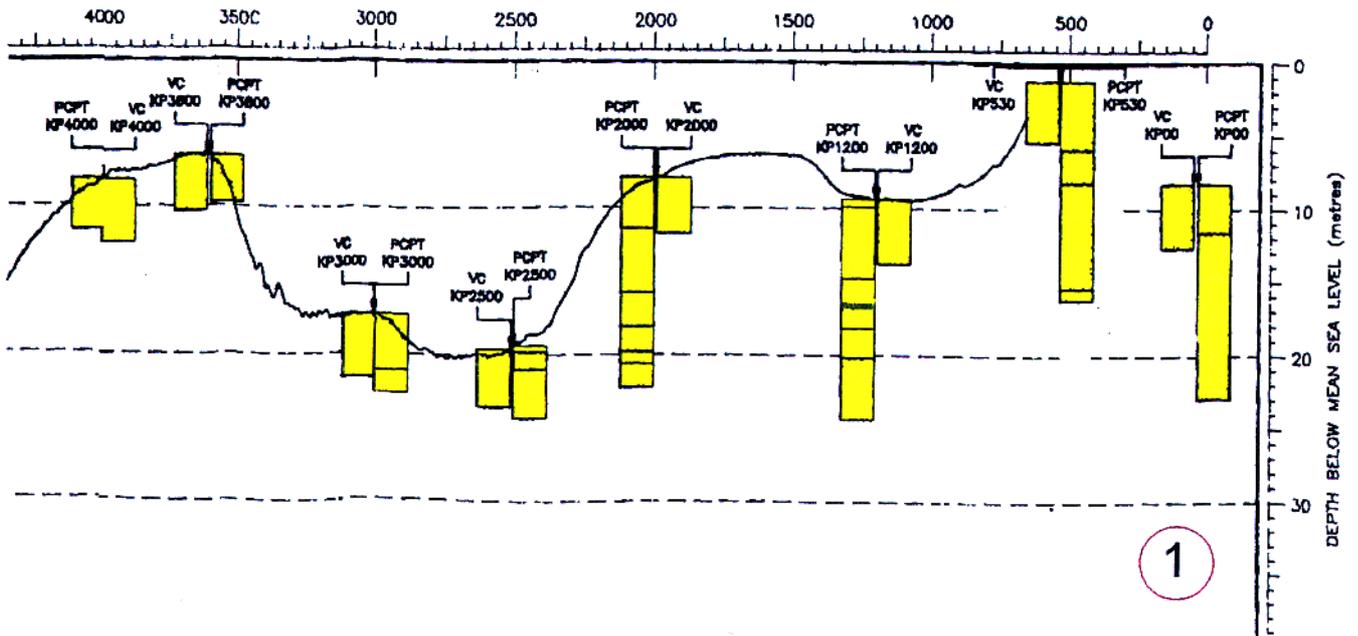
LE SECTEUR DES WATERINGUES
 Bas : En premier plan , le Mardyck Gracht

51 8882

Fig. 4.6

Passe de l'Ouest

Station d'atterrage



CROSS SECTION ALONG PIPELINE ROUTE

ARGILE
 SABLE

Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

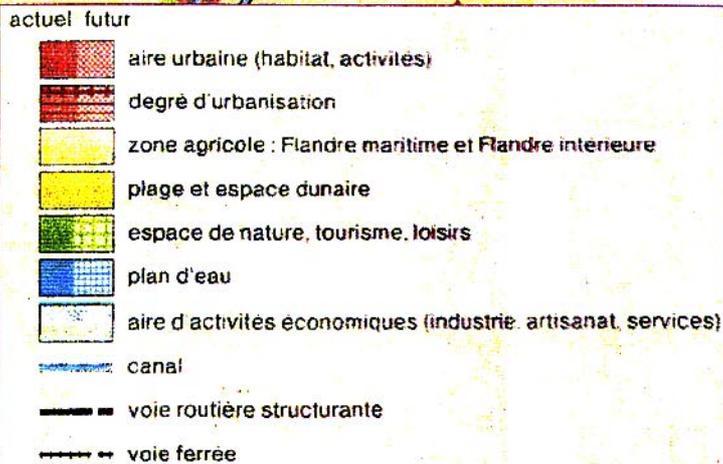
SOGREAH
 INGENIERIE

NATURE DES SEDIMENTS MARINS
LE LONG DU TRACÉ (FUGRO , 1995)

51 8882

Fig. 4.7a

Comité syndical
 Schema Directeur
 Décembre 1990



Mars 1996

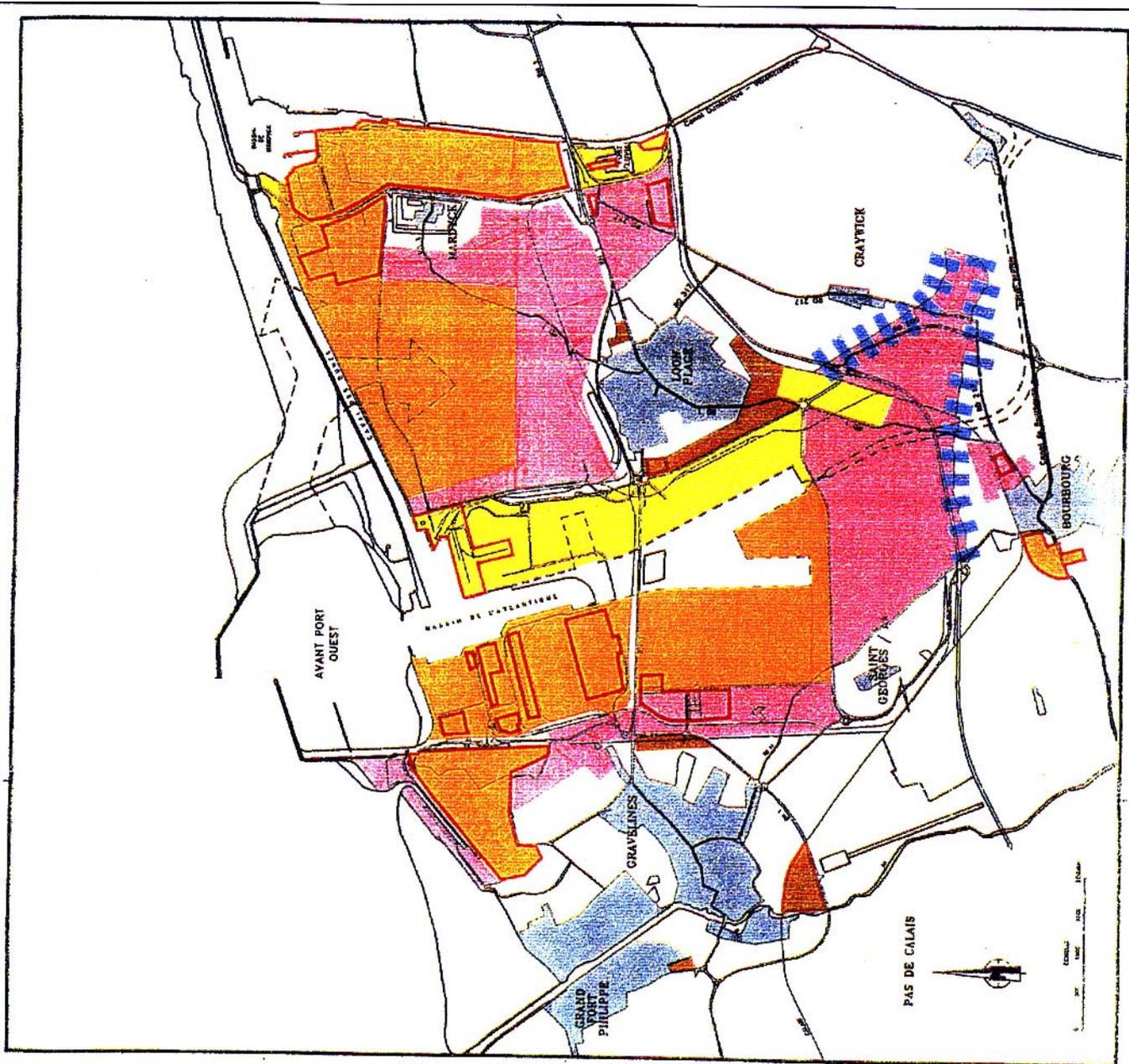
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



**SCHEMA DIRECTEUR DE LA REGION
 FLANDRE DUNKERQUE**

51 8882

Fig. 4.8



**ORGANISATION
DU SITE INDUSTRIEL**

-  services et activités portuaires
-  grandes industries consommatrices d'espace
-  industries de transformation
-  industries légères
-  périmètres à adapter
-  périmètre de garantie
-  zone des Saines
-  sites occupés

Schema d'environnement industriel 1993

Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



**SCHEMA D'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL
ORGANISATION DU SITE INDUSTRIEL
(AUDRFD 1993)**

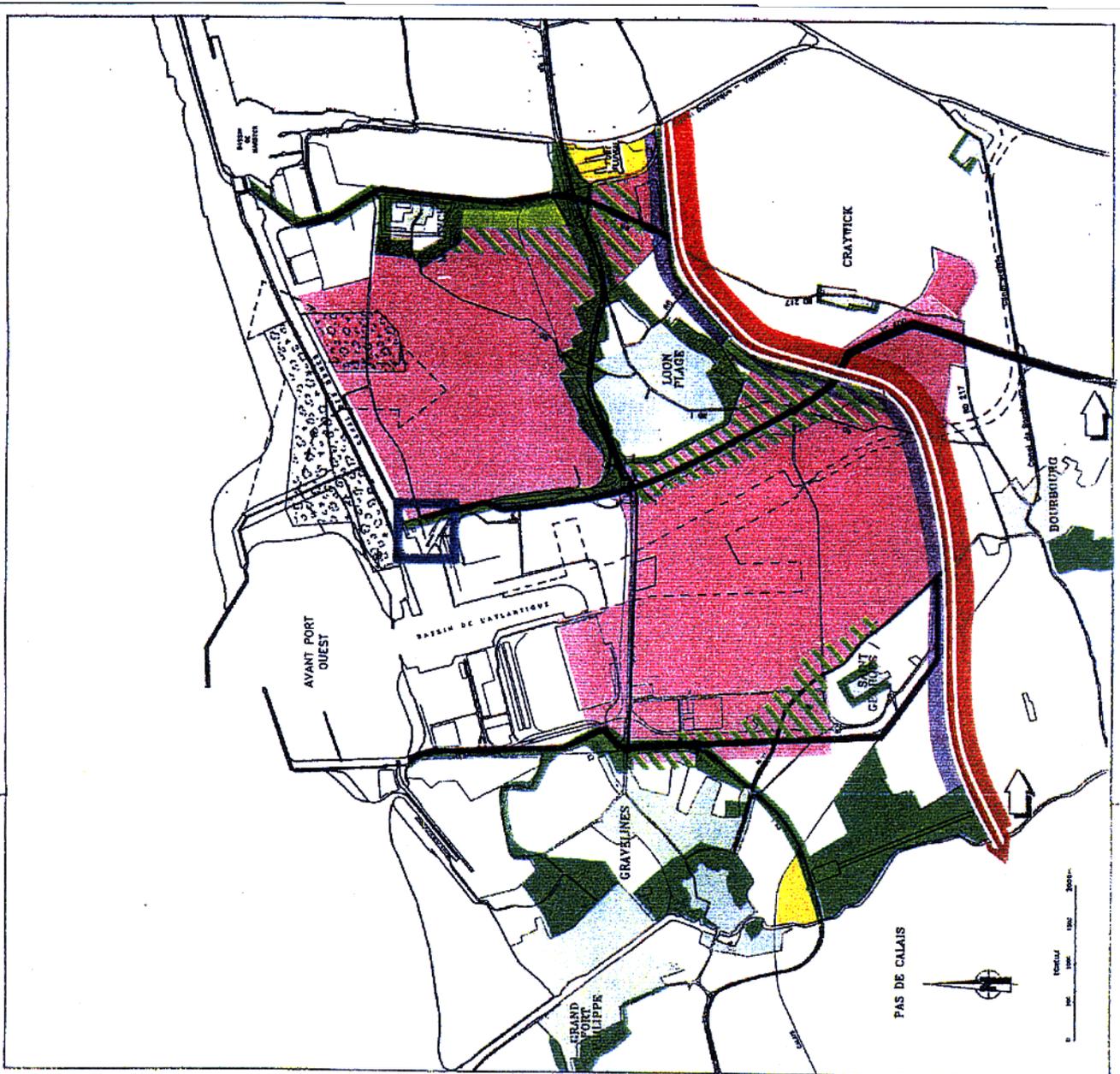
51 8882

Fig. 4.9

PRINCIPES PAYSAGERS

- 
 rocade littorale : ligne d'équilibre entre paysage industriel et paysage rural
- 
 zone industrialo-portuaire concernée par le concept d'aménagement de "campagne industrielle"
- 
 secteurs industriels existants à requalifier en priorité
- 
 événements majeurs du site à valoriser
- 
 espaces verts inscrits au schéma directeur
- 
 renforcement de l'espace vert prévu au SDAU : coulée verte de Mardyck
- 
 espaces de transition : sites urbains/grande industrie
- 
 sites naturels
- 
 repérage extérieur du grand site industriel

