



HAL
open science

Pollution par les hydrocarbures en Manche et golfe de Gascogne. Risques et prévention entre 1960 et 2004.

Eric Le Gentil

► **To cite this version:**

Eric Le Gentil. Pollution par les hydrocarbures en Manche et golfe de Gascogne. Risques et prévention entre 1960 et 2004.. Géographie. Université de Bretagne occidentale - Brest, 2009. Français. NNT : . tel-00435266

HAL Id: tel-00435266

<https://theses.hal.science/tel-00435266>

Submitted on 24 Nov 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE LA MER
UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE

Pollution par les hydrocarbures
en Manche et golfe de Gascogne.
Risques et prévention entre 1960 et 2004.

THESE DE DOCTORAT

Mention : Géographie

Présentée et soutenue publiquement par :

Eric Le Gentil

le 27 février 2009

Jury :

| | | |
|--------------------|-------------------------|---|
| Rapporteurs | Chantal Bonnot-Courtois | Directeur de recherche, CNRS, UMR 8586 PRODIG |
| | Jacques Guillaume | Professeur, Université de Nantes, Géolittomer-UMR 6554 LETG |
| Examineurs | Bernard Fichaut | Maître de conférences, UBO, Géomer-UMR 6554 LETG |
| | Michel Girin | Conseiller auprès du Directeur du CEDRE |
| Directeur de thèse | Yannick Lageat | Professeur, UBO, Géomer-UMR 6554 LETG |



L'Université de Bretagne Occidentale n'entend donner aucune approbation, ni improbation aux opinions émises dans la thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

Remerciements

A l'heure de rendre ce manuscrit de thèse, je souhaite adresser mes sincères remerciements :

A Monsieur Yannick Lageat, pour l'intérêt et la patience qu'il a témoigné en suivant ce travail, pour le temps qu'il a consacré à sa relecture et à sa correction.

A Monsieur Jacques Guillaume et Madame Chantal Bonnot-Courtois pour avoir accepté d'être les rapporteurs de ce travail, à l'ensemble des membres du jury qui ont bien voulu examiné cette thèse. J'en suis très honoré.

A Fanch Cabioc'h, Bernard Fichaut et Jean-René Couliou, pour avoir accepté d'être membres de mon comité de thèse, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Cette thèse a été réalisée grâce à une bourse de recherche de la région Bretagne et de Brest Métropole Océane au laboratoire Géomer dans le cadre de l'Unité Mixte de Recherche « LETG ».

Mes remerciements vont donc à la région Bretagne et à Brest Métropole Océane pour avoir permis la réalisation de ce travail, à Françoise Gourmelon pour son accueil au sein de son laboratoire et pour son soutien, et à l'ensemble des membres de Géomer qui m'ont apporté à un moment ou à un autre, aide, conseil et amitié. Je remercie en particulier Matthieu, Pierrot, Ibu, Nico et Lena...

Il y a tous ceux, aussi, dont les passions et motivations sont communicatives. Je souhaite à ce titre remercier chaleureusement Fanch Cabioc'h et Julien Hay qui ont joué un rôle prépondérant dans la détermination de mes choix et m'ont encouragé.

Je remercie aussi Jean-Baptiste Henry. Je lui adresse ici toute ma sympathie et ma reconnaissance pour son soutien dès la recherche des financements.

Je souhaite aussi exprimer mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes que j'ai eu le plaisir de rencontrer dans le cadre de ce travail (les gens du Cedre, de Vigipol, de l'*Abeille Bourbon*, des CROSS, de la Préfecture maritime, du CETMEF et des sémaphores). Tous ont contribué au bon déroulement de cette thèse. Je salue ici leur disponibilité et leur expérience grâce auxquelles j'ai pu mener ce projet à son terme.

Enfin un grand merci à Pascalou (mon équipier préféré !), Pierre-Yves, Filou et Sophie (éternels voyageurs), Marie et Guillaume (pour toutes les bonnes soirées), Frédéric l'éthiopien, Fred *the economist*, Nico, Ronus, Sylvain, Antho, Juju (préparateur mental !), Gwen, Clément et Cédric (pour tous les repas gastronomiques !), Corinne, Nico et Blandine, Marie et Matthieu, Olive et Xa, Christophe et Aurélie, Sarah, Nico, Dan (l'heureux propriétaire de l'endroit le plus accueillant sur le port) ! Et une spéciale dédicace à mon équipe de relectrices, Fred et Claire, pour tout le temps qu'elles ont consacré pour m'aider à finir cette thèse !

Enfin, un grand merci à mes parents, à Françoise, Laurent et leur petite Jeanne ! Et merci à Claire, pour sa présence, sa patience, tous les compromis, et c'est promis, *Rigamachou* va de nouveau pouvoir prendre la mer !

Acronymes

| | |
|----------|--|
| ACOPS | Advisory Committee On Protection of the Sea |
| AFCAN | Association Française des Capitaines de Navires |
| AIS | Automatic Identification System |
| APE | American Petroleum Institute |
| ASAR | Advanced Synthetic Aperture Radar |
| ASS | Alcan Shipping Services |
| BBS | Beached Bird Survey |
| BD | Base de Données |
| BFI | Baltic Freight Index |
| BISI | Belize International Services Incorporated |
| CARPET | Computer Aided Radar Performance Evaluation Tool |
| CEDRE | CENtre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentation sur les pollutions accidentelles des eaux |
| CEPPOL | Commission d'Etudes Pratiques et de lutte contre les POLLutions |
| CETMEF | Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales |
| CLC | Civil Liability Compensation |
| CNRS | Centre National de la Recherche Scientifique |
| CNUCED | Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement |
| COLREG | Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at sea |
| CROSS | Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage |
| CSC | Cambodia Shipping Corporation |
| CTX | Center for Tankship eXcellence |
| DIS | Denmark International Shipping register |
| DOM TOM | Département d'Outre-Mer - Territoire d'Outre-Mer |
| DST | Dispositif de Séparation du Trafic |
| ENVISAT | ENVIronmental SATellite |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| ERC | Environmental Research Consultants |
| EROCIPS | Emergency Response to coastal Oil Chemical and Inert Pollution from Shipping |
| ESA | European Spatial Agency |
| ETC | Environment Technology Centre |
| EUROSTAT | EUROpean STATistic (Statistical Office of the European Communities) |
| FIDEVA | Fichier sur les DEversements Accidentels |
| FIPOL | Fonds internationaux d'Indemnisation pour les dommages dus à la POLLution par les hydrocarbures |
| GESAMP | Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine environmental Protection |
| GIS | German International Ship register. |
| GISIS | Global Integrated Shipping Information System |
| GPS | Global Positioning System |
| HAP | Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques |
| HELCOM | HELinski COMmision |
| HFO | Heavy Fuel Oil |
| IACS | International Association of Classification Societies |
| ICES | International Council for the Exploration of the Sea |
| ICONS | International Commission ON Shipping |
| IETM | Institut d'Economie du Transport Maritime |
| IFEN | Institut Français de l'Environnement |
| IFM | Institut Français de la Mer |
| IFP | Institut Français du Pétrole |
| IGOSS | Integrated Global Ocean Station System |
| IIS | Italian International Ship register |
| IMO | International Maritime Organisation |
| INSEE | Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques |
| ISF | International Shipping Federation |
| ISMA | The International Ship Managers Association |

| | |
|----------|---|
| ITF | International Transport worker's Federation |
| ITOPF | International Tanker Owners Pollution Federation |
| JRC | Join Research Center |
| LME | Large Marine Ecosystem |
| LMIS | Lloyd's Maritime Information Service |
| LMIU | Lloyd's Maritime Institute of Underwriters |
| LNG | Liquefied Natural Gas |
| LPG | Liquefied Petroleum Gas |
| LPO | Ligue pour la Protection des Oiseaux |
| MAIB | Marine Accident Investigation Branch |
| MARPOL | MARine POLLution |
| MDO | Marine Diesel Oil |
| MEHRA's | Marine Environmental High Risk Area's |
| MIT | Massachusetts Institute of Technology |
| MMS | Mineral Management Service |
| MOU | Memorandum Of Understanding |
| MRCC | Maritime Rescue Coordination Center |
| MUMM | Management Unit of the North Sea Mathematical Models |
| NAS | U.S. National Academy of Sciences |
| NEB | Nautisme En Bretagne |
| NIS | Norway International Shipping register |
| NOAA | National Oceanic and Atmospheric Administration |
| NRC | National Research Council |
| OBO | Ore Bulk Oil |
| OCDE | Organisation de Coopération et de Développement Economiques |
| OILPOL | OIL POLLution |
| OIT | Organisation Internationale de Travail |
| OMC | Organisation Mondiale du Commerce |
| OMCI | Organisation Maritime Consultative Internationale |
| OMI | Organisation Maritime International |
| OPEP | Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole |
| OSIR | Oil Spill Intelligence Report |
| OVI | Oil Vulnerability Indices |
| POLREP | POLLution Report |
| RSPB | Royal Society for Protection of Birds |
| RADARSAT | RADAR SATellite |
| RAMA | Risk Analysis of Marine Activities |
| REMPEC | REgional Marine Pollution Emergency response Center for the Mediterranean sea |
| RIB | Registro Internacional Boliviano de Buques |
| RIF | Registre International Français |
| SASEMAR | Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Maritima/ Spanish Marine Safety Agency |
| SHOM | Service Hydrographique et Océanographique de la Marine |
| SIRC | Seafarers' International Research Center |
| SOLAS | Safety Of Life at Sea |
| STCW | Standards of Training, Certification and Watchkeeping for seafarers |
| TAAF | Terres Antarctiques et Australes Françaises |
| TAC | Tanker Advisory Center |
| TJB | Tonneaux de Jauge Brute |
| TPL | Tonnes de Port en Lourd |
| ULCC | Ultra Large Crude Oil Carrier |
| USCG | United States Coast Guards |
| VLCC | Very Large Crude Oil Carrier |
| VTS | Vessel Traffic Service |
| WSC | Worldscale |
| WWF | World Wide Fund for nature |
| ZEE | Zone Economique Exclusive |

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| REMERCIEMENTS | 5 |
| ACRONYMES | 7 |
| SOMMAIRE | 9 |
| INTRODUCTION GENERALE | 13 |
| 1. CONTEXTE..... | 13 |
| 2. LE RISQUE DE POLLUTION PETROLIERE..... | 14 |
| <i>Le risque : quelques généralités</i> | 15 |
| <i>Les risques de pollution pétrolière : risque environnemental global, risque écologique ?</i> | 16 |
| <i>Risques et lutte antipollution : la place accordée aux mesures préventives</i> | 18 |
| 3. PROBLEMATIQUE, METHODOLOGIE ET ORIGINALITE DE CE TRAVAIL DE RECHERCHE..... | 18 |
| | |
| PARTIE 1. LES REJETS D’HYDROCARBURES : OBJECTIFS, DONNEES ET METHODES | 21 |
| CHAPITRE 1. OBJECTIFS DEFINIS AU REGARD DE LA LITTERATURE | 23 |
| 1. NOTIONS DE REJETS D’HYDROCARBURES, D’EVENEMENTS POLLUANTS ET D’EXPOSITION..... | 23 |
| 11. <i>Rejets accidentels et opérationnels d’hydrocarbures des navires et pollution pétrolière</i> | 24 |
| 12. <i>Les hydrocarbures : quelques généralités</i> | 25 |
| 13. <i>Les effets des rejets d’hydrocarbures des navires : distinction entre rejets majeurs et mineurs, déversements accidentels et opérationnels</i> | 29 |
| 14. <i>Définition des notions d’événement polluant et d’exposition dans cette étude</i> | 34 |
| 2. DE L’INFLUENCE DU CONTEXTE ENVIRONNANT SUR LES REJETS D’HYDROCARBURES DES NAVIRES : TRANSPORT MARITIME ET CONTEXTE HYDROCLIMATIQUE..... | 35 |
| 21. <i>L’influence du mauvais temps</i> | 35 |
| 22. <i>L’influence du transport maritime</i> | 38 |
| 23. <i>Conclusion</i> | 40 |
| 3. DE L’INTERET D’UN REFERENTIEL GEOGRAPHIQUE COMMUN..... | 40 |
| 31. <i>Méthodes d’évaluation des rejets mineurs et majeurs : un traitement distinct</i> | 41 |
| 32. <i>De l’intérêt d’appréhender simultanément rejets majeurs et mineurs et contexte environnant dans un référentiel géographique commun</i> | 44 |
| | |
| CHAPITRE 2. SOURCES DE DONNEES, METHODES DE COLLECTE, DE PRODUCTION DE L’INFORMATION, DE TRAITEMENT STATISTIQUE ET GEOGRAPHIQUE | 49 |
| 1. REJETS : SOURCES DE DONNEES UTILISEES..... | 49 |
| 11. <i>Définitions</i> | 50 |
| 12. <i>Données « rejets accidentels »</i> | 53 |
| 13. <i>Données « rejets mineurs » : indicateurs directs et indirects</i> | 59 |
| 2. DONNEES « CONTEXTE ENVIRONNANT » : SOURCES ET METHODES DE COLLECTE..... | 62 |
| 21. <i>Accidentologie : étude des circonstances de rejets accidentels et d’accidents de navires</i> | 62 |
| 22. <i>Transport maritime : réseau portuaire et flux de navires et de marchandises</i> | 64 |
| 23. <i>Contexte hydroclimatique</i> | 66 |
| 3. METHODES DE TRAITEMENT STATISTIQUES ET GEOGRAPHIQUE..... | 67 |
| 31. <i>Méthodes mises en œuvre pour produire de l’information géographique</i> | 67 |
| 32. <i>Méthodes de traitement statistique et de traitement géographique</i> | 71 |
| CONCLUSION..... | 74 |

PARTIE 2. EXPOSITION DES EAUX MARINES ET DES LITTORAUX AUX REJETS D'HYDROCARBURES : BRETAGNE ET ESPACES ENVIRONNANTS..... 75

CHAPITRE 1. DIMENSIONS LOCALES ET REGIONALES DU CONTEXTE ENVIRONNANT : TRANSPORT MARITIME ET CADRE HYDROCLIMATIQUE..... 77

| | |
|--|----|
| 1. LE TRAFIC MARITIME AU LARGE DE LA BRETAGNE : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES | 77 |
| 11. Géographie des routes maritimes en « Manche occidentale/nord Gascogne » | 78 |
| 12. Spécificités des flottes de navires évoluant dans la zone de compte rendu obligatoire « Ouessant Trafic » | 81 |
| 13. Conclusion | 87 |
| 2. ROUTES MARITIMES, RESEAU PORTUAIRE ET CONTEXTE HYDRO-CLIMATIQUE DES MERS REGIONALES D'EUROPE SEPTENTRIONALE ET OCCIDENTALE | 88 |
| 21. Intégration des flux de navires transitant par le DST « Ouessant Trafic » aux réseaux de transport maritime mondial et régional..... | 88 |
| 22. Géographie des routes maritimes et des trafics portuaires des mers régionales d'Europe occidentale et septentrionale..... | 91 |
| CONCLUSION : QUELLES REPERCUSSIONS POTENTIELLES EN TERME DE POLLUTION ? | 96 |

CHAPITRE 2. REJETS ACCIDENTELS 99

| | |
|---|-----|
| 1. CARACTERISTIQUES GENERALES DES REJETS ACCIDENTELS ET DES ACCIDENTS DE NAVIRE..... | 99 |
| 11. Rejets accidentels : nombre, volume et produits déversés..... | 99 |
| 12. Avaries : types et saisonnalité..... | 102 |
| 13. Distributions saisonnière et géographique de l'ensemble des événements évoqués | 105 |
| 2. SPECIFICITES REGIONALES : « MANCHE OCCIDENTALE/GOLFE DE GASCOGNE/CANAL SAINT-GEORGE » ET POINTE DE BRETAGNE AU REGARD DES MERS ENVIRONNANTES | 109 |
| 21. Différences entre mers ouvertes et mers épicontinentales d'Europe septentrionale et occidentale.... | 109 |
| 22. « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » et pointe de Bretagne..... | 112 |
| 23. Conclusion | 115 |
| 3. ANALYSE DE QUELQUES CAUSES D'ACCIDENT : FACTEURS TECHNIQUES, HUMAINS ET ENVIRONNEMENTAUX | 116 |
| 31. Analyse des circonstances d'accident d'après l'examen de quelques événements : le rôle de l'équipage. | 117 |
| 32. Analyse des causes d'accident d'après l'examen de 45 événements : facteurs internes et externes au navire | 124 |
| CONCLUSION | 129 |

CHAPITRE 3. EXPOSITION DES EAUX MARINES ET DES LITTORAUX AUX REJETS MINEURS D'HYDROCARBURES 131

| | |
|--|-----|
| 1. LES REJETS MINEURS D'HYDROCARBURES DANS LES MERS REGIONALES D'EUROPE SEPTENTRIONALE ET OCCIDENTALE..... | 131 |
| 11. Caractéristiques générales : sources, volume et nature des hydrocarbures | 132 |
| 12. Distributions géographique et saisonnière..... | 135 |
| 13. Conclusion | 144 |
| 2. EXPOSITION DES EAUX MARINES DE L'ESPACE « MANCHE OCCIDENTALE/NORD GASCOGNE » AUX REJETS MINEURS ET CHRONIQUES D'HYDROCARBURES ET EXPOSITION LITTORALE DE LA BRETAGNE AUX ECHOUEMENTS MINEURS ET CHRONIQUES D'HYDROCARBURES..... | 145 |
| 21. Caractéristiques des rejets mineurs observés dans la ZEE Française (« Manche occidentale/nord Gascogne », 1974-2004, tous types d'observations)..... | 145 |
| 22. Expositions littorale et marine aux rejets mineurs d'hydrocarbures | 150 |
| CONCLUSION | 155 |

| | |
|---|------------|
| PARTIE 3. EVOLUTION DES REJETS ACCIDENTELS ET OPERATIONNELS DES NAVIRES AU REGARD DES CONTEXTES REGLEMENTAIRES ET SOCIO-ECONOMIQUES DU TRANSPORT MARITIME | 157 |
| CHAPITRE 1. EVOLUTION DES CONDITIONS DU TRANSPORT MARITIME INTERNATIONAL | 159 |
| 1. EVOLUTION DE L'INDUSTRIE MARITIME MONDIALE..... | 159 |
| 11. Principaux opérateurs commerciaux et modes d'affrètement des services de transport de marchandises régulières et de marchandises en vrac | 160 |
| 12. Evolution générale | 161 |
| 2. EVOLUTION DES CONDITIONS DU TRANSPORT MARITIME D'HYDROCARBURES ET REPERCUSSIONS EN TERME DE REJETS ACCIDENTELS..... | 165 |
| 21. Evolution du contexte énergétique au regard des caractéristiques de quelques pétroliers à l'origine de déversements volumineux en Manche occidentale/golfe de Gascogne..... | 166 |
| 22. Evolution des caractéristiques des plus volumineux rejets accidentels de pétroliers à l'échelle mondiale..... | 169 |
| 23. Quelques stratégies d'adaptation des opérateurs du transport maritime d'hydrocarbures à l'exacerbation du contexte concurrentiel | 171 |
| 3. EVOLUTION DE L'IMMATRICULATION DES NAVIRES | 174 |
| 31. Les différents types de pavillons d'immatriculation | 174 |
| 32. Evolution historique du marché de l'immatriculation..... | 176 |
| 33. Immatriculation, accidentologie et rejets d'hydrocarbures | 179 |
| 4. EVOLUTION DE L'EMPLOI MARITIME..... | 184 |
| 41. Evolution du marché de l'emploi maritime des années 1950 à nos jours | 184 |
| 42. Evolution des conditions d'exercice du métier de marin..... | 188 |
| 43. Répercussions des évolutions évoquées en terme de rejets d'hydrocarbures..... | 196 |
| CONCLUSION | 199 |
| CHAPITRE 2. EVOLUTION DES REJETS D'HYDROCARBURES DES NAVIRES AU REGARD DES MESURES DE REGULATION MISES EN OEUVRE..... | 201 |
| 1. EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION INTERNATIONALE DU TRANSPORT MARITIME : SECURITE MARITIME, PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET PROTECTION DES GENS DE MER | 202 |
| 11. L'évolution générale des préoccupations en terme de sécurité maritime | 202 |
| 12. Prévention des pollutions..... | 209 |
| 13. L'action des Etats du pavillon, des Etats côtiers et des Etats du port en terme de contrôle et de mise en oeuvre..... | 216 |
| 2. EVOLUTIONS DES REJETS D'HYDROCARBURES DES NAVIRES AUX ECHELLES MONDIALE, REGIONALE ET LOCALE : TENDANCES OBSERVEES ET ELEMENTS D'EXPLICATION | 226 |
| 21. Evolution mondiale | 226 |
| 22. Evolutions locales et régionales | 235 |
| CONCLUSION | 244 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 247 |
| BIBLIOGRAPHIE | 253 |
| ANNEXES | 285 |
| LISTE DES FIGURES..... | 295 |
| LISTE DES TABLEAUX | 298 |
| LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES..... | 301 |
| TABLE DES ANNEXES..... | 302 |
| TABLE DES MATIERES..... | 303 |

Introduction générale

1. Contexte

Jusqu'au milieu du XX^e siècle, « filer de l'huile¹ » était recommandé sur les navires de toutes tailles pour aplatir la mer et réduire la force des vagues lorsqu'elles déferlaient par gros temps (COLE, 1971). Au début du XXI^e siècle, il est question de former « les capitaines de navires sur leur responsabilité à l'égard de l'environnement [au sens naturel du terme] » (CLADEN, 2002) et, plus généralement, d'inscrire l'industrie maritime dans une logique de « développement durable » (LACOSTE & TOURRET, 2007). Entre ces deux époques, les rejets d'hydrocarbures à l'océan, qu'ils soient opérationnels ou accidentels, mineurs ou importants, sont devenus un risque pour l'environnement en raison de leur répétitivité, des dommages induits et de la sensibilité grandissante de l'opinion² vis-à-vis des atteintes à la « nature » en général. Parmi bien d'autres nuisances, le risque de pollution pétrolière s'est manifesté à de multiples reprises, de manière parfois très spectaculaire, et lorsqu'il est aujourd'hui évoqué, les images les plus prégnantes sont, avant toutes autres choses, celles de sa restitution médiatique. L'une des plus régulièrement diffusée est probablement celle de l'oiseau mazouté. Très récemment, le déversement causé par le naufrage d'un pétrolier russe dans le détroit de Kertch (2007), le bras de mer reliant la mer Noire à la mer d'Azov, a donné lieu à cet exercice indémodable depuis l'échouement du *Torrey Canyon* en 1967 (Royaume-Uni)³. S'il en est ainsi, c'est que l'image est forte et, qu'à défaut de résumer l'ensemble des dommages résultant de l'introduction d'hydrocarbures en mer et au rivage, elle rend compte du plus manifeste : l'engluement. Au plus visible s'ajoutent cependant d'autres phénomènes, de façon immédiate et/ou différée, comme la contamination chimique (masses d'eau, organismes vivants et sédiments) et le processus de fertilisation suscité par cet ajout de matière organique (LACAZE, 1996). Tous ces processus peuvent provoquer des dommages aux littoraux environnants (systèmes morpho-écologiques) et aux usages afférents (systèmes socio-économiques), mais l'ampleur des uns et des autres dépend bien plus de l'endroit et des circonstances dans lesquels le rejet se produit que du volume introduit.

A ces effets s'ajoutent des répercussions sociétales et politiques (KASPERSON & KASPERSON, 1996 ; LESCHINE, 2002 ; SHEAIL, 2007), la « crise » se substituant à l'événement. P. 'T Hart définit la « crise grave⁴ » comme l'effondrement du cadre symbolique familier [dominant] qui a légitimisé

¹ Hydrocarbures ou huile de poisson.

² Dans le sens du « discours dominant » (NARCISSE, 2007).

³ Journal télévisé.

⁴ Crise grave consécutive à un désastre (événement qui implique des pertes en vies humaines et des dommages à long terme aux biens et aux écosystèmes) ou une catastrophe (niveau supérieur, très lourdes pertes en vies humaines, etc. : le tsunami qui a dévasté les côtes occidentales thaïlandaises et indonésiennes en 2004, les effets de l'ouragan *Katrina* à la Nouvelle-Orléans en 2005, ceux de l'accident nucléaire de Tchernobyl en 1986, etc.).

l'ordre sociopolitique préexistant ('T HART, 1993 *in* BOIN & McCONNELL, 2007). Sans aller jusque-là, précisons qu'il s'agit d'une construction sociale s'apparentant à une rupture (discontinuité) de formes variées, brutale et d'ampleurs diverses et qu'elle marque un tournant par rapport à un état préexistant, souvent dit de « normalité ». L'évocation de la crise suggère souvent le drame et l'émotion et, bien qu'elle ne fasse pas l'objet d'une définition consensuelle, cette « intuition conceptuelle » se caractérise généralement par des moments où l'urgence et la nécessité de réagir dominant, sous la pression de l'événement (LAGADEC & GUILHOU, 2001) et, bien souvent, du « tribunal de l'opinion » (NARCISSE, 2007). Elle donne (fréquemment) lieu à des comportements qui sortent de l'ordinaire (réflexe NIMBY⁵, recherche de boucs émissaires), menace les buts des personnes impliquées (des auteurs aux victimes) et engendre des tensions, voire des conflits, au sein des entités concernées. Il s'agit parfois de moments de « vérité », car c'est souvent lors de ces occasions que l'enchevêtrement des échelles et des processus apparaît soudainement. La crise, toutefois, est relative, c'est-à-dire que ce qui est vécu comme une crise par certains acteurs ne l'est pas forcément pour d'autres, et elle constitue à la fois un risque (voire un danger), en raison de ses effets potentiellement dommageables, et une opportunité, du point de vue des changements induits (un nouveau commencement) (LAGADEC & GUILHOU, 2001). C'est le temps de la défiance vis-à-vis des institutions, des rumeurs, des accusations, du déni et des polémiques, et paradoxalement, celui de l'action : l'événement polluant étant perçu comme le signal de dysfonctionnements (SLOVIC, 1987) qu'il faut (à tout prix, et au plus vite) corriger.

