
DOUGLAS-WESTWOOD



Marchés mondiaux pour les systèmes d'observation des océans

Troisième ébauche – octobre 2006

Version non approuvée pour diffusion externe –
Modifications apportées après la téléconférence du Comité directeur, octobre
2006

Table des matières

1	Introduction.....	8
2	Résumé	11
2.1	Introduction.....	11
2.2	Principaux facteurs d’entraînement du marché mondial	13
2.3	Résultats des entrevues	15
2.4	Systèmes d’observation des océans – Principaux aspects stratégiques	18
2.5	Canada.....	21
2.6	Conclusions.....	22
2.7	Travaux futur	23
3	Le marché des SOO.....	25
3.1	Introduction.....	25
3.2	Secteurs	28
3.2.1	Dépenses des programmes – Exemples régionaux	28
3.2.2	Marché mondial	34
3.3	Organisations	39
3.4	Financement.....	40
3.4.1	États-Unis.....	40
3.4.1	Europe	42
3.5	Utilisation des SOO par secteur d’application – 2001-2011	44
3.6	Taille du marché – Programmes répertoriés	47
3.7	Prévisions du marché	54
4	Entrevues	56
4.1	Introduction.....	56
4.2	Résultats.....	56
4.3	Responsabilités et participation	57
4.4	Technologie des SOO – le présent et l’avenir	62
4.5	Industrie canadienne des SOO.....	71
4.6	Autres commentaires	74
5	Prévisions météorologiques et de l’état de la mer	75
5.1	Introduction.....	75
5.2	Facteurs du marché	75
5.3	Progrès et tendances.....	78
5.4	Utilisation des SOO	79
6	Évaluation et surveillance de l’environnement.....	82
6.1	Introduction.....	82
6.2	Facteurs du marché	82
6.3	Progrès et tendances.....	83
6.4	Utilisation des SOO	83
6.5	Perspectives.....	83
7	Recherche	86
7.1	Introduction.....	86
7.2	Facteurs du marché	87
7.3	Progrès et tendances.....	89
7.4	Utilisation des SOO	90
7.5	Perspectives.....	91
8	Avertissements en cas de risques naturels	93

8.1	Introduction.....	93
8.2	Facteurs du marché.....	93
8.3	Progrès et tendances.....	94
8.4	Utilisation des SOO.....	95
8.5	Perspectives.....	96
9	Zones côtières.....	98
9.1	Introduction.....	98
9.2	Facteurs du marché.....	99
9.3	Progrès et tendances.....	100
9.4	Utilisation des SOO.....	101
9.5	Perspectives.....	102
10	Pêches et aquaculture.....	103
10.1	Introduction.....	103
10.2	Facteurs du marché.....	104
10.3	Progrès et tendances.....	105
11	Sécurité et protection maritimes et suivi des navires.....	108
11.1	Introduction.....	108
11.2	Facteurs du marché.....	108
11.3	Progrès et tendances.....	110
11.4	Utilisation des SOO.....	111
11.5	Perspectives.....	111
12	Activités militaires.....	113
12.1	Introduction.....	113
12.2	Facteurs du marché.....	113
12.3	Progrès et tendances.....	114
12.4	Utilisation des SOO.....	115
12.5	Perspectives.....	115
13	Pétrole et gaz.....	117
13.1	Introduction.....	117
13.2	Facteurs du marché.....	117
13.3	Progrès et tendances.....	118
13.4	Applications des SOO.....	118
13.5	Perspectives.....	120
14	Énergie marine renouvelable.....	121
14.1	Introduction.....	121
14.2	Facteurs du marché.....	121
14.3	Progrès et tendances.....	123
14.4	Utilisation des SOO.....	123
14.5	Perspectives.....	123
15	Activités récréatives.....	125
15.1	Introduction.....	125
15.2	Facteurs du marché.....	125
15.3	Progrès et tendances.....	126
15.4	Utilisation des SOO.....	126
15.5	Perspectives.....	127
16	Recherche et sauvetage.....	128
16.1	Introduction.....	128

16.2	Facteurs du marché	128
16.3	Progrès et tendances.....	128
16.4	Utilisation des SOO	129
16.5	Perspectives.....	129
17	Éducation	131
17.1	Introduction.....	131
17.2	Facteurs du marché	131
17.3	Progrès et tendances.....	131
17.4	Utilisation des SOO	132
17.5	Perspectives.....	132
18	Que nous réserve l'avenir?	133
18.1	Technologie – Terre et mer.....	133
18.2	Satellites.....	137
19	Conclusion	144
20	Annexes	145
20.1	Définition des secteurs	145
20.2	Organisations consultées.....	146
20.3	SOO – Programmes, projets, organisations et acronymes	148

Figures

Figure 2-1 : Prévisions du marché mondial des SOO, 2006-2011 (millions \$).....	22
Figure 2-2 : Segmentation mondiale du marché des SOO 2007-2011	23
Figure 3-1 : Éléments couvrant plusieurs domaines – besoins en données et en information.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-2 GODEA – Intrants et liens.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-3 : Secteurs des SOO, 2001-2011, par nombre d'activités.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-4 : Secteurs SOO, 2001-2011, par dépenses (M\$).....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-5 : Programmes de SOO par région, 2005-2011	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-6 : Répartition régionale des SOO, 2007-2011	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-7 : Programmes SOO – Répartition régionale.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-8 : Dépenses pour les SOO par type, 2005-2011	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-9 : Dépenses pour les SOO par type	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-10 : Projets de SOO en 2006, par secteur d'application.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-11 : Prévisions du marché mondial des SOO, 2005-2011 (M\$)	Error! Bookmark not defined.
Figure 4-1 : Personnes interrogées par région	Error! Bookmark not defined.
Figure 7-1 : R&D – World Market	Error! Bookmark not defined.
Figure 7-2 : R&D – Répartition régionale 2005-2009.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 7-3 : Marine R&D by Sector	Error! Bookmark not defined.
Figure 8-1 : Tropical Storms	Error! Bookmark not defined.
Figure 10-1 : Fishing and Aquaculture Production	Error! Bookmark not defined.
Figure 10-2 : Fishing – World Market.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 10-3 : Fishing – Répartition régionale 2005-2009	Error! Bookmark not defined.
Figure 11-1 : Marine Security Expenditure	Error! Bookmark not defined.
Figure 13-1 : Offshore Oil & Gas Expenditure Forecast.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 14-1 : Offshore Windpower Capital Expenditure	Error! Bookmark not defined.
Figure 15-1 : Marine Tourism – World Market.....	Error! Bookmark not defined.

Tableaux

Figure 2-1 : Prévisions du marché mondial des SOO, 2006-2011 (millions \$).....	22
Figure 2-2 : Segmentation mondiale du marché des SOO 2007-2011	23
Figure 3-1 : Éléments couvrant plusieurs domaines – besoins en données et en information.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-2 GODEA – Intrants et liens.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-3 : Secteurs des SOO, 2001-2011, par nombre d'activités.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-4 : Secteurs SOO, 2001-2011, par dépenses (M\$).....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-5 : Programmes de SOO par région, 2005-2011	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-6 : Répartition régionale des SOO, 2007-2011	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-7 : Programmes SOO – Répartition régionale.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-8 : Dépenses pour les SOO par type, 2005-2011	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-9 : Dépenses pour les SOO par type	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-10 : Projets de SOO en 2006, par secteur d'application.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 3-11 : Prévisions du marché mondial des SOO, 2005-2011 (M\$)	Error! Bookmark not defined.
Figure 4-1 : Personnes interrogées par région	Error! Bookmark not defined.
Figure 7-1 : R&D – World Market	Error! Bookmark not defined.
Figure 7-2 : R&D – Répartition régionale 2005-2009.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 7-3 : Marine R&D by Sector	Error! Bookmark not defined.
Figure 8-1 : Tropical Storms	Error! Bookmark not defined.
Figure 10-1 : Fishing and Aquaculture Production	Error! Bookmark not defined.
Figure 10-2 : Fishing – World Market.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 10-3 : Fishing – Répartition régionale 2005-2009	Error! Bookmark not defined.
Figure 11-1 : Marine Security Expenditure	Error! Bookmark not defined.
Figure 13-1 : Offshore Oil & Gas Expenditure Forecast.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 14-1 : Offshore Windpower Capital Expenditure	Error! Bookmark not defined.
Figure 15-1 : Marine Tourism – World Market.....	Error! Bookmark not defined.

1 Introduction

Cette étude a été commandée par l'Université de Victoria et réalisée par Douglas-Westwood Limited en septembre 2006.

Portée du travail – Cette évaluation des systèmes d'observation des océans (SOO) à l'échelle internationale consiste en un examen exhaustif des débouchés possibles sur le marché international des SOO, dans le but de :

- Estimer la taille, la segmentation et les créneaux du marché mondial des SOO, du point de vue des utilisateurs.
- Décrire les divers domaines stratégiques qui utiliseront les SOO ou en auront besoin, ainsi que l'information commerciale connexe sur les technologies actuelles et celles qui seront probablement requises ou utilisées dans un proche avenir.
- Déterminer les aspects nécessitant une étude plus approfondie.

Les utilisations envisagées de la présente étude sont les suivantes :

- Évaluer les forces et les faiblesses des entreprises canadiennes dans ce secteur.
- Déterminer les possibilités de développement technologique.
- Définir les objectifs du secteur et élaborer une stratégie.
- Communiquer la stratégie et y faire participer le secteur.
- Déterminer toute possibilité additionnelle en vue d'établir de futurs plans de travail.

Deleted: '

Deleted:

Deleted: est la

La méthode utilisée pour cette étude comportait sept phases :

1. Réunion de démarrage à Montréal.
2. Étude documentaire – recherche d'information sur les marchés dans le secteur océanique dans les sources du monde entier et les propres ressources de DWL.
3. Programme d'entrevues – les entrevues visaient à obtenir l'opinion des principaux utilisateurs et fournisseurs de systèmes dans le monde entier au sujet des besoins du marché et de la valeur probable des revenus qui seront générés.
4. Prévisions du marché – l'information obtenue par les recherches et les entrevues a permis d'élaborer un modèle financier de la demande pour les SOO et de prévoir la valeur future probable de ce marché.
5. Aspects stratégiques – il s'agissait de déterminer les principaux enjeux dont doit tenir compte l'Université de Victoria dans l'élaboration de sa stratégie touchant les SOO.
6. Rapport – une version préliminaire du rapport a été présentée à l'Université de Victoria; une fois les modifications intégrées, le rapport final a été produit en vue de sa diffusion.

Les **produits** livrables comprennent :

- Identification des organisations, programmes et projets dans le domaine des SOO (fichier Excel).
- Liste des répondants (fichier Excel).

- Notes d'entrevue sous forme de tableaux (fichier Excel).
- Présentation des résultats (fichier PowerPoint).
- Le présent rapport.

Unités : Vu la nature internationale du présent rapport, tous les montants sont en devises américaines (\$ US), sauf indication contraire.

2 Résumé

2.1 Introduction

Les systèmes d'observation des océans (SOO) nous permettent de prendre le pouls de la planète. De tels systèmes existent dans la plupart des régions du monde, sous différentes formes, les données des programmes universitaires et gouvernementaux étant partagées sur Internet. Toutefois, le marché mondial des SOO est très diversifié – le sujet est vaste et représente un amalgame complexe et interdépendant de sources de financement, d'organisations, de projets et de programmes opérationnels.

Les recherches internationales visant à établir un Système mondial d'observation de l'océan (SMOO) ont été pilotées par les Nations Unies (UNESCO), par l'intermédiaire de la COI et par le National Research Leadership Council des États-Unis, dont font partie diverses organisations comme la NOAA (États-Unis) et le JAMSTEC (Japon), et également par des groupes régionaux de pays qui partagent des frontières maritimes.

Deleted: -

Deleted: -

Aux États-Unis seulement, le *Congressional Budget Office* estime que l'élaboration et l'exploitation d'un système intégré d'observation des côtes et des océans coûteront entre 1,8 milliard et 2,2 milliards \$ US au cours de la période 2006 à 2010. Une somme additionnelle de 700 millions \$ pour 2007 a également été annoncée : cet exemple d'attribution de fonds de dernière minute, pour une seule année, illustre bien comment le Congrès américain est de plus en plus sensibilisé aux SOO, et l'inquiétude des États-Unis face aux possibles agressions provenant de la mer.

Deleted: -

Les SOO représentent un marché en évolution pour lequel il n'existe pas de définition officielle. Au cours de la première réunion du projet tenue à Montréal, il fut décidé que l'étude devait porter sur les systèmes de collecte des données « en temps réel », notamment les réseaux à paramètres multiples, ainsi que la distribution, l'échantillonnage, l'entreposage des données, etc. Les auteurs de l'étude ont donc évalué les projets et les programmes existants et futurs, en se basant sur des facteurs de marché et les sources de financement, afin de prévoir les possibilités et les tendances.

Le but de ce rapport est d'évaluer ces marchés mondiaux et de déterminer où la technologie est et sera appliquée, compte tenu des facteurs et des tendances du marché et de la valeur commerciale du marché. Toutefois, il faut bien noter qu'on ne peut pas catégoriser les SOO en secteurs bien définis. Un programme d'observation pourrait fort bien puiser ses données dans un secteur particulier et en faire profiter de nombreux autres.

Outre les secteurs d'application clairement délimités, plusieurs secteurs peuvent être regroupés sous la rubrique « Gestion et intendance des océans ». Mentionnons notamment le « Réseau de recherche sur la gestion des océans » (RRGO) au Canada, et l'actuel réseau norvégien qui surveille les zones écologiquement sensibles, comme la mer de Barents dans l'Arctique, une zone très importante à la fois pour la pêche et l'industrie pétrolière et gazière en haute mer.

Le présent rapport s'appuie sur des études documentaires et sur une série d'entrevues poussées réalisées auprès de 56 décideurs de haut niveau d'organisations oeuvrant dans le domaine des SOO, dans 18 pays. Environ 86 % des répondants oeuvrent dans des organisations de recherche ou chez des fabricants d'équipement.

La plupart des répondants ont dit que leur organisation ou programme sont intéressés à obtenir un large éventail de données. Dans quelques cas seulement, on a indiqué être intéressé par un seul paramètre. En d'autres mots, ces organisations sont très « orientées système ». La majeure partie des répondants oeuvrent dans le domaine des données et des modèles océaniques, ou encore en météorologie et/ou en climatologie, bien que dans la pratique il soit très difficile de séparer ces secteurs.

Deleted: e

Dans le domaine civil, nous avons constaté que la majeure partie des travaux passé sur les SOO consistait en recherches universitaires (scientifiques) visant à obtenir des données surtout pour étudier le climat et la tectonique, ou en projets technologiques visant à développer et déployer de nouveaux systèmes de collecte de données. Beaucoup de travaux ont été réalisés sur les « outils » et les technologies connexes, allant des réseaux permanents ancrés sous la surface de la mer ou sur le fond marin, aux bouées dérivantes, aux véhicules autonomes, aux satellites d'observation de la Terre, etc.

Deleted: ancrés en profondeur en permanence

Plusieurs analyses « coût/avantages » ont été réalisées, notamment sur les avantages nombreux et réels des SOO aux plans économique, social et environnemental, ainsi que sur l'étude du changement climatique et les mesures visant à prévenir les sinistres. Toutefois, il n'existe presque aucune publication traitant de la demande et des dépenses connexes (en d'autres mots, « le marché »), ce qui est l'objet principal du présent rapport.

Deleted: pas de

Deleted: s

2.2 Principaux facteurs d'entraînement du marché mondial

Le marché mondial des SOO dépend d'un ensemble complexe et interdépendant de facteurs couvrant un large éventail, allant du changement climatique à la situation géopolitique et militaire, en passant par la géologie. Mais le principal facteur d'entraînement sous-jacent des SOO est sans conteste le changement climatique.

Deleted: -

De plus en plus de personnes prennent conscience des conséquences potentiellement désastreuses d'un « événement océanique » de grande envergure. Le niveau de la mer s'élève à mesure que reculent les glaciers, que la banquise arctique fond, et que l'augmentation de la température accroît la vitesse des vents. Le monde a été frappé par plusieurs catastrophes naturelles ces dernières années, et certaines comme les ouragans qui se sont acharnés sur le golfe du Mexique en 2005 sont, pense-t-on, attribuables directement au changement climatique et à son impact sur les océans du monde. Une autre catastrophe a été le tsunami dévastateur qui a frappé le sud-est asiatique en décembre 2004. Ces événements, associés à une sensibilisation accrue à l'égard de la nécessité de mesurer les paramètres océaniques, ont accéléré la mise en place des SOO et l'élaboration de nombreux projets en ce sens.

Deleted: augmente

Deleted: avec le recul des

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

Dans le domaine militaire, la fin de la guerre froide a amené les grandes puissances à redéfinir leurs activités navales, allant du déploiement des sous-marins nucléaires en eaux profondes à l'utilisation de sous-marins diesel modernes qui patrouillent les eaux côtières ou « littorales ». Ce changement a été renforcé par la réponse américaine aux événements du 11 septembre. De plus, la « guerre contre le terrorisme » marque peut-être le début de nouveaux types de guerres de faible intensité, caractérisées par des flambées occasionnelles dans différentes parties du monde. Les guerres régionales et les violences ethniques ou intérieures prolongées ont de fortes répercussions sur l'économie mondiale, en raison des coûts substantiels assumés par les régions ou les pays touchés. De plus en plus, les différends peuvent porter sur le contrôle d'un bien vital, comme le pétrole, que veulent s'accaparer les belligérants.

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: s'attribuer

Par ailleurs, l'activité économique croissante dans le monde en développement, notamment en République populaire de Chine (RPC), a un impact important. Il en résulte un accroissement majeur des activités maritimes, notamment le transport, car des volumes accrus de matières premières importées et de biens fabriqués exportés transitent de par les mers du monde entier. Les programmes de surveillance du transport maritime sont en demande, et ce secteur a besoin d'information météorologique plus précise.

La demande d'énergie s'est accrue de manière spectaculaire au cours des trois dernières années, ce qui a doublé le prix du pétrole, du gaz et du charbon. La croissance de la demande de ressources naturelles, allant des combustibles fossiles au bois d'œuvre et aux poissons des mers, a été considérable. Cette croissance a un impact important sur l'environnement, notamment sur la production de gaz à effet de serre qui, pensent la plupart des spécialistes, est responsable du réchauffement planétaire et, par voie de conséquence, du changement climatique.

On estime que les océans renferment les dernières grandes ressources pétrolières et gazières non encore exploitées, notamment dans les profondeurs océaniques et dans les régions arctiques vierges, et il y a lieu d'accroître le niveau de surveillance environnementale et les systèmes d'observation des océans. De plus, l'énergie produite directement à partir du vent, des vagues et des marées est durable et aisément exploitable par les populations côtières croissantes dans de nombreux pays.

La croissance de la population et du niveau de revenu utilisable se traduit par une explosion des activités récréatives dans les régions océaniques, allant des vacances sur les bateaux de croisière à la navigation de plaisance, à la pêche et à la plongée. Toutes ces activités constituent véritablement des « industries océaniques », fortement dépendantes de l'information sur les océans.

2.3 Résultats des entrevues

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, nous avons réalisé 56 entrevues exhaustives dans le monde entier, en mai et juin 2006. Nous avons surtout privilégié les deux principaux marchés (sources de financement) pour les fournisseurs de systèmes, soit l'Amérique du Nord et l'Europe, et ensuite la région Asie-Pacifique. Nous avons échantillonné les autres régions.

Deleted: -

Deleted: -

- Les répondants provenaient en majeure partie des États-Unis (30 %) et du Royaume-Uni (27 %), le reste de l'Europe représentant 15 % et le Canada 9 %. Les secteurs d'activité des répondants couvraient l'ensemble des domaines visés par les SOO. Cinquante pour cent participent à des activités de recherche dans diverses organisations (multi-agences, recherche fondamentale, recherche appliquée). Dix des répondants travaillent pour des organisations qui exploitent actuellement un type ou l'autre de SOO.

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

- En raison de la nature très diversifiée des organisations qui utilisent les SOO, nous avons choisi un échantillon d'organisations aussi représentatif que possible en termes d'intérêts et de sources de financement. Les organisations interrogées étaient donc fort diversifiées et comprenaient la NOAA, un centre de guerre maritime, des laboratoires maritimes, la municipalité de Dubaï, des fournisseurs de services commerciaux, des fabricants d'équipement.

- Les répondants étaient essentiellement des cadres supérieurs occupant divers postes : président de conseil d'administration, PDG, membres de conseil d'administration d'organisations internationales dans le domaine océanique. Par exemple, nous avons interrogé le directeur de projet et le conseiller principal de l'Unité de coordination tsunami (COI).

- La majeure partie des répondants oeuvrent au sein d'entreprises qui fournissent des produits et des services au secteur des SOO, et chez leurs clients, c'est-à-dire les organisations de recherche. Quelques répondants travaillent pour des grands utilisateurs, comme les organisations de prévisions et les sociétés pétrolières.

Deleted: -

Deleted: -

- Les responsabilités des répondants allaient de la gestion des programmes mondiaux à la coordination des programmes de SOO régionaux, de la direction d'un certain nombre de groupes scientifiques à la gestion d'une équipe de projet dans l'Antarctique.

- Le pouvoir décisionnel des répondants était en moyenne, selon leur propre évaluation, de 7,5 sur une échelle de 1 à 10 (10 étant le niveau le plus élevé).

- Leurs fournisseurs comprenaient des fabricants de produits (p. ex., instruments océanographiques) et des sociétés de services.

- La majeure partie des organisations participent à des activités nationales et internationales et, dans une moindre mesure, régionales. La plupart participent également à d'importants partenariats et activités de coopération entre l'industrie et le milieu universitaire.

- Bon nombre des organisations ont un large éventail d'activités dans l'ensemble des secteurs d'application. Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'activité la plus

importante est la recherche dans divers secteurs spécifiques, et dans de nombreux cas, la recherche couvre plusieurs applications.

- La plupart des répondants ont dit que leurs organisations ou programmes sont intéressés à obtenir un large éventail de données. Dans quelques cas seulement, on a indiqué être intéressé par un seul paramètre.
- La majeure partie des répondants oeuvrent dans le domaine des données et des modèles océaniques, ou encore en météorologie et/ou en climatologie, bien que dans la pratique il soit très difficile de séparer ces secteurs. Un résultat direct de ces activités est l'établissement de systèmes d'alerte en cas de danger.
- Dans l'ensemble, des volumes importants de données sont recueillis et fournis soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres sources, comme les modèles météorologiques.
- Les répondants ont indiqué que dans l'ensemble, les systèmes se sont comportés selon les prévisions. Toutefois, bon nombre des répondants ont indiqué qu'il y a beaucoup de place à l'amélioration.
- Les gouvernements nationaux sont la principale source de financement, les fonds étant canalisés par diverses agences opérationnelles fédérales et spécialisées. Selon les répondants partout dans le monde, le financement est très difficile à obtenir.
- Les entrevues ont permis d'établir une liste de « cadeaux de Noël » pour les utilisateurs de la technologie, que l'on peut regrouper en quatre grandes catégories :
 - réduction des coûts et amélioration de la fiabilité (tout en sachant que des compromis sont nécessaires);
 - plates-formes à faible coût (p. ex., plates-formes autonomes);
 - besoin pressant de développer des capteurs chimiques et biologiques;
 - amélioration de la gestion et de la transmission des données;
 - amélioration des capteurs [satelliportés](#).
- Les principaux facteurs du marché semblent être les suivants :
 - le réchauffement planétaire et le changement climatique, et le rôle des océans dans ces phénomènes;
 - la pollution de l'environnement;
 - le respect des obligations financières par les compagnies;
 - une réglementation plus serrée;
 - les alertes en cas de tsunami (toutefois, cet aspect n'est pas jugé prioritaire).
- L'intégration des observations spatiales et *in situ* est « un aspect très important et un enjeu primordial au niveau international.
- On constate un très fort appui à l'établissement de normes dans le domaine des SOO.
- Il y a lieu d'améliorer la résistance du matériel à la corrosion et à la bio-salissure et de maintenir l'exactitude de l'étalonnage pendant de très longues périodes.

Deleted: dans les satellites

Les progrès dans l'observation des océans semblent être entravés par divers facteurs :

- absence de sensibilisation des gouvernements et il est donc « nécessaire de les sensibiliser »;
- lourdeurs politiques, plutôt que l'absence de fonds à proprement parler;
- difficulté d'obtenir du financement à long terme;
- difficulté d'obtenir des personnes adéquatement formées.

2.4 Systèmes d'observation des océans – Principaux aspects stratégiques

Normes en évolution – On s'entend pour dire qu'il y a lieu d'élaborer des normes internationales pour les systèmes d'observation des océans. Ces normes devraient porter notamment sur les aspects suivants : étalonnage (méthodes et fréquence), normes ~~IT~~ pour la cyberinfrastructure, les données, la collecte de données en collaboration, les métadonnées, les normes de base, l'interopérabilité permettant d'assurer la multi-utilisation et la modularité, les attentes coordonnées, les paramètres, et les directives d'utilisation et de collecte. Aux États-Unis, on prévoit que la NOAA prendra la direction de l'élaboration des normes sur les SOO au cours des deux ou trois prochaines années. L'Union européenne améliore les normes à la suite des demandes des clients commerciaux et gouvernementaux et de l'OMM.

Deleted: TI

Deleted: -

Deleted: -

Manque de soutien à l'infrastructure – Les besoins en matière de soutien à l'infrastructure sont nombreux et comprennent : logiciels¹ d'acquisition des données en temps réel, réseaux sans fil, radar HF, radar en bande X, ressources informatiques et systèmes de communication (allant des PC aux superordinateurs, aux intranets et aux passerelles de télécommunications mondiales par satellite), bouées, enregistreurs de vagues, bouées océanographiques, enregistreurs de conductivité, température et profondeur (CTP), équipement météorologique, planeurs ~~sous-marins~~, véhicules sous-marins autonomes, systèmes d'échantillonnage à quai, stations météorologiques, émetteurs-récepteurs acoustiques et hydrophones.

Initiatives internationales ayant des objectifs et des problèmes similaires – Les organisations qui utilisent des SOO mesurent plus de 85 variables. Les variables prioritaires dont la mesure est recommandée pour la surveillance mondiale des océans et des côtes, dans le cadre d'un SMOO initial, comprennent : niveau de l'eau; stockage océanique et transport global; carbone, chaleur, eau douce; échange de chaleur et d'eau douce entre l'air et la mer; étendue et état des environnements pélagiques et benthiques; abondance et distribution des ressources marines vivantes; écoulements d'eau douce et flux de sédiments, de nutriments et de contaminants.

Nécessité de développer une technologie « appropriée » – Il existe un consensus international quant à la nécessité d'améliorer les équipements dans divers domaines :

- De meilleurs systèmes d'acquisition de données sont requis pour mieux mesurer les principales variables de base. Les systèmes devront être plus petits, plus légers, moins coûteux, plus robustes, durer plus longtemps, être moins sophistiqués (c.-à-d. enfichables et prêts à utiliser). Il faut en outre de meilleures communications (c.-à-d. obtention de données en temps réel dans des endroits éloignés), réduire les coûts (notamment le « dernier mille » jusqu'aux points d'ancrage), et pouvoir transmettre les données sans problème sur de longues distances.
- On doit assurer la fiabilité à long terme des capteurs sur les bouées de surface et sous-marines; à cette fin, il faudra réduire la corrosion et la bio-salissure des dispositifs et améliorer l'exactitude de l'étalonnage à très long terme.
- Les systèmes de collecte des données météorologiques doivent fournir des données de référence exactes et de grande qualité en temps réel, permettant de contrôler, vérifier et étalonner les mesures météorologiques.

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

- Les observations des zones côtières requièrent de nouveaux systèmes offrant des fonctionnalités multiutilisateurs en temps réel, pour divers dispositifs comme les capteurs acoustiques qui mesurent les propriétés des populations de poissons et de mammifères marins.
- Les capteurs océanographiques pour les ancrages profonds devront être pourvus de plates-formes à profilage mécanique qui recevront les capteurs opérationnels, afin qu'ils soient plus fiables sur des périodes opérationnelles pouvant atteindre plusieurs années.

« Les Systèmes internationaux d'observation des océans (SIOO) ne recueillent pas les bonnes données pour ce qui est de la gestion de la qualité de l'eau », selon un membre du Comité directeur de l'USGOOS. Il ajoute : « Les capteurs biologiques et chimiques sont les dispositifs les moins développés pour ce qui est de la surveillance mondiale des côtes et des océans. Les capteurs doivent pouvoir mesurer les pathogènes. »

Les partenariats sont essentiels pour assurer la viabilité du marché des SOO – Selon un membre du Bureau des communications et de l'éducation de la NOAA, « Les SIOO sont encore un concept nébuleux pour de nombreuses personnes », y compris les utilisateurs et les principaux organismes subventionnaires gouvernementaux. Le défi est de taille : il s'agit de déterminer clairement les applications des utilisateurs et les aspects éducatifs à valeur ajoutée, afin de démontrer la nécessité des SOO. Sous la gouverne de la NOAA, le développement des SIOO se fera en partenariat avec d'autres organismes fédéraux, des associations régionales et également par des collaborations internationales. Selon l'un des répondants, la tâche sera « colossale ». On assiste à un changement, car les budgets affectés à divers domaines sont maintenant canalisés dans le cadre des SOO. Par exemple, aux États-Unis, la sécurité du territoire a eu un effet important et immédiat sur les activités regroupées sous le concept de SOO.

Deleted:

Deleted: e

Deleted: -

Difficulté de trouver des personnes qualifiées – « Nous avons de la difficulté à trouver des personnes qui travaillent sur les systèmes d'observation des océans », déclare un directeur technique basé aux États-Unis. Dans ce pays, le volet éducatif est pris en charge par de nouveaux cours sur l'observation des océans dans diverses universités, notamment Texas A&M, South Florida et Rutgers. Ces cours couvrent les méthodes numériques et offrent une formation sur les SIG et les tâches de gestion des données, qui sont représentatives des situations réelles associées à l'« observation ». Dans l'Union européenne, le développement éducatif est soutenu en partie par diverses initiatives de formation professionnelle continue.

Deleted: -

Élaboration de partenariats pour les SIOO avec la NASA : un défi – Comme le souligne un directeur technique de la GCOOS-RA, « le développement des SIOO requiert un effort opérationnel, alors que la NASA est une organisation qui a davantage une mission de recherche ». On constate toutefois des signes récents de meilleure collaboration. En 2007, la NASA a prévu un budget de 65 millions \$ pour des travaux de développement, notamment la conception critique et le test initial du satellite Aquarius qui mesurera pour la première fois la salinité de surface des océans du monde.

Deleted: -

Une mission sur la topographie de la surface des océans (OSTM – Ocean Surface Topography Mission) devrait être lancée en 2008. Il s'agit d'une entente internationale de partenariat conjoint avec l'agence spatiale française, le CNES. La mission visera à observer les changements dans la topographie de la surface de l'océan, avec une exactitude de un ou deux centimètres. Selon un ingénieur scientifique du programme de la NASA, « cette mission nécessitera des capteurs spatiaux améliorés, comme des altimètres haute résolution perfectionnés, des salinomètres et des réflecteurs GPS ».

Deleted: de

Deleted: à une précision d'

Deleted: près

Intégration des observations spatiales et *in situ* – Parmi les futures technologies SOO qui intègrent les observations spatiales et *in situ*, mentionnons la technologie lidar pour la surveillance des côtes et du niveau de la mer, ainsi que les modules géodésiques GPS/marégraphes, des réflecteurs GPS pour la surveillance des microséismes océaniques, et des véhicules aériens autonomes capables de vols de longue durée au-dessus des océans. De nouvelles technologies seront requises pour recueillir des données dans les régions subarctiques, afin de mieux utiliser les données satellite obtenues au-dessus des zones recouvertes de glace.

Deleted: -

Deleted: -

Les technologies futures deviennent réalité – Parmi les futures technologies SIOO les plus intéressantes, mentionnons les véhicules océaniques de surface et sous-marins autonomes (VSA, planeurs sous-marins et VSMA) qui patrouilleront les eaux côtières et les eaux profondes. Ces systèmes fonctionneront en collaboration et ils interagiront avec les satellites, avec les véhicules aériens sans pilote, de manière adaptive sans communications directes. Des centres opérationnels géreront ces véhicules. Des robots remplaceront et remettront en état les capteurs et les instruments sur les plates-formes ancrées.

Deleted: -

Les SOO, un marché nouveau – Le principal moteur de développement des SOO est le financement gouvernemental. La réglementation environnementale, les préoccupations à l'égard du réchauffement planétaire et les activités pétrolières et gazières en mer contribuent également à l'essor de ce marché.

Le principal client : les gouvernements – Bon nombre des intervenants et utilisateurs n'achètent pas directement les données fournies par les SOO, mais plutôt les reçoivent gratuitement. Une exception notable : les prévisions météorologiques personnalisées fournies par une entreprise commerciale à des clients commerciaux. Par exemple, une enquête réalisée en 2004 sur l'exploitation commerciale des données obtenues par les satellites d'observation de la Terre en Europe et au Canada indique que cette industrie avait généré en 2002 des revenus de 317 millions \$, dont 78 % en ventes à des clients gouvernementaux et autres du secteur public².

² The State and Health of the European and Canadian EO Service Industry – ESA, VEGA, Booz, Allen and Hamilton, août 2004.

2.5 Canada

Environ 62 % des répondants à notre enquête avaient une certaine expérience de travail à divers titres avec des organisations canadiennes, soit comme fournisseur ou dans le cadre de partenariats dans les projets de recherche. Ces personnes ont indiqué avoir eu une expérience très positive :

- « *Les sociétés canadiennes sont plus compétentes et plus coopératives que les Américains.* »
- « *J'aimerais travailler avec les Canadiens.* »
- « *Je serais très heureux de coopérer avec des compagnies canadiennes.* »
- « *Le Canada a des programmes universitaires de grand calibre en géodésie par GPS.* »

De plus, 90 % des répondants ne voyaient aucun empêchement à travailler avec des sociétés canadiennes. Dans le cas des personnes y voyant un empêchement, celui-ci était attribuable à un manque de connaissance au sujet de la politique de leur organisation à l'égard de l'achat de biens et de services étrangers (nous devons souligner ici que ces « questions de politique » ont été soulevées par des organisations américaines, mais non en Europe!).

Deleted: -

Toutefois, on constate un manque de connaissance à l'étranger au sujet des projets canadiens dans le domaine des SOO (hormis Neptune Canada et quelques activités de R-D en université), et on semble croire que le Canada représente un petit marché potentiel.

Toutefois, le milieu universitaire reconnaît que le Canada est un leader dans le domaine des logiciels d'information spatiale et de source ouverte, et que plusieurs sociétés canadiennes se sont regroupées pour développer des normes d'observation des glaces sous l'égide de l'ISO. De plus, les clients étrangers potentiels qui pourraient acheter de sociétés canadiennes ont plutôt tendance à acheter des produits et services dans le domaine des SOO auprès de leurs concurrents américains et européens.

Deleted: s

2.6 Conclusions

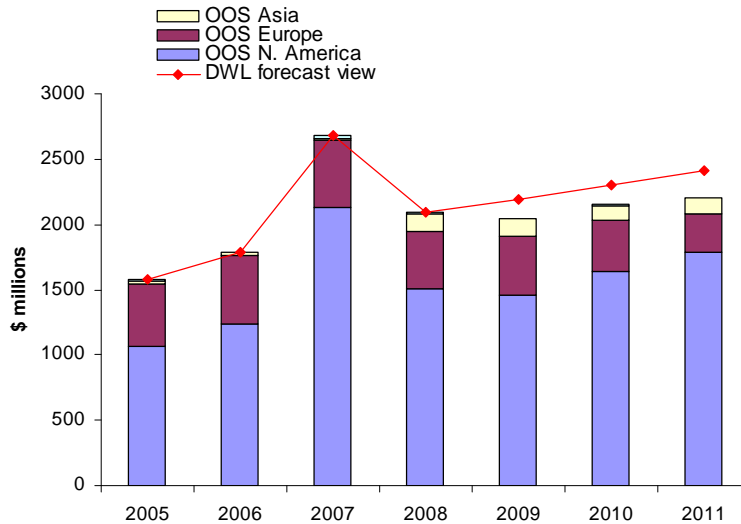


Figure 2-1 : Prévisions du marché mondial des SOO, 2006-2011 (millions \$)

[SOO Asie](#)

[SOO Europe](#)

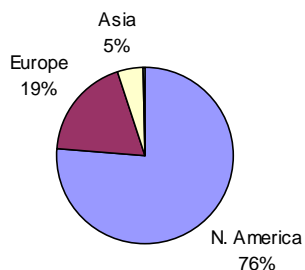
[SOO Amérique du Nord](#)

[Prévisions DWL](#)

[Millions \\$](#)

Les SOO représentent un marché majeur – D’après les programmes que nous avons répertoriés, nous estimons que le marché mondial pour les systèmes d’observation des océans se chiffre à environ 1,8 milliard \$ en 2006, et que les programmes existants représenteront 2,2 milliards \$ d’ici 2011. On peut entrevoir un niveau d’activité très élevé en 2007, car une agence du gouvernement américain injectera 700 millions \$ dans le développement d’un SIOO. Compte tenu de la croissance et de l’impact des facteurs du marché, notamment la réponse au réchauffement planétaire, nous prévoyons que les dépenses totales croîtront de manière appréciable et atteindront probablement 2,4 milliards \$ d’ici 2011. Ces prévisions pourraient fort bien s’avérer trop prudentes.

Deleted: p



Les États-Unis représentent le plus important marché mondial dans le domaine des océans, les dépenses annuelles en 2002 ayant été estimées à 750 milliards \$. La moitié de ces dépenses sont attribuables à l'industrie pétrolière et gazière, et un tiers à la marine américaine³. Les dépenses fédérales américaines pour les SOO ont été estimées à 1 milliard \$ en 2006⁴. Toutefois, nous estimons que les dépenses américaines totales s'approchent plutôt de 1,2 milliard \$.

Deleted: -

Figure 2-2 : Segmentation mondiale du marché des SOO 2007-2011

La gestion des données et des communications est le ciment de tout système SOO. Ce volet représente 12 % des dépenses annuelles américaines dans le domaine des SOO. Un quart des dépenses couvre le volet mondial, et trois quarts le volet côtier.

La participation de la marine est importante – La majeure partie des connaissances sur les océans du monde a été obtenue dans le cadre de programmes financés par l'Office of Naval Research des États-Unis, notamment dans les domaines de la météorologie maritime, de la physique océanique à petite échelle, de l'océanographie optique, de la bioacoustique, des géosciences côtières et du développement d'instruments.

Deleted: -

Un outil essentiel – Les systèmes d'observation des océans sont essentiels aux utilisateurs des océans – en d'autres mots, à l'ensemble de la population de la planète – et ils sont donc d'une importance fondamentale pour nous aider à mieux comprendre les océans et leur rôle dans le changement climatique. À mesure que ce constat s'impose, nous croyons que les SOO seront davantage financés par les gouvernements du monde entier, et que les possibilités commerciales dans la chaîne d'approvisionnement croîtront en conséquence.

2.7 Travaux futur

- Élaboration d'une stratégie permettant de cibler les possibilités offertes par le marché **des** SOO – cette stratégie doit reconnaître et gérer les forces et les lacunes du Canada dans ce secteur :
 - tenir compte du marché américain – comme il s'agit du plus important marché mondial des SOO, on doit l'étudier à fond;
 - chercher à mieux faire connaître la technologie océanique canadienne.
- Déterminer les besoins technologiques :

³ Andrew Clark, président, Marine Technology Society, dans une présentation à la commission présidentielle sur la politique océanique, 13 novembre 2001; également cité dans la présentation de la commission océanique, « Technology & Marine Operations: Strategy for Technology Development to Meet the Nation's Needs », novembre 2002 [www.ocean.commission.gov/documents].

⁴ Mike Hemsley, directeur adjoint, Ocean.US.

- des utilisateurs demandent des améliorations en termes d'exactitude, de résolution, de fiabilité, de durée de vie et de coût. Les coûts de maintenance sont un aspect clé, et on peut les réduire, par exemple, en améliorant les systèmes antisalissure;
 - choisir quelques secteurs, réaliser des études de marché détaillées et ciblées, notamment sur les capteurs chimiques et biochimiques, et améliorer les capteurs satellitaires;
 - développer des plates-formes à faible coût, comme des véhicules autonomes;
 - améliorer la transmission et la gestion des données.
- Élaborer des normes – c'est un besoin pressant dans le domaine des SOO. Le Canada pourrait-il devenir le chef de file en cette matière?

Deleted: taies

Deleted: -

Figure 3-1 : Éléments couvrant plusieurs domaines – besoins en données et en information

(Source : Agence spatiale canadienne)

Les paramètres sont pour la plupart mesurés dans le cadre de programmes financés et mandatés par les gouvernements, et qui visent à surveiller les activités se déroulant sur leurs territoires et dans leurs eaux territoriales. À cette fin, ces programmes doivent disposer de fonctionnalités d'identification et d'avertissement, de surveillance, de suivi, d'analyse et de partage des données sur la situation maritime avec les organismes chargés d'appliquer les lois nationales et internationales.

Par exemple, les ministères du gouvernement du Canada ont un mandat dans divers domaines :

- sécurité et surveillance;
- cartographie et surveillance des glaces;
- surveillance de la pollution;
- conservation et protection;
- recherche et sauvetage;
- science et modélisation;
- transports;
- gestion des zones côtières.

En outre, bon nombre des événements qui peuvent influencer sur les zones côtières en particulier prennent naissance en haute mer, dans les eaux internationales (p. ex., formation des tempêtes tropicales ou événements pouvant déclencher un tsunami), de sorte que les observations doivent se faire aux échelles locale, régionale et planétaire. De plus, de nombreux facteurs contribuant au changement climatique sont de nature planétaire et doivent donc être observés à cette échelle.

Dans un pays donné, aucune organisation gouvernementale ne peut avoir une image complète de la situation maritime, qui englobe les activités, les champs de compétence, les vulnérabilités, les menaces, etc. De plus, les mandats des organismes et des agences se chevauchent. Les biens physiques utilisés par une agence ou une organisation pour surveiller et observer efficacement l'océan sont limités.

Il en découle logiquement que l'observation des océans devrait être organisée en vastes systèmes couvrant des régions, voire la planète entière.

Nous constatons particulièrement les points suivants, qui s'appliquent également aux systèmes satellites et autres⁵ :

- « *L'observation des océans requiert un réseau de capteurs, de plates-formes, d'architectures de communication, de traitement et de gestion des données et de modèles environnementaux qui œuvrent tous de concert, en synergie.* »
- Les systèmes (satellites) sont extrêmement coûteux.

⁵ Crevier, Yves, coprésident du Comité de coordination de la surveillance maritime par observation de la Terre (CCSMOT), Agence spatiale canadienne

- Les utilisateurs n'exploitent pas les systèmes, ils ne paient pas pour ceux-ci et ils s'attendent à ce que les données soient gratuites.
- Le public et les décideurs connaissent peu ou pas ... l'observation de la Terre depuis l'espace, ou ne s'en soucient pas.
- Les activités de sensibilisation du public et des décideurs sont limitées.
- Il est nécessaire que la « *communauté ... en comprenne les avantages sociaux, économiques et environnementaux...* »

3.2 Secteurs

SECTORS	Services						
	Env. Assessment & Monitoring	Natural Hazard Warning	Search & Rescue	Weather and Sea State Prediction	Marine Research	Marine Education	
Markets							
Fisheries & Aquaculture	X	X	X	X	X	X	X
Oil & Gas	X	X	X	X	X	X	X
Marine Renewable Energy	X	X	X	X	X	X	X
Military	X	X	X	X	X	X	X
Marine Safety & Security	X	X	X	X	X	X	X
Recreation	X	X	X	X	X	X	X
Coastal Zone Community	X	X	X	X	X	X	X
Total Community	X	X				X	

Tableau 3-1 Secteurs examinés

Dans cette étude, nous traitons de l'utilisation des SOO dans 13 « secteurs ». En réalité, sept de ces secteurs peuvent être considérés comme des « marchés » (sans parler des avantages qui profitent à l'ensemble de la collectivité). Les six autres secteurs consistent en fait en organisations qui utilisent les SOO pour fournir des « services » aux marchés.