Schéma d'environnement industriel 1993



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

51 8882

Fig. 4.10


SOGREAH
INGENIERIE

SCHEMA D'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL
PRINCIPES PAYSAGERS
(AUDRFD 1993)

Chapitre 5

MESURES ENVISAGEES POUR REDUIRE OU SUPPRIMER LES IMPACTS DU PROJET

Au travers de son activité, STATOIL souhaite être parmi les leaders dans la protection de l'environnement, de la santé et de la sécurité. Cet objectif doit reposer sur une organisation efficace, qui est une condition nécessaire pour la compétitivité de STATOIL comme société internationale. De plus, STATOIL se fixe, dans sa politique de développement, des objectifs de principe de développement durable permettant de préserver les générations futures. Tout ceci conduit notamment STATOIL à :

- incorporer la santé, l'environnement et la sécurité dans la gestion de l'entreprise et des projets. La santé, l'environnement et la sécurité font partie à part entière de la stratégie de développement et sont intégrés dans la planification des budgets,
- fixer des objectifs ambitieux et des exigences internes strictes dans les domaines de la santé, de l'environnement et de la sécurité et s'assurer qu'ils soient réalisés (rédaction de spécifications, formation du personnel, etc.). Ces mêmes objectifs et exigences sont imposés à toute entreprise et fournisseur travaillant sur des projets STATOIL,
- promouvoir auprès de son personnel et de leur famille, de ses fournisseurs et de ses clients, cette politique de gestion de la protection de la santé, de l'environnement et de la sécurité,
- co-opérer activement avec les autorités, les industriels et la recherche dans le but de favoriser des mesures efficaces pour la protection de la santé, de l'environnement et de la sécurité.

La conception d'une canalisation et sa construction prennent en compte, outre les contraintes technico-économiques, le souci permanent de réduire au minimum les nuisances et de créer les conditions les plus favorables à une remise en état des lieux optimale.

Néanmoins, l'implantation d'une canalisation, aussi soigneusement étudié que soit son tracé, crée toujours des dommages. Bien qu'ils soient généralement très réduits, ceux-ci sont pris en compte.

Dans ce chapitre, les mesures générales et spécifiques envisagées pour réduire ou supprimer les impacts du projet sont détaillées.

5.1 MESURES GENERALES

En plus d'une application stricte des réglementations relatives aux canalisations de transport de gaz, l'entreprise réalisant les travaux de pose est tenue de veiller à réduire au maximum les impacts.

Suivant les étapes successives de ces travaux, les mesures systématiques retenues sont les suivantes :

5.1.1 POUR LA CANALISATION SOUS-MARINE

Reconnaissance et préparation du tracé...

Avant le début des travaux proprement dits, une campagne de reconnaissance est réalisée sur une largeur d'environ 1000 mètres (500 mètres de chaque côté du tracé théorique de la canalisation). Un navire de reconnaissance, équipé de puissants moyens de mesure bathymétriques ainsi que d'un sonar, est souvent utilisé pour ce type de campagne.

Enfin, les câbles sous-marins sont protégés par une couverture en gravier ou des matelas en béton.

Dragages et aménagement d'un accès pour les barges...

L'utilisation de dragues aspiratrices à désagrégation ou à élinde traînante permet un dragage précis des fonds qui limite les volumes dragués ainsi que la remise en suspension (figure 1.6). De même, les opérations d'immersion sont contrôlées afin de limiter les remises en suspension.

Pose de la canalisation...

La pose de la canalisation suit l'avancement de la réalisation de la tranchée afin de réduire la durée du chantier et les impacts liés à cette durée.

Pendant toutes ces opérations de pose, une surveillance et un contrôle des travaux sont assurés par un représentant de STATOIL (présent sur la barge de pose) en collaboration avec l'entreprise chargée des travaux

Une reconnaissance du tracé est effectuée juste avant le démarrage des opérations de pose.

Le suivi permanent des paramètres de pose, tels que les contraintes dans la canalisation, est effectué ainsi que les risques de déformation.

Les soudures font l'objet de contrôles radiographiques permettant de s'assurer de la bonne exécution de l'assemblage. Le contrôle est confié à un organisme spécialisé indépendant agréé par les Autorités françaises qui applique strictement les procédures et les critères d'acceptation définis par les normes en vigueur et les spécifications particulières du Maître d'Ouvrage.

Enrobage de la canalisation...

La conduite est recouverte d'un revêtement anti-corrosion. De plus, elle se voit appliquer un enrobage en béton destiné à lui assurer sa stabilité et une protection face aux agressions mécaniques et chimiques.

Ensouillement de la canalisation...

Un ensouillement de la canalisation est réalisé après la pose.

Durant ces travaux, un contrôle de la profondeur d'ensouillement est effectué pour vérifier la profondeur d'ensouillement requise. Une reconnaissance de la canalisation sera effectuée à la fin de ces opérations pour vérifier sa position et sa stabilité.

Remblaiement de la tranchée et remise en état...

Le remblaiement de la tranchée est effectué sur la partie la plus proche de la côte sur 3 kilomètres environ.

A la fin des travaux, une reconnaissance est effectuée pour vérifier la bonne mise en place du remblaiement.

Point singulier : l'atterrage...

L'arrivée sur le rivage nécessite l'emploi de technologies particulières.

Deux modes de construction alternatifs ont été préalablement étudiés lors de la phase de conception :

- Le premier consistait à utiliser une barge de pose de troisième génération pour la canalisation d'atterrage. Cela a l'avantage d'utiliser un matériel éprouvé communément utilisé dans l'industrie offshore. Par contre, cela présente l'inconvénient d'avoir un tirant d'eau de 8,8 m conduisant à un chenal d'accès à draguer à la cote -12,2 m ZH. Dans le cas présent, cela aurait conduit à doubler le volume de dragages.
- Une seconde possibilité étudiée consistait à construire la canalisation d'atterrage à la côte puis la tirer vers la mer. Cela présente l'avantage d'une construction plus facile.

Par contre, un tel mode de construction nécessite des surfaces de travail extrêmement importantes à terre (site de plusieurs kilomètres de long).

Ainsi, le choix final fait d'utiliser une barge de pose à fond plat et de construire la canalisation en mer permet de réduire fortement les impacts liés aux dragages ainsi que ceux liés aux installations temporaires de chantier.

L'épreuve hydraulique

Pour cette opération, des installations temporaires (compresseurs et pompes) sont mises en place au point d'atterrage. L'eau nécessaire au remplissage de la canalisation sera pompée dans le canal des Dunes. Elle sera rejetée en mer du Nord dans les eaux norvégiennes à l'autre extrémité de la canalisation ce qui n'engendrera aucun impact dans les eaux françaises.

L'après pose

Après les opérations de réception, toutes les installations temporaires au point d'atterrage sont démontées et le site remis en état.

5.1.2 POUR LA CANALISATION TERRESTRE

Création d'une piste de circulation et de travail...

Une piste de travail de 30 à 35 m de large est aménagée de manière à permettre le passage des engins et le montage de la conduite.

Cette largeur est réduite au strict minimum nécessaire sur le plan technique. Cela permet de réduire les impacts correspondants notamment sur les cultures et les lieux traversés.

Après le balisage de la bande de terrain, l'entrepreneur est tenu d'effectuer, le cas échéant sous le contrôle des services concernés, tous les sondages nécessaires aux repérage des ouvrages souterrains dont la présence a été signalée au cours de la consultation administrative (câbles de télécommunications, câbles électriques, canalisations diverses, etc.).

Les représentants de STATOIL et de l'entreprise de construction dressent avec le Port Autonome de Dunkerque et éventuellement, en présence des exploitants agricoles, un état des lieux initial des terrains concernés par l'ouvrage. Les états des lieux des exploitations agricoles permettent, en fin de chantier, d'assurer le règlement rapide des dommages calculés sur la base des barèmes en vigueur auprès des chambres d'agriculture en évitant ainsi tout litige. Lors de ces états des lieux, le propriétaire et/ou l'exploitant signale tous les éléments non visibles qui n'auraient pas encore été portés à la connaissance de l'entreprise tels que les drains, réseaux d'irrigation, sources, etc.

L'entreprise accède à la zone de travail par la voirie publique existante.

Les clôtures transversales sont démontées et des clôtures provisoires mises en place, si nécessaire. Les fossés et ruisseaux sont busés provisoirement pour permettre le passage des engins sans gêner l'écoulement des eaux.

Ouverture de la tranchée et assemblage de la conduite...

L'ouverture de la tranchée est précédée d'un décapage soigneux de la terre végétale qui est déposée en cordon séparé au bord de la piste.

Selon les modalités pratiques définies avec les administrations intéressées, les fouilles sont effectuées manuellement à proximité immédiate d'ouvrages souterrains (câbles de télécommunications ou électriques et conduites diverses).

D'autre part, dans les zones drainées, la reconstitution des drains est effectuée par un entrepreneur spécialisé agréé par les organismes agricoles locaux. Le bon fonctionnement des réseaux drainants remis en état est garanti. Pour tous les drainages futurs, le Maître d'Ouvrage s'engage à prendre en charge le surcoût éventuel occasionné par la présence de l'ouvrage après expertise des organismes compétents.

Remblayage et remise en état...

Le remblayage s'effectue après les opérations de contrôle de l'assemblage afin de réduire la durée du chantier. Il s'effectue avec le sol excavé précédemment en mettant la terre végétale triée en couverture pour favoriser une reprise rapide de la végétation. Après le remblayage de la tranchée, on procédera à la remise en état des terrains occupés et ensuite à un état des lieux.

L'après pose

Des inspections de la canalisation sont ensuite effectuées à intervalle régulier afin d'assurer une sécurité maximale à l'ouvrage durant sa phase d'exploitation.

5.1.3 POUR LA SECURITE ET LA SALUBRITE PUBLIQUE

Les mesures de protection générales adoptées sont soit prévues dans les Règles Techniques spécifiques applicables réglementairement aux parties maritimes et terrestres de la canalisation NORFRA ou dans les spécifications internes de STATOIL.