La crise n'est évoquée ici que comme un prélude. L'objet de ce travail n'est pas, en effet, d'étudier ses fondements ou les formes qu'elle revêt, mais les réponses que sa mise en risque, comme abstraction intellectuelle, suscite (adéquation et effets des réponses formulées). Les rejets d'hydrocarbures des navires sont, de ce point de vue, un objet d'étude intéressant car ces types de pollutions pétrolières, apparues au début du XX^e siècle, ont rapidement suscité l'intérêt (et l'inquiétude) de la Communauté internationale en raison de leur ampleur (HIPPOLYTE-MANIGAT, 1972) et du caractère transfrontalier de l'activité qui les génèrent (transport maritime : BOISSON, 1998). Ce phénomène est aujourd'hui bien documenté sur de nombreux aspects (effets écologiques et socio-économiques, nombre d'événements très dommageables, etc.) et il est donc intéressant d'apprécier, plusieurs décennies après l'émergence des premières mesures normatives (unilatérales et multilatérales), l'efficacité du cadre réglementaire international. Avant d'évoquer les démarches et méthodes mises en oeuvre pour cette recherche, il est utile de préciser la notion de risque de pollution pétrolière et les différentes approches conçues pour en réduire l'occurrence et en diminuer les effets, cette démarche nous permettant ensuite de préciser les objectifs de ce travail.

2. Le risque de pollution pétrolière

Avant de définir la notion de risque de pollution pétrolière, nous rappelons très brièvement l'approche classique de la gestion des risques et soulignons sa (relative) inadéquation dans le cas présent. Le risque de pollution pétrolière a, en effet, ceci de particulier qu'il est une passerelle entre risques anciens (risques naturels) et nouveaux risques⁶ (risques technologiques). Si l'on peut essayer de l'appréhender *via* la démarche classique (comme produit d'un aléa et d'une vulnérabilité), il possède aussi quelques caractéristiques du risque global et/ou écologique (l'appellation diffère selon les auteurs), phénomènes dont la complexité ne saurait être totalement résumée d'après le mode aléa/vulnérabilité.

⁵ NIMBY : Not In My Backyard.

⁶ Les nouveaux risques comme le réchauffement climatique, par exemple, « participent d'une nouvelle problématique, où les règles en vigueur ne fonctionnent plus, ne sont pas adaptables » (SEILLAN, 2007).

Le risque : quelques généralités

L'analyse scientifique et technique du risque est la plus connue et la plus ancienne conception. Elle postule que le risque peut être objectivement observé et mesuré par la mise en œuvre de moyens scientifiques et techniques appropriés (BRUNET, 2007) et le considère comme la probabilité d'apparition d'événements aux conséquences potentiellement dommageables (DAUPHINE, 2001 ; PROPECK-ZIMMERMAN *et al.*, 2002). Le risque est appréhendé comme le résultat d'une interaction entre aléa et vulnérabilité. Il est généralement retranscrit sous la forme $r = f(a, v)$ où r est le risque pour un espace et une période définis, a (aléa), la probabilité d'occurrence d'une perturbation, et v (vulnérabilité), les conséquences potentiellement dommageables compte-tenu des enjeux (caractéristiques écologiques, socio-économiques, etc. de l'espace environnant). Il s'agit d'une approche positiviste⁷ conçue pour réduire le risque jusqu'à un niveau résiduel (souvent dit « acceptable⁸ ») en agissant sur la vulnérabilité et/ou l'aléa. Cette conception générale, dont la logique d'ensemble peut être qualifiée de « processus d'évaluation pour mitigation (réduction) », recouvre deux approches selon les composantes privilégiées⁹.

L'approche déterministe s'intéresse à la gravité potentielle de l'événement quelle que soit sa probabilité d'occurrence (VEYRET *et al.*, 2004). Elle définit les caractéristiques du système cible (systèmes côtiers et littoraux), c'est-à-dire sa sensibilité (capacité à être endommagé) et, parfois, sa résilience (capacité à s'adapter aux changements¹⁰), et sa finalité est d'atténuer, autant que possible, les effets préjudiciables en améliorant l'efficacité des réponses formulées une fois la perturbation survenue. Cette procédure se traduit généralement par des processus de planification élaborés à des échelles territoriales diverses (atlas de vulnérabilité, par exemple¹¹).

L'approche « quantitative », ou « actuarielle » dans sa forme prévisionnelle (BRUNET, 2007), se fonde sur l'évaluation des probabilités d'émergence d'anomalies de seuils donnés¹² (VEYRET *et al.*, 2004). Il s'agit d'évaluer la capacité à endommager de l'aléa (fréquence et amplitude) pour agir ensuite, si possible, sur cette composante (cas des risques dits « technologiques » uniquement). Cette approche est souvent complétée par des techniques d'interprétation causale des dynamiques

⁷ La posture positiviste sous-entend que le monde est considéré comme indépendant du chercheur (ou de l'analyste, du gestionnaire, etc. c'est-à-dire de tout acteur qui recourt à cette technique), ce qui rend possible l'approche objective. Ce postulat est critiquable car « en tant que chercheurs, nous sommes implicitement guidés par des préférences culturelles qui imprègnent nos modes de pensées et nos catégories d'analyse » (CALVEZ, 2007).

⁸ La notion d'acceptabilité est très évasive et varie fortement selon les individus et le contexte. Selon BOUDER (2004), « d'un point de vue utilitaire, les risques socialement acceptables sont ceux dont les bénéfices dépassent les coûts pour l'ensemble de la société. Toutefois, cette approche n'est pas acceptable d'un point de vue éthique dans une société démocratique, principalement parce qu'elle ne différencie pas les gagnants des perdants. Pour Fischhoff, la seule solution acceptable d'un point de vue éthique est de considérer qu'une technologie est acceptable si elle crée un équilibre risque/bénéfice acceptable pour chaque membre de la société (FISCHHOFF, 1994). Cela exige la définition de modèles socialement acceptables permettant de prendre des décisions sur l'acceptation ou le rejet du risque ».

⁹ Dans la pratique, il existe une multitude de situations intermédiaires. Les auteurs s'intéressant à la problématique de l'évaluation des risques tentent généralement de considérer aléa et vulnérabilité simultanément et y parviennent avec plus ou moins de réussite selon leur objet d'étude (informations disponibles, etc.).

¹⁰ Selon WALKER *et al.* (2002, in DECAMPS, 2007), la résilience est une propriété systémique qui désigne la capacité du système affecté par une perturbation « de s'adapter aux changements, d'amortir les perturbations, de se réorganiser après des crises ».

¹¹ Atlas qui recensent les activités les plus sensibles pour mieux organiser l'affectation des moyens de lutte antipollution, etc.

¹² Probabilités d'émergence d'anomalies, d'incidents, d'accidents et de crises par exemple. Cette démarche soulève plusieurs difficultés. Elle suppose la disponibilité de nombreuses données statistiques, leur adéquation par rapport à la question posée et une relative stabilité des conditions du domaine étudié (BRUNET, 2007). Si les deux premières conditions peuvent, dans l'absolu, être remplies au terme d'un important travail de collecte et d'observation, mais qui souvent en pratique fait défaut pour des raisons de coût, la condition de « stabilité » est plus problématique. Cette hypothèse n'a de sens que pour l'étude d'événements aléatoires en systèmes fermés, c'est-à-dire dans des univers supposés domestiqués et stables (probabilité qu'une machine tombe en panne dans un intervalle de temps donné au regard de ses caractéristiques [usure, etc.]). Dès que l'on envisage une évaluation de ce type en système ouvert (systèmes naturels et sociaux), les interférences sont nombreuses et les facteurs contribuant à l'apparition de l'événement « redouté » ne cessent d'évoluer. Pour les risques technologiques par exemple, « chaque nouvelle innovation invalide les séries statistiques en cours » (PERETTI-WATEL, 2003) et le postulat d'actualisme sous-jacent à cette entreprise, « selon lequel l'actuel permet de comprendre le passé parce que les processus d'aujourd'hui sont considérés comme identiques à ceux d'autrefois » (VEYRET *et al.*, 2004), est inadapté. Évaluer un temps de retour dans ces conditions est délicat, même en considérant des périodes très courtes et/ou des espaces réduits (le nombre d'individus pris en compte se réduit d'autant plus rapidement que le pas de temps déterminé et/ou que l'espace considéré sont restreints) puisque les résultats obtenus n'ont alors plus grand sens. Au-delà de l'évaluation probabiliste, il est également difficile de définir, selon des critères précis, le sens attribué à chacune des catégories (anomalie, incident, accident, crise) et les valeurs seuils (ou critiques) déterminant l'appartenance d'un événement à une classe ou à une autre.

d'émergence (chaînes de causalité, etc.). Son objet est d'identifier les dysfonctionnements et leurs origines, puis de mesurer leurs fréquences pour enfin définir les réponses les plus appropriées. Ses traductions concrètes sont l'élaboration et la mise en oeuvre de normes relatives aux usages qui génèrent des dangers.

Le positionnement de ces deux approches diffère donc par rapport au risque, en aval pour l'approche déterministe (vulnérabilité) et en amont pour l'approche quantitative (aléa). Toutes deux sont réactives car fondées sur l'analyse d'événements antérieurs (retours d'expérience, mesure de temps de retour, etc.) et la nature des réponses formulées, dans un cas comme dans l'autre, est théoriquement ajustée (*a posteriori*) au gré de l'apparition (et des caractéristiques) des nouveaux événements. Ces méthodes sont complémentaires car l'évaluation du risque ne peut être globale si l'une des composantes n'est pas intégrée dans l'analyse. Enfin, la démarche classique de la gestion des risques, séduisante quoique réductrice¹³, est difficile à mettre en oeuvre car le niveau d'information disponible pour caractériser aléa et/ou vulnérabilité est rarement suffisant. Cette approche du risque est une émanation particulièrement aboutie de la « technoscience » (un qualificatif donné à la science contemporaine) définie par le philosophe G. Hottois en 1978. Elle repose sur l'étude des causes effectives (HOTTOIS, 1978 in HOTTOIS, 2007) et n'est pas, selon cet auteur, un savoir discursif et théorique tentant de répondre au « pourquoi » des choses¹⁴, mais une science marquée par « l'opérativité » technique et mathématique dont l'une des principales caractéristiques est l'interventionnisme (HOTTOIS, 2007).

Les risques de pollution pétrolière : risque environnemental global, risque écologique ?

Les risques de pollutions pétrolières induits par la circulation des navires constituent un champ d'analyse intéressant dans le domaine des risques car, bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'un risque environnemental global, ils possèdent néanmoins quelques-unes de ces particularités décrites par SMOUTS (2002), et ils s'inscrivent également dans le champ des risques écologiques dont les spécificités ont été soulignées par PERETTI-WATEL (2007).

Selon SMOUTS (2002), la catégorie des risques environnementaux globaux possède trois caractéristiques : la liste des nuisances s'allonge d'année en année, ils sont liés entre eux et font système, et leur configuration brouille la distinction classique et bien commode entre local, régional et mondial. PERETTI-WATEL (2007) évoque la nouveauté du risque écologique¹⁵ du point de vue de l'ampleur des incertitudes générées car la rareté et l'envergure de ce type de manifestations rendent difficile l'estimation des probabilités d'occurrence et des dommages. Cet auteur n'évoque que le cas des « risques manifestes » (marée noire, etc.), mais ses remarques sont aussi valides en situation de « risques diffus » où les difficultés sont du même ordre. L'information, cette fois-ci, fait surtout défaut parce que les effets des (fréquentes) perturbations sont peu perceptibles. Les effets, mineurs sur le moment, sont, en revanche, souvent cumulatifs et différés (pollutions atmosphériques, rejets telluriques en zone côtière, etc.)¹⁶. A l'exception du renouvellement des nuisances formulées par SMOUTS (2002), les risques de pollutions pétrolières recouvrent toutes ces caractéristiques. L'évaluation globale du risque d'après le mode « interaction aléa/vulnérabilité », expérimentée avec plus ou moins de succès dans le cadre des risques naturels (crues, éruptions volcaniques, etc.) et des

¹³ Les perceptions (perceptions sensorielles des acteurs directement confrontés au risque lorsqu'il se manifeste) et les représentations (construction mentale détachée du terrain et partagée par un groupe d'individus [pollution « souillure », etc.]) du risque ne sont généralement souvent pas intégrées dans ce type d'analyse car, si elles peuvent être appréciées au moyen d'enquêtes, etc., l'une et l'autre sont très difficilement mesurables (absence d'indicateur synthétique). AUDETAT (2004) observe d'ailleurs que l'approche objective demeure hors d'atteinte de la question de l'acceptabilité sociale des risques (acceptabilité qui repose partiellement sur les perceptions et les représentations du risque).

¹⁴ G. Hottois évoque, à ce sujet, la disparition des causes finales au profit d'une plus grande prise en compte des causes effectives. Les causes finales (ou causes profondes) renvoient à la dimension structurelle du risque, celle de l'histoire et du long terme. Cette dimension est le résultat d'une histoire politique et institutionnelle façonnée par l'évolution des systèmes culturels de représentation dominants notamment.

¹⁵ P. Peretti-Watel parle de risque écologique en citant des exemples que d'autres auteurs évoquent sous le terme de risques technologiques majeurs (LAGADEC, 1981). Il s'agit, dans les deux cas, de risques anthropiques qui possèdent plusieurs des caractéristiques du risque environnemental global défini par SMOUTS (2002).

¹⁶ Effets cumulatifs dans le temps mais aussi entre substances diverses (phénomènes d'antagonisme et de synergie). Certains auteurs parlent à ce sujet de « risques différés cumulatifs » (BOURG & HERMINE, 2000).

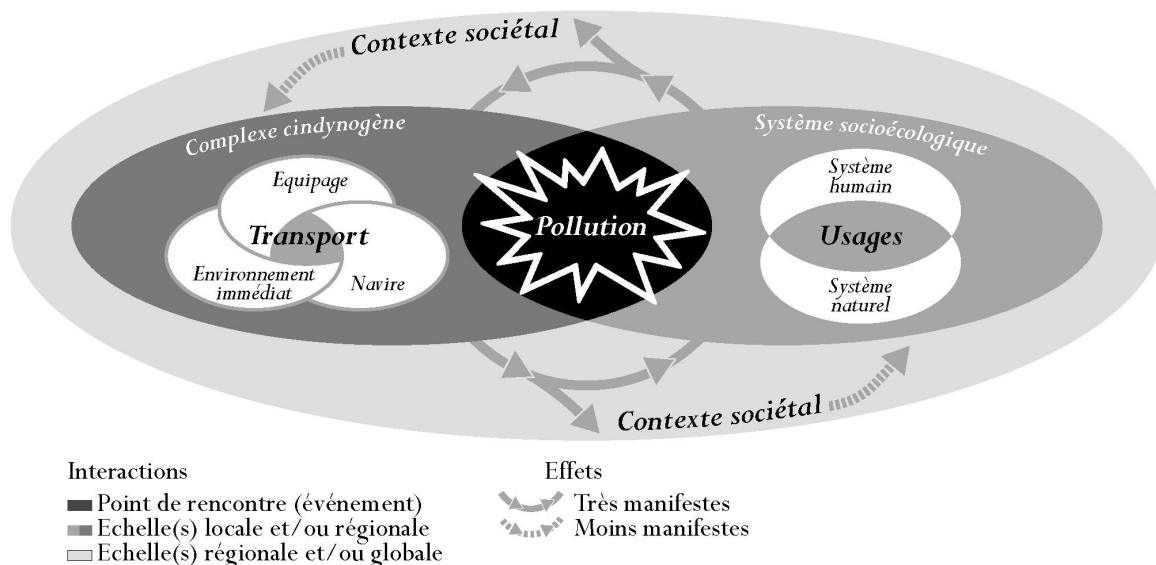
risques technologiques (sur des installations fixes généralement), est difficilement envisageable au regard des caractéristiques évoquées et notamment des déficits d'information.

Deux types de déversements provenant des navires ont été identifiés comme sources principales de risques de pollutions pétrolières : les rejets accidentels (événements de mer et épaves polluantes) et les vidanges effectuées dans le cadre de l'exploitation courante des navires (rejets opérationnels : propulsion, entretien et exploitation commerciale), et ces déversements sont porteurs de risques de pollutions d'intensités variables pour les systèmes côtiers et littoraux (systèmes socioécologiques)¹⁷.

Ces rejets d'hydrocarbures, quelles que soient leurs caractéristiques, sont à l'aboutissement d'une multitude de facteurs inscrits dans des processus dont les échelles spatio-temporelles sont diverses. Ces dynamiques, pour la plupart interdépendantes, interagissent toutes ensemble pour former, selon l'expression de J. Guillaume, un « complexe cindynogène » (GUILLAUME, 2005a). Si l'on considère l'événement polluant dans son instantanéité, il s'apparente à un point de rencontre entre le navire et son environnement (physique), les deux s'interpénétrant brutalement. Si l'on s'émancipe de ce premier niveau de lecture, il devient une manifestation (locale) du produit d'interactions locales, régionales et globales et des rétroactions consécutives. Ces deux approches sont complémentaires car les causes de ces événements sont à rechercher dans chacune de ces dimensions. C'est donc à partir de l'événement, de l'étude de ses composantes et de ses circonstances, qu'il est envisageable de restituer son contexte d'émergence, un préalable indispensable pour analyser l'efficacité des mesures élaborées pour le réguler. L'événement polluant n'est, dans ces conditions, que « la forme visible de la scène [qui] dissimule les relations à distance qui déterminent sa nature » (PERETTI-WATEL, 2003), d'autant plus que, selon LESCHINE (2002), le risque de pollution pétrolière est une construction sociale dont les attributs scientifiques et techniques ne sont pas facilement dissociables des défaillances humaines et institutionnelles qui permettent au risque de se manifester.

L'approche employée dans le cadre de ce travail est processuelle et les bornes spatio-temporelles du système cindynique diffèrent suivant les ensembles considérés. L'échelle internationale est nécessaire pour appréhender dans sa globalité le système d'encadrement du transport maritime, les conditions de son élaboration, ainsi que le rôle des facteurs socio-économiques qui sous-tendent l'usage du rejet opérationnel et la récurrence des déversements accidentels d'hydrocarbures. Le recours aux échelles régionales et locales est nécessaire pour évaluer l'influence des facteurs géographiques (cadre hydroclimatique, trafic maritime, etc.) et discuter de l'efficacité de la mise en œuvre à l'échelle régionale du système d'encadrement élaboré à l'échelle internationale (Figure n° 1).

Figure n° 1. Le risque de pollution maritime induit par la circulation des navires : interactions entre complexe cindynogène et système socioécologique



¹⁷ Les risques de pollution induits par les rejets opérationnels et les déversements accidentels des navires de faibles tonnages sont mineurs et chroniques. Plus rarement, ces risques sont majeurs pour quelques cas de rejets accidentels (avaries de très gros navires de commerce et accidents de pétroliers).

Risques et lutte antipollution : la place accordée aux mesures préventives

Le facteur le plus déterminant de l'acceptabilité d'un risque est, selon les travaux des psychosociologues, le degré de contrôle exercé par les personnes sur ce risque (BOY, 2007). Les risques de pollutions pétrolières étant considérés comme subis, ils sont, par conséquent, très mal tolérés et la demande sociétale de régulation est forte. La lutte antipollution englobe de nombreuses mesures qu'il faut resituer par rapport à la notion de risque précédemment évoquée. Si nous les ordonnons chronologiquement par rapport à l'événement déclencheur de la pollution (rejet), les mesures pré-événementielles ont pour objectif d'éviter que l'événement se produise (mesures d'évitement), les mesures événementielles sont des mesures d'atténuation et les mesures post-événementielles correspondent à des mesures curatives.

Les mesures curatives font référence aux procédures de restauration des sites pollués et d'indemnisation des victimes mises en œuvre après la crise. Il s'agit dans ce cas précis de compenser les effets (morpho-écologiques et socio-économiques) négatifs du rejet d'hydrocarbures pour que les sites pollués et les activités socio-économiques affectées retrouvent leurs qualités et niveaux d'avant perturbation.

Les mesures d'atténuation (préparation et gestion des situations de crise) sont les procédures, méthodes et moyens mis en œuvre lorsqu'une situation critique est avérée, c'est-à-dire que le risque de pollution est manifeste. L'objectif est alors de diminuer le risque de rejet (remorquage du navire victime d'une avarie vers un lieu de refuge par exemple) ou de minimiser les effets du déversement, s'il est en cours, en réduisant, d'une part, les échouements d'hydrocarbures au rivage (dispersants, circonscription et récupération du produit déversé en mer et pompage des produits restants à l'intérieur de l'épave, etc.), et en facilitant, d'autre part, le choix des espaces prioritaires pour le ramassage du polluant et le nettoyage des côtes.

Enfin, les mesures d'évitement ont trait à la détection des signes avant-coureurs d'une situation critique ou de crise (procédure d'évaluation du risque) et s'intéressent à la source du rejet (surveillance du trafic maritime et des normes de rejets, contrôles des navires par l'Etat du port, etc.). *A contrario* des mesures évoquées ci-dessus, elles portent sur le navire et les causes de déversements. Leur objet est de modifier les comportements à risque des acteurs du transport maritime pour réduire ou éviter les déversements d'hydrocarbures en mer et diminuer ainsi les risques de pollutions en mer côtière et au rivage. L'intérêt de telles mesures réside dans leur disponibilité à un coût économiquement acceptable pour la collectivité en comparaison des coûts induits par la réparation des dommages d'une pollution par hydrocarbures. Elles s'appliquent à des risques connus pouvant être plus ou moins réduits graduellement jusqu'à un état où toute diminution se traduirait par des coûts plus élevés que les avantages escomptés¹⁸. Il s'agit donc d'une action qui proportionne les mesures mises en œuvre aux coûts estimés des dommages¹⁹. Ces mesures peuvent ainsi être définies comme proactives, en référence à leur situation temporelle par rapport à la pollution, au contraire des précédentes qui sont essentiellement réactives. C'est l'efficacité des outils réglementaires élaborés par la Communauté internationale qui est étudiée dans le cadre de ce travail et, plus particulièrement, les effets de leur mise en œuvre au large de la pointe de Bretagne des années 1960 à nos jours.

3. Problématique, méthodologie et originalité de ce travail de recherche

A l'inverse de beaucoup de travaux géographiques consacrés à l'étude de la gestion des risques générés par des événements polluants, au travers du prisme de la vulnérabilité des systèmes littoraux notamment, nous nous intéressons ici à une autre composante essentielle du risque, les rejets d'hydrocarbures (aléa). Au travers de l'étude des contraintes ordinaires²⁰ du transport maritime, nous

¹⁸ Pour se retrouver ainsi dans une situation de risque justifié.

¹⁹ D'après l'analyse des coûts des dommages des événements antérieurs.

²⁰ Contraintes réglementaires, socio-économiques et météorologiques.

réfléchissons à la possibilité d'infléchir l'aléa²¹ pour limiter les risques de pollution générés en mer (Manche et golfe de Gascogne) et sur les littoraux de Bretagne. Nous verrons d'ailleurs que le terme d'aléa est assez mal choisi ici car il recouvre des phénomènes qui, bien que difficilement prévisibles du fait de l'entrelacement des facteurs qui participent de leur manifestation, ne sont finalement pas très aléatoires.

La possibilité d'agir sur le niveau des déversements, largement explorée d'un point de vue prescriptif et déterministe par la voie réglementaire, a été peu étudiée du point de vue des effets des mesures mises en oeuvre. Il existe, à cela, deux raisons principales : la première, d'ordre géographique, est la difficulté d'appréhender un phénomène dont l'emprise spatiale est essentiellement maritime (difficultés induites pour l'observation des rejets) et qui relève de l'éphémère²² ; la seconde est relative à la difficulté d'établir un lien de causalité entre les mesures définies par la réglementation internationale et le résultat observé (VON MOLTKE, 2000 in MALJEAN-DUBOIS & RICHARD, 2004).