Par exemple, les services de prévisions météorologiques et d'état de la mer constituent un service de base, gratuit, utilisé par tous les intervenants maritimes, depuis les

armateurs jusqu'aux compagnies de pétrole et de gaz en mer. En outre, de nombreux utilisateurs achètent des services de météo maritime « sur mesure » pour planifier leurs itinéraires et leurs opérations en mer.

Dans de nombreux cas, les données brutes fournies par un SOO alimentent des modèles qui fonctionnent selon des scénarios établis, comme les prévisions météorologiques maritimes.

Certains secteurs disposent de leur propre SOO privé. Mentionnons entre autres les militaires pour les opérations de surveillance, les compagnies de pétrole et de gaz en mer pour la surveillance météorologique autour des installations dans des milieux difficiles. Toutefois, les SOO offrent leurs avantages essentiellement à l'ensemble de la population, de manière directe ou indirecte, et il s'agit en grande partie d'activités financées par les gouvernements, avec relativement peu d'appui financier provenant des organisations civiles.

3.2.1 Dépenses des programmes – Exemples régionaux

Le marché potentiel pour les produits, services et systèmes d'observation des océans varie grandement selon les pays et les secteurs industriels. Les industries ont une structure pyramidale, et il est donc important de connaître les points d'entrée stratégiques sur ce marché pour y vendre de l'équipement et des services. Bien que certains programmes gouvernementaux d'observation semblent attrayants pour les entreprises, il faut bien savoir que les gouvernements peuvent subvenir à leurs propres besoins en utilisant leurs ressources internes. Dans certains cas, ces organisations gouvernementales peuvent concurrencer le secteur privé.

« Pour réussir un coup de circuit, il faut parcourir tous les buts » – Cette maxime s’applique également à l’obtention de contrats dans le domaine de l’observation des océans. Dans ce contexte, ces « buts » comprennent les organismes de financement, les ministères des Finances, les ministères techniques chargés de la gestion et des opérations sur le terrain et les bureaux chargés de l’approvisionnement. Voici, dans le secteur de l’observation des océans, quelques exemples de contrats que des sociétés canadiennes pourraient obtenir réalistement, au plan financier, dans des domaines où le Canada a déjà démontré son expertise.

Afrique

L’Union africaine (UA) a mis de l’avant un programme dynamique, le Nouveau Partenariat pour le Développement de l’Afrique (NEPAD – *New Partnership for Africa’s Development*), qui comprend l’initiative dite ROOFS (Système de prévisions et d’observation régionales des océans). Il s’agit d’une approche intégrée visant à gérer les environnements océaniques et côtiers et les catastrophes naturelles en Afrique.

Un des outils techniques visant à améliorer le réseau africain de mesures océaniques *in situ* est l’ensemble d’outils ROOFS-Afrique qui permettra d’améliorer le système de mesures et d’observation *in situ*. En vertu des programmes de développement et d’initiative environnementale de NEPAD, un budget de 30 millions \$ sur cinq ans est alloué à ROOFS-Afrique, 6 millions \$ étant réservés aux améliorations du réseau africain de mesures océaniques *in situ*.

Les grands projets passés visant à étudier les régions côtières, comme les Grands écosystèmes marins (LME – *Large Marine Ecosystem*) et le Fonds pour l’environnement mondial, de la Banque mondiale, avaient été élaborés et financés avant les progrès importants de ces dernières années en prévision et en modélisation numériques. L’intégration des vastes quantités de données atmosphériques et océaniques actuellement disponibles, obtenues par télédétection par satellites et par des instruments *in situ*, offre maintenant la possibilité d’assimiler ces données dans une nouvelle génération de modèles prévisionnels.

La trousse d’outils de 6 millions \$, pour une durée de cinq ans, comprend :

1. une série de marégraphes pour mesurer le niveau de la mer, afin de surveiller les eaux côtières et les impacts du changement planétaire sur l’Afrique;
2. une série de bouées pour surveiller les conditions des vagues;
3. une série de bouées de haute mer et de bouées météorologiques (après le projet PIRATA) afin d’améliorer la connaissance des conditions en haute mer qui pourraient toucher les zones côtières;
4. des programmes de formation, d’installation et d’entretien.

Les volets contractuels de cette trousse d’outils se répartissent comme suit :

- Équipement 2,7 millions \$ (y compris l’installation)
- Entretien 2,7 millions \$
- Formation 270 000 \$
- Gestion du projet 330 000 \$

Les besoins en matière d’achat d’équipement, d’installation, de formation et d’entretien sont couverts pendant chacune des cinq années.

Le financement est assuré par les partenaires bilatéraux et internationaux, dont le Canada. Outre l'UNESCO et le PNUE, les principaux intervenants dans le processus décisionnel pour ce qui est des achats comprennent :

- Centre africain pour les applications de la météorologie au développement (ACMAD)
- JCOMM, une commission de l'OMM/COI qui intègre et modernise les services de données océaniques mondiales;
- IOGOOS, y compris les alliances régionales et MedGOOS.

Europe

En vertu de la Directive-cadre sur l'eau et de la Directive sur l'eau de baignade de l'Union européenne (UE), la gestion de la qualité des eaux côtières dans la mer Baltique, la mer Noire, la Méditerranée et les eaux du Nord-Ouest de l'Europe requiert des données en temps réel pour la surveillance des océans.

Les déversements d'hydrocarbures et la prolifération des algues sont particulièrement problématiques. Pour obtenir, analyser, prévoir et interpréter ces paramètres de la qualité de l'eau, les segments de marché suivants (par activités sectorielles) ont besoin de systèmes d'information maritime :

1. agences environnementales;
2. services météorologiques;
3. autorités portuaires;
4. protection civile;
5. organisations de recherche;
6. ministères et services des pêches.

Bien que les agences météorologiques aient besoin de données océanographiques, il n'y a pas de législation sur l'application de la loi en termes de déversements d'hydrocarbures et de prolifération des algues. Les organisations de recherche ont besoin de meilleures données pour comprendre le phénomène de prolifération des algues, mais ce sont les organismes d'exécution qui prennent les décisions à l'égard des programmes de surveillance et des sous-traitants. Les ministères des Pêches, qui sont responsables du contrôle de la qualité de l'eau et de l'examen des crustacés dans les zones de culture, disposent de programmes bien développés de contrôle de la qualité en laboratoire et de bons capteurs *in situ*.

Les agences environnementales jugent essentiel de disposer de meilleurs systèmes de surveillance pour améliorer la qualité de l'eau, afin de protéger autant l'environnement que le public. Les autorités portuaires ont besoin d'information sur les déversements d'hydrocarbures et la prolifération des algues, en raison de l'impact économique et social de ces phénomènes sur les ports et les régions littorales. Les groupes de protection civile ont besoin d'information en temps réel pour détecter rapidement les déversements d'hydrocarbures et entreprendre des mesures du type « pollueur payeur ».

Les autorités portuaires représentent un segment de marché qui cherche à développer des systèmes de surveillance plus précis, grâce aux systèmes d'observation par satellites. Les ports de Rotterdam, de Hambourg et de Londres sont les plus grands au monde et ils possèdent des réseaux bien développés de fournisseurs.

L'Espagne est bien consciente que le tourisme représente 11 % de son PIB. Elle sait également qu'elle doit améliorer son système de gestion de qualité de l'eau pour répondre aux directives de l'UE en la matière, elle a mis en place un programme quinquennal de réseau de fournisseurs de services, qui comprend la fabrication d'un satellite de surveillance environnementale sur orbite basse.

Les contrats potentiels existants qui constituent « une porte d'entrée » comprennent les programmes de formation et l'expertise technique. Il s'agit de contrats de services professionnels d'une valeur habituellement comprise entre 100 000 et 300 000 €.

Le Canada et l'Espagne ont signé un protocole d'entente et un accord de collaboration en science et technologie (S-T) qui prévoit la participation de l'Agence spatiale canadienne, du Conseil national de recherche du Canada et de l'Instituto de Ciencias del Mar.

Parmi les organisations importantes qui prennent part au processus décisionnel, mentionnons :

- European Sea Ports Organization (ESPO)
- Regional Clean Seas Organization (RECSO)
- Agence européenne pour l'environnement (EEA)
- Centro Tecnológico del Mar (CETMAR)
- Monitoring and Information Centre (MIC)
- European Institute on Harmful Algal Blooms (EUROHAB)

En Espagne, le service centralisé des achats à Madrid, Puerto del Estado, est responsable de tous les besoins en équipement et en service des 27 grands ports du pays.

États-Unis

Le Minerals Management Service (MMS) offrant de nombreux blocs en eaux très profondes, la partie américaine du golfe du Mexique est considérée comme une province pionnière pour le pétrole et le gaz. Parmi les besoins d'observation du fond marin, de la colonne d'eau et de la surface associés aux activités d'exploration, mentionnons :

1. Caractérisation et levés géophysiques du fond marin : Des levés bathymétriques et sismiques 3-D et à basse fréquence (donc à résolution plutôt faible) ont été réalisés dans les blocs amodiés. Toutefois, les sociétés ont besoin de levés haute résolution du fond marin pour déterminer, à l'aide de techniques de détection à distance, la bathymétrie, les paramètres géophysiques et les géorisques pour les volets ingénierie et environnement des travaux de construction, de mise en place des structures d'exploration ou d'exploitation des blocs amodiés, y compris l'ancrage, le forage des puits et l'implantation des pipelines et des plates-formes.

2. Océanographie physique : Les structures verticales actuelles des courants et leur variabilité spatiale et temporelle sont très complexes sur les talus et les glacis continentaux du golfe du Mexique. Tout dépendant de l'emplacement exact des blocs amodiés dans les parties orientale et centrale du Golfe, le « courant en boucle » (*Loop Current*) et les remous thermocentriques qui y sont associés peuvent demeurer en place de manière sporadique ou continue, les courants de surface observés atteignant trois nœuds pour ensuite s'amortir lentement sur une partie importante de la colonne d'eau. Les courants de fond peuvent également être assez puissants. De nombreuses études océanographiques et météorologiques régionales à long terme ont été réalisées par la Scientific Applications International Corporation (SAIC) et l'Université Texas A&M, sous les auspices du MMS, et les résultats sont mis à la disposition des exploitants potentiels. Toutefois, il

faut souvent réaliser des études propres à chaque site particulier afin de s'assurer que l'on ne sous-estime pas la traînée sur les tubes goulottes ni les forces exercées sur les structures de surface et sous-marines.

3. **Sciences environnementales** : Dans la plupart des cas, les concessions du MMS sont accompagnés de conditions environnementales exigeant de l'amodiatrice un rapport sur les organismes benthiques, et contenant une carte bathymétrique (établie à l'aide des techniques de télédétection) pour déterminer la présence d'organismes benthiques qui pourraient être affectés par les activités envisagées. Le cas échéant, l'amodiatrice sera tenu de protéger les organismes vivants en évaluant l'impact de ses activités sur ceux-ci par des mesures de surveillance environnementale, ou en déplaçant ses opérations. Ces conditions comportent également des restrictions touchant le forage (p. ex., les rejets de forage doivent être éliminés au moyen d'une tubulure aboutissant à au plus 10 mètres du fond, et il faut parfois contrôler les émissions électromagnétiques à des fins militaires).

On constate une demande croissante pour la réduction et le traitement de quantités énormes de données en un format qui permettrait aux exploitants, aux clients et aux agences réglementaire de comprendre et d'examiner conjointement et en temps réel l'information à partir des installations côtières.

Exxon Mobil demeure le chef de file de l'industrie pour ce qui est de l'exploration en eaux profondes, et un pionnier dans la mise au point de méthodes novatrices de production. Le groupe BP Amoco possède plus de 3 millions d'acres en amodiation, les plus vastes concessions en eaux profondes dans le golfe. Les activités du groupe Royal Dutch Shell dans le golfe représente plus de 70 % de sa production de pétrole et de gaz. Environ 80 % des concessions se trouvent en eaux profondes. Chevron Texaco a atteint une production record brute de pétrole et de substances équivalentes dans ses deux premiers projets en eaux profondes. Toujours dans le golfe, la société Marathon se concentre sur des activités d'exploration en eaux profondes et 14 de ses 16 soumissions pour l'obtention de concessions dans la zone externe du plateau continental ont été retenues. Marathon exploitera la majeure partie de ces blocs.

Amérique du Sud

En Amérique du Sud, les projets d'observation des océans jugés prioritaires sont nombreux, mais le secteur de l'énergie investit actuellement dans les services et les systèmes d'observation. Sur ce continent, le Brésil est un intervenant majeur dans l'industrie pétrolière et gazière en mer, avec une production de 9,8 milliards de barils de pétrole et d'équivalent gaz, 996 puits actifs en mer, 69 plates-formes fixes, 25 plates-formes flottantes et 43 programmes de forage exploratoire en mer.

Ayant mis fin au monopole exercé par la société pétrolière d'État, Petrobras, l'Agence nationale du pétrole (ANP) et l'Organisation nationale de l'industrie pétrolière (ONIP) ont créé un climat commercial plus propice aux exploitants étrangers et aux fournisseurs internationaux, qui participent maintenant à l'industrie brésilienne du pétrole en mer. Le bassin de Santos, lieu de la première découverte par des sociétés privées (Texaco et Shell), est en train de devenir une région productrice de pétrole aussi importante que le bassin de Campos.

Le partenariat Petrobras-Devon pour le projet de développement POLVO illustre bien cette tendance. Devon Energy Corporation est une société pétrolière américaine qui œuvre au Brésil. Le projet POLVO présente plus de 100 entrepreneurs provenant de 15 pays, et les dépenses en 2007 sont estimées à 250 millions \$.

Ce changement s'accompagne de l'introduction d'une nouvelle loi sur l'environnement qui établit un tout nouveau cadre réglementaire. Ces nouveaux règlements sont élaborés en coopération avec les exploitants brésiliens et étrangers, et ils donnent lieu à des contrats d'observation dans les domaines suivants :

1. procédures d'abandon des puits;
2. procédures et rapports en cas de déversements d'hydrocarbures;
3. critères de lutte contre les déversements d'hydrocarbures;
4. système national de permis environnementaux.

Mentionnons également une étude intégrée de météorologie océanographique et de stabilité du fond marin, associée à l'abandon des puits, et pour laquelle on utilise des navires, des bouées stationnaires, des stations côtières, des travaux de carottage, des lignes géophysiques, des essais en laboratoire, des rapports et des logiciels de modélisation. Bien que les coûts varient selon la dynamique du marché, une croisière type de 21 jours coûte de 500 000 \$ à 750 000 \$.

Le Brésil a conclu avec 10 pays, dont le Canada, un programme d'accords bilatéraux en matière d'environnement. Parmi les principaux clients pour ces contrats de services d'observation, mentionnons les bureaux de direction de Petrobras à Rio de Janeiro, le centre d'exploitation à Santa Cruz et le service d'approvisionnement à Houston. Les sociétés Exxon Mobil, BP Amoco, Shell, Chevron Texaco et Statoil sont toutes des participants importants.

Australie

L'Australie possède l'un des plus beaux littoraux au monde, et possède l'une des plus grandes zones économiques exclusives au monde. Les visiteurs qui affluent à la Grande Barrière génèrent des revenus estimés à 2 milliards \$ par année. Les quelques 75 000 personnes qui visitent la baie Hervey, sur la côte centrale du Queensland, pour y observer le rorqual à bosse génèrent des revenus additionnels de 12 millions \$.

Le système NRSMPA (*National Representative System of Marine Protection Areas*) gère la conservation de la biodiversité et l'utilisation écologique du programme des ressources maritimes dans tout le pays. Une priorité importante du gouvernement est de stopper le déclin de la qualité de l'eau qui pénètre dans la Grande Barrière.

L'approche australienne en gestion intégrée des côtes couvre le littoral, les océans, les estuaires et les zones marécageuses côtières, L'initiative *Coasts and Clean Seas Initiative* soutient des études sur l'utilisation des espaces côtiers, des projets d'installations de collecte des déchets maritimes, ainsi que des programmes de protection des espèces maritimes et de surveillance des côtes.

Ces projets sont financés à même un budget annuel estimé à 18 millions \$, et 95 % du financement est géré par les 35 conseils côtiers.

Asie

L'Initiative environnementale mondiale (GEI – *Global Environmental Initiative*) de la Banque mondiale a mis sur pied un programme dans lequel la valeur des contrats pour les différents projets convient fort bien aux petites et moyennes entreprises (PME). L'aide aux sociétés doit être inférieure à 1 million \$ et le financement de chaque projet est fixé à au plus 5 millions \$, sur une période de trois ans.

Par l'intermédiaire du Fonds pour l'environnement mondial (FEM) de la GEI, les projets d'observation des océans relèvent des sections Changement climatique et Eaux internationales. Il s'agit de trouver un pays membre de la Banque mondiale qui a besoin d'un SOO, et de présenter conjointement une proposition au FEM. Les PME peuvent obtenir des subventions atteignant 25 000 \$ pour définir le projet et préparer une proposition.

En Chine, la loi sur la gestion intégrée des océans ainsi que les mécanismes de planification et de zonage des pêches et des océans mettent l'accent sur les projets visant à régler les problèmes d'approvisionnement en eau douce, d'érosion côtière et d'utilisation des espaces côtiers. La Malaisie a clairement indiqué que la biodiversité et la conservation de l'environnement sont prioritaires. Les projets d'observation côtière les plus importants mis en œuvre dans ce pays touchent les rejets d'hydrocarbures, de phosphates et de nitrates dans les eaux côtières. L'Indonésie insiste sur l'importance d'habiliter les communautés locales afin de les aider à combler le vaste fossé qui existe entre la pêche commerciale ultramoderne et la pêche traditionnelle. Ce pays prévoit réaliser des projets de surveillance, d'évaluation et de modélisation des impacts sur les écosystèmes halieutiques.

Parmi les organismes importants qu'il y a lieu de contacter, mentionnons le PNUD, le PNUE et la Banque mondiale. Pour transiger avec d'éventuels clients asiatiques, on devrait alors communiquer avec les organisations suivantes :

1. Affaires environnementales mondiales
Ministère d'État de l'Environnement
Jakarta, Indonésie
2. Ministère fédéral du Trésor
Kuala Lumpur, Malaisie
3. Service international
Ministère des Finances
Beijing, RPC
4. Banque mondiale
Washington (D.C.)

3.2.2 Marché mondial

De tout temps, on a observé et étudié les océans dans le cadre de divers projets ou pour caractériser des sites particuliers. Ce qui distingue les programmes actuels des programmes précédents, c'est l'approche intégrée, mondiale et systémique qui est le propre des systèmes intégrés d'observation des océans. Les gouvernements sont les chefs de file de cette nouvelle approche et ils soutiennent également des projets pilotes visant à démontrer la viabilité technique et commerciale des SOO, ainsi que leurs avantages.

Comme la communauté scientifique commence à comprendre l'importance de « connaître les besoins des clients » et que les entreprises entrevoient la valeur commerciale d'une information océanique de meilleure qualité, le marché des SOO est dynamique et en croissance. Il faudra plusieurs années aux organisations et aux utilisateurs habitués à recevoir des données gratuites pour reconnaître la valeur commerciale d'une information de qualité.

La communauté scientifique est le moteur de l'innovation pour ce qui est des systèmes d'observation des océans. Dans leur désir d'accroître la compréhension et les connaissances en océanographie, en météorologie et en géosciences, les secteurs de la recherche et de l'éducation ont joué un rôle de leader dans la conception, le développement et la mise en place des systèmes d'observation.

Disposant de fonds de la COI et de l'OMM, le Système mondial d'observation de l'océan (SMOO) est un système mondial permanent d'observation, de modélisation et d'analyse de variables maritimes et océaniques qui soutient les services océaniques opérationnels dans le monde entier.

L'intégration des systèmes d'observation se fait par les programmes régionaux. Voici une liste représentative de divers programmes régionaux actifs :

Le Système mondial d'observation du niveau de la mer (GLOSS – *Global Sea-Level Observing System*) est un système opérationnel conçu pour assurer la surveillance du niveau des mers dans le monde entier. Le programme vise à établir des réseaux mondiaux et régionaux de haute qualité pour surveiller le niveau de la mer, et utiliser les données ainsi obtenues pour les recherches sur le climat, l'océanographie et les zones côtières.

Le Projet profil de la température et la salinité à l'échelle du globe (GTSPP – *Global Temperature-Salinity Profile Project*) est un projet conjoint COI/OMM qui gère les observations en temps réel et en différé de la température et de la salinité des océans du monde. Les participants regroupent des organisations gouvernementales et scientifiques qui contribuent au projet à même leur propre budget, dont le Canada.

Le Réseau océan-atmosphère pour l'observation dans les mers tropicales (réseau TAO – *Tropical Atmosphere Ocean*) gère et coordonne la mise en place et l'exploitation de bouées ancrées dans les régions océaniques tropicales du Pacifique, de l'Atlantique et de l'océan Indien. Les travaux sont dirigés dans le Pacifique par le Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL) de la NOAA, dans l'océan Indien par le JAMSTEC, et dans l'Atlantique par un projet conjoint de la France, du Brésil et des États-Unis.

Le Programme des navires d'observation bénévole (VOS – *Voluntary Observing Ships*) soutient les prévisions météorologiques atmosphériques. Le programme VOS est maintenant combiné au programme des navires occasionnels (SOS – *Ship of Opportunity*), dans le cadre de la nouvelle Commission conjointe sur l'océanographie et la météorologie marine (JCOMM) de la COI/OMM. Les membres fondateurs du programme VOS comprenaient l'Allemagne, Hong Kong, l'Inde, le Japon, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Fédération russe et les États-Unis.

Les premières organisations à se joindre à ce programme comprenaient essentiellement des organisations gouvernementales et étaient dirigées par la COI et l'UNESCO. Voici une liste représentative de programmes en cours de développement :

Le programme SMOO dans la mer Noire vise à favoriser l'océanographie opérationnelle chez ses membres régionaux, dont la Bulgarie, la Roumanie, la Turquie, la Fédération russe, l'Ukraine et la Géorgie. L'organisation directrice est le Centre océanographique de l'UNAS, en Ukraine.

Le volet du SMOO pour l'Afrique, SMOO-Afrique, est un comité de coordination établi pour promouvoir le développement du SMOO en Afrique. Le comité a plusieurs projets : former un réseau panafricain de centres nationaux de données océanographiques, mettre à niveau le réseau

africain de stations d'observation du niveau de la mer, favoriser le renforcement des capacités en télédétection océanographique et faciliter l'accès et le transfert de données par Internet. L'Université du Cap dirige le développement du réseau.

Le projet IOCCARIBE-SMOO devrait fournir des services et des produits d'information sur les zones côtières et les mers dans la région IOCCARIBE. Ceci comprend l'information sur l'état passé, présent et futur de l'environnement maritime et côtier, des écosystèmes et de la biodiversité maritimes, ainsi que de la variabilité météorologique et climatique. L'industrie touristique, les autorités portuaires, le secteur des pêches, le secteur du transport et l'industrie du pétrole et du gaz en mer utilisent cette information, mais ce sont les agences gouvernementales et la communauté scientifique qui financeront le programme. Outre les pays des Caraïbes, les principaux contributeurs seront les gouvernements des Pays-Bas, du Royaume-Uni et des États-Unis.

Le volet du SMOO pour la Méditerranée (MedGOOS – *Mediterranean GOOS*) est une association informelle créée afin de faciliter le développement d'un système opérationnel d'observation et de prévisions océanographiques au niveau régional. Les pays membres en sont l'Albanie, la Bosnie, la Croatie, Chypre, l'Égypte, la France, la Grèce, la Crête, l'Israël et l'Italie, et ces pays ont offert les services de leurs institutions de recherche.

Le volet du SMOO pour îles du Pacifique (PIGOOS – *Pacific Islands GOOS*) continuera ses activités de sensibilisation du public, tiendra des ateliers de renforcement des capacités, et participera à l'initiative Argo à titre de nouvelle association régionale dans le Pacifique. L'organisation directrice est la South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC) de Fiji.

Le Projet d'applications marines dans la partie occidentale de l'océan Indien (WIOMAP – *Western Indian Ocean Marine Application Project*) vise à améliorer la disponibilité des données maritimes et des services, grâce à une formation spécialisée accrue, à un réseau d'observation amélioré et à l'établissement de plusieurs centres de modélisation et de produits maritimes spécialisés. Le Bureau of Meteorology de Perth assure la coordination du projet.

Plusieurs projets pilotes en sont encore aux tous premiers stades et cherchent à se faire connaître. Les États-Unis sont la principale source financière et scientifique de ces programmes, lesquels comprennent :

Le Système vietnamien de prévisions (VFS – *Vietnamese Forecasting System*) est un système de prévision des ondes de tempêtes causées par les typhons dans la partie méridionale de la mer de Chine.

Le programme PhytoNet, un réseau de laboratoires qui coordonnera les observations des proliférations d'algues nocives.

Le Système d'observation des côtes dans la partie sud-est de l'océan Pacifique (COSESPO – *Coastal Observing System for the Eastern South Pacific Ocean*) fournira des prévisions à très courte et moyenne échéances de la circulation et des courants sur le plateau continental, ainsi que dans les baies et les ports des pays participants.

Le Brésil coordonne l'équipe d'observation conjointe à intégration rapide (QUIJOTE – *Quickly Integrated Joint Observing Team*), qui surveillera et prévoira les changements dans la zone côtière de la partie sud-ouest de l'Atlantique.

L'Italie dirige le Projet pilote du système de prévisions de la Méditerranée (MFSP – *Mediterranean Forecasting System Pilot Project*), qui sera chargé de prévoir la variabilité des écosystèmes maritimes dans les zones côtières, sur des périodes de quelques jours à quelques mois.

La marine américaine et la NOAA financent conjointement le projet de sécurité portuaire « Modélisation de la dispersion des produits chimiques dans l'eau » (*Waterborne Chemical Dispersion Modeling*). L'étude devrait permettre de prévoir les effets du rejet de matières dangereuses dans l'atmosphère et leurs effets collatéraux sur les populations civiles et militaires.

Les autorités portuaires européennes et japonaises ont commandé une étude visant à examiner leurs besoins en matière de système de surveillance des vaisseaux inconnus, de détection et de localisation des navires, et de surveillance des cargaisons.

L'île de Patong, en Thaïlande, est le lieu d'un projet pilote visant à assurer la liaison de l'île par satellite avec le Centre national d'avertissement basé à Nonthaburi.

L'information obtenue par les systèmes d'observation permet aux agences gouvernementales et aux sociétés (celles qui utilisent les données depuis longtemps comme celles qui s'y intéressent seulement maintenant, et qui sont disposées à payer pour des produits et services d'observation) d'augmenter leurs profits, d'accroître leur rendement opérationnel ou de réduire les accidents.

Selon des études américaines réalisées par Pugh et Skinner, l'amélioration de l'observation des océans en haute mer pourrait se traduire par des avantages potentiels de 100 millions \$ par année pour l'industrie du transport maritime. De plus, les observations de l'océan dans les zones côtières pourraient avoir des avantages de 10 millions \$ par année pour les exploitants de remorqueurs et de barges, et les services de recherche et de sauvetage pourraient réduire leurs coûts de plusieurs dizaines de millions de dollars par année en terme de vies sauvées. Les diverses industries maritimes ont un besoin croissant d'information sur les vents de surface, les vagues, les courants, la visibilité et le niveau de l'eau.

Au Royaume-Uni, le Bureau de la météorologie et les centres de prévention des maladies (*Centres for Disease Control and Prevention*) ont uni leurs forces pour réaliser des projets pilotes visant à combiner des prévisions météorologiques plus fiables aux données sur la santé, afin d'améliorer les services de soutien à la santé et les décisions touchant les établissements médicaux.

Selon les recherches réalisées par Ocean.US, les fournisseurs de données commencent seulement à comprendre les opérations et les décisions qui nécessitent de meilleures données météorologiques, climatiques et océaniques. Les clients potentiels œuvrent dans divers secteurs : exploration, mise en valeur et production du pétrole et du gaz; énergies renouvelables; production, transmission et distribution d'électricité; services financiers; gestion globale.

L'information pour la gestion environnementale à moyen et à long termes comprend les données statistiques climatiques et en temps réel sur les environnements maritimes naturels, y compris l'information sur les paramètres écologiques et les pêches, les contaminants et les polluants, les avis de santé publique et la gestion des installations dans les estuaires et les zones côtières. Les activités récréatives associées à la navigation de plaisance, à la pêche et à l'utilisation des plages peuvent grandement profiter d'une meilleure information côtière. Les organisations qui profitent le plus de cette information ont tendance à se fier aux autorités de réglementation et d'exécution de la loi pour obtenir les données sous forme de service public. C'est un marché à développer.

Dans tous ces segments de marché, les exceptions et les zones grises sont nombreuses. Le principal facteur est la nécessité de fournir une meilleure information environnementale, et les initiatives en matière de SOO sont surtout financées par des organisations gouvernementales. Aucun de ces marchés n'a encore atteint sa maturité.

3.3 Organisations

À la grande complexité des SOO, s'ajoute une myriade d'organisations dans ce domaine. Le graphique ci-dessous illustre quelques-uns des liens et des relations pour une seule expérience : l'expérience GODAE (*Expérience mondiale d'assimilation des données océaniques*).

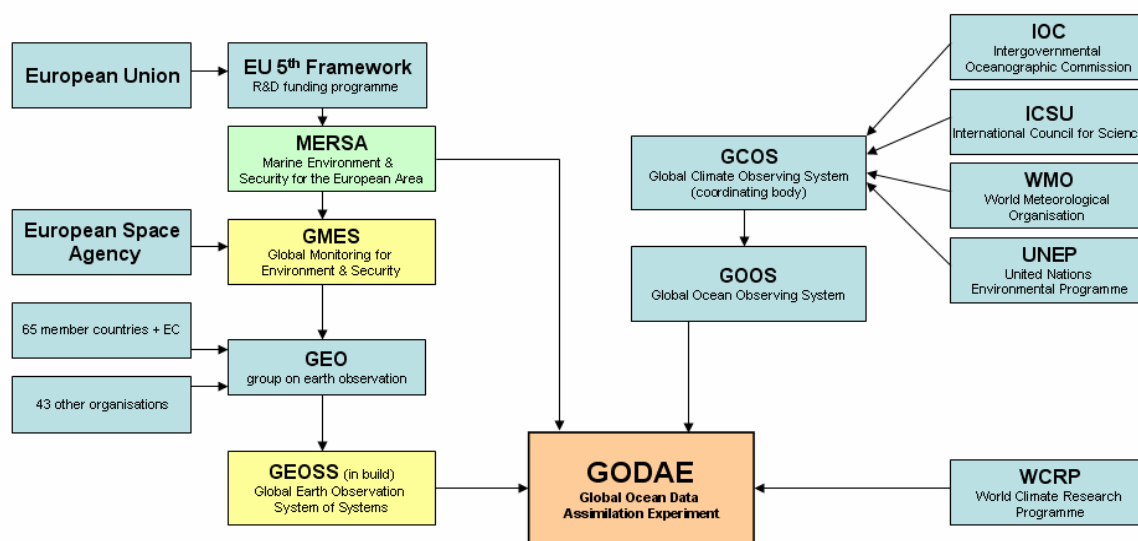


Figure 3-2 GODEA – Connexions et liens

Le Groupe des observations de la Terre (GEO) comprend 64 pays membres, la Commission européenne et 43 autres organisations, qui envisagent de construire un Système mondial de systèmes d'observation de la Terre (GEOS). Ce projet devrait s'appuyer sur les systèmes d'observation de la Terre existants (et futurs) et les bonifier en coordonnant les efforts, en comblant les lacunes et en améliorant l'échange des données.

Le Système mondial d'observation du climat (SMOC) est un partenariat dont font partie la Commission océanographique intergouvernementale (COI), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et le Conseil international pour la science (CIUS). Ce système ne réalise pas directement d'observations, ni ne génère de produits de données, mais il soutient les exigences nationales dans le domaine de l'observation du climat et offre un cadre opérationnel permettant d'intégrer les systèmes opérationnels pour traiter les questions climatiques.

Le Système mondial d'observation de l'océan (SMOO) se veut un système mondial permanent, offrant la possibilité d'observer, de modéliser et d'analyser les variables maritimes et océaniques requises à l'appui des services opérationnels de par le monde. De nouveau, il s'agit d'un partenariat entre la COI, l'OMM, le PNUE et le CIUS et il est coordonné avec le SMOC.

Une autre activité de ce groupe est l'Expérience mondiale d'assimilation des données océaniques (GODAE – *Global Ocean Data Assimilation Experiment*), visant à démontrer qu'il est possible d'assimiler les données en temps réel afin de décrire de manière complète et régulière la circulation océanique, sur des échelles de quelques jours et avec une résolution de quelques dizaines de kilomètres. Il s'agit d'une initiative conjointe du SMOC, du SMOO et du Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC).

3.4 Financement

Le financement des programmes de SOO vise à mieux comprendre et gérer nos ressources océaniques et leur environnement. Le financement dans ce domaine est très complexe, car les budgets changent fréquemment. Du point de vue des budgets des programmes scientifiques, les SOO sont considérés comme « de la petite science ».

3.4.1 États-Unis

Depuis 2001, le financement assuré par le gouvernement américain a permis d'améliorer la prévision météorologique, grâce à un accroissement des observations et à des investissements visant à améliorer les modèles prévisionnels. Selon l'*Ocean and Coastal Observation Act* de 2005, le National Ocean Research Leadership Council doit élaborer et exploiter un système intégré d'observation océanique côtière. Dans le budget présidentiel pour l'exercice 2007, on met l'accent sur l'amélioration des prévisions météorologiques et climatiques, pour assurer la sécurité du public et la croissance économique.

Cela est évident dans le budget de 2007, qui soutient des programmes clés de la NOAA, lesquels permettent d'observer et de prévoir les changements dans l'environnement terrestre et de gérer les ressources océaniques et côtières. Le budget prévoit également un accroissement des fonds pour les activités de prévisions météorologiques, une assistance technique afin d'améliorer les capacités d'alerte aux tsunamis pour les autres nations, l'augmentation du nombre de stations perfectionnées sur bouées en eaux profondes, et l'accroissement des efforts de prévision, de modélisation et de cartographie des inondations dues aux tsunamis. La saison record des ouragans enregistrée en 2005 et le tsunami qui a frappé le sud-est asiatique en 2004 sont les principales causes de cette augmentation.

En vertu de l'Initiative présidentielle de recherche sur le changement climatique, le budget américain soutient la mise en œuvre continue du système mondial d'observations, dans le but d'améliorer la surveillance et les prévisions climatiques. Afin de soutenir le plan d'action américain pour les océans mis de l'avant par le président, le budget prévoit des fonds afin d'améliorer la gestion des pêches aux États-Unis, ainsi qu'une augmentation importante du financement pour les programmes de recherche et de gestion des pêches dans le golfe du Mexique.

Le système américain d'observation océanique et côtière comprend l'exploitation et le développement d'un système intégré d'information côtière et océanique, y compris la surveillance des océans, l'analyse des données, la sensibilisation du public et la recherche. Le Congressional Budget Office (CBO) estime qu'il en coûtera entre 1,8 et 2,2 milliards \$, de 2006 à 2010.

Le CBO ne manque pas de souligner que « les coûts requis pour répondre aux besoins sont incertains, car les paramètres du système d'information, y compris la sensibilisation du public et la recherche, n'ont pas été déterminés par le National Ocean Research Leadership Council et

parce qu'il est difficile de prévoir combien de programmes nécessaires seront financés et mis en œuvre ».

Bien que la NOAA soit l'agence principale, le premier budget de base pour un système intégré d'observation océanique figurera dans le budget de l'exercice 2008. Une somme additionnelle de 700 millions \$ pour 2007 a également été annoncée : cet exemple d'attribution de fonds de dernière minute, pour une seule année, illustre bien comment le Congrès américain est de plus en plus sensibilisé aux SOO, et souligne l'inquiétude des États-Unis face aux agressions pouvant venir de la mer.

Les dépenses passées pour des activités similaires permettent d'entrevoir les dépenses estimées suivantes, selon deux niveaux :

1. dépenses autorisés estimés;
2. dépenses engagées estimés.

Les dépenses autorisées sont habituellement approuvées au début de l'exercice, ce qui permet de projeter les dépenses de base qui se rapprochent passablement des montants autorisés. Comme le SIOO est loin d'être arrivé à maturité, la majeure partie du financement a débuté au niveau régional et les fonds commencent seulement à être cumulés en un poste budgétaire national plus grand pour le SIOO. On s'attend à ce que les membres du Congrès changent de point de vue et se rendent compte que le SIOO est de la « mégascience » et non de la « miniscience ».

À mesure que les politiciens et les fonctionnaires connaîtront mieux et apprécieront le SIOO, les niveaux de dépenses autorisées et les dépenses réelles seront progressivement synchronisés. Les projections suivantes, estimées pour les exercices 2006 à 2010, indiquent les dépenses autorisées estimées et les dépenses réelles estimées, en millions de dollars :

2006 – 175/80
2007 – 325/240
2008 – 424/390
2009 – 575/500
2010 – 675/610

2006-2010 – Total : 2,2/1,8 milliards \$

Nota : La somme actualisée de 38 millions \$ pour l'exercice 2007 est attribuable à des chevauchements budgétaires. Le SOO commence seulement à figurer dans les budgets, et les fonctions budgétaires passent d'un secteur à l'autre : défense, science, espace et technologie, ressources naturelles et environnement, transport. C'est une situation en évolution constante.

La Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO et le comité chargé des systèmes mondiaux d'observations des océans, dont font partie l'Organisation météorologique mondiale (OMM), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et le Conseil international pour la science (CIUS), assurent la coordination internationale du financement des SOO.

3.4.1 Europe

La COI joue également un rôle de maître d'œuvre. Pour les pays donateurs et participants de l'UE, du CE et de la CEE, la COI est le maître d'œuvre pour divers projets comme Argo-GODAE et SMOO-Pacifique. La Commission est également la principale organisation qui encourage la participation de nouveaux membres. En Europe, où l'on trouve plus de 430 flotteurs actifs (soit environ 18 % du total mondial), la COI agit comme agence principale pour les activités suivantes :

- soutien technique pour la fourniture de données en temps réel au Système mondial de télécommunication de l'OMM et pour Internet;
- établissement de centres de données régionaux;
- obtention d'un financement soutenu pour terminer et maintenir le réseau;
- coordination des activités opérationnelles et de recherche visant à améliorer les flotteurs de profilage.

Le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) et la COI ont établi un comité directeur pour le SMOO (SCGOOS), afin d'intégrer les systèmes de données utilisés pour la surveillance des écosystèmes marins de la mer du Nord. Plus d'une centaine de commissions européennes dans le secteur de l'environnement et des pêches participent à l'intégration de données biologiques, chimiques, halieutiques, physiques et chimiques. Le budget annuel est de 3,9 millions € (4,9 millions \$).

Les rôles que jouent les institutions de recherche des pays membres dans les projets de SOO financés par l'UE illustrent bien les défis que représentent la gestion et le marketing de ces projets. Par exemple, dans le projet Ferry Box, divers organismes de recherche placent des modules d'équipement sur les traversiers : le Finnish Institute of Marine Research (FIMR) dans la mer Baltique, le GKSS (regroupement de 15 organisations de recherche allemandes) dans la mer du Nord et le Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ) dans la mer des Wadden, entre Southampton et l'île de Wight dans la Manche, l'Université de Kiel entre Oslo et Kiel, et le NIVA (centre de formation nordique) entre Oslo et Hirtshals.

Grâce à l'obtention de nouveaux fonds, on ajoutera des traversiers en Méditerranée entre Athènes et la Crète, qui seront exploités par le Centre grec de recherche maritime (NCOMR), dans la mer d'Irlande (Proudman Oceanographic Laboratory en coopération avec l'Agence environnementale), et dans le golfe de Gascogne (Southampton Oceanographic Centre et Institut espagnol d'océanographie).

Plusieurs pays de l'UE se sont engagés à verser 20 millions € (25 millions \$) pour soutenir la recherche, le développement et l'exploitation de systèmes régionaux d'alerte rapide dans l'océan Indien et en Méditerranée. La COI, le Bureau des Nations Unies pour la coordination des affaires humanitaires (BCAH) et la Stratégie internationale des Nations Unies pour la réduction des catastrophes (SIRC) coordonnent le programme. Environ 58 % des fonds engagés proviennent de l'Allemagne, de l'Italie, des Pays-Bas et du Royaume-Uni.

Plusieurs pays ont entrepris, sur une base individuelle, des projets de SOO qui sont importants pour leur économie nationale. La Norvège étant le deuxième plus grand exportateur mondial de poissons et de produits de la pêche, elle a fait d'importants investissements afin d'assurer la gestion durable des ressources biologiques maritimes, qui représenteront des exportations annuelles de 100 à 120 milliards NOK (15-18 milliards \$) d'ici 2020. AMOEBE est un projet de recherche et d'observation des écosystèmes d'une durée de 10 ans, et qui comporte l'intégration

de données de diverses sources : navires, satellites, bouées, aéronefs et AUV. La Norvège a prévu un budget de 700 millions NOK (104 millions \$) pour les cinq prochaines années, et une somme totale de 1,3 milliard NOK (193 millions \$) sur une période de 10 ans.

Bien que le budget de l'Agence spatiale européenne (ASE) soit seulement 7 % de celui de la NASA, une somme de 1,9 milliard € (2,4 milliards \$) a été réservée pour des projets de recherche en environnement, notamment sur le changement climatique. La contribution spatiale de l'ESA à l'observation des océans se fera par l'intermédiaire du système GMES (*Global Monitoring for Environmental Security*). Il s'agit d'un programme conjoint de la Commission européenne et de l'ASE, une somme de 1,215 milliard € (1,526 milliard \$) étant allouée au GMES entre 2006 et 2013. Le volet spatial représente 55 %, soit 665 millions € (835 millions \$), et les services 45 %, soit 550 millions € (690 millions \$).

3.5 Utilisation des SOO par secteur d'application – 2001-2011

Nous avons répertorié 110 programmes couvrant la période de 10 ans allant de 2001 à 2011. Afin d'évaluer l'importance de chaque secteur, pendant cette période, nous avons réparti chaque « initiative » répertoriée selon divers secteurs, dans le tableau ci-dessous. (Dans le cas des grands programmes multisectoriels, notre analyse a consisté à répartir également les dépenses entre chaque secteur.)

Tableau 3-2 Organisations, programmes et projets – Nombre par secteur, 2001-2011

2001-2011	Recherche universitaire	Utilisation des zones côtières	Éducation	Surveillance et évaluation de l'environnement	Pêches et aquaculture	Avertissement de dangers	Sécurité et sûreté maritimes	Transport maritime	Activités militaires	Travaux en haute mer	Activités récréatives	Recherche et sauvetage	Suivi des navires	Prévisions météorologiques et de l'état de la mer	Total – applications	Total – initiatives	Nbre moyen par initiative
Projets	51	30	32	37	26	21	11	7	5	14	7	11	3	30	285	63	5
Programmes océaniques	44	36	34	53	32	29	24	28	12	17	18	25	19	50	421	81	5
Programmes satellitaires	12	0	2	19	0	6	0	0	1	0	0	0	1	25	66	29	2
Organisations	38	35	33	45	33	35	25	24	15	20	17	21	17	39		66	6
TOTAL	145	101	101	154	91	91	60	59	33	51	42	57	40	144	1169	239	5
Total des programmes																	
SOO – Am. du N.	32	19	23	38	18	22	13	18	11	12	17	20	14	40	297	57	5
SOO – Europe	14	6	5	20	5	4	8	6	2	4	1	4	5	23	107	36	3
SOO – Asie	3	1	1	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4	16	6	3
SOO – Autres	7	10	7	11	8	6	3	4	0	1	0	1	1	8	67	11	6
SOO – Total	56	36	36	72	32	35	24	28	13	17	18	25	20	75	487	110	4

Nous pouvons dégager certaines caractéristiques de ces chiffres :

- la plupart des organisations, des programmes et des projets sont multisectoriels et couvrent habituellement cinq ou six secteurs;
- toutefois, les programmes satellitaires semblent couvrir un nombre moindre de secteurs, habituellement deux;
- les organisations nord-américaines couvrent de nombreux secteurs, habituellement cinq;
- deux secteurs ressortent du lot – la surveillance et l'évaluation de l'environnement, ainsi que les prévisions météorologiques et de l'état de la mer. Suit la recherche universitaire (scientifique).