Les recommandations générales ci-dessous seront mises en oeuvre :

- La conformité de la composition chimique, les propriétés mécaniques et les tolérances dimensionnelles des tôles et tubes seront contrôlées et feront l'objet de certificat.
- Les tubes, vannes et accessoires seront fabriqués et fournis conformément aux Règles Techniques et aux Spécifications internes de STATOIL. Ils seront éprouvés hydrauliquement en usine sous le contrôle d'un organisme vérificateur accepté par l'Administration française.
- La fabrication des tubes sera soumise à l'application d'un plan qualité qui définira en particulier des essais destructifs et des contrôles par ultrasons et/ou rayons X des soudures.

- . La qualité du revêtement externe des tubes sera contrôlée par STATOIL en cours de fabrication, après application sur les tubes et après revêtement des soudures d'assemblage sur chantier.
- . L'assemblage par soudage des tubes sur chantier fera l'objet de procédures strictes de qualification et de contrôle des opérations de soudage : modes opératoires de soudage, qualification des soudeurs, contrôles visuels, contrôles non destructifs (rayons X et/ou ultrasons) et destructifs des soudures.
- . Les essais de qualification seront réalisés en présence d'un organisme vérificateur accepté par l'Administration française.
- . Les épreuves hydrauliques de résistance et d'étanchéité de la canalisation après sa pose et avant sa mise en service, seront réalisées en présence d'un organisme vérificateur accepté par l'Administration française.
- . La surveillance du niveau de potentiel de la protection cathodique sera surveillée trimestriellement afin de contrôler son efficacité.
- . L'isolement de la partie terrestre de la canalisation, pour des opérations de maintenance ou en cas d'accident, pourra s'effectuer à partir de l'installation de sectionnement (station d'atterrage).
- . La visite et le contrôle spécifique de l'état de fonctionnement de l'installation de sectionnement (station d'atterrage), ainsi que de l'ensemble des systèmes de sécurité spécifiques seront assurés sur cette portion de canalisation.

5.2 MESURES SPECIFIQUES

En sus des mesures générales précédemment décrites, des mesures spécifiques sont prises dans tous les domaines où des impacts ont été mis en évidence (cf. chapitre 4).

5.2.1 MESURES POUR LE PAYSAGE

La présence des installations temporaires de chantier sur la plage constitue un impact temporaire sur le paysage.

De même, la présence des ouvrages accessoires ou nécessaires à l'exploitation de la canalisation tels que la station d'atterrage en haut de plage et la gare de piston racleur située dans l'enceinte du terminal de réception constitue un impact permanent pour le paysage.

Rappelons que le terminal de réception contenant la gare de piston - racleur a fait l'objet d'une étude d'impact spécifique. L'implantation de ce terminal fait l'objet de mesures spécifiques d'intégration paysagère.

La zone dunaire sur laquelle sera construite la station d'atterrage fera l'objet de travaux paysagers visant à la conforter par un remodelage des volumes de sable déplacés pendant l'installation du chantier. Ce remodelage sera accompagné de plantations d'espèces végétales adaptées.

5.2.2 MESURES POUR L'HYDROLOGIE ET L'HYDROGEOLOGIE DES WATERINGUES

La sensibilité des écoulements en surface (hydrologie) et dans le sous-sol (hydrogéologie) des Wateringues a été souligné au chapitre 2 et des impacts locaux et temporaires identifiés au chapitre 4. Les mesures suivantes seront prises pour supprimer ces impacts.

Les watergangs traversés par la conduite seront busés avant le démarrage des travaux de façon à assurer la continuité des écoulements et éviter l'engorgement des terrains à l'amont. Ils seront ensuite remis dans leur état originel à la fin des travaux. Ces travaux d'aménagement des watergangs seront effectués préférentiellement en dehors des périodes de grandes marées où les remontées salines sont les plus importantes et en dehors des périodes de fortes pluies.

Un contrôle des mouvements de la nappe d'eau souterraine salée sera effectué en imposant un cahier des charges très strict à l'entreprise chargée des travaux. Les spécifications techniques particulières qui devront être suivies sont détaillées dans le rapport SOGREAH (1995).

On notera en particulier la recommandation d'utiliser la technique des pointes filtrantes, la limitation de la longueur de tranchée unitaire, l'obligation d'effectuer un contrôle permanent de la qualité des eaux drainées ainsi que du niveau de rabattement de la nappe dans un rayon de 500 m à partir des extrémités de la tranchée.

5.2.3 MESURES POUR LA POPULATION, L'HABITAT, L'EMPLOI

Afin de limiter l'impact vis-à-vis du village de Mardyck, le terminal de régulation/comptage a été éloigné de 1500 m vers le Sud. De ce fait, la canalisation terrestre a été rallongée d'autant.

Durant la réalisation des travaux terrestres, les niveaux sonores engendrés par les engins de travaux seront contrôlés afin d'être conformes à l'arrêté du 11 avril 1972.

5.2.4 MESURES POUR LA PECHE EN MER

Des gênes locales et temporaires ont été identifiées lors des travaux en mer pour les activités de pêche du poisson plat. Cette perturbation ne concernera, au même instant, qu'une petite fraction du tracé en raison de la technique de pose à l'avancement.

Pour réduire ces impacts, la période de travaux a été prévue de façon à ce que les travaux en mer (dragages, pose,...) ne commencent pas avant le 1er mai de façon à ne pas interférer significativement avec la pêche à la sole.

De plus, un balisage adéquat du chantier et une information régulière et détaillée auprès des pêcheurs seront effectués afin de permettre l'organisation de la pêche en fonction de l'avancée prévisionnelle des travaux et réduire, sinon supprimer, la gêne pouvant surprendre certains navires.

5.2.5 MESURES POUR LE TRAFIC MARITIME

En raison du fait que la flotte participant aux travaux en mer sera située dans des zones de trafic maritime important (Passe de l'Ouest, route des Bancs de Flandre) des mesures préventives seront mises en place dans le but d'éviter les collisions et de manière à limiter au maximum la gêne de la navigation maritime. Elles sont listées ci-dessous :

- Avant le début des travaux, le programme de dragage sera étudié avec les autorités maritimes, de manière à fournir les données nécessaires à l'établissement de la "notification aux marins".
- Un système permettant le compte rendu journalier des mouvements des bateaux impliqués dans les travaux sera mis au point en collaboration avec les autorités maritimes pour la mise à jour de la "notification aux marins".

- Toutes les barges de dragage devront arborer, de jour comme de nuit, la signalisation internationale indiquant leur emploi.
- La présence d'un navire de surveillance auprès des dragues, barges de pose et des navires d'ensouillage sera obligatoire. Ces navires seront équipés de telle sorte qu'ils puissent recevoir les instructions du Service du Trafic Maritime de Cap Gris-Nez et de la Capitainerie du Port de Dunkerque.
- Les navires de mesures devront utiliser des signaux lumineux clignotants particuliers au cours de leurs relevés.
- Tous les navires impliqués dans les travaux devront utiliser un canal VHF particulier de manière à prévenir les bateaux de plaisance ou de pêche pour ne pas qu'ils traversent les zones en cours de dragage.
- Pendant les opérations de pose et d'ensouillage se déroulant dans le chenal de la Passe de l'Ouest et le couloir de navigation du Passage des Bancs de Flandre, un pilote sera présent à bord des barges pour communiquer avec les navires à proximité et leur donner les instructions nécessaires.
- Des réunions hebdomadaires seront organisées avec les autorités maritimes pour la mise à jour des informations concernant les différents programmes de dragage, de pose, d'ensouillage et de remblai.
- Un bureau de liaison sera établi à terre par STATOIL pour lui permettre de communiquer avec tous les navires, condition requise par le plan d'intervention.

Quelques interruptions de trafic, de courte durée chacune, seront nécessaires lors de la traversée de la Passe de l'Ouest. Les autorités responsables de la navigation seront prévenues pour qu'elles organisent un déplacement du trafic par le Canal des Dunes.

Les mesures suggérées ci-dessus seront proposées pour accord des autorités maritimes françaises. Dès la réception de cet accord, une procédure écrite relative au règlement du trafic maritime sera établie et mise en oeuvre par STATOIL.

5.2.6 MESURES POUR LES PASSES ET CHENAUX DE NAVIGATION

La cote retenue pour la pose de la canalisation sous la Passe de l'Ouest permet l'approfondissement et l'élargissement de ce chenal de navigation conformément aux prescriptions du Port de Dunkerque.

L'emploi de la technique du microtunnelier pour le franchissement du canal des Dunes permet de ne pas interrompre le trafic maritime sur le canal pendant toute la durée des travaux.

De plus, des précautions seront prises de manière à éviter l'immersion de déblais de dragage dans le passage des Bancs de Flandre afin de ne pas gêner la navigation.

5.2.7 MESURES POUR LA SECURITE ET LA SALUBRITE PUBLIQUE

Une étude de sécurité demandée par les Autorités françaises a été effectuée par STATOIL conformément à la réglementation existante. Elle précise l'ensemble des mesures pour la sécurité et la salubrité publique pendant la phase de construction et pendant la phase d'exploitation. Le résumé de cette étude figure dans le paragraphe 4.6.

L'ensemble des mesures spécifiques de protection sont décrites ci-dessous en relation avec la thématique abordée.

a. Pour la partie maritime de l'ouvrage

Dans le domaine de la conception :

- . Les risques de mouvements du fond marin sont pris en compte lors du calcul de la profondeur définitive d'ensouillage de la canalisation NORFRA dans les eaux territoriales françaises, de façon à éviter son découverture au cours de l'exploitation.
- . La canalisation NORFRA sera ensouillée sur l'ensemble de la section offshore située dans les eaux territoriales françaises. De la zone Sud du chenal de la Passe de l'Ouest jusqu'à la côte, elle sera enterrée sous une couverture minimale de 1 mètre.
- . Dans les eaux territoriales françaises, la canalisation sera enrobée d'un revêtement continu de béton de manière à assurer sa stabilité, protéger son revêtement anti-corrosion et assurer une protection mécanique.

Dans le domaine de la construction :

- . Une étude sur la présence éventuelle de mines ou de munitions le long du tracé de la canalisation dans les eaux territoriales françaises a été effectuée et présentée à la Marine Nationale française, qui procédera, pour le compte de STATOIL, à un prédéminage avant le début des travaux. Un plan de sécurité et d'intervention dans les eaux territoriales françaises sera établi par STATOIL avant le démarrage des travaux.

- Des navires seront affectés spécifiquement à la surveillance du trafic maritime pour maintenir ce dernier à une distance de sécurité suffisante des navires de pose ou de dragage, lors de la traversée des chenaux de navigation ou des zones à forte activité maritime. Ces navires auront pour mission d'avertir tous les bateaux à proximité de la zone des travaux, réduisant ainsi les risques de collision.
- Un système de gestion de la sécurité sera mis en oeuvre pour tous les navires participant à la construction de la canalisation, de façon à minimiser les risques d'accidents maritimes et les retards éventuels des travaux.

Ce système de gestion comprendra :

- une base logistique de gestion de la flotte,
 - un programme d'information du personnel,
 - un système de communication pour l'information des navires,
 - une définition précise des responsabilités,
 - un plan de sécurité et d'intervention.
- Avant et pendant les opérations de construction de la canalisation, les navires entrant dans la zone d'activités seront informés par la publication d'un avis aux marins, en général émis par les autorités nationales, la radio, les circulaires d'information, etc. Des signaux et bouées d'avertissement compléteront le système de signalisation des travaux.
 - Pendant toute la durée des travaux, des procédures strictes de sécurité, déjà utilisées pour d'autres projets par STATOIL, seront respectées. Ces procédures intégreront également l'inspection régulière des câbles et du matériel de manière à assurer un service sûr et adapté.
 - Un matelas de protection, en bois par exemple, sera mis en place sur le pont de la barge de pose, afin de protéger ce dernier en cas de chute éventuelle de tubes sur le pont.