L'objet de cette étude est d'évaluer l'efficacité régionale du système international de prévention des risques de pollution afférents à la circulation maritime des navires, du point de vue de la régulation de leurs émissions polluantes. Pour répondre à cet objectif, nous avons d'abord tenté d'évaluer le niveau des rejets opérationnel et accidentel des navires à l'échelle régionale durant les dernières décennies (indicateur fondé sur la spatialisation, la fréquence, le volume et la nature des hydrocarbures déversés) pour apprécier *in fine* l'efficacité de la mise en oeuvre des réponses formulées, tant du point de vue de leur adéquation aux fins proposées et des impacts sur les comportements (réduction des événements polluants) que de la conformité aux obligations encourues (observance des normes d'équipement, d'exploitation et des normes de rejets). Plus simplement, ce travail a tenté de répondre aux questions suivantes : quelles mesures préventives, quel degré de mise en oeuvre, quels effets ?

Pour y parvenir, nous avons d'abord tenté d'évaluer le degré d'exposition de la pointe de Bretagne (eaux marines avoisinantes [Manche et golfe de Gascogne] et littoral) aux rejets d'hydrocarbures puis chercher à caractériser l'influence du contexte environnant sur l'exposition de cette région au regard de la situation des mers régionales voisines pour enfin, mesurer l'effectivité des mesures mises en oeuvre (observance) pour réduire les rejets d'hydrocarbures en différents endroits et à différentes échelles (interactions spatiales et effets induits).

L'approche multiscalaire adoptée dans cette thèse permet d'étudier les articulations entre local, régional et global pour mieux comprendre les dynamiques d'émergence de ces événements polluants. La démarche est originale car nous appréhendons simultanément le phénomène des rejets accidentels et des rejets opérationnels qui, au-delà de leurs différences (caractéristiques et circonstances), partagent des causes communes. Ce travail porte sur une longue période d'analyse et plusieurs milliers d'événements ont été étudiés à partir de la consultation de sources diverses (autorités maritimes, CEDRE, etc.). Désirant cependant restituer, autant que se peut, la singularité de l'événement polluant, nous nous sommes attaché à restituer plus précisément quelques pollutions, convaincu que l'approche quantitative, si elle nécessaire, est également très réductrice.

²¹ Par une action sur les causes de rejets et leurs déterminants.

²² Les rejets mineurs observés au large de la Bretagne (1974-2004) sont, dans la très grande majorité des cas, des irisations dont la visibilité à la surface des eaux marines n'excède pas quelques heures (LE GENTIL, 2006).

La méthodologie élaborée est constituée de trois étapes :

- (i) quantifier et spatialiser l'évolution des déversements d'hydrocarbures par des navires (types, fréquence et volumes) ;
- (ii) identifier les facteurs qui contribuent, directement ou indirectement, à l'apparition de ces événements polluants (des déterminants socio-économiques et géographiques du risque aux causes directes et profondes de rejets) ;
- (iii) évaluer les effets des mesures préventives (éviter) mises en oeuvre par les acteurs maritimes.

Et chacune de ces trois étapes fait appel à trois démarches distinctes :

- (i) réalisation d'une synthèse bibliographique (évaluation des rejets d'hydrocarbures des navires, identification des facteurs de rejet, réponses formulées) ;
- (ii) acquisition, normalisation et archivage (création d'une base d'information géographique) et traitement des données existantes aux échelles régionales et locales (déversements d'hydrocarbures, intensité du trafic, structure de la flotte, accidentologie, conditions de navigation sur zone, réseau de contrôle et de surveillance) ;
- (iii) entretiens auprès de divers acteurs concernés par cette problématique.

Ce document est organisé de la manière suivante.

Nous présentons dans la partie 1 une revue de la littérature sur les méthodes d'évaluation des rejets d'hydrocarbures et nous justifions le choix du traitement conjoint des rejets accidentels et opérationnels. Cette démarche nous permet de définir les éléments nécessaires pour mener une analyse sur les rejets et leurs circonstances d'émergence. Les sources de données utilisées et les bases de données élaborées regroupant les données disponibles aux échelles régionales et locales sont ensuite présentées.

Dans la deuxième partie, nous abordons les spécificités régionales et locales des zones d'étude retenues et présentons l'influence du contexte environnant sur les caractéristiques des rejets d'hydrocarbures des navires (répartition, volume, fréquence et circonstances). Parallèlement à la présentation des différentes circonstances de rejets, nous effectuons des comparaisons entre les différentes mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale et discutons les raisons des différences observées (contexte environnant). Cette démarche nous permet de souligner la forte singularité de la pointe de Bretagne et des eaux marines environnantes en terme d'exposition aux déversements d'hydrocarbures des navires.

Enfin, dans la troisième partie, après une présentation détaillée de l'évolution du contexte socio-économique du transport maritime et de celle du cadre réglementaire, nous évaluons les effets des mesures mises en oeuvre sur l'évolution des rejets d'hydrocarbures des navires. Considérant que les tendances observées ne sont pas nécessairement le seul fait de la réglementation, nous testons diverses hypothèses concernant l'influence des marchés du transport maritime sur les évolutions observées.

Partie 1. Les rejets d'hydrocarbures : objectifs, données et méthodes

Chapitre 1. Objectifs définis au regard de la littérature

Nous présentons, dans ce chapitre, une revue de littérature sur les déversements accidentels et opérationnels des navires²³, et plus particulièrement sur les effets induits par ce type d'événements (enjeux), leur contexte d'émergence et les principales méthodes utilisées pour évaluer l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets d'hydrocarbures (géographie et évolution dans le temps). Nous soulignons leurs avantages et leurs limites et montrons l'intérêt de la prise en compte du contexte environnant (transport maritime, contexte hydroclimatique et accidentologie) dans ce type d'analyse. Ces deux facteurs contribuent à la répartition (ou à la perception de la répartition) et à l'émergence des événements (potentiellement) polluants et il est donc important de les considérer pour pouvoir évaluer, aux échelles régionale et locale, l'adéquation et l'efficacité des mesures mises en œuvres pour réduire les entrants d'hydrocarbures à l'océan. Cette revue de littérature nous permet enfin de définir les principaux questionnements sous-jacents de ce travail et les champs définis pour y parvenir (échelles spatiotemporelles).

1. Notions de rejets d'hydrocarbures, d'événements polluants et d'exposition

Beaucoup des auteurs qui travaillent sur les rejets opérationnels et/ou accidentels d'hydrocarbures étudient l'ampleur et la répartition de ces déversements indépendamment des dommages qu'ils ont induits sur l'environnement car le nombre d'événements pris en compte est important et parce que peu d'événements, surtout les moins volumineux, sont bien renseignés de ce point de vue. Sont ainsi traités simultanément des rejets forts différents et la solution la plus souvent retenue pour les hiérarchiser selon leur degré de sévérité (supposé) est une classification menée sur la base des volumes déversés (rejets accidentels : THARAKAN & PSARAFTIS [1981], ANDERSON & LABELLE [2000], ITOFF²⁴ [2005], BURGHERR [2007], etc. ; rejets opérationnels : SCHALLIER [1998], VOLCKAERT *et al.* [2000], etc.). Bien que cette approche soit très critiquable²⁵, notre démarche est ici similaire pour les événements dont le volume est connu. Il faut toutefois préciser les raisons qui font que chaque déversement d'hydrocarbures peut être, *a priori*, considéré comme un événement

²³ Ou déversements majeurs et mineurs lorsque les sources du rejet ne sont pas clairement identifiées.

²⁴ ITOFF : International Tanker Owners Pollution Federation.

²⁵ Il n'existe pas de relation véritablement établie entre le volume d'un rejet et les effets dommageables.

polluant et insister plus particulièrement sur la problématique des nuisances induites par les rejets mineurs, d'autant plus que leur volume est souvent indéterminé et que l'on ne peut, sur cette base, préjuger de leur caractère polluant. Toutes ces précisions importent parce qu'elles conditionnent le choix des événements à retenir pour évaluer l'exposition d'un espace déterminé sur une unité de temps définie. Précisons aussi que les normes de rejets autorisés définies par la convention MARPOL²⁶ 73/78 (annexe 1) laisse penser qu'il existe des événements « tolérables », introduisant l'idée sous-jacente que tous les entrants d'hydrocarbures ne sont pas nécessairement dommageables²⁷. Nous allons rappeler brièvement les impacts²⁸ induits par toutes sortes de déversements d'hydrocarbures, impliquant des volumes et des produits divers, et préciser les raisons pour lesquelles tout rejet signalé est ici considéré. C'est l'occasion d'insister sur la forte singularité des rejets accidentels et opérationnels, des rejets majeurs et mineurs, et de définir, dans ce contexte, les notions d'événement polluant et d'exposition.

11. Rejets accidentels et opérationnels d'hydrocarbures des navires et pollution pétrolière

Plusieurs milliers de déversements d'hydrocarbures²⁹ ont été recensés dans le cadre de cette étude afin d'appréhender le phénomène des rejets d'hydrocarbures des navires. Ce phénomène regroupe deux types de déversements pétroliers, les rejets accidentels et opérationnels, dont les circonstances d'émergence et les effets induits diffèrent.

11.1. Rejets accidentels

La Bretagne a été affectée ces quarante dernières années par ce qu'il est devenu commun d'appeler des « marées noires », c'est-à-dire de volumineux échouements d'hydrocarbures qui polluent les rivages, les eaux côtières environnantes et qui sont préjudiciables aux communautés maritimes et littorales (pertes d'usages marchands et pertes d'agrément). Ces pollutions majeures, toutes consécutives à des naufrages de pétroliers, sont, pour ces raisons, demeurées ancrées dans la « mémoire collective ». Cependant, ces événements sont seulement des aboutissements « désastreux » pour l'environnement de naufrages et d'autres avaries bien plus banales. Au-delà des « fortunes de mer » et des drames humains qu'elles génèrent, toutes sortes d'avaries concernant tous types de navires sont à l'origine d'apports plus réguliers d'hydrocarbures à l'océan, et ces rejets, tous qualifiés ici d'accidentels en raison des circonstances de leur émergence, sont généralement de faibles volumes. En fait, depuis la généralisation, au cours du XX^e siècle, de l'emploi du fioul puis du gazole comme carburant (BERTRAND, 2000)³⁰, tous les navires sont potentiellement devenus polluants. Le remplacement du charbon par les hydrocarbures comme énergie de propulsion, phénomène qui s'apparentait à l'époque à une révolution tant les nuisances et les contraintes liées à l'usage du premier étaient considérables³¹, s'est transformé durant les décennies suivantes en véritable problématique environnementale avec l'accroissement constant de la flotte mondiale et de la dimension des navires.

²⁶ MARine POLLution.

²⁷ La norme de rejet autorisé est d'ailleurs définie pour des raisons pratiques et non écologiques. Nous y reviendrons de façon plus détaillée par la suite.

²⁸ La notion d'impact recouvre le même sens que celle d'effets dommageables.

²⁹ Hydrocarbures et pétrole sont employés ici indistinctement bien que ces deux termes ne se recouvrent pas totalement. Nous ne faisons une distinction que lorsque l'on évoque la composition des pétroles bruts et des produits dérivés : hydrocarbures et autres constituants (section 12).

³⁰ L'emploi du fioul comme combustible de soute se généralise dans la flotte commerciale au cours du XX^e siècle. On assiste d'abord au remplacement progressif de la chauffe-charbon par la chauffe-mazout (31,2 % de la flotte commerciale mondiale en est équipé en 1935). Puis, l'apparition de la turbine à vapeur et du moteur diesel conduit à l'abandon total du charbon (BERTRAND, 2000).

³¹ Avec une tonne de pétrole, on dispose d'une quantité d'énergie comparable à 1,6 tonne de charbon et surtout, elle est à facile à pomper, à stocker, à transporter, à manipuler et à utiliser (BOY DE LA TOUR, 2004). L'emploi du fioul augmente également la vitesse des navires et permet de diminuer leur consommation d'énergie d'environ 90 % par rapport à l'emploi du charbon (RODRIGUE *et al.*, 2006).

112. Rejets opérationnels

L'événement de mer n'est qu'une des circonstances possibles de déversement. Il existe un usage très ancien dans la marine³² qui consiste, selon l'expression consacrée, à « jeter dans le jardin de l'officier en second » tous les déchets, résidus et détritiques divers (ESTIVAL, 2002). Le chef mécanicien, tout comme le cuisinier, s'est longtemps conformé à ce rituel et, dans les années 1950-1960, le dépôt au rivage de boulettes et de plaques goudronneuses est chose courante sur toutes les côtes atlantiques françaises (TENDRON, 1962), à un point tel que « toutes les mères de famille ne se [départissent] pas de leur flacon de produit détachant pour nettoyer les plantes des pieds de leur progéniture au sortir du bain » (ESTIVAL, 2002). On assiste depuis lors, à chaque nouvelle « marée noire », à la redécouverte « médiatico-politique » du désormais célèbre « dégazage », un terme d'ailleurs totalement inapproprié pour désigner une pratique, le rejet opérationnel, qui est en revanche très certainement à l'origine de l'essentiel des échouements mineurs et chroniques d'hydrocarbures observés sur les côtes bretonnes. A *contrario* du déversement accidentel, il s'agit d'une vidange effectuée dans le cadre des opérations courantes d'exploitation du navire. Ces déversements, tout comme ceux provoqués par des avaries, concernent tous les types de navires dès lors qu'ils transportent des hydrocarbures dans leurs soutes ou dans leurs citernes. Ils sont de faibles volumes et très fréquents.

113. Les pollutions pétrolières

Ces deux types de déversements, malgré la divergence des circonstances d'introduction d'hydrocarbures en mer, rentrent tous deux dans le champ des pollutions pétrolières et, plus largement, des pollutions marines. Selon DAUVIN (1997), la pollution marine se définit comme « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substance ou d'énergie dans l'environnement marin, ayant pour conséquence des effets néfastes, tels que nuisances pour les ressources vivantes, risques pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, altération de la qualité de l'eau de mer et réduction des agréments ». Selon BRUNET *et al.*, (1993), la pollution désigne plus largement des « perturbations apportées à l'environnement par l'activité productive » et son étymologie fait référence à la souillure. Cette image illustre en partie les effets dommageables de ces deux types d'entrants d'hydrocarbures à l'océan et tout un chacun garde ainsi en mémoire des images d'oiseaux mazoutés. Si l'image est forte, elle ne résume pas pour autant l'ensemble des impacts de cet agent polluant. Les pollutions pétrolières ont ceci de particulier, au-delà de l'engluement évoqué ci-dessus, qu'elles ont des actions fertilisante et chimique (LACAZE, 1996). L'ampleur des effets dommageables résulte à la fois des propriétés physico-chimiques de l'agent polluant, des conditions hydrométéorologiques dans lesquelles survient son introduction à l'océan (processus de vieillissement et dynamiques de dérive et d'échouement des hydrocarbures), de la proximité du rejet par rapport au rivage et de la sensibilité³³ des objets exposés³⁴.

12. Les hydrocarbures : quelques généralités

121. Propriétés physico-chimiques et toxicités intrinsèques des hydrocarbures

« Chaque accumulation pétrolifère possède des caractéristiques qui lui sont propres et dues à l'histoire biogéochimique et géologique de la roche mère où ils se sont formés » (BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005). Les pétroles bruts sont constitués, pour l'essentiel, de molécules de carbone et d'hydrogène de dimensions variables ($\approx 90\%$ d'hydrocarbures : LACAZE, 1980) et les autres constituants sont des composés organiques (azote, soufre et oxygène, etc.) et des métaux à l'état de traces (nickel,

³² Les marines nationales sont incluses.

³³ La sensibilité exprime le degré à partir duquel un objet est affecté par un changement (choc, agent polluant, etc.), c'est-à-dire tous types d'événements qui entraînent des variations des conditions environnementales au-delà de leur variabilité « naturelle », ZACHARIAS & GREGR (2005).

³⁴ Nous n'évoquerons pas ici les mesures de lutte antipollution et de nettoyage (mesures d'atténuation) qui peuvent considérablement réduire les effets dommageables des événements polluants.

vanadium, etc.) (POSTHUMA, 1977 in BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005). A cette complexité originelle s'ajoutent, lorsque l'on considère des produits dérivés (essences, gasoils, fiouls, etc.), les spécificités introduites par les coupes (distillation) et les ajouts opérés (additifs)³⁵. Tous ces pétroles ou produits pétroliers peuvent être classés selon leurs propriétés physico-chimiques et leurs composés chimiques peuvent être hiérarchisés en fonction de leur toxicité intrinsèque.

Les propriétés physiques des pétroles et produits pétroliers sont décrites avec les paramètres suivants : densité, viscosité, tension de vapeur, point éclair et point d'écoulement. « La densité d'un pétrole dépend de celle de ses constituants » et « se situe en général entre 780 g/l et 1 000 g/l ». C'est la densité du pétrole par rapport à celle de l'eau (1 000 g/l³⁶) qui détermine son coulage ou sa flottaison. « La viscosité détermine la résistance du produit à l'étalement et donc son taux de dispersion dans l'environnement marin ». Son unité de mesure est le centistoke (*Cst* : viscosité cinématique). « La tension de vapeur contrôle le taux d'évaporation et la concentration dans l'air des hydrocarbures ». « Le point d'écoulement est la température en dessous de laquelle le pétrole cesse de s'étaler lorsqu'il est sujet à un faible mouvement » et « le point éclair donne un indice de volatilité du pétrole » (STROM-KRISTIANSEN, 1994 in BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005). Tous ces paramètres varient suivant les hydrocarbures considérés et évoluent considérablement dès leur introduction à l'océan. Les pétroles bruts comprennent quatre grands groupes d'hydrocarbures : les alcanes ou paraffines (méthanes, etc.), les cycloalcanes (naphthènes, etc.), les composés aromatiques et les asphaltènes (FATTAL, 2006). Les proportions varient considérablement suivant les bruts considérés. Les produits raffinés sont obtenus par la distillation des pétroles bruts³⁷ et grossièrement, plus le point d'ébullition est élevé et plus la coupe obtenue est lourde, dense, visqueuse et persistante (Tableau n°1. 1).

Tableau n°1. 1. Quelques propriétés physico-chimiques des pétroles et produits pétroliers

| | Très légers | Légers | Intermédiaires | Lourds et très lourds |
|------------------------------------|------------------------------|--|--|--|
| Densité (<i>d</i>) | < 0,8 | 0,80-0,85 | 0,85-0,95 | > 0,95 |
| Viscosité moyenne (en <i>Cst</i>) | 0,5-2,0 | 8 | 275 | 1 500 à solide |
| Evaporation | ≥ 75 % | 20 à 50 % | | ≤ 10 % |
| Volatilité, dispersion | Forte | Variable | | Très réduite ou nulle |
| Teneurs en HAP ^a | ≈ 0,028 ^b | ≈ 0,034 ^c | ≈ 0,00012 ^d / ≈ 0,014 ^e / ≈ 0,024 ^f | |
| Effets (toxicité, engluement) | Forte toxicité (court terme) | Toxicité et engluement variables selon les pétroles et produits pétroliers | | engluement principalement, toxicité réduite à court terme et parfois forte à long terme ^g |
| Persistance | Faible | Moyenne à forte | | Très forte |
| Produits raffinés | Essence, kérosène, etc. | Gazole, etc. | Fioul domestique, diesel marin, etc. | Bunker C, asphaltes, etc. |
| Pétroles bruts | — | <i>Ekofisk, Brent</i> | <i>Forties, Arabian</i> | <i>Boscan</i> |

^aCoefficients multiplicateurs utilisés par le NAS/NRC (2003) pour évaluer les apports en HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) de divers types d'hydrocarbures d'après les volumes introduits en mer.

^bTeneurs moyennes en HAP de "Jet fuel B".

^cTeneurs moyennes en HAP de différents gazoles.

^dTeneurs moyennes en HAP de plusieurs lubrifiants.

^eTeneurs moyennes en HAP de 25 pétroles bruts légers et lourds.

^fTeneurs moyennes en HAP de 11 produits lourds (Bunker C et IFO [Intermediate Fuel Oil] principalement).

^gSi la concentration en HAP est forte durant longtemps par exemple.

Sources : élaboré d'après MARCHAND (1998), NAS/NRC (2003), BASTIEN VENTURA *et al.* (2005), FATTAL (2006)

³⁵ « Le fioul lourd déversé par la pétrolière *Erika* était par exemple composé de 90 % d'un résidu lourd de distillation et de 10 % d'une coupe pétrolière légère résultant d'un cracking catalytique, le fluxant, ajouté afin de fluidifier le résidu aux températures moyennes pour en permettre le pompage lors des remplissages des soutes » (OUDOT, 2000).

³⁶ Généralement notée $d = 1$.

³⁷ LACAZE (1980) donne, selon les coupes opérées, les propriétés physico-chimiques suivantes (approximations) : les coupes pétrolières les plus légères (point d'ébullition est inférieur à 200° C) contiennent des composés ayant de 4 à 12 atomes de carbone, ont une faible densité et une viscosité très réduite (essence, etc.) ; les coupes de distillation intermédiaire contiennent des composés ayant 12 à 25 atomes de carbone, ont une densité et une viscosité supérieure au groupe précédent (point d'ébullition situé entre 185 et 345° C : gazole, fioul domestique, etc.) ; les coupes de distillation dont le point d'ébullition est situé entre 345 et 560° C ont de 25 à 36 atomes de carbone et des densité et viscosité supérieures au groupe précédent (lubrifiants, fiouls de soute, etc.) ; les résidus restants (résidus pétroliers de distillation) sont généralement de nature asphaltique.

« La toxicité³⁸ des hydrocarbures pétroliers est fonction de leur persistance, de leur biodisponibilité et de leur cinétique de pénétration dans l'organisme. Elle dépend aussi des capacités des organismes à les bioaccumuler et à les métaboliser » (BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005). La toxicité des pétroles et des produits pétroliers varie considérablement selon la présence et les proportions des différents composés. A l'échelle d'un produit, la toxicité est difficile à mesurer, même si celle des différents constituants est connue, en raison du manque d'information sur d'éventuels phénomènes d'antagonisme³⁹ et de synergie⁴⁰ entre substances (BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005). En terme de toxicité intrinsèque, il est généralement admis que les composés aromatiques sont les plus toxiques (LACAZE, 1980). La toxicité augmentant avec le poids moléculaire, ce sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP : composés de haut poids moléculaires) les plus dangereux en raison de leur faible solubilité et de leur capacité à s'accumuler dans les organismes vivants⁴¹ (LEE & PAGE, 1997 ; BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005). Les composés monoaromatiques (benzène) et diaromatiques (naphtalène) sont intrinsèquement moins toxiques car de plus faible poids moléculaire. Paradoxalement, la phase de toxicité aiguë qui suit l'introduction d'importants volumes d'hydrocarbures en mer est plutôt associée aux aromatiques légers (benzène et naphtalène notamment) « car si leur toxicité intrinsèque est inférieure à celle des composés de hauts poids moléculaires, ils sont en général plus abondants dans le pétrole épandu » (BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005) (Tableau n°1. 1). Leur dissolution est également plus rapide et, « pour que des concentrations toxiques soient atteintes dans l'eau, ils nécessitent un brassage moindre » (LACAZE, 1980). Enfin, si les composés à haut poids moléculaires (HAP notamment) contribuent moins à la phase de toxicité aiguë (car moins solubles, etc.), « ils sont susceptibles à long terme de provoquer des dommages non négligeables s'ils s'accumulent à des doses notables dans les tissus des organismes » (toxicité résiduelle) (LACAZE, 1980).

122. Modifications physico-chimiques et biologiques des hydrocarbures (au sens large) à la suite de leur introduction dans l'océan

Les hydrocarbures (pétroles et produits pétroliers) subissent, dès leur introduction dans l'océan, des modifications physico-chimiques (évaporation, dissolution, émulsification, etc.) et biologiques (oxydation et biodégradation) qu'il est nécessaire de préciser car elles ont aussi des incidences sur les dynamiques de dérive et d'échouement des hydrocarbures déversés, et ce faisant, sur l'ampleur des effets dommageables.

S'il est une propriété bien connue et commune à la plupart des hydrocarbures, c'est leur tendance naturelle à s'étaler lorsqu'ils se répandent sur l'eau. Cet étalement n'est toutefois qu'une manifestation des nombreuses modifications qu'ils subissent. Des processus physiques, chimiques et biologiques, d'importances diverses selon les conditions hydrométéorologiques environnantes et les produits déversés, modifient l'aspect, le volume et les propriétés physico-chimiques initiales des hydrocarbures. Les principaux processus, appelés vieillissement, sont décrits dans le Tableau n°1. 2.

³⁸ « La toxicité est une particularité propre à diverses substances dont l'absorption a pour effet de perturber le métabolisme des êtres vivants, provoquant des troubles physiologiques pouvant aller jusqu'à la mort » (RAMADE, 2002 *in* BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005). La toxicité est mesurée en mettant en relation des doses d'exposition avec la réponse correspondante sur différents lots d'individus (organismes aquatiques, aériens, etc.). On parle de « dose létale » lorsque la concentration provoque la mort de 50 % des individus après un temps d'exposition t et de « concentration inhibitrice » lorsqu'elle provoque une diminution de 50 % d'un processus biologique après un temps d'exposition t (BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005).

³⁹ Effet cumulé de deux substances, lorsqu'elles sont présentes simultanément, inférieur à la somme des effets des deux substances considérées (BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005).