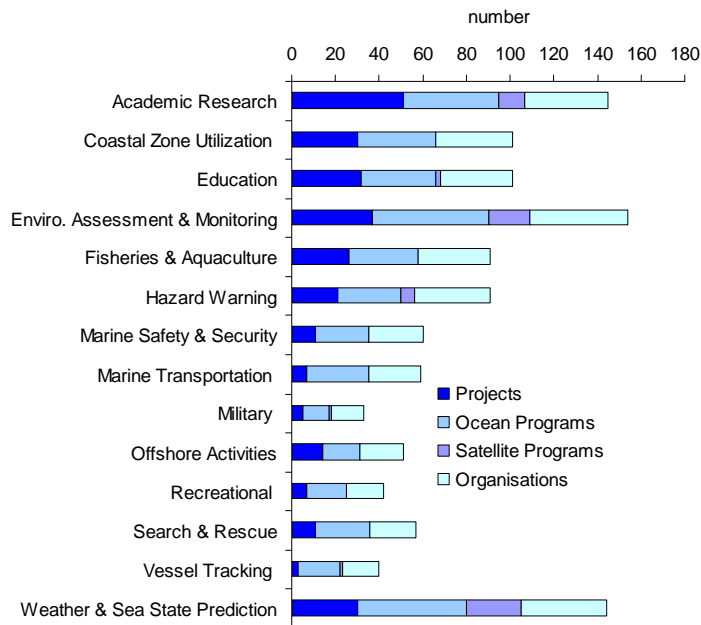


Figure 3-3 : Secteurs des SOO, 2001-2011, par nombre d'activités

Le graphique pour la période de 2001-2011 démontre de nouveau l'importance relative de trois secteurs, à savoir : la recherche universitaire, l'environnement et la météorologie.

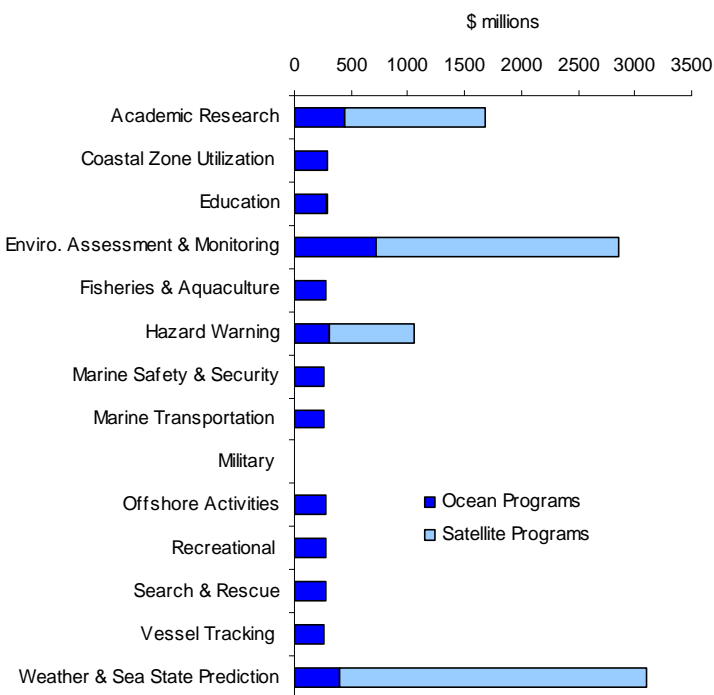


Figure 3-4 : Secteurs des SOO, 2001-2011, par dépenses (M\$)

Les programmes satellitaires dominent les « quatre principaux » secteurs. (Certains projets sont exclus du graphique pour éviter le double comptage.)

3.6 Taille du marché – Programmes répertoriés

Marché par région

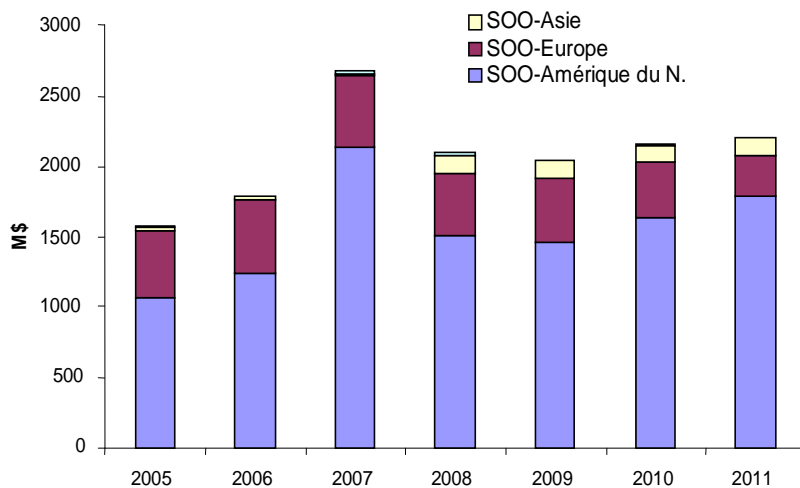


Figure 3-5 : Programmes de SOO par région, 2005-2011

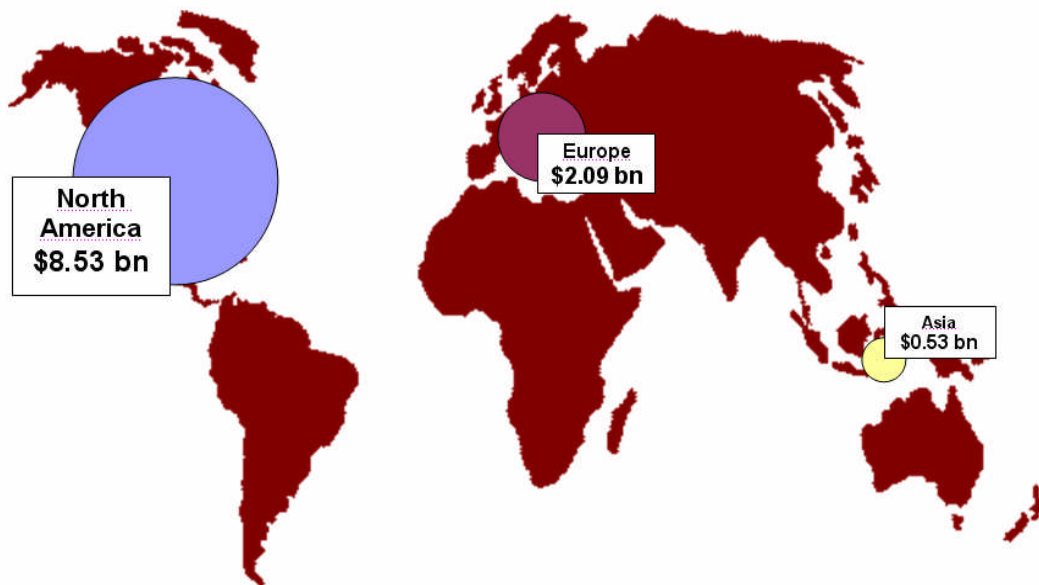


Figure 3-6 : Répartition régionale des SOO, 2007-2011

Tableau 3-3 : Programmes de SOO par région, 2005-2011

M\$	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2007-2011
Am. du N.	1 063	1 237	2 135	1 501	1 457	1 644	1 788	8 525
Europe	484	527	505	449	449	388	298	2 090
Asie	21	21	21	137	137	117	117	529
Autres	13	7	17	0.4	0.4	0.4	0.4	19
Total – SOO	1 581	1 792	2 678	2 088	2 044	2 149	2 203	11 162

Le marché des SOO est en forte expansion. Nous estimons que les programmes de SOO en 2006 représenteront un total de 1,8 milliard \$, les dépenses des programmes répertoriés augmentant jusqu'en 2011. Toutefois, comme les facteurs du marché sont en croissance, nous devrions nous attendre à une augmentation importante des dépenses annuelles réelles.

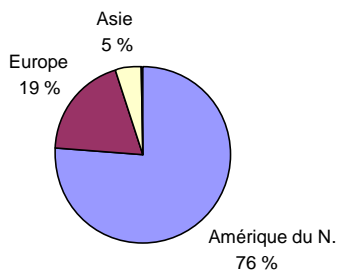


Figure 3-7 : Programmes de SOO – Répartition régionale

Les États-Unis dominent les dépenses pour ce qui est des programmes de SOO répertoriés pour la période 2007-2011. Bien que l'Europe participe à de nombreux programmes, ses dépenses ne représentent qu'une fraction de celles des États-Unis.

Il faut souligner que la répartition régionale des projets et des programmes est faite selon l'emplacement de l'organisme de financement. Une grande partie des dépenses réelles peuvent se faire dans d'autres régions ou à leur avantage.

Marché par type de projet

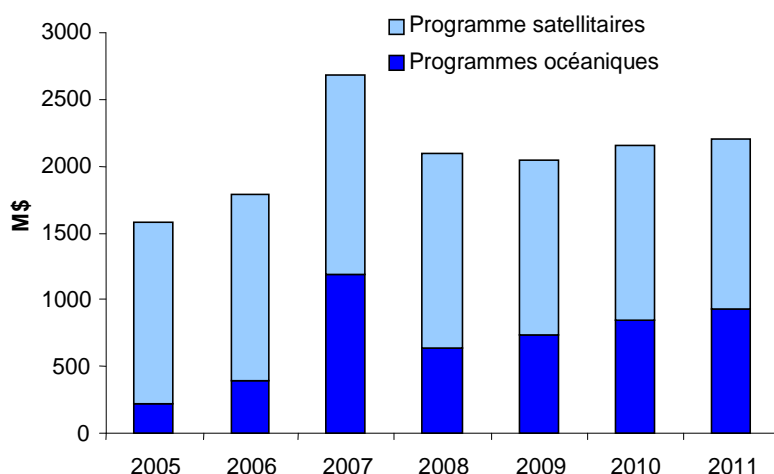


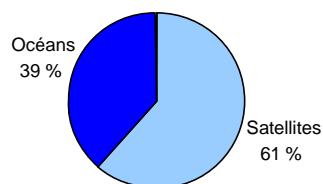
Figure 3-8 : Dépenses pour les SOO par type, 2005-2011

Tableau 3-4 : Dépenses pour les SOO par type, 2005-2011

M\$	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2007-2011
Satellites	1 367	1 390	1 498	1 445	1 311	1 304	1 280	6 839
Océans	214	402	1 180	643	732	845	924	4 324
Total – SOO	1 581	1 792	2 678	2 088	2 044	2 149	2 203	11 162

Le marché comprend deux grands secteurs : les systèmes océaniques et les systèmes satellitaires.

Figure 3-9 : Dépenses pour les SOO par type



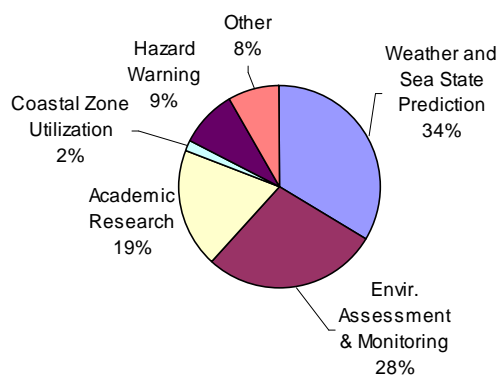
Les dépenses totales pour les futurs programmes satellitaires que nous avons répertoriés sont 50 % plus élevées que celles prévues pour les systèmes océaniques.

Nota : Les dépenses de la NOAA comprennent une somme de 700 millions \$ pour 2007; cet exemple d'attribution de fonds de dernière minute, pour une seule année, illustre bien comment le Congrès américain est de plus en

plus sensibilisé aux SOO, et souligne l'inquiétude des États-Unis face aux agressions pouvant venir de la mer. Cette somme peut être considérée comme contribution unique et ponctuelle à un éventuel SIOO.

Marché des SOO par secteur d'application, 2006

Tableau 3-5 : Projets en 2006, par secteur d'application (M\$)



Secteur d'application	M\$ 2006	%
Prévisions météorologiques et de l'état de la mer	603	34 %
Surveillance et évaluation de l'environnement	502	28 %
Recherche universitaire	343	19 %
Avertissement de dangers	164	9 %
Utilisation des zones côtières	31	2 %
Éducation	24	1 %
Pêches et aquaculture	18	1 %
Sécurité et sûreté maritimes	22	1 %
Transport maritime	15	1 %
Travaux en haute mer	22	1 %
Activités récréatives	14	1 %
Recherche et sauvetage	15	1 %
Suivi des navires	12	1 %

Figure 3-10 : Projets de SOO en 2006, par secteur d'application

Notre évaluation des programmes associés aux SOO au cours de la période de 2001-2011 indique que 90 % des dépenses sont associées à quatre grands secteurs :

- prévisions météorologiques et de l'état de la mer
- surveillance et évaluation de l'environnement
- recherche universitaire
- avertissement de dangers.

Bien que les activités soient concentrées dans quatre grands secteurs, les autres secteurs en profitent souvent directement. Par exemple, tous les secteurs profitent directement des dépenses et des activités associées à de meilleures prévisions météorologiques et de l'état de la mer.

Il est important de noter que ces quatre secteurs sont étroitement associés.

Tableau 3-6 : Organisations, programmes et projets – dépenses par secteur d'application, 2006 (M\$)

2006	Recherche universitaire	Utilisation des zones côtières	Éducation	Surveillance et évaluation de l'environnement	Pêches et aquaculture	Avertissement de dangers	Sécurité et sûreté maritimes	Transport maritime	Activités militaires	Travaux en haute mer	Activités récréatives	Recherche et sauvetage	Suivi des navires	Prévisions météorologiques et de l'état de la mer	Total 2006 (M\$)
Projets	36	17	13	20	11	8	11	0	54	6	0	5	0	17	198
Programmes océaniques	88	31	18	59	18	26	22	15	7	22	14	15	12	55	402
Programmes satellitaires	255	0	6	442	0	138	0	0	0	0	0	0	0	548	1390
Organisations	762	762	762	777	762	768	777	316	168	322	316	316	316	762	7884
SOO – Am. du N.	288	17	17	428	17	155	11	15	7	11	14	15	12	231	1237
SOO – Europe	43	13	6	73	0	8	11	0	0	11	0	0	0	362	527
SOO – Asie	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	21
SOO – Autres	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7
SOO – Total	343	31	24	502	18	164	22	15	7	22	14	15	12	603	1792

Marché des SOO par secteur d'application 2007-2011

Tableau 3-7 : Organisations et programmes, 2007-2011

	Nbre	M\$
Total – Organisations	66	18 778
Total – Programmes satellitaires	29	6 839
Total – Programmes océaniques	81	4 324

Pour la période de 2007 à 2011, nous répertorions 66 organisations dans le monde entier qui financent les SOO, pour des dépenses totales de 18,8 milliards \$. Leurs dépenses pour des SOO spécifiques, dans le cadre de 110 programmes pour les cinq prochaines années, se chiffrent à plus de 11 milliards \$.

Ces programmes consistent en 29 projets satellitaires à un coût de 6,8 milliards \$, et en 81 projets océaniques à un coût de 4,3 milliards \$.

Tableau 3-8 : Organisations, programmes et projets – Dépenses par secteur d'application 2007-2011 (M\$)

2007-2011	Recherche universitaire	Utilisation des zones côtières	Éducation	Surveillance et évaluation de l'environnement	Pêches et aquaculture	Avertissement de dangers	Sécurité et sûreté maritimes	Transport maritime	Activités militaires	Travaux en haute mer	Activités récréatives	Recherche et sauvetage	Suivi des navires	Prévisions météorologiques et de l'état de la mer	Total 2007-2011 (M\$)
Projets	149	92	32	101	24	16	93	1	174	14	0	13	0	112	821
Programmes océaniques	448	295	273	718	273	310	264	255	17	281	269	271	254	395	4 324
Programmes satellitaires	1 227	0	19	2 143	0	742	0	0	0	0	0	0	0	2 708	6 839
Organisations	1 371	1 371	1 371	1 402	1 371	1 402	1 402	1 371	828	1 402	1 371	1 371	1 371	1 371	18 778
SOO – Am. du N.	1 547	270	270	2 481	270	864	253	255	17	271	269	271	254	1 233	8 525
SOO – Europe	93	22	19	221	0	32	10	0	0	10	0	0	0	1 683	2 090
SOO – Asie	31	0	0	156	0	156	0	0	0	0	0	0	0	186	529
SOO – Autres	3	3	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	19
SOO – Total	1 674	295	292	2 861	273	1 052	264	255	17	281	269	271	254	3 103	11 162

3.7 Prévisions du marché

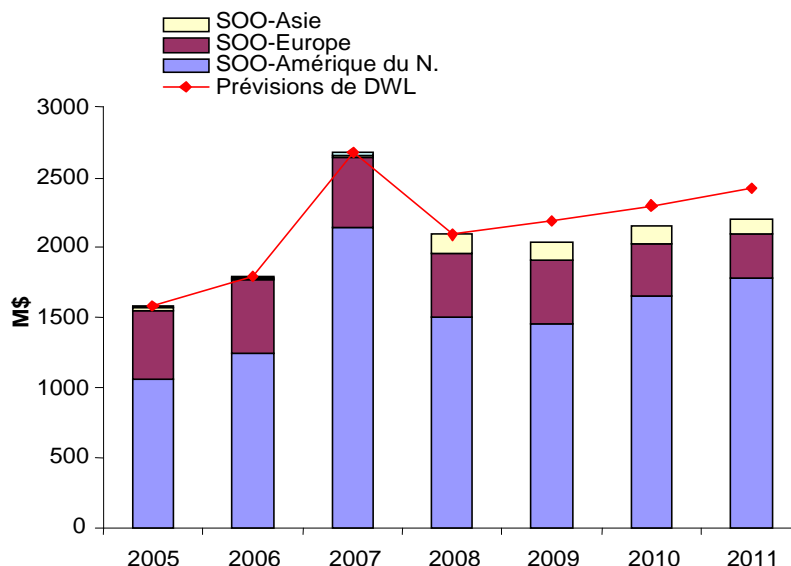


Figure 3-11 : Prévisions du marché mondial des SOO, 2005-2011 (M\$)

Tableau 3-9 : Programmes de SOO par région, 2005-2011 (M\$)

M\$	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2007-2011
Am. du N.	1 063	1 237	2 135	1 501	1 457	1 644	1 788	8 525
Europe	484	527	505	449	449	388	298	2 090
Asie	21	21	21	137	137	117	117	529
Autres	13	7	17	0.4	0.4	0.4	0.4	19
Total – SOO	1 581	1 792	2 678	2 088	2 044	2 149	2 203	11 162
Prévisions de DWL	1 581	1 792	2 678	2 088	2 192	2 302	2 417	11 678

Le marché connaît une bonne croissance, d'après les programmes actuellement répertoriés. En 2007, en raison en partie d'une injection ponctuelle de 700 millions \$ par le gouvernement américain, le marché a connu une augmentation appréciable, mais à partir de 2008, il reprend un rythme de croisière plus prévisible. Au-delà de 2007, nous avons pu identifier un niveau élevé d'activités, mais la pénurie d'information ira probablement en augmentant (« affaissement de l'offre des données »).

Toutefois, plusieurs raisons nous permettent de croire que le marché continuera sur sa lancée :

- La communauté internationale réagit de plus en plus face au changement climatique, ce qui se traduit par des investissements additionnels, notamment dans les secteurs de l'environnement et de la météorologie.

- L'accroissement des dépenses requises pour l'exploitation et la maintenance des systèmes, ce dernier point ayant été soulevé par les répondants à notre enquête.
- La forte croissance des principales industries utilisatrices, notamment l'énergie en haute mer, le transport maritime, l'activité dans les zones côtières, la sécurité, les systèmes d'avertissement de dangers, etc.

Nous avons donc appliqué un taux de croissance annuel de 5 % aux dépenses des programmes connus pour tenir compte de ces facteurs, pour la période de 2008 à 2011. Notre approche pourrait s'avérer en bout de ligne trop prudente. Par conséquent, pour les raisons susmentionnées, nous pouvons indiquer sans crainte qu'il est probable que le marché ne sera pas saturé pendant la période étudiée. Tout porte à croire, au contraire, que les fonds seront maintenus pendant cette période et pendant un temps appréciable par la suite.

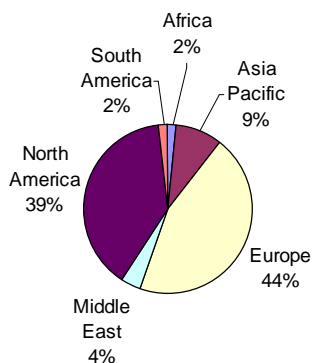
4 Entrevues

4.1 Introduction

Nous avons dressé initialement une liste de 170 personnes potentielles à interroger. Nous avons en définitive réalisé 56 entrevues en profondeur dans le monde entier, en mai et en juin 2006, la plupart par téléphone et quelques-unes par courriel. En raison de la très grande diversité des organisations qui œuvrent dans le domaine des SOO, nous avons choisi un échantillon représentatif couvrant autant d'intérêts et de groupes de financement que possible. Ces organisations comprenaient entre autres la NOAA, un centre de guerre maritime, des laboratoires maritimes, la municipalité de Dubaï, des fournisseurs de services commerciaux, des fabricants d'équipement.

Les répondants étaient essentiellement des cadres supérieurs occupant divers postes : président de conseil d'administration, PDG, membres de conseil d'administration d'organisations internationales dans le domaine océanique. Par exemple, nous avons interrogé le directeur de projet et le conseiller principal de l'Unité de coordination tsunami (COI).

4.2 Résultats



Nous nous sommes surtout attardés aux deux principaux marchés (sources de financement) pour les fournisseurs de système, soit l'Amérique du Nord et l'Europe, puis l'Asie-Pacifique. Nous avons également interrogé quelques personnes dans d'autres régions.

Tableau 4-1 : Personnes interrogées par pays

Figure 4-1 : Personnes interrogées par région

Les répondants se trouvaient surtout aux États-Unis (30 %) et au Royaume-Uni (27 %), le reste de l'Europe représentant 15 %, puis le Canada (9 %).

<i>Pays</i>	<i>Région</i>	<i>Entrevues</i>	<i>%</i>
Australie	AU	1	2 %
Canada	AN	5	9 %
Îles Canaries	E	1	2 %
Chine	A.-P.	1	2 %
Dubaï	M.-O.	1	2 %
Équateur	AS	1	2 %
Finlande	E	1	2 %
France	E	3	5 %
Allemagne	E	1	2 %
Japon	A.-P.	1	2 %
Pays-Bas	E	2	4 %
Nouvelle-Zélande	AU	1	2 %
Norvège	E	2	4 %
Îles du Pacifique	A.-P.	1	2 %
Tanzanie	AF	1	2 %
Turquie	M.-O.	1	2 %
Royaume-Uni	E	15	27 %
États-Unis	AN	17	30 %
Total		56	100 %

<i>Activité</i>	<i>Nombre</i>	<i>%</i>
Recherche	28	50 %
Équipements et services.	20	36 %
Prévisions	4	7 %
Gestion côtière	2	4 %
Société savante	1	2 %
Société pétrolière	1	2 %
Total	56	100 %

Tableau 4-2 : Organisations des répondants, par type

La majeure partie des répondants travaille chez les fournisseurs de produits et de services dans le domaine des SOO, et chez leurs clients, en l'occurrence les organisations de recherche. Nous avons également interrogé des personnes œuvrant dans le secteur de la prévision et chez

une grande pétrolière.

4.3 Responsabilités et participation

1. *Quelle est votre participation personnelle aux systèmes d'observation des océans?*

Les répondants provenaient de tous les secteurs couverts par les SOO.

2. *Quelles sont vos responsabilités actuelles à l'égard des systèmes d'observation des océans dans votre organisation?*

Les responsabilités sont diverses, allant de la gestion des programmes internationaux à la coordination des programmes de SOO régionaux, de la direction de plusieurs groupes scientifiques à la gestion d'une équipe de projet dans l'Antarctique.

Le pouvoir décisionnel des répondants était en moyenne, selon leur propre évaluation, de 7,5 sur une échelle de 1 à 10 (10 étant le niveau le plus élevé).

3. *Comment décririez-vous le rôle de votre compagnie ou organisation à l'égard des systèmes d'observation des océans?*

Cinquante pour cent œuvrent dans certains aspects de la recherche, allant des organisations inter-agences à la recherche fondamentale et appliquée. Leurs fournisseurs comprennent des fabricants de produits (p. ex., instruments océanographiques) et des entreprises de services.

4. *Votre compagnie ou organisation s'occupe-t-elle de la maintenance de systèmes d'observation des océans? Oui / Non*

Dix des organisations approchées assurent la maintenance d'un SOO d'un type ou l'autre.

5. *Votre compagnie participe à quel type d'activité?*

Activité	Nbre	%
Initiatives nationales	38	68 %
Activités internationales	40	71 %
Activités régionales	26	46 %
Partenariats nationaux et internationaux	20	36 %
Coopération entre l'industrie et l'université	21	38 %

La plupart des organisations participent à des activités nationales et internationales et, dans une moindre mesure, régionales. On constate également un nombre important de partenariats et de projets de coopération entre l'industrie et le secteur universitaire.

6. *Dans quels secteurs d'application votre organisation œuvre-t-elle, avec qui et comment?*

Bon nombre des organisations participent à un large éventail d'activités couvrant tout les secteurs d'application, ce qui est typique de la technologie océanique. Comme nous l'avons mentionné précédemment, la recherche dans des secteurs spécifiques représente le plus grand pourcentage d'activités, et dans de nombreux cas, cette recherche couvre plusieurs applications.

7. *Quels sont les principaux paramètres mesurés par le ou les systèmes auxquels vous participez? Par exemple, les paramètres météorologiques, les paramètres environnementaux, etc.*

La plupart des répondants cherchent à obtenir un large éventail de données au sujet des variables de base. Dans quelques cas seulement, l'organisation mesure un seul paramètre.

8. *Dans quel but mesure-t-on ces paramètres et qui en sont les utilisateurs?*

<i>Objectifs /utilisateurs</i>	<i>Total</i>
Données et modèles océaniques	19
Météo et climat	11
Hydrographie	4
Impacts environnementaux	3
Avertissement de dangers	3
Conception des structures	3
Pêches	2
Extraction d'agrégats	1
Gestion des zones côtières	1
Activités militaires	1
Énergies renouvelables	1
Recherche spatiale	1
Autres / sans objet	6
total	56

Le groupe le plus important de répondants œuvre dans le domaine des données et des modèles océaniques, ou dans le secteur de la météo et du climat. Toutefois, il peut s'avérer très difficile dans la pratique de départager ces secteurs. Un produit direct de la mesure des paramètres peut être l'avertissement de dangers.

Les paramètres mesurés se répartissent comme il est indiqué au paragraphe ci-dessus, ainsi qu'entre les applications particulières indiquées à la gauche, qui vont de l'établissement de cartes hydrographiques à la conception des structures en mer pour l'industrie pétrolière et gazière et le secteur de l'énergie renouvelable.

Il ressort des réponses que d'importants volumes de données sont recueillis et fournis soit sous forme directe, soit sous forme de produits comme les modèles météorologiques.

Le principal bénéficiaire des SOO est, en définitive, la société, qui a toutefois peu connaissance de leur existence.

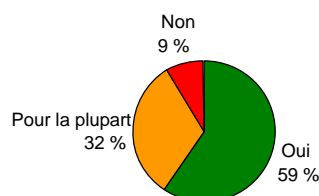
9. *À quels projets ou programmes d'observation des océans participez-vous ou avez-vous participé?*

(Les résultats ont été incorporés dans l'analyse précédente.)

10. *Pour ces projets et programmes, quels étaient les budgets annuels d'investissement et d'exploitation et leur durée?*

(Les résultats ont été incorporés dans l'analyse précédente.)

11. *Dans les projets auxquels vous participez, les systèmes se comportent-ils selon les spécifications ou y a-t-il place à amélioration (technologie, maintenance, etc.)?*



Les répondants ont indiqué que, pour la plupart, les systèmes fonctionnent selon les spécifications. Toutefois, nombreux ont dit qu'il y avait une grande place à l'amélioration.

Voici quelques commentaires des répondants :

- « Les systèmes fonctionnent en général selon les spécifications au début; toutefois, il reste à déterminer la fiabilité de la maintenance à long terme, et des problèmes surgiront. »
- « NEPTUNE est le premier observatoire câblé régional du monde, et il y a donc de nombreux aspects novateurs encore en développement, mais nous avons également déployé des capteurs classiques; il y aura beaucoup de possibilités de développement au chapitre de la technologie, de la science et de la gestion des données. »
- « Nous avons besoin de systèmes qui coûtent moins chers à installer et à maintenir. »
- « En règle générale, la technologie et les capteurs sont extrêmement coûteux. Il faut davantage chercher à concevoir des ensembles moins coûteux qui permettraient le déploiement de capteurs multiples à un coût raisonnable, alors qu'actuellement le coût est un facteur très limitatif. »
- « Il y a beaucoup de place à amélioration mais cela est difficile en raison de l'éloignement des projets et de la formation des personnes qui y participent. »
- « Nous construisons le SMOO en mer Noire, et nous espérons y déployer plus de capteurs. Nous obtenons un meilleur transfert des données depuis les capteurs en temps réel, à l'aide du GSM et des satellites. »
- « Nous utilisons des capteurs améliorés pour mesurer en continu des variables biogéochimiques. Nous avons amélioré la longévité des systèmes. Nous avons réduit la dérive. Nous avons également réduit la consommation d'électricité. »
- « Tous les systèmes océanographiques doivent être améliorés, parce qu'ils sont fabriqués en faibles quantités. »
- « Nous avons besoin de fonds additionnels pour la maintenance. Bon nombre des programmes actuels disposent de fonds affectés à des fins particulières, et rien n'indique clairement que les systèmes déployés seront entretenus plus tard. »
- « Il y a toujours place à amélioration pour ce qui est de la qualité et de la précision des images. »
- « Les systèmes fonctionnent actuellement selon les spécifications, mais avec les progrès de la technologie, les spécifications et les instruments s'adapteront et s'amélioreront. »

12. *Dans vos projets précédents, les systèmes se sont-ils comportés selon les spécifications, ou y avait-il place à amélioration (technologie, maintenance, etc.)?*

Les réponses étaient similaires à celles de la question 11 ci-dessus.

13. *Y a-t-il d'autres phases de développement prévues pour l'un ou l'autre des projets ou des programmes auxquels vous participez?*

(Nota : Les associations régionales sont celles qui profitent du financement opérationnel, particulièrement aux États-Unis.)

Plusieurs projets comportent des phases futures – celles-ci ont été prises en compte dans notre modélisation du marché, comme nous l'avons mentionné précédemment. Plusieurs commentaires pertinents ont été formulés en réponse à cette question :

« En cours sur plusieurs fronts; l'idée maîtresse, c'est de trouver un meilleur moyen d'intégrer les données. » (Shell – Pays-Bas)

« Nous cherchons à exploiter les données et nous sommes maintenant rendus au stade où nous avons beaucoup de données et nous devons les utiliser dans des modèles, les conditionner et les commercialiser. » (National Centre for Ocean Forecasting – R.-U.)

« Le programme CeNCOOS espère devenir le principal portail des données pour toute la région, tout en fournissant des fonds pour le développement d'un système opérationnel. Nous sommes en train d'élaborer un plan d'affaires qui répondra aux critères du SIOO national. » (CeNCOOS – É.-U.)

« Lorsque le SMOO et les autres projets seront en place, le financement sera vital pour en assurer la maintenance à long terme. Un processus d'améliorations permanentes y est incorporé. Pour les prévisions météorologiques, il est important que les mesures soient prises à long terme. Les projets coûteux, comme le GMES, comptent environ 25 satellites en orbite seulement pour l'observation des océans. Ils ont une durée de vie d'environ 10 ans, avant que les capteurs ne commencent à flancher ou que le carburant ne vienne à manquer. » (Ocean Numerics – R.-U.)

14. *Quelles infrastructures de système et technologies sont utilisées dans les programmes et projets?*

Les réponses à cette question peuvent être résumées par le mot d'un répondant : « Beaucoup! »

15. *Quelles sont les principales organisations qui financent vos SOO et dans quelle mesure est-il aisé d'obtenir un financement?*

Les principales sources de financement sont les gouvernements nationaux, dont les fonds sont canalisés par diverses agences fédérales et spécialisées. Partout dans le monde, les répondants ont indiqué qu'il est très difficile d'obtenir des fonds.

- « Il nous a fallu un an et demi pour obtenir des fonds. C'est un exercice extrêmement ardu et frustrant. » (Canada)
- « Il faut beaucoup d'efforts pour convaincre les gens du gouvernement que la gestion des côtes est importante. » (Dubai)
- « C'est un exercice frustrant, mais on y parvient quand même, surtout quand il y a des enjeux comme, récemment, l'afflux soudain de réfugiés en provenance d'Afrique. » (Espagne)
- « C'est une question très politisée, et le défi est d'obtenir un financement constant et à long terme. Par exemple, au Royaume-Uni, presque tous les ministères ont un mot à dire sur les questions touchant les SOO... Les choses sont plus simples aux États-Unis, avec leur système fédéral et où la plupart des fonds proviennent de la NOAA. » (R.-U.)
- Toutefois, un répondant a déclaré « ce n'est pas trop difficile si on possède un plan d'affaires bien conçu. »

16. *Comment classeriez-vous votre pouvoir d'influence sur le processus de décisions touchant les systèmes d'observation des océans au sein de votre organisation, sur une échelle de 1 à 10 (1 = faible influence; 10 = grande influence)?*

La cote moyenne était de 7,5.

4.4 Technologie des SOO – le présent et l’avenir

17. À votre avis, quel type de technologie sera requis et développé au cours des prochaines années?

Les nombreuses questions que nous avons eues à cette réponse constituent en quelque sorte une « liste de Noël des utilisateurs de la technologie », que l’on peut regrouper en cinq grands thèmes :

- Coûts et fiabilité – Des instruments et des systèmes peu coûteux, fiables et d’une grande durée de vie, nécessitant un minimum d’intervention : c’est le principal souhait des utilisateurs. Certains problèmes mentionnés sont assez élémentaires, comme la nécessité de réduire grandement la biosalissure. Plusieurs répondants indiquent que certains instruments océanographiques sont produits en très petit nombre et sont très spécialisés, d’où leur coût élevé. Il y a lieu de trouver le juste équilibre entre les instruments de longue durée et coûteux et ceux de courte durée et à très faible coût (p. ex., les instruments jetables). Cette question coût-fiabilité est particulièrement criante dans le cas des bouées et des systèmes d’ancrage.
- Systèmes et plates-formes – De nouveau, le coût est jugé primordial. Les plates-formes autonomes (sous-marines, de surface et aériennes) sont perçues par de nombreux répondants comme la voie de l’avenir. Ces systèmes sont également jugés très importants pour l’obtention de données dans le milieu arctique.
- Capteurs – Hormis la question générale des coûts et de la fiabilité, le besoin le plus important dans cette catégorie est le développement de capteurs pour les substances chimiques et biologiques.
- Transmission des données, gestion et calcul – Les répondants estiment qu’il y a lieu d’améliorer ces aspects.
- Systèmes spatiaux – Il y a lieu de développer davantage les capteurs satellitaires.

Mentions **Élément**

19 Coûts et fiabilité

- 9 Capteurs fiables et de longue durée (téléchargement, biosalissure, mémoire, alimentation, capteurs jetables?)
- 3 Bouées peu coûteuses, antisalissure, pour utilisation dans des conditions difficiles

15 Systèmes et plates-formes

- 3 Obtention de données dans l'Arctique (AUV, satellites, systèmes sous la glace, photomultiplicateurs)
- 3 Planeurs sous-marins
- 2 Réduction du coût du temps-navire (ou solution de remplacement à faible coût)
- 1 Télédétection des ressources au fond des mers
- 1 Systèmes aéroportés pouvant réaliser des vols de longue durée au-dessus des océans
- 1 Accès aux traversiers pour y installer de l'équipement AUV et systèmes télécommandés de collecte, d'enregistrement et de transmission des données vers la côte
- 1 Réseau maillé de systèmes d'observation du climat
- 1 Séries d'instruments d'observation stratégiquement localisés tout le long de la côte
- 1 Mesures plus autonomes (actuellement en développement, en coopération avec la NASA)

15 Capteurs

- 7 Capteurs pour les substances chimiques et biologiques
- 3 Meilleure télémétrie acoustique (eau profonde, batteries de longue durée)
- 1 Systèmes à synthèse d'ouverture pour les radars
- 1 Capteurs plus robustes; bouées pouvant fonctionner dans des conditions difficiles
- 1 Sources améliorées et robustes d'alimentation à distance
Le capteur le plus important est le radar HF. On cherche, pour le SIOO, à en installer sur toutes les côtes des États-Unis
- 1 Ancrages moins coûteux et de plus longue durée, davantage à l'épreuve du vandalisme, et plus de ressources pour un réseau mondial

14 Transmission, gestion et traitement des données

- 5 Assimilation des données en temps quasi réel, gestion des données, calcul et modélisation
- 2 Normes communes de manipulation et de diffusion des données
- 1 Intégration des données au sol et satellitaires
- 1 Meilleur réseau de systèmes de communication et de télémétrie
- 1 Systèmes d'avertissement des dangers menaçant la population
- 1 Outils de calcul et d'analyse des données plus puissants et plus rapides
- 1 Meilleure communication afin de permettre des mises à jour en temps réel
- 1 Puissance de traitement pour différentes applications en temps réel
- 1 Informatique plus puissante, développement des logiciels

8 Systèmes spatiaux

- 5 Capteurs satellitaires : altimètres à haute résolution, capteurs de salinité, réflecteurs GPS **.move**
down
 - 1 Plus grande durée utile prévue des satellites
 - 1 Imagerie satellitaire améliorée
 - 1 Observations satellitaires des mammifères marins, dans le cadre des exercices militaires
-

18. *Quels facteurs et quelles situations contribuent au développement de l'industrie?*

<i>Élément</i>	<i>Mentions</i>	<i>%</i>	
Environnement	30	37 %	Les répondants estiment que les questions environnementales constituent le principal facteur du marché. En effet, le public est de plus en plus sensibilisé aux enjeux du réchauffement planétaire et du changement climatique et au rôle des océans à cet égard. La réponse des instances politiques se manifeste par le financement des projets de SOO. Un autre enjeu environnemental important et distinct est la surveillance de la pollution.
Commerce	17	21 %	
Lois et règlements	11	13 %	
Alerte aux tsunamis	5	6 %	
Énergie extracôtière	4	5 %	
Recherche scientifique	3	4 %	
Financement	2	2 %	
Militaire / sécurité	2	2 %	
Sécurité du public	2	2 %	
Pays en développement	1	1 %	
Défense côtière	1	1 %	
SIOO	1	1 %	
Politique	1	1 %	
Technologie	1	1 %	Les facteurs commerciaux sont évidemment d'une grande importance, allant de la nécessité fondamentale de générer des profits à la réduction des
	82	100 %	

coûts et au financement par actions.

En raison de nombreux facteurs conjoints, il faut respecter une réglementation plus stricte, allant de la sécurité des sociétés aux lois sur l'environnement.

Nous avons constaté avec surprise que l'alerte aux tsunamis a reçu peu de mention, mais probablement qu'un sondage auprès du public aurait donné un pourcentage plus élevé.

19. *Quelles améliorations ou quels progrès jugez-vous nécessaires pour soutenir l'intégration des observations in situ et depuis l'espace?*

De nombreux répondants estiment que c'est là un aspect majeur. Comme le souligne un répondant, « c'est un point très important et un enjeu fondamental au niveau internationale. La société américaine Lockheed Martin a obtenu un énorme contrat ICT de la NOAA pour entreprendre, avec une autre compagnie, la conception du Système intégré d'observation des océans (SIOO). »

Le sujet est complexe et les répondants ont mentionné plusieurs facteurs, notamment :

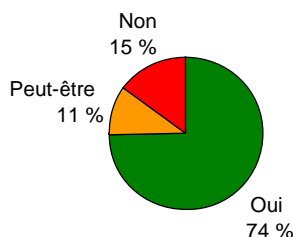
- la nécessité, pour les différentes agences et organisations, de coopérer entre elles;
- la nécessité, pour les praticiens des deux modes d'observation, de coopérer davantage entre eux;
- le financement de la recherche et de la mise en œuvre, y compris le développement de modèles couplés;
- l'accès gratuit ou à faible coût aux données;
- le stockage et la récupération des données libres d'accès, afin de concrétiser le concept « recueillir les données une fois, les utiliser de nombreuses fois »;

- les problèmes techniques, allant du faible débit binaire aux capteurs satelliportés à faible résolution;
- une meilleure transmission des données;
- des normes nationales ou un organisme directeur afin d'appliquer des normes, ainsi que des méthodes et des techniques approuvées d'intégration des données.

20.A-t-on besoin d'un ensemble de normes pour les systèmes d'observation des océans? Oui /

Non

Dans l'affirmative, quelle forme devrait avoir et que devrait comprendre cet ensemble de normes?



Les répondants soutiennent fortement (74 % des 47 répondants) l'établissement de normes pour les SOO. Les autres opinions étaient :

« L'industrie océanographique tarde à élaborer des normes; c'est notre talon d'Achille. »

« Nous respectons les spécifications des clients, mais il serait utile pour l'industrie d'avoir des normes communes et de base. »

« Ce serait une erreur de trop normaliser en un moule unique les systèmes ou les modèles

d'observation des océans. L'information optimale est celle qui répond aux besoins de chaque utilisateur. Tous n'ont pas partout les mêmes problèmes à régler, ni les mêmes besoins. »

« Il est probablement trop tôt pour procéder à cette normalisation. D'ici deux à trois ans, le besoin pourrait commencer à se manifester. En temps et lieu, les normes devraient s'appuyer sur des faits scientifiques et techniques, selon l'approche de l'ISO ou l'équivalent.

Quelle forme devrait avoir les normes et que devraient-elles comprendre?