Dans le domaine de la maintenance :

- Des inspections fréquentes de la canalisation seront effectuées afin de vérifier sa stabilité et sa position dans les zones susceptibles de mouvements du fond marin. En cas de découverte, des mesures de protection seront mises en oeuvre, comme une plus grande profondeur d'ensouillage, un remblai de gravier et/ou l'installation de divers types de matelas de protection.

b. Pour la partie terrestre de l'ouvrage

Dans le domaine de la conception :

Station d'atterrage

- . L'ouvrage comprendra deux robinets en série. Le premier robinet assurera la fonction principale de robinet de barrage, le second assurant une redondance du premier, en cas de défaillance de l'étanchéité de celui-ci. Les deux robinets seront de technologies différentes, l'un étant de type robinet à guillotine, l'autre à boisseau sphérique.
- . Le robinet principal de l'ouvrage sera manoeuvrable à distance depuis la salle de contrôle du terminal de régulation/comptage.
- . L'installation de sectionnement (station d'atterrage) sera clôturée en limite du terrain qui lui est alloué ; elle sera équipée d'un système de télésurveillance.

Gare de Piston Râcleur

- . Le robinet d'entrée du terminal, correspondant à l'arrivée de la canalisation NORFRA, sera manoeuvrable à distance depuis la salle de contrôle.

Canalisation

- . La partie terrestre de la canalisation est dimensionnée avec un coefficient de contrainte particulièrement faible (0,6), ce qui correspond à un facteur de sécurité de 1,7. Il en résulte une épaisseur d'acier des tubes importante de 30,3 mm.
- . La canalisation sera enterrée avec 1 m de couverture minimum, qui sera augmentée sensiblement aux croisements d'autres ouvrages souterrains. Un grillage plastique avertisseur sera mis en place, de couleur jaune spécifique aux ouvrages véhiculant du gaz.
- . Le repérage de surface de la canalisation (bornes, balises) sera particulièrement soigné, mentionnant en particulier le numéro téléphonique d'alerte.
- . La galerie technique entre COPENOR et STOCKNORD sera croisée en passage inférieur, une distance de 1 m sera respectée entre les deux ouvrages.
- . Des protections mécaniques (dalles en béton) seront mises en place de part et d'autre du croisement de la canalisation de propylène.

- . Des protections mécaniques (dalles en béton) seront mises en place au Sud-Est du site de COPENOR.

Dans le domaine de la maintenance :

Station d'atterrage

- . L'ouvrage sera contrôlé une fois par semaine à minima.
- . La maintenance préventive des robinets sera réalisée à intervalle régulier pour vérifier leur bon fonctionnement ainsi que celui du système de manoeuvre à distance.

Canalisation

- . La surveillance pédestre du tracé de la canalisation sera effectuée tous les mois, complétée par une surveillance automobile à une fréquence hebdomadaire à minima.
- . La gestion des travaux de tiers sera coordonnée en étroite collaboration avec les services du Port Autonome de Dunkerque et en harmonie avec le décret du 14 octobre 1991 et l'arrêté du 16 novembre 1994.
- . En cas de travaux effectués par des tiers, une bande de terrain sera déterminée, dépendant de la nature des travaux, à l'intérieur de laquelle les travaux préalablement autorisés par STATOIL se feront en présence d'un représentant de cet opérateur.
- . Des "mesures intensives de potentiel" seront effectuées annuellement en complément des mesures de potentiel de l'acier des tubes trimestrielles. Ces mesures de surface spécifiques permettent de contrôler avec une excellente précision l'intégrité du revêtement et de déceler ainsi d'éventuelles agressions des tubes.
- . Les informations transmises à la salle de contrôle du terminal de régulation/comptage (pression, débit, alarmes) seront acheminées en temps réel et à distance au centre de contrôle de Zeebrugge, permettant ainsi une surveillance permanente de la canalisation.

En complément de ces mesures spécifiques, des "pistons instrumentés", permettant le contrôle de l'intégrité des tubes, seront mis en oeuvre suivant les inspections imposées par la partie sous-marine de la canalisation. Ces pistons sont de deux types :

- Les pistons permettant de déterminer les déformations géométriques des tubes, utilisés à la mise en service de la canalisation.
- Les pistons mesureurs de l'épaisseur des tubes, permettant de détecter des défauts au-delà d'un certain seuil. Ce type de piston sera utilisé une fois dans les quatre années qui suivront la mise en service de la canalisation.

L'ensemble de ces mesures de protection permet d'assurer un haut niveau de sécurité de la canalisation NORFRA non seulement à l'instant initial de sa mise en service, mais aussi à travers des mesures particulières permettant de contrôler la fiabilité des équipements, d'en assurer la pérennité pour toute la durée de vie de l'ouvrage.

5.3 ESTIMATION DU COUT DES MESURES SPECIFIQUES

Les mesures de réduction ou de suppression des impacts qui sont envisagées dans le cadre du projet NORFRA sont de deux types : des mesures générales qui sont appliquées systématiquement par STATOIL pour ce type de projet et des mesures spécifiques où des impacts résiduels inhérents au présent tracé ont été mis en évidence.

a. Coût des mesures générales

La prise en compte systématique par STATOIL des aspects environnementaux et de sécurité à tous les niveaux de conception et de la réalisation d'un projet ne permet pas d'isoler le coût des mesures générales qui relèvent des standards de la société STATOIL.

b. Coût des mesures spécifiques

Le coût estimé des mesures spécifiques telles que décrites au paragraphe 5.2 est le suivant :

Partie terrestre de la canalisation	14 000 000 F
dont : <ul style="list-style-type: none">. la surlongueur pour limiter l'impact vis-à-vis du village de Mardyck. la protection des waterings. les protections mécaniques. le remodelage de la zone dunaire sur laquelle sera construite la station d'atterrage. les mesures d'intégration paysagère des installations annexes	
Partie maritime de la canalisation	26 000 000 F
dont: <ul style="list-style-type: none">. mesures pour le trafic maritime et la pêche. la cote retenue sous la Passe de l'Ouest, l'emploi de la technique du microtunnelier pour le franchissement du Canal des Dunes	
Coût total	40 000 000 F
Pourcentage par rapport au coût global de la canalisation concernée par cette étude	5 %

oOo

Chapitre 6

METHODE D'EVALUATION DES IMPACTS

6.1 METHODOLOGIE SUIVIE

La méthode utilisée pour le présent projet a consisté à prendre en compte, dès la phase préliminaire de conception, les aspects environnementaux et de sécurité afin de guider et d'orienter le choix du tracé de la canalisation, les méthodes de construction et le planning des travaux.

Pour cela, un fuseau d'étude est d'abord délimité à l'intérieur duquel un état initial est réalisé.

Dans un second temps, les contraintes environnementales majeures et les contraintes technico-économiques sont confrontées afin de choisir un tracé de moindre impact.

Le tracé retenu fait alors l'objet d'une évaluation détaillée du point de vue environnemental afin d'en préciser les impacts. L'analyse de ces impacts conduit ensuite à intégrer dans le projet des mesures pour les réduire ou les supprimer.

Le découpage et la démarche suivis pour la réalisation de ce dossier sont conformes aux lois et décrets concernés :

- . Pour l'étude d'impact : loi n° 76-629 du 10 juillet 1976, décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977, décret n° 93-245 du 25 février 1993, circulaire n° 93-73 du 27 septembre 1993.
- . Pour la protection des eaux : loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau, décrets n° 93-742 et n° 93-743 du 29 mars 1993.
- . Pour l'immersion des déblais de dragage : loi n° 76-599 du 7 juillet 1976, décret n° 82-842 du 29 septembre 1982.

Dans ce contexte, l'étude a été articulée en sept chapitres :

1. Introduction.
2. Etat initial du milieu.
3. Choix et justification du tracé de moindre impact.
4. Analyse des impacts du projet.
5. Mesures envisagées pour réduire ou supprimer les impacts du projet.
6. Méthodes d'évaluation des impacts.
7. Résumé non technique.

6.1.1 DELIMITATION D'UN FUSEAU D'ETUDE

Préalablement au démarrage de l'étude, un fuseau d'étude pour le projet global a été défini afin de limiter la zone d'investigation.

Les limites du fuseau doivent inclure toutes les possibilités de tracés satisfaisantes au plan de l'environnement, tout en restant techniquement et économiquement acceptables. Le fuseau permet en outre de relier le plus directement possible les deux extrémités constituées par la zone d'atterrage possible de la canalisation sous-marine et le site du stockage souterrain de Gournay-sur-Aronde.

Après un premier examen d'un fuseau d'étude théorique, les frontières évidentes sont recherchées : naturelles (cours d'eau), artificielles (infrastructures routières, zones industrielles, secteurs urbains) ou administratives, elles permettent d'affiner les limites du fuseau d'étude.

Le fuseau d'étude de la canalisation NORFRA s'est ensuite déduit naturellement du fuseau d'étude du projet global en reprenant la partie marine du fuseau ainsi que la partie terrestre côtière.

6.1.2 ETUDE ET ANALYSE DE L'ETAT INITIAL

L'étude de l'état initial est effectuée à l'intérieur du fuseau d'étude déterminé précédemment. Les critères d'analyse ou indicateurs de sensibilité sont choisis non seulement en rapport avec l'ouvrage, mais aussi en rapport avec la physionomie générale de la zone d'étude. L'étude a été structurée autour de quatre grands thèmes :

- . le milieu physique,
- . l'écologie marine,
- . l'écologie terrestre,
- . le milieu humain et socio-économique.

Une collecte d'informations portant sur l'ensemble de ces thèmes a d'abord été réalisée. A cette fin, ont été contactés, dans les départements concernés par le projet (Nord, Pas-de-Calais), les services et administrations suivants (liste non exhaustive) :

- . Conseils Généraux.
- . Direction Régionale de l'Environnement.
- . Direction régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.
- . AREMEDEC - Surveillance de la qualité de l'Air sur le littoral Calais-Dunkerque.
- . Directions Départementales de l'Équipement.
- . Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales.
- . Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt.
- . Port Autonome de Dunkerque.
- . Mairie de Dunkerque.
- . AGUR - Agence d'Urbanisme et de Développement de la Région Flandre-Dunkerque.
- . Conservatoire du littoral et des rivages lacustres.
- . Service de la Navigation.
- . Direction Régionale des Affaires Maritimes.
- . Direction Départementale des Affaires Maritimes.
- . Préfecture Maritime.
- . Port de Gravelines.
- . Service Maritime de Boulogne-Calais.
- . Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.
- . Chambres de Commerce et de l'Industrie de Calais et Dunkerque.
- . Météorologie Nationale.

- . Université de Lille.
- . Direction Régionale des Affaires Culturelles.
- . Service Départemental de l'Architecture.
- . IFREMER.
- . Groupe Ornithologique Nord - Section Flandre Maritime.
- . Armée.

Ces informations ont été affinées par un travail de terrain et de reconnaissance in situ par un travail de synthèse bibliographique de documents recueillis.

La flore et la faune constituent un critère de sensibilité importante par rapport à la traversée d'une canalisation. L'insertion dans le milieu naturel est donc un critère de premier plan.

Les informations recueillies sont ensuite reportées sur des schémas et/ou cartes thématiques faisant apparaître des zones plus ou moins sensibles au projet. La synthèse des contraintes est faite par addition ou prise en compte de l'importance relative de chaque critère par rapport aux impacts d'un gazoduc. Ainsi, les zones très sensibles sont déterminées soit par la présence d'une contrainte importante (milieu naturel), soit par la présence simultanée de plusieurs contraintes moindres. Des critères majeurs pour le projet sont ainsi définis. Ils serviront à comparer les différentes alternatives du tracé.