⁴⁰ Effet cumulé de deux substances, lorsqu'elles sont présentes simultanément, supérieur à la somme des effets des deux substances considérées (BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005).

⁴¹ Les HAP sont des composés de haut poids moléculaires qui pénètrent facilement au travers des membranes cellulaires (BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005).

Tableau n°1. 2. Processus de vieillissement et dynamiques de dérive et d'échouement d'hydrocarbures de différentes natures

| Nature des Hydrocarbures rejetés | Processus de vieillissement | | | | | | Dynamiques de dérive et d'échouement (fonds et rivage) | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-----------------|------------|-------------------|--|----------------------------|----------------|--------------|-----------------------|
| | Persist-ance | Evapo-ration | Disso-lution | Emulsi-fication | Oxy-dation | Bio. ^a | Transp. horiz. ^b | Transp. vert. ^c | Sédimen-tation | Echoue-ments | Rési-dus ^d |
| Produits très légers | Jours | <u>E</u> | M | NA | F | <u>E</u> | F | F | NA | NA | NA |
| Produits légers | Jours | M | <u>E</u> | TF | F | <u>E</u> | M | <u>E</u> | F | F | NA |
| Pétrole brut | Mois | M | M | M | M | M | M | M | M | <u>E</u> | M |
| Produits lourds | Années | F | F | M | F | F | <u>E</u> | F | <u>E</u> | <u>E</u> | <u>E</u> |

E : élevée / M : modérée / F : faible / TF : très faible / NA : non approprié

^aBiodégradation

^bTransport horizontal

^cTransport vertical

^dBoules de goudrons (« *tarballs* » : boulettes, gouttelettes, etc.)

Sources : modifié d'après le NAS/NRC (2003) et OUDOT (1996), IMO (2004) in BASTIEN VENTURA *et al.* (2005)

Les composés les plus volatils des pétroles et produits pétroliers déversés s'évaporent d'autant plus rapidement dans l'atmosphère que la température de l'air est élevée. Les hydrocarbures les plus légers peuvent être dissous dans les masses d'eau, notamment ceux qui ont de nombreux composés dont le poids moléculaire est faible (fraction aromatique légère notamment : LACAZE, 1980) Ce processus est toutefois mineur. Les hydrocarbures peuvent aussi être dispersés (émulsion directe) sous forme de gouttelettes par le brassage des eaux de surface (observations effectuées à l'occasion de la pollution consécutive au naufrage du pétrolier *Braer* par exemple [\approx 86 000 tonnes, Shetlands, 05/01/1993] : THORPE, 1995 ; TKALICH & SOON CHAN, 2002). Ces trois types d'altération concernent surtout les essences et les produits les plus légers (produits distillés et certains pétroles bruts) (Tableau n°1. 1). Si les produits déversés sont plus lourds, c'est la teneur en eau des nappes d'hydrocarbures qui augmente, toujours sous l'action mécanique des vagues (agitation), et ce phénomène produit, cette fois, une émulsion inverse (intégration de microgouttelettes d'eau dans le pétrole). La forme finale est plus stable, plus visqueuse et plus volumineuse (FATTAL, 2006). Les hydrocarbures peuvent également être oxydés (photo-réduction) par la lumière, un phénomène qui ne concerne que les films minces d'hydrocarbures frais ou les couches superficielles d'une nappe épaisse (MARCHAND, 1998 in FATTAL, 2006). Enfin, le dernier processus d'altération observé est la biodégradation, c'est-à-dire l'altération des hydrocarbures sous l'action de micro-organismes (bactéries ou champignons : LACAZE, 1980). Tous les processus évoqués se produisent à des échelles de temps variables et modifient considérablement la composition chimique et les caractéristiques physiques des hydrocarbures. Ces transformations ont des répercussions sur les comportements de dérive et d'échouement des hydrocarbures (transports horizontal et vertical) et l'influence des agents de transport diffère selon leurs stades de vieillissement et les produits concernés.

Les changements de température et l'augmentation de la turbidité des eaux marines et côtières ont des influences sur les déplacements verticaux des hydrocarbures. Des recherches menées sur les formes résiduelles d'hydrocarbures (« *tarballs* » : boulettes) ont montré que le réchauffement soudain des eaux entraîne la diminution de leur densité et provoque ainsi l'immersion des boulettes dans la colonne d'eau. *A contrario*, un refroidissement brutal peut les faire remonter en surface (BALKAS *et al.*, 1982). Le fioul lourd déversé lors du naufrage du pétrolier *Erika* (12/12/1999, \approx 19 200 tonnes, golfe de Gascogne), très émulsionné⁴² par l'agitation de la mer (tempêtes Martin et Lothar de fin décembre 1999), a montré une tendance à s'enfoncer sous l'eau de quelques centimètres dans les premiers jours, la grande majorité du polluant restant cependant en surface sous forme très fragmentée (TIERCELIN *et al.*, 2000). En revanche, une partie des hydrocarbures échappés des épaves reposant sur le fond est, semble-t-il, restée piégée entre deux eaux, le long d'une ou plusieurs thermoclines⁴³ (PINOT, 2000), à des profondeurs où la densité des hydrocarbures devait être égale à celle de l'eau. Le

⁴² La teneur en eau est de 30 % en mer puis de 50 % lorsque les hydrocarbures se déposent sur les rivage après 15 jours de dérive en mer (MERLIN *et al.*, 2000).

⁴³ Les thermoclines sont des discontinuités de températures, les eaux du fond étant plus froides que les eaux superficielles. Les tempêtes d'automne brassent généralement les eaux sur de grandes épaisseurs et provoquent ainsi leur mélange (homothermie). Ce mélange n'avait pas encore eu lieu en décembre 1999 (PINOT, 2000).

processus de coulage s'est parfois accentué localement à l'approche des côtes avec l'augmentation des particules en suspension dans les masses d'eau. Deux nappes immergées ont ainsi été repérées à Belle-Ile lors des opérations de nettoyage du pétrole de l'*Erika* (ANDRE & ROUSSEAU, 2000). Plus généralement, lorsque des sédiments adhèrent aux hydrocarbures les plus visqueux, l'augmentation de densité induite par ce phénomène peut aller jusqu'à provoquer leur dépôt sur les fonds dans les secteurs les moins agités (ILIFE & KNAP, 1979).

L'orientation et de la force des vents et des courants déterminent la direction et la vitesse de la dérive des hydrocarbures en surface et ce processus est parfois perturbé par les courants de marée dans les endroits où ils sont suffisamment forts (embouchure d'estuaire, etc.) (LACAZE, 1980 ; CEDRE, 2001). Le temps de dérive varie selon la persistance des hydrocarbures déversés. Seulement 10 % du pétrole brut léger déversé à la suite de l'échouement de l'*Exxon Valdez* aux Etats-Unis (24/03/1989, ≈ 38 000 tonnes, Alaska) a, par exemple, été emporté au cours des semaines suivantes par les vents et les courants côtiers dominants jusqu'à une distance d'environ 400 milles nautiques, le reste s'étant déposé durant les premiers jours sur les littoraux ou dissous dans les masses d'eau de la baie de Prince William Sound (GALT *et al.*, 1991 ; PETERSON *et al.*, 2003). La dérive des formes résiduelles les plus lourdes peut, en revanche, durer plusieurs mois : elles mettent près d'une année avant de se dégrader totalement (EAGLE *et al.*, 1979⁴⁴). Elles peuvent parcourir, dans ces conditions, des distances considérables si aucune côte n'arrête leur progression (NOAA, 2000) et c'est à cette échelle que l'action des courants océaniques est particulièrement importante. La longueur de la dérive est alors fonction de la vitesse de déplacement des masses d'eau et du temps de dégradation des produits introduits dans l'environnement marin. Le fioul lourd échappé du *Prestige* (23/11/2002, ≈ 63 200 tonnes, bassin Ibérique, Galice) a été détecté plusieurs mois après l'accident à environ 900 milles nautiques du point de rejet initial (détroit du Pas-de-Calais : Royaume-Uni [Ramsgate, Palm Bay et Joss Bay], ACOPS [2004]) ; France et Belgique, CEDRE [2004]). Ce phénomène concerne aussi les rejets opérationnels des navires lorsqu'ils sont très persistants. Il a par exemple été démontré que le courant de Kuroshio dans l'océan Pacifique nord était suffisamment puissant pour transporter sur près de 4 000 milles nautiques les résidus de cargaisons déversés par les pétroliers au sud du Japon (WONG *et al.*, 1976, SHAW & MAPES, 1979).

Les échouements au rivage dépendent à la fois de l'orientation des littoraux vis-à-vis des vents et courants dominants et de la persistance des produits déversés. Ces deux caractéristiques ne sauraient cependant expliquer à elles seules la diversité des dommages observés par les rejets d'hydrocarbures des navires. Il faut également tenir compte de la proximité du point d'écoulement et de la sensibilité des objets exposés. La présentation de ces deux caractéristiques est pour nous l'occasion de distinguer les effets des rejets majeurs et mineurs, des déversements accidentels et opérationnels des navires, et de préciser ainsi l'intérêt de la prise en compte des uns et des autres.

13. Les effets des rejets d'hydrocarbures des navires : distinction entre rejets majeurs et mineurs, déversements accidentels et opérationnels

Parmi les nombreux facteurs évoqués pour expliquer la diversité des nuisances observées à l'occasion de rejets pétroliers, beaucoup d'auteurs insistent, en plus de la nature du polluant (propriétés physico-chimiques et toxicité intrinsèque) et du contexte hydroclimatique (vieillessement de l'agent polluant et dynamiques de dérive et d'échouement), sur la situation du point d'écoulement (espace fermé, semi-ouvert, ouvert) et la sensibilité des objets exposés (WHITE & NICHOLS, 1981 ; LAUBIER, 1991 ; DAUVIN, 1997 ; etc.). La raison d'un tel constat est simple. Au-delà des spécificités locales et régionales, les systèmes socioécologiques littoraux (et côtiers) sont des espaces où la biodiversité (faune et flore), la concentration des ressources (halieutiques, patrimoniales, etc.) et des usagers qui dépendent de leur exploitation (directe ou indirecte : pêche, tourisme, etc.) est considérable. Leur sensibilité est donc élevée et pour peu que le recouvrement du polluant au rivage ou que la

⁴⁴ Etude menée au large des côtes d'Afrique du Sud.

contamination des eaux soit élevé, les dommages écologiques et socioéconomiques peuvent être considérables. Nous n'allons pas énumérer l'ensemble des dommages occasionnés par les rejets d'hydrocarbures mais plutôt insister sur quelques différences entre effets des rejets mineurs et majeurs.

131. Situation du rejet et recouvrement du polluant au rivage

Certains apports, peu volumineux en comparaison des plus gros déversements de navires, ont été fortement polluants parce que situés très près de la côte, dans des endroits abrités (une baie, etc.), où flore et faune littorales et marines étaient très sensibles (*Tampico Maru*, 8 000 tonnes, 29/03/1957, Mexique ; *Nestucca*, 700 tonnes, 22/12/1988, Canada : BERTRAND, 2000). Au contraire, des déversements plus volumineux ont eu par le passé des effets considérés peu dommageables car les hydrocarbures n'ont pas atteint les rivages. Le plus gros rejet d'hydrocarbures provoqué par un pétrolier accidenté, un dévers de 276 000 tonnes de brut survenu à la suite d'une collision entre l'*Atlantic Empress* et l'*Aegan Captain* à une dizaine de milles nautiques de Tobago (19/07/1979, Caraïbes), n'a pas causé de pollution notable des littoraux avoisinants (BERTRAND, 2000)⁴⁵. Les hydrocarbures rejetés à la suite de l'avarie du pétrolier *Khark 5* le 19/12/1989 (≈ 70 000 tonnes de brut) au large des côtes marocaines ne se sont jamais échoués au rivage et aucun dommage écologique n'a été signalé (EROCIPS)⁴⁶. Ce fut enfin le cas du déversement consécutif à l'accident du *Gino* (28/04/1979, ≈ 32 000 tonnes, Bretagne), un pétrolier libérien qui sombra au large d'Ouessant à la suite d'une collision par épais brouillard avec un pétrolier norvégien, le *Team Castor* (≈ 1 000 tonnes). La cargaison du *Gino*, un résidu de raffinage (« *Carbon black oil* ») d'une densité supérieure à celle de l'eau de mer se répandit sur les fonds aux alentours de l'épave et n'atteint jamais les côtes voisines⁴⁷. Les cas présentés sont des situations extrêmes mais l'on peut cependant en retirer un enseignement. Lorsque les produits déversés n'atteignent pas massivement l'espace compris entre le domaine infralittoral et supralittoral, les effets de ce type d'introduction dans l'environnement sont souvent peu ressentis, ce qui ne signifie pas qu'ils ne sont pas polluants. Ce constat nous amène à faire une première remarque à propos des rejets peu volumineux et des déversements opérationnels des navires. Selon le NAS/NRC (2003), ce sont des rejets souvent situés loin des côtes (plus de 50 milles nautiques) et tous les produits déversés ne sont pas très persistants. Et, même s'ils sont persistants, ils ne s'échouent pas forcément au rivage. Des concentrations résiduelles importantes d'hydrocarbures sont, par exemple, observées dans les secteurs où convergent les courants océaniques, en mer des Sargasses notamment (océan Atlantique nord), où des boules de goudron et autres résidus flottant sont régulièrement détectés en quantités abondantes (BUTLER, 1998). Ils ne sont évidemment pas pour autant non dommageables. Si l'étendue et le recouvrement des échouements au rivage sont souvent deux indicateurs usités pour donner une idée de l'importance des dommages des déversements les plus volumineux, ceux-ci ne sauraient rendre totalement compte des effets dommageables des déversements mineurs et plus particulièrement, des rejets opérationnels des navires.

132. Contamination des eaux, des organismes vivants et des sédiments

LAW & CAMPBELL (1998) précisent que toute introduction d'hydrocarbures dans l'environnement marin, en tant que produits chimique et toxique, est suivie d'effets dommageables même si aucune perturbation directe ne peut être démontrée. Leurs conclusions s'appuient cependant sur l'examen de deux « marées noires » (*Braer* [≈ 86 000 tonnes, Shetlands, 05/01/1993] et *Sea Empress* [≈ 75 000 tonnes, Pays de Galles, 15/02/1996]) et nous ne saurions dire si leurs propos, dans cet article, recouvrent la problématique des rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures situés en haute mer. S'il existe, en effet, de nombreuses études sur la contamination des eaux marines et côtières du fait des rejets accidentels de pétroliers notamment, nous n'avons trouvé que deux publications faisant

⁴⁵ On peut également citer le cas du second plus volumineux rejet pétrolier des cinquante dernières années (après la guerre du Golfe [1991] : 600 000 tonnes, NAS/NRC [2003]) : un rejet de 550 000 tonnes consécutif à l'incendie de la plate forme pétrolière *Ixtoc 1* (golfe du Mexique, 1979) qui n'a, selon KIRCHSTEIGER (1999), pas provoqué beaucoup de dommages.

⁴⁶ Le seul effet préjudiciable rapporté est une diminution notable de la fréquentation touristique durant l'été suivant (EROCIPS : Emergency Response to Oil, Chemical and Inert Pollutions from Shipping).

⁴⁷ Cette épave potentiellement polluante suscite cependant quelques inquiétudes aujourd'hui chez les spécialistes du CEDRE (entretien avec F. CABIOC'H, responsable du service « Intervention » du CEDRE, 2004).

référence à la contamination des eaux de surface induite par les rejets opérationnels, celui de BOULOUBASSI *et al.* (2006) qui soulignent l'importance des apports en HAP du fait de ces apports en mer Ligurienne (Méditerranée), et celui de OZTURK *et al.* (2006) qui évoquent plus généralement la forte contamination en hydrocarbures totaux à proximité des routes pétrolières en mer Egée (Méditerranée). Beaucoup d'autres publications traitent en revanche la contamination induite par l'introduction régulière de petites quantités d'hydrocarbures en zone côtière⁴⁸. Le suivi de la contamination des eaux marines et côtières suite au déversement de fioul lourd induit par le naufrage du *Prestige* a révélé que la contamination des estuaires galiciens (rias de Arousa et de Vigo) en HAP étaient surtout due au trafic des navires et aux activités industrielles présentes dans ces endroits (CARRO *et al.*, 2006). C'est d'ailleurs généralement à l'embouchure d'importants bassins versants que de fortes contaminations en HAP sont relevées, à la fois parce qu'ils abritent souvent de grands ensembles portuaires mais aussi et surtout parce qu'il s'agit d'espaces industrialisés et urbanisés (baie de Seine en Manche [FERNANDES *et al.*, 1997] ; le Verdon dans l'estuaire de la Gironde, golfe de Gascogne [SOCLO *et al.*, 2000] ; Milford Haven au pays de Galles, canal Saint Georges [WOODHEAD *et al.*, 1999] ; Santander en Espagne, golfe de Gascogne [VIGURI *et al.*, 2002] ; baie d'Algeciras, détroit de Gibraltar [MORALES-CASELLES *et al.*, 2007] ; etc.). Si les effets toxiques de ces accumulations de sources diverses dans l'environnement (eaux [surface, colonne], sédiments et organismes vivants) sont à ces occasions souvent évoqués près des rivages, ceux des rejets mineurs situés en haute mer le sont plus rarement, très certainement parce que la dispersion de la majeure partie des produits déversés est rapide et que les formes résiduelles s'échouant au rivage sont éparées et ont perdu leurs fractions légères (les plus toxiques). Là encore, on trouve donc peu de références concernant les effets des rejets opérationnels des navires et ce critère, pour justifier leur prise en compte, n'est pas, semble-t-il, le plus pertinent.

133. Quelques exemples de dommages écologiques observés à l'occasion de pollutions pétrolières

Tous types d'effets dommageables ont été constatés à l'occasion des très nombreux déversements survenus durant ces quarante dernières années de par le monde. L'ampleur des atteintes dépend à la fois du volume déversé, de la nature du rejet, de la situation du rejet, de la sensibilité des objets environnants, de leur degré d'exposition au polluant, du climat et de quantités d'autres facteurs. Les premiers impacts sur les organismes vivants sont provoqués par la perte de lumière, l'engluement, la contamination chimique, etc. Aux perturbations observées à court terme succèdent celles, souvent moins signalées faute de suivis prolongés, des effets différés (à long terme). Trois phases se succèdent en général dans le cas des pollutions observées en zones intertidales et subtidales : une phase de contamination aiguë de quelques semaines qui provoque parfois des mortalités massives ; une phase de stabilisation et de décontamination chimique ; et enfin, une phase de recolonisation et de restructuration des peuplements (LAUBIER, 1991). La restauration biologique d'un écosystème commence dès lors que la toxicité et les autres effets induits par le déversement d'hydrocarbures (engluement, etc.) déclinent jusqu'à un niveau devenu tolérable pour les espèces les plus résistantes (BAKER *et al.*, 1990 in KINGSTON, 2002) et la succession des phases décrites ci-dessus est généralement d'autant plus rapide que la côte polluée est exposée, en raison de l'action des vagues qui remobilisent et dispersent rapidement le polluant (HAYES, 1996), mais aussi parce que les cycles de vie des communautés végétales et animales qui y sont présentes sont souvent plus éphémères, et qu'elles se renouvellent donc plus rapidement (KINGSTON, 2002). Tous types d'organismes peuvent donc être affectés à l'occasion de ces événements (poissons, crustacés, mollusques gastéropodes, avifaune marine, etc.) mais l'étendue des impacts est diverse suivant les biocénoses, leurs dynamiques, les types de substrat et la zone affectée (subtidale et intertidale, exposée et abritée : BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005).

L'un des effets attendus sur les organismes vivants lors de volumineuses introductions d'hydrocarbures à l'océan est une phase de mortalité massive et immédiate des invertébrés présents en

⁴⁸ Il s'agit dans les cas évoqués ensuite d'introduction de HAP par toutes sortes d'agents : accidents lors des opérations portuaires de navires, retombées atmosphériques, eaux de ruissellement, etc.

zone intertidale du fait de la contamination chimique des eaux (phase de toxicité aiguë). La diversité en la matière est au rendez-vous. Pour ne citer que deux exemples, la biomasse détruite par la pollution de l'*Amoco Cadiz* fut évaluée par CHASSE & MORAN (1978) à 260 000 tonnes d'invertébrés en poids frais brut (avec coquilles), alors que, durant la pollution de l'*Erika*, des échouements de cadavres ont bien été observés en janvier 2000 dans les zones les plus fortement polluées, mais seules quelques situations de mortalité spécifique importantes ont localement été recensées comme les oursins en presqu'île Guérandaise (Piriac) qui sont très sensibles à de courtes et importantes expositions d'hydrocarbures (LAUBIER *et al.*, 2004). La structure des peuplements démersaux et benthiques des baies et estuaires situés du Morbihan à la Vendée n'a pas non plus été endommagée sensiblement, seules quelques espèces étant éprouvées de manière localisée et fugace (DESAUNAY & GUERULT, 2004).

Selon LAUBIER (1991), sept années ont été nécessaires à la suite du déversement de l'*Amoco Cadiz* pour que le peuplement d'une plage de l'Aber Wrac'h (plage de Brouennou) retrouve « une composition et une structure très voisine de la situation précédant la perturbation ». La pollution consécutive au naufrage du *Eleni V* est également intéressante. Ce navire citerne grec fut littéralement coupé en deux par un cargo français à 6-7 milles nautiques au large des côtes de Norfolk (mer du Nord, sud est de l'Angleterre) et déversa dans ces circonstances près de 3 000 tonnes de fioul lourd qui polluèrent lourdement environ 35 kilomètres de côte. Comme lors de l'*Erika*, une tempête survenue en février 1979 remobilisa les hydrocarbures piégés dans la plage (jusqu'à une profondeur de 3 mètres) et ceux-ci recontaminèrent les eaux côtières environnantes (BLACKMAN & LAW, 1980a). Il ne fut cependant constaté aucune modification notable des composantes biotiques (en terme d'abondance) au regard d'études effectuées lors des années précédentes (BLACKMAN & LAW, 1980b), et les concentrations en hydrocarbures totaux, demeurées élevées durant plus d'une année, retrouvèrent des niveaux comparables à ceux précédant la pollution, 300 à 400 jours après le nettoyage complet des littoraux pollués. Selon ces auteurs, les seuls impacts notables furent dus à l'engluement (BLACKMAN & LAW, 1981). Les temps de restauration sont donc tout aussi divers selon les caractéristiques des événements considérés. Le CEDRE (1998) estime qu'en fonction de la sensibilité de la zone, les délais de retour à l'équilibre s'échelonnent de 2 à 6 ans dans les secteurs où l'hydrodynamisme est fort et de 10 à 25 ans dans les endroits où il est faible (marais littoraux par exemple) (CEDRE, 1998 *in* BASTIEN VENTURA *et al.*, 2005).

L'une des communautés pélagiques parmi les plus sérieusement affectées lors de ces événements polluants sont les oiseaux marins. Il n'existe pas cependant de relations entre le volume d'hydrocarbures déversé et le nombre d'oiseaux mazoutés (BURGER, 1993). L'avifaune marine, relativement épargnée lors de la pollution de l'*Amoco Cadiz* (4 572 oiseaux mazoutés ramassés au rivage et une mortalité globale estimée à environ 20 000 individus : BURGER, 1993), a été fortement touchée lors de la pollution de l'*Erika*. La forte mortalité produite durant cet événement faisant de cette pollution pétrolière l'une des plus meurtrières en la matière (mortalité globale estimée à environ 110 000-150 000 individus [83 % de guillemots de Troil⁴⁹] : CADIOU, 2005). Un rejet important comme celui du *Braer* (≈ 80 000 tonnes) n'a provoqué l'échouement que d'environ 1 500 oiseaux (HEUBECK, 1997 *in* KINGSTON, 2002) tandis que la pollution survenue à la suite du naufrage du *Tricolor* (14/12/2002, détroit du Pas-de-Calais), d'un volume de seulement 170 tonnes, a entraîné l'échouement d'environ 20 000 individus (mortalité globale estimée à 40 000-100 000 oiseaux : CAMPHUYSEN & LEOPOLD, 2004). La question des effets induits par ces événements sur les populations fait toujours débat. Certains auteurs voient la pollution de l'*Erika* et d'autres événements antérieurs (*Aegan Sea*, 03/12/1992, ≈ 79 000 tonnes ; *Sea Empress*, 15/02/1996, ≈ 73 000 tonnes ; *Prestige*, 13/11/2002, ≈ 63 000 tonnes) comme des perturbations manifestes à l'échelle des populations (doublement de la mortalité hivernale des guillemots de Troil durant ces quatre événements : VOTIER *et al.*, 2005), tandis que CADIOU (2005) relativise la portée de la pollution l'*Erika*, constatant, cinq années plus tard, qu'il n'y a pas eu de déclin majeur de la population de guillemots de Troil qui soit attribuable à cet événement à l'échelle des colonies de Bretagne, de Grande Bretagne ou d'Irlande.

⁴⁹ *Uria aalge*.