Les réponses à la deuxième partie de la question ont été diversifiées :

- « Probablement selon les spécifications de l'OMM pour les instruments, mais appliquées aux les océans. »
- « Communications basées sur Internet (connectivité Ethernet). »
- « Des lignes directrices sont requises pour divers aspects comme la télédétection, les mesures et les techniques d'interfaçage. Une meilleure intégration de l'équipement et de la collecte des données est importante également.
- « Les normes devraient être suffisamment souples pour permettre le développement de systèmes potentiels qui seront néanmoins pris en charge même s'ils ne respectent pas les normes, et les développeurs devraient être encouragés à procéder de la sorte.
- « Si on établit des normes trop élevées au début, cela n'aura pas un impact positif sur le développement des systèmes d'observation. »
- « Normes environnementales, spécification des équipements, HSE, mise hors service des sites. »
- « On devrait chercher à obtenir la certification DMAC pour les associations régionales. »

- « On devrait normaliser les bouées et les instruments *in situ* pour ce qui est de leur stabilité, de leur robustesse et même des paramètres qu'ils mesurent. »
- « Il y a lieu d'instaurer, pour la collecte des données, une assurance qualité couvrant plusieurs projets et cohérente à l'intérieur même du pays. Il y a lieu également d'assurer l'étalonnage unifié des équipements. »
- « La question des normes a été discutée avant le projet Clivar, dans le cadre de l'Expérience sur la circulation océanique mondiale (WOCE). »
- « Des normes sont requises autant pour les observations que pour les prévisions. »
- « L'ISO possède quelques normes, mais l'absence d'intégration entre les divers pays permet de croire que des normes améliorées et plus claires sont requises. »
- « Les chercheurs qui s'intéressent à la couleur des océans utilisent les protocoles SeaWiFS élaborés en 1997 et découlant des travaux de la NASA. Pour les échantillons d'eau, nous utilisons les protocoles JGOF. De plus, nous utilisons les expériences de l'UE à la ronde pour normaliser les lectures de chlorophylle. »
- « Nous utilisons les normes du SMOO pour les travaux sur les marées, ainsi qu'une panoplie d'autres normes internationales. »
- « Les normes du SMOO sont bonnes pour les marégraphes. Élaborées par un groupe des Nations Unies (UNESCO), les normes du SMOO sont reconnues internationalement et devraient être utilisées plus fréquemment. »
- « Les normes doivent évoluer et s'adapter. L'établissement de normes peut empêcher l'utilisation de technologies nouvelles, plus sensibles mais jugées trop avancées. Les normes doivent convenir à l'exactitude des mesures en vigueur. »
- « La NOAA assurera le leadership. À tout le moins, les normes devraient couvrir les paramètres suivants : vitesse et direction du vent, température de l'air, pression barométrique, température de la mer à un mètre, vitesse et direction des courants à l'aide d'un profileur de salinité, puis expansion des systèmes afin d'inclure les caractéristiques optiques et la surveillance de la qualité de l'eau. »
- « Normes d'assurance qualité / contrôle de la qualité. Les travaux en ce sens sont dirigés par le groupe QARTOD. Des normes devraient être élaborées pour l'étalonnage (méthodes et fréquence). Elles pourraient être appliquées par la nécessité de certifier les SIOO. Les normes en technologie de l'information pour la cyberinfrastructure devraient découler de DMAC. Dans tous les domaines, on devrait tenir compte des normes internationales. »
- « Les normes sur les données devraient comprendre la collecte en collaboration, les données météorologiques, les données de base, les attentes et les paramètres communs, ainsi que des directives pour la collecte des données et les utilisateurs. »
- « Transmission et assimilation des données. Normes d'interopérabilité pour permettre l'utilisation des systèmes modulaires multi-utilisateurs. »
- « Formats des normes pour le transfert et l'archivage des données. »
- « Il existe déjà plusieurs normes. Au besoin, on pourrait choisir une norme unique parmi les normes existantes. »

21. D'après votre expérience des systèmes d'observation des océans, quelles améliorations sont requises :

De nouveau, ce sont les éléments de base qui doivent être améliorés. « Pour accroître la fiabilité, on doit réduire la corrosion et la bio-salissure et assurer un étalonnage exact à très long terme. »

Mentions	Élément
	a. Capteurs sur les bouées de surface
6	Meilleurs produits antisalissure
4	Amélioration de la télémétrie et de la transmission des données
5	Capteurs améliorés pour les nutriments et les caractéristiques biologiques
3	Fiabilité et robustesse accrues pour réduire les coûts de maintenance
2	Résistance à la corrosion / accréation de sel
2	Fiabilité, réduction du temps moyen entre les pannes
1	Maintien d'un étalonnage exact à très long terme
1	Maintenance plus facile, moins fréquente
1	Meilleurs liens entre les différentes technologies
1	Méthodes efficaces pour avertir les pêcheurs de la proximité des bouées
1	Consommation moindre d'électricité
1	Batterie de plus grande durée de vie
1	Pour tous les capteurs <i>in situ</i> : meilleur échantillonnage global
1	Capteurs pour les zones côtières, c.-à-d. capteurs acoustiques pour mesurer les propriétés des poissons et des mammifères marins
1	Compatibilité avec les autres systèmes
1	Qualité accrue
1	Coûts moindres
	b. Collecte de données météorologiques
1	Meilleure coopération entre les différentes agences, par exemple le Met Office britannique et l'Union européenne
1	Données en temps réel
1	Meilleure télémétrie satellitaire
	c. Observation des zones côtières
1	Développement d'observatoires océaniques câblés, ce qui révolutionnera les sciences océaniques
1	Observation moins coûteuse, meilleure, plus fiable
1	Acquisition de données en temps quasi réel pour les interactions air-mer
	d. Capteurs océanographiques pour les ancrages immergés
1	Le développement des observatoires océaniques câblés révolutionnera les sciences océaniques
1	Les plates-formes de profilage mécanique pour l'exploitation des capteurs doivent être plus fiables, pour des périodes opérationnelles de plusieurs années
1	Capteurs pour les paramètres biologiques

22. Selon vous, quels sont les obstacles aux progrès dans l'observation des océans?

« La sensibilisation des gouvernements : je passe beaucoup de temps à faire des présentations aux organisations gouvernementales afin de leur faire comprendre pourquoi nous devons investir dans les programmes de gestion des côtes. »

« Le problème, c'est la lenteur politique, et non l'absence de fonds. Il y a de l'argent, mais vu la grande diversité des intervenants dans le secteur (personnel, chercheurs, politiciens, fonctionnaires, etc.), il est très difficile d'avancer. Il y va de l'intérêt de tous d'avoir plus de transparence. Une meilleure circulation des données et de l'information y contribuerait. »

Les principaux obstacles mentionnés sont la difficulté d'obtenir un financement à long terme et du personnel bien formé, ce qui est attribuable au fait que les gouvernements et le public connaissent mal les enjeux et les avantages des SOO. Toutefois, certains répondants constatent un début d'amélioration depuis le tsunami qui a frappé l'Asie du Sud-Est en 2004.

<i>Mentions</i>	<i>Élément</i>
25	Accès à un financement à long terme.
13	Les gouvernements connaissent peu les avantages importants offerts par l'océanographie observationnelle et opérationnelle.
6	Manque de personnel approprié. Il n'y a pas suffisamment de scientifiques dans les universités qui soutiennent le développement à long terme de l'industrie.
4	Le public connaît mal les enjeux du changement climatique et la perte de la biodiversité.
3	Les instances gouvernementales connaissent mal le coût réel du travail dans un environnement océanique.
2	Absence de coordination entre les pays, entre les donateurs de fonds et ceux qui ont l'expertise.
2	Sensibilisation des utilisateurs : ils ne savent pas quelles données et informations sont / seraient disponibles.
2	Manque de navires de recherche / leur coût d'utilisation est très élevé.
2	On risque d'oublier de mettre à niveau et de maintenir l'équipement.
2	L'océanographie est un secteur dynamique, et il y a plus d'argent disponible que par le passé.
1	Il y a trop de projets de démonstration et très peu d'applications opérationnelles.
1	Vandalisme.
1	Les résultats scientifiques ne sont pas traduits en produits qui profiteraient à la société.
1	Les gouvernements s'y intéressent, mais lentement.
1	La coopération est bonne entre les sociétés pétrolières, mais non entre les différents segments du secteur océanographique.
1	Les restrictions commerciales empêchent les compagnies de travailler ensemble de très près. Même si le marché est en croissance, il est encore très petit et très concurrentiel. Meilleur partage des données de la technologie.
1	Jusqu'à ce que le gouvernement britannique admette qu'il y a un problème, cette question intéressera davantage le milieu universitaire que le secteur commercial, dont on a besoin pour investir dans la recherche de solutions.
1	Le tsunami dans l'Asie du Sud-Est a mieux fait connaître le secteur.
1	Ces systèmes cadrent mal dans les priorités du gouvernement (britannique), car ils ne relèvent pas d'un seul organisme, et les différents ministères ne travaillent pas toujours ensemble. Les programmes météorologiques nationaux sont dispersés dans différents ministères.
1	On devrait installer suffisamment d'équipement sur les navires de la marine britannique.
1	Absence de coordination entre les différents secteurs universitaires pour la présentation des données.
1	Notre projet est bien financé, le gouvernement a une bonne idée de nos objectifs. Le projet est mis

1	à contribution dans de nombreux travaux des étudiants des cycles supérieurs. Partenariats entre le gouvernement et le secteur privé et transition de la recherche à la commercialisation.
---	--

23. Selon vous, quelles nouvelles solutions ou technologies devraient être appliquées par l'industrie au cours des cinq à dix prochaines années?

Les répondants ont mentionné plusieurs éléments qui figurent sur la liste des 10 points principaux :

<i>Mentions</i>	<i>Élément</i>
5	Capteurs chimiques et biologiques – moins coûteux, plus efficaces, plus fiables. Meilleures communications des données, équipement sous-marin, satellite, capteurs <i>in situ</i> à moindre coût.
5	Fusion et assimilation des données dans de puissants modèles 3D.
4	Meilleure batterie / système d'alimentation.
3	Véhicules autonomes (surface et sous-marins).
3	Planeurs – ils sont déjà capables de recueillir de vastes quantités de données sur de longues périodes.
2	Capteurs peu gourmands en courant.
2	Capteurs peu coûteux pour les déploiements multiples.
2	Radar à synthèse d'ouverture.
2	Meilleure technologie antisalissure.

24. Quels autres progrès aimeriez-vous voir à l'avenir?

Systemes

L'intégration des SOO avec les systèmes régionaux existants de surveillance de l'environnement, notamment les systèmes de télédétection satellitaires et les modèles numériques régionaux, afin de former la base d'un système de prévisions océaniques fonctionnant selon un calendrier tactique de quelques jours à quelques semaines.

Un réseau de mailles 3D densément rapprochées, afin de mesurer divers paramètres comme la température, la salinité.

Il y a lieu de pallier au manque de couverture 3D des océans, par satellites.

On devrait adopter une approche globale.

Investissements dans une infrastructure permettant l'utilisation de blocs « modulaires » pour construire des outils d'aide à la décision.

Technologie plus conviviale.

Organisation

Meilleure coordination des groupes de pression, moins de fragmentation de l'industrie, moins de protectionnisme par les divers secteurs.

Davantage de coopération scientifique avec les pays en développement, y compris le partage des données et le perfectionnement des capacités.

Extension du programme SMART Bay en une grande initiative pour le Nord-Ouest de l'Atlantique.

Accroissement du financement et des efforts dans l'éducation de la prochaine génération d'océanographes (le NOC fait du bon travail, mais il a besoin d'appui).

Investissements réels dans l'éducation sur les SOO.

Davantage d'efforts de sensibilisation et d'éducation.

Coordination des projets de la NOAA et de la NASA.

Capteurs et matériel

Meilleure résolution des capteurs satelliportés, afin de pouvoir observer à plusieurs dizaines de mètres sous la surface.

Radars haute fréquence.

Meilleur contrôle de la qualité des données.

Tests plus efficaces sur le terrain.

Capacités antisalissure non toxiques.

Technologies de surveillance des microséismes océaniques.

Utilisation de réflecteurs GPS pour la surveillance océanique à méso-échelle.

Utilisation de systèmes sans fil à fibres optiques pour les communications sous-marines.

Technologie améliorée des modems acoustiques sous-marins.

Systèmes de navigation sous-marins peu coûteux.

Capteurs à faible encombrement offrant les mêmes données que les capteurs actuels.

Améliorations de la télémétrie pour obtenir les données en temps réel et permettre la collecte de données chronologiques à long terme.

Possibilités d'ancrage *in situ* limitées pour les véhicules sous-marins autonomes.

Données et informatique

Meilleures communications des données.

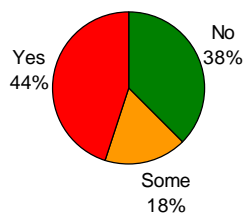
Meilleur archivage, particulièrement pour les métadonnées. Nos archives de métadonnées contiennent plus de 200 champs. Nous avons travaillé fort afin d'archiver cette information, qui sera utilisable dans les études futures pour assurer la cohérence historique.

Contrôleur de communication compatible avec GOES, ARGOS et le système Freewave d'INMARSAT.

Meilleures trousse d'outils logiciels pour construire des outils à l'intention des gestionnaires de ressources et des intervenants en cas de situation d'urgence. Les trousse d'outils devraient être facilement adaptables afin de permettre la fusion de divers ensembles de données, pour des fins spécifiques.

4.5 Industrie canadienne des SOO

25. Avez-vous eu, à titre personnel ou par l'entremise de votre organisation, des contacts avec des sociétés canadiennes dans ce secteur?



Région	Non	Un peu	Oui	Total
Afrique	1			1
Asie-Pacifique	3	1	1	5
Europe	7	3	13	23
Moyen-Orient	1	1	0	2
États-Unis	3	2	4	9
Total	15	7	18	40

Quarante des 56 répondants ont répondu à cette question, et leur expérience avec les entreprises canadiennes était raisonnablement équilibrée entre ceux qui avaient eu des contacts et ceux qui n'en n'avaient pas eus.

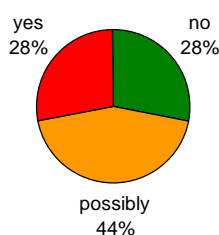
Les résultats ne prétendent pas être statistiquement représentatifs, en raison de la faible taille de l'échantillon et du nombre de non-répondants (probablement des cadres supérieurs ou organisations qui n'ont pas de contact direct avec des sociétés commerciales).

Toutefois, il est intéressant de noter le nombre relativement élevé de réponses positives en Europe, ce qui s'explique probablement par le fait que plusieurs secteurs (océanographie, hydrographie, pétrole et gaz en mer) ont par le passé utilisé quelques produits canadiens de pointe (p. ex., submersibles, sonars à balayage, etc.) et peut-être en raison également de la forte présence des sociétés canadiennes à la foire « Oceanology International » qui a lieu au Royaume-Uni depuis plusieurs années.

- « Le Canada est un acteur important dans le secteur, et de nombreux scientifiques sont actifs sur le terrain. Beaucoup de compagnies commerciales. » (France)
- « Nous avons des partenaires canadiens et des contacts pour le réseau à Halifax et Edmonton. » (France)
- « Oui, nous avons travaillé avec ASL pour l'observation des glaces. Beaucoup d'experts dans le domaine des glaces sont canadiens, et plusieurs ont travaillé dans le projet de développement Sakhalin de Shell. Un groupe comportant plusieurs Canadiens élabore actuellement des normes pour l'observation des glaces, sous la gouverne de l'ISO. » (R.-U.)

- « Nous avons utilisé quelques instruments canadiens, l'optique canadienne est particulièrement bonne. Nous avons eu des contacts par le passé avec l'Agence spatiale canadienne. » (R.-U.)
- « Nous avons utilisé quelques petits instruments triaxiaux fabriqués au Canada. » (R.-U.)
- « Oui, nous faisons actuellement l'essai d'équipement provenant de la société canadienne TRIAXYS, en Colombie-Britannique, en l'occurrence une bouée houlographe. » (R.-U.)
- « Oui, nous avons travaillé avec des développeurs canadiens de logiciels, mais ce n'était pas des sociétés spécialisées dans le secteur maritime. Le Canada est bien présent dans le secteur du développement des logiciels d'information spatiale et des logiciels de source ouverte. » (R.-U.)
- « Nous avons eu précédemment des contacts avec le Centre canadien des communications maritimes, qui était responsable d'établir un réseau entre les compagnies canadiennes et d'en faire la promotion, particulièrement celles de la Côte Est. » (R.-U.)
- « Pas personnellement, mais du personnel militaire canadien participe aux activités du Centre. » (R.-U.)
- « Un peu pour le moment, mais l'avenir semble encourageant. Un membre du Service des données sur le milieu marin siège au comité. » (É.-U.)

26. Selon vous, y a-t-il des collaborations potentielles ou des possibilités de travail avec l'industrie canadienne?



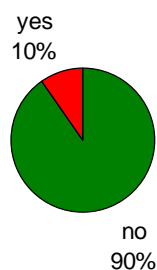
Dans ce cas-ci, les avis des 39 répondants étaient également partagés entre les réponses positives et négatives (pour les 17 personnes qui n'ont pas répondu, nous présumons qu'elles « ne savent pas »). L'aspect le plus intéressant, en terme de marchés potentiels, c'est la possibilité de convertir en réponses positives le grand nombre de réponses incertaines.

- « Nous avons déjà travaillé avec des compagnies spécialisées en modélisation océanique, mais nous cherchons toujours des possibilités de collaborer avec d'autres organisations. » (France)
- « Nous travaillons avec plusieurs sociétés canadiennes, dont Fugro Canada et les autorités militaires. **Les Canadiens sont plus efficaces et plus coopératifs que les Américains.** » (R.-U.)
 - « Hoskin Scientific est notre distributeur canadien. » (R.-U.)
 - « Nous sommes déjà en contact avec des fournisseurs canadiens. » (R.-U.)
 - « **Nous aimerions travailler avec les Canadiens.** Un de nos collègues participe à une conférence à Vancouver afin de présenter un article sur les plans de Proudman. Nous voudrions connaître les techniques américaines et canadiennes de déploiement de câbles pour alimenter les capteurs et en obtenir des données. Mais c'est une solution coûteuse. » (R.-U.)
 - « Nous aimerions **beaucoup travailler avec les sociétés canadiennes.** Nous sommes tellement occupés avec le secteur pétrolier et gazier, en pleine expansion, que nous n'avons pas eu le temps de développer le marché canadien. » (R.-U.)
 - « Nous sommes intéressés par les fournisseurs de capteurs pouvant mesurer le niveau de l'eau avec une très grande stabilité. **Le Canada a des programmes universitaires de**

grand calibre en géodésie par GPS à l'Université de Calgary, une technique importante pour les études des niveaux de la mer. » (É.-U.)

- « Nous travaillons au niveau opérationnel avec des organismes gouvernementaux comme Environnement Canada. » (R.-U.)
- « Oui. Notamment parce que les eaux canadiennes sont en amont de celles de l'Alaska. Nous sommes particulièrement intéressés par l'étude des courants côtiers et la migration des poissons et des mammifères marins. » (É.-U.)
- « Nous avons travaillé avec le Service hydrographique du Canada, l'Université Memorial de St Johns, et l'Université du Nouveau-Brunswick entre autre. » (Norvège)
- « Nous avons travaillé avec plusieurs compagnies, mais les Américains dominent le secteur nord-américain. Le gouvernement américain soutient fortement ses PME dans ce secteur, de manière très ciblée. Les États-Unis disposent d'un point de contact unique avec la NOAA. Celle-ci gère la R-D scientifique et les opérations. Toutefois, la NOAA est dirigée par le Département du commerce, qui a des visées commerciales et a donc pour mission de favoriser l'aspect commercial. En Europe, la responsabilité est partagée entre plusieurs ministères, qui souvent se font concurrence. » (R.-U.)
- « Nous avons travaillé sur plusieurs petits projets dans les Caraïbes avec des scientifiques canadiens. Le MES travaille surtout au Royaume-Uni. Nous aimerions travailler avec les Canadiens le cas échéant, et nous aimerions qu'ils travaillent avec des sociétés britanniques, mais nous ne sommes pas certains qu'ils seraient disposés à le faire. » (R.-U.)
- « Peut-être, car la mer Baltique est similaire à l'environnement canadien au large des côtes. » (Allemagne)
- « Probablement. Nous travaillons habituellement avec les sociétés américaines ou européennes. Le Canada semble loin de nous. » (Australie)
- « Non. Nous ne connaissons pas les sociétés canadiennes, mais nous sommes toujours intéressés à en apprendre plus. » (Dubai, Finlande, Japon, Norvège, Turquie)
- « Certaines sociétés basées au Canada sont membres, dont Petro Canada. » (R.-U.)
- « Pas pour le moment. Nous travaillons avec des chercheurs de la NASA et des universitaires australiens pour les recherches sur la couleur des océans. » (R.-U.)
- « Pas pour le moment – nous étudions surtout les eaux tropicales, tandis que le Canada s'intéresse davantage aux eaux froides et à l'Arctique. » (É.-U.)
- « Non, mais le Canada est un donateur majeur du projet. » (France)

27. Y a-t-il des facteurs qui pourraient limiter la capacité de votre organisation de collaborer avec des sociétés canadiennes (emplacement, questions stratégiques, etc.)?



Selon 90 % des répondants, rien ne les empêche de collaborer avec des entreprises canadiennes. Par contre, chez les répondants qui voient des obstacles, deux ont indiqué ne pas connaître les politiques de leur organisation pour l'achat de biens et services étrangers (voir les commentaires ci-dessous). Il y a lieu de noter que ces deux réponses mentionnant des « questions de politique » ont été faites par des répondants américains!

4.6 Autres commentaires

28. *Avez-vous d'autres commentaires?*

- « Cette collaboration serait avantageuse pour des compagnies comme la nôtre s'il y avait un moyen d'intégrer les données océanographiques provenant du monde entier en un même endroit, qui serait d'accès plus facile et moins coûteux. » (Finlande)
- « Nous sommes des scientifiques et nous sommes souvent contactés par des intermédiaires, particulièrement au Moyen-Orient, pour réaliser des projets. Ils demandent trop d'argent, et ils ne sont pas prêts à courir de risque. Nous travaillons seulement avec des compagnies réputées. Même si nous ne faisons pas d'argent, nous sommes également très intéressés par les sciences de la mer. Nous avons travaillé avec des agences gouvernementales en Inde, en Australie, en Malaisie et ailleurs. » (R.-U.)
- « Nous aimerions recevoir une copie du rapport. » (R.-U.)
- « Nous travaillons avec les militaires sur les véhicules sous-marins autonomes qui, nous l'espérons, trouveront des applications civiles. » (R.-U.)

5 Prévisions météorologiques et de l'état de la mer

5.1 Introduction

De meilleures prévisions météorologiques sont avantageuses pour les activités maritimes, ces dernières étant alors plus sûres et plus efficaces, d'où des économies potentiellement énormes. Outre les agences météorologiques nationales, plusieurs sociétés fournissent des services de météorologie marine. Ces services vont des consultations initiales pour la planification des projets aux prévisions en temps réel, tout dépendant des besoins des utilisateurs. Il importe également de souligner que les prévisions météorologiques terrestres dépendent de l'observation et de la modélisation des systèmes météorologiques océaniques.

Les sources de données pour les prévisions météorologiques et de l'état de la mer peuvent comprendre :

- les données altimétriques obtenues par satellite (qui indiquent les zones de pression élevée et basse);
- la température à la surface de la mer, obtenue par satellite ou des capteurs *in situ*;
- les débits fluviaux;
- les profils de salinité et de température (y compris sous 1 000 m);
- les données XBT fournies par les navires qui participent aux programmes d'observation bénévole;
- les observations des glaces de mer (épaisseur et emplacement);
- les données bathymétriques pour le bassin océanique;
- les données sur les vagues fournies par les radars HF et les bouées;
- les données météorologiques côtières et terrestres et les résultats des modèles planétaires à haute résolution de l'atmosphère et des vagues.

Aux sources existantes de données et aux résultats des modèles, on ajoute souvent des observations *in situ* afin d'améliorer l'exactitude des prévisions. Les régions éloignées des routes commerciales traditionnelles, comme le Grand Nord, les secteurs sud des océans Atlantique et Pacifique et les régions circumpolaires, sont les endroits où il y a peu d'observation et où des efforts additionnels sont requis pour établir des prévisions. Les organisations météorologiques nationales collaborent couramment et partagent des observations et des données modélisées, par l'entremise du Système mondial de télécommunications (SMT) coordonné par l'Organisation météorologique mondiale. Il s'agit d'un réseau de liaisons physiques et satellitaires entre les pays et les régions du monde. Le SMT incorpore les données obtenues par des capteurs satelliportés et par des capteurs dérivants comme ARGO.

L'avenir s'annonce prometteur pour les sociétés de prévision. Aux États-Unis seulement, le service météorologique national américain diffuse à lui seul quelque 10 millions de prévisions chaque année, à l'intention de centaines de millions de personnes et d'organisations qui prennent des décisions en se basant sur ces prévisions. Les régions maritimes éloignées, où les conditions sont difficiles et où il y a relativement peu de données, sont de plus en plus fréquentées, et le besoin en prévisions et en observations des conditions en surface (et en subsurface) augmentera.

5.2 Facteurs du marché

Les utilisateurs incluent toutes les activités en mer, notamment :

- le pétrole et le gaz en mer;
- les opérations militaires;
- les projets de construction maritimes et côtiers;
- le transport maritime;
- les activités récréatives;
- la pêche et l'aquaculture;
- la recherche et le sauvetage;
- la surveillance de l'environnement;
- l'aviation.

Tous les utilisateurs bénéficient de prévisions adaptées à leurs besoins en termes d'interprétation des données, des zones géographiques couvertes et des échelles de temps. La description, heure par heure, de l'activité des vagues peut être utile pour les travaux de construction en mer, tandis que les compagnies de transport maritime peuvent avoir besoin de prévisions pour une route particulière au cours des 12 prochaines heures, afin de connaître les conditions météorologiques et l'évolution de la situation. Ces données spécialisées s'ajouteraient aux « prévisions usuelles pour le transport », qui donnent la météo et l'état de la mer par secteur maritime.

Dans presque tous les cas, les services météorologiques nationaux (SMN) fournissent des données et des modèles aux militaires. Grâce aux travaux effectués pour répondre aux besoins des militaires, les SMN disposent d'outils leur permettant d'alimenter le marché commercial. (Nous ne décrivons pas en détail ici les applications militaires.)

Aux États-Unis, le gouvernement estime qu'en fournissant gratuitement le plus de données possible, il stimulera le développement de produits et de services « commerciaux » compétitifs. Dans un article récent publié par la NOAA, on suggère que les avantages financiers de la contribution du gouvernement américain au programme SMOO seront importants. Bien que l'on fasse référence à certaines activités spécifiques, les avantages découleront essentiellement de la capacité accrue de prévoir des phénomènes à grande échelle comme l'Oscillation méridionale d'El Niño (ENSO). En agriculture, les « avantages pourraient être de l'ordre de 300 millions \$ par année » et « si on tient compte du stockage des cultures et des autres changements agricoles dans le monde, l'augmentation de la production se chiffre entre 400 millions \$ et 500 millions \$ par année ». Les avantages pour le secteur de l'énergie, grâce à de meilleures prévisions des débits fluviaux, sont estimés à « plusieurs millions de dollars pour une seule compagnie d'électricité ».

Selon une analyse économique du GOMOOS réalisée en 2001, « les avantages associés à l'information fournie par le système GOMOOS pourraient atteindre 30 millions \$ par année, alors que ce système coûterait quelque 6 millions \$ par année ».

Au Royaume-Uni, le programme maritime du Bureau météorologique (le *Met Office*) offre des services « commerciaux » directement aux utilisateurs. Ces services sont représentatifs des services habituellement demandés aux fournisseurs de services météorologiques et océaniques. Les revenus commerciaux du programme maritime du Met Office sont de l'ordre de 2 à 2,5 millions £ (3,8 à 4,6 millions \$) par année. Les capacités du Met Office comprennent l'éventail complet des observations océaniques mondiales (quand elles sont disponibles) et de modèles océaniques. Les contrats portent sur la fourniture d'observations et de prévisions sur la surface de la mer, la hauteur des vagues significatives, les courants, la salinité et la température. La majeure partie des services soutient des activités pétrolières et gazières, les activités portuaires, le transport maritime et les pêches (par exemple, un important contrat a été conclu

avec la Maritime and Coastguard Agency). Les progrès récents, réalisés suite aux pressions des clients, ont porté sur cinq domaines :

- Visualisation – Le Met Office a mis au point le système Optimet, un portail de visualisation et de données. Il représente l'étendue géographique des activités d'un client, par exemple une société pétrolière, et il affiche l'information météorologique maritime et générale, y compris les images-satellite. La version plus récente (Optimet 2) offre davantage de fonctionnalités, mais comme la majeure partie du contenu est disponible gratuitement pour les concurrents, le Met Office est vulnérable à la compétition – en 2005, Shell a refusé de renouveler son contrat pour les services maritimes et a changé de fournisseur, faisant appel à Meteconsult, une des plus importantes sociétés météorologiques privées en Europe. D'autres sociétés, comme Fugro-Geos, dont les revenus en 2005 étaient estimés à 3,5 millions £ (6,4 millions \$), sont également actives dans ce marché de la visualisation des données, mais elles développent en plus leur propre expertise afin d'offrir des services de consultation en météorologie océanique. Il ne s'agit pas d'un domaine où le Met Office, tout comme les autres services météorologiques nationaux en définitive, peut vraiment se démarquer.
- Prévisions selon les routes empruntées – Avec l'accroissement du transport du gaz naturel liquéfié (GNL), il existe une demande croissante de prévisions maritimes « basées sur les routes de transport ». La différence majeure entre ces prévisions et les données météorologiques standard pour le transport maritime est que les premières tentent d'intégrer l'information de positionnement par satellite aux données météorologiques satellitaires. On combine souvent cette information à d'autres données météorologiques pour indiquer aux armateurs et aux négociants le mouillage optimal pour le déchargement du GNL, compte tenu de la demande prévue et des conditions météorologiques en mer et dans les ports. Ces services sont actuellement en développement, mais on prévoit qu'ils seront adoptés avec enthousiasme par les industries du transport maritime et de l'énergie. De nouveau, il ne s'agit pas nécessairement d'un domaine où le Met Office pourrait se démarquer.
- Prévisions probabilistes et aide à la décision basée sur les risques – La majeure partie des prévisions météorologiques sont habituellement de nature « déterministe », car il s'agit de prévoir la valeur des variables météorologiques à un moment précis dans le temps. Au cours des dernières années, on utilise de plus en plus des données « ensemblistes », qui permettent de faire rouler les modèles prévisionnels à partir de conditions de départ différentes, compte tenu de l'incertitude des observations. Ces prévisions ensemblistes produisent une plage de possibilités pour chaque paramètre, plutôt qu'une prévision unique. Par conséquent, ces résultats sont beaucoup plus utiles pour la planification et les activités opérationnelles. Par exemple, l'équipe maritime du Met Office à Aberdeen fournit des prévisions probabilistes à l'industrie pétrolière et gazière en mer, pour planifier les opérations de remorquage des plates-formes. Les entrepreneurs peuvent ainsi tenir compte des risques pour déterminer si une opération de remorquage a des chances de réussir.
- Information maritime – Un domaine commercial relativement nouveau est l'information maritime intégrée. En effet, les prévisions maritimes sont maintenant incorporées de plus en plus aux systèmes d'information. Par exemple, on peut s'attendre à voir des liens s'établir entre le Met Office et le système SeaSearcher de l'Unité de renseignement maritime de la Lloyds.

- Exploration pétrolière en eaux profondes – À mesure que l'industrie pétrolière et gazière se déplace en haute mer, celle-ci a besoin de prévisions sur les courants océaniques et sur l'état de la mer en surface, pour les intégrer à ses systèmes.

Plusieurs sociétés offrent des services commerciaux. Les sociétés qui ont des liens avec les grands services météorologiques nationaux sont avantagées. Aux États-Unis, SAIC est un des principaux fournisseurs de services, mais selon ce que nous avons compris, 94 % de ses ventes totales (8 milliards \$) proviennent de contrats avec le gouvernement.

Par exemple, les travaux dans la zone partagée au large des Falklands, à la fin des années 1990, illustrent bien la convergence de diverses organisations. Dans ce cas précis, le Laboratoire océanographique Proudman, du Royaume-Uni, fournissait des informations sur les courants sous-marins, une société commerciale britannique (SOS) fournissait des données sur le vent (obtenues par diffusomètre) et sur les vagues (obtenues par altimètre satellipporté), Fugro-Geos fournissait des données météocéaniques à longueur d'année grâce à plusieurs bouées dérivantes déployées en mer et le Met Office britannique fournissait un service opérationnel de prévisions météorologiques, pour :

- les routes de remorquage entre le secteur britannique de la mer du Nord et les Falklands;
- des prévisions maritimes couvrant le secteur proche des zones de forage prévus;
- des prévisions maritimes couvrant le secteur entre les zones de forage et les îles;
- des prévisions pour l'aviation, couvrant les îles, les plates-formes de forage et les routes entre celles-ci.

La Garde côtière américaine estime que le coût total moyen de maintien à quai d'un navire commercial dans l'un de ses cinq grands ports aux États-Unis est compris entre 386 000 \$ et 870 000 \$. Ces maintiens à quai sont attribuables en grande partie aux mauvaises conditions météorologiques. Une réduction annuelle de 1 % du nombre d'immobilisations se traduit par des économies de 135 000 \$.

5.3 Progrès et tendances

La télédétection satellitaire a fourni des quantités considérables de données (par l'intermédiaire des centres de traitement) aux modèles de prévisions météorologiques. Les progrès réalisés dans la puissance de traitement des ordinateurs et la collecte de l'information permettent aux modélisateurs de produire des prévisions sur cinq jours avec une résolution élevée pour chaque « cellule » de prévision. Les modèles incorporent la bathymétrie du bassin océanique, ainsi que la salinité et la température obtenues par des observations *in situ* relayées par un système de communications et des modèles. Les résultats des modèles pour certaines régions du monde sont du domaine public, mais dans d'autres régions, les données météorologiques sont la propriété du gouvernement ou des autorités militaires.

Les modèles prévisionnels modernes comprennent le modèle HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*), qui constitue une partie cruciale des systèmes d'assimilation de données au Naval Research Laboratory des États-Unis et au National Centre for Environmental Prediction de la NOAA. La Marine américaine utilise les résultats de célérité, de température et de salinité fournis par HYCOM pour alimenter des modèles plus petits, qui donnent en temps réel des résultats plus fins pour les cours d'eau, les marées, etc., partout dans le monde. Le nouveau système RTOFS

(*Real-Time Ocean Forecast System*) de la NOAA offrira aux marins des prévisions à très court terme et des prévisions sur cinq jours pour tout le secteur nord de l'océan Atlantique. Bien que d'autres modèles océaniques aient été élaborés dans le passé, HYCOM est unique non seulement parce qu'il fournit des données planétaires tridimensionnelles, d'une résolution suffisante pour intégrer en temps réel les déplacements des masses d'eau dans les courants causés par les tourbillons, mais également parce qu'il est suffisamment souple pour permettre la modélisation des régions côtières et des zones océaniques profondes. Le modèle HYCOM aidera les prévisionnistes et les autres parties intéressées à mieux comprendre les courants, la température, la salinité et les autres variables océaniques.

Le modèle océanique prévisionnel FOAM (*Forecasting Ocean Model*) du Met Office britannique (UKMO) est un système d'étude des océans/glaces de mer et d'assimilation des données qui produit en temps réel des analyses et des prévisions quotidiennes de la température, de la salinité, des courants et des glaces de mer dans les zones océaniques éloignées, jusqu'à cinq jours d'avance. Le modèle FOAM est bâti sur des modèles « emboîtés » d'océans et de glaces de mer s'appuyant sur des paramètres physiques réels. Il est alimenté par les flux de surface moyens sur six heures fournis par le système opérationnel de prévisions météorologiques numériques du UKMO, et il assimile les observations océaniques (*in situ* et par télédétection) qui sont disponibles en temps quasi réel.

5.4 Utilisation des SOO

Les SOO sont extrêmement précieux pour alimenter directement en données les prévisionnistes et les modèles. Pour produire des prévisions exactes, les prévisionnistes utilisent une foule de données : les paramètres CTP obtenus par des profileurs ancrés ou dérivants, les données sur les vagues et les vents de surface fournies par les bouées météorologiques, les capteurs ancrés, les radars HF et les réseaux d'observation bénévole utilisant le système XBT, et enfin les données obtenues par télédétection satellitaire. De nombreux SOO existants sont en fait des groupes de bouées météorologiques déployés dans une région côtière ou un estuaire.

Il arrive souvent que les sociétés offrant des services de prévision des conditions de surface fournissent les capteurs SOO, selon le type d'application, ainsi que les services prévisionnels proprement dits. Les sociétés déploient les bouées et d'autres plates-formes océaniques, selon les besoins des pétrolières qui oeuvrent en mer dans des zones éloignées, partout dans le monde.

Prévisions météorologiques et de l'état de la mer

Les prévisions météorologiques et de l'état de la mer peuvent être regroupées en trois volets : les observations, le traitement de l'information, ainsi que les produits et les services.

- **Observations** – Les programmes d'observation se font habituellement à l'échelle mondiale et ils sont habituellement très coûteux. Dans le cas des prévisions océaniques, les observations sont faites depuis diverses plates-formes : navires, avions, bouées, flotteurs dérivants et satellites. Dans presque tous les cas, ces systèmes d'observation sont financés et exploités par les gouvernements (autorités civiles ou militaires) ou des instances internationales. Les programmes d'observation satellitaire sont décrits en détail plus loin. Dans le cas des flotteurs, le principal programme est ARGO. Il s'agit d'un programme multinational consistant initialement à déployer 3 000 flotteurs dérivants de profilage; par la suite, d'autres flotteurs seront mis à l'eau chaque année afin que le

nombre total demeure autour de 3 000. Le programme coûte quelque 24 millions \$ par année, la moitié des coûts étant assumée par les États-Unis. La contribution britannique est d'environ 1 million £ par année, ces fonds étant assurés par les Conseils de recherche, le ministère de la Défense et le ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (DEFRA). Malgré son succès et même s'il est un élément important des systèmes SMOC et SMOO, le programme ARGO est constamment à la recherche de fonds. Au Royaume-Uni, toutes les parties qui financent le programme ont récemment déclaré (2006) qu'elles ont de la difficulté à financer un programme opérationnel à long terme (jusqu'à présent, les fonds étaient attribués dans une optique de recherche à court terme).

- Aux États-Unis, la société SAIC (Science Applications International Corporation) développe et exploite un important réseau de bouées, pour le compte du National Data Buoy Center (NDBC), qui fait partie de la NOAA. SAIC fournit également un soutien au réseau d'observations maritimes de la NOAA et aux systèmes d'évaluation en haute mer et de rapport sur les tsunamis, du Centre spatial Stennis de la NASA. L'échange de données a été un problème, mais plusieurs collaborations internationales et programmes satellitaires ont été établis afin de régler cette question.
- **Modélisation et prévisions** – Dans la plupart des cas, les prévisions opérationnelles régionales et à grande échelle sont réalisées par les services météorologiques nationaux et les organisations militaires. Les universités font des recherches dans ce domaine, tout comme des sociétés d'expertise-conseil. Aux États-Unis, le National Weather Service (NWS), qui fait partie de la NOAA, réalise des travaux de modélisation numérique dans le cadre des activités de son National Centre for Environmental Prediction (NCEP). Les services centraux du NCEP collaborent avec l'Océan Prediction Centre pour diffuser des avertissements et des prévisions pour les zones des océans Atlantique et Pacifique situées au nord du 30° parallèle. En outre, la Marine américaine exploite un « Centre océanographique et météorologique numérique de la Flotte », capable de faire des prévisions numériques à l'échelle planétaire. La société SAIC soutient le Centre de modélisation environnementale du NCEP.

En Australie, le Bureau de météorologie exploite un Centre océanographique et météorologique national à Melbourne, qui produit des analyses et des prévisions à diverses échelles géographiques : l'Australie, l'Asie du Sud-Est, l'hémisphère Sud et la Terre.

Au Royaume-Uni, le Met Office exploite un modèle de prévision des vagues océaniques et de l'état de la mer à l'échelle planétaire (le modèle FOAM décrit ci-dessus), qui produit des analyses en temps réel de la température, de la salinité et des courants en eaux profondes, jusqu'à cinq jours à l'avance. Au Royaume-Uni, le Laboratoire océanographique Proudman (qui fait partie du National Environment Research Council) effectue la modélisation des courants marins à l'échelle planétaire, et offre à une clientèle nationale et internationale des services d'expertise-conseil sur le niveau de l'océan et les marées.

6 Évaluation et surveillance de l'environnement

6.1 Introduction

Ce domaine d'application couvre la surveillance générale et constante du milieu océanique à des fins scientifiques, ainsi que les systèmes servant à des applications spécifiques.

Ces applications couvrent la planification et l'obtention des permis pour les activités de construction en mer, pour lesquelles une étude d'impact sur l'environnement (EIE) doit être réalisée pour déterminer si le projet aura des retombées négatives sur les infrastructures et leur environnement, et également pour évaluer les conditions locales afin d'optimiser la conception des structures. L'étude peut durer une ou plusieurs années et nécessiter divers systèmes autonomes à batteries : profileurs ADCP, CTP et météorologiques, marégraphes et bouées TRIAXYS. On peut également combiner les données obtenues par télédétection et les données historiques avec les résultats courants pour établir des modèles prévisionnels indiquant les conditions pour le site proposé, et prévoir les pires scénarios (vagues de 50 ans, vagues de 100 ans) et les créneaux météorologiques (calme plat pour les opérations d'envergure). La modélisation des effets probables de la pollution ou des déversements sur les zones sensibles permettrait d'atténuer les effets de ces événements dès la conception des structures, et donc de choisir des méthodes de remplacement le cas échéant.

Les infrastructures pétrolières et gazières modernes en eaux profondes sont si massives qu'elles peuvent être soumises aux effets contraires des courants qui circulent dans différentes directions sur toute la longueur immergée de la plate-forme. Par exemple, dans le cas des unités FPSO (unités flottantes de production, stockage et déchargement en mer), on doit surveiller les chaînes et les raccords d'ancrage entre le fond marin et la surface pour s'assurer qu'ils demeurent en-deçà des tolérances du système.

Dans les régions où la mise en valeur et l'exploitation des ressources pétrolières et gazières ont débuté il y a un certain temps déjà, le défi actuel est de maintenir, réparer ou remplacer un réseau vieillissant de pipelines qui relient les plates-formes à la côte et assurent le transport du pétrole et du gaz. Le secteur maritime *Sonda de Campeche* au Mexique illustre bien ce qui peut advenir lorsque l'on néglige les infrastructures sous-marines. Possédant quelque 120 plates-formes de production en mer, 39 plates-formes de service et de soutien à la production et un réseau de plus de 3 000 km de pipelines sous-marins, Pemex (la société pétrolière nationale du Mexique) fait l'objet de pressions croissantes pour qu'elle respecte les bonnes pratiques d'ingénierie couramment utilisées ailleurs dans le monde, comme la mer du Nord. Les SOO peuvent jouer un rôle important dans la détection des fuites le long des pipelines et pour la surveillance des conditions qui minent l'intégrité des structures en mer.

6.2 Facteurs du marché

- Surveillance à long terme des zones écologiques sensibles comme les récifs de corail;
- Surveillance de la pollution générale;
- Opérations de maintenance, de production et d'exploration gazières et pétrolières sur terre et en mer;
- Prévention de la pollution, surveillance et évaluation des menaces;

- Études de dispersion des effluents marins;
- Projets de construction en mer et sur terre;
- Positionnement et conception des installations d'énergie renouvelable en mer.

6.3 Progrès et tendances

Les données obtenues par télédétection et *in situ* servent régulièrement à produire des modèles prédictifs selon les besoins de l'utilisateur, notamment dans le domaine de l'énergie en haute mer. Les instruments servant aux opérations de surveillance à long terme sont installés sur diverses plates-formes mobiles et statiques, notamment des caboteurs rapides, des installations pétrolières et gazières en mer, et des systèmes temporaires comme des bouées flottantes ancrées, des profileurs dérivants et des systèmes posés sur le fond marin (pourvus de dispositifs de désengagement déclenchés par un dispositif acoustique, afin de permettre la récupération des unités). Pour soutenir ces activités de surveillance à court et à long terme, on utilise de plus en plus des infrastructures de type SOO.

6.4 Utilisation des SOO

L'installation d'un SOO permanent faciliterait les études des incidences sur l'environnement et les activités subséquentes de surveillance des impacts des projets pendant leur exploitation. Les systèmes câblés d'alimentation électrique et de transmission des données permettraient d'utiliser un large éventail de capteurs, comme les profileurs ADCP, les radars HF, les profileurs CTP et les fluoromètres, mais ces appareils peuvent également fonctionner avec des batteries ou des piles à combustible, et les communications peuvent se faire par modem acoustique et relais satellite. S'il faut surveiller les régimes des marées dans des zones éloignées, ainsi que les conditions météorologiques en surface (et à une certaine altitude si on prévoit construire de grands ouvrages), on devrait peut-être alors utiliser des installations fixées sur des bouées, sur des tours ou au sol.