6.1.3 CHOIX ET JUSTIFICATION DU TRACÉ DE MOINDRE IMPACT

La confrontation des informations recueillies au cours de l'état initial avec les contraintes technico-économiques du projet aboutit à la définition de plusieurs variantes de tracé possibles. L'impact de chaque variante est alors déterminé au regard des contraintes environnementales majeures en procédant si nécessaire à des études spécifiques complémentaires. Une large concertation avec l'ensemble des propriétaires et gestionnaires des zones traversées par ces variantes est également effectuée à ce stade pour mieux affiner les conclusions de l'analyse. La synthèse des conclusions sur chaque tracé aboutit à un choix qui représente le tracé de moindre impact.

6.1.4 ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET POUR LE TRACE RETENU

Une évaluation détaillée et exhaustive de l'ensemble des impacts induits par le tracé retenu s'effectue méthodiquement dans cette phase d'étude. Des reconnaissances et des études complémentaires sur certains thèmes sensibles sont alors effectuées pour compléter l'état initial général précédemment effectué. Cette évaluation inclut non seulement le tracé du gazoduc mais également les méthodes de construction et le planning des travaux. Un tableau de synthèse est finalement établi. Il permet de visualiser facilement les conclusions du travail effectué en distinguant les impacts temporaires liés à la construction et les impacts permanents en phase d'exploitation de l'ouvrage.

6.1.5 MESURES ENVISAGEES POUR REDUIRE OU SUPPRIMER LES IMPACTS DU PROJET

L'évaluation précédente met généralement en évidence des impacts négatifs du projet susceptibles de conduire à certains dommages malgré tout le soin apporté à la conception du projet. Ceux-ci, bien que généralement réduits, sont pris en compte pour définir des mesures générales et spécifiques visant à les réduire, voire à la supprimer. Ces mesures sont définies généralement après concertation avec les propriétaires, gestionnaires et autorités concernés. Un coût estimatif des mesures spécifiques a également été établi.

6.2 ANALYSES THEMATIQUES

Les méthodologies utilisées pour procéder au travail décrit précédemment sont explicitées ci-après. Un accent particulier a été mis sur les études spécifiques qui ont été effectuées sur certains points sensibles. Ces analyses thématiques sont regroupées autour des quatre grands thèmes retenus pour l'exposé de ce travail, à savoir le milieu physique, l'écologie marine, l'écologie terrestre et le milieu humain et socio-économique.

L'expérience de STATOIL et des autres compagnies norvégiennes pendant la construction et l'exploitation d'ouvrages similaires déjà réalisés a contribué également à ces analyses.

6.2.1 MILIEU PHYSIQUE

Une première phase a consisté à collecter l'ensemble des informations disponibles sur le milieu physique (géologie, paysage, climat, hydrologie et hydrogéologie des waterings, hydrologie marine, sédimentologie et morphodynamique, qualité des eaux marines et de l'air) entre Calais et Dunkerque. Une synthèse bibliographique a donc ainsi été effectuée, permettant de constituer l'état initial.

Les informations ainsi recueillies ont été complétées pour mieux apprécier l'impact du projet sur l'environnement par :

- . des reconnaissances in situ sur le tracé de moindre impact,
- . des études spécifiques.

Ces études spécifiques sont au nombre de deux :

Hydrologie et hydrogéologie des waterings

Afin de minimiser l'impact de la canalisation sur l'hydrologie et l'hydrogéologie des waterings, une étude spécifique effectuée par SOGREAH (1995) a permis de rédiger un cahier des charges à l'usage des entreprises de pose donnant les précautions à prendre.

Ces prescriptions sont déduites d'une importante campagne de terrain incluant la réalisation de sondages semi-destructifs, de mesures de conductivité et d'analyses granulométriques le long du tracé de moindre impact.

Sédimentologie marine et morphodynamique

La collecte des données de base a permis de recenser deux travaux scientifiques importants sur le fuseau d'étude : la thèse de doctorat de Vicaire (1991) et le mémoire de Corbau (1991). De plus, les études approfondies du Laboratoire National d'Hydraulique concernant l'extension de l'avant-port Ouest de Dunkerque et le site de protection nucléaire de Gravelines ont été reprises et actualisées par ce même laboratoire afin de préciser les évolutions futures, probables des fonds marins sur le fuseau d'étude (LNH, 1996). Toutes ces études reposent sur une analyse historique des levées bathymétriques disponibles depuis plus d'un siècle ainsi que sur une analyse du transport des sédiments par la houle et les courants. De plus, la nature des sédiments à draguer le long des différentes routes a fait l'objet d'une campagne de reconnaissance géophysique (Geoconsult, 1994) complétée par une campagne géotechnique le long du tracé retenu (FUGRO, 1995).

6.2.2 ECOLOGIE MARINE

La Station Marine de Wimereux suit depuis plus de 20 ans cette partie française de la mer du Nord.

Une large synthèse bibliographique sur l'ensemble du fuseau d'étude a d'abord été effectuée en première phase pour recenser les espèces benthiques sur l'estran et les fonds marins (Station Marine de Wimereux, 1994). Puis des mesures in situ avec prises d'échantillons ont été effectuées sur l'estran et les fonds marins le long des différentes alternatives du tracé de la conduite (Station de Wimereux, 1995). Ces mesures ont servi à aider au choix du tracé de moindre impact. L'impact du projet a pu être estimé et quantifié à partir de ces résultats de mesures.

Le milieu pélagique a fait l'objet d'investigations similaires par le même centre de recherches (cf. rapports cités).

6.2.3 ECOLOGIE TERRESTRE

Un inventaire complet des sites naturels inscrits et protégés (ZNIEFF et réserves naturelles) a d'abord été effectué.

Une synthèse bibliographique sur l'ensemble du fuseau d'étude a ensuite permis de caractériser l'écologie de la zone terrestre.

Une fois le tracé de moindre impact défini, une rencontre avec des ornithologues (Groupe Ornithologique Nord) et écologues (Conseil Général) a permis de préciser la végétation et l'avifaune présentes sur cette zone (milieux dunaires et waterings) et donc évaluer précisément les impacts.

6.2.4 CONTEXTE HUMAIN ET SOCIO-ECONOMIQUE

Dans un premier temps, l'ensemble des informations disponibles sur le contexte humain et socio-économique a été recueilli sur l'ensemble du fuseau d'étude. Une synthèse bibliographique a donc permis de constituer l'état initial.

Les informations ainsi recueillies ont ensuite été complétées pour mieux apprécier l'impact du projet sur l'environnement :

- par des investigations complémentaires sur le tracé de moindre impact permettant de préciser l'agriculture, les activités portuaires et maritimes, les infrastructures, les réseaux, les servitudes et documents d'urbanisme,

- . par les comptes rendus de réunions publiques et administratives avec les habitants ou les représentants politico-économiques de certaines des communes concernées auxquelles STATOIL a été amené à participer,
- . par des études spécifiques.

Ces études spécifiques sont au nombre de deux :

Pêche en mer

Un recensement complet des navires de pêche, de leur lieu de travail et des périodes les plus propices pour les différents types de pêche a été effectué par l'IFREMER (1995) sur l'ensemble de la zone intéressée par le tracé. La confrontation de ces données avec le planning prévisionnel des travaux a permis de cerner les impacts possibles de la pose de la conduite sur les activités de pêche, en concertation avec les Affaires Maritimes et les pêcheurs.

L'impact de la présence de la conduite sur le fond marin sur le chalutage a fait l'objet d'une enquête européenne en mer du Nord (RSK Environment, 1992) sur les dommages causés aux chaluts par les conduites existantes. Enfin, des tests spécifiques ont été effectués en nature (Valdemarsen, 1993 et Lange, 1995). Ces différentes études ont permis d'apprécier précisément les impacts éventuels de la conduite sur les chaluts de pêche.

Sécurité

Une étude de sécurité, demandée par les autorités françaises a été effectuée par STATOIL afin d'apprécier le risque d'interactions de la canalisation NORFRA vis-à-vis des installations industrielles situées à proximité et des habitants du village de Mardyck. Son but est d'apprécier l'acceptation du niveau de risques associés à la construction et à l'exploitation du gazoduc.

6.3 LIMITES DES METHODES D'ANALYSE

Les difficultés rencontrées lors de l'évaluation du projet sur l'environnement sont principalement liées à l'étendue du fuseau d'étude et à la linéarité de l'ouvrage.

Le tracé de la canalisation NORFRA objet de cette étude, d'une longueur d'environ 30 kilomètres en domaine marin et 3,7 km en milieu terrestre rencontre des milieux physiques naturels très diversifiés. Les imprécisions pouvant résulter de ces milieux diversifiés ont rendu nécessaire des études spécifiques.

Cependant, la masse d'informations recueillies couvre de façon largement satisfaisante l'ensemble des critères environnementaux sur la totalité du fuseau d'étude permettant ainsi de définir le tracé de moindre impact avec une grande certitude. De même, l'évaluation des impacts pour le tracé retenu a pu être effectuée de manière précise.

oOo

Chapitre 7

RESUME NON TECHNIQUE

1 PRESENTATION DU PROJET GLOBAL

DES BESOINS CROISSANTS

Depuis près de 20 ans, la Norvège fournit du gaz naturel à la France. Ce gaz est d'abord transporté par gazoduc sous-marin jusqu'à des points d'atterrage en Allemagne et en Belgique, puis par gazoducs terrestres jusqu'aux frontières françaises. Les achats croissants de GAZ de FRANCE en gaz norvégien et la nécessité d'augmenter le réseau norvégien de transport de gaz ont résulté en un projet de nouveau gazoduc reliant directement les champs gaziers norvégiens de la mer du Nord et le réseau français de gaz naturel.

Pour les compagnies norvégiennes, le choix d'un atterrage en France offre un troisième point de livraison au continent en plus de ceux existants en Allemagne et en Belgique, qui permettra de livrer 14 milliards de m³ de gaz naturel par an dès 1998, soit environ 35 % des besoins de la France à l'horizon 2005.

Pour GAZ de FRANCE, l'atterrage du gazoduc NORFRA en France permet:

- . de donner à la France un accès direct aux ressources d'un de ses plus gros fournisseurs,
- . d'augmenter la sécurité des approvisionnements du marché français.

LE PROJET GLOBAL CONSISTE EN :

- . Une modification de la plate-forme Draupner E, déjà existante, sur le plateau continental norvégien.
- . **Une canalisation sous-marine et terrestre de diamètre interne nominal de 1016 mm et d'environ 840 kilomètres de long, dénommée canalisation NORFRA**, partant de la plate-forme Draupner E, atterrissant dans l'enceinte du Port Autonome de Dunkerque et aboutissant à un terminal de régulation/comptage. Une trentaine de kilomètres de cette canalisation sont situés dans les eaux françaises ainsi que quatre kilomètres pour sa partie finale terrestre.
- . Un terminal de régulation/comptage du gaz, situé sur la commune de Loon-Plage, près du point d'atterrissage.
- . Une station d'odorisation à proximité immédiate du terminal de régulation/comptage.
- . Une canalisation d'interconnexion de diamètre nominal 1100 mm, d'environ 185 kilomètres de long, entre le terminal de régulation/comptage et le réseau existant de GAZ de FRANCE.
- . Une station d'interconnexion à proximité du stockage de Gournay-sur-Aronde situé à 15 kilomètres au Nord-Ouest de Compiègne.

Pour le terminal de régulation/comptage, la compagnie norvégienne, Den norske stats oljeselskap, STATOIL, agissant pour le compte d'une co-entreprise franco-norvégienne DTDA, propriétaire de cet ouvrage, a déposé en décembre 1995, une demande d'autorisation d'exploitation d'installation classée.