134. Quelques exemples de dommages socio-économiques observés à l'occasion de pollutions pétrolières

Tous types d'usages marchands et non marchands, à la condition qu'ils dépendent plus ou moins directement de l'exploitation de la mer ou du littoral, sont également contrariés (pêche à pied, pêche côtière, tourisme, etc.). Nous n'allons pas procéder ici à la description de l'ensemble des effets recensés dans la littérature, ce serait long et hors de propos dans le cas présent, mais seulement insister, à partir de quelques exemples choisis, sur la singularité de quelques événements polluants puis comparer, une nouvelle fois, les effets des rejets majeurs et mineurs.

Les introductions d'hydrocarbures peuvent également provoquer des dommages aux ressources halieutiques, aux ressources patrimoniales et induire des pertes d'aménités⁵⁰ pour les usagers de ces espaces. On retrouve là encore la même diversité de situations, l'ampleur des nuisances observées dépendant d'une multitude de facteurs.

Les rejets d'hydrocarbures les plus volumineux ont parfois des effets majeurs sur l'industrie de la pêche. L'impact de la pollution du *Braer* sur cette activité fut par exemple particulièrement lourd en raison de la dimension importante de cette industrie localement (23 % de l'emploi total : GOODLAD, 1996). A l'inverse, bien que des baisses de captures aient été observées au début de l'année 2000 dans les criées lors de la pollution de l'*Erika*, la pêche côtière ne fut pas beaucoup affectée en raison de l'activité réduite durant les mois d'hiver (DESAUNAY & GUERAULT, 2004). La ressource halieutique ne fut également pas plus endommagée car, d'une part, les tempêtes de fin décembre 1999 (*Martin* et *Lothar*), associées à des coefficients de marée de vives-eaux, transfèrent une grande partie du polluant vers les hauts niveaux de l'estran, loin des habitats sensibles pour les poissons et, d'autre part, les panaches de turbidité créés au débouché des estuaires de la Loire et de la Vilaine furent, lors des mois suivants, particulièrement étendus en raison des fortes précipitations enregistrées lors de l'année 2000, débordant ainsi largement les zones polluées et protégeant les frayères et la plupart des juvéniles (DESAUNAY & GUERAULT, 2004).

L'autre activité qui est souvent fortement affectée à l'occasion de rejets d'hydrocarbures de navires est le tourisme. Il est difficile d'apprécier exactement l'influence d'un événement polluant sur cette activité car elle est très fluctuante et sensible à de nombreux facteurs (météorologie, 35 heures, etc. : DEPOID, 2004). En outre, ce ne sont pas seulement les communes les plus directement touchées par une pollution qui voient leur fréquentation touristique diminuer, mais souvent l'ensemble des communes littorales environnantes, et ce d'autant plus quand les visiteurs habituels viennent de destinations lointaines et qu'ils s'imaginent, *via* le filtre médiatique, une région entièrement recouverte d'hydrocarbures. Lors de la pollution de l'*Erika*, MASSEAU (2003) a évalué la désaffection touristique des communes et communautés de commune de l'ensemble de la façade atlantique polluée (de la Charente-Maritime jusqu'au Finistère) d'après les pertes de chiffre d'affaire monétique et les variations des volumes d'ordures ménagères collectées entre les saisons touristiques 1999 et 2000. Au-delà des diminutions sensibles de ces deux variables dans les endroits fortement touchés par les échouements d'hydrocarbures, on constate, de façon plus surprenante, des réductions dans des lieux peu ou pas affectés par des arrivages de fioul au rivage (MASSEAU, 2003), un phénomène également mis en valeur à la suite de la pollution de l'*Amoco Cadiz* (BONNIEUX & RAINELLI, 1982). Enfin, dans le cas particulier de l'*Erika*, le déficit d'attractivité touristique peut être raisonnablement attribué à cette pollution pétrolière. Cependant, des opérations de nettoyage excessif (ratissages « compulsifs ») largement médiatisés ont pu également contribuer à retarder la réouverture des plages (dérive hygiéniste : FICHAUT & PONCET, 2001). L'amplification du préjudice ressenti par voie médiatique est d'ailleurs, semble-t-il, assez récurrent lors d'événements de ce type. HIPPOLYTE-MANIGAT (1972) souligne à propos de la pollution du *Torrey Canyon* (18/03/1967, ≈ 122 000 tonnes, Cornouailles anglaise et Bretagne nord), que le manque à gagner dont fut victime l'industrie de la pêche (8 à 9 millions de francs 1967) n'était pas dû tellement à la destruction des fonds de pêche, des viviers, des parcs à huîtres, des réserves de crustacés, mais à la mévente générale des produits de la mer enregistrée pendant quelques mois, et dont la cause résidait, selon cet auteur, « dans la psychose

⁵⁰ L'aménité désigne au départ l'agrément d'un lieu (BRUNET *et al.*, 1992). Ce terme est aujourd'hui repris selon BRUNET *et al.* (1992) « pour insister sur la qualité du cadre de vie après le fonctionnalisme productiviste des années de forte croissance » (Trente glorieuses).

générale de contamination ressentie par la population, qui croyait, plus à tort qu'à raison, que ces produits étaient rendus nocifs par le mazout » (HIPPOLYTE-MANIGAT, 1972). Lors de la pollution du *Braer*, le dommage le plus manifeste selon certains des acteurs de la vie économique locale fut surtout la « pollution médiatique » (plus de 600 journalistes et naturalistes : GOODLACH, 1996). S'il y a parfois amplification, cela ne doit pas cependant éluder la réalité des dommages.

Nous avons donné ici qu'un très bref et très incomplet aperçu de quelques effets dommageables des rejets d'hydrocarbures des navires en évoquant seulement, une nouvelle fois, le cas des déversements et des échouements les plus volumineux. C'est que là encore, la littérature n'est pas particulièrement prolifique sur le cas particulier des rejets mineurs. Quelques auteurs évoquent les désagréments attribuables aux rejets mineurs et chroniques. FEVRE (1999) qualifie un rejet opérationnel de véritable « attentat touristique » car les hydrocarbures déversés polluent fortement une plage en plein été (Méditerranée). HALL (2000) et POUPON (2004) soulignent les difficultés induites par le nettoyage et la gestion des hydrocarbures échoués à la côte qui sont sources de coûts supplémentaires pour les collectivités littorales, rien de comparable cependant avec les « marées noires » évoquées précédemment. En fait, la principale conséquence de ce type d'introduction est le mazoutage de l'avifaune marine. MONNAT (1979) mentionne une étude sur la mortalité annuelle européenne des oiseaux de mer qui fait état d'une estimation de 150 000-450 000 oiseaux tués par les pollutions pétrolières chroniques en Europe durant l'année 1967 (TANIS & BRUYNS, 1968 *in* MONNAT, 1979), et il ajoute que cette estimation est, selon lui, très certainement optimiste. WIESE & ROBERTSON (2004) estiment aujourd'hui que les rejets opérationnels des navires déciment environ 315 000 individus (\pm 65 000 individus) chaque année (1998-2002) au sud de la Nouvelle-Ecosse, soit l'équivalent des effets de deux *Erika* chaque année : voici donc l'impact majeur des rejets mineurs et chroniques.

14. Définition des notions d'événement polluant et d'exposition dans cette étude

141. La notion d'événement polluant

Pour se départir du manque d'information sur les conséquences induites par des rejets de faibles volumes en haute mer, et du fait de l'incertitude entourant plus généralement la problématique des effets à long terme (déversements de tous volumes), toute introduction d'hydrocarbures est ici considérée comme un événement (potentiellement) polluant en raison de la toxicité (intrinsèque) des produits déversés, et ce, indépendamment du volume introduit et de ce qui est jugé « dommageable ». On suppose, en effet, que cet apport, quel que soient son volume et sa nature (essence, huiles de graissage, brut, eaux mazouteuses, etc.), peut être apparenté, *a priori*, à un événement polluant, car il interfère, de façons diverses et plus ou moins perceptibles, sur les dynamiques initiales de fonctionnement du système récepteur (écosystème et dans les cas les plus extrêmes, sur les systèmes sociaux dépendants [dans les deux cas, de l'individu jusqu'à la population]), en le déviant, momentanément ou durablement, directement ou de façon différée, de son comportement « pré-déversement ».

142. La notion d'exposition

La définition du rejet comme introduction d'hydrocarbures suivie d'effets, qu'il soit opérationnel ou accidentel, très volumineux ou peu volumineux, a des incidences sur la mesure de l'exposition. Elle est définie dans le langage courant, comme « l'action de soumettre (un élément) à l'effet (d'un autre élément) » (Dictionnaire de la Langue Française, 1980), et elle recouvre, dans le cas présent, tous les contacts observés entre hydrocarbures et environnement naturel (mer et littoral). Quand nous évoquons l'exposition d'un espace, il s'agit cependant d'un raccourci linguistique. Ce n'est pas l'exposition de l'espace considéré que nous évaluons mais celle des objets le constituant, c'est-à-dire tous ceux en position d'être atteint. Précisons également qu'elle n'est pas appréhendée sous l'angle écotoxicologique *a contrario* d'autres auteurs (en terme de concentration/réponse : LE ROY &

MAES, 2006). Caractériser le degré d'exposition d'un espace strictement défini (c'est-à-dire des objets le constituant) consiste alors à évaluer, pour une période déterminée, le nombre, le volume et la répartition des événements provoquant l'entrée d'hydrocarbures en mer ou au rivage. Notre notion de l'exposition est donc très large et, conscient que les effets sont, en général, d'autant plus dommageables et fortement ressentis que le point d'écoulement est proche de la côte (rejet majeur ou mineur), nous procédons à une distinction entre exposition littorale et marine lorsque c'est possible. Avant d'exposer les différentes méthodes mises en œuvre pour évaluer l'ampleur de ces entrants (nombre et volume), il est nécessaire de préciser l'importance du contexte environnant sur leur dynamique d'émergence et sur leur répartition.

2. De l'influence du contexte environnant sur les rejets d'hydrocarbures des navires : transport maritime et contexte hydroclimatique

Le contexte environnant recouvre tous les objets qui contribuent, directement ou indirectement, au degré d'exposition d'un espace (eaux marines et littorales) aux rejets d'hydrocarbures des navires, en influençant la répartition (ou la perception de cette répartition) ou l'émergence des événements polluants. Deux facteurs sont souvent cités dans la littérature scientifique consultée : la géographie du transport maritime et le contexte hydroclimatique. Paradoxalement, le troisième facteur, l'accidentologie des navires, tout aussi essentiel que les éléments évoqués ci-dessus, n'est de façon surprenante, quasiment jamais abordé. Nous n'avons trouvé qu'une seule étude menée sur les risques induits par le transport maritime d'hydrocarbures autour du Royaume-Uni qui prenne en compte ce facteur (OWEN, 1999). Le grand intérêt de ce travail est qu'il considère simultanément la géographie des routes maritimes d'hydrocarbures, les accidents de pétroliers et les rejets causés dans ces circonstances, c'est-à-dire l'ensemble de la chaîne circonstancielle. Nous n'évoquerons pas davantage cet aspect pour l'instant. Précisons juste qu'il nous a semblé indispensable, pour le cas particulier des rejets accidentels des navires, de procéder à une étude détaillée de l'accidentologie de la flotte évoluant en Europe (espace Atlantique, mer du Nord et mer Baltique). Nous n'allons donc aborder ici que l'influence du cadre hydroclimatique et de la géographie du transport maritime sur les rejets d'hydrocarbures des navires.

21. L'influence du mauvais temps

211. L'influence du mauvais temps sur les conditions de détection des rejets mineurs à la surface de la mer

Nous avons vu que de nombreux travaux ont mis en perspective l'influence des vents, des courants (courants de marée et courants océaniques) et des eaux marines (températures, turbidité, etc.) sur les transports horizontaux et verticaux des pétroles et produits pétroliers déversés en mer. Il est une particularité cependant que nous n'avons pas encore abordée, c'est la réduction des plages de détection des rejets mineurs en mer. Tous les processus évoqués jusqu'à présent rendent, en effet, difficile l'observation des hydrocarbures à la surface des eaux marines. Leur persistance (et/ou leur visibilité) varie considérablement suivant la nature des produits déversés et les phénomènes de fragmentation, de dispersion voire de dissolution sont d'autant plus rapides que les vents sont forts et la mer agitée. Plusieurs auteurs ont ainsi montré que des vents supérieurs à 8-10 m/s réduisent drastiquement les possibilités de détection aérienne et satellitaire des hydrocarbures en mer. Ils ont également émis l'hypothèse que les navigants pouvaient profiter des mauvaises conditions météorologiques pour vidanger plus sereinement (GADE & ALPERS, 1999; JOLLY *et al.*, 1999 ; VOLCKAERT *et al.*, 2000). On peut supposer que le contexte hydroclimatique est, avec le niveau de surveillance aérienne ou satellitaire, un facteur essentiel à considérer lorsque l'on tente d'estimer le degré d'exposition d'un

espace marin ou littoral d'après ce type de données, surtout si l'on envisage des comparaisons régionales.

212. L'influence du mauvais temps sur l'accidentologie des navires

Le rejet accidentel étant l'un des aboutissements possibles des accidents de navire, il importe de considérer l'influence du mauvais temps (événements tempétueux et visibilité réduite) sur les conditions de navigation, quelle que soit la taille des navires considérés. Ce phénomène est peu évoqué comme facteur d'accident dans la littérature actuelle. C'est très certainement parce que l'avarie d'un bâtiment résulte très souvent de l'interaction d'événements divers que la grande majorité des auteurs préfèrent s'intéresser aux facteurs techniques et humains⁵¹, c'est-à-dire des variables maîtrisables. Ce ne fut cependant pas toujours ainsi. Appareiller hors de la période d'été était jugé par les Romains tellement déraisonnable qu'ils pratiquaient le *mare clausum*, et, de l'automne jusqu'au printemps, la flotte hivernait (LE CARRER, 2006). Certains historiens, conscients de l'influence de ce facteur sur la navigation, utilisent aujourd'hui les archives existantes sur les épaves recensées pour compléter les connaissances relatives à l'évolution des événements tempétueux les plus extrêmes survenus durant les siècles précédents (FORSYTHE *et al.*, 2000). Tout se passe aujourd'hui comme si ce facteur d'accident avait disparu, du moins de certaines statistiques. Alors que le LMIU⁵² considère cette cause comme déterminante dans 27 % des naufrages de navires à l'échelle mondiale (1^{ère} cause de naufrage des navires \geq 500 TJB, 1994-2001 : LMIU, 2002 in IUMI, 2002), le mauvais temps n'est évoqué comme cause directe d'avarie dans les données de l'OMI⁵³ que pour 1,1 % des cas recensés entre 2000 et 2002, mais la présence de conditions météorologiques dégradées durant l'accident est, en revanche, signalée pour 13,7 % de ces événements (valeur calculée d'après l'examen de 1 387 avaries de navires \geq 100 TJB⁵⁴, 2000-2002 : OMI [2002, 2004a, 2004b])⁵⁵. En termes de rejets volumineux d'hydrocarbures, seul un naufrage de pétrolier est directement attribué, à notre connaissance, à une très forte tempête (l'unique cause répertoriée est une vague immense) : le *Cretan Star* disparu dans l'océan Indien à environ 400 milles nautiques au sud de Bombay (36 morts \approx 28 000 tonnes de pétrole brut déversé : BERTRAND, 1979)⁵⁶.

⁵¹ Des facteurs qui sont plus intéressants à considérer dans une logique processuelle (causes profondes), au regard notamment de l'évolution du contexte socioéconomique du transport maritime à l'échelle mondiale (voir partie 2, chapitre 3). Nous les évoquerons cependant rapidement dans la seconde partie en terme de causes directes d'accident.

⁵² LMIU : Lloyd's Maritime Institute of Underwriters.

⁵³ OMI : Organisation Maritime Internationale.

⁵⁴ TJB : Tonneaux de Jauge Brute.

⁵⁵ TOFFOLI *et al.* (2003) rapportent, d'après l'analyse des accidents de navires \geq 100 tjb sur la période 1995-1999 qu'environ 13 % de ces avaries ont lieu lorsque la hauteur significative des vagues est supérieure à 5 mètres (analyse menée d'après les données du LLOYD'S). Précisons aussi qu'une aussi importante différence entre les statistiques de l'OMI et celles du LMIU n'est pas seulement due au fait que les périodes ne se recouvrent pas totalement et que l'un considère les accidents (dommageables et très dommageables) et l'autre les naufrages. Cette différence est d'autant plus aberrante que les données utilisées par ces deux organismes sont issues pour partie de la base de données du Lloyd's.

⁵⁶ Le cas du *World Horizon* (au large de Cape Town, Afrique du Sud) est parfois cité mais, selon DEVANNEY (2006a), la perte d'une partie de son étrave est liée autant à la corrosion avancée du navire qu'au mauvais temps. Précisons que c'est également le cas des naufrages du *Tanio* (1980, Manche), de l'*Erika* (1999, golfe de Gascogne), du *Prestige* (2002, bassin Ibérique) et de quantité d'autres naufrages.

Planche photographique n°1. 1. Un chimiquier de 170 mètres en fuite dans une forte tempête

(Pacifique nord, 20 octobre 1977, vague de plus de 22 mètres)



L'ESA (European Spatial Agency) affirme cependant que, durant les deux dernières décennies, ce ne sont pas moins de 200 navires citernes et porte-conteneurs de plus de 200 mètres qui ont disparu en raison du mauvais temps. Ces disparitions ont été attribuées pour majeure partie au phénomène des vagues scélérates (*rogues wave* ou *freak wave*) (ESA)⁵⁷, c'est-à-dire des vagues dont la hauteur et/ou la cambrure est exceptionnelle par rapport aux conditions de mer de l'instant (TOFFOLI *et al.*, 2003). D'après l'analyse d'environ 30 000 images satellites SAR⁵⁸ acquises dans le cadre du programme de recherche Maxwave, ROSENTHAL *et al.* (2003) ont observé à l'échelle planétaire une dizaine de vagues de plus de 25 mètres en seulement trois semaines. Il semble, d'après les résultats de leurs travaux, que ces vagues gigantesques sont un phénomène bien plus fréquent qu'imaginé jusqu'alors (de faible occurrence néanmoins), certainement parce que peu de navires en sortent indemnes et que, par conséquent, les témoignages et photographies de tels phénomènes sont rares (Planche photographique n°1. 1). LIU (2007) a récemment procédé au recensement, dans la littérature, des navires accidentés à ces occasions du XIX^e siècle à nos jours. Ses résultats, particulièrement intéressants témoignent, selon nous, d'une évolution : la (re)découverte d'un phénomène longtemps considéré comme des affabulations de marins enivrés. Alors que l'auteur ne fait mention au XIX^e siècle que de 5 avaries de navires du fait de vagues gigantesques, il recense 28 événements de cette nature au XX^e siècle et 12 pour la seule période 2000-2006 (LIU, 2007).

Notons enfin que la répartition du mauvais temps n'est pas homogène et certaines régions sont bien plus exposées que d'autres à ce phénomène. Pour le phénomène des vagues surdimensionnées évoqué ci-dessus, les endroits propices à leur genèse sont ceux où les champs de houles rencontrent frontalement les courants océaniques (courant des Aiguilles au large de l'Afrique du Sud, Gulf Stream à l'approche des bancs de Terre-Neuve, etc.) et, plus largement, les régions situées en bordure des marges continentales (Cap Horn, golfe de Gascogne : SHOM, 2003 ; TOFFOLI *et al.*, 2003 ; ROSENTHAL *et al.*, 2003). La répartition des tempêtes est tout aussi contrastée mais, en revanche, la géographie de « ces systèmes baroclines de basse pression » (TABEAUD, 2006) est bien connue depuis la moitié du XIX^e siècle (CHANG *et al.*, 2002). Ils sont essentiellement situés aux moyennes et hautes latitudes des deux hémisphères. Dans l'Atlantique nord par exemple, le « rail des

⁵⁷ http://www.esa.int/esaCP/SEMOKQL26WD_index_0.html

⁵⁸ Synthetic Aperture Radar : satellites ERS 1 et ERS 2 de l'ESA.

dépansions »⁵⁹ commence dans la région de Terre-Neuve (Atlantique du Nord-Est, Canada) et sa position, étroitement associée à celle du courant jet⁶⁰, est généralement comprise entre 50 et 55° de latitude nord. Il génère des systèmes dépressionnaires qui traversent l'Atlantique d'ouest en est. Seuls quelques-uns atteignent l'Europe du Nord-Ouest car beaucoup meurent au-dessus de l'océan (BESSEMOULIN, 2002). Ce phénomène est, dans cette région du monde, particulièrement redouté des gens de mer car nombre d'épisodes de ce genre ont été provoqués par le passé de véritables hécatombes dans cette communauté (LAMB, 1991 ; LE MOING, 2005).

Nous ne saurions dire au final si les statistiques mondiales de l'OMI (2000-2002), exposées au début de cette section, reflètent réellement l'importance du facteur météorologique sur l'accidentologie de la flotte navigante. On peut, en revanche, affirmer que la croyance qui veut que l'agrandissement des navires et leur technicité de plus en plus avancée les prémunissent totalement de l'influence du mauvais temps est illusoire. A l'augmentation de la longueur moyenne des unités correspond celle de leur tirant d'air, un phénomène qui n'est pas sans conséquence sur la stabilité des navires par mer formée, surtout lorsqu'ils prennent la houle de travers⁶¹, et sur leur manoeuvrabilité par vents forts⁶². La visibilité réduite demeure également une contrainte pour la conduite des navires⁶³, notamment dans les régions maritimes où la circulation est dense, et ce, malgré le développement des outils d'aide à la navigation. L'influence du mauvais temps sur l'accidentologie des navires est donc certainement très variable suivant les régions considérées et ce facteur mérite, à ce titre, d'être étudié aux échelles régionales et locales.

22. L'influence du transport maritime

Le transport maritime influence de diverses façons les caractéristiques des rejets d'hydrocarbures des navires (répartition, volume, conditions d'urgence, etc.). Globalement, la proximité des principales routes maritimes par rapport aux côtes participe à la concentration des rejets dans ces endroits. Plus localement, cette répartition n'est toutefois pas uniforme. Elle dépend, aux échelles régionales et locales, de la situation des points de passages obligés, de la géographie portuaire et des caractéristiques du trafic qui y transite (types de navires et de marchandises, etc.).

22.1. Géographie des routes maritimes

De nombreuses études réalisées ces trente dernières années ont noté l'influence de la géographie des routes maritimes sur la répartition des rejets d'hydrocarbures des navires. A l'échelle mondiale, les déversements les plus volumineux (≥ 700 tonnes), survenus à la suite d'avaries de pétroliers, se concentrent près des grandes routes maritimes du pétrole (1960-2002 : VIEITES *et al.*, 2004 ; 1970-2004 : BURGHERR, 2007) et les observations de formes résiduelles d'hydrocarbures dérivant à la surface de la mer (gouttelettes, boulettes, etc.) sont plus nombreuses dans les zones où la circulation est importante (IGOSS⁶⁴ Pilot Project on Marine Pollution Monitoring : LEVY, 1984 *in* GESAMP⁶⁵, 1993). Cette relation a également été constatée à plus grande échelle sur quelques océans et plusieurs mers régionales du globe avec différentes méthodes d'observations (filets⁶⁶, observations effectuées par des navires, observations aériennes ou observations satellitaires) (océan Pacifique : WONG *et al.*, 1976 ; océan Indien : SEN GUPTA & KUREISHI, 1981 ; Asie du sud-est [déroit de Malacca, mer de Java, golfe de Thaïlande, mer de Chine, etc.] : LU, 2003 ; Europe [mer Baltique, mer du Nord et golfe du Lion en Méditerranée] : GADE & ALPERS, 1999 ; Méditerranée : FERRARO *et al.*, 2007).

⁵⁹ Ou « lit perturbé », équivalent de l'anglais « *storm track* » (BESSEMOULIN, 2002).

⁶⁰ « Un rapide tube de vents très forts d'ouest situé vers 8-10 km d'altitude » (BESSEMOULIN, 2002).

⁶¹ Avec les conséquences induites : désarrimage de cargaison, forte gîte, jusqu'au chavirement parfois.

⁶² Signalons d'ailleurs que l'augmentation de la puissance des moteurs n'est pas proportionnelle à celle de leur tonnage.

⁶³ Car source de stress supplémentaire dans un environnement (le navire) où les charges de travail sont élevées, les équipages sont réduits, les cas d'extrême fatigue sont courants, etc. (voir partie 2, chapitre 3).

⁶⁴ IGOSS : Integrated Global Ocean Station System.

⁶⁵ GESAMP : Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution.

⁶⁶ Filets de surface utilisés en temps normal pour l'étude des zooplanctons et modifiés de manière à récupérer les résidus flottants (boulettes et gouttelettes de goudrons notamment) le long de transects.