Les environnementalistes ont critiqué la Marine américaine, jugeant que les tests des sonars et des armes navales menacent les créatures marines. La société Integrated Systems Solutions (États-Unis) a obtenu un contrat de 13,8 millions \$ pour concevoir des méthodologies et des technologies environnementales novatrices. Ce projet de recherche consiste à élaborer des méthodes de surveillance afin de suivre les trajets migratoires des mammifères marins et des autres espèces en danger. Le but est de réduire l'impact environnemental des tests en mer.

Les options rattachées à ce contrat, si elles sont exercées, auront une valeur commerciale de 69,8 millions \$. Les travaux seront réalisés en différents endroits des États-Unis et dans d'autres pays alliés, tout dépendant de chaque tâche qui sera adjugée. On prévoit que ce projet sera terminé d'ici février 2011⁶.

6.5 Perspectives

Les installations permanentes deviendront plus fréquentes, surtout en eaux profondes où les effets des courants sur les structures pétrolières et gazières peuvent être importants. À mesure que l'exploration pétrolière et gazière atteindra des zones aux conditions difficiles, l'évaluation de ces conditions, dès le stade de la conception, deviendra de plus en plus rigoureuse. Un SOO

⁶ <http://www.auvsi.org/news/>

permanent, pourvu de capteurs fournissant des données sur les conditions de surface sans encourir de risques (par la mesure acoustique à distance des vagues), pourrait survivre pendant la durée de vie du projet et fournir des données précieuses. Un tel SOO pourrait également demeurer en place pendant les phases de construction et d'exploitation pour surveiller les conditions ambiantes. Si le SOO est pourvu d'une plate-forme, on pourrait y installer un bloc d'alimentation électrique, des instruments de mesure du vent et des conditions météorologiques, un radar HF pour la caractérisation des vagues, et un module de transmission des données reçues des capteurs en mer.

Grâce aux satellites qui prennent des images de la Terre dans les spectres hertzien et optique, les sociétés pétrolières peuvent intégrer rapidement les données sur les déversements et les fuites de pétrole à leurs activités de surveillance environnementale, dans le cadre de leurs programmes d'exploration et de mise en valeur en haute mer. Depuis cinq ans, Petrobras, la société pétrolière d'État du Brésil, utilise les services de Radarsat International pour assurer la surveillance environnementale de ses plates-formes et de ses oléoducs. Radarsat peut intégrer de l'information spatiale dans son modèle de déversement d'hydrocarbures et produire en moins de quatre heures des données cruciales pour le processus décisionnel.

7 Recherche

7.1 Introduction

La recherche océanographique réalisée dans les universités est un important secteur d'application des SOO. La nature des SOO utilisés pour ce type de recherche varie grandement. Les systèmes en eaux peu profondes, comme l'Observatoire de Bonne Bay, disposent d'un seul capteur déployé dans 18 m d'eau, à 1,4 km de la côte. Par contre, le système H₂O se trouve à 2 000 km des côtes, à 5 000 m de profondeur, et il utilise un câble téléphonique sous-marin désuet pour l'alimentation électrique et le transfert des données⁷. Les futurs SOO, sur lesquels travaillent actuellement les chercheurs universitaires, comme NEPTUNE, couvriront de vastes superficies du fond marin à l'aide de capteurs multiples. On conçoit présentement des projets qui permettront d'implanter un réseau de capteurs sous les banquises polaires. Il peut y avoir un marché pour l'élargissement des systèmes existants, auxquels on ajouterait des capteurs mis au point dans d'autres domaines de recherche. Par exemple, en Amérique du Sud, sept des 32 stations du réseau GLOSS CORE participent à un projet pilote de surveillance continue par GPS, aux sites des marégraphes du projet TIGA. Ce projet pilote vise à différencier les mouvements océaniques des mouvements crustaux verticaux, en installant des repères géodésiques marégraphiques qui feront partie du Repère international de référence terrestre (ITRF).

La « recherche » peut être répartie en diverses catégories, par exemple la recherche universitaire, militaire et commerciale, ou encore par secteur d'application. La recherche universitaire et militaire est habituellement financée par les mêmes sources gouvernementales. La recherche commerciale dans le secteur maritime porte essentiellement sur trois principaux secteurs, à savoir la construction navale, l'industrie pétrolière et gazière, et les autres industries. Dans une certaine mesure, tous ces secteurs de recherche investissent des ressources directement ou indirectement dans des projets touchant les SOO, ou ils sont à tout le moins mutuellement avantageux.

La recherche universitaire (telle qu'elle est perçue dans la présente étude) débute souvent lorsque le chercheur obtient un poste rémunéré pendant ses études doctorales dans un domaine donné, les fonds provenant de sources gouvernementales (civiles ou militaires) ou encore du secteur privé, tout dépendant du domaine de recherche en cause.

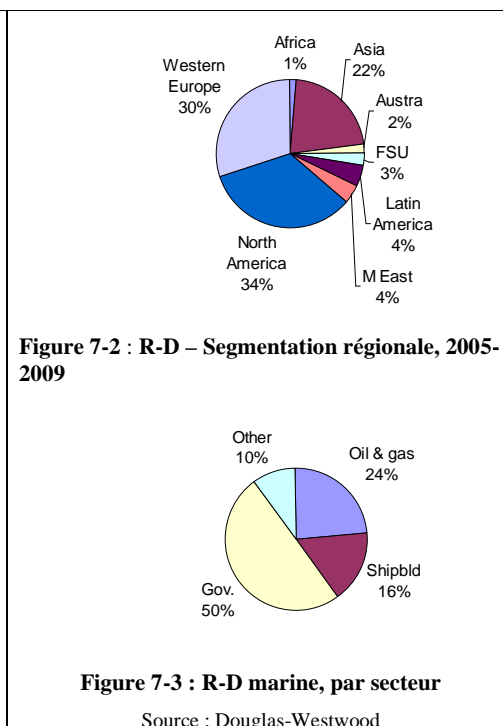
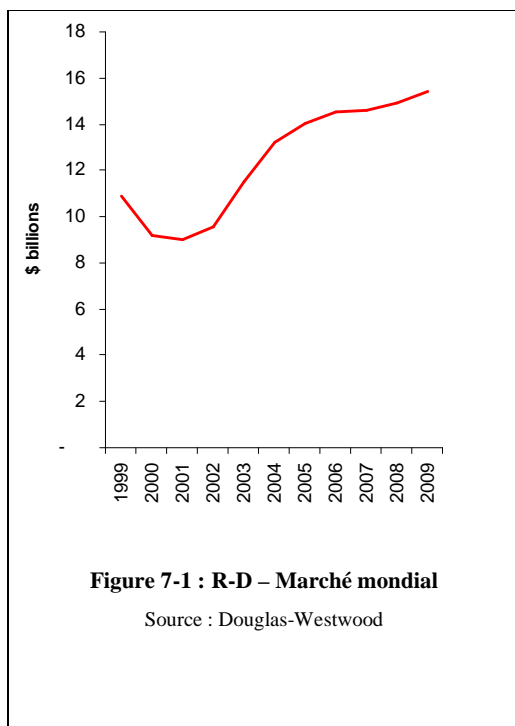
Les thèmes de recherche comprennent habituellement l'océanographie, la météorologie, l'hydrographie, les sciences atmosphériques, la géologie, la biologie et les pêches. D'autres domaines scientifiques, notamment l'astrophysique et la physique des particules, font appel à la technologie des SOO pour aider à la construction de détecteurs de neutrinos et autres capteurs ne servant pas à des fins océanographiques. Les chercheurs dans divers autres domaines – électronique, informatique, modélisation mathématique, ingénierie – participent également à ces travaux. La conception de nouveaux équipements, comme les véhicules sous-marins, les capteurs et les infrastructures d'ancrage, est cruciale, et il en va de même pour les nouvelles techniques de traitement et de diffusion des données obtenues *in situ* ou par télédétection, ainsi que pour la modélisation du comportement des océans.

La recherche peut porter sur l'étude d'un phénomène physique particulier (cheminées géothermiques, activité sismique, remontée d'eau) ou d'une zone donnée (zones de confluence, dans la recherche sur les pêches). La capacité d'observer à long terme plusieurs paramètres en

⁷ <http://www.who.edu/oceanus/viewArticle.do?id=2434&archives=true&sortBy=printed>

plusieurs endroits, et de transmettre les données en temps réel, profite à tous ces domaines de recherche, car par le passé, les données étaient obtenues de façons très éparses dans le temps et dans l'espace lors des croisières scientifiques.

7.2 Facteurs du marché



Le secteur de la R-D marine était évalué à **12,4 milliards \$** en 2004, et nous estimons que les dépenses ont atteint 15 milliards \$ en 2005. Les estimations ci-dessus ne comprennent pas l'important secteur naval militaire, où les dépenses américaines atteignent 16 milliards \$, le total mondial pouvant ainsi se chiffrer à 32 milliards \$. C'est un marché important pour le secteur civil, non seulement en termes de contrats militaires directs qui peuvent offrir une assise financière à la recherche universitaire et aux sociétés privées, mais également sous forme de retombées technologiques pour les applications civiles. Le budget de la Marine américaine pour le développement, les essais et l'évaluation a augmenté de 14,9 milliards \$ en 2004 à 16,3 milliards \$ en 2005. Ce montant comprend 477 millions \$ pour la recherche fondamentale, 564 millions \$ pour la recherche appliquée, 677 millions \$ pour le développement de technologies perfectionnées, 2,8 milliards \$ pour le développement de composants avancés et 8 milliards \$ pour le développement et la démonstration de systèmes⁸. Les États-Unis se sont dotés d'un programme visant expressément à faire participer les PME à la R-D militaire.

⁸ *Sea Technology Buyers Guide/ Directory* 2005

Dans son budget de 2007, la National Science Foundation (NSF) a alloué 38,5 millions \$ à deux importants projets de SOO. L'Ocean Initiative fournira 56 millions \$ pour la construction du navire de recherche *Alaska ARRV* (Alaska Research Vessel), et l'Ocean Observatories Initiative recevra 13,5 millions \$. Cette dernière initiative comprend un réseau de capteurs, des systèmes imageurs, des réseaux câblés et des bouées qui seront déployées le long des eaux côtières américaines et en eaux profondes en divers endroits du monde.

Par le passé, les activités mondiales ont été relativement constantes, avec un taux de croissance prévu estimé à 1,4 % par année, de 2005 à 2009. Nous estimons que la R-D en construction navale se chiffrera à 2,3 milliards \$ et que sa croissance future dépendra essentiellement de l'augmentation des revenus. Toutefois, ce secteur a peu de liens directs avec les SOO.

On estime que l'industrie pétrolière et gazière dépense 3,1 milliards \$ en R-D⁹, mais ce montant augmentera assurément au cours des prochaines années, compte tenu des défis techniques qui devra relever cette industrie. Les principaux centres de recherche dans ce secteur se trouvent au Brésil, en France, en Norvège, au Royaume-Uni et aux États-Unis. Enfin, nous estimons que les autres industries maritimes dépenseront en tout 1,25 milliard \$ par année en R-D.

Les facteurs à long terme qui façonnent la recherche océanique sont bien connus :

- réchauffement planétaire;
- croissance de la population;
- changements démographiques;
- économies en développement.

Le gouvernement contribue fortement au financement de la R-D, avec plus de 1 200 navires de « recherche » exploités dans le monde entier. Les États-Unis dominent à ce chapitre, et nous estimons que le budget maritime de la NOAA se chiffre à 2,5 milliards \$. Le total pour les autres pays est probablement de 3,75 milliards \$. La réponse au réchauffement planétaire accroîtra probablement les dépenses au chapitre de la R-D.

L'Europe de l'Ouest assume une partie importante de la R-D mondiale dans le secteur maritime et ne le cède qu'aux États-Unis. Toutefois, la majeure partie des dépenses en R-D en Europe est le fait de l'industrie. La part européenne du marché mondial était de 4 milliards \$ en 2004, et on prévoit qu'elle atteindra 4,4 milliards \$ d'ici 2009. « *La recherche et développement est un facteur de croissance économique, de création d'emplois, d'innovation de nouveaux produits et de qualité accrue de produits en général, et elle permet d'améliorer le système de soins de santé et la protection de l'environnement. Au Sommet de Lisbonne en 2000, le Conseil européen a établi un objectif stratégique clair pour l'actuelle décennie : faire de l'Europe l'économie du savoir la plus compétitive et la plus dynamique au monde.*¹⁰ »

À long terme, les pays occidentaux pourraient s'inquiéter de l'émergence d'une importante capacité de R-D en Asie et de la capacité croissante de ces pays de « miner » les centres occidentaux établis, en attirant les fonds du secteur privé en R-D. Il est à prévoir que les pays comme la Chine, l'Inde et la Russie deviendront de plus en plus concurrentiels, en raison de leurs faibles coûts de main-d'œuvre (employer un détenteur de maîtrise en Inde coûte 25 % de ce qu'il en coûterait aux États-Unis).

⁹ Nos estimations sont basées sur les chiffres médians produits séparément par McKinsey et Shell.

¹⁰ *Annuaire Eurostat 2004.*

Un autre facteur dont on doit tenir compte est que la R-D réalisée dans un pays en développement est souvent perçue comme une façon d'assurer un contenu local, ce qui est très important dans de nombreux secteurs industriels comme l'industrie pétrolière et gazière en mer. Les gouvernements occidentaux seront alors confrontés à un défi croissant : d'une part, préserver le développement technologique commercial dans leurs propres pays, et d'autre part contrer la pression exercée par les pays en développement en raison de leurs faibles coûts et de la nécessité, pour les investisseurs étrangers, de respecter les exigences de contenu local.

Même si les principaux pays développés produisent un nombre considérable de diplômés, nous avons récemment constaté une double phénomène préoccupant : ces diplômés ne sont pas assez nombreux pour répondre aux besoins nationaux, et la qualité de l'éducation aux cycles supérieurs varie grandement.

7.3 Progrès et tendances

Les chercheurs universitaires ont maintenant recours aux SOO, et c'est surtout en Amérique du Nord que l'on progresse le plus en ce sens. L'infrastructure existante est renforcée et élargie, et de nouveaux systèmes sont mis en place.

D'importants progrès technologiques ont lieu dans de nombreux domaines, y compris les observations et les communications par satellite, les modems acoustiques, la fibre optique, la vitesse de traitement des ordinateurs, le stockage des données, l'utilisation généralisée de la connexion Internet large bande. Tous ces progrès permettent aux chercheurs d'accéder à une quantité de données encore plus grande qu'auparavant. Naguère, on enregistrerait sur bande magnétique les données obtenues par des capteurs ancrés en profondeur pendant une croisière scientifique de six mois. Maintenant, les données sont transmises de manière conviviale par satellite depuis une bouée de surface, puis affichées de l'autre côté de la Terre quelques secondes ou quelques minutes après leur acquisition. On s'est ainsi doté d'une capacité de recherche dans plusieurs domaines où auparavant on ne pouvait accéder à la technologie et au flux d'information.

Les **véhicules sous-marins autonomes** (AUV) et les véhicules de surface autonomes font maintenant partie des SOO. Pour le moment, on les déploie seulement lors des croisières scientifiques annuelles des navires de recherche. Si on les équipait de dispositifs d'amarrage, de recharge et de téléchargement des données, les AUV pourraient demeurer sur place, ce qui réduirait le temps de transport improductif, d'où des économies budgétaires, et permettrait l'obtention autonome des données, l'intervention humaine étant requise seulement pour la maintenance ou la remise en état des véhicules. De nombreuses institutions universitaires disposent d'AUV avancés, mais on les garde souvent en atelier jusqu'à ce que l'on obtienne suffisamment de fonds pour la prochaine croisière de recherche.

Les **bouées dérivantes** suivent les courants de surface. Lorsqu'elles sont équipées de panneaux solaires, d'un système GPS et de divers capteurs, elles peuvent transmettre les données qui servent aux études sur les interactions atmosphère-océans et à d'autres recherches. Dans plusieurs projets, on utilise des capteurs dérivants qui peuvent descendre jusqu'à 2 000 m puis remonter à la surface, après avoir mesuré la salinité et la température pour déterminer la structure de la colonne d'eau. Ces projets sont maintenant entièrement opérationnels, mais les chercheurs doivent en assurer la maintenance, c'est-à-dire les réparer, déployer de nouveaux capteurs et intégrer les progrès technologiques. Les capteurs à dérive libre permettent de mesurer le champ lagrangien de paramètres, au lieu du champ eulérien, lequel correspond à des données ponctuelles

dans le temps – on obtient ainsi des données temporelles, au lieu de données spatiales uniquement.

La **télédéttection satellitaire** a permis aux chercheurs universitaires d'accéder à une quantité sans précédent d'information, en étendue comme en détail. La mesure de la couleur des océans (CO) permet de déterminer l'activité du phytoplancton et donc la quantité potentielle de nourriture pour les poissons. Les mesures de la température à la surface de la mer (TSM) sont utilisées par les météorologues et les spécialistes de l'atmosphère. Les altimètres satellitaires donnent une bonne indication des zones de haute et de basse pression au-dessus de l'océan, d'après l'« altitude » du satellite au-dessus de la surface de la mer – la distance est plus grande si la surface de la mer est creusée, ce qui est le cas lorsque la pression atmosphérique est élevée. Ces mesures sont fournies par les satellites civils et militaires. De plus, les autorités militaires diffusent certaines données à très haute résolution obtenues par leurs systèmes. La trajectoire des satellites est perturbée par la fluctuation du champ magnétique terrestre et également par sa densité (plus celle-ci est élevée, plus l'attraction gravitationnelle est grande), ce qui permet aux géologues d'effectuer des travaux à l'appui de l'exploration minière. On peut utiliser les différences dans les caractéristiques de réflexion des signaux radar par différentes surfaces pour détecter et surveiller les déversements d'hydrocarbures. Par ailleurs, des mesures en mer sont requises pour étalonner et valider les mesures prises par satellite et fournir des données réelles, utilisables dans les modèles prédictifs.

Les **enregistreurs ondulants remorqués (TUORS)** servent à prélever les échantillons biologiques dans le cadre des études des grands systèmes marins (LME). Ces outils peuvent générer d'importants ensembles de données à peu de coûts, et couvrir de grandes surfaces, à l'aide des navires de recherche.

Les **nœuds d'alimentation et de données** (points de connexion) sont les principaux blocs constitutifs d'un SOO. Le nœud est fixé à un câble assurant la transmission des données et de l'alimentation électrique. On a utilisé avec succès des câbles téléphoniques en cuivre à configuration redondante. Dans les nouvelles installations, on pourrait utiliser des câbles séparés : un câble de données à fibres optiques et un câble d'alimentation.

On peut ensuite, en utilisant des **véhicules téléguidés (VTG)**, fixer de l'équipement supplémentaire au nœud, grâce à des connecteurs enfichables en milieu mouillé. Il est manifeste que l'on devra normaliser les besoins en matière de connexions, de données et d'alimentation. Le nœud peut constituer un point central autour duquel gravite le réseau de capteurs, ceux-ci y étant tous connectés et transmettant des données. Différentes expériences peuvent être prises en charge (tout dépendant de l'alimentation requise et de la capacité de données disponibles), permettant à des chercheurs travaillant dans plusieurs domaines d'utiliser la même infrastructure. De plus, on utilise abondamment les VTG pour les levés à haute résolution du fond marin, et également comme systèmes généraux d'observation et de travail sous l'eau.

7.4 Utilisation des SOO

Les données provenant d'un SOO peuvent servir à des utilisations diverses et nombreuses, et la bonne gestion des données est vitale. On doit avoir de l'information au sujet des données (en d'autres mots, des métadonnées), et l'accès à ces métadonnées permet aux chercheurs de différentes disciplines de décider si un ensemble de données est pertinent ou non pour leurs besoins. Les métadonnées comprennent différents paramètres comme les coordonnées géographiques indiquant l'étendue spatiale de l'ensemble de données, la nature des données, leur

format, la méthode de collecte, la fiabilité et toute mesure de contrôle de la qualité qui peut avoir été utilisée. Les centres régionaux de données contiennent des téraoctets d'information, et les métadonnées sont cruciales pour permettre le tri des collections de données selon les besoins des utilisateurs.

7.5 Perspectives

La recherche universitaire à l'aide des SOO est un important « marché ». Les chercheurs universitaires s'intéressent au changement climatique planétaire, à l'augmentation du niveau de la mer, ainsi qu'à la détection et la prévision des dangers naturels. En de nombreux endroits du monde, on cherche actuellement à obtenir des fonds pour de grands projets d'infrastructures de type SOO. La diffusion par le Web permet d'assurer la formation et l'acquisition de capacités dans des pays autres que ceux qui financent l'infrastructure, et donc leur permettre de profiter des initiatives mondiales. La recherche universitaire financée réalisera des progrès dans de nombreux domaines : la technologie des capteurs et des véhicules sous-marins sans équipage (UUV), les nœuds de données et d'alimentation des SOO, les normes et les protocoles mondiaux pour les capteurs et les exigences d'interfaçage alimentation/données de l'équipement, ainsi que les outils de prévision et de modélisation qui faciliteront le travail des décideurs.

Le partage des SOO entre les chercheurs universitaires, l'industrie et d'autres utilisateurs pourrait en optimiser l'utilisation. Mentionnons plusieurs exemples : les systèmes installés sur les navires marchands; les paquebots de croisière sur lesquels les armateurs offrent de l'espace pour y loger de l'équipement scientifique; ou encore, les VTG industriels en eaux profondes qui pourraient servir à l'étude de la biologie sous-marine, à l'échantillonnage géologique ou au placement de nouvelles infrastructures de capteurs, quand ils sont « inoccupés », à une certaine distance de leur installation ou plate-forme pétrolière d'attache.

8 Avertissements en cas de risques naturels

8.1 Introduction

Dans le domaine maritime, les risques naturels comprennent les tsunamis créés après une activité sismique, les inondations dues à la combinaison des marées exceptionnellement hautes, de fortes dépressions atmosphériques, de brises de mer, ainsi que les ondes de tempête subséquentes à des conditions météorologiques exceptionnelles.

8.2 Facteurs du marché

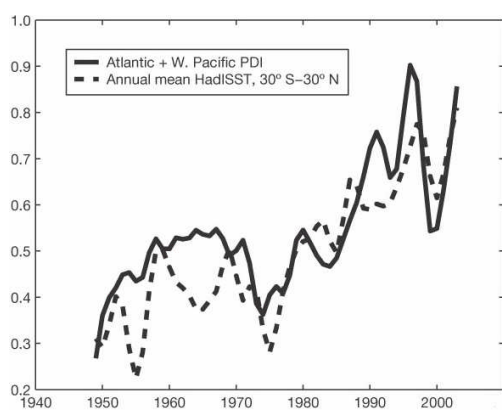


Figure 8-1 : Tempêtes tropicales

Source : Emmanuel, MIT

Cette figure présente les modifications lissées de la puissance dissipée (PDI – *Power Dissipation Index*) par les ouragans dans la partie nord-ouest du Pacifique et dans la partie nord de l'Atlantique, intégrée sur la durée de vie de la tempête et sur la zone touchée, par rapport aux changements de la valeur annuelle de la température à la surface de la mer (TSM). Les unités PDI sont celles de l'énergie, et elles sont multipliées par un facteur arbitraire afin de correspondre aux mêmes unités que les valeurs TSM, pour faciliter la comparaison entre les deux quantités. Le résultat global : la dissipation de puissance semble presque avoir doublé au cours des 30 dernières années.

Les glaciers fondent et ils ont reculé d'environ 500 m en moyenne au cours des 50 dernières années. Les glaces de la mer Arctique fondent également, ce qui représente une perte d'environ 1 million km² depuis les 35 dernières années. Le résultat global est une augmentation annuelle moyenne du niveau de la mer d'environ 1 pouce depuis 1995¹¹. Lorsqu'elles sont alimentées par des tempêtes majeures, les ondes de tempête peuvent avoir des effets dévastateurs comme nous l'avons bien vu à la Nouvelle-Orléans en 2005.

Les autorités investissent des sommes importantes dans les barrières côtières. Pour établir la taille des barrières fixes (et donc des investissements requis), il faut observer les événements extrêmes en tenant compte des tendances à long terme. Plusieurs de ces barrières consistent en « vannes de décharge » qui font toute la largeur des estuaires fluviaux, et leur bon fonctionnement est tributaire de l'existence des SOO et des modèles prévisionnels connexes.

Après le tsunami de 2004 et l'inondation de la Nouvelle-Orléans en 2005, des fonds ont été établis aux États-Unis pour la mise en place de systèmes d'alerte en cas de catastrophes

¹¹ Présentation par Bruce Haines, JPL, NASA, à la réunion de la Marine Technology Society, California State Polytechnic University, Pomona, 12 avril 2006.

naturelles. Le Système d'alerte aux tsunamis pour la région du Pacifique, qui relève du gouvernement américain, a également identifié de fausses alertes : il a permis d'éviter une évacuation des îles d'Hawaï en novembre 2003, ce qui aurait occasionné des pertes de 68 millions \$ pour l'économie régionale. Par ailleurs, on estime qu'il en coûtera quelque 50 millions \$ pour moderniser le système d'alerte aux tsunamis de l'océan Indien.

D'après l'analyse économique du GOMOOS, les avantages associés à l'information obtenue à l'aide de ce système pourraient atteindre 30 millions \$ par année, alors que le système coûterait environ 6 millions \$¹². Si les prévisions côtières dans la région des Grands Lacs permettaient de sauver 1 % de plus de vies, cela représenterait cinq vies sauvées. Comme on associe une valeur économique de 4 millions \$ à une vie humaine (*Potential Economic of Coastal Ocean Observing Systems; the Gulf of Maine*), on pourrait ainsi économiser 20 millions \$ sous forme de pertes de vie évitées¹³.

Il y a lieu de noter que les tsunamis ne sont pas un phénomène confiné au Pacifique. Le 1^{er} décembre 1755, un tsunami a détruit la ville de Lisbonne, touchant aussi de nombreuses autres villes de la péninsule ibérique, de la côte nord de l'Afrique et du reste du littoral européen. Bien que ce fut le pire événement du genre dans cette région de mémoire récente, il y en a eu d'autres : en Norvège, en 1905, et plus récemment en Algérie en mai 2003. Malgré ces tsunamis, il n'existe aucun système efficace d'alerte aux tsunamis dans cette région.

En novembre 2005, les premières mesures visant à implanter un système d'alerte aux tsunamis dans la zone nord-est de l'océan Atlantique, la Méditerranée et les mers connexes ont été prises lors d'une réunion organisée par la Commission océanographique intergouvernementale (COI), qui relève de l'UNESCO. La COI avait déjà établi le système d'alerte aux tsunamis pour le Pacifique et, au cours de la dernière année, elle a coordonné l'établissement du système d'alerte et d'atténuation des tsunamis dans l'océan Indien.

8.3 Progrès et tendances

Depuis 1948, la Marine américaine maintient un réseau de postes d'écoute acoustique dans le Pacifique, le but étant à l'origine de détecter les activités des sous-marins et la signature acoustique des explosions nucléaires. Le réseau de capteurs est relié au Centre d'avertissement du Pacifique à Hawaï, et l'information fournie par celui-ci est diffusée par l'intermédiaire du Département d'État des États-Unis. Le Centre d'avertissement du Pacifique a été mis en place après qu'un séisme d'intensité relativement faible dans les îles Aléoutiennes eut provoqué un tsunami important qui a frappé Hawaï et a tué 159 personnes en 1946. Selon la NOAA, environ 85 % des tsunamis se produisent dans le Pacifique. Un centre d'alerte a été établi en Alaska, après qu'un séisme d'une magnitude de 9,2 eut provoqué un tsunami le 27 mars 1964, qui a tué 122 personnes dans le Pacifique.

Les médias se sont inquiétés des défaillances apparentes dans l'échange des messages d'alerte qui auraient dû être transmis. Cela pourrait amener les pays à risque à investir dans leurs propres systèmes d'alerte. Les contraintes politiques locales pourraient donc nuire à la mise en place d'un

¹² The Economic Benefits of Coastal Observing, Kite-Powell and Colgan, 2001.

¹³ Delta Research Co., Chicago, IL 60603, « Great Lakes Component: Coordinated Regional Benefit Studies of Coastal Ocean Observing Systems », 13 janvier 2003.

système intégré et régional, en raison des fonds requis et du choix du pays qui hébergera les centres d'alerte. La COI coordonne le développement de ces systèmes.

Le Japon dispose d'un système perfectionné d'alerte aux tsunamis (les alertes sont diffusées par l'intermédiaire de l'Agence météorologique du Japon). Lorsque des vagues de 3 mètres ont frappé l'île d'Hokkaido, au nord du Japon, le 25 septembre 2003, le Japon avait émis des alertes et fait évacuer les zones côtières. Toutefois, deux pêcheurs ont été perdus en mer.

En octobre 2003, des chercheurs australiens et indonésiens ont reçu l'aval du Groupe de coordination internationale des Nations Unies, permettant au Système d'alerte aux tsunamis dans le Pacifique de débiter l'étude de ce type de menace dans l'océan Indien. Les chercheurs se sont surtout intéressés aux tsunamis produits par des séismes survenant autour de l'île de Java, au cœur de l'Indonésie. Le consensus est que l'océan Indien a besoin d'un meilleur système d'avertissement que le Pacifique, parce que l'océan Indien est plus petit et que les tsunamis peuvent se propager beaucoup plus rapidement avec des effets catastrophiques. Un tsunami peut prendre 24 heures pour traverser le Pacifique. Le tsunami du 26 décembre 2004 a frappé le Sri Lanka moins de deux heures après avoir été produit par un séisme au large de Sumatra, à environ 800 milles (1 300 km) de là, et il a pris neuf heures pour atteindre la côte est de l'Afrique, à quelque 3 500 milles (5 600 km).

Après le désastre, le ministère fédéral allemand de l'Éducation et des Recherches a demandé à l'Association Helmholtz des Centres nationaux de recherche de mettre au point un système d'avertissement précoce de tsunami au coût de 57 millions \$ pour l'océan Indien, lequel a par la suite été élargi afin de couvrir la Méditerranée et l'océan Atlantique. Le système intègre des réseaux d'observation terrestres de sismologie et de géodésie, ainsi que l'observation satellitaire et la mesure de paramètres marins. L'Allemagne coopère avec l'Indonésie, qui est la région la plus menacée par les séismes dans l'océan Indien, en raison de sa proximité avec la fosse sismiquement active de la Sonde.

En novembre 2005, le navire de recherche allemand « *Sonne* » a débuté la construction du système d'alerte précoce des tsunamis dans l'océan Indien, similaire au système soutenu par les États-Unis et qui assure la surveillance du Pacifique. L'Allemagne fournit 85 millions \$ pour le système d'instruments marins, y compris des sismomètres, qui permettent de détecter les tremblements de terre. Désigné au début par le nom « Tsunami Early Warning System » (TEWS), le système a depuis été raffiné afin d'éviter les fausses alarmes générées par des tremblements de terre qui ne provoquent pas de tsunamis. Les scientifiques allemands et indonésiens devaient prendre deux semaines pour installer les bouées et les capteurs au large de Sumatra, grâce à des câbles d'ancrage de 6 000 m. Le TEWS consiste en 10 bouées, 25 sismographes, 10 stations GPS, 10 marégraphes GPS et 20 capteurs de pression ancrés au fond de l'océan. On prévoit que sa construction sera terminée d'ici la mi-2008 et fera partie de l'élargissement du système DART, proposé par les États-Unis.

8.4 Utilisation des SOO

Les vagues de tsunamis sont provoquées par un mouvement d'une section du fond marin après un déplacement dans la croûte de la planète, et cet événement sismique peut être détecté, localisé et évalué quelques secondes après qu'il se soit produit. On peut ainsi détecter l'événement sismique, tout comme la vague subséquente.

Les États-Unis exploitent six bouées DART (*Deep Ocean Assessment and Reporting of Tsunamis*) dans le Pacifique. Les systèmes DART comportent deux parties : un capteur ancré au fond de l'océan, qui mesure la pression de l'eau et peut détecter et mesurer les tsunamis, ainsi

qu'une bouée de surface qui relaie l'information à un satellite. Les bouées peuvent être endommagées par les mers agitées, et également par les vandales. Deux des six bouées étaient défectueuses en 2005. Le gouvernement Bush se propose d'ajouter 32 bouées DART, dans le cadre de l'élargissement du système américain d'alerte aux tsunamis, au coût de 37,5 millions \$.

Toutefois, il semble plus compliqué de diffuser l'information et de sensibiliser les personnes à risque, afin qu'elles sachent comment réagir en cas d'alerte. On indique que la Malaisie prévoit utiliser des haut-parleurs dans les mosquées, qui servent uniquement à l'appel aux prières, afin d'alerter la population en cas de tsunami imminent. La Thaïlande prévoit construire une cinquantaine de tours, pourvues d'une sirène qui se déclenchera à l'approche d'un tsunami. Dans la zone nord du Chili, sujette aux tremblements de terre et aux tsunamis, les poteaux d'électricité sont peints de différentes couleurs pour indiquer aux passants l'importance du danger, et s'il n'y a rien à craindre ou s'il faut plutôt rechercher des endroits surélevés, la couleur rouge signifiant qu'il faut se réfugier en terrains surélevés. À Hawaï, les cabines de téléphone publiques sont pourvues de cartes qui indiquent les zones vulnérables aux tsunamis et les abris.

8.5 Perspectives

Les SOO visant à détecter les tsunamis seront mis à niveau, élargis et de nouveaux systèmes seront installés, avec des centres d'alerte et de l'équipement de diffusion de l'information. On cherche à utiliser une technologie fiable et éprouvée, des instruments robustes et durables et des systèmes compatibles. Les efforts visant à coordonner tous ces développements, sous la gouverne des Nations Unies, peuvent être retardés par des enjeux politiques régionaux, mais des fonds commencent néanmoins à être affectés à ces systèmes.

On estime qu'il y a trois composants essentiels pour réduire efficacement l'effet du tsunami : l'évaluation du risque, les mesures d'atténuation, les alertes. Les projets futurs proposés à la COI reflètent ces priorités, notamment le projet « Tsunami : Réduction des impacts grâce à trois mesures clés » (TROIKA – *Tsunami: Reduction of Impacts through Three key Actions*). Les activités proposées dans le cadre de ce projet comprennent :

- évaluation du risque – production de cartes des zones inondables par les tsunamis locaux et distants, d'après les simulations numériques;
- mesures d'atténuation – élaboration de plans d'urgence, affichage de panneaux indiquant les routes d'évacuation et élaboration de programmes éducatifs;
- alertes – élaboration d'un réseau mondial de bouées de détection des tsunamis.

Les nouveaux besoins technologiques permettant de surveiller et détecter les tsunamis comprennent :

1. Meilleures estimations de l'intensité des tremblements de terre, par l'augmentation à 450 secondes de la période des ondes de surface causées par les phénomènes sismiques.
2. Utilisation de données géodésiques afin de détecter les grandes déformations crustales (comme à Sumatra en 2004), atteignant 10 cm/s.
3. Détection de la taille et de l'emplacement des zones de rupture, grâce à un réseau de stations (réseaux sismiques, réseaux de détecteurs d'infrasons et réseaux hydroacoustiques), avec traitement automatisé des données.
4. Altimétrie par radar satellitaire, jumelée à un système d'avertissement régional, permettant de détecter des tsunamis d'une amplitude de plus de 10 cm.

5. Télédétection des vagues de tête et des zones inondées en temps quasi réel, soit moins de 12 heures.

9 Zones côtières

9.1 Introduction

Dans les pays développés et en développement, les zones côtières connaissent des changements profonds. Déjà près de 60 % de la population du monde vit à moins de 60 kilomètres des côtes¹⁴. D'ici le milieu du siècle, deux tiers de la population des pays en développement (3,7 milliards de personnes) devraient habiter les zones côtières. Par conséquent, et à moins que l'on n'instaure des mesures rationnelles de planification et de gestion de l'environnement, nous assisterons à de graves conflits au sujet de l'utilisation du littoral et des ressources côtières et à la dégradation des ressources naturelles limitera gravement les possibilités de développement.

L'environnement côtier et marin est constamment soumis à des pressions résultant de diverses activités : la mariculture, l'agriculture, l'urbanisation, le développement industriel et le tourisme. Bien qu'il y ait eu de nombreuses tentatives pour protéger les zones côtières et encourager des formes durables de développement côtier, seules quelques-unes ont été couronnées de succès. La principale raison de cet échec est attribuable à des questions sectorielles, sans parler de la vive concurrence pour les ressources côtières en de nombreux endroits¹⁵.

En raison de la densité démographique intense et croissante dans les zones côtières, les perspectives à long terme d'augmentation du niveau de la mer et des ondes de tempête sont de plus en plus préoccupantes, et d'importants investissements ont été faits et seront requis à la fois pour comprendre l'étendue des problèmes et pour protéger les communautés côtières dans le monde entier.

En février 1953, les Pays-Bas et la partie sud-est du Royaume-Uni ont été dévastés par les assauts conjoints de vents de force ouragan et de marées printanières exceptionnellement hautes. Au Royaume-Uni, 307 personnes ont péri noyées, et 200 autres ont été perdues en mer, mais aux Pays-Bas, l'inondation a tué 1 835 personnes. Presque 200 000 hectares de terres ont été inondés, 3 000 maisons et 300 fermes détruites, et 47 000 têtes de bétail noyées. Ce fut le pire désastre que les Pays-Bas aient connu en 300 ans. Le programme massif de renforcement des digues et d'installation de barrières anti-tempête amovibles, entrepris à la suite de cette catastrophe, a été terminé en 1997 au coût de 15 milliards \$.

Au Royaume-Uni, une importante barrière à marée visant à protéger Londres a été construite sur la Tamise au coût de 500 millions £ (env. 875 millions \$), et cet argent semble avoir été bien dépensé. Depuis sa construction en 1982, la barrière a dû être fermée 92 fois¹⁶.

Après les événements comme le tsunami de 2004, l'ouragan Katrina et la débâcle des défenses maritimes de la Nouvelle-Orléans, il est manifeste qu'il faudra faire beaucoup plus dans de nombreux pays. (Les pertes économiques totales attribuables au seul ouragan Katrina sont estimées à plus de 125 milliards \$¹⁷. Le gouvernement américain s'est engagé à dépenser environ 3,1 milliards \$ pour renforcer les digues de la Nouvelle-Orléans.) En Italie, on construit actuellement, au coût de 3 milliards \$, la barrière Mose pour protéger la ville de Venise.

¹⁴ <http://www.unesco-ihe.org/education/ilearning.htm>

¹⁵ PNUE

¹⁶ <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200506/cmhansrd/cm050616/text/50616w12.htm>

¹⁷ <http://www.house.gov/transportation/water/10-20-05/10-20-05memo.html>

Les planificateurs doivent pouvoir déterminer les zones les plus à risque dans certaines conditions météorologiques, dans leurs scénarios visant à contrer l'augmentation à long terme du niveau de la mer, et prendre des décisions éclairées face aux pressions d'une économie en quête incessante de terres.

D'autres aspects sont importants : les changements attribuables à l'activité humaine dans le transport des sédiments et des nutriments, et leur effet sur les pêches, les écosystèmes sensibles et le littoral (érosion et dépôt des matières transportées par l'eau, comme le sable).

9.2 Facteurs du marché

Les données obtenues par l'observation des océans sont précieuses pour les planificateurs des zones côtières, pour connaître le développement des propriétés, délimiter les zones inondables (par les ondes de tempête et l'augmentation du niveau de la mer) et également déterminer l'effet du développement côtier sur le transport littoral des sédiments et l'apport de sable sur les plages, ou encore l'érosion des zones sensibles.

Les indicateurs biologiques des stocks de poisson et de la santé du milieu aquatique intéresseront assurément les planificateurs des zones côtières, car si la création de lagunes peut accroître la façade de terrains donnant sur l'eau, elle peut également causer la diminution des niveaux d'oxygène.

Voici quelques exemples de projets gouvernementaux qui peuvent présenter des marchés potentiels :

Au Royaume-Uni, l'Environment Agency (région d'Anglian), recueille et utilise à l'heure actuelle l'information suivante sur les zones côtières :

- profils des plages à intervalles de 1 km (deux fois l'an);
- profils bathymétriques (c'est-à-dire, cartographie du profil du fond marin) à intervalles de 1 km, selon un programme par rotation, chaque section du littoral étant couverte une fois aux cinq ans;
- levés aériens photographiques au 1/5 000, disponibles numériquement depuis 2003;
- achat de données marégraphiques choisies, de classe A, du Laboratoire océanographique Proudman;
- échantillonnage et analyse de sédiments, pendant la collecte des données bathymétriques;
- levés bathymétriques d'estuaires choisis;
- surveillance des vagues et des marées près des côtes, dans le cadre d'un programme par rotation sur cinq ans.

En Corée, où l'on prévoit que 42 % des pêches se feront dans des exploitations aquacoles d'ici 2010, les concepts de « ranchs piscicoles » et de « fermettes piscicoles » revitaliseront les communautés de pêcheurs, en intégrant tourisme, aquaculture et gestion de la culture. Le Bureau des politiques maritimes, du ministère coréen des Affaires maritimes et des Pêches, accorde également une grande importance à la gestion intégrée des côtes et des zones maritimes protégées et aux approches intégrées en matière d'écosystèmes.

Par ailleurs, la Chine désire bâtir une économie dont 5 % du PIB proviendra des activités maritimes d'ici 2010, et à ce titre, elle s'est engagée à promouvoir une approche maritime régionale et coopérative en Asie du Sud-Est, afin de gérer les ressources maritimes et les côtes. Le Japon reconnaît également l'importance de participer à l'approche intégrée de la gestion des océans en Asie du Sud-Est. En Indonésie, le ministère des Affaires maritimes et des pêches estime que la coopération régionale est la seule façon d'accroître et d'améliorer ses activités portuaires, son industrie du transport, sa gestion des pêches et ses industries aquicoles.

Aux États-Unis, la région des Grands Lacs compte à elle seule 68 ports commerciaux, 734 milles de chenaux navigables, 150 milles de brise-lames, 25 sas d'écluse, 44 installations d'élimination confinée des matières draguées, et plus de 1 200 navires commerciaux y circulent chaque année. En comprenant mieux le mouvement des vagues et les courants côtiers, les ingénieurs côtiers seront mieux en mesure de construire des structures pouvant contrer les effets de l'érosion du littoral, les inondations et les ondes de tempête sur les propriétés côtières.

Les pêches dans les Grands Lacs se traduisent par des retombées économiques annuelles de plus de 1 milliard \$. Par conséquent, les prévisions des courants, de la température et des concentrations de plancton, fournies par le Marine Instrumentation Laboratory (MIL), du Great Lakes Environmental Research Laboratory aux États-Unis, sont précieuses pour le repeuplement des lacs par la truite et le saumon.

L'état des récifs de coraux a également un effet direct sur les économies qui dépendent du tourisme. Dans le cadre du programme Caribbean Coastal Marine Productivity (CARICOMP), 18 pays se sont réunis pour surveiller la variation à long terme de la structure de l'écosystème et la fonction des récifs coralliens, et ils prévoient agrandir le réseau.

Par l'entremise de la NOAA, les États-Unis participent à cette initiative, notamment aux volets de surveillance côtière, de prévision et d'éducation.

9.3 Progrès et tendances

La surveillance des marées est passée d'une activité servant essentiellement à la navigation maritime à une activité faisant partie intégrante de l'infrastructure de surveillance et de détection des zones côtières. Diverses initiatives mondiales, comme le GLOSS (*Système mondial du niveau d'observation de la mer*), reconnaissent le fait que certains pays et certaines régions ont besoin d'un soutien externe pour l'installation et la maintenance des réseaux de marégraphes.

Le GLOSS consiste actuellement en un réseau de 15 marégraphes à échantillonnage haute fréquence et en temps quasi réel, dans les eaux côtières de l'océan Indien. Ces marégraphes transmettent leurs données chaque heure par l'intermédiaire de satellites géostationnaires, qui les relaient au Système mondial de télécommunications de l'OMM. De plus, 31 marégraphes additionnels transmettent des données en différé.