Pour la canalisation et la station d'interconnexion situées en aval du terminal de réception/comptage, GAZ de FRANCE, propriétaire desdits ouvrages, a déposé en juillet 1995 le dossier administratif de demande de concession de transport à l'Administration française conformément à la réglementation en vigueur.

Pour la station d'odorisation, GAZ de FRANCE, propriétaire de l'ouvrage, déposera ultérieurement une demande d'autorisation d'exploitation d'installation classée.

Pour la canalisation sous-marine et terrestre, jusqu'au terminal de régulation/comptage, la co-entreprise norvégienne NORFRA, propriétaire de cet ouvrage et emmenée par STATOIL pour construire et exploiter cette canalisation, présente:

- . un dossier d'approbation du projet ainsi qu'une demande de permis d'immersion des déblais de dragage, toutes deux soumises à enquête publique,
- . une demande d'autorisation d'occupation temporaire du domaine public maritime,

- . une demande d'autorisation temporaire de dragage,

Ces trois demandes font l'objet de la présente étude d'impact.

Cependant, et conformément à la réglementation en vigueur, cette étude d'impact décrit et justifie également les raisons ayant abouti au choix du tracé de moindre impact pour l'ensemble des ouvrages projetés sur le territoire français y compris le terminal de régulation/comptage et la canalisation d'interconnexion.

La mise en service de ces ouvrages est prévu durant l'année 1998.

L'ETUDE D'IMPACT DE LA CANALISATION NORFRA

Le contenu de cette étude d'impact comporte les 6 chapitres principaux suivants:

- . "Etat initial du milieu": ce chapitre permet de faire l'inventaire des contraintes existantes sur l'ensemble des zones étudiées. Elles concernent à la fois le milieu physique, l'écologie marine, l'écologie terrestre, et le milieu humain et socio-économique.
- . "Choix et justification du tracé": ce chapitre explique le choix du tracé retenu et les raisons de ce choix à travers l'analyse des impacts de chaque variante de tracé possible.
- . "Analyse des impacts": ce chapitre doit décrire quels sont les impacts du projet pour le tracé retenu.
- . "Mesures envisagées pour réduire ou supprimer les impacts du projet": ce chapitre décrit de quelle façon on réduira au maximum les impacts causés par le projet.
- . "Méthode d'évaluation des impacts": ce chapitre décrit les méthodes utilisées pour inventorier les impacts du projet.
- . "Résumé non technique": un résumé écrit de façon claire et simplifiée, permet la compréhension de l'étude complète par le grand public.

La méthodologie suivie pour réaliser cette étude peut être décomposée en phases successives:

- . analyse des contraintes majeures en vue de définir un fuseau d'étude pour le projet global et pour la canalisation NORFRA,
- . analyse de l'état initial et des contraintes particulières dans le fuseau d'étude retenu afin d'orienter la recherche du tracé,
- . mise en évidence de trois points de passage obligé,

- . sélection de trois sites d'atterrage et de trois tracés possibles,
- . choix d'un site d'atterrage et d'un tracé de moindre impact,
- . évaluation des impacts résiduels et détermination des mesures pour les réduire ou les supprimer.

2 UNE ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DANS UN FUSEAU D'ETUDE...

DELIMITATION D'UN FUSEAU D'ETUDE

Préalablement au démarrage de l'étude, un fuseau d'étude pour le projet global a été défini afin de limiter la zone d'investigation. Les limites du fuseau doivent inclure toutes les possibilités de tracés satisfaisantes au plan de l'environnement, tout en restant techniquement et économiquement acceptables. Le fuseau doit permettre en outre de relier le plus directement possible les deux extrémités constituées par le point d'arrivée de la section offshore de la canalisation sous-marine en France et le site du stockage souterrain de Gournay-sur-Aronde.

Cette définition des contours du fuseau a été établie à partir d'une analyse multicritère générale des contraintes régionales résumées ci-après :

- . éviter les traversées des zones urbanisées de Calais, Dunkerque ainsi que la zone située entre Dunkerque et la frontière belge,
- . tenir compte de la présence des parcs naturels régionaux,
- . ne pas inclure dans le fuseau les agglomérations importantes quand elles ne sont pas situées dans son axe,
- . permettre un franchissement de la Somme en ne générant qu'un minimum d'impact.

Ce fuseau, orienté Nord-Sud, est réparti sur les 4 départements du Nord, du Pas-de-Calais, de la Somme et de l'Oise ; il a une longueur de 170 kilomètres, sur 35 kilomètres de large au maximum.

Il est limité au Nord par le littoral de la mer du Nord, au Sud par le stockage de Gournay-sur-Aronde, à l'Ouest successivement par la ville de Calais, le Parc Régional du Boulonnais, puis les Villes de Hesdin et d'Amiens ; enfin, à l'Est on trouve successivement l'agglomération de Dunkerque, la frontière belge, l'autoroute A25 Lille-Dunkerque, les Monts des Flandres, les agglomérations de Bruay-la-Buissière et

Béthune et l'autoroute A1 Paris-Lille.

Le fuseau d'étude de la canalisation NORFRA s'est ensuite déduit naturellement du fuseau d'étude du projet global en reprenant la partie marine du fuseau ainsi que la partie terrestre côtière.

ETAT INITIAL DANS LE FUSEAU D'ETUDE

L'étude de l'état initial est effectuée à l'intérieur du fuseau d'étude déterminé précédemment. Les critères d'analyse ou indicateurs de sensibilité sont choisis non seulement en rapport avec l'ouvrage, mais aussi en rapport avec la physionomie générale de la zone d'étude. L'étude a été structurée autour de quatre grands thèmes :

- . le milieu physique,
- . l'écologie marine,
- . l'écologie terrestre,
- . le milieu humain et socio-économique.

Le milieu physique

Le fuseau d'étude inclut :

- . les fonds marins caractérisés par des bancs de sables importants appelés aussi ridens,
- . un littoral généralement bordé de dunes sur lequel débouche le fleuve Aa. La centrale nucléaire de Gravelines et le port de Dunkerque sont également des implantations majeures sur ce littoral ainsi que les villes de Dunkerque et Grand-Fort-Philippe,
- . la zone des Wateringues s'étend tout au long du fuseau terrestre de l'étude. Elle comprend des zones rurales des zones urbaines (Marck, Oye-Plage, Gravelines, Mardyck, Loon-Plage) ainsi que les sites industriels de Dunkerque, Gravelines et Loon-Plage.

Les wateringues se caractérisent par une hydrologie et une hydrogéologie complexes caractéristique des polders. Un drainage est assuré par un réseau ancien de petits canaux (watergangs) et le sous-sol comprend une nappe d'eau douce qui surmonte une nappe d'eau salée d'origine marine.

Le milieu physique marin se caractérise par un fort hydrodynamisme (courants, agitation, marée) susceptible de transporter les sédiments essentiellement sableux qui tapissent les fonds ainsi que les vases comprenant les particules d'argiles très fixes.

Cela a pour conséquence de faire évoluer les bancs de sable qui restent cependant globalement stables à l'échelle régionale et de transporter les vases dans les zones abritées (bassins portuaires,...) ou elles peuvent se déposer. Cela provoque également des évolutions du trait de côte qui est plutôt en avancée dans la zone d'étude.

La qualité des eaux marines est très dépendante des apports directs à la côte (estuaire de l'Aa, ports de Dunkerque et Calais,...) et des apports diffus en mer (immersion des rejets de dragage du port de Dunkerque) ainsi que du fort hydrodynamisme qui déplace et diffuse ces apports de pollutions.

Les micropolluants (métaux lourds) se fixent préférentiellement sur les particules d'argile qui constituent les vases et se retrouvent donc en grande majorité dans les dépôts observés dans les bassins portuaires du port de Dunkerque.

La maintenance des bassins, assurée par le Port de Dunkerque par dragage, transfère ces micropolluants sur les sites d'immersion où ils peuvent être repris par les courants.

La qualité de l'air tend à s'améliorer sur la zone d'étude. Les niveaux en polluants gazeux sont actuellement inférieurs aux limites européennes. Une diminution sensible de la pollution par les poussières en suspension s'observe également.

L'écologie marine

La Station Marine de Vimereux suit depuis plus de 20 ans cette partie française de la mer du Nord.

Sur l'estran, on observe que les peuplements des animaux marins varient relativement peu dans leur globalité sur l'ensemble de la zone d'étude. Ils restent également stables au cours du temps. Les espèces principales que l'on y rencontre sont toutes communes et aucune zone abritant des espèces rares n'a été recensée.

Sur les fonds marins, la faune s'organise également en peuplements selon la nature locale des fonds. C'est ainsi que l'on rencontre principalement :

- . le peuplement des cailloutis entre les bancs de Ruytingen et du Dyck à l'Ouest de la zone d'étude,
- . puis le peuplement de sables propres sur les bancs de sable,
- . enfin, le peuplement des sables fins envasés près de la côte.

Aucune zone particulière abritant des espèces rares n'a été recensée.

La zone d'étude présente également une grande variété de poissons et une attention particulière a été portée aux frayères sur les fonds marins qui sont les lieux de reproduction ainsi qu'aux nourriceries de poissons plats présentés dans les eaux côtières.

L'écologie terrestre

Deux principaux types d'écosystème terrestre sont présents dans le fuseau d'étude à savoir les massifs dunaires et les wateringues.

Tous les massifs dunaires principaux sont présents dans le fuseau d'étude et classés en zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique. Il s'agit de la Dune du Fort Vert, du platier d'Oye qui inclut également une réserve naturelle, et de la Dune du Clipon.

Les Wateringues ont une vocation agricole et ne présentent pas de site naturel remarquable.

Les oiseaux sont présents sur l'ensemble du fuseau d'étude et chaque milieu (mer, estran, dune,...) est fréquenté par des espèces particulièrement adaptées à ce milieu.

Le contexte humain et socio-économique

L'activité humaine est particulièrement intense dans le fuseau d'étude aussi bien dans sa partie terrestre que maritime et un recensement des zones urbaines et d'activités a été effectué.

A terre, l'activité portuaire liée au port de Dunkerque, troisième port français par le trafic global soutient un puissant espace industriel qui constitue un pôle économique majeur du fuseau d'étude.

L'agriculture est présente dans les wateringues et on note également la présence de cultures marines sur l'estran entre Calais et Grand-Fort-Philippe.

La navigation en mer est très importante dans le détroit du Pas-de-Calais (700 bateaux/jour) mais également dans les chenaux d'accès au port de Dunkerque.

La pêche en mer concerne principalement les flottes artisanales de Dunkerque, Grand-Fort-Philippe et Calais mais aussi, dans une moindre mesure, celles de Boulogne qui pratiquent la pêche côtière et la petite pêche. Elle couvre l'ensemble du fuseau d'étude avec des pics de production en mars-avril et septembre à novembre. Les poissons plats représentent la source de revenu dominante pour les pêcheurs.

Enfin, l'ensemble des infrastructures et réseaux existants a fait l'objet d'un recensement précis aussi bien à terre qu'en mer ainsi que les contraintes liées aux plans d'occupation des sols des communes, aux schémas directeurs régionaux et à l'occupation du domaine public maritime.

3 ... CONDUIT A CHOISIR ET A JUSTIFIER UN TRACE DE MOINDRE IMPACT

CRITERES AYANT ORIENTE LE CHOIX DU TRACE

Des critères majeurs d'environnement et de sécurité ainsi que des critères technico-économiques ont été utilisés dans l'analyse.