Selon WANG & CORBETT (2005), les deux tiers des transits de navires de la flotte commerciale mondiale s'effectuent à moins de 200 milles nautiques des rivages (période 1983-2002) et cette répartition des voyages participe à la concentration des rejets près des côtes. Les rejets accidentels de pétroliers sont, par exemple, situés pour moitié dans les écorégions marines⁶⁷ (période 1970-2004, rejets accidentels de pétroliers ≥ 700 tonnes : BURGHERR, 2007)⁶⁸, de vastes biomes dont la sensibilité écologique est élevée (DUDA & SHERMAN, 2002)⁶⁹, et sont plus fortement concentrés encore près des principales zones d'exportation et d'importation de pétroles bruts (golfe Persique, golfe de Guinée, mer des Caraïbes, Europe du Nord-Ouest, etc. [période 1960-2002, rejets accidentels de pétroliers ≥ 700 tonnes : VIEITES *et al.*, 2004]). Plus localement, quasiment chaque point de passage obligé (détroits et canaux) ainsi que les secteurs alentours sont des espaces où l'intensité du phénomène « rejet » est significativement plus élevée que dans les régions environnantes (*hotspots*).

222. Points de passage obligés et goulets d'étranglement

Les détroits maritimes et canaux situés sur les grandes voies maritimes du pétrole, comme Malacca et Singapour, Dardanelles et Bosphore, Suez et Hormuz, Panama [et plus largement la mer des Caraïbes] (RODRIGUE, 2004), sont autant d'endroits qui ont été régulièrement affectés par d'importants rejets accidentels de pétroliers durant les cinquante dernières années (THIA-ENG *et al.*, 2000 ; RIMMER, 2003 ; BAZIN & PEROUSE, 2004 ; BERTRAND, 2000). Les accidents sont nombreux dans ces goulets d'étranglement et les volumes déversés parfois très volumineux en raison de la grande dimension des unités qui y transitent (VLCC, ULCC)⁷⁰, des navires pour la plupart engagés sur des voyages au long cours.

Au final, dès lors que la concentration des navires est forte (tous types de navires confondus), des indicateurs divers témoignent de l'intensité des rejets, notamment mineurs et chroniques, et parfois, des échouements au rivage, pour peu que les littoraux adjacents soient exposés aux vents et courants dominants. En ne prenant que l'exemple de l'océan Atlantique et des côtes environnantes, Bermudes (Atlantique du Nord-ouest) et Antilles néerlandaises (au sud de la mer des Caraïbes) ont leurs plages régulièrement recouvertes de boules goudronneuses (ADOLPHE *et al.*, 1995 ; BUTLER *et al.*, 1998). Les rejets chroniques d'hydrocarbures sont un problème récurrent le long des côtes du Brésil et d'Argentine (DEE BOERSMA, 1987 ; GARCIA-BORBOROGLU *et al.*, 2006) et les proportions d'oiseaux mazoutés observés sur les littoraux canadiens (Terre-Neuve : WIESE & RYAN, 2003) et européens sont particulièrement élevés (littoraux voisins de la mer du Nord : CAMPHUYSEN, 2005a) en comparaison d'autres régions où il existe des données similaires. Plus localement, les contrastes sont cependant très forts.

223. Réseau portuaire

La présence d'ensembles portuaires et leurs spécificités, volume et types de trafic notamment, sont également des facteurs d'exposition aux échelles régionale et locale. ADOLPHE *et al.* (1995) évoquent pour expliquer le goudronnage des littoraux d'Antilles néerlandaises, entre autres explications, la présence d'importants terminaux pétroliers au Vénézuéla. L'ouverture de ce type d'infrastructures s'est d'ailleurs traduite dans le passé par de considérables augmentations des rejets d'hydrocarbures aux alentours. Ce fut le cas, par exemple, au Brésil et en Argentine, où l'on a observé que l'accroissement des importations de pétroles bruts était fortement corrélé avec la hausse des niveaux de pollutions pétrolières observés (GARCIA-BORBOROGLU *et al.*, 2006). Plus généralement, le contexte portuaire environnant participe du niveau d'exposition aux rejets d'hydrocarbures des eaux marines et des littoraux voisins. Tous les navires sont susceptibles de rejeter des hydrocarbures et les volumes déversés peuvent être d'autant plus importants que les bâtiments ont de gros tonnages. Les grands ensembles portuaires attirent les navires les plus imposants et l'on peut

⁶⁷ LME : Large Marine Ecosystem.

⁶⁸ Selon P. Burgherr, environ 44 % des rejets accidentels de pétroliers ≥ 700 tonnes et environ 49 % du volume total d'hydrocarbures déversé par ces unités et dans ces conditions se sont produits dans ces régions (BURGHERR, 2007).

⁶⁹ Il s'agit d'espaces marins caractérisés par leur homogénéité bathymétrique, hydrographique, productive et trophique. Ces régions concentrent, par exemple, environ 95 % de la production halieutique mondiale (DUDA & SHERMAN, 2002).

⁷⁰ ULCC : Ultra Large Crude oil Carrier, VLCC : Very Large Crude oil Carrier.

supposer que le regroupement des trajectoires à leur approche augmente à la fois la densité des rejets opérationnels⁷¹ observés et les risques de rejets accidentels. Notons cependant que, là encore, de forts contrastes existent selon les situations locales considérées. Ces différences, hormis celles résultant de l'importance du trafic, sont essentiellement dues au niveau de surveillance (rejet [surveillance aérienne], trafic [VTS⁷²]) et à la disponibilité (obligation) de certains services portuaires (DST portuaires⁷³ et pilotage, présence, disponibilité et conditions d'utilisation de stations de réception des déchets et résidus d'hydrocarbures, etc.), des éléments de toute première importance sur lesquels nous reviendrons.

23. Conclusion

Cette revue de la littérature scientifique nous a permis d'apprécier l'influence du contexte environnant (transport maritime et cadre océanoclimatique) sur la répartition, la perception des événements (potentiellement) polluants et leurs conditions d'émergence.

La géographie du transport maritime tient un rôle essentiel. A l'échelle mondiale, la configuration générale des liaisons maritimes entre centres de production et de consommation (routes maritimes : fréquentation, flotte) influence la géographie des rejets. Plus localement, la situation des points de passage obligés (goulets d'étranglement, etc.) et des grands ensembles portuaires influencent les niveaux d'exposition régionale et locale des eaux marines et des littoraux alentours aux déversements d'hydrocarbures des navires. Le contexte océanoclimatique joue aussi un rôle considérable. Il détermine les dynamiques de dérive et d'échouement des hydrocarbures en mer, et l'exposition des littoraux est d'autant plus forte que les rivages sont orientés face aux vents et courants dominants. Les conditions hydrométéorologiques du moment conditionnent également l'étendue des plages d'observations aériennes et satellitaires des hydrocarbures à la surface des eaux marines, surtout lorsque les produits sont légers et déversés en faible quantité. Enfin, le mauvais temps est à la fois facteur d'accident (dont l'importance reste à déterminer) et, peut-être, un facteur de rejet volontaire si l'on suppose les navigants plus prompts à vidanger quand la mer est agitée. Le niveau d'exposition d'un espace défini (eaux marines et littoraux) aux rejets d'hydrocarbures est donc à l'aboutissement de toutes ces dynamiques.

3. De l'intérêt d'un référentiel géographique commun

L'objectif de ce travail, rappelons-le, est triple : évaluer l'exposition des littoraux bretons et des eaux marines avoisinantes (Manche et golfe de Gascogne) aux rejets d'hydrocarbures des navires ; comparer la situation observée à cette échelle avec celles des mers régionales environnantes pour apprécier les influences, régionale et locale, des facteurs susceptibles d'amplifier ou d'atténuer l'émergence et/ou la perception des événements (potentiellement) polluants (contexte environnant) ; et évaluer enfin les effets (adéquation et effectivité) des mesures réglementaires mises en œuvre pour réduire ces deux causes de rejets d'hydrocarbures aux échelles régionale et locale. Lors de la description des influences (avérées et supposées) du contexte environnant, nous avons mentionné plusieurs publications scientifiques à propos desquelles il est intéressant de faire quelques remarques. Nous ferons aussi référence, lorsque nécessaire, à d'autres travaux non mentionnés jusqu'à présent.

La plupart de ces études ont été menées, en totalité ou pour partie, dans le but d'apprécier l'ampleur des rejets d'hydrocarbures des navires (nombre, volume et répartition des entrants d'hydrocarbures et, parfois, évolution de ces variables dans le temps) et l'on constate que rejets opérationnels et accidentels des navires (ou déversements majeurs et mineurs⁷⁴) sont, la plupart du temps, traités

⁷¹ Dans l'hypothèse, très critiquable nous le verrons, que le comportement des équipages, s'ils rejettent volontairement des hydrocarbures, est similaire à l'approche des côtes et en haute mer.

⁷² VTS : Vessel Traffic Service (informations diffusées pour l'aide à la navigation).

⁷³ DST : Dispositif de Séparation du Trafic (voies maritimes qui doivent être empruntées par les navires dès lors qu'ils sont au-dessus d'une taille définie et/ou qu'ils transportent certains types de marchandises).

⁷⁴ Ces deux distinctions ne se recouvrent pas forcément.

distinctement⁷⁵. Cela se comprend au regard des circonstances d'apparition et des caractéristiques (volumes introduits, produits déversés et dommages [potentiellement] induits) de ces deux types d'événements (potentiellement) polluants qui sont fort différentes. Cependant, au-delà de ces dissemblances, la source de ces apports est similaire (les navires et, plus généralement, l'industrie maritime), les produits impliqués sont de même nature (hydrocarbures) et, si les causes directes diffèrent, les causes profondes embrassent, de notre point de vue, une logique commune (contexte socio-économique et cadre réglementaire [*soft law*]: partie 3, chapitre 1). En fait, il semble que la distinction opérée se justifie plus du point de vue pratique qu'analytique et qu'elle ait surtout été effectuée par le passé en raison de la disponibilité des données et des méthodes employées. Nous détaillons dans cette section les méthodes d'analyse les plus utilisées dans la littérature (à l'exception des approches « *top down* »⁷⁶) et leur intérêt puis nous discutons les conséquences induites en terme d'analyse. Les choix méthodologiques et les objectifs définis dans cette première partie sont ensuite justifiés.

31. Méthodes d'évaluation des rejets mineurs et majeurs : un traitement distinct

Les ampleurs des rejets mineurs et majeurs d'hydrocarbures ont été étudiées de manières diverses. Il existe des méthodes d'évaluation directe et indirecte. Nous allons commencer par exposer la technique employée pour les rejets accidentels puis nous évoquerons les méthodes d'évaluation utilisées pour les rejets mineurs (ou rejets opérationnels lorsque la source est connue).

311. Rejets accidentels : évaluation par recensement des événements signalés

Nous n'évoquons ici que les travaux menés sur les rejets accidentels de pétroliers car il existe peu d'études sur les déversements provoqués par des navires autres que les navires citernes, notamment lorsque ces navires sont de petites dimensions (navires ≤ 100 TJB : NAS/NRC [2003], GESAMP [2007]). Citons cependant quelques exceptions notables : les travaux d'ETKIN (1997) (≥ 34 tonnes) et de BERTRAND à l'échelle mondiale (1979, 2000) (≥ 500 tonnes) et ceux de l'ACOPS⁷⁷ à l'échelle régionale (Royaume-Uni : 2001, 2002, 2003, 2004, 2005) (tous volumes).

L'évaluation du nombre de rejets accidentels de pétrolier est fondée sur le recensement des événements signalés dans la littérature disponible (revues spécialisées [OSIR⁷⁸, Lettres du CEDRE⁷⁹, etc.], presse régionale, etc.). Si les déversements les plus volumineux ne passent généralement pas inaperçus en raison des dommages qu'ils causent, du moins en Europe⁸⁰, on peut en revanche se poser la question de l'exhaustivité des comptabilités effectuées pour les rejets plus mineurs. La convention MARPOL 73/78 a institué une procédure de comptes rendus obligatoires mais cette obligation n'entre en vigueur qu'en 1983. Avant cette année-là, seule la publication hebdomadaire depuis 1978 de la revue spécialisée « *Intelligence Oil Spill Report* » permet à notre connaissance de recenser les rejets d'hydrocarbures signalés.

⁷⁵ A l'exception notable des travaux de SCHALLIER (1998) et de LE ROY & MAES (2006).

⁷⁶ Les méthodes « *top down* », sur lesquelles nous reviendrons plus longuement dans la partie 3 (chapitre 1), adoptent une logique différente que celles auxquelles nous faisons ici référence. Alors que les méthodes que nous allons décrire reposent sur des observations ou des recensements de déversements en mer ou des observations de leurs manifestations au rivage (échouements de déchets et résidus pétroliers et d'oiseaux mazoutés), les méthodes d'évaluation « *top down* », utilisées pour évaluer l'ampleur des rejets opérationnels des navires aux échelles mondiales ou régionales, se basent sur les caractéristiques des flottes de navires (volume de la flotte, puissance moteur, quantités d'hydrocarbures transportées pour les pétroliers, etc.) et leurs comportements présumés vis-à-vis des réglementations existantes (c'est le cas, par exemple, des méthodes du NAS/NRC ou du GESAMP : voir NAS/NRC [2003] et GESAMP [2007]).

⁷⁷ L'ACOPS (Advisory Committee On Protection of the Sea) produit chaque année un rapport détaillé sur tous les entrants (observés/signalés, hydrocarbures et autres produits) dans les eaux marines sous juridiction du Royaume-Uni (plateau continental inclus).

⁷⁸ L'OSIR (« *Oil Spill Intelligence Report* ») est une publication hebdomadaire éditée depuis 1978. Les travaux d'ETKIN (1997) sont basés sur cette source.

⁷⁹ CEDRE (Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux).

⁸⁰ A.R. Bertrand, dans une publication de 1979, parle, à ce propos, des difficultés à obtenir certaines informations, notamment dans les zones *Aden-mer Rouge* et *Oman-golfe Persique* (BERTRAND, 1979). Il cite, à titre d'exemple, le cas d'un rejet accidentel d'environ 115 000 tonnes d'hydrocarbures (pétrolier *Sea Star*) situé dans le *golfe d'Oman* qui n'a été révélé au grand public qu'en 1978 alors que le déversement avait eu lieu six années auparavant (1972) (BUTLER, 1978 in BERTRAND, 1979).

Pour se départir de cette difficulté, il est d'usage chez les auteurs qui ont procédé au recensement des rejets accidentels de pétroliers (ANDERSON & LABELLE [2000], VIEITES *et al.* [2004], ITOFF [2005], BURGHERR [2007], etc.) de prendre seulement en compte, en raison du manque probant d'informations pour les rejets les moins volumineux, les entrants d'hydrocarbures situés au-dessus d'une limite volumétrique (préalablement ?) définie (et très diverse selon les études). Cette démarche permet de s'assurer que les recensements effectués, en termes de nombre d'événements, sont aussi proches que possible de l'exhaustivité pour un espace et une période déterminés. Il s'agit d'une condition nécessaire pour évaluer ensuite des tendances spatio-temporelles. Cette approche se justifie également parce que les rejets les plus volumineux représentent une proportion importante du volume total déversé quelle que soit l'échelle déterminée. Ne pas comptabiliser les événements mineurs ne modifie généralement pas beaucoup l'estimation du volume total déversé. Selon BURGHERR (2007), les rejets accidentels de barges et de pétroliers supérieurs ou égaux à 10 000 tonnes (24,3 % des rejets recensés ≥ 700 t.) correspondent à 84,9 % du volume total d'hydrocarbures introduits en mer dans ces circonstances durant la période 1970-2004 à l'échelle mondiale. Autre exemple, mais cette fois-ci à l'échelle d'un seul événement, le déversement consécutif au naufrage de l'*Amoco Cadiz* correspond, selon les données de l'ITOPF, à environ 58 % du volume introduit en mer par ce type de navire en 1978 (ITOPF, 2005). Si le volume des entrants d'hydrocarbures n'est pas considérablement affecté, cette démarche pose cependant problème lorsqu'il s'agit d'évaluer l'effectivité des mesures mises en œuvre pour réguler le nombre de rejets (ou les accidents). En outre, comment s'assurer, malgré l'établissement d'un seuil, que l'inventaire établi est optimal. Les auteurs qui se livrent à ce genre d'entreprises sont généralement peu prolixes sur ce sujet (VIEITES *et al.* [2004], ITOFF [2005], etc.). En fait, c'est tout simplement parce qu'il est impossible de vérifier cette condition. On peut supposer que ces auteurs estiment leur recensement complet dès lors que les sources qui leur sont accessibles ont été consultées et que leur inventaire ne présente pas de forme trop éloignée de celles mises en valeurs dans d'autres travaux (distributions spatiale et temporelle).

Toutes les études évoquées ici ont, en outre, été menées à l'échelle mondiale et sur plusieurs décennies. Les limites volumétriques d'exclusion sont donc généralement assez élevées (700 tonnes en général à l'exception des statistiques de l'ITOPF [7 et 700 tonnes] et d'ETKIN [≈ 34 tonnes voire moins dans certains de ses travaux]). Malgré la seule prise en compte des déversements de plus de 700 tonnes, VIEITES *et al.* (2004) et BURGHERR (2007) travaillent avec des populations de plusieurs centaines d'individus ($n = 410$; $n = 531$), une situation confortable d'un point de vue statistique pour étudier des phénomènes dont l'occurrence est rare localement. C'est d'ailleurs le principal avantage procuré par l'emploi de cette échelle spatio-temporelle. Elle présente aussi des limites. L'information disponible sur les événements les plus anciens est souvent de piètre qualité, surtout si ces événements sont peu volumineux et situés dans des régions du monde où la stabilité politique est relative. L'autre désavantage important, en termes d'analyse des causes directes d'accident, est que cela contraint à travailler uniquement sur les événements les plus volumineux (les plus dommageables pour les navires). Il existe ainsi, d'une part, un risque réel de généralisation « abusive » concernant les causes de rejets considérées comme les plus communes et, d'autre part, l'ensemble des facteurs contributifs de l'accident sont rarement mentionnés et ce qui est souvent rapporté comme cause de rejet n'est en fait que la conséquence d'un événement initial oublié (DEVANNEY, 2006c).

Si l'on veut se rapprocher d'un inventaire plus complet en considérant des rejets d'un volume plus faible, et, dans l'hypothèse que cette information existe⁸¹, il faut travailler à une échelle spatio-temporelle plus grande.

⁸¹ Et qu'elle est accessible. De nombreuses bases de données ne sont pas accessibles au public.

312. Rejets mineurs : évaluation à l'aide de méthodes d'observation *in situ* (directes et indirectes)

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation des rejets mineurs. Certaines recourent à des techniques directes d'observation des hydrocarbures en mer (observations aériennes et satellitaires), d'autres sont des méthodes indirectes comme les inventaires de formes résiduelles d'hydrocarbures ou le recensement des oiseaux mazoutés sur les plages.

Les observations satellitaires et aériennes sont aujourd'hui très couramment utilisées (observations aériennes : SERRA-SOGAS *et al.* [2008] pour la ZEE du Canada, VOLCKAERT *et al.* [2000] pour les eaux marines sous juridiction belge, etc. ; observations satellitaires : FERRARO *et al.* [2007] pour la Méditerranée, LU [2003] en Asie du Sud-est). Si elles sont intéressantes sur bien des aspects, elles sont cependant parfois difficilement interprétables en l'état. Les observations aériennes, employées dans divers pays européens depuis la fin des années 1980, permettent d'obtenir un nombre considérable d'informations sur l'aspect de la détection (nature, estimation du volume, etc.), mais elles sont en revanche coûteuses⁸². Leur couverture spatio-temporelle est, d'autre part, très souvent confidentielle, ce qui limite considérablement leur intérêt du point de vue géographique. L'emploi des informations produites par la technologie satellitaire ne présente pas ces deux contraintes. Cette technologie permet de surveiller de plus grands espaces sur un pas de temps régulier. En revanche, déterminer la nature de la détection est souvent difficile voire impossible dès que le vent moyen à la surface de la mer dépasse les 8-10 m/s et le type de produit observé n'est souvent confirmé qu'après l'envoi d'un avion ou d'un navire de surveillance sur zone⁸³. Lorsque ce complément d'information est manquant, les auteurs qui utilisent ces méthodes parlent en général de « *possible oil spills* » (FERRARO *et al.*, 2007). Enfin, la contrainte la plus importante est l'emploi très récent de cette technologie d'observation. L'état de référence est en construction et aucune possibilité d'évaluer l'évolution des rejets mineurs à moyen et à long terme n'est donc possible d'après cette information.

D'autres auteurs recourent localement à des méthodes plus indirectes pour évaluer l'ampleur des rejets mineurs: le recensement des boulettes et plaques mazouteuses (ADOLPHE *et al.* [1995], BUTLER [1998], etc.) et les inventaires d'oiseaux mazoutés échoués au rivage (*Beached Bird Surveys* [BBS]: CAMPHUYSEN [2005a], WIESE & RYAN [2003], etc.). Ces deux méthodes sont peu coûteuses mais nécessitent en revanche des protocoles bien définis et des moyens humains considérables pour visiter intégralement et régulièrement des secteurs littoraux dans leur totalité (plage, etc.). Elles produisent, semble-t-il, des résultats intéressants. BUTLER *et al.* (1998) corrèlent par exemple leurs observations de formes résiduelles d'hydrocarbures (exprimée en g/m²) sur les littoraux des Bermudes avec le volume introduit dans l'océan Atlantique nord (apports évalués d'après les données de l'OSIR et du GESAMP). Il n'existe cependant pas à notre connaissance de données de ce type pour les côtes européennes.

Des BBS ont, en revanche, été effectuées par le passé dans plusieurs pays européens : Lituanie (ZYDELIS *et al.* [2006]) ; Pologne (MEISSNER [1992]) ; Danemark (LARSEN *et al.* [2007]) ; Royaume-Uni (HEUBECK [2006]) ; Pays-Bas (CAMPHUYSEN [1998]) ; Belgique (SEYS *et al.* [2002a]) ; France (CADIOU [1995, 1996]) ; Portugal (GRANADEIRO & SILVA [1992]) ; etc. Il s'agit d'inventaires des oiseaux morts échoués au rivage menés à date régulière (le second week-end de février généralement). Les données obtenues, exprimées en pourcentage d'oiseaux mazoutés, permettent d'estimer le niveau des rejets mineurs d'hydrocarbures dans les eaux marines avoisinantes. Pour ce faire, il faut cependant prendre en compte de nombreux biais parmi lesquels la direction et la force des vents et courants dominants lors de l'enquête sont prépondérantes (CAMPHUYSEN, 1998 ;

⁸² Le coût d'une heure de vol pour un avion de surveillance est en France d'environ 3 000-4 000 € en 1999 (CLAYTON, 2005) et il est équivalent en Allemagne à 5 084 € en 2004 et en Finlande à 6 224 € (TUFTE *et al.*, 2005). Ces coûts, comparés au prix d'acquisition d'une image satellite en mer du Nord, sont élevés (500 € pour une image ENVISAT et 1 409 € pour une image RADARSAT : TUFTE *et al.*, 2005).

⁸³ Cette contrainte devrait être, à plus ou moins long terme, résolue. KERAMITSOGLU *et al.* (2006) ont par exemple conçu récemment un modèle d'analyse des images SAR (*Oil Spill SAR detector*) qui permet d'associer une probabilité concernant la nature supposée du polluant observé à la surface de la mer (quelle est la probabilité que le rejet observé soit des hydrocarbures ?) et cette méthode, appliquée en mer Egée (Grèce) sur 35 images, semble relativement bien fonctionner.

WIESE & ELMSLIE, 2006). Toutes les côtes ne font pas non plus l'objet d'investigations régulières faute de volontaires. L'espace le mieux couvert est sans conteste la mer du Nord. Des BBS sont effectuées au Pays-Bas depuis les années 1940, en Belgique et en Allemagne depuis les années 1950 et leur emploi s'est généralisé dans plusieurs pays européens dès les années 1970-1980 (à l'exception de l'Irlande et de la Finlande : CAMPHUYSEN & HEUBECK, 2001). Il existe donc des portions de rivage qui ont été surveillées sur de très longues périodes et c'est là le principal intérêt de ces données. L'autre avantage, secondaire dans le cadre de cette étude, est que les déchets et résidus d'hydrocarbures mêlés au plumage des oiseaux ramassés ont parfois fait l'objet d'analyses chimiques pour identification des produits déversés (HEUBECK, 1987 ; VAUK *et al.*, 1989 ; etc.). La principale limite, hormis l'absence de couverture temporelle homogène pour l'ensemble des sites littoraux visités, est, en terme d'interprétation géographique, la difficulté d'effectuer des comparaisons entre des sites distants, surtout lorsqu'ils ne sont pas fréquentés par des espèces d'oiseaux similaires. Ces données sont cependant très intéressantes et ont, à ce titre, été retenues comme outil d'évaluation du niveau des rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures lors de la 4^e Conférence interministérielle pour la protection de la mer du Nord en 1995 (SEYS *et al.*, 2002a) et plus récemment par la commission OSPAR (CAMPHUYSEN, 2005a).