Dans de nombreux pays, les systèmes de « niveau moyen de la mer » et/ou autres systèmes similaires de référence altimétrique doivent s'appuyer sur des observations pour s'assurer que les écarts entre les données historiques et actuelles sur le niveau de la mer sont prises en compte dans les projets de construction en milieu marin ou côtier. Le mauvais positionnement des défenses maritimes pourrait avoir un effet désastreux.

Les marégraphes et les autres capteurs maritimes utilisés par le passé enregistraient les données dans l'appareil même, et il fallait les récupérer de temps à autre pour en extraire les données. Les systèmes modernes peuvent maintenant être installés sur la façade des bâtiments portuaires et observer la surface de la mer d'un point en hauteur, ou encore être fixés au fond marin pour mesurer la pression de l'eau au-dessus du capteur. Tous ces appareils transmettent les données de façon indépendante. Les capteurs installés massivement aux États-Unis par la NOAA dans le cadre de son projet NWLON (*National Water Level Monitoring Network*) transmettent les données par satellite toutes les trois heures à un centre de contrôle. Ce réseau comporte 180 stations marégraphiques.

Le Royaume-Uni dispose également de 46 stations marégraphiques qui fournissent des données, dans le cadre de son service permanent d'observation du niveau moyen de la mer (PSMSL – *Permanent Service for Mean Sea Level*).

9.4 Utilisation des SOO

Un SOO consistant en marégraphes fournirait des données pour les études à long terme (s'il y a une densité suffisante de stations le long d'une côte donnée), et des données marégraphiques pour la navigation maritime. Si le SOO est également pourvu de bouées et de capteurs météorologiques, il pourrait faire partie d'un système d'avertissement des ondes de tempête et fournir des données pertinentes pour les travaux visant à modéliser les conditions locales. En y ajoutant d'autres capteurs (profileurs de courant à effet Doppler [ADCP], capteurs de conductivité, de température et de profondeur [CTP], oxygène dissous, fluoromètres, chlorophylle-a, sédiments), on élargirait le « marché » potentiel pour des données de ce type. Les données SOO seraient fournies sous forme « brute » aux grands clients capables de les analyser eux-mêmes, ou sous forme traitée et facilement intégrable aux systèmes d'information géographique (SIG) ou aux applications Web (p. ex., recherche des zones à risque ou inondables par code postal). On pourrait intégrer aux SOO des débitmètres en divers endroits des bassins hydrologiques qui alimentent les estuaires ou les cours d'eau côtiers, afin d'améliorer les capacités des systèmes d'annonce de crue.

Les SOO constitueraient également une infrastructure appropriée pour les exercices de cartographie bathymétrique utilisant des sonars à secteurs, installés sur des véhicules autonomes. On pourrait ainsi cartographier des régions inaccessibles aux navires de surface. Dans le monde entier, on utilise la bathymétrie aérienne par radar optique (LIDAR) pour cartographier les zones côtières dont les caractéristiques optiques se prêtent à ce mode d'étude. Par ailleurs, on peut également cartographier en très peu de temps de grandes étendues d'eaux peu profondes à l'aide de tous ces systèmes, ce que ne permettent pas les échosondeurs monofaisceau. Les données obtenues à l'aide des systèmes LIDAR peuvent être intégrées à l'imagerie numérique pour produire rapidement des représentations 3D de zones choisies¹⁸.

La cartographie des habitats maritimes à proximité des côtes profiterait également d'une infrastructure SOO – les techniques de bathymétrie par secteurs donnent non seulement des données sur la profondeur, mais permettent également de classifier les matériaux du fond marin d'après les caractéristiques des échos acoustiques¹⁹.

¹⁸ http://www.eonline.com/Common/Archives/2000sep/00sep_corbley2.html

¹⁹ On trouve de tels systèmes dans le projet CODA Octopus.

9.5 Perspectives

Les domaines d'application des SOO sont en pleine expansion, et cette tendance se poursuivra en raison des préoccupations à l'égard de l'augmentation du niveau de la mer et des risques d'inondation. Les SOO intégrés pour l'étude des zones côtières permettraient de donner des avertissements en cas d'inondation ou d'ondes de tempête, outre les études à long terme dont les données serviraient à l'établissement de modèles prévisionnels. Les capteurs environnementaux et météorologiques bonifieraient également l'infrastructure des SOO, car ils pourraient rejoindre davantage d'utilisateurs, notamment dans les régions où les activités récréatives et commerciales maritimes sont importantes et cohabitent.

10 Pêches et aquaculture

10.1 Introduction

Les pêches constituent une industrie importante. La demande croît sans cesse, mais le volume mondial des prises, exprimé en tonnage, diminue en raison d'un sérieux problème de ressources et des restrictions touchant les quotas. L'industrie est confrontée à un déclin mondial, jusqu'à ce qu'un point de viabilité soit atteint.

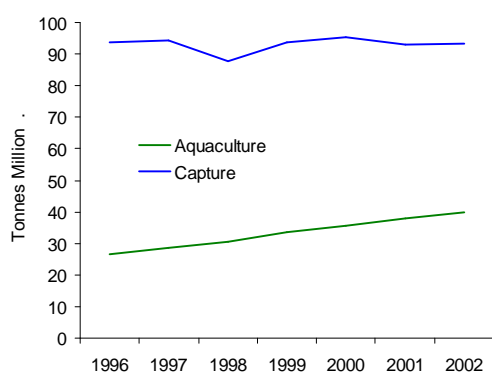


Figure 10-1 : Production des pêches et de l'aquaculture

Source : FAO et Eurostat

Depuis 1996, le tonnage des prises a été au mieux stable, au pis à la baisse. L'aquaculture répond à la demande mondiale croissante de poisson et autres produits de la mer, son volume ayant augmenté entre 1996 et 2002 de 7 % en moyenne, et sa valeur monétaire a connu une croissance annuelle moyenne de 4 %.

Dans le domaine des pêches, les SOO servent autant à la surveillance des facteurs qui influent sur les populations de poisson (niveaux de nutriments, facteurs océanographiques, etc.) qu'à la surveillance des activités de pêche proprement dites.

La remontée d'eau est un mécanisme par lequel les eaux déplacées par les vents provoquent la remontée des couches profondes, riches en nutriments, vers la surface. Le processus de remontée d'eau peuvent être interrompus, ce qui influe grandement sur les pêches et le climat. El Niño est le phénomène climatologique le plus connu qui contribue à une telle interruption. La NOAA (et d'autres organisations) surveillent la température de la mer en utilisant des bouées et la télédétection afin de prévoir l'effet dit de l'Oscillation méridionale (c'est-à-dire la différence relative dans les pressions atmosphériques dominantes au-dessus des zones est et ouest du Pacifique), qui donne lieu au phénomène El Niño. Les navires qui surveillent les pêches prélèvent régulièrement des échantillons d'eau pour mesurer les paramètres CTP afin de déterminer le régime de température des eaux locales et d'établir le lien entre la diminution des prises et les changements océaniques.

Pour ce qui est de la surveillance des navires, les bonnes zones de pêche sont précieuses et les nations investissent des sommes considérables afin de réglementer la présence des navires de pêche, ce qui dans certains cas a probablement contribué à assurer la viabilité des pêches, comme en Islande.

Depuis le 1^{er} janvier 2001, tous les navires d'une longueur hors tout de 24 m qui fréquent les eaux européennes sont assujetties au Système de surveillance des navires (SSN), qui produit automatiquement des rapports de position pour les centres de surveillance des pêches des États du pavillon et des États côtiers. En 2000, un projet de collaboration a été entrepris afin d'étudier les possibilités offertes par le radar à synthèse d'ouverture spatial (SAR), afin de détecter et d'identifier les vaisseaux qui ne respectent pas la réglementation. Un tel radar permet de visualiser tous les navires qui sont dans une région donnée, et non seulement ceux qui utilisent le SSN. Le système RADARSAT (Canada) a été choisi comme capteur principal. Le système IMPAST, plus perfectionné, est devenu opérationnel en 2002²⁰.

Le système DECLMIS utilise l'imagerie satellite pour l'identification des navires maritimes, et 17 partenaires y participent, dont le Canada et la Chine, depuis 2002.

10.2 Facteurs du marché

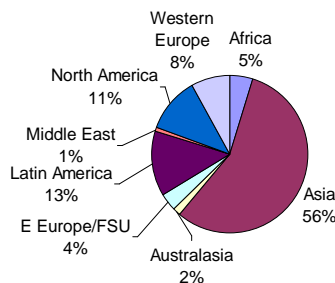
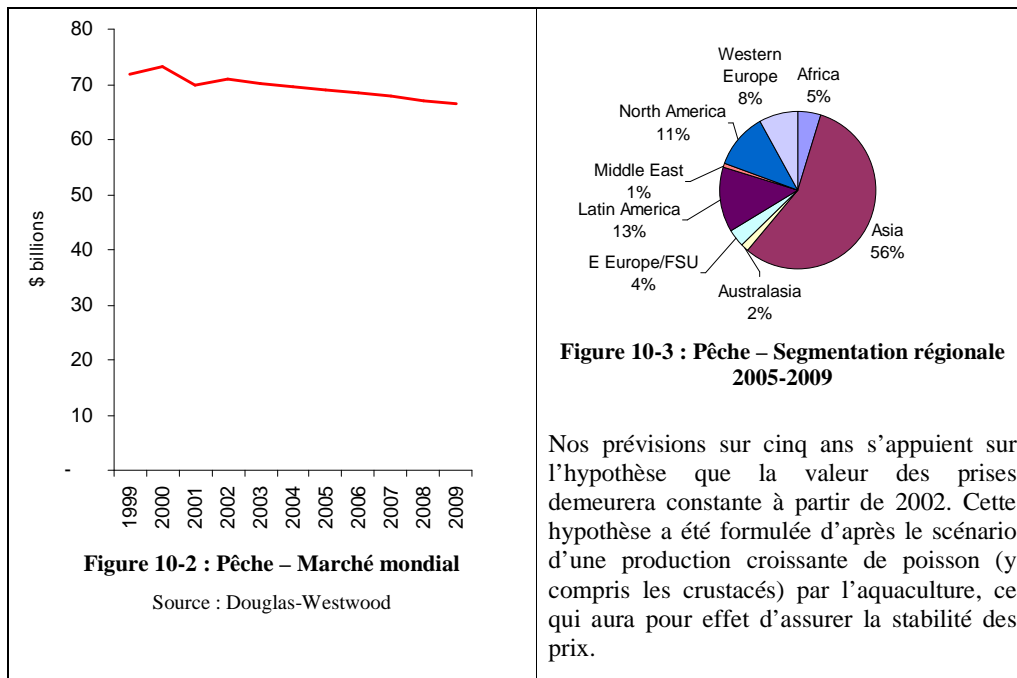


Figure 10-3 : Pêche – Segmentation régionale 2005-2009

Nos prévisions sur cinq ans s'appuient sur l'hypothèse que la valeur des prises demeurera constante à partir de 2002. Cette hypothèse a été formulée d'après le scénario d'une production croissante de poisson (y compris les crustacés) par l'aquaculture, ce qui aura pour effet d'assurer la stabilité des prix.

Bien que l'industrie mondiale de la pêche soit en déclin, la consommation de poisson par personne au cours des 50 dernières années a doublé. Le Japon, les États-Unis et l'UE sont les principaux marchés de produits de la mer, et ils dépendent des importations pour environ la moitié de leur consommation²¹. La consommation mondiale de poisson augmente depuis les années 1960, en raison de l'accroissement démographique, des changements dans le mode de vie, notamment une meilleure connaissance des avantages du poisson pour la santé, et des progrès technologiques dans le domaine des pêches qui ont eu pour effet d'accroître les prises. En raison de cette surpêche (et de la pollution), la population de poissons de mer comestibles a diminué de

²⁰ http://pta.jrc.cec.eu.int/entity.gx/entity.object/SEC-----000000000016E12/entity.name/fao_jrc.pdf

²¹ FAO, « *Projection of World Fishery Production in 2010* ».

90 % au cours des 50 dernières années. L'aquaculture est le seul moyen de combler le fossé entre la réduction des prises et l'augmentation de la demande mondiale.

En 1999, la production mondiale se chiffrait à 66 milliards \$, et on prévoit qu'elle diminuera à 53 milliards \$ d'ici 2009. Le volume mondial des prises diminue en raison d'un grave problème de ressources et des quotas. Quelques nouvelles espèces offrent certaines possibilités commerciales. Cependant, l'industrie est confrontée à des perspectives de fléchissement mondial et continu jusqu'à ce qu'elle atteigne un plateau de viabilité. Ce fléchissement est prévu à un taux de 0,99 % en dollars US, d'après les données historiques.

Les systèmes de SOO sont utilisés par :

- les chercheurs, pour comprendre la productivité des poissons;
- les agences de protection des pêches, pour surveiller les flottes de bateaux et les zones de pêche, et détecter les bateaux « hors-la-loi ».

Le National Marine Fisheries Service, de la NOAA, prélève des données sur les poissons, grâce à un budget d'environ 45 millions \$ affectés aux levés à partir de navires, à la surveillance de la pêche récréative et aux programmes d'observation. De plus, les États et l'industrie allouent des budgets à ce type d'activité.

10.3 Progrès et tendances

Sciences halieutiques

On utilisera probablement des SOO pour étudier les zones de confluence (zones où les courants océaniques se mélangent) ou encore la remontée d'eau (zones où les eaux profondes riches en nutriments remontent vers la surface, jusqu'à une profondeur accessible aux pêcheurs). Un tel système permettrait d'étudier la croissance et le comportement du plancton, les sédiments, la structure de la température de l'eau, ainsi que ses caractéristiques optiques. Les données serviraient à déterminer l'état de santé des stocks de poisson et à détecter les indicateurs de changements (immédiats et à long terme). Des capteurs de profilage fourniraient des données à la verticale, et des nœuds de véhicules AUV permettraient de recueillir des données à l'horizontale. La surveillance des polluants serait également une tâche cruciale pour les SOO. Parmi les polluants organiques persistants et préoccupants, mentionnons les pesticides organochlorés (comme le HCH), les produits chimiques d'usage industriel (comme les BPC) et les produits de combustion (comme les dioxines chlorés et les furannes), ainsi que les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les radionucléides et les métaux lourds.

L'aquaculture (les exploitations piscicoles) requiert une eau de bonne qualité. On a mis au point des capteurs qui permettent de mesurer, grâce à un même capteur, l'oxygène dissous, le pH, le gaz dissous total, le rH, la conductivité et la salinité. Les SOO ainsi équipés peuvent assurer la surveillance en temps réel et avertir les exploitants en cas de défaillance des capteurs.

Si le SOO est équipé d'un radar HF, il peut surveiller les bateaux de pêche (et les autres bateaux) et leur position pour l'application des quotas de pêche et le respect des zones restreintes, en plus de fournir une information utile pour les activités de recherche et de sauvetage. Les radars HF peuvent être installés au haut des tours disséminées le long de la côte, ou encore sur des bouées munies d'une plate-forme, avec une portée potentielle de 200 à 400 km. En 2005, les flottes de pêche de l'Islande et de la Russie ont accepté que leurs bateaux soient suivis par satellite.

Dans les eaux de la plate-forme Scotian (golfe du Saint-Laurent et Grands Bancs), on a établi depuis longtemps un programme très élaboré de surveillance des ressources maritimes vivantes. Bien que les enregistreurs de plancton en continu (CPR – *Continuous Plankton Recorders*) recueillent des données saisonnières et décennales sur l'indice de couleur du phytoplancton et les abondances des diverses espèces planctoniques, on a besoin d'encore plus d'information sur le plancton. Il s'agit d'obtenir une couverture plus synoptique de la diversité et de la production du zooplancton, et d'établir des estimations saisonnières/annuelles de la productivité primaire d'après l'analyse de l'imagerie satellite.

À l'heure actuelle, la surveillance des stocks de poisson et de l'état de l'environnement océanique se fait par les navires de recherche. Il serait possible que les véhicules AUV fournissent également des données CTP et prélèvent divers autres échantillons. Des capteurs de profilage ancrés en profondeur fourniraient des données en temps réel sur la température et les concentrations de polluants, ainsi que de l'information opérationnelle sur les conditions météorologiques à la surface. Cela permettrait de réduire le temps d'utilisation des navires et accroîtrait la densité des données temporelles et physiques. Parmi les autres possibilités, mentionnons l'utilisation d'enregistreurs ondulants TUORS remorqués par des bâtiments de surface pilotés ou automatiques.

Pêches illégales

Le suivi et la surveillance des flottes de pêche pourraient faire partie de la mission d'un SOO de renseignement maritime, ou encore être intégrés aux activités de recherche et de sauvetage. Actuellement, on utilise essentiellement des aéronefs. Par exemple, la société australienne de surveillance NAS a obtenu un contrat d'une durée de 12 ans et d'une valeur de 1 milliard \$ AU, pour le projet de surveillance côtière de l'Australie. NAS utilisera des aéronefs pour détecter les pêches illégales et pour diverses autres missions (immigration illégale, mise en quarantaine, dangers environnementaux, contrebande de drogues et navires manquants). La société Surveillance Australia est la seule qui offre des services de surveillance par avions pour le projet Coastwatch depuis 1995, exploitant 15 aéronefs ainsi qu'une infrastructure et des systèmes de soutien dans le cadre d'un contrat de service basé sur le rendement.

11 Sécurité et protection maritimes et suivi des navires

11.1 Introduction

On compte plus de 90 000 navires immatriculés dans plus de 150 pays, et quelque 50 000 navires marchands qui naviguent dans les eaux internationales. En tout, les navires qui appartiennent à des intérêts commerciaux et privés représentent des investissements colossaux qui peuvent faire l'objet d'actes de vandalisme opportuniste ou organisé, de dommages, de vol, de piratage ou de terrorisme.

Voici un exemple : la Garde côtière américaine compte plus de 4 000 bâtiments et 60 garde-côtes dans sa flotte, et elle a manifestement besoin d'un système approprié pour gérer sa flotte et suivre ses navires et ses bâtiments.

Les navires sont potentiellement en danger, qu'ils soient en mer, en mouillage ou à quai. Les compagnies d'assurance et la législation de divers pays exigeront bientôt que les navires à risque soient équipés de systèmes de sécurité et de suivi. Les ports et les armateurs pourraient également tirer profit des systèmes de gestion et de suivi des navires (VTS – *Vessel Tracking and Management Systems*), en plus de pouvoir détecter les embarcations qui tentent de pénétrer illégalement par la mer. Les VTS sont couramment utilisés dans les grands ports et sur les principales voies navigables du monde.

Outre les préoccupations touchant la sécurité et la protection des navires proprement dits, un volume sans cesse croissant de marchandises potentiellement dangereuses est transporté, allant du pétrole brut aux produits chimiques. De plus, les risques de dommages délibérés ou accidentels aux navires augmentent quotidiennement. L'impact résultant sur les communautés côtières est bien documenté.

11.2 Facteurs du marché

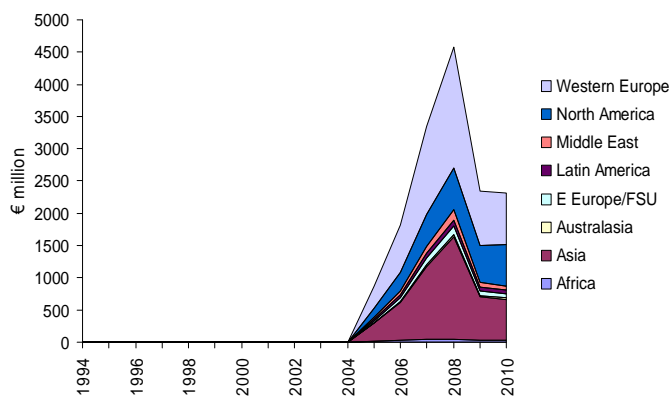


Figure 11-1 : Dépenses pour la sécurité maritime

Bien que la majeure partie des coûts associés à la sécurité maritime, suite aux événements du 11 septembre 2001, incomberont aux armateurs européens et asiatiques sous forme de respect des nouvelles normes et aux exploitants sous forme de frais de manutention sécuritaire des conteneurs,

les dépenses importantes pour assurer la sécurité des ports ne font que commencer et seront étalées sur plusieurs années.

Nous estimons que plusieurs facteurs sont à l'œuvre dans ce secteur, notamment :

- sécurité des navires – suivi et gestion du trafic;
- prévention du piratage – une menace réelle en Asie du Sud-Est;
- réponse au terrorisme mondial – une activité en croissance.

Toutefois, après les événements du 11 septembre 2001, c'est ce dernier facteur qui prédomine. En 2003, l'OCDE a publié un rapport sur les facteurs de risque et l'impact économique de la sécurité dans le transport maritime²².

L'OMI a réagi en élaborant de nouvelles exigences dans le cadre de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS), qui sont entrées en vigueur le 1^{er} juillet 2004. Ces exigences s'accompagnent du Code international pour la protection des navires et des installations portuaires (le code ISPS). L'effet global est d'accroître les coûts pour l'industrie du transport, mais également d'offrir de nouvelles possibilités commerciales aux fournisseurs de ce secteur.

Le code ISPS exige que les plans de sécurité des compagnies, des navires et des installations portuaires soient approuvés par l'État du pavillon. Le calendrier de l'installation des systèmes d'identification automatique (AIS) sera devancé. Les numéros d'identification des navires doivent être inscrits de manière permanente en un endroit visible sur la coque ou la superstructure. Les armateurs recevront pour leurs navires un journal synoptique continu (CSR – *Continuous Synopsis Record*), qui constituera un registre embarqué de l'histoire du navire, contenant une foule d'informations, comme tous les noms utilisés par le navire, les États d'immatriculation, ses numéros d'identification et ses propriétaires enregistrés.

Le réseau britannique AIS, qui relève de la Maritime and Coastguard Agency (MCA), est maintenant entièrement opérationnel. Kongsberg Norcontrol IT a livré du matériel et des logiciels AIS pour 18 centres de coordination des activités de sauvetage maritime (MRCC), un centre de formation, 51 stations littorales éloignées et un centre de gestion des services AIS (ASM – *AIS Service Management*), ainsi que la nouvelle interface graphique *C-Scope User Interface*.

Dans l'industrie du transport maritime, les principaux facteurs sont le tonnage transporté (importations et exportations), le volume de marchandises et la répartition géographique, laquelle dépend du PIB des nations. On estime que le transport maritime représente plus de 90 % du commerce mondial par volume, et pour certains pays, comme le Brésil et le Pérou, ce pourcentage atteint 95 %. Au cours des quatre dernières décennies, le commerce maritime a presque quadruplé et le volume de l'industrie du transport maritime continue de croître. Selon les estimations de l'OCDE, la croissance du commerce mondial sera de 7,3 % en 2005 et de 9,1 % en 2006²³.

Chaque navire est potentiellement à risque, bien que certaines classes de navires représentent des cibles plus intéressantes pour les terroristes. Mentionnons les pétroliers et les navires gaziers, notamment les méthaniers qui transportent du gaz naturel liquéfié (GNL), ainsi que les infrastructures terrestres connexes, comme les raffineries, les usines de GNL et les terminaux. Aux États-Unis, plus de 190 ports manipulent des marchandises d'une valeur évaluée à plus de

²² *Security in Maritime Transport: Risk Factors and Economic Impacts*, OCDE, 2003.

²³ Perspectives économiques de l'OCDE n° 78, décembre 2005

700 milliards \$ par année, et près de la moitié de ces marchandises, y compris les hydrocarbures, contiennent des matières dangereuses.

En raison des problèmes de sécurité associés aux installations de GNL, les compagnies d'énergie qui tentent de construire de nouveaux terminaux éprouvent des difficultés. Aucun terminal n'a été construit aux États-Unis au cours des deux dernières décennies, mais des demandes de construction pour plus de 30 terminaux ont été présentées ces dernières années. Toutefois, il est probable que seulement une demi-douzaine verra le jour au cours de la prochaine décennie. Exxon a annoncé son intention de construire une usine de 600 millions \$ sur la côte du Texas, et trois autres dans d'autres États. Chevron a annoncé des plans de construction au large de la côte de la Basse-Californie. Royal Dutch/Shell et BP, entre autres, désirent construire de nouveaux terminaux en Californie, au Texas, en Alabama, en Floride, au Mexique, en Nouvelle-Écosse et ailleurs²⁴.

Les installations pétrolières et gazières en haute mer peuvent également être menacées. De plus, 65 % des réserves prouvées mondiales se trouvent au Moyen-Orient. La moitié des réserves pétrolières de l'Arabie saoudite sont contenues dans seulement huit champs pétroliers, dont Safaniya, le plus important champ pétrolifère en mer au monde. Environ les deux tiers du pétrole brut de l'Arabie saoudite est traité à Abqaiq, dans une énorme usine située à 25 milles (40 km) à l'intérieur des côtes du golfe de Bahrein. Sur le Golfe persique, l'Arabie saoudite dispose de seulement deux terminaux d'exportation de pétrole : Ras Tanura – la plus importante installation de chargement de pétrole en mer au monde, par laquelle transite un dixième de l'approvisionnement pétrolier mondial chaque jour – et Ras al-Ju'aymah. Sur la Mer Rouge, le terminal de Yanbu est relié à la raffinerie d'Abqaiq par le pipeline est-ouest d'une longueur de 750 milles. Une seule attaque qui endommagerait gravement l'une ou l'autre de ces usines pourrait réduire jusqu'à 50 % les exportations de pétrole d'Arabie saoudite sur les marchés mondiaux, pendant au moins six mois.

11.3 Progrès et tendances

La sécurité et la protection maritimes sont d'une importance primordiale pour l'exploitation d'un navire. Le code ISPS de l'Organisation maritime internationale (OMI) est entré en vigueur le 1^{er} juillet 2004, et s'applique à tous les navires (et leurs ports d'accueil) qui fréquentent les eaux internationales et ont un tonnage brut supérieur à 500 t de jauge brute. En gros, le code ISPS :

- permet la détection des menaces à la sécurité et la lutte contre celles-ci dans un cadre international;
- définit les rôles et les responsabilités;
- permet la collecte et l'échange d'information sur la protection;
- offre une méthode d'évaluation de la protection;
- assure la mise en place de mesures de protection adéquates.

Le code exige que le personnel des navires et des installations portuaires :

- obtienne et évalue l'information;
- maintienne des protocoles de communication;
- restreigne les accès; empêche l'introduction d'armes non autorisées, etc.;
- offre des moyens de déclencher des alarmes;
- mette en place des plans de sécurité des navires et des ports, assure la formation et tienne des exercices.

²⁴ <http://www.iags.org/n0121041.htm>

Depuis la mise en place des satellites de communications en orbite terrestre basse, les systèmes de sécurité utilisant le GPS peuvent transmettre l'identité et l'emplacement d'un navire à un centre de contrôle, depuis n'importe où au monde. Les données peuvent provenir de diverses sources : avertisseurs individuels, alertes d'entrée par effraction, alarmes-incendie, etc., de sorte que les autorités terrestres puissent être averties des événements.

On constate des signes croissants de collaboration entre les terroristes et les pirates. Selon le Bureau maritime international (BMI), les attaques des pirates contre les navires ont triplé au cours de la dernière décennie. Chaque année, de 350 à 400 attaques sont perpétrées par des pirates dans le monde. Au cours des six premiers mois de 2003, 234 attaques avaient été signalées, au cours desquelles 281 marins ont été tués, assaillis ou kidnappés. La majeure partie des attaques a lieu dans les eaux au large des Philippines, de l'Indonésie, du Bangladesh et du Nigeria. Les eaux au large de la Somalie, un État à toutes fins pratiques effondré et qui est devenu un sanctuaire pour les terroristes, sont parmi les plus dangereuses au monde. Selon le BMI, « *Le risque pour les navires longeant la côte de la Somalie d'être attaqués par des milices somaliennes armées n'est plus une possibilité, mais une certitude* ». Les experts en protection maritime n'ont cessé de souligner la collusion possible entre les pirates et les terroristes, s'inquiétant de la possibilité que les groupes islamistes présents dans ces zones profitent des désordres et ciblent des lieux fréquentés et congestionnés en plaçant une bombe ou en lançant un navire contre un superpétrolier²⁵.

11.4 Utilisation des SOO

Suivi des navires – Les radars HF permettent de suivre les navires, en plus de fournir de l'information sur l'activité des courants et des vagues. Si les navires sont équipés de transpondeurs radar actifs (qui fournissent un signal d'identification lorsqu'ils sont interrogés par un autre radar), cela serait grandement bénéfique pour le suivi des navires dans les eaux navigables et les régions côtières. Les communications mondiales par satellite et les équipements GPS permettent de transmettre régulièrement la position et des messages d'état, depuis tout navire dans le monde, vers un centre de contrôle.

Une autre application importante du suivi des navires est dans le domaine des pêches, que nous avons décrites ci-dessus.

Protection des eaux intérieures – Des systèmes militaires en cours d'élaboration, par exemple comme le système déployable avancé ADS (*Advanced Deployable System*) de la Marine américaine, consisteraient un réseau de capteurs acoustiques dans l'eau, pour détecter les nageurs, les **RIB** et les submersibles qui approchent un navire. De plus, il y a lieu de réaliser des levés exacts du fond marin afin d'établir une base de données pour les bâtiments antimines, dans leur recherche d'objets pouvant ressembler à des mines enfouies dans des sédiments.

11.5 Perspectives

Les systèmes, comme le « Cerberus » – une tour intégrée, autoportante et portable mise au point conjointement par l'Armée américaine et IXCT Technologies²⁶, pourraient accroître la protection des ports et des installations maritime. Le système Cerberus combine un radar de surveillance au sol avec des caméras thermiques/diurnes et d'autres capteurs installés dans des tours, ainsi que

²⁵ <http://www.iags.org/n0111041.htm>

²⁶ http://www.icxt.com/companies/view.cfm?content_id=7D8583BC-F9ED-95B8-A994D7599315FA35

des capteurs autonomes placés ailleurs, ce qui a pour effet d'accroître la zone de détection des forces militaires dans leurs bases et sur le terrain. Le système Cerberus peut également surveiller le niveau de carburant dans les génératrices, le niveau des accumulateurs, l'orientation des panneaux solaires d'appoint et des caméras, et les activer ou en modifier l'orientation. Des liaisons sans fil bidirectionnelles transmettent les commandes en provenance/direction des capteurs et coordonnent le flux de données entre les tours et un centre de commandement central, ce qui assure une couverture complète du périmètre par de multiples capteurs. Par exemple, si un radar de surveillance au sol détecte un mouvement, cela fait ouvrir automatiquement une fenêtre sur les écrans du centre de commandement et de contrôle, et active une caméra de recherche qui fournit une évaluation additionnelle de la cible. Jusqu'à présent, on a déployé sept tours connectées en réseau autour d'une installation militaire cruciale, afin d'assurer la sécurité du périmètre. Des systèmes similaires sont déjà utilisés autour des bases militaires américaines et de quelques installations civiles, sur le littoral.

Afin de détecter les intrus, on peut également recourir à la reconnaissance et aux patrouilles aériennes. À cet égard, le système Inventus UAV (véhicule aérien sans pilote) est à la fine pointe des systèmes de reconnaissance²⁷. Installé dans un avion stable et très efficace, et équipé de caméras, l'Inventus vole au-dessus de l'océan et couvre de grands secteurs. Il transmet des données en temps réel à une station au sol. Cette liaison permet donc la surveillance aérienne en temps réel et la détection rapide des mouvements de navires suspects ou non autorisés vers la côte, ce qui permet d'aviser les autorités responsables. Le système Inventus est entièrement autonome et peut être lancé et récupéré par un navire de haute mer ou un patrouilleur.

²⁷ <http://www.inventus-uav.com/home.html>

12 Activités militaires

12.1 Introduction

Les projets de SOO militaires sont très diversifiés, et vont des systèmes de détection sous-marine pan-océanique mis en place pendant la Guerre froide, aux véhicules sous-marins autonomes utilisés pour la surveillance des eaux peu profondes, des ports et des installations maritimes. Nous ne traitons pas ici de l'utilisation « offensive » des SOO et de la technologie connexe. Les rôles « défensifs » et d'« obtention de l'information » se rapprochent davantage des applications usuelles des SOO. Les projets actuels aux États-Unis couvrent divers domaines : réseaux de capteurs rapidement déployables pour détecter les intrus sous l'eau, transmission des données par réseau de modems acoustiques haute vitesse, mise à niveau et élargissement des systèmes de détection sous-marine, zones d'essai des armes sous-marines, des navires et des systèmes de détection.

12.2 Facteurs du marché

Depuis la fin de la Guerre froide, la nature des menaces maritimes a changé, passant des sous-marins nucléaires en eaux profondes à la protection des zones littorales en eaux peu profondes, des attaques nucléaires lancées par des sous-marins à la lutte au terrorisme mondial. Les États-Unis comptent à eux seuls 95 000 milles de littoral soumis aux marées et vulnérable à une attaque asymétrique.

Il semble que les sources de renseignement se seraient inquiétées des liens d'Al Qaida avec une école de plongée néerlandaise, et des incidents récents ont mis en lumière la vulnérabilité des navires et des sites côtiers contre ce type d'attaque. En mars 2004, des plongeurs du Hamas ont attaqué depuis la mer un poste de garde sur une plage, et en avril 2004, plusieurs plates-formes pétrolières au large de la côte iraquienne ont été la cible de petites embarcations. La Marine américaine a déploré la perte de 17 marins lorsque le bâtiment *USS Cole* a été attaqué au large du Yémen en octobre 2000. Par ailleurs, la Marine du Sri Lanka a perdu plusieurs bâtiments en 1995 lorsque des Tigres tamouls ont utilisé des plongeurs kamikazes pour attaquer des navires.

Les États-Unis et les pays membres de l'OTAN cherchent donc à élaborer des solutions pour contrer les menaces perçues provenant de l'eau. L'objectif est de convertir les observations de l'océan en information et en connaissances permettant de subvenir aux besoins militaires des nations alliées.

Les Forces américaines sont, et de loin, le plus important client potentiel de SOO. Par exemple, en février 2006, la Marine américaine a octroyé à Lockheed Martin un contrat de 144 millions \$ pour la poursuite du développement du Système déployable avancé (ADS – *Advanced Deployable System*), un système de surveillance sous-marine rapidement déployable. Ces travaux font suite à des travaux préliminaires réalisés sous option dans le cadre d'un contrat de 21 millions \$ octroyé en 2004. Lockheed Martin assurera l'ingénierie système, la conception détaillée et la gestion du programme dans le but de réaliser un examen de conception détaillé et de construire un système qui sera déployé depuis un navire de combat côtier (LCS – *Littoral Combat Ship*), aux fins d'évaluation technique et opérationnelle. Le système ADS utilise des réseaux de capteurs acoustiques passifs fixés au fond marin, reliés par liaisons sans fil à un

système d'analyse et de rapport, afin d'assurer la couverture acoustique continue de vastes secteurs de l'océan. Il est conçu pour détecter et suivre les sous-marins nucléaires et diesel-électriques modernes, et il peut également suivre les navires de surface et détecter les activités de pose de mines en mer. L'ADS compte quatre grands sous-systèmes : système d'analyse et de rapport; capteurs; interface tactique; soutien à l'installation. Cette variante de l'ADS sera conçue pour être embarquée à bord d'un LCS et déployée depuis le pont du navire. Si toutes les options prévues au contrat du système ADS sont exercées, la valeur cumulative sera de 243 millions \$.

12.3 Progrès et tendances

Le US Office of Naval Research, de concert avec le Naval Oceanography Program et le National Oceanographic Partnership Program (NOPP), dirige plusieurs programmes touchant les SOO, notamment ceux que nous avons mentionnés ci-dessus, et des groupes cherchant à miniaturiser la technologie et à développer des solutions informatiques ultrarapides. La miniaturisation des véhicules sous-marins autonomes (et par conséquent la réduction du coût unitaire) permettrait de lancer des « essaims » de mini-véhicules faisant partie d'un réseau de détection et de capteurs. Les systèmes informatiques embarqués permettraient de réduire la quantité d'information devant être relayée par le système de modems acoustiques. Le Département de la sécurité intérieure des États-Unis finance des travaux de recherche en sécurité maritime, par l'intermédiaire du US Coastguard Research & Development Centre.

Le « Programme de défense contre le terrorisme » de l'OTAN comprend un projet relatif aux ports et aux navires afin de les protéger contre les vedettes ultrarapides bourrées d'explosifs et les plongeurs kamikazes. Ce projet s'appuie sur des réseaux de capteurs, des détecteurs électro-optiques, une capacité de réaction rapide et des véhicules sous-marins sans pilote. L'Italie dirige ce programme, avec le soutien du Centre de recherche sous-marine de l'OTAN (NURC). Par exemple, dans le domaine des systèmes sonar, mentionnons le Coda Octopus Echoscope, qui permet de détecter les plongeurs afin de protéger les ports et les installations maritimes; ce système a été testé au NURC par le groupe scientifique militaire du Royaume-Uni, QinetiQ.

On utilise également des systèmes magnétiques de détection des intrusions. Par exemple, le système Nautronix MariPro utilise des câbles déposés sur le fond marin en paires de boucles allongées. Le passage d'un navire au-dessus d'une boucle déforme le champ magnétique terrestre, ce qui produit une tension aux bornes de la boucle. Ce système est simple, peu coûteux et très efficace dans les secteurs où l'on peut atténuer le risque que les bateaux de pêche accrochent les boucles de câbles pêche. En règle générale, on utilise le radar pour identifier les cibles de surface ainsi détectées. Si le radar n'établit aucun contact, cela signifie qu'il y a une menace sous-marine potentielle. L'interface de l'opérateur peut être très simple, par exemple une simple bande de papier affichant la signature caractéristique de chaque type de navire qui passe au-dessus des boucles.

On a également mis au point des systèmes de capteurs hydroacoustiques utilisant des hydrophones placés près de l'axe d'un chenal sonore. Les unités omnidirectionnelles à basse fréquence sont reliées par câble à la côte, où les signaux sont authentifiés et transmis par liaison satellite vers un site de traitement.

Certains types de systèmes de surveillance doivent fonctionner en mode autonome. Les technologies des faisceaux de câbles facilitent le déploiement entièrement autonome de systèmes

de réseaux autoalimentés et à distance, à partir d'un petit navire ou d'un véhicule sous-marin autonome.

12.4 Utilisation des SOO

Intrusions sous-marines – Il s'agit de protéger les navires dans les ports et les installations maritimes. On peut recourir à une installation permanente utilisant des capteurs alimentés en réseau, ou encore à une solution déployable faisant appel à des capteurs sur bouée, des véhicules sous-marins autonomes et des véhicules de surface sans pilote qui remorquent des réseaux acoustiques.

Évaluation environnementale rapide – Il s'agit ici d'utiliser des véhicules sous-marins autonomes pour cartographier les approches des sites d'accostage, notamment pour déterminer la bathymétrie, l'acoustique océanique et la structure de la température, et également pour détecter des champs de mine (et potentiellement trouver un trajet pour en sortir). Les données sont transmises par voies acoustiques vers la côte, et on a également mis au point un système de lancement d'un drone de reconnaissance sans pilote à partir d'un véhicule sous-marin autonome.

Réseaux de capteurs pour tester la performance des technologies militaires – Plusieurs « champs de tir » en mer existent depuis longtemps dans le monde entier.

Surveillance acoustique à longue portée des activités sous-marines – Nous avons décrit ce système ci-dessus.

12.5 Perspectives

En raison des menaces du terrorisme mondial, le complexe militaire cherchera à protéger ses installations (fixes et statiques). On désire manifestement développer des systèmes de détection des intrusions sous-marines, de type permanent ou déployable. Les recherches militaires portent également sur les modems acoustiques et sur la capacité de diriger plusieurs véhicules sous-marins.

Aux États-Unis, on met au point des installations et des véhicules de surveillance sans pilote sous diverses formes : aérienne, surface, sous-marine. Par exemple, Northrop Grumman a récemment fait la démonstration de la capacité du RQ-4 Global Hawk de soutenir les missions de surveillance maritime à haute altitude à l'aide d'une nouvelle batterie intégrée de capteurs. Des tests récents ont démontré que le système peut suivre un navire depuis une altitude de 20 000 m. Le Global Hawk vole de façon autonome, bien au-dessus des zones de turbulence météorologique et des vents dominants, pendant plus de 35 heures. Au cours d'une seule mission, il peut parcourir plus de 10 000 milles nautiques depuis son point de décollage, et il fournit une imagerie détaillée et utile pour le renseignement, couvrant 40 000 milles carrés²⁸.

La Marine américaine a récemment testé avec succès un véhicule sous-marin sans pilote (UUV – *Unmanned Undersea Vehicle*), dans le cadre d'un système de reconnaissance des mines à long terme (LMRS – *Long-Term Mines Reconnaissance System*). Fonctionnant depuis un sous-marin d'attaque nucléaire en plongée, le système peut fonctionner pendant 40 heures à une vitesse de croisière d'environ 7 km, et à des profondeurs de 10 à 200 pieds. La Marine américaine prévoit acheter 12 systèmes au coût unitaire de plus de 100 millions \$.

²⁸ <http://www.auvsi.org/news/>

Les systèmes aériens peuvent également intégrer des composants immergés d'un SOO. Par exemple, un AUV en plongée ou en surface pourrait même lancer et récupérer des plates-formes. Le micro-véhicule aérien (MAV – *Micro Air Vehicle*), d'un diamètre de 13 pouces, pourrait être lancé d'une plate-forme remorquée par un AUV comme le REMUS, car il peut décoller et atterrir à la verticale. Appelé « véhicule à tuyère », le MAV vole comme un hélicoptère et il utilise une soufflante de conception spéciale enfermée dans un carénage et mue par un moteur à essence. La soufflante aspire l'air par le haut du carénage et l'expulse par le bas, ce qui provoque une poussée, suffisamment puissante pour permettre au MAV de faire du sur-place et de voler à des vitesses atteignant 50 mi/h (80 km/h).

On développe également des systèmes de balayage électro-optiques afin de protéger les installations militaires. Par exemple, les systèmes de détection des intrusions à longue distance SPIDER et CEDAR²⁹ de General Dynamics fonctionnent automatiquement et offrent un balayage complet et panoramique. Grâce à une imagerie infrarouge et diurne permettant la détection automatique des mouvements, ces systèmes offrent aux opérateurs à distance une imagerie à haute résolution et en temps réel et une alarme sonore qui indique si un ou plusieurs objets ont été détectés à l'intérieur du rayon de balayage à longue portée. Le système CEDAR est conçu pour les installations fixes, tandis que le système SPIDER peut fonctionner en unité autonome ou être fixé à des véhicules. Les deux systèmes sont en phase de production et utilisés sur le terrain pour les applications militaires et de sécurité intérieure. Ces systèmes peuvent être pourvus d'un radar HF afin d'assurer la défense côtière.

Le potentiel de ces systèmes est considérable, mais on dispose actuellement de la technologie (ou, du moins, elle est en développement) permettant à un navire de s'approcher d'un port étranger ou de s'y ancrer et de déployer rapidement un réseau de capteurs dans l'eau. Ces systèmes sont pourvus de certaines capacités offensives, outre la surveillance aérienne automatique pour la patrouille. Ils peuvent de plus être lancés d'un véhicule sous-marin autonome en maraude, en réponse à une menace détectée ou perçue. Les images vidéo et infrarouges thermiques peuvent être envoyées à un poste de commandement sécurisé, ainsi que les données provenant de « renifleurs » de substances explosives et chimiques. On peut installer une clôture électrifiée afin d'empêcher les intrusions en provenance de l'eau et, autour du périmètre et des approches du site sensible, on peut déployer des tours de surveillance automatique pourvues de radars HF, de caméras vidéo et d'imageurs thermiques.

Les partenariats de la Marine américaine avec les organisations régionales dans le domaine des SOO (GCOOS, NGLI, GOMOOS et ICON) ont généré une quantité colossale de données partagées. On a maintenant besoin d'une structure de soutien pour la gestion des données et la modélisation. Avec la connaissance actuelle des courants de marée et de la circulation côtière, la prévision et la gestion des contaminants transportés par l'eau peuvent maintenant être adaptées aux besoins des différents groupes d'utilisateurs, et offrir des avantages allant d'une meilleure défense du territoire à l'augmentation du nombre de journées d'utilisation des plages.