Les principaux critères environnementaux concernent la morphologie et la nature des fonds marins et de la côte où l'on privilégiera :

- . un atterrage éloigné des fonds marins sur lesquels la vie animale est riche et diversifiée,
- . un tracé qui réduit les volumes de dragage et évite autant que possible les zones de dépôt de vase.
- . un atterrage où l'estran et le massif dunaire sont étroits,

Concernant le milieu humain et socio-économique, un tracé maritime réduisant les gênes qui pourraient être occasionnées, pendant les travaux de pose, à la navigation et aux activités de pêche est privilégié. Sur la côte, on cherche à éviter les zones peu propices à l'arrivée d'un gazoduc telles que les zones fortement urbanisées ainsi que la centrale nucléaire de Gravelines et les bassins du port de Dunkerque.

Le tracé retenu doit également prendre en compte les aspects relatifs à la sécurité de l'ouvrage et de l'environnement proche durant toute sa durée de vie. Il doit en outre intégrer la sécurité des personnes amenées à travailler sur le site pendant la construction et l'exploitation du gazoduc.

DES POINTS DE PASSAGE OBLIGE

Le choix d'une bande de moindre impact est conditionné par l'existence de plusieurs points de passage dont le contournement accentuerait les impacts du gazoduc sur l'environnement. Après analyse de l'état initial, trois points de "passages obligés" ont été considérés le long du fuseau d'étude. Ce sont, du Nord vers le Sud :

- l'arrivée de la canalisation venant des eaux territoriales belges au droit du banc de Bergues,
- le point d'atterrage,
- le terminal de régulation/comptage et la connexion avec la canalisation de GAZ de FRANCE, point d'arrivée de la canalisation NORFRA.

Le respect des critères précédemment définis a amené à la sélection de trois sites a priori possibles pour l'implantation du site d'atterrage (figure 3.2) :

- un premier site (site n° 1), au niveau de la pointe de Walde, à l'Est de Calais,
- un deuxième site (site n° 2), au niveau de Oye-Plage,
- un troisième site (site n° 3), à l'Ouest de Dunkerque.

CHOIX DU TRACE RETENU

A partir des trois sites d'atterrage sélectionnés, des analyses spécifiques relatives aux critères décrits précédemment ont abouti :

- à un choix du site d'atterrage sur le site de Dunkerque après avoir écarté les sites de Oye-Plage et de Calais qui présentent une forte sensibilité écologique sur le plan côtier et dans une moindre mesure sur le plan marin et obligerait la canalisation terrestre à traverser des zones fortement urbanisées. Cette solution s'inscrit dans une logique industrielle globale puisque cet atterrage est situé dans la zone d'aménagement du Port Autonome de Dunkerque,
- à un choix du site du terminal de régulation/comptage sur la commune de Loon-Plage dans la zone industrielle ce qui permet de minimiser les impacts sur l'environnement,
- à un tracé de la canalisation sous-marine, reliant le point d'arrivée de la canalisation dans les eaux françaises au point d'atterrage, qui minimise les volumes à draguer pour la pose de la canalisation,
- à un tracé de la canalisation terrestre qui respecte les installations existantes du port de Dunkerque ainsi que les plans de développement portuaire prévus, contourne le village de Mardyck en respectant les espaces boisés et coupe ensuite au plus court à travers champ pour rejoindre le site du terminal.

4 UNE ANALYSE DETAILLEE DES IMPACTS RESIDUELS DU PROJET POUR LE TRACE RETENU...

MILIEU PHYSIQUE

Géomorphologie et paysage

Les impacts temporaires sont liés à la présence sur la dune des installations de chantier. A la fin des travaux l'ensemble des sites traversés seront remis en état et seuls la station d'atterrage sur la dune et les bornes de balisage le long du tracé terrestre resteront visibles.

Qualité des eaux marines

Les études détaillées concernant la nature et la qualité des sédiments à draguer pour permettre le passage des navires du chantier ainsi que l'analyse des méthodes de travail ont permis de conclure à des impacts temporaires ponctuels et donc négligeables durant le chantier sur la qualité des eaux . De plus aucun impact permanent n'est à attendre après la fin des travaux en mer.

Qualité de l'air

Les navires de chantier constituent une flotte de 20 à 25 bâtiments dont les émissions provenant des moteurs de ces navires contribueront à la pollution de l'air. L'impact sera cependant modéré et temporaire au regard de l'importance du trafic dans le détroit du Pas de Calais (700 bateaux par jour) et de celui généré par les activités du port de Dunkerque (17 000 passages par an).

Hydrologie et hydrogéologie des Wateringues

La présence d'une nappe d'eau salée dans le sous-sol constitue une contrainte majeure à prendre en compte. Afin de minimiser l'impact de la canalisation sur l'hydrologie et l'hydrogéologie des Wateringues, une étude spécifique a permis de rédiger un cahier des charges à l'usage des entreprises de pose donnant les précautions à prendre pendant les travaux.

Sédimentologie marine et morphodynamique

Une importante collecte de données historiques sur l'évolution passée des bancs de sable (sur plus d'un siècle) a permis de définir une cote d'ensouillage minimisant les risques d'instabilité de la canalisation sous-marine. De plus, la nature des sédiments en surface et dans le sous-sol sujet à dragage a été soigneusement analysée ce qui a permis de mettre en évidence l'absence quasi

totale de sédiments très fins dans les volumes à draguer et à immerger.

ECOLOGIE MARINE

L'impact sur l'écologie marine est temporaire et très faible compte tenu de l'étroitesse de la zone de travaux et de la nature sableuse et non polluée du matériau à draguer. Ainsi, les espèces caractéristiques des peuplements traversés pourront rapidement recoloniser les fonds temporairement perturbés.

De même, l'immersion de la majeure partie des sédiments dragués sur les zones des dépôts Ouest et Centre du Port de Dunkerque aura un impact faible et voire positif. En effet, ces zones sont habituellement utilisées pour l'immersion des vases draguées dans les bassins portuaires qui sont beaucoup plus polluées que les sables "propres" qui seront immergés dans le cadre du présent projet.

ECOLOGIE TERRESTRE

Le tracé retenu ne traverse aucune zone naturelle remarquable, un impact faible et temporaire est inévitable pendant la pose du gazoduc et sur la section de dune concernée par les installations temporaires de chantier.

La présence de la station d'atterrissage sur une superficie de 900 m² constitue le principal impact permanent qui reste cependant minime compte tenu de la faible surface couverte.

CONTEXTE HUMAIN ET SOCIO-ECONOMIQUE

Population et habitat

La population concernée par le projet comprend :

- . la population travaillant sur l'ensemble des sites industriels (POLYCHIM, COPENOR, STOCKNORD, TOTAL, cimenterie) du secteur,
- . la population résidant à Mardyck. 363 personnes au recensement de 1990 et aujourd'hui environ 400 personnes.
- . les agriculteurs.

Durant les travaux, la principale gêne est due à la production de bruits par les engins de pose, notamment sur la zone terrestre. Aucun impact permanent n'est à attendre en phase d'exploitation

Agriculture

Des impacts temporaires principalement liés au chantier de construction ont été recensés. En phase d'exploitation, la présence d'une conduite de gaz sous un sol cultivé n'induit en principe aucune contrainte sur l'activité culturelle traditionnelle.

Pêche en mer

Un recensement complet des navires de pêche, de leur lieu de travail et des périodes les plus propices pour les différents types de pêche a été effectué sur l'ensemble de la zone intéressée par le tracé. La confrontation de ces données avec le planning prévisionnel de travail a permis de cerner les impacts possibles de la pose de la conduite sur les activités de pêche pendant les travaux en concertation avec les Affaires Maritimes et les pêcheurs.

De plus, la présence de la canalisation ensouillée n'aura aucun impact permanent sur les activités de pêche y compris le chalutage de fond ainsi que l'ont confirmé différents tests effectués sur des canalisations existantes en mer du Nord.

Activité portuaire et maritime

Seuls des impacts temporaires durant les travaux (trafic limité voire interrompu dans la Passe de l'Ouest notamment) ont été identifiés.

Industrie

L'étude de sécurité effectuée par STATOIL a permis de démontrer que les risques d'interactions de la canalisation NORFRA vis à vis des installations industrielles sont négligeables.

Traversée des points singuliers

La traversée par le tracé de toute une série de points singuliers tant en mer qu'à terre (canal des Dunes, canalisations existantes, routes, réseaux, etc.) est susceptible de générer des impacts temporaires durant la durée des travaux. Les précautions prises tant au stade de la conception que de la réalisation de ces travaux de traversée permettent de minimiser les impacts temporaires et de supprimer tout impact permanent.

5 ... CONDUIT A PROPOSER DES MESURES POUR LES REDUIRE OU LES SUPPRIMER

L'évaluation précédente met généralement en évidence des impacts négatifs du projet susceptibles de conduire à certains dommages malgré tout le soin apporté à la conception du projet. Ceux-ci, bien que généralement réduits, sont pris en compte pour définir des mesures générales et spécifiques visant à les réduire, voire à la supprimer. Ces mesures sont définies généralement après concertation avec les propriétaires ou gestionnaires concernés.

Impacts	Mesures de suppression ou de réduction des impacts
Traversée du chenal de la Passe de l'Ouest	Enfouissement et remblaiement de la canalisation à une profondeur de -14.5 m ZH avec une couverture de 1,5 mètres
Point d'atterrage	Remodelage de la zone dunaire après travaux Aménagement paysager de la station d'atterrage
Traversée du canal des Dunes	Forage par microtunnelier pour permettre un futur tirant d'eau de 7 mètres
Installations industrielles	Mise en place de protections mécaniques au niveau du couloir technique
Village de Mardyck	Pose d'une surlongueur de 1500 m pour rejoindre le terminal
Traversée des Wateringues	Emploi de la technique des pointes filtrantes pour limiter les remontées d'eau salée
Pêche et trafic maritime	Bateaux de surveillance en mer Travaux en mer réalisés à partir du mois de Mai sur quatre mois environ

Le coût estimé de ces mesures spécifiques est de 40 millions de francs correspondant à 5% du coût global de la canalisation concernée par cette étude.

oOo

BIBLIOGRAPHIE

Agence d'Urbanisme et de Développement de la Région Flandre-Dunkerque (AUDRFD, 1993) - Région Flandre-Dunkerque - Schéma d'Environnement Industriel.

Corbau, C. (1991) - Bilan sédimentaire pluridécennal du littoral dunkerquois - Mémoire de DEA, université de Paris-Sud (Orsay).

Duval, J. (1986) - Aménagement et gestion des dunes du Nord de la France - Edité par le Ministère de l'Environnement - Délégation à la qualité de la vie.

FUGRO (1995) - Laboratory and in-situ testing report - NORFRA site investigation - Dunkerque landfall for French sector - North sea - Report no. 55021-2 - STATOIL - Document no. D054-G-P112-F-RA-001.

Geoconsult (1994) - Zeepipe IV - Route survey 1994 - Survey report - Vol. 3 - STATOIL contract no. GASK 94053.

IFREMER (1989) - Le littoral de la région Nord - Pas-de-Calais - Apports à la mer - Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER n° 15.

IFREMER (1995) - Bilan de l'activité halieutique dans le Sud de la mer du Nord - Rapport n° 6200 508/BM pour STATOIL/GAZ de FRANCE.

Institut Pasteur de Lille (1980) - Hydrobios 80 : Microbiologie des eaux, micropolluants des sédiments - Cartes et commentaires.

Institut Pasteur de Lille (1983) - Hydrobios II - Micropolluants des sédiments - Cartes et commentaires.

Institut Pasteur de Lille (1985) - Hydrobios III - Pollution chimique du littoral Nord - Pas-de-Calais - Etude spécifique de secteurs contaminés : Calais - Dunkerque et Boulogne - Cartes et commentaires.

Julve, P. (1994) - Evaluation écologique du site d'atterrage F4 du 4e gazoduc norvégien - Rapport d'"Etudes-Recherches-Environnement" pour GAZ de FRANCE.