32. De l'intérêt d'appréhender simultanément rejets majeurs et mineurs et contexte environnant dans un référentiel géographique commun

Les différences entre caractéristiques (volume, nombre et occurrence) et circonstances d'émergence des déversements majeurs et mineurs expliquent la diversité des méthodes employées et des échelles d'analyse privilégiées suivant les études consultées⁸⁴. Les événements les plus volumineux, résultant pour la plupart d'avaries de pétroliers, ont surtout été étudiés aux échelles mondiale et régionale, des années 1960-1970 à nos jours (monde : ANDERSON & LABELLE [2000], VIEITES *et al.* [2004], BURGHERR [2007] etc. ; mers régionales : mer Noire [AKTEN, 2006 ; COKACAR, 2008] ; mer Méditerranée [MARTINI & PATRUNO, 2005], etc.) alors que les évaluations des rejets mineurs, menées au moyen d'observations aériennes ou satellitaires, ont toutes été effectuées à des échelles régionale ou locale et concernent, la plupart du temps, des périodes réduites et récentes (échelle régionale : LU [2003] ; FERRARO *et al.* [2007] ; SERRA-SOGAS *et al.* [2008]) (échelle locale : SCHIELLER [1998] ; VOLCKAERT *et al.* [2000] et LE ROY & MAES [2006]). Les seuls travaux qui envisagent la problématique des rejets mineurs d'hydrocarbures sur plusieurs décennies sont ceux produits à partir des BBS et là encore, l'approche est locale ou régionale (CAMPHUYSEN & VAN FRANEKER, 1998 ; LARSEN *et al.*, 2007 ; etc.). Toutes ces méthodes d'évaluation nécessitent, en effet, des moyens humains et/ou financiers souvent considérables en raison du volume important de données à récolter et à analyser, que les rejets soient mineurs ou majeurs, opérationnels ou accidentels, étudiés aux échelles locale, régionale ou mondiale. Par conséquent, peu de travaux considèrent ces deux problématiques simultanément et dans les rares dont nous avons connaissance, il s'agit toujours d'approches locales et territorialisées (eaux marines sous juridiction belge : SCHIELLER [1998] et LE ROY & MAES [2006]) c'est-à-dire limitées aux frontières maritimes d'un Etat (ZEE incluse)⁸⁵. Enfin, aucun travaux n'envisage précisément, à notre connaissance, l'influence du contexte environnant (transport maritime, contexte hydroclimatique et accidentologie des navires) sur l'ampleur, la répartition et les conditions d'apparition des déversements d'hydrocarbures à petite échelle.

⁸⁴ Certaines de ces études sont des évaluations des risques environnementaux induits par la circulation maritime (confrontation de l'aléa « rejet » à la sensibilité des objets potentiellement exposés [vulnérabilité]) et d'autres sont des travaux qui se concentrent davantage sur un point particulier : la quantification, la répartition des rejets, etc. Il est donc logique que les méthodologies employées diffèrent considérablement.

⁸⁵ Peu d'études traitent de façon précise, les rejets, les circonstances et les sources d'introduction, à l'exception notable de ceux de LE ROY & MAES (2006) et d'OWEN (1999). L'intérêt majeur du travail de LE ROY & MAES (2006) est, de notre point de vue, la prise en compte simultanée de tous les types et circonstances de déversements de navires (rejets accidentels et opérationnels ; hydrocarbures, produits chimiques, etc.) et, surtout, l'analyse approfondie des caractéristiques de la circulation maritime. OWEN (1999) s'intéresse plus spécifiquement aux pollutions pétrolières accidentelles induites par la circulation des navires citernes autour du Royaume-Uni. Cet auteur considère une partie essentielle de la chaîne circonstancielle, celle qui, localement, produit du « rejet » : les flux de navires et d'hydrocarbures, les accidents de pétroliers susceptibles de provoquer un déversement, et les rejets consécutifs y sont traités.

Au regard des limites évoquées, nous avons choisi de considérer simultanément les rejets opérationnels et accidentels des navires dans un référentiel géographique commun organisé selon une logique d'emboîtement. Nous avons d'abord défini une échelle de référence qui comprend l'ensemble des eaux marines et des littoraux d'Europe septentrionale et occidentale. Le choix d'un espace de référence si vaste est lié à la différence d'occurrence des rejets mineurs et majeurs. Pour étudier la structure géographique et dans un second temps, l'évolution dans le temps de tous ces rejets (partie 3, chapitre 2), cet espace doit être suffisamment grand pour permettre la prise en compte d'un nombre important de rejets accidentels de pétroliers (et d'accidents de navire) et suffisamment réduit pour que les données concernant les « rejets mineurs » soient disponibles⁸⁶. En complément, nous avons délimité d'autres espaces, tous centrés sur la Bretagne, pour procéder à des analyses plus détaillées. Au final, nous disposons de trois échelles distinctes (Figure n°1. 1) :

- (i) l'ensemble des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (espace atlantique [bassin Ibérique et mer Celtique], mer Baltique et mer du Nord) ;
- (ii) l'espace « Manche occidentale, canal Saint-George et golfe de Gascogne » ;
- (iii) l'espace « Manche occidentale et nord Gascogne (et les littoraux bretons) ».

Cette approche multiscalaire est difficile à mener en raison du nombre important d'éléments à considérer et du volume considérable de données à récolter. L'emploi d'une échelle géographique de référence présente cependant deux principaux avantages que nous allons rapidement exposer. D'une part, les comparaisons régionales permettent d'apprécier l'influence du contexte environnant sur l'ampleur et les circonstances d'émergence des rejets d'hydrocarbures, chose impossible à l'échelle locale. D'autre part, elle permet d'étudier les interactions entre espaces voisins (mers régionales) et les interactions entre local, régional et global (usages et réglementations).

La prise en compte de l'ensemble des eaux marines et des littoraux d'Europe septentrionale et occidentale permet d'envisager l'étude de phénomènes similaires dans des mers régionales dont les caractéristiques diffèrent. Cette approche est particulièrement intéressante pour évaluer le degré d'exposition de la Bretagne et des eaux avoisinantes aux rejets d'hydrocarbures et étudier l'influence du contexte environnant (facteurs d'exposition) sur les circonstances d'introduction d'hydrocarbures à l'océan.

La mer Baltique est une mer fermée, la mer du Nord est semi-ouverte, tandis que le bassin Ibérique et la mer Celtique sont des espaces ouverts sur l'océan Atlantique et l'on peut s'interroger sur les répercussions induites par ces caractéristiques sur la perception du niveau des rejets. Toutes ont, en effet, des spécificités hydroclimatiques marquées (visibilité, hauteur des vagues, etc.) dont les répercussions peuvent être multiples. Dans quelle mesure la force du vent influence-t-elle par exemple les conditions d'observations des rejets mineurs d'hydrocarbures en mer ? Les plages optimales de détection sont-elles similaires d'une mer régionale à l'autre ? Toutes ces mers régionales sont en outre des biomes distincts (écorégions marines [LME⁸⁷] : Figure n°1. 1) c'est-à-dire des ensembles écologiques présentant une grande uniformité en terme d'hydrographie, de bathymétrie, de production de biomasse et de réseau trophique (DUDA & SHERMAN, 2002). Les enjeux écologiques diffèrent, les usages également, et il est intéressant d'envisager l'influence que ces spécificités exercent sur la manière dont est abordée la problématique de la réduction des rejets dans chacun de ces espaces (contexte de surveillance, etc.). Cette échelle permet enfin de se départir d'une approche territorialisée qui n'a pas grand sens puisque les rejets sont des phénomènes transfrontaliers.

⁸⁶ Il y a également une raison pratique à l'étude simultanée des rejets accidentels et opérationnels. Si l'on peut envisager d'étudier les rejets accidentels sans les déversements opérationnels, on peut plus difficilement envisager la situation inverse en raison du faible volume des vidanges des navires et parce que leur source n'est souvent pas identifiée. Il est donc nécessaire d'avoir connaissance d'éventuels accidents de navires dans la zone où est détectée une nappe orpheline.

⁸⁷ LME : Large Marine Ecosystem.

Figure n°1. Zones d'étude retenues pour évaluer l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets d'hydrocarbures et caractériser l'influence du contexte environnant (transport maritime et contexte hydroclimatique)

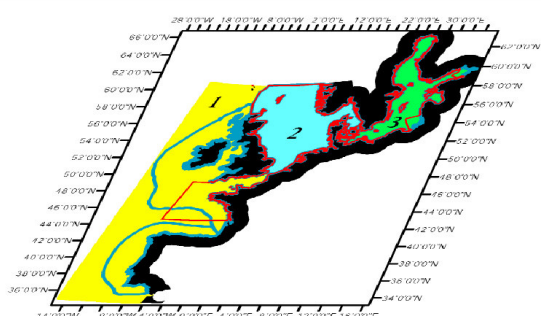


Figure a. Eaux marines et littoraux d'Europe septentrionale et occidentale (3 126 625 km²)
 (1) Espace Atlantique (mer Celtique et bassin Ibérique) (2 048 263 km² [65,5 %*])
 (2) Mer du Nord (687 109 km² [22,0 %])
 (3) Mer Baltique (391 153 km² [12,5 %])
 Le secteur délimité par un trait rouge correspond à l'emprise spatiale des données "observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures".
 Les secteurs délimités par un trait bleu sont les écorégions marines comprises intégralement dans les mers régionales énumérées ci-dessus (péninsule Ibérique, mer Celtique, mer du Nord et mer Baltique).

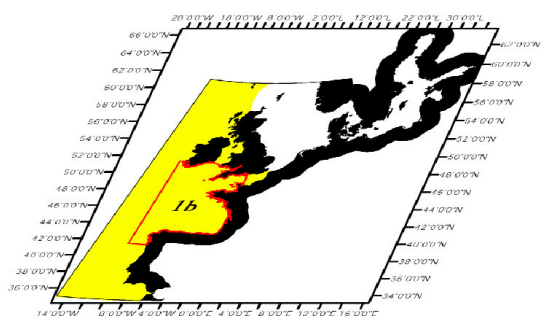
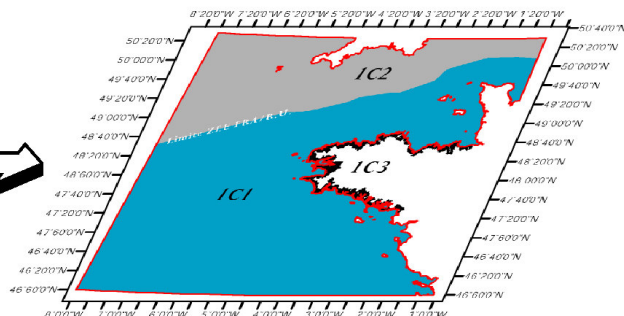
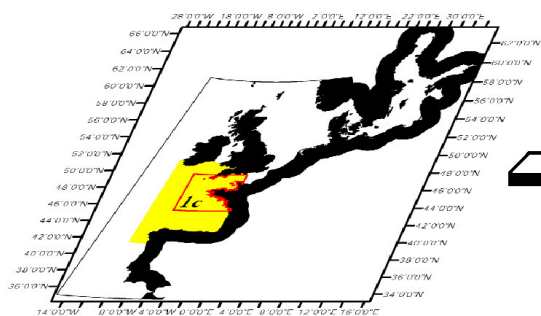


Figure b. Eaux marines "Manche occidentale, canal Saint George et golfe de Gascogne"
 (1b) (642 558 km² [20,6 %])
 En raison de l'importante étendue de l'espace Atlantique, une seconde zone, centrée sur la Bretagne, a été délimitée pour étudier l'exposition de cette région aux rejets d'hydrocarbures et, plus généralement, les accidents de navires. Cette délimitation a été réalisée sur la base de l'homogénéité "relative" des conditions hydroclimatiques et des répercussions induites (accidentologie et plage de détection de rejets mineurs).



Figures c1 et c2. Eaux marines "Manche occidentale/nord Gascogne" et littoraux de Bretagne
 (1c) "Manche occidentale/nord Gascogne" (208 593 km² [6,7 %])
 (1c1) ZEE Française (152 711 km² [4,9 %])
 (1c2) ZEE Anglaise (55 882 km² [1,2 %])
 (1c3) Communes littorales bretonnes (trait de côte : 2 220 km)

* Valeurs exprimées en % de la superficie totale des eaux marines d'Europe septentrionale et occidentale

Apporter des réponses à propos des rôles respectifs joués par le transport maritime, les conditions hydrométéorologiques et l'accidentologie des navires comme facteurs de risque est également une entreprise délicate. Si les caractéristiques des rejets nécessaires pour mesurer l'exposition d'un espace déterminé sont généralement renseignées (localisation, volume ou surface, etc.), les informations relatives aux conditions dans lesquelles surviennent ces déversements sont en revanche très souvent inexistantes ou, dans le cas contraire, de qualités très hétérogènes et parfois inadaptées aux objectifs ici envisagés. En raison de ces contraintes, c'est au travers de l'examen de propriétés communes, pour chaque type d'événements considérés et pour différents espaces, que nous avons pu envisager, voire qualifier, les contributions respectives de ces différents facteurs. L'influence du mauvais temps (événements tempétueux et conditions de visibilité réduite) ou de la configuration portuaire sur l'accidentologie des navires peut ainsi être analysée au travers de l'examen des caractéristiques des rejets et, plus généralement, des circonstances d'accidents. Diffèrent-elles dans les espaces considérés ? Des événements du même type sont-ils plus dommageables en certains endroits ? Et si oui, pour quelles raisons ? Les comparaisons régionales nous ont donc paru utiles pour, à la fois,

préciser le degré d'exposition de la Bretagne et des eaux environnantes aux rejets d'hydrocarbures et comprendre davantage les raisons de cette exposition.

L'emploi d'une échelle de référence aussi vaste permet également d'apprécier les interactions entre espaces adjacents et entre local et régional (usages et réglementations). De la configuration portuaire des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale dépend la dangerosité de la circulation observée au large de la Bretagne. Mais dans quelle mesure ? Restituer l'intégration de la route maritime qui longe les côtes bretonnes au réseau du transport maritime européen (géographie portuaire et configuration des principales routes maritimes européennes) permet de mieux comprendre la nature du trafic observé localement, et ses possibles évolutions. On peut aussi s'interroger sur les effets produits sur les espaces périphériques par la mise en œuvre de mesures spécifiques dans quelques secteurs uniquement. A l'inverse, la prise en compte du contexte environnant est un préalable indispensable si l'on veut procéder à l'évaluation de l'efficacité de mesures similaires mises en œuvre dans des mers différentes. Pourquoi certaines sont-elles suivies d'effets dans certaines régions et pas dans d'autres : déficit d'observance et/ou d'effectivité ? La plupart des contraintes réglementaires appliquées dans le secteur du transport maritime sont également conçues globalement⁸⁸ et ont longtemps été essentiellement techniques et concentrées sur les navires. Y a-t-il toujours adéquation entre la nature de ces contraintes réglementaires et les spécificités régionales ? Les réajustements régionaux des Etats côtiers sont-ils suffisants (accords de coopération, surveillance de la navigation, etc.) ? Les logiques qui précèdent la conception et la mise en œuvre de ces mesures à l'échelle régionale sont-elles toujours adaptées ? Certaines causes, plus profondes, sont-elles oubliées ? Pour ces dernières interrogations, il nous a fallu dépasser le cadre régional et envisager plus largement l'évolution du cadre réglementaire et du contexte socio-économique du transport maritime. Nous reviendrons de façon détaillée sur ce détour qui nous semble obligatoire (partie 3, chapitre 1).

Voici résumées les principales interrogations qui ont guidé notre démarche analytique et, pour toutes les raisons évoquées, il nous a semblé nécessaire d'adopter une approche pluriscalaire (globale, régionale et locale) pour appréhender la problématique des rejets d'hydrocarbures des navires, intégrant simultanément contexte environnant et déversements opérationnels et accidentels des navires. C'est, de notre point de vue, un préalable indispensable pour évaluer l'évolution spatiotemporelle des rejets d'hydrocarbures et comprendre les effets des mesures mises en œuvre pour les réduire à ces échelles.

⁸⁸ Ou inversement, certains Etats étant suffisamment influents pour imposer à la communauté internationale des mesures conçues à l'échelle régionale.

Chapitre 2. Sources de données, méthodes de collecte, de production de l'information, de traitement statistique et géographique

Pour atteindre les objectifs définis en introduction générale (exposition, circonstances de rejets et évolution spatiotemporelle), de nombreuses sources ont dû être consultées et plusieurs étapes ont été nécessaires pour homogénéiser les données collectées avant leur traitement. Ces procédures, qui prennent un temps d'autant plus considérable que le volume des données à examiner est important, méritent quelques précisions d'ordre général.

Dans un premier point, nous définissons précisément les notions de rejets opérationnels et accidentels. Nous détaillons ensuite les méthodes et les sources consultées pour établir les listes de rejets signalés et renseigner les attributs fondamentaux au regard des objectifs définis. Dans un deuxième point, nous évoquons les principales difficultés rencontrées pour connaître les causes directes de rejets accidentels et d'accidents de navire. Dans un troisième point, nous soulignons l'intérêt, dans ces conditions, de l'étude du contexte environnant et décrivons les données utilisées pour y parvenir. Enfin, dans un quatrième point, nous détaillons les étapes mises en oeuvre pour homogénéiser les données acquises (production d'information et banques de données), puis exposons les principales techniques de traitement statistique et géographique utilisées.

1. Rejets : sources de données utilisées

Le « rejet » est défini dans le cadre de ce travail comme l'introduction d'hydrocarbures à l'océan à une période et en un lieu déterminé et provenant d'une même source (navire) si elle est identifiée. Cette définition recouvre trois attributs fondamentaux : les caractéristiques du rejet (nature et volume du produit déversé) ; la situation spatiotemporelle du rejet (coordonnées géographiques, date et heure) ; et la source du rejet (navire : type, taille, pavillon d'immatriculation, etc.). Il s'agit, en effet, de données indispensables pour évaluer l'ampleur des rejets d'hydrocarbures des navires et leur évolution dans le temps. Si les sources sont abondantes, il est paradoxalement difficile d'obtenir toutes ces informations avec un degré de précision satisfaisant lorsque l'on considère un grand nombre d'événements, surtout s'ils sont peu volumineux et anciens. Nous retrouverons cette difficulté pour déterminer des circonstances d'introduction d'hydrocarbures en mer.

Il est également utile de préciser la façon dont nous entendons évaluer l'effectivité des mesures mises en oeuvre pour réguler les rejets d'hydrocarbures des navires car cette démarche conditionne la nature des données collectées. C'est plus en terme de nombre d'événements recensés par unité de temps et

d'espace que de volume déversé qu'il faut poser cette problématique⁸⁹. Les volumes d'hydrocarbures introduits en mer à la suite d'événements accidentels sont, en effet, très aléatoires et ce type d'information est indisponible pour les rejets mineurs (opérationnels notamment). La diminution des volumes introduits à l'océan lors d'avaries de navire passe surtout par la réduction des événements de mer et des accidents qui surviennent lors des opérations portuaires (nombre et sévérité). Pour les rejets opérationnels, estimer les volumes d'hydrocarbures déversés sur la base des observations *in situ* est encore aujourd'hui délicat (BONN, 2004b) et l'effectivité des mesures mises en œuvre ne peut donc être appréciée qu'au regard du nombre de détections de rejets mineurs⁹⁰. Nous avons également utilisé, dans ce cas précis, les oiseaux mazoutés comme indicateurs complémentaires en raison de la disponibilité de ces informations en plusieurs endroits et sur plusieurs décennies.

Nous allons définir, dans cette section, les notions de rejets opérationnels et accidentels puis décrire les sources consultées pour évaluer l'exposition des eaux marines et des littoraux à ces types de rejets. Nous présenterons également les difficultés rencontrées pour obtenir certaines informations.

11. Définitions

Les rejets d'hydrocarbures du fait de la circulation des navires en mer se situent à l'aboutissement de deux contextes complètement différents : l'événement aléatoire c'est-à-dire l'accident (événement de mer⁹¹ et opérations portuaires) ; et les opérations courantes d'entretien et d'exploitation commerciale du navire.

11.1. Événements de mer et opérations portuaires

Selon ROED-LARSEN *et al.* (2004), la définition la plus commune de l'accident est celle d'un événement non désiré dont les conséquences sont dommageables pour la santé et/ou l'environnement et/ou les biens (propriété). Dans cette étude, l'accident, événement de mer (ou accident de navigation), et/ou accident survenu lors d'opérations portuaires, consiste en un ou plusieurs dommages matériels successifs et/ou simultanés dont l'une des conséquences possibles est un déversement d'hydrocarbures (Figure n°1. 2). Par dommages matériels (avaries) causés à un navire, nous entendons ici uniquement les événements qui compromettent la sécurité des navigants, du navire et/ou de la cargaison. Les différentes catégories d'accidents retenues au regard des événements étudiés sont détaillées dans l'encadré n° 1.

Les rejets accidentels en mer sont généralement les plus volumineux et ils ne concernent pas que les pétroliers en charge. Selon MICHEL & WINSLOW (2000, *in* COLCOMB *et al.* [2006]), les plus gros navires marchands peuvent actuellement contenir jusqu'à 7 500 tonnes de fioul lourd dans leur soute. Selon les mêmes auteurs, la capacité des soutes équivaut, en moyenne, à environ 2,9 % du TPL d'un navire citerne, 10 % du TPL d'un porte-conteneur et 3,3 % du TPL d'un vraquier. Des navires de cette dimension peuvent donc être à l'origine de déversements importants. Les épaves polluantes sont également intégrées dans cette catégorie car elles se situent à l'aboutissement d'événements de mer qui, dans ces cas là, se sont terminés par la perte du navire. Lorsque la cargaison et/ou les soutes ne se sont pas vidées entièrement avant que le bâtiment ne sombre, des fuites remontent vers la surface depuis les compartiments endommagés (*Erika* en 1999-2000, *Prestige* en 2002-2003, etc.). En revanche, lorsque les compartiments contenant des hydrocarbures sont encore suffisamment étanches, le rejet est différé dans le temps et on parle dans ce cas d'épave potentiellement polluante (jusqu'à ce que le rejet se produise). Le risque de pollution qui pèse sur les environnements littoral et marin dépend de la vitesse de délabrement de l'épave, des quantités restantes d'hydrocarbures à bord et de sa situation géographique (sensibilité des objets alentours).

⁸⁹ Pour les rejets accidentels, nous évaluons cependant l'effectivité des mesures mises en œuvre au travers de l'évolution des volumes introduits en mer chaque année.

⁹⁰ Une information cependant peu interprétable en l'état. Il faut donc la pondérer avec d'autres informations.

⁹¹ Événement de mer : incident exceptionnel survenant au cours de la traversée et soumis sur le plan assurance à une réglementation particulière (CLOUET, 2000).

Précisons que tous les naufrages et introductions d'hydrocarbures à l'océan provoquées dans ces circonstances ne sont pas toujours accidentels. Ce fut, par exemple, le cas du pétrolier *Salem*, sur ballasts, sabordé le 19/01/1980 au large de l'Afrique de l'Ouest (12°38N-18°34W) après avoir déchargé illégalement sa cargaison de brut à Durban en Afrique du Sud⁹² (LE MOING, 2005 ; CTX, 2008). Le pétrolier *Choyo Maru*, fut coulé délibérément au sud de la mer de Chine le 20/12/1979 (CTX, 2008). DEVANNEY (2006a) cite enfin le cas plus récent du pétrolier *Burak M* (28/09/1994), sabordé au large du Libéria (sur ballasts : CTX, 2008). On peut raisonnablement penser que ces situations sont rares. Nous n'en avons recensé qu'une dans l'espace Atlantique mais les circonstances de ce déversement, sur lequel nous reviendrons ultérieurement, sont très différentes de celles évoquées ci-dessus (rejet pour déséchouement).

Encadré n° 1. Définition des principales catégories d'accident

Evénements de mer

« Collision, contact » : la collision est un heurt (abordage) entre navires résultant de l'échec ou de l'absence de manœuvre(s) d'évitement ; le « contact » est un heurt avec une structure immobile (quai, etc.).

« Incendie, explosion » : l'incendie est un feu destructeur ; l'explosion est la déflagration consécutive ou initiale. Sont seulement classés dans cette catégorie les accidents dont c'est le premier événement rapporté (une collision suivie d'une explosion est, par exemple, classée en « collision, contact »).

« Structure, rupture » : « structure » est un terme désignant la détérioration d'une ou plusieurs parties du navire (fond, bordée, pont, etc.) en raison d'une faiblesse structurelle et/ou de la violence de la mer (on parle aussi d'avaries structurelles), la « rupture » est la déchirure ou l'arrachage d'une ou plusieurs parties du navire (portes, couvercles de cuve, coque, etc.).

« Avaries machine et/ou électrique » : sont compris dans cette catégorie les dysfonctionnements de l'un ou plusieurs des appareils du compartiment machine (moteurs principal et auxiliaires, gouvernail, etc.) et les « black out » (avarie électrique qui prive le navire de ses instruments d'aide à la navigation par exemple).

« Echouement » : situation d'un navire dont la coque repose sur le fond et qui résulte d'une action involontaire (au contraire de l'échouage qui est volontaire : CLOUET, 2000).

« Gîte, chavirement » : la gîte est une inclinaison transversale prise par un navire en route (du fait de vents forts, du désarrimage de la cargaison, etc.) ; le « chavirement » (ou retournement du navire) est l'aboutissement probable d'une gîte permanente et demeurée incontrôlée en raison de l'absence ou de l'inefficacité des manœuvres de redressement.