²⁹ http://www.export.gov/il/Eng/_Articles/Article.asp?CategoryID=710&ArticleID=2939

13 Pétrole et gaz

13.1 Introduction

La consommation mondiale d'énergie a plus que doublé au cours des quatre dernières décennies, essentiellement en raison de la demande des pays en voie de développement, dont la Chine. Il est probable que nous assistons à la fin de l'ère de l'énergie à bon marché – une situation qui a des conséquences profondes sur l'économie mondiale et les diverses facettes de l'industrie maritime.

Les hydrocarbures (pétrole et gaz naturel) sont actuellement les plus importantes sources d'énergie au monde, représentant 62 % de la demande mondiale d'énergie³⁰. Le pétrole est particulièrement important, car il est utilisé comme carburant dans divers modes de transport, et il n'existe pas à l'heure actuelle de substitut utilisable à court terme. La demande de pétrole se chiffre actuellement à quelque 85 millions de barils par jour (b/j) et selon les prévisions de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la demande atteindra 118 millions b/j d'ici 2025. Toutefois, de nombreux experts croient qu'il est peu probable que l'on pourra répondre à cette demande, et que la production pétrolière en mer approche d'un plateau.

13.2 Facteurs du marché

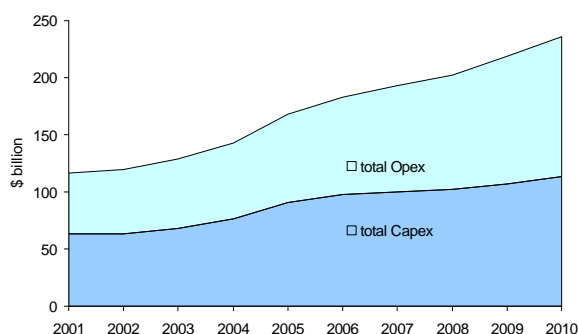


Figure 13-1 : Prévisions des dépenses de l'industrie pétrolière et gazière en mer

Source : The World Offshore Oil & Gas Forecast (Douglas-Westwood)

Dépenses croissantes – En raison des prix élevés du pétrole et du gaz, des sommes sans précédent seront dépensées pour mettre en valeur et exploiter les champs pétroliers et gaziers en mer. Selon les prévisions de DWL, les dépenses en capital

dans ce secteur passeront de 98 milliards \$ en 2006 à 113 milliards \$ en 2010.

Par ailleurs, on prévoit que les dépenses opérationnelles mondiales continueront de croître, passant de 85 milliards \$ en 2006 à 122 milliards \$ en 2010, suivant en cela l'augmentation de la production.

Environnement – L'industrie est soumise à des pressions considérables pour démontrer qu'elle ne pollue pas les océans et que, en cas de déversement d'hydrocarbures, elle peut en faire le suivi et intervenir rapidement.

Sécurité – Les installations pétrolières et gazières en mer sont d'importantes cibles potentielles pour les terroristes et les dissidents politiques locaux, ce qui peut avoir des conséquences majeures sur la sécurité nationale et internationale des approvisionnements en énergie.

³⁰ BP Statistical Review of World Energy 2005.

« De nos jours, nous sommes plus enclins à dépenser de l'argent pour faire de la recherche sur les conditions météorologiques, les courants, etc., avant le début d'un projet, et le recours à des gestionnaires de biens pour superviser un projet à long terme démontre que nous sommes davantage intéressés à la viabilité à long terme des biens. Pour les projets en eaux profondes, on cherche à acquérir maintenant rapidement des données afin d'analyser les courants en profondeur, pour éviter le surdimensionnement des infrastructures. La plupart des projets sont exécutés rapidement de nos jours, et il faut donc obtenir des données météorologiques et océaniques dès le début du cycle de vie d'un projet. »

Gestionnaire des données météorologiques et océaniques, grande pétrolière européenne.

13.3 Progrès et tendances

On peut s'attendre à une croissance continue de la production mondiale pétrolière et gazière en mer. Selon nos prévisions, l'ensemble de la croissance de la production pétrolière en mer proviendra après 2010 des plates-formes en eaux profondes, ce qui compensera le fléchissement de la production par les installations en eaux peu profondes. La production pétrolière en mer représentait 34 % de la production pétrolière mondiale totale en 2004, et cette proportion devrait augmenter selon les prévisions à 39 % d'ici 2015. Par ailleurs, la production gazière en mer représentait 28 % de la production mondiale mise en marché en 2004, et ce pourcentage devrait passer, toujours selon les prévisions, à 34 % d'ici 2015.

C'est ici toutefois que se manifeste un problème sous-jacent. La production dans les régions en eaux peu profondes diminue (bien qu'il existe encore de nombreux champs de petite taille). Par conséquent, les grandes sociétés pétrolières et gazières doivent rechercher de nouveaux champs en eaux profondes. D'une part le nombre de nouvelles plates-formes fixes en eaux peu profondes diminue, et d'autre part on assiste à une augmentation des systèmes de production flottants en eaux profondes et de production sous-marine. Les études réalisées par le Centre for Energy Studies, à la Louisiana State University, indiquent que dans la partie américaine du golfe du Mexique, on procédera à l'installation de plus de 140 structures chaque année, tandis que l'on retirera plus de 180 structures chaque année, au cours des deux prochaines décennies.

Les perspectives attrayantes d'exploration diminuent, car on a déjà exploré la majeure partie des bassins extracôtiers dans le monde. On a probablement déjà trouvé tous les champs pétroliers « faciles » à exploiter en mer, et les activités se porteront donc vers les eaux profondes et les régions de l'Arctique qui sont soumises aux rigueurs océaniques et aux impacts du changement climatique. D'ailleurs, l'Afrique de l'Ouest s'impose comme l'une des régions où l'exploration et la production augmentent le plus rapidement, les champs pétrolifères en eaux très profondes s'avérant particulièrement prometteurs.

13.4 Applications des SOO

Les principales applications des SOO, actuelles et potentielles, dans le secteur pétrolier et gazier en mer comprennent :

- l'information sur le milieu marin, pour la conception des structures;

- une meilleure information pour l'enlèvement des plates-formes d'exploration et de développement;
- les avertissements météorologiques;
- la surveillance des icebergs;
- la sécurité.

Information sur le milieu marin – Comme on prévoit ériger des installations dans des conditions extrêmes, il faudra au préalable déployer des systèmes qui mesureront le vent, les vagues et les courants, et ces données serviront à la conception des plates-formes extracôtières (qui, de plus en plus, sont flottantes). Ces systèmes pourront être maintenus sur place pendant la durée utile de la plate-forme, et donc devenir de véritables systèmes d'observation des océans. (Nous présentons plus d'information à ce sujet dans la section du rapport qui traite de la surveillance et de l'évaluation de l'environnement.)

Avertissements météorologiques – En 2005, la saison des ouragans dans le golfe du Mexique a bien démontré l'impact des conditions météorologiques sur l'industrie pétrolière et gazière en mer, ainsi que la pertinence des SOO. Les ouragans Rita et Katrina ont détruit 111 plates-formes en mer, en ont jeté 19 à la dérive et ont endommagé 44 pipelines, ce qui s'est traduit par une perte de production de pétrole de 1,4 million b/j et 8,8 billions de pieds cubes de gaz. Entre le 26 août 2005 et le 22 février 2006, l'interruption cumulative de production de pétrole s'est chiffrée à 130 millions de barils, soit l'équivalent de 23,7 % de la production annuelle du golfe du Mexique. Pour le gaz, l'interruption cumulative a été de 653 milliards de pieds cubes, soit 17,9 % de la production annuelle du golfe du Mexique.

Surveillance des icebergs – Dans les eaux arctiques, on cherche de plus en plus à surveiller le déplacement des icebergs. En effet, ceux-ci menacent les installations au large de la côte est du Canada, et ce sera également le cas pour les opérations en cours dans la mer de Barents, au large des côtes nordiques de la Norvège et de la Russie. À l'heure actuelle, l'International Ice Patrol (IIP³¹, un programme de la Garde côtière américaine) surveille les dangers que représentent les icebergs à proximité des Grands Bancs de Terre-Neuve et diffuse les coordonnées des limites sud de toutes les glaces connues. Comme il y a souvent du brouillard et que la visibilité est piètre sur les Grands Bancs, l'IIP utilise abondamment des aéronefs équipés de radars pour détecter les icebergs. Le principal système utilisé à cette fin est le radar aéroporté à antenne latérale (SLAR – *Side-Looking Airborne Radar*). L'IIP exploite un aéronef qui est en mission pendant sept jours, aux deux semaines. Il faut environ quatre heures de vol pour patrouiller toute cette zone en une bande de 120 milles nautiques. Des patrouilles quotidiennes sont réalisées selon un motif de recherche parallèle, les bandes étant espacées de 30 milles nautiques, et la portée du SLAR étant fixée à 27 milles nautiques. Un SOO affecté à la surveillance des icebergs devrait utiliser une technologie sous-marine et une technologie en surface. Des drones aériens automatiques, comme ceux qui ont été mis au point pour les forces armées américaines, pourraient remplacer les missions avec équipage. Des capteurs sous-marins et *in situ*, comme des sonars à visée vers le haut, des radars et des capteurs de télédétection satellitiportés, pourraient former la base d'un SOO servant à la surveillance des icebergs.

Sécurité – Bien que la sécurité des installations en mer soit supérieure à celle des installations sur terre, elle est préoccupante dans le cas des installations en mer du Nord et au large du Nigeria et des certains pays au Moyen-Orient. Parmi les projets actuellement en cours, mentionnons l'utilisation possible du système ADS (*Advanced Deployable System*) mis au point par l'Armée

³¹ http://www.uscg.mil/lantarea/iip/FAQ/ReconnOp_10.shtml

américaine, et qui permet de déployer rapidement un réseau de capteurs acoustiques jumelés à des AUV, pour assurer la sécurité et la surveillance. De tels systèmes peuvent effectuer des patrouilles de sécurité, surtout lorsqu'ils sont déployés avec des infrastructures autonomes de mise à quai, de téléchargement et de recharge, qui feraient partie du SOO. On pourrait utiliser un radar HF installé sur des tours, autour d'une installation, pour surveiller les courants de surface et l'activité des vagues, et on pourrait également s'en servir pour suivre et détecter les navires en surface. Les tours pourraient être pourvues de détecteurs infrarouges thermiques et de caméras de surveillance vidéo.

13.5 Perspectives

À mesure que les travaux d'exploration et de mise en valeur des ressources pétrolières et gazières se déplacent vers des eaux plus profondes, des nouveaux territoires et des zones éloignées, on devra actualiser en détail les données historiques sur les conditions météorologiques et océanographiques, ainsi que l'information de navigation permettant le passage sûr des bâtiments. On devra peut-être transporter de l'équipement lourd par des passages relativement mal cartographiés, et on devra procéder à des levés hydrographiques à l'aide de navires de surface ou peut-être de véhicules AUV.

Les courants peuvent endommager gravement les structures marines, et on devra probablement effectuer des mesures sur toute la profondeur, jusqu'au fond marin, pour la conception des installations en eaux profondes. On continuera également de développer les profileurs de courant à effet Doppler (ADCP), afin d'en accroître la résolution à grande portée. La technologie des modems acoustiques et les progrès en matière de batteries et de piles à combustible permettront le déploiement de capteurs en profondeur, qui demeureront en place jusqu'à ce que leur remontée soit déclenchée par une commande acoustique. Ces capteurs transmettront ensuite les données depuis l'eau sans nécessiter de câbles, en direction d'une bouée de surface faisant office de station de relais. Dans le cadre d'un SOO permanent, les données pourraient être obtenues en temps réel par plusieurs capteurs alimentés en courant, et on pourrait utiliser des capteurs de profilage pouvant descendre et remonter le long d'un câble d'ancrage.

Un SOO disposé autour d'une installation pétrolière offrirait non seulement une infrastructure pour l'alimentation des capteurs et la réception des données, mais il pourrait de plus prendre en charge un AUV pouvant se déplacer d'une station d'amarrage vers un lieu éloigné, où il effectuerait des travaux de maintenance ou d'inspection, l'AUV servant de « navire-mère » à un VTG, après quoi il retournerait à son noeud « d'accueil » pour se recharger. Le positionnement des AUV et des autres équipements installés en mer pourrait être facilité grâce à l'adoption d'un ensemble de balises acoustiques, de type GPS pour usage sous-marin, qui pourraient ressembler à celles que Nautronix a mises au point, c'est-à-dire le système NASNET³². La même technologie assurerait le positionnement précis des systèmes FPSO et des autres navires à positionnement dynamique.

³² <http://www.nautronix.com/>

14 Énergie marine renouvelable

14.1 Introduction

Le secteur de l'énergie marine est dominé par le pétrole et le gaz, mais on assiste à la percée de l'énergie renouvelable en mer, qui ne pourra que devenir plus concurrentielle avec la hausse constante du coût de l'énergie tirée des combustibles fossiles. Cette nouvelle industrie, qui en est encore à ses premiers balbutiements, affiche la croissance la plus rapide de tous les secteurs, l'énergie éolienne en mer présentant la plus importante croissance à court terme. Mentionnons également le secteur de l'énergie des vagues et des marées, certes à l'état embryonnaire, mais qui offre plusieurs avantages par rapport aux autres énergies renouvelables. Bien que l'énergie générée par les vagues en soit encore à ses tout débuts, des projets de centrales font actuellement l'objet de négociations.

14.2 Facteurs du marché

Énergie éolienne – La capacité installée d'énergie éolienne en mer se chiffre actuellement à plus de 700 MW, répartie entre 20 parcs éoliens installés dans les eaux de sept pays. De toute la capacité installée existante, 96 % se trouve dans les pays bordant la mer du Nord (Danemark, Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni).

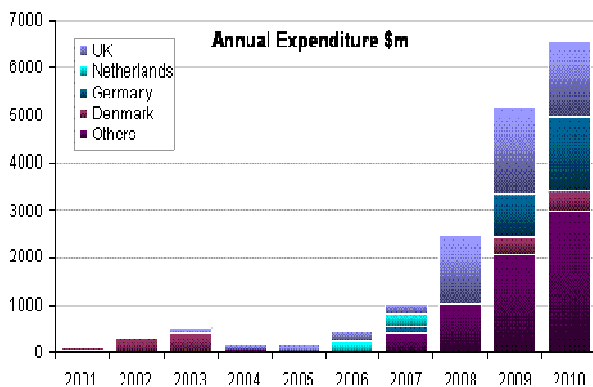


Figure 14-1 : Dépenses en capital pour l'énergie éolienne en mer

Source : The World Offshore Wind Database (Douglas-Westwood)

La capacité éolienne en mer totale mondiale qui devrait être installée entre 2006 et 2010 se chiffre selon les prévisions à 7,8 GW. Les quatre pays bordant le sud de la mer du Nord en représentent 4,6 GW; le reste est partagé par le marché mondial.

Énergie des vagues et des marées – Des prototypes de turbines entraînées par les courants et générant 10 kW fonctionnent déjà, et on étudie au Canada le concept de turbines à axe vertical insérées dans un barrage marémoteur, les plans prévoyant une installation d'un système de démonstration de 30 MW aux Philippines. Cette ressource mondiale est très importante, et elle se trouve tout près des côtes et de nombreuses régions densément peuplées.

OTEC – Les systèmes de conversion de l'énergie thermique océanique (OTEC – *Ocean Thermal Energy Conversion*) utilisent le gradient thermique naturel des océans – c'est-à-dire le fait que les

couches d'eau dans les océans sont à des températures différentes – pour entraîner un cycle de production d'énergie. Ces systèmes sont toutefois restreints aux régions tropicales.

14.3 Progrès et tendances

Nous prévoyons que des investissements importants seront faits d'ici la fin de la décennie dans les installations en mer dans le nord-est du Canada, aux États-Unis et en Chine. Les dépenses annuelles totales augmenteront rapidement vers la fin de cette période, pour dépasser 2,5 milliards \$. À l'heure actuelle, la technologie européenne est celle qui prédomine, et les fabricants européens tentent de réduire les coûts en utilisant des turbines de grande taille de 5 MW, et en les installant plus loin de la côte et à de plus grandes profondeurs.

14.4 Utilisation des SOO

On installe habituellement les systèmes d'observation sur les sites pressentis pour les centrales afin d'évaluer les ressources (p. ex., vent, vagues, marées et courants) pendant environ un an avant qu'une décision ne soit prise au sujet du projet de construction. Dans de nombreux cas, ces systèmes demeurent en place lorsque le projet entre en phase opérationnelle, et ils permettent de mesurer l'énergie produite par rapport à la ressource disponible, p. ex., la puissance produite par les éoliennes par rapport aux vents.

Le matériel d'observation, dans le cas des systèmes d'énergie marémotrice, consiste habituellement en profileurs (il peut y en avoir un ou plusieurs) à batterie, ancrés et pourvus d'une bouée de surface équipée de capteurs météorologiques et d'un module radio/satellite. Le site proposé peut être entouré de plusieurs installations de ce type, qui pourraient être connectées à l'infrastructure existante, afin d'assurer en permanence l'alimentation électrique et la transmission des données. Ce type d'installation est de plus en plus courant. On peut également utiliser un radar HF pour étudier les vagues et les courants, en plus des capteurs immergés.

L'affouillement des fondations des turbines éoliennes (habituellement érigées sur des monopieux) peut être important. En plus de surveiller l'activité des courants à l'aide de profileurs ADCP, on pourrait inspecter la zone des fondations à l'aide d'un AUV équipé d'une caméra vidéo et d'un bathymètre par secteurs.

Pour déterminer l'emplacement optimal des centrales OTEC et en surveiller le fonctionnement, il faudra étudier la structure thermique de l'océan. Un SOO pourrait constituer l'infrastructure permettant de commander, par des moyens acoustiques, des véhicules AUV/VTG d'inspection et de maintenance qui pourraient s'arrimer à des nœuds à proximité.

14.5 Perspectives

À l'heure actuelle, les parcs éoliens en mer comportent une trentaine de turbines, dont la production combinée atteint les 90 MW. Les plans futurs prévoient des parcs de 200 turbines, d'une capacité totale de 1 GW. Dans un tel contexte, les SOO pourraient être utilisés pour surveiller les conditions des vents, des vagues et des marées, et peut-être contribuer au maintien d'une importante zone d'exclusion maritime autour de ces installations.

À mesure que le secteur de l'énergie des vagues et des marées prendra de l'expansion, on devra recourir pour ces divers projets à des SOO pour soutenir les recherches sur les effets de ces installations sur les marées, sur la biologie et sur le transport des sédiments. En 2005, on a installé

un module de capteurs au coût de 120 000 \$, afin de sélectionner le site final de la centrale à vagues envisagée au large de Cornwall (Royaume-Uni). Il s'agit de la première phase du réseau de centrales appelé « Wave Hub » qui constituera un banc d'essai pour la production d'énergie à partir des vagues au Royaume-Uni³³.

³³ http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/cornwall/4214557.stm

15 Activités récréatives

15.1 Introduction

Les utilisateurs de la mer et des côtes à des fins récréatives profiteront de meilleures prévisions météorologiques et sur l'état de la mer que pourrait fournir un SOO. Toutefois, comme pour d'autres applications des SOO, il s'agit d'un secteur où les utilisateurs s'attendent à obtenir gratuitement le « produit ».

15.2 Facteurs du marché

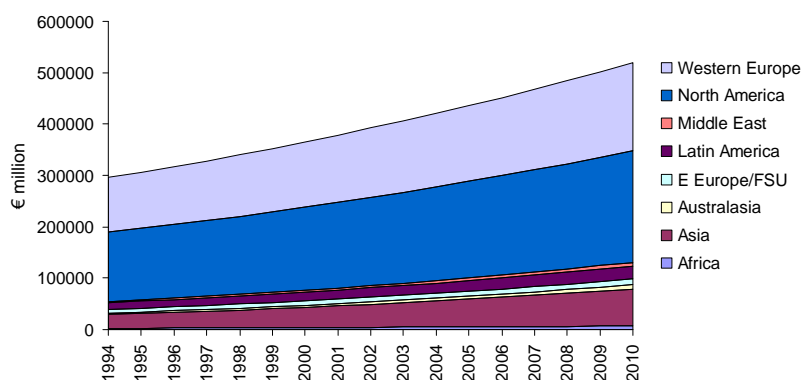


Figure 15-1 : Tourisme maritime – Marché mondial

Source : Douglas-Westwood

Le tourisme maritime est l'un des principaux marchés maritimes au monde, et il est probable qu'il prendra encore plus d'importance au cours des prochaines années. Il est cependant difficile d'obtenir des renseignements précis sur ce secteur, car il n'existe pas de statistiques internationales qui permettraient de le quantifier. Par conséquent, nous appliquons à l'industrie mondiale du tourisme un pourcentage indicatif du tourisme maritime. Cette approche est toutefois limitée et ne donne que des estimations approximatives.

Nous estimons que le marché mondial du tourisme maritime se chiffrait à 235 milliards \$ en 2005, soit 10,5 % de toutes les dépenses liées au tourisme. C'est une somme très importante, et il est très difficile et controversé de déterminer quelle part est attribuable au « tourisme maritime », chaque sous-secteur et chaque agence ayant sa propre opinion sur le sujet.

L'industrie des croisières est un sous-ensemble du tourisme maritime. Il offre un important potentiel de croissance, et d'importants investissements sont actuellement réalisés dans des terminaux de paquebots, partout dans le monde. Le marché mondial est de l'ordre de 16 milliards \$; toutefois, les avantages économiques totaux sont au moins le double.

Il est important de souligner que les chiffres mondiaux pour le tourisme maritime ne tiennent pas compte des voyages en direction et en provenance des zones côtières, ni des dépenses qui y sont faites, car cela définirait de manière trop large ce secteur. Cependant, si on tente de définir de manière plus stricte ce secteur afin d'inclure uniquement certaines activités, comme les voyages de croisière, la navigation de plaisance et les autres sports de mer comme la plongée, la pêche, etc., cela pose problème car pour ce secteur, il n'existe pas d'information comparable à l'échelle internationale et aisément disponible.

Le marché des services d'information est un sous-produit d'un SOO. Les prévisions météorologiques et océaniques, à jour et détaillés, sont précieuses pour toutes sortes d'activités maritimes : plongée, motonautisme et motomarines, randonnées en mer, observation de la faune, voile, navigation sur dériveur, nage, canot, surf, etc. Les gestionnaires des plages et des zones côtières profiteront également de l'information obtenue par les SOO, notamment pour la qualité de l'eau ou encore pour déterminer les conditions acceptables de location d'embarcations ou de tenue d'événements.

Le plus important et le plus riche marché de navigation de plaisance au monde se trouve aux États-Unis, plus de 77 millions d'Américains pratiquant cette activité. La demande mondiale de bateaux de plaisance devrait atteindre 23,7 milliards \$ d'ici 2010, dont 16 milliards \$ aux États-Unis. Le nombre d'embarcations de plaisance immatriculées aux États-Unis dépasse les 15 millions, et on prévoit un taux de croissance annuel d'environ 2 % au cours de la prochaine décennie. En comparaison, les 2^e et 3^e principaux marchés mondiaux dans ce secteur sont l'Italie et le Royaume-Uni, où le nombre d'embarcations immatriculées est inférieur à 1 million dans chaque pays.

15.3 Progrès et tendances

La diffusion des prévisions météorologiques pour des activités précises sont maintenant chose courante, et on peut obtenir des prévisions par téléphone, sans parler d'Internet qui offre un large éventail de services de prévisions. Les vacanciers peuvent faire leurs plans de vacances en utilisant Internet, notamment en obtenant les conditions météorologiques locales. Ils peuvent aussi connaître l'indice de pollution des lieux qu'ils prévoient visiter et obtenir des images des plages et des conditions de surf grâce aux caméras Web.

15.4 Utilisation des SOO

Dans certaines régions côtières, on emploie déjà les SOO pour fournir de l'information sur les activités récréatives, mais les formats de données varient. De nombreux utilisateurs sont incapables ou ne veulent pas interpréter des cartes à partir de données chronologiques, ou encore établir leurs propres cartes en téléchargeant des données, tandis que d'autres établissent leurs propres prévisions en utilisant des données obtenues en temps réel. Les principales données comprennent :

- la hauteur et la période des vagues;
- la température de la mer;
- la température de l'air;
- la vitesse et l'orientation des vents;
- l'ensoleillement;

- les précipitations;
- la hauteur des marées.

Ces données pourraient être recueillies par une combinaison de bouées ancrées et de tours météorologiques, peut-être à l'aide de radars HF, et on pourrait également utiliser les observations satellitaires de la température à la surface de la mer. Parmi les autres données, mentionnons la mesure de la densité pollinique (pour les personnes souffrant d'allergies), ou encore les indices de pollution. Ces prévisions et cette information pourraient être fournies par les médias existants (Internet, télévision, radio, journaux).

15.5 Perspectives

Le secteur récréatif maritime est une industrie très importante et le nombre d'embarcations de plaisance semble augmenter constamment. Comme la plupart des industries, le tourisme connaît des fluctuations et on devrait s'attendre à ce que le nombre de visiteurs vers les zones côtières touristiques du Pacifique et de l'océan Indien reviennent à ce qu'ils étaient avant le tsunami de 2004, surtout si on commence à utiliser des systèmes d'avertissement et d'alerte basés sur les SOO.

L'utilisation des « laboratoires sur puces », pour détecter automatiquement la bactérie *e-coli* et d'autres contaminants, pourrait contribuer à améliorer la gestion des plages récréatives et également accroître le nombre de journées d'accès aux plages.

La diffusion des données et des prévisions pourrait être intégrée aux mécanismes de gestion des navires – les navires transmettent leurs données d'identification et autres, qui sont enregistrées par un centre de surveillance. Ils reçoivent ensuite les plus récentes informations de navigation, prévisions et autres renseignements pertinents pour le transport maritime, par l'intermédiaire d'un système de carte électronique sur Internet et relié à la côte par radio ou par le système GSM (système mondial de communications mobiles).

16 Recherche et sauvetage

16.1 Introduction

L'application des SOO pour la recherche et le sauvetage comporte plusieurs volets : localiser les survivants dans l'eau, gérer le personnel et les ressources, détecter les événements météorologiques extrêmes et donner les alertes appropriées, établir des prévisions à long terme. Les données en temps réel peuvent contribuer au soutien logistique et à l'efficacité des missions de recherche et de sauvetage sur de longues distances.

16.2 Facteurs du marché

Le budget de la Garde côtière américaine en 2007 dépasse les 7 milliards \$. En 2007 également, la Garde côtière japonaise prévoit dépenser plus de 2 milliards \$.

L'amélioration des prévisions côtières peut grandement réduire les coûts des missions de recherche et de sauvetage. Par exemple, le district des Grands Lacs de la Garde côtière américaine répond à plus de 7 000 incidents par année, il sauve en moyenne 475 vies, le long d'un littoral de 6 700 milles. Si on parvient à augmenter de 1 % le nombre de vies sauvées, on réalise des économies de 20 millions \$ sous forme d'évitement de perte de vie. Les côtes américaines sont longues de 95 000 milles.

16.3 Progrès et tendances

Gestion de l'information – Les systèmes intégrés d'information permettent les communications entre des centres de contrôle au sol éloignés et qui peuvent s'occuper de différents aspects d'une mission de sauvetage maritime – par exemple, un centre peut avoir établi le contact radio avec les survivants, et un autre coordonner les mesures d'intervention. Les centres de contrôle de la recherche et du sauvetage de différents pays doivent souvent collaborer entre eux.

Prévisions de la dérive – Entre le moment où un appel est logé et l'arrivée des secours à la dernière position signalée, les survivants peuvent avoir été portés au loin à des vitesses qui dépendent des vents de surface, des vagues et des courants. Divers modèles permettent de calculer cette dérive.

GMDSS – Le système mondial de sécurité et de secours maritime (*GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System*) promet d'améliorer grandement la sécurité et les communications maritimes. Le GMDSS est un navire automatisé qui consolide un système d'alerte et de secours utilisant des liaisons de communication par lignes terrestres avancées et par satellites. Le système offre également certaines fonctionnalités, quoique limitées, de communications entre navires. Chaque navire qui doit établir des communications ou qui est assujéti aux conventions sur la sécurité doit être conforme au GMDSS. Les bâtiments visés comprennent tous les navires à passagers, peu importe la taille, et les navires de charge d'un tonnage brut de 300 tonnes et plus. Le GMDSS utilise les systèmes radio terrestres et satellitaires.

Balises de détresse – Ces balises émettent un signal qui peut être détecté par un aéronef ou un satellite, dans le cadre du système COSPAS-SARSAT. Les plus récentes balises de secours numériques réduisent le rayon d'erreur à 5 km seulement. Aux États-Unis en 2005, le système SARSAT a permis le sauvetage de 222 personnes, dans 93 incidents. Depuis 1982, le système a permis le sauvetage de 18 500 personnes³⁴.

Satellites – Basé sur le système opérationnel COSPAS-SARSAT, le système européen Galilée permettra d'effectuer des opérations de recherches et de sauvetage partout dans le monde. À cette fin, chaque satellite sera équipé d'un transpondeur qui pourra transférer les signaux de détresse émis par les émetteurs des utilisateurs au Centre de coordination des sauvetages, lequel lancera ensuite les opérations de sauvetage. Par ailleurs, le système transmettra un signal à l'utilisateur, l'avisant que son signal a été détecté et que des secours ont été envoyés à sa rescousse. Cette dernière fonctionnalité est nouvelle et elle est considérée comme une amélioration majeure par rapport au système existant, qui ne transmet pas d'accusé de réception à l'utilisateur.

16.4 Utilisation des SOO

Les données obtenues par les SOO sont cruciales pour élaborer des modèles qui permettent de prévoir la dérive et l'emplacement prévu des survivants, d'après les conditions réelles en mer. En combinant les données obtenues par radar HF, les données sur les courants et les observations météorologiques, on améliorera grandement les chances de réussite d'un tel système.

Les systèmes actuels de recherche et de sauvetage sont parfois incapables de gérer les situations créées par des vagues anormales ou des crues éclairs. Les données obtenues par les SOO seraient utiles pour déterminer la probabilité des événements météorologiques extrêmes, car on pourrait les utiliser dans les outils de modélisation et de prévision, ou encore pour gérer les ressources et le personnel toujours insuffisants.

Un SOO permettrait de plus de suivre les navires, un avantage manifeste pour les missions de recherche et de sauvetage, tout comme pour la sécurité et la gestion des côtes.

16.5 Perspectives

Le suivi et la surveillance des navires, grâce à une combinaison de radars HF, de systèmes de positionnement par GPS et de surveillance vidéo, accroîtront les capacités des organisations de recherche et de sauvetage. Les données obtenues par les SOO sur les conditions en surface seront transmises aux stations de coordination basées à terre, aux aéronefs de recherche et de sauvetage et aux navires de surface par communications satellite, par lesquelles on pourra également transmettre les prévisions de la dérive.

Le comportement des navires détectés sur les écrans radar des centres de contrôle de la navigation côtière pourrait également être automatiquement analysé. Si le navire se déplace de façon erratique ou semble dépourvu de moteur, une alerte pourrait être déclenchée. À cette fin, il faudrait peut-être utiliser la surveillance vidéo des côtes, outre les données sur le vent, les vagues et les courants obtenues par les SOO.

³⁴ <http://www.sarsat.noaa.gov/>

En cas de déversement d'hydrocarbures ou d'accident en mer, les bouées de positionnement, équipées de récepteurs GPS, pourraient être déployées par des aéronefs volant à basse altitude. Les navires en surface pourraient alors se servir des bouées comme repères, lesquelles pourraient déterminer la dérive grâce au GPS et aux communications satellite. Les unités futures seront pourvues d'un réseau acoustique, voire de capteurs infrarouges qui permettraient de localiser les survivants en mer.

17 Éducation

17.1 Introduction

L'« éducation » s'entend ici dans son sens le plus large, depuis la maternelle jusqu'aux études supérieures, et elle comprend également la sensibilisation du public, car la participation aux sciences océaniques et côtières n'est plus désormais restreinte aux chercheurs et aux étudiants des cycles supérieurs. L'intérêt envers le monde marin, la vie marine, la technologie et l'exploration maritimes a été stimulé depuis les deux dernières décennies par plusieurs grandes productions d'Hollywood, comme « The Abyss » et « Titanic », et par des projets financés par le Discovery Channel et le National Geographic (entre autres). Dans ces projets, on a utilisé des VTG ou des sous-marins avec équipage pour filmer des phénomènes sous-marins spectaculaires comme les cheminées géothermiques, ou encore pour explorer les vestiges de vaisseaux anciens. Avec l'avènement des SOO utilisant Internet, les données (y compris les vidéos) peuvent être transmises depuis l'océan jusqu'en classe, et la vie quotidienne des scientifiques qui étudient l'océan en surface ou sous la mer n'est désormais plus quelque chose de distant.

17.2 Facteurs du marché

Au niveau de l'enseignement supérieur, nous avons répertorié 241 établissements dans le monde qui offrent des cours touchant le secteur maritime. Toutefois, il est difficile d'estimer toutes les dépenses associées à ce domaine, car les coûts d'exploitation totaux des universités dépassent souvent les frais exigés. En outre, il est difficile de séparer clairement le volet éducatif du volet recherche, dans les activités des universités.

D'un point de vue commercial, toutes les activités d'éducation et de formation ont le rôle stratégique de « vendre » le pays fournisseur et sa technologie aux étudiants étrangers.

Le marché potentiel pour le volet éducatif des SOO comprend la création d'un SOO voué à la formation, probablement en eaux peu profondes et couvrant une faible zone, mais riche en contenu et en fonctions interactives. Par exemple, « la classe sous la mer » conçue par Rutgers Marine & Coastal Laboratory, de l'Université Rutgers aux États-Unis, vise à stimuler l'intérêt des étudiants POUR l'environnement marin et elle offre des données téléchargeables, des activités interactives et des ressources pédagogiques. Les données sont présentées comme un sous-produit de la recherche universitaire, mais le fait d'avoir un volet éducatif peut faciliter le financement des applications d'un SOO.

Ocean.US a été chargé par le National Ocean Research Leadership Council d'assumer un rôle directeur dans la promotion de l'éducation et de la sensibilisation aux systèmes d'observation des océans.

17.3 Progrès et tendances

L'expansion d'Internet haute vitesse offre un accès rapide à l'imagerie de télédétection satellitaire et aux données, et qui peuvent être utilisées par les écoles et les éducateurs. Cette possibilité est importante pour le renforcement des capacités – les SOO prévus et futurs ne réaliseront leur plein

potentiel que s'il existe au sein de la communauté une capacité scientifique lui permettant d'interpréter les résultats et de modifier l'orientation d'un programme de recherche le cas échéant. Les programmes des Nations Unies en matière de SOO dans le monde entier comportent tous un volet de renforcement des capacités.

17.4 Utilisation des SOO

La participation à long terme des écoles et collèges dans le cadre d'un SOO permettrait aux étudiants d'acquérir un sentiment d'appartenance, ce qui serait utile pour les sensibiliser aux questions environnementales. Au niveau primaire (élèves de 5 à 11 ans), on pourrait utiliser certains éléments interactifs, par exemple un véhicule marin de fond ou un VTG que pourraient commander les élèves pendant une heure, par Internet. Cela pourrait les amener à comprendre pourquoi le SOO existe, comment fonctionnent les capteurs, comment les problèmes sont résolus, et également à étudier les phénomènes météorologiques et l'activité des vagues.

17.5 Perspectives

L'aspect éducatif basé sur les données fournies par les SOO et la participation à ce système offrent de bonnes perspectives, même si cet aspect est davantage un sous-produit utile qu'un facteur justifiant le financement d'un SOO. Toutefois, en permettant à la communauté de participer à la mise en place d'un projet, cela pourrait faciliter l'acceptation du projet.

18 Que nous réserve l'avenir?

18.1 Technologie – Terre et mer

Il n'y a pas eu de percée majeure au cours des dernières années, et on peut décrire la situation comme en étant une d'évolution constante. Parmi les progrès qui se profilent à l'horizon, mentionnons l'application des AUV et l'utilisation de piles à combustible pour les alimenter, l'adoption des radars HF et la consolidation et la croissance de l'infrastructure des SOO, y compris l'équipement d'interfaçage avec les nœuds de communication et d'alimentation en profondeur et une puissance accrue de traitement informatique pour les travaux de modélisation.

Dans la foulée du tsunami de décembre 2004, on devrait assister à une augmentation des commandes de capteurs comme les profileurs ADCP, les radars HF et les marégraphes, le marché pour ces derniers étant alimenté par l'augmentation mondiale du niveau de la mer, notamment pour remplacer la technologie désuète actuelle (deux tiers des marégraphes dans les projets de la COI en Afrique sont déclarés non opérationnels). Grâce à la miniaturisation poussée de l'équipement et aux progrès dans le traitement et l'analyse des données par les instruments eux-mêmes (qui ne transmettent alors que les résultats), les chercheurs verront leur travail facilité dans de nombreux secteurs d'utilisation des SOO, notamment le changement climatique, l'échange de CO₂ et les pêches.

Les résultats des entrevues que nous avons réalisées démontrent que plusieurs problèmes de longue date subsistent, l'amélioration la plus souhaitée pour les instruments océaniques étant la réduction de la salissure provoquée par l'accumulation d'organismes marins.

Profileurs de courant à effet Doppler (ADCP)

Au cours de la dernière décennie, on a grandement accru les capacités des profileurs de courant, qui peuvent mesurer en détail les courants dans des conditions difficiles en mer. Les profileurs ADCP mesurent la vitesse de l'eau d'après le décalage Doppler de l'énergie acoustique réfléchi par les particules présentes dans la colonne d'eau. Un profileur ADCP peut être installé à la verticale ou à l'horizontale et il transmet à intervalles donnés les mesures de courant. Un ADCP peut être installé sur le fond océanique, être ancré, ou être installé sur un navire ou un AUV (dans ce cas, le profileur ADCP permet de mesurer la vitesse et la direction de déplacement; on parle alors de vélocimètre Doppler, DVL – *Doppler Velocity Log*). Il existe également des profileurs ADCP ponctuels d'une grande exactitude.

Véhicules sous-marins autonomes (AUV)

Les AUV permettent d'accéder à toutes les profondeurs océaniques, et la technologie des piles à combustible offre la possibilité d'une grande durée de vie opérationnelle, tout comme l'intégration à une infrastructure de SOO, pour la recharge et l'amarrage du véhicule. Les AUV sont normalement utilisés comme plates-formes mobiles de capteurs, mais certains modèles récents incorporent une capacité de navigation sur place, ou encore la capacité de transporter de l'équipement jusqu'au lieu d'étude et d'exécuter des tâches à l'aide d'un bras manipulateur ou d'un mini VTG. La miniaturisation des AUV permet de les utiliser en « essais » (surtout pour les applications militaires) et les travaux en ce sens se poursuivent. On peut aussi les utiliser pour déployer des réseaux de capteurs. De plus, l'AUV offre un potentiel intéressant pour mieux rentabiliser les campagnes de mesure à partir de navires.

Conductivité, température et profondeur (CTP)

Les mesures CTP permettent de déterminer la température, la salinité (par l'entremise de la variation de la conductivité de l'eau en fonction de la salinité) ainsi que la vitesse de propagation du son dans la colonne d'eau. Il est très important de connaître la vitesse du son, car la majeure partie de l'équipement de levés hydrographiques utilise des techniques de mesure acoustique, et il en va de même pour les applications militaires et civiles de détection par moyens acoustiques. Les mesures de salinité et de température servent également à distinguer les différentes masses d'eau, ainsi qu'à surveiller les effets du changement climatique et les événements de remontée.

Débitmètres mécaniques

Les débitmètres mécaniques sont utilisés sur les ancrages et permettent de mesurer avec une grande exactitude la vitesse et la direction des courants, données qui peuvent être enregistrées dans l'appareil même ou transmises par télémétrie. Leur coût unitaire est bien plus faible que celui des profileurs ADCP (5 000 \$ au lieu de 40 000 \$) et ils sont souvent inclus dans des ensembles mixtes ancrés ADCP/débitmètre. On les utilise dans la recherche universitaire lorsque l'on ne dispose pas de profileurs ADCP. De plus, on peut les déployer contre le bord de navires de toute taille, et ils peuvent fonctionner sans alimentation externe.

Débitmètres électromagnétiques

Les débitmètres électromagnétiques mesurent la tension créée par l'écoulement de l'eau passant par un champ magnétique, selon la loi d'induction électromagnétique de Faraday. En utilisant deux capteurs à solénoïde et un compas, on peut déterminer le vecteur du champ magnétique, et donc la direction et la vitesse de l'écoulement de l'eau. On utilise ces débitmètres comme capteurs ponctuels à des endroits où les débitmètres mécaniques ne conviendraient pas : dans les zones de vagues, dans les zones à faible régime de courant, dans les zones à régime d'écoulement très élevé (où la faible traînée et l'absence de pièces mobiles permettent le déploiement des débitmètres sans que l'on se préoccupe de leur fragilité) ou encore dans le cas des déploiements à long terme nécessitant une mémoire pour l'enregistrement des données et la programmabilité par l'utilisateur.

Bouées dérivantes

Les bouées dérivantes sont des bouées de surface munies d'équipement GPS, de télémétrie satellitaire et d'une grosse ancre flottante (un genre de parachute en toile, ou en forme de voile) qui fait en sorte que la bouée mesure le mouvement de l'eau plutôt qu'être emportée par le vent. La bouée dérivante mesure également la température à la surface de la mer. Les mesures d'emplacement et de température sont relayées par Internet vers les ordinateurs des scientifiques, en temps réel. Ces instruments simples et peu coûteux ont joué un rôle crucial dans la cartographie des courants de surface océaniques et sont encore déployés pour valider les modèles d'ouragans.

Bathythermographe extensible (XBT)

Les capteurs XBT sont utilisés par les océanographes depuis de nombreuses années pour obtenir de l'information sur la structure de température des océans, à des profondeurs atteignant 2 000 m. L'utilisation du XBT a grandement augmenté au cours de la dernière décennie, particulièrement par les navires d'observation bénévoles (VOS). La sonde XBT est conçue pour couler à une vitesse connue, et on peut donc mesurer la profondeur de la sonde d'après le temps écoulé depuis sa mise à l'eau. En traçant le graphique de la température en fonction de la profondeur, on peut rapidement obtenir un profil de température pendant que le navire avance.

Flotteurs

Les flotteurs immergés servent à mesurer la circulation océanique, car ils coulent à une profondeur établie au préalable, puis sont suivis par transpondeur acoustique. Grâce aux progrès

techniques, on a mis au point des flotteurs qui font surface régulièrement pour actualiser leur position (par satellite), à l'aide de « vessies » pour contrôler la flottabilité. Ils peuvent être pourvus de capteurs CTP dont les données sont transmises automatiquement, comme dans le programme de flotteurs ARGO. Les flotteurs fournissent des données sur la circulation océanique, les interactions entre l'océan et l'air et la recherche sur le changement climatique. Un avantage important des flotteurs à flottabilité neutre est leur faible coût, ce qui permet d'en déployer un grand nombre sur une grande zone géographique, avec une densité d'échantillonnage raisonnable.

Piles à combustible

Les piles à combustible produisent de l'électricité par électrolyse inverse, une réaction électrochimique. Dans une pile à combustible, l'hydrogène et l'oxygène sont combinés pour former de la vapeur d'eau, de la chaleur et de l'électricité. Ces sous-produits sont réutilisables par la pile. La vapeur d'eau peut être recyclée et réutilisée comme source d'hydrogène. L'électricité est dirigée vers un circuit externe pour être utilisée au besoin. Les piles à combustible permettraient d'alimenter les AUV, et donc de réduire l'encombrement et le poids associés aux batteries actuelles. Il existe divers types de piles à combustible, notamment les piles à aluminium-air, au lithium-ion et au nickel-hydrogène.