Lange, K. (1995) - Schleppversuche mit Grundschleppnetzen an der Gasleitung "Zeepipe" im Bereich des deutschen Festlandssockels der Nordsee - Rapport Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi) pour STATOIL.

Laboratoire National d'Hydraulique (LNH, 1996) - NORFRA pipeline project - Dunkerque landfall area near Dunkerque - Morphology study - Report no. HE-42/95/038/C - Document n° D054-SA-P112-F-RE-001/rev. 3 pour STATOIL.

LNH (1980) - Extension du Port de Calais - Estimation des volumes de dépôt dans l'avant-port - Rapport HE042/80-50.

Lassauce, P. (1993) - Port Autonome de Dunkerque - Plan de développement 1993-1998 - Séminaire Fabrimétal - Bruxelles, 18 mars 1993.

Massin, J.M. (1993) - La nouvelle convention de Paris pour la protection des eaux de l'Atlantique du Nord-Est et Résultats des réflexions menées par le groupe. GEODE - Comptes rendus du Séminaire Dragage des ports de plaisance - Deauville, 8 octobre 1993.

Planungsgruppe Grün (1995) - Umwelt Audit Europipe im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer - Rapport pour STATOIL.

RSK Environment (1992) - Impact of offshore pipelines on trawling - Rapport d'étude pour STATOIL.

SOGREAH (1995) - Etude hydrogéologique de la zone des Wateringues, au droit du passage de l'artère des Hauts de France - Variante Est - Rapport d'étude n° 10 0226 R3 pour Gaz de France.

Station Marine de Wimereux (1994) - Etude d'impact du 4ème gazoduc norvégien - Etude documentaire hydrobiologique et écologique de la zone littorale et marine entre Calais et Dunkerque - Rapport d'étude pour SOGREAH.

Station Marine de Wimereux (1995) - Etude d'impact du 4ème gazoduc norvégien - Mesures in situ pour l'étude du milieu biologique marin et littoral - Rapport d'étude pour SOGREAH.

Valdemarsen, J.W. (1993) - Trawling across 40" pipeline - Effects on trawl gear (en norvégien), Havforskningsinstituttet, Fisken og Havet, no. 11.

Vicaire, O. (1991) - Dynamique hydrosédimentaire en mer du Nord méridionale (du cap Blanc-Nez à la frontière belge). Thèse de doctorat de l'Université des Sciences et Techniques de Lille-Flandres-Artois.

Annexe A

ATLAS TERRESTRE

LEGENDE - GAZODUC

ZONE TERRESTRE



Sources

RESEAUX-INFRASTRUCTURES



Gaz



Oxyduc



Hydrogénoduc



Azoduc



TELECOM: réseau national



OLEODUC



Haute tension 63-400 kV



Industries

DIVERS



Radiobalise d'aérodromes



Pos: Zone urbanisée (U)
et urbanisable (Na)



Forêts protégées au titre de pos



ZNIEFF: (zone naturelle d'intérêt
floristique et faunistique)



Monument historique
et son périmètre de protection



Site archéologique



Captage et périmètre de protection
rapproché et éloigné



Forêt domaniale
ou zone naturelle protégée
carrete de biotope



Carrière et son périmètre
d'extension



ZICO: zone d'intérêt communautaire



Puits de mine

Mars 1996

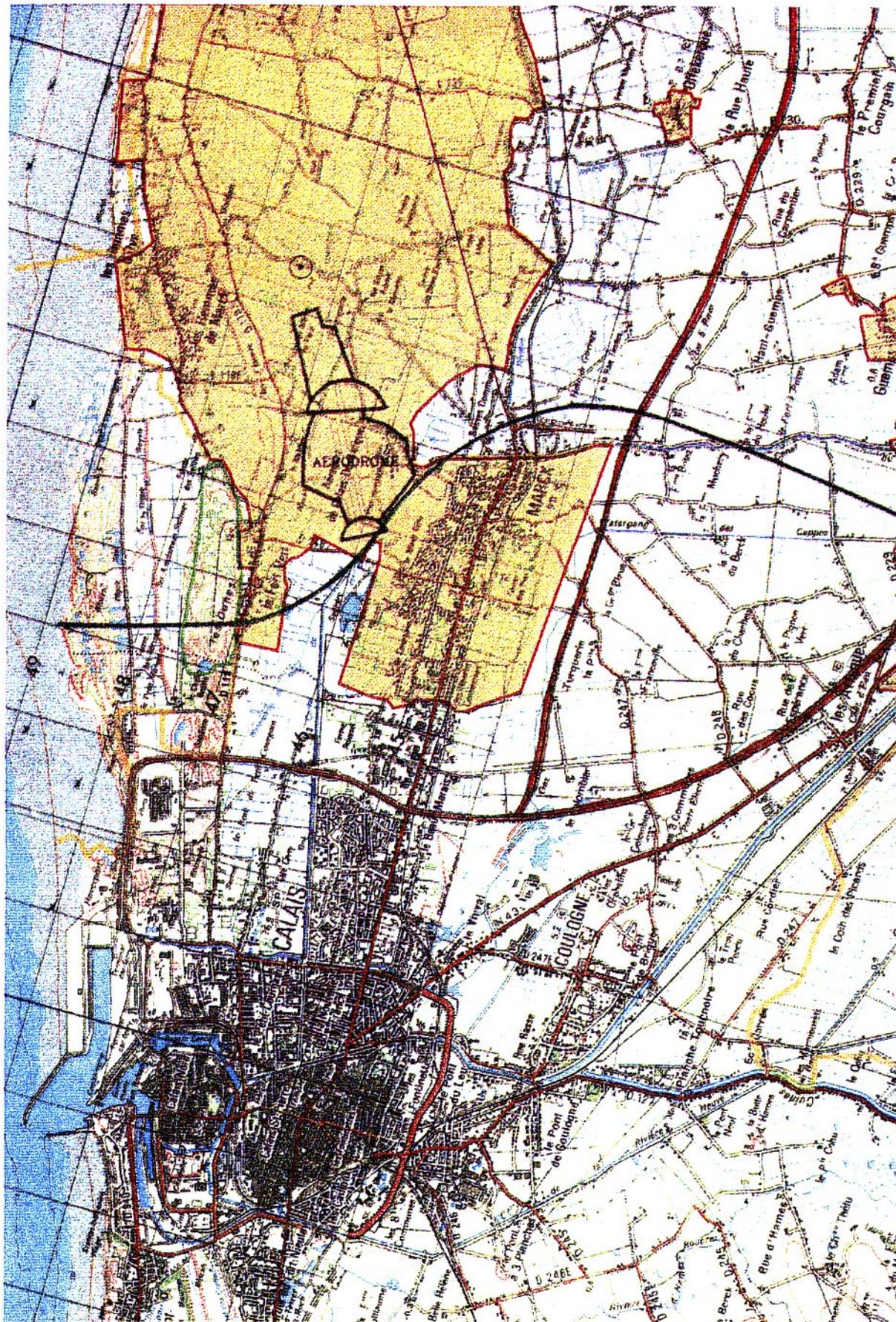
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact


SOGREAH
INGENIERIE

- ATLAS -
LEGENDE

51 8882

Fig. A.1



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

51 8882

Fig. A.2


SOGREAH
 INGENIERIE

- ATLAS -
 MILIEUX NATURELS (1/3)



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



- ATLAS -
MILIEUX NATURELS (2/3)

51 8882

Fig. A.3



1 km

Mars 1996	CANALISATION NORFRA - Etude d'impact	
	<p align="center">- ATLAS - MILIEUX NATURELS (3/3)</p>	51 8882
		Fig. A.4



1 km

Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact

51 8882

Fig. A.5

SOGREAH
INGENIERIE

- ATLAS -
ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES (1/3)

SOGREAH



Mars 1996

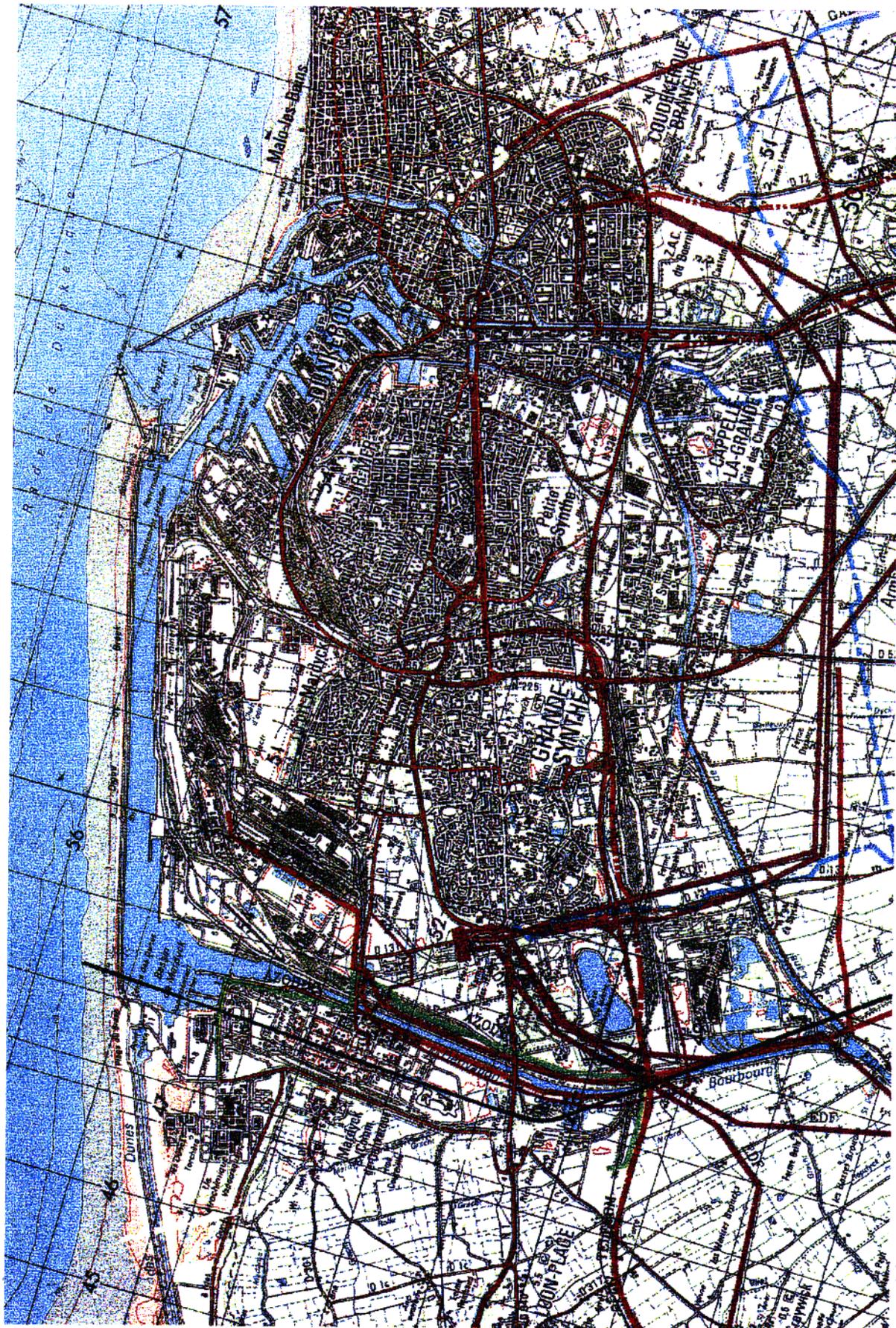
CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



- ATLAS -
ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES (2/3)

51 8882

Fig. A.6



Mars 1996

CANALISATION NORFRA - Etude d'impact



- ATLAS -
ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES (3/3)

51 8882

Fig. A.7