Planeurs sous-marins

Les planeurs sous-marins sont conçus pour des programmes d'observation à long terme et pour donner une bonne résolution à l'échelle verticale. De par leur conception unique, ils sont capables d'observer les gradients de paramètre le long de sections horizontales définies. Les planeurs peuvent migrer à la verticale (entre 0 et 1 000 m) dans l'océan, en modifiant leur ballast, et ils peuvent être orientés à l'horizontale, par action sur leurs ailes, jusqu'à un angle pouvant atteindre 35 degrés. Ils remontent à la surface habituellement six fois par jour pour communiquer avec le centre de contrôle de mission par satellite, et transmettent leurs données. Leur vitesse est habituellement de 0,5 nœud. Pendant leur trajet, les planeurs peuvent recueillir des données CTP ou autres. La profondeur moyenne atteinte et les courants de surface peuvent être estimés à partir des lectures GPS faites à la surface. Les communications bidirectionnelles par satellite permettent de modifier la stratégie d'échantillonnage, en fonction des données acquises en temps réel.

Radar haute fréquence (HF)

La surface rugueuse de l'océan reflète l'énergie radar haute fréquence. En utilisant deux stations radar ou plus, on peut déterminer par recoupement l'orientation, la vitesse, la hauteur et la période des vagues (la période étant le temps qui sépare deux crêtes de vague successives). Les radars HF fonctionnent dans la bande de 3 à 50 MHz. La pluie et le brouillard ne diminuent pas l'intensité des signaux HF. On utilise ces systèmes dans les SOO côtiers aux États-Unis, et ils servent à cartographier les courants et surveiller l'état de la surface de la mer. Parmi les progrès récents, mentionnons l'utilisation des radars HF pour suivre les navires, en plus de l'étude des vagues et des courants. On construit et teste actuellement de nouvelles antennes compactes très directionnelles, qui permettent de détecter à plus grande distance les petits navires.

Ancrages

Pour les observations à long terme, les ancrages océaniques sont utilisés comme structures sur lesquelles les capteurs sont fixés. Ils comportent habituellement un flotteur en surface (avec récepteur GPS et circuit de télémétrie satellite) connecté par un câble d'acier à une unité de dégagement acoustique, ainsi qu'à un poids consommable. Divers capteurs sont fixés à intervalles le long du câble (CTP, ADCP, fluoromètres, capteurs du plancton, etc.) et ils sont habituellement alimentés par batterie. Dans un SOO qui doit fournir des données en temps réel, les capteurs peuvent transmettre des données par l'unité de télémétrie satellite, par l'entremise d'un câble ou

d'un modem acoustique, en vue de leur transmission. L'ancrage peut être alimenté directement en électricité par le SOO et lui transmettre également directement les données. Les ancrages pourvus de tels instruments conviennent bien aux observations à long terme.

Véhicules téléguidés (VTG)

Les VTG sont les chevaux de trait sous-marins de l'industrie et des chercheurs. Ils sont habituellement déployés depuis un navire de surface, et ils sont commandés/alimentés par un faisceau ombilical comportant plusieurs câbles. Leur taille et leur complexité varient, allant du « gros œil » de la taille d'un ballon de plage, aux VTG « de travail » de 3 tonnes pouvant descendre à 6 000 m et utilisés principalement par l'industrie pétrolière et gazière en mer. Certaines sociétés pétrolières permettent maintenant aux chercheurs d'utiliser à temps partagé les VTG industriels lorsque ceux-ci ne sont pas affectés à des tâches précises. Un progrès très pertinent pour les SOO serait la possibilité d'installer un VTG sur un AUV, pour que le VTG puisse naviguer jusqu'à un nœud distant d'alimentation et/ou de transmission de données dans un SOO, l'AUV servant de base pour le VTG pour les travaux de maintenance ou d'installation avant d'être ramené par l'AUV à un point central.

Marégraphes

Au siècle passé, on déterminait les changements du niveau de la mer en utilisant des marégraphes. Les marégraphes, habituellement placés sur des quais, mesurent le niveau de la mer par rapport à un repère géodésique proche. Le type de marégraphe le plus couramment utilisé comporte un flotteur inséré dans un puits de mesure. Les systèmes modernes utilisent souvent des capteurs de pression au quartz ou au silicium; ils sont très portatifs et faciles à installer. Ils peuvent soit enregistrer les données, soit les transmettre par télémétrie radio.

Enregistreurs ondulants remorqués (TUOR)

Les enregistreurs TUOR sont d'importantes plates-formes qui permettent d'intégrer les mesures chimiques et physiques aux mesures biologiques, car ils peuvent transporter des capteurs comme des échantillonneurs de plancton, des profileurs CTP et des analyseurs de nutriments. On peut les programmer pour profiler l'eau à des profondeurs de 500 m, ou pour aller moins creux mais à des vitesses atteignant 25 nœuds. Les TUOR du futur pourront probablement être remorqués par des navires de surface automatisés. La possibilité de faire un échantillonnage à diverses profondeurs pendant que le navire est en route est fort avantageuse pour les exploitants de navires.

Navires d'observation bénévoles (VOS)

Dans le cadre du programme des navires d'observation bénévoles (VOS) de l'OMM, plusieurs observations sont faites par divers navires : navires de charge, bateaux de pêche, bâtiments militaires, navires de recherche, et ce, depuis plus de 200 ans. Avec l'avènement des données satellitaires de plus en plus fiables depuis quelques années, l'importance des données VOS pour les prévisions météorologiques numériques a fléchi. Toutefois, les données recueillies par le programme VOS sont cruciales pour les études climatiques et forment le cœur de nombreuses bases de données importantes sur le climat mondial. Par exemple, au cours des dernières années, les services météorologiques nationaux en Europe ont coopéré pour mettre au point le système EUCOS (EUMETNET Composite Observing System) et son programme maritime de surface, E-SURFMAR. Il en a résulté une diminution des activités d'observation, et donc une réduction des navires participant au programme VOS, mais l'utilisation des stations météorologiques automatiques (SMA) sur les navires VOS a augmenté. Un système d'observation de ce type est AVOST (*Automatic Volunteer Observing Ship System*), mis au point par la société canadienne AXYS Technologies Inc. Le système AVOST recueille automatiquement des données météorologiques et océanographiques, permet la saisie des données observées par les utilisateurs et assure au

besoin leur transmission par INMARSAT (ou d'autres réseaux de télémétrie). Les données sont recueillies et transmises dans les formats MANMAR et FM 13 de l'OMM.

18.2 Satellites

Téledétection par satellite

Les agences membres du CEOS (*Committee on Earth Observation Satellites*) exploitent ou prévoient exploiter quelque 170 satellites dans le cadre d'une mission d'observation de la Terre, d'ici les 15 prochaines années. Au début de 2005, on comptait 68 satellites d'observation en exploitation. Nous croyons qu'au moins 38 des satellites (exploités, approuvés ou planifiés) mesurent ou mesureront les paramètres océaniques. Plus de 20 de ces satellites sont actuellement exploités et servent partiellement ou entièrement à l'observation des océans. On prévoit au moins 25 missions qui auront une certaine capacité d'observation des océans. Les observations faites par satellite comprennent la couleur des océans (dont on peut déterminer la concentration en chlorophylle), la hauteur de la surface de la mer, les champs éoliens, la température, ainsi que l'épaisseur optique des poussières et des aérosols. Les observations satellitaires permettent le mieux d'intégrer les observations mondiales des couches supérieures des océans. Bien qu'elles fournissent habituellement peu d'information sur l'océan en profondeur, l'étendue mondiale de cette couverture compense néanmoins cette limitation. La couverture mondiale, possible seulement avec les capteurs satellitaires, est un outil puissant pour intégrer et contraindre les autres observations et les résultats des modèles.

Le GEO (*Group on Earth Observations*) cherche à construire le système mondial des systèmes d'observation de la Terre (GEOSS – *Global Earth Observation System of Systems*), selon un plan décennal. Le GEOSS devrait couvrir toutes les régions du monde et effectuer divers types d'observations : *in situ*, aéroportées et satellitaires.

En Europe, plusieurs activités de collaboration utilisent les données satellitaires sur les océans, ou du moins elles visent à en faciliter l'utilisation. Le GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) est une initiative conjointe de l'Union européenne et de l'Agence spatiale européenne. À la façon du SMOC, ce système vise à réunir les fournisseurs de données et d'information et les utilisateurs afin que ces données puissent rejoindre les personnes qui en ont besoin. Ce système constituera le volet européen du GEO. Le projet MERSEA (*Marine Environment and Security for the European Area*) illustre bien ce type d'activité. Il s'agit d'un programme financé par le 6^e programme-cadre de l'UE, afin d'élaborer un système de surveillance opérationnelle et de prévisions de la physique, de la biogéochimie et des écosystèmes des océans sur une base mondiale et régionale. La dernière vague de financement est de 14 millions € pour trois ans (2004-2007). En plus d'être le premier apport européen au GMES, c'est également la contribution européenne à l'expérience GODAE. Le projet ne finance pas l'exploitation des satellites, mais vise plutôt à faciliter la distribution des données. En 2004, le financement du 6^e programme-cadre pour les communications satellitaires et les projets liés au GMES était de 60 millions €.

La continuité et l'amélioration de plusieurs mesures océaniques ont été assurées grâce au lancement de missions comme Envisat et Aqua. Les missions SMOS (2007) et SAC-D/Aquarius (2008) méritent d'être mentionnées, car elles offriront de nouvelles possibilités de mesure de la salinité des océans. Les mesures de la topographie et des vents de surface de l'océan – réalisées

pour la première fois par les missions Topex-Poseidon et ERS – se poursuivront de manière opérationnelle avec les capteurs satellitaires des séries METOP et NPOESS³⁵.

Satellites d'observation des océans

Contexte

La technologie des satellites a révolutionné la capacité des scientifiques, des gouvernements et des entreprises d'observer les océans, l'atmosphère et leurs interactions (celles-ci étant les principaux mécanismes dont sont tributaires les conditions météorologiques et le climat). Comme les scientifiques ont réalisé d'importants progrès dans la mise au point des techniques de modélisation numérique pour décrire la nature et les interactions des océans et de l'atmosphère, la quantité accrue de données disponibles a transformé les méthodes prévisionnelles. Comme on estime maintenant que la principale source d'inexactitude est l'incertitude au sujet de l'état initial du modèle (c.-à-d. l'absence de bonnes observations), les données satellitaires jouent un rôle crucial afin de réduire cette incertitude et donc d'améliorer les prévisions météorologiques. Une autre amélioration importante dans les satellites modernes est la vitesse avec laquelle les données sont transmises aux utilisateurs, car, outre la disponibilité et la qualité des données, la vitesse d'accès aux données est un facteur crucial pour utiliser de manière efficace les données satellitaires afin de faire les prévisions. Les missions actuelles comme Envisat permettent d'accéder en temps quasi réel aux données.

Organisations et sociétés qui investissent dans le domaine des SOO

Comme il est extrêmement coûteux de lancer les satellites, ce sont des organisations gouvernementales qui financent la construction des lanceurs et les activités de lancement, les satellites et les instruments étant fournis par diverses agences gouvernementales, ainsi que des organisations de recherche et des sociétés privées. L'Europe et les États-Unis ont lancé la majeure partie des satellites d'observation météorologique/terrestre, et d'autres pays en ont lancé, notamment la Russie, l'Inde, la Corée, Taiwan et le Japon. Aux États-Unis, la principale source de financement est le gouvernement, par l'entremise de la NASA, de la NOAA, de la National Science Foundation (NSF) et du Département de la défense. Le nombre important des différentes missions et agences de financement aux États-Unis a poussé de nombreux intervenants à fréquemment demander la rationalisation du programme de satellites (et tout dernièrement à l'occasion de l'enquête faite par le National Research Council sur le budget de la NASA – voir ci-dessous).

La NOAA a répertorié tous ses systèmes d'observation et a créé la NOAA Observing System Architecture, afin de documenter et de trouver des moyens de les faire évoluer de manière intégrée. Jusqu'à présent, la NOAA a répertorié 102 systèmes d'observation distincts qui mesurent 521 paramètres environnementaux différents. La NOAA prévoit d'utiliser ce document pour faciliter l'intégration de ses systèmes avec ceux des autres agences et des programmes internationaux.

En Europe, le principal organisme subventionnaire est EUMETSAT, un regroupement collaboratif de 18 nations basé à Darmstadt (Allemagne) et de l'Agence spatiale européenne (ASE). Dans tous les pays, on trouve un large éventail d'organisations qui participent à la chaîne d'approvisionnement subséquente.

³⁵ http://www.eohandbook.com/eohb05/ceos/part3_3.html

Les satellites peuvent à l'occasion être lancés pour une seule mission et pour un seul client (p. ex., Geosat était utilisé principalement par la Marine américaine), mais ils sont de plus en plus lancés dans le cadre de missions élargies. Il peut s'agir tout simplement d'une collaboration au niveau technique (p. ex., la mission européenne Metop sera expressément associée aux satellites POES (*Polar Operational Environmental Satellites*) de la NOAA, ou elles peuvent faire partie d'efforts collaboratifs plus grands visant à intégrer de nombreuses fonctionnalités, dont les observations, les données, le traitement, la modélisation et la diffusion (nous en avons traité ci-dessus).

Les ententes de collaboration internationale portent sur la construction des satellites et des instruments, ainsi que sur le contrôle au sol, et l'échange de signaux et de données. Par exemple, l'Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO) a récemment conclu un accord avec l'Institut national indonésien de l'aéronautique et de l'espace (LAPAN) pour un projet de suivi et de communication des satellites.

L'idéal serait d'utiliser un mélange de satellites en orbite géostationnaire et polaire pour observer l'environnement, particulièrement pour établir des prévisions météorologiques opérationnelles. Le réseau opérationnel de satellites de la NOAA est divisé en deux grandes familles : GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*) et POES (*Polar Operational Environmental Satellites*). Jusqu'à présent, les satellites européens d'observation météorologique et terrestre sont plutôt placés en orbite géostationnaire, mais EUMETSAT a convenu de partager avec le gouvernement américain les tâches affectées aux satellites météorologiques en orbite polaire. La mission Metop visera donc à placer un satellite en orbite polaire, de concert avec un satellite POES de la NOAA. Ensemble, ils fourniront des orbites complémentaires (« matin » et « après-midi ») et assureront une couverture maximale, ce qui illustre encore plus la tendance vers la collaboration.

Les instruments satellitaires ont de plus en plus une saveur internationale. Par exemple, dans le dernier satellite Metop, on compte cinq nouveaux instruments européens, cinq instruments américains (NOAA), un instrument de conception française, le système français de traitement pour les opérations de recherche et de sauvetage (SAR) et de l'équipement canadien de communications SAR.

Dépenses en capital (activités actuelles et futures)

Le budget de la NASA pour les sciences de la Terre en 2004 était de 5,5 milliards \$, et on prévoit qu'il passera à 7 milliards \$ en 2008. Selon les dernières indications (juin 2006), le budget est soumis à d'intenses pressions, et on prévoit que des coupures auront pour effet de réduire les dépenses à 5,38 milliards \$ en 2008. Cela a eu pour effet d'exercer des pressions sur le programme américain de satellites en sciences de la Terre. Les missions annulées comprennent « Hydros » (mesure de l'humidité des sols, au coût de 200 millions \$) et le *Deep Space Climate Observatory* (observation du bilan énergétique, au coût de 100 millions \$). Parmi les missions reportées, mentionnons le *Global Precipitation Measurement* (GPM) et le GIFTS (obtention de données sur les tempêtes intenses). En outre, lors d'une récente réunion (juin 2006) où l'on a traité du système NPOESS américain (*National Polar Orbiting Environmental Satellite System*), le budget de 11,5 milliards \$ a été critiqué, et il est fort probable que le projet sera retardé. De plus, la prochaine série de propositions pour les missions d'observation de la Terre ne sera pas examinée d'ici 2008. Et ce qui inquiète probablement le plus les spécialistes des sciences de la Terre, c'est le fait que les coupures proposées de 20 % en R-D dans ce domaine toucheront les petits projets, dont bon nombre analysent les données fournies par les satellites, ainsi que les sociétés qui traitent ces données et les commercialisent sous forme de produits à valeur ajoutée.

En comparaison, le budget de la NOAA pour la même année (2004) était de 3,336 milliards \$. De cette somme, 837 millions \$ étaient affectés aux programmes satellitaires, dont 391 millions \$ pour les satellites en orbite polaire (124 millions \$ pour les satellites existants) et 277 millions \$ pour les satellites en orbite géostationnaire, dont 104 millions \$ pour de nouveaux projets.

En 2006, la NOAA a prévu un budget de 321 millions \$ pour le projet NPOESS (un montant égal étant fourni par le Département de la défense) et 240 millions \$ pour GOES – R.

Selon le vice-amiral à la retraite et maintenant sous-secrétaire au Département du commerce pour les océans et l'atmosphère, Conrad C. Lautenbacher, on a ajouté une somme nette de 95 millions \$ pour permettre à la NOAA de construire un système intégré d'observation de la Terre. Cette somme comprend une augmentation nette de 52,6 millions \$ pour les satellites environnementaux opérationnels et géostationnaires afin de préserver la continuité de cette technologie d'observation cruciale, et une somme de 16,1 millions \$ pour les satellites de la série NPOESS, afin que le premier satellite puisse être lancé en 2010.

Un programme satellitaires qui illustre bien la nature collaborative des missions climatiques et météorologiques modernes est COSMIC. Conçu pour surveiller les ouragans, les typhons et les tempêtes océaniques, ainsi que plusieurs autres phénomènes météorologiques, le projet COSMIC prévoit le lancement de six satellites au coût de 100 millions \$. Il s'agit d'un projet conjoint de la US NSF (20 millions £) et de la National Science Council and National Space Organisation de Taiwan (80 millions \$), et plusieurs organismes y participent : la NASA, la NOAA, l'Armée de l'air américaine, l'Office of Naval Research et le programme de lancement de fusée du Département de la défense des États-Unis.

EUMETSAT dispose d'un budget de 1 673 € (au coût de 2003) pour son programme MSG, pour les activités jusqu'en 2015.

Le Bureau météorologique national de Grande-Bretagne (le *Met Office*) dispose d'un budget de 160 millions £. Ce budget est entièrement financé, sauf pour 20 millions £, par la vente de services aux ministères du gouvernement britannique. Les dépenses en capital pour le Met Office, à titre de contributions à EUMETSAT en 2004-2005, étaient de 18 millions £ (directement affectées au système Meteosat de deuxième génération, le MSG), dont 2,2 millions £ pour les coûts d'EUMETSAT non attribués expressément aux satellites. L'investissement total du Met Office dans le programme satellitaire a été de 175 millions £ (actuellement « évalué » à une valeur de 61 millions £). Ce montant représente la contribution britannique.

On doit également garder à l'esprit que les missions satellite sont vulnérables aux coupures de fonds, aux problèmes techniques et aux accidents. Les instruments tombent en panne, les fusées explosent et les fonds sont coupés. Par exemple, en juin 2003, l'enregistreur à bande embarqué de l'altimètre du satellite ERS 2 est tombé en panne, mais heureusement le satellite ENVISAT a pu prendre la relève. En 2005, le système TOPEX/Poseidon est tombé en panne (bien après la fin de sa durée de vie utile); les trois premiers satellites du programme indien SROSS sont tombés en panne à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Enfin, le satellite CRYOSAT 1 a été détruit lors de son lancement en 2005 (un satellite qui avait coûté 170 millions \$).

Orientations futures

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, il semble que l'on assistera à une collaboration accrue entre les nations, et au sein même des nations. Aux États-Unis, la NOAA et la NASA ont leurs propres programmes civils d'observation de la Terre depuis l'espace qui comportent un volet d'observation des océans. La NOAA se concentre sur les mesures opérationnelles et permanentes

et sur les prévisions des paramètres environnementaux touchant la météo et le climat. La NASA se concentre sur la recherche et le développement des capteurs et ne planifie pas les besoins d'observation opérationnelle au-delà de la durée de vie des missions. Le tableau ci-dessous indique quelques-uns des lancements connexes en vertu de l'actuel système, mais dans un rapport récent, la US Commission on Ocean Policy recommandait au Congrès américain que le programme des satellites d'observation de la Terre de la NASA soit transféré à la NOAA qui en assurera le contrôle opérationnel, tandis que la NASA conserverait les volets R-D et ingénierie.

La NASA exploite actuellement un groupe de trois satellites d'observation de la Terre (Terra, Aqua et Aura) et de nombreuses missions plus petites dotées d'instruments spécifiques, elle n'entend pas remplacer ses trois principaux systèmes. Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, le principal programme satellitaires en orbite polaire (NPOESS) sera un effort conjoint de la NOAA, de la NASA et du Département de la défense. De plus en plus, la NOAA assumera un rôle de direction avec l'entrée en scène du programme GOES – R.

Exploitation commerciale

L'ASE a examiné l'exploitation commerciale des données obtenues par les satellites d'observation de la Terre en Europe et au Canada en 2004³⁶. Les revenus totaux estimés de ces services étaient de 285 millions € (317 millions \$) en 2002, la vente des images procurant des revenus additionnels de 25 à 30 millions € (32 à 38 millions \$). Soixante-dix-huit pour cent (78 %) des ventes ont été faites à des gouvernements et à des clients du secteur public.

Systèmes mondiaux de navigation par satellite

Il existe actuellement plusieurs systèmes complémentaires et/ou concurrents de positionnement mondial existants ou en développement, y compris le programme russe Glonass et le programme européen **Galilée**.

- **Global Positioning System (Système mondial de positionnement)**. Le système américain GPS a été terminé en 1993 et comporte en tout une constellation de 24 satellites. Ces satellites transmettent tous un signal qui indique la position du satellite, ainsi que des signaux de référence temporelle mis à jour automatiquement. En observant plusieurs satellites, un récepteur peut déduire sa position par recoupement, selon un système de référence en trois dimensions. Il existe diverses façons d'utiliser les données du GPS afin d'améliorer l'exactitude du positionnement, mais pour les applications SOO, les fonctions de positionnement de base sont normalement suffisantes (mais ce n'est pas le cas pour la navigation).
- Le système russe, **Glonass**, est devenu entièrement opérationnel en 1993. En juillet 2006, 13 satellites fonctionnaient. En 2004, l'Inde a conclu une entente avec la Russie afin de développer conjointement le système Glonass. En vertu de cet accord, l'Inde sera le seul partenaire de la Russie pour le développement de Glonass, le remplacement des satellites et leur utilisation future, et les satellites de Glonass pourront être lancés aussi bien de l'Inde que de la Russie, à l'aide de lanceurs indiens ou russes. On prévoit que le système Glonass sera entièrement opérationnel en 2007 (il y aura alors 18 satellites en orbite), et il sera accessible aux utilisateurs civils et militaires en Inde et en Russie.
- Le système européen de navigation globale par satellite, **Galilée**, offrira un service de positionnement mondial d'une grande exactitude garantie, sous contrôle civil. Il sera

³⁶ The State and Health of the European and Canadian EO Service Industry – ESA, VEGA, Booz, Allen et Hamilton – août 2004.

compatible avec les systèmes GPS et Glonass, les deux autres systèmes de navigation mondiale par satellite. L'utilisateur pourra établir son positionnement en utilisant le même récepteur pour capter n'importe lequel des satellites, dans quelque combinaison que ce soit. En offrant une double fréquence comme service standard, Galilée permettra d'établir un positionnement en temps réel avec une exactitude de l'ordre du mètre, du jamais vu pour un système public. Une fois entièrement déployé, le système Galilée comportera 30 satellites (27 opérationnels + 3 actifs en mode remplacement). Selon les divers rapports publiés, le système Galilée coûtera entre 3,5 et 4 milliards € (4,5 à 5,2 milliards \$). On peut affirmer sans crainte de se tromper que cette estimation est passablement beaucoup trop faible.

19 Conclusion

Les SOO représentent un important marché – D’après les programmes répertoriés, nous estimons que le marché mondial pour les systèmes d’observation des océans se chiffre à quelque 1,8 milliard \$ en 2006, et que les programmes existants feront augmenter la valeur de ce marché à 2,2 milliards \$ d’ici 2011. Vu la croissance et l’impact des facteurs du marché, surtout en réponse au réchauffement planétaire, nous prévoyons que les dépenses totales augmenteront de manière appréciable pour atteindre probablement 2,4 milliards \$ d’ici 2011. Ces estimations pourraient alors paraître trop prudentes.

Les États-Unis constituent le plus important secteur industriel dans le domaine des océans, les dépenses annuelles étant estimées à 750 milliards \$ en 2002. La moitié de ces dépenses sont faites par l’industrie du pétrole et du gaz, et un tiers par la Marine américaine³⁷. Les dépenses fédérales américaines pour les SOO ont été estimées à 1 milliard \$ en 2006.³⁸ Toutefois, nous estimons qu’elles se rapprochent davantage de 1,2 milliard \$.

Un outil essentiel – Les systèmes d’observation des océans sont un outil essentiel pour les intervenants, les industries et les utilisateurs dans le domaine des océans – en d’autres mots, pour l’ensemble de la population de la Terre – et ils sont sans conteste essentiels pour nous permettre de mieux comprendre les océans et leur rôle dans le changement climatique. À mesure que la population prendra conscience de ce fait, nous estimons que les SOO seront davantage financés par les gouvernements dans le monde entier et que les débouchés commerciaux associés à ces systèmes croîtront en parallèle.

Il serait également utile de donner suite au présent rapport :

- élaborer une stratégie visant à déterminer les débouchés offerts par le marché des SOO – cette stratégie doit reconnaître et incorporer les atouts et les faiblesses du Canada dans ce secteur;
- cibler des besoins technologiques bien définis;
- élaborer des normes – ce besoin est criant dans le domaine des SOO. Le Canada pourrait peut-être assumer un rôle de leadership?

³⁷ Andrew Clark, président, Marine Technology Society, dans une présentation à la Commission présidentielle sur la politique océanique, 13 novembre 2001; déclaration se trouvant également dans la présentation faite à l’Ocean Commission, intitulée « Technology & Marine Operations: Strategy for Technology Development to Meet the Nation's Needs », novembre 2002 [www.ocean.commission.gov/documents].

³⁸ Mike Hemsley, directeur adjoint, Ocean.US.

20 Annexes

20.1 Définition des secteurs

Application	Temps réel	Multi-paramètres	Commentaires
Recherche universitaire	0	0	Scientifiques œuvrant dans plusieurs disciplines et domaines.
Utilisation pour les zones côtières	?	?	Planification et gestion – changements du niveau de la mer à long terme, transport des sédiments (visualisation à l'aide des systèmes radar CODAR).
Éducation	0	0	Réseaux au fond de la mer : « l'océan en classe » grâce à Internet.
Évaluation et surveillance de l'environnement	0	0	Déversements d'hydrocarbures, suivi et prévisions de la pollution.
Pêches et aquaculture	0	0	La remontée d'eau en zones côtières est propice à la croissance du plancton. L'interruption de la remontée (El Niño) provoque le chaos.
Avertissement de dangers	0	0	Systèmes d'alerte aux tsunamis et aux ouragans.
Sécurité et protection maritimes	0	0	Dans les ports et en mer – capteurs immergés, suivi par satellite.
Transport maritime	0	0	Meilleur trajet entre deux points, selon les prévisions météorologiques, etc.
Activités militaires	0	0	Activités offensives – Carte de débarquement sur les plages, détection des mines et sécurisation des zones. (Ces applications ne sont pas incluses dans la présente étude.) Activités défensives – Détection des intrus sous l'eau ou en surface.
Activités en mer	0	0	Pétrole et gaz, ressources renouvelables, construction – Les principales infrastructures peuvent avoir leur propre réseau d'observation. Les sociétés peuvent acheter de l'imagerie satellite pour connaître les déplacements des glaces.
Activités récréatives	?	?	Plage, voile, pêche, etc. Prévisions météorologiques, services d'établissement de trajets.
Recherche et sauvetage	0	0	Balises satellitaires, prévisions de la dérive d'après les conditions météorologiques et de l'état de la mer.
Suivi des navires	0	0	Utilisation de l'imagerie satellitaire (et des radar et de l'AIS?), dans le cadre de systèmes intégrés.
Prévisions météorologiques et de l'état de la mer	0	0	Agences et services météorologiques (p. ex., impact de prévisions météorologiques exactes sur l'économie agricole).

Notes :

Les descriptions ci-dessus sont des applications, et non des systèmes, lesquels peuvent servir à plusieurs applications.

20.2 Organisations consultées

Compagnie/Organisation	Pays
2wcom GmbH	Allemagne
AOOS	États-Unis
ASL Environmental Sciences	Canada
AW-Energy	Finlande
Canadian Centre for Marine Communications (CCMC)	Canada
Agence spatiale canadienne	Canada
Channel Coastal Observatory	Royaume-Uni
CLIVAR	Royaume-Uni
CLS (Collecte Localisation Satellites)	France
Coda/ Octopus	Royaume-Uni
DFO	Canada
Municipalité de Dubaï	Dubaï
Marine équatorienne	Équateur
EMU Survey	Royaume-Uni
Fugro Oceanor	Norvège
Geodata Institute, Southampton University	Royaume-Uni
Gill Instruments	Royaume-Uni
Ice Cube project, University of Wisconsin-Madison (UWM)	États-Unis
IGOC (un service de l'UNESCO)	France
Institute of Marine Sciences	Tanzanie Îles Canaries, Espagne
Instituto Canario de Ciencias Marinas	Japon
Japan Meteorological Agency	Norvège
Kongsberg	États-Unis
L – 3 Communications	Royaume-Uni
Liverpool Bay Coastal Observatory	Royaume-Uni
Marine Ecological Surveys	Royaume-Uni
Maritime Warfare Centre (MWC)	Royaume-Uni
Université technique du Moyen-Orient	Turquie
Monterey Bay Aquarium Research Institute	États-Unis
NASA/JPL	États-Unis
National Marine Environment Forecasting Center	Chine
NAVOCEANO – Stennis Space Ctr.	États-Unis
NCOF (National Centre for Ocean Forecasting)	Royaume-Uni
NIWA	Nouvelle-Zélande
NOAA	États-Unis
Ocean Numerics	Royaume-Uni
Ocean. US	États-Unis
Commission océanographique intergouvernementale (COI), fait partie de l'UNESCO	France
Pacific Gyre Inc.	États-Unis
PacIOOS	Îles du Pacifique
Plymouth Marine Laboratory (PML)	Royaume-Uni
SCRIPPS	États-Unis
Shell (Metocean)	Pays-Bas

Compagnie/Organisation	Pays
Sonardyne	Royaume-Uni
Southern California Coastal Water Research Project (SCCWRP)	États-Unis
Stema Survey	Pays-Bas
SUT	Royaume-Uni
Texas A&M University	États-Unis
Tropical Atmosphere Ocean project	États-Unis
University of North Carolina	États-Unis
University of Victoria	Canada
University of Wales, Bangor	Royaume-Uni
Western Australia SMOO (WAGOOS)	Australie

20.3 SOO – Programmes, projets, organisations et acronymes

Tableau 20-1 : Programmes de SOO satellitaires

Programmes satellitaires	Acronyme/lien Web
Constellation Observing System for Meteorology	COSMIC/FORMOSAT-3
Cryosat	CRYOSAT
Cryosat	CRYOSAT2
Earth Clouds Aerosols and Radiation Explorer	EarthCARE
Earth Explorer Atmospheric Dynamics Mission	ADM-Aeolus
Satellite Envisat	ENVISAT
GEOdetic SATellite	GEOSAT
Serveur de satellites géostationnaires	GOES-R
Serveur de satellites géostationnaires	GOES-N
Serveur de satellites géostationnaires	GOES I-M
Geosynchronous Imaging Fourier Transform Spectrometer	GIFTS
Global Precipitation Measurement	GPM
Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer	GOCE
Satellite indien de télédétection	IRS-P3
Jason	JASON
Jason	JASON 2
Mission d'étude du champ magnétique	SWARM
Megha-Tropiques	Megha-Tropiques
Programme de satellite météorologique opérationnel	METOP
Meteosat, 1 ^{re} génération	MeteoSat
Meteosat, 2 ^e génération	MSG
Meteosat, 3 ^e génération Generation	MeteoSat
National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite	NPOESS
Ocean Surface Topography Mission	OSTM
OCEANSAT 3	OCEANSAT3
Sea Surface Salinity	ESSP/Aquarius
Soil Moisture and Ocean Salinity	SMOS
Topex/Poseidon	Topex/Poseidon
Tropical Rainfall Measuring Mission	TRMM

Tableau 20-2 : Programmes océaniques utilisant des SOO

Programmes océaniques	Acronyme/lien Web
Alaskan OOS	AOOS
Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss environmental RESearch	ANTARES
Atlantic Network of Interdisciplinary Moorings and Time-series for Europe	ANIMATE
Atlantic Zone Monitoring Program	AZMP
Australian OOS	AOOS
Autonomous Ocean Sampling Network	AOSN
AVISO	AVISO
Baltic Operational Oceanography System,	BOOS
Black Sea SMOO	BLACKSEAGOOS
Cabled Regional Observatory Workshop	CROW
Carolina Reef Ocean Observing and Prediction-USC	Caro-COOPS
Center for Integrative Coastal Observation, Research and Education	CI-CORE
Central and Northern California Ocean Observing System	CeNCOOS
Central Gulf of Mexico Observing System	CenGOOS
Channel Coastal Observatory 2003	CCO
Chesapeake Bay Observing System	CBOS
Coastal Ocean Currents Monitoring Program	COCMP
Coastal Ocean Monitoring Network for West Florida	COMPS – West Florida
Coastal Ocean Observing System	C-SMOO
Coastal Ocean Research and Monitoring Program (UNCW)	CORMP
College of Marine Sciences	College of Marine Sciences
Cook Inlet Coastal Monitoring and Habitat Program	Inconnu
Coral Reef Targeted Research and Capacity Building for Management – Coral Reef Early Warning System	CREWS
Scénarios actuels et futures pour le bilan du carbone en Europe	CARBONDATA
Scénarios actuels et futures pour le bilan du carbone en Europe	CARBONEUROFLUX
Developing Arctic Modelling and Observing Capabilities for Long-term Environmental Studies	DAMOCLES
Dubai Coastal Zone Monitoring Programme	Dubai Coastal Zone Monitoring Programme
Early Tsunami Warning System	Inconnu
Economic and Social Science Research	Economic and Social Science Research
Estimating the Climate and Circulation of the Ocean	ECCO
European Directory of the Ocean Observation System	EDIOS
European Environment Information and Observation Network	EIONET
Agence spatiale européenne (Programme d'observation de la Terre)	ESA (Earth Observation Program)
Forecasting Ocean Assimilation Model	FOAM
Serveur de satellites géostationnaires	GOES
Expérience mondiale d'assimilation des données océaniques	GODAE
Global Terrestrial Network for Permafrost	GTN-P
Great Lakes Ocean Observing System	GLOS
Gulf of Maine Ocean Observing System	GOMOOS

Programmes océaniques	Acronyme/lien Web
Gulf of Mexico Coastal Ocean Observation System	GCOOS
Gulf of Mexico Coastal Ocean Observation System Regional Association	GCOOS-RA
Indian Ocean Tsunami Monitoring and Warning System	IOTWS
Indian Ocean Tsunami Monitoring and Warning System	IOTWS
Integrated Ocean Observing System	IOOS
International Nusantara Stratification and Transport	INSTANT
IOC Sub-Commission for the caribbean & Adjacent Region	IOCARIBE
Japanese Tsunami Warning Centre	Japan Tsunami Centre
Joint Australian Facility for Ocean Observing Systems	JAFOOS
Joint Institute for Marine Observations	JIMO
Long Island Sound Coastal Observing System	Long Island Sound Coastal Observing System
MarCOAST	MarCOAST
Mediterranean SMOO	MEDGOOS
National Buoy Data Centre	NBDC
National Oceanographic Partnership Program	NOPP
National Undersea Research Program	NURP
National Water Level Observation Network	NOOA NWLON
Network for the Detection of Stratospheric Experiment on Ozone	NDSC
North Carolina Coastal Ocean Observing System	NCCOOS
North West Shelf	NOOS
Northern Gulf of Mexico Littoral Initiative	NGLI
Ocean Observations Initiative	OOI
Ocean Research Interactive Observatory Networks	ORION
OCEAN Sustained Interdisciplinary Timeseries Environment observation System	OceanSITES
OPTIMET	OPTIMET
Pacific Island OOS	PacGOOS
Partnerships for global ocean observation	POGO
Peruvian Programme for El Nino	NAYLAMP
Physical Oceanographic Real-Time System	PORTS
Polar Operational Environmental Satellites	POES
Regional Ocean Observing and Forecasting System Africa	ROOFS-AFRICA
SeaSearcher	SeaSearcher
Ship of Opportunity Programme	SOOP
South Atlantic Bight Synoptic Offshore Observation Network	SABSOON
South East Asia SMOO	SEAGOOS
Southeastern Atlantic Coastal Ocean Observing System	SEACOOS
Southern African Data Centre for Oceanography SADCO	SADCO
Study of Environmental Arctic Change	SEARCH
SURA Coastal Ocean Observation program	SCOOP
The Automated Shipboard Aerological Programme	ASAP
The West Indian Ocean Marine Applications Programme	WIOMAP
Tsunami Early Warning System	Inconnu

Programmes océaniques	Acronyme/lien Web
US Navy SOund SURveillance System	SOSUS
US Tsunami Warning Program	US Tsunami Warning Program
Wallops Ocean Observation Project	WaCOOL
Water Quality Monitoring – Cook Islands	Inconnu

Tableau 20-3 : Projets de SOO

Projets	Acronyme/lien Web
A Regional Capacity Building and Networking Programme to Upgrade Monitoring and Forecasting Activity in the Black Sea Basin	ARENA
Advanced Deployable System	ADS
Aloha Mooring	ALOHA
Antarctic Muon and Neutrino Detector Array at the South Pole	AMANDA
ARGO Home	ARGO
Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss environmental RESearch	ANTARES
Baikal Neutrino Detector	BAIKAL
BlueLINK	BLUELINK
Bodega Ocean Observing Node	BOON
Bonne Bay Observatory	BBO
Coastal Benthic Observatories	COBO
Cooperative Ocean Observing Experiment	COOE
Data Buoy Cooperation Panel	DBCPC
Deep Ocean Assessment & Reporting of Tsunami	DART
Deep Underwater Muon and Neutrino Detection	DUMAND
Detection and classification of marine traffic from Space	DECLIMS
Geophysical and Oceanographic Station for Abyssal Research	GEOSTAR
Hawaiï-2	H2O
ICECUBE	ICECUBE
Improving Fisheries Monitoring by Integrating Passive and Active Satellite Technologies	IMPAST
Indian Ocean Moored Array Project	I-MAP
Indian Ocean Tsunami Warning System	IOTWS
Irish Weather Buoy Network	IWNB
Kuwait EPA	KEPA
Laboratory in the Abyss of Europe with Real time data Transfer to shore for Interdisciplinary Studies	LAERTIS
Landsat Data Continuity Mission	LDCM
Malaysia Tsunami Warning System	MTWS
Marine Environment and Security for the European Area	MERSEA
MENAI Database	MENAI
Mercator Ocean	MERCATOR
MERIS	MERIS
MetNet	MetNet
MFSTEP – Mediterranean Forecasting System for Environmental Predictions	MFSTEP
Minerals Management Service (drifters)	MMS
MODIS	MODIS
Monterey Accelerated Research System	MARS
Neptune	NEPTUNE-CANADA
Neptune	NEPTUNE – USA
Network for Marine Surveillance, Control and Observation in the Canaries	RED ACOMAR

Projets	Acronyme/lien Web
Neutrino Extended Submarine Telescope with Oceanographic Research	NESTOR
Neutrino Mediterranean Observatory	NEMO-Mediterranean
New Jersey Shelf Observation System	NJSOS
New Millenium Observatory	NEMO
North-East Asia OOS	NEARGOOS
Operational Oceanographic System	FERRYBOX
Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic	PIRATA
Poseidon	POSIEDON
Prince William Sound Observing System Pilot Project	PWSSC
Real-Time Deep Sea Floor Observatory	Hatsushima
Red de Alerta Y Observaci3n	RAYO
Sea Air Land Modelling Network	SALMON
Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor	SeaWifs
Seawatch South Africa	SSA
SIMORC	SIMORC
SMART Bay Project	SMART
St Lawrence Global Observatory	SLGO
Submarine earthquake detection system	Muroto
Texas Automated Buoy System	TABS
Triangle Trans-Ocean Buoy Network	TRITON
Tropical Atmosphere Ocean	TAO
UNESCO-BILKO	BILKO
Versatile eco-monitoring network by undersea cable system	VENUS – Jamstec
Victoria Experimental Network Under the Sea	VENUS

Tableau 20-4 : Organisations associées aux SOO

Organisation	Lien Web
Advanced Real-Time Earth monitoring Network in the Area	ARENA – Jamstec
Advisory Committee on the Protection of the Sea	ACOPS
Alliance for Coastal Technology	ACT
Arctic Research Consortium of the US	ARCUS
Canada Group on Earth Observations	CGEO
Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science	CEFAS
Centre for Integrated Marine Technology	CIMT
Climate of the Arctic and its Role for Europe	IPY-CARE
Coastal-GTOS (C-GTOS)	C-GTOS
Committee on Earth Observation Satellites	CEOS
Commonwealth Scientific and Research Organization	CSIRO
CSIRO Marine and Atmospheric Research department	CMAR
Deep-ocean Environmental Long-term Observatory System	DELOS
Defence Science & Technology Organisation	DSTO
Department for Environment, Food and Rural Affairs (UK government)	DEFRA
Composante européenne du Système mondial d'Observation des océans	EUROGOOS
Réseau météorologique européen	EUMETNET
Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques	EUMETSAT
European Sea Level Service	ESEAS
Agence spatiale européenne	ESA
Front Revolving Observational Network with Telemetry	FRONT/SEAWEB
Global Monitoring of Environment and Security	GMES
Global Ocean Observation System	SMOO
Global Sea Level Observation System	GLOSS
Global Terrestrial Observing Network	GT-NET
Global Terrestrial Observing System	GTOS
Group on Earth Observations	GEOSS
Indian National Centre for Ocean Information Services	INCOIS
Indian Ocean OOS	IOGOOS
Indian Space Research Organisation	ISRO
Institute for Aeronautics and Space	LAPAN
Integrated Arctic Ocean Observation System	iAOOS
Integrated Global Observing Strategy	IGOS
Intergovernmental Oceanographic Commission	IOC
International Strategy for Disaster Reduction	ISDR
IOC Sub-commission for the Western Pacific	IOC/WESTPAC
IOC Sub-commission for the Western Pacific (93-94)	WESTPAC
IOOS Data Management & Communications	DMAC
Japanese Agency for Marine-Earth Science & Technology	JAMSTEC
Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology	JCOMM

Organisation	Lien Web
National Institute of Water and atmospheric Research	NIWA – Australia
National Institute of Water and atmospheric Research	NIWA – New Zealand
National Institute of Water and atmospheric Research India	NIOT
National Oceanographic and Atmospheric Administration (2005)	NOAA
National Oceanographic Research Institute OOS	NORIOOS
National Office for Integrated and Sustained Ocean Observations	OCEAN US
National Science Foundation	NSF
Natural Environmental Research Council	NERC
Navy Oceanographic Office	NAVOCEANO
Navy's Directorate of Oceanography and Meteorology	METOC
NOAA Centre for Operational Oceanographic Products and Services	NOAA COOPS
NOAA Coastal observation systems	NOAA COOS
NOAA Hazardous Materials Response Division	NOAA HAZMAT
Ocean Observatories Initiative	OOI
Office of Naval Research	ONR
Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans	PISCO
Southern California Coastal Ocean Observing System	SCCOOS
Southern California Coastal Water Research Project Authority	SCCWRP
The Ocean Data and Information Network for Africa	ODINAFRICA
US Coast Guard	USCG
US Commission on Ocean Policy	USCOP
US Group on Earth Observations	USGEO
Western Australian SMOO	WAGOOS
Woods Hole Oceanographic Institution	WHOI
Programme mondial de recherches sur le climat	WCRP
Organisation météorologique mondiale	WMO