« Autres catégories » : accidents qui ne s'inscrivent dans aucune des catégories précédentes ou dont la nature est indéterminée (naufrage dont la cause n'est pas connue, par exemple).

Remarques : ces catégories d'accident peuvent se succéder ou se combiner (« avarie machine, électrique », suivie d'un « échouement », suivie d'un « incendie, explosion » par exemple). Leurs conséquences, pour le navire et/ou l'équipage et/ou l'environnement, sont diverses : elles peuvent, par exemple, provoquer une voie d'eau qui, à son tour, provoque un rejet si les soutes et/ou des citerne(s) de cargaison sont endommagées et le navire peut finir par sombrer (naufrage ou perte totale) et l'équipage par périr si les membres le constituant ne sont pas secourus.

« Epave⁹³ polluante » : dans le cas d'une perte totale du navire, si la cargaison d'hydrocarbures restant dans les citernes de cargaison (pétrolier) et les hydrocarbures du compartiment machine (tous navires : fioul de soute, huiles de graissage, etc.) ne sont pas récupérés, l'épave est potentiellement polluante. Elle ne devient bien souvent polluante, lorsque les compartiments machine et cargaison sont, malgré le naufrage, demeurés étanches, que quelques dizaines d'années plus tard, en raison notamment de l'effet corrosif de l'eau de mer.

⁹² L'Afrique du Sud est à l'époque l'objet d'un embargo de l'ONU lui interdisant toute importation de pétrole. Ce navire quitte le golfe Persique pour rejoindre l'Europe avec un plein chargement de brut mais livre en fait sa cargaison à Durban (Afrique du Sud) puis reprend sa trajectoire initiale. Comme il ne peut arriver les cuves vides en Europe, il est sabordé par son capitaine qui invoque une explosion imaginaire (LE MOING, 2005).

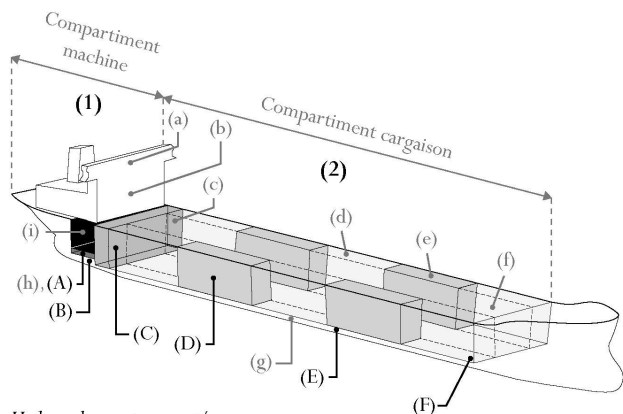
⁹³ L'épave (de mer) est ici définie comme une carcasse (ou débris) de navire abandonnée à la mer ou rejetée sur le rivage. L'épave est accidentée et irrécupérable, c'est-à-dire destinée à la casse (CORVEZ, 2007).

Les opérations portuaires ne provoquent généralement pas, au contraire des précédents, de rejets très volumineux, et il s'agit surtout d'événements qui surviennent lors des phases de chargement et de déchargement de la cargaison (rupture des conduites) ou lors des opérations de soutage. Les incendies et explosions sont beaucoup plus rares. Enfin, les rejets portuaires sont faciles à circonscrire dans ce type d'espace et leurs effets s'en ressentent d'autant moins pour les populations littorales avoisinantes. Il s'agit des événements accidentels les plus nombreux mais aussi les moins connus car moins volumineux, moins spectaculaires et donc moins médiatisés⁹⁴.

Figure n°1. 2 (a/b/c). Types d'hydrocarbures susceptibles d'être déversés en mer (a : l'exemple d'un navire citerne pré-Marpol⁹⁵) et principales circonstances recensées de rejets accidentels (b : tous navires, Europe septentrionale et occidentale) et opérationnels (c : tous navires, Manche occidentale/nord Gascogne)

Figure a. Types d'hydrocarbures présents dans un navire citerne pré-Marpol

- Compartiments et équipements :
- (a) passerelle de navigation
 - (b) PC cargaison
 - (c) citerne à résidus (*slop tank*)
 - (d) citernes latérales
 - (e) ballasts
 - (f) citernes centrales
 - (g) réseau de tuyautage
 - (h) cuve à déchets (*sludge tank*)
 - (i) soute



Hydrocarbures transportés pour consommation (1) ou pour opérations commerciales (2) :

(1). Fioul de soute comme combustible moteur (Bunker C, etc.), Diesel Marine pour les groupes électrogènes, huiles de graissage diverses, etc.

(2). Bruts et/ou produits légers, intermédiaires, lourds

Déchets et résidus d'hydrocarbures produits dans le cadre de l'exploitation courante :

(A) boues et huiles usées

(B) eaux de fond de cale

(C) résidus de cargaison

(D) eaux de ballasts pollués

(E) eaux de lavage des citernes

(F) boues, calamines et incrustations

Figure b. Principales circonstances de rejets accidentels (Europe septentrionale et occidentale [1965-2004, 1999-2003])

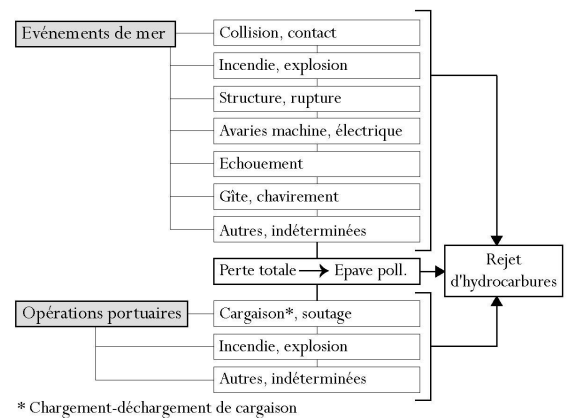


Figure c. Principales circonstances de rejets opérationnels (Manche occidentale et nord Gascogne, 1974-2004)



CNRS - LETG UMR 6554, Géomer, E. Le Gentil

112. Rejets opérationnels

La deuxième circonstance de rejet évoquée a trait aux vidanges effectuées dans le cadre de l'exploitation courante d'un navire en mer (propulsion, entretien et exploitation commerciale) (LE GENTIL, 2006). Dénommés « rejets opérationnels » mais souvent appelés à tort dégazage⁹⁶, les produits déversés dans ce contexte sont variés. Ils se composent de déchets provenant des compartiments machine et/ou de résidus des compartiments cargaisons (Figure n°1. 2). Il s'agit dans le premier cas : des eaux de fond de cale ; des boues produites lors du processus de purification par centrifugation du fioul lourd, des huiles usées (lubrifiants divers) et autres déchets stockés dans la cuve

⁹⁴ Voir les données statistiques de l'ITOPF (2005) sur les rejets accidentels des navires citernes lors d'opération portuaires.

⁹⁵ Le navire représenté ici (navire-citerne pré-Marpol, c'est-à-dire construit au plus tard en 1982 [pétrolier simple coque sans ballasts séparés]) a « l'avantage » de cumuler tous les types d'hydrocarbures produits ou transportés à l'intérieur d'un navire, mais ce n'est pas le cas de tous les bâtiments existants. Les pétroliers construits avec des ballasts séparés ne rejettent pas d'eaux mazouteuses puisque les eaux de ballasts ne sont pas en contact direct avec les résidus de cargaison. Autres exemples : les navires affectés au transport de marchandises diverses (cargos, porte-conteneurs, etc.) tout comme les unités de pêche et de plaisance, ne produisent des déchets d'hydrocarbures que dans la tranche des machines (fonds de cale inclus).

⁹⁶ Le dégazage est l'opération qui consiste à nettoyer les citernes d'un pétrolier et à éliminer les gaz produits lors du transport de la cargaison pour écarter, une fois les citernes vidées de leur contenu, tout risque d'explosion (CLOUET, 2000). Employée à tort pour tous les navires, cette opération ne concerne que les pétroliers.

à déchets (*sludge tank*) ; et des fonds de séparateur eau/hydrocarbures. Dans la seconde situation, ce sont les eaux de ballasts pollués et les eaux et boues collectées lors du lavage des citernes (*slop tank*), des doubles fonds et du réseau de tuyautage. La vidange des mélanges eau/hydrocarbures est autorisée par la Convention MARPOL 73/78 à la condition que l'effluent ne dépasse pas la teneur légale en hydrocarbures, que le navire fasse route et qu'il se situe dans un espace où ces pratiques soient permises⁹⁷. Le rejet des boues d'hydrocarbures est en revanche prohibé.

Au regard de ces éléments, les rejets opérationnels peuvent donc être délibérés et s'inscrire dans le cadre légal ou être volontaires mais non autorisés car réalisés hors des conditions décrites ci-dessus. L'acte involontaire est également ici présent s'il est le fruit d'une négligence (vannes de pont restées ouvertes, eaux graisseuses de lavage du pont non récupérées, etc.) ou du dysfonctionnement des séparateurs eau/hydrocarbures (LE GENTIL, 2006). Ce dernier cas, que l'on peut assimiler à un incident d'exploitation, est incorporé dans les situations aboutissant à un rejet opérationnel car le dysfonctionnement de ce type d'équipement ne met pas directement en danger les navigants et l'intégrité du navire.

12. Données « rejets accidentels »

121. Sources de données consultées

Les sources consultées pour recenser les rejets accidentels d'hydrocarbures des navires sont nombreuses. L'information disponible pour étudier l'ampleur des déversements survenus à la suite d'événements accidentels est également extrêmement disparate et très compartimentée (par type de navire notamment). Nous ne nous intéressons pas ici uniquement aux rejets des pétroliers car tout type de navire est susceptible de rejeter des hydrocarbures en mer. Cette information est cependant inexistante pour les navires de moins de 100 TJB⁹⁸ (GESAMP, 2007) et seuls les navires d'un tonnage supérieur ont été considérés.

Nous avons adopté dans le cadre de cette étude une démarche de collecte assez similaire à celles évoquées lors de la revue de littérature sur les rejets accidentels (limite volumétrique et bornes spatiotemporelles). Nous avons d'abord procédé au recensement de tous les événements (potentiellement) polluants signalés dans la littérature (rapports et revues scientifiques) et dans les bases de données accessibles sur cette thématique (Tableau n°1. 3). Les limites volumétriques et les bornes spatio-temporelles d'exclusion ont été définies *a posteriori* pour homogénéiser l'information collectée. 425 accidents de navires ont été recensés et seulement 253 événements polluants ont été retenus à l'échelle des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale pour la période 1965-2004 (59,5 % du nombre total d'événements recensés). Ces déversements accidentels sont tous consécutifs à des événements de mer et à des opérations portuaires, et leur volume avoisine au minimum 50 tonnes d'hydrocarbures, avec une tolérance de ± 10 % en raison des différences constatées selon les sources consultées. Cette limite volumétrique a été retenue car, pour les rejets d'un volume inférieur, le nombre de signalements augmente très considérablement dans les années 1990. Ils n'ont, par conséquent, été pris en compte que pour les années 1999-2003 (80 rejets accidentels d'hydrocarbures, tous volumes confondus), période pour laquelle nous disposons également des accidents de navires signalés (contexte *Erika* et *Prestige* : 893 accidents de navires « sérieux » et « très sérieux »⁹⁹).

Les principales sources utilisées sont recensées dans le Tableau n°1. 3. Certaines sources recensent de très nombreux événements, mais les attributs renseignés pour chaque rejet sont généralement peu

⁹⁷ Ces contraintes sont très précises dans la réglementation MARPOL 73/78. Elles varient suivant le type de navire (pétroliers et autres navires), la taille du navire et l'espace dans lequel il se situe (distance réglementée par rapport aux côtes, zone spéciale MARPOL ou les restrictions sont plus fortes, etc.).

⁹⁸ Le tonneau de jauge brute (TJB) exprime la capacité cubique intérieure d'un navire. Un tonneau de jauge brute ou un tonneau de registre brut est équivalent à 100 pieds cubes (2,83 m³) soit 1 tonne (CLOUET, 2000).

⁹⁹ Définition de l'OMI (Organisation Maritime Internationale). Nous détaillons cet aspect dans le point consacré aux circonstances d'accidents.

abondants ; d'autres se limitent, au contraire, à l'analyse précise d'un nombre réduit d'événements et le niveau de renseignement est alors souvent élevé (toutefois très variable suivant les événements). Certaines sources sont spécifiques à certains types de navires (pétroliers : ETC, MMS, etc.), tandis que d'autres recouvrent tous types d'unités (EROCIPS, etc.). Nous avons d'abord consulté les bases de données disponibles (accessibles) puis nous avons effectué, dans un second temps, des recherches plus spécifiques lorsque les rejets étaient peu renseignés ou que nous avions des doutes sur la qualité des informations acquises (incohérence entre volume déversé et TPL, incohérence entre nature du produit déversé et type de navire impliqué, etc.). Certaines revues nous ont été, de ce point de vue, très utiles, notamment pour les déversements peu volumineux et anciens. L'examen de la collection complète du *Marine Pollution Bulletin* (1970-2004 : rubrique « *News* » notamment) nous a permis de trouver des informations assez précises sur des rejets souvent signalés dans d'autres sources mais pour lesquels nous ne disposions que de très peu d'informations (caractéristiques du navire ou du rejet, lieu de l'accident, etc.). Cela a été le cas, par exemple, du rejet provoqué par l'échouement du pétrolier russe *Raphael* le 15 décembre 1969 lors d'une tempête de neige (≈ 60 tonnes de brut, mer Baltique) ou de l'accident structurel du pétrolier *Tank Duchess* à l'origine d'un rejet de 88 tonnes de brut (vénézuélien crude oil) en mer du Nord le 1^{er} février 1968. Les revues « *Spill Science and Technology Bulletin* » et « *Journal of Hazardous Materials* » publient également parfois des retours d'expérience sur des événements spécifiques et elles sont, à ce titre, particulièrement intéressantes.

Citons enfin les revues ornithologiques et, plus généralement, les rapports produits par les biologistes qui recensent plusieurs déversements que nous n'avons jamais retrouvés dans d'autres sources parce qu'en général assez peu volumineux, mais particulièrement dommageables pour l'avifaune. CAMPHUYSEN *et al.* (2005b) citent, par exemple, le cas du *Stylis*, un pétrolier accidenté en décembre 1980 dans le Skagerrak qui déversa 600 tonnes de carbon black oil, provoquant ainsi la mort d'environ 200 000-300 000¹⁰⁰ oiseaux (alcidés notamment). Les informations produites par ces auteurs sont souvent très intéressantes parce que les sources utilisées sont toujours mentionnées, qu'elles datent souvent de l'année du rejet et concernent des acteurs directement impliqués dans la lutte antipollution (en amont ou en aval¹⁰¹). Enfin, leurs efforts d'information sur les rejets pétroliers sont constants depuis plusieurs décennies.

Nous ne prétendons pas avoir atteint l'exhaustivité en terme d'événements recensés mais nous pouvons en revanche affirmer qu'il s'agit d'entrants d'hydrocarbures à l'océan dont les effets ont pour la plupart été ressentis, de façons diverses toutefois, d'où la notion d'exposition définie dans le cadre de ce travail. Il est, en effet, totalement illusoire de croire que la liste est exhaustive et nous avons donc du procéder à des sélections croisées sur attributs pour évaluer ensuite des tendances temporelles en terme de nombre de rejets signalés (par type de navire par exemple).

¹⁰⁰ Il s'agit de la mortalité globale estimée.

¹⁰¹ Il s'agit en amont des autorités maritimes le plus souvent et en aval des acteurs impliqués dans les opérations de nettoyage.

Tableau n°1. 3. Principales sources consultées pour établir la table de données relatives aux rejets accidentels d'hydrocarbures (≥ 50 tonnes ± 10 %, Europe septentrionale et occidentale)

| | Sources (années de publication) | Périodes disponibles | Adresse Internet | Niveau de renseignement |
|----------------------------------|---|---------------------------------|---|-------------------------|
| Bases de données | CEDRE ¹ (FIDEVA ² et site Internet) | 1960 à 2004 | http://www.le-cedre.fr/ | Elevé |
| | CTX ³ | 1950 à 2004 | http://www.ctx.org | Elevé |
| | EROCIPS ⁴ | 1960 à 2004 | http://www.erocips.org | Elevé |
| | Worldwide Tanker Spills Database (ETC) ⁵ | 1974-1997 | http://www.etc-cte.ec.gc.ca/databases/TankerSpills/Default.aspx | Faible |
| Publications et rapports divers | ACOPS ⁶ (1989, 2001-2005) | 1987-1988, 2000-2004 | – | Faible |
| | MEHRA's ⁷ (1999) | 1989-1998 | – | Faible |
| | BERTRAND (1979, 2000) | 1955-1979, 1955-1999 | – | Elevé |
| | VEIGA (2002) | 1966-2001 | – | Faible |
| | ITOPF ⁸ (Case Histories) (2006) | 1967-2004 | http://www.itopf.com/ | Variable |
| | NOAA ⁹ (1992) | 1967-1991 | – | Elevé |
| | ANDERSON & LEAR ¹⁰ (1994) | 1974-1992 | – | Faible |
| | HELCOM ¹¹ (1994, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005) | 1969-1990, 1989-1999, 2000-2004 | – | Faible |
| | REMPEC ¹² (2004) | 1977-2003 | – | Elevé |
| | FIPOL ¹³ (2004, 2005, 2006) | 1979-2004 | – | Faible |
| | SCHALLIER (1998) | 1991-1995 | – | Faible |
| RAMA ¹⁴ (2006) | 1960-2003 | – | Faible | |
| Principales revues scientifiques | <i>Marine Pollution Bulletin</i> | Coll. complète 1970-2004 | – | Variable |
| | <i>Spill Science and Technology Bulletin</i> | Quelques n° ¹⁵ | – | Variable |
| | <i>Journal of Hazardous Materials</i> | Quelques n° ¹⁵ | – | Variable |
| | <i>Atlantic Seabirds</i> | Quelques n° ¹⁵ | – | Variable |
| | <i>Marine Ornithology</i> | Quelques n° ¹⁵ | – | Variable |
| | <i>Penn Ar Bed</i> | Quelques n° | – | Variable |
| | <i>Sula</i> | Quelques n° | – | Variable |
| <i>Wadden Sea Ecosystem</i> | Quelques n° | – | Variable | |

¹CEDRE : Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux.

²FIDEVA : Fichier sur les DEversements Accidentels.

³CTX : Center for Tankship eXcellence database.

⁴EROCIPS : Emergency Response to coastal Oil Chemical and Inert Pollution from Shipping.

⁵ETC : Environment Technology Centre.

⁶ACOPS : Advisory Committee On Protection of the Sea.

⁷Données fournies par l'ACOPS pour le projet MEHRA's.

⁸ITOPF : International Tanker Owners Pollution Federation.

⁹NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration.

¹⁰Données du MMS (Mineral Management Service [Etats-Unis]) ;

¹¹HELCOM : Helsinki Commission.

¹²REMPEC : Regional Marine Pollution Emergency response Center for the mediterranean sea (pour le détroit de Gibraltar uniquement).

¹³FIPOL : Fonds internationaux d'Indemnisation pour les dommages dus à la POLLution par les hydrocarbures.

¹⁴RAMA : Risk Analysis of Marine Activities in the belgian part of the North Sea.

¹⁵Requêtes effectuées dans les bases de données des éditeurs. Les requêtes ont porté soit sur des événements particuliers (des noms de navires renvoyant à des événements polluants par exemple : « *Gerda Maersk* » ; « *Assi Eurolink* » ; etc.), soit sur des termes ou des combinaisons de termes génériques (« oil spill », « oil pollution », « oil tanker », « tanker casualty », « vessel casualty », etc.)

122. Principales données recherchées

Les principales données recherchées au départ étaient nombreuses : situation spatiotemporelle du rejet (date et coordonnées géographiques notamment), principales caractéristiques (volume et produit déversé), source (navire : type ; tonnage ; âge ; double coque ou non, etc.), circonstances de l'accident (rejet immédiat ou différé : nature de l'avarie initiale, épave potentiellement polluante, etc.), conséquences pour l'équipage (décès, etc.) et données spécifiques aux dommages induits (si cela a été le cas) sur les littoraux avoisinants (nombre de kilomètres de côtes polluées, différents effets recensés, etc.). Il faut préciser que constituer un jeu de données homogènes sur autant de caractéristiques et pour plusieurs centaines d'événements est une gageure difficile. On ne trouve quasiment jamais, d'une part, l'ensemble de l'information recherchée dans une seule source et, d'autre part, les renseignements

peuvent différer considérablement d'une source à une autre, surtout lorsque les événements sont anciens et peu renseignés. Ce n'est donc qu'en croisant des sources diverses et variées qu'il est possible d'acquérir des renseignements assez précis. L'abondance de la littérature disponible sur les rejets accidentels et notamment sur les « marées noires » est également un phénomène qui peut vite se traduire, paradoxalement, en difficultés. Si, de prime abord, on se réjouit de disposer d'informations aussi nombreuses, il s'avère que les sources utilisées sont souvent similaires mais que la qualité des données reportées de rapports en publications et d'articles en livres divers s'érodent avec le temps et le nombre de relais effectués. Certains détails disparaissent pour des contraintes d'éditions ou des efforts de vulgarisation compréhensifs, voire par faute de frappe ou du fait de l'imprécision du vocabulaire utilisé, et ces omissions ou simplifications peuvent être sources d'erreurs non négligeables. Il existe deux cas particulièrement illustratifs de la déformation de l'information à travers le temps. Le premier est le cas de l'accident du pétrolier *Texaco Denmark* en 1971 qui aurait provoqué, selon l'INTERTANKO (2002) et BURGHERR (2007), un rejet d'environ 100 000 tonnes en basse mer du Nord. Il ne s'est très probablement jamais produit, selon BERTRAND (2000) et DEVANNEY (2006a), un déversement d'une telle ampleur ne pouvant pas passer inaperçu en Europe du Nord-Ouest¹⁰². Le second exemple est le rejet consécutif à la collision survenue entre l'*Otello* et le *Katylisia* le 20 mars 1970 (mer Baltique). Le déversement provoqué par cet accident fut d'abord estimé à plusieurs dizaines de milliers de tonnes alors qu'en fait, selon HELCOM (1994) et BERTRAND (2000), le volume déversé fut d'environ 250 tonnes. BERTRAND (2000) explique qu'il existait à l'époque un pétrolier de grande taille portant le même nom, ce qui fit redouter un déversement très volumineux. Le navire accidenté n'était pas un pétrolier et sa taille était d'environ 4 000 TPL¹⁰³, ce qui exclut toute possibilité de rejets très volumineux.

Ces deux exemples sont les cas rencontrés les plus extrêmes et nous n'avons pas la prétention d'échapper ici à toute erreur ou omission. Il faut juste souligner que, dès lors que l'on n'a pas accès aux rapports produits à l'époque du rejet (rapports d'enquête, rapports produits par les acteurs impliqués dans la lutte antipollution, etc.), le risque de compiler de l'information erronée existe et le seul moyen de le limiter est encore de croiser des sources diverses. Précisons d'ailleurs que certaines des données acquises dans le cadre de ce travail ne seront pas présentées car l'information collectée est trop inconsistante¹⁰⁴.

Le choix des sources à privilégier, souvent problématique, s'est surtout fait d'après la nature des données recherchées et l'organisme d'appartenance des auteurs.

Collecter des informations basiques sur les rejets fut parfois problématique. Nous n'insisterons rapidement ici que sur la nature et le volume du produit déversé. Pour le volume, nous avons choisi de privilégier les estimations des auteurs directement impliqués dans la gestion de l'événement ou indirectement *via* leur organisme d'appartenance (estimations des autorités maritimes, du CEDRE, de l'IFP, du secrétariat de Convention d'Helsinki [HELCOM], etc.). Il faut cependant avoir conscience que les résultats présentés (volume total, etc.), malgré leur apparente précision, n'ont qu'un seul mérite, celui de l'ordre de grandeur. Lorsque nous n'avions pas accès à une information détaillée, que plusieurs évaluations du volume déversé étaient disponibles et que nous disposions de peu d'informations sur la façon dont ces estimations avaient été produites, nous avons retenu le volume le plus faible comme préconisé par VIETES *et al.* (2004). Déterminer le type de produit déversé pose également parfois problème parce que la nature exacte du produit n'est pas systématiquement reportée et qu'un navire transporte toutes sortes d'hydrocarbures. Certains événements sont bien renseignés, d'autres, les plus anciens et les moins volumineux notamment, le sont très mal de ce point de vue. Pour produire une information relativement homogène, nous avons élaboré une classification très simple, composée de quatre classes : « produits lourds et intermédiaires », « pétroles bruts », « produits légers » et « produits indéterminés ». Cette classification des hydrocarbures est directement

¹⁰² La remarque de DEVANNEY (2006a), chercheur au MIT (Massachusetts Institute of Technology) à l'époque, se base sur des entretiens réalisés auprès d'acteurs des pays qui auraient du être concernés (Belgique et Pays-Bas).

¹⁰³ 4 151 TPL ou 4 376 TPL selon les sources.

¹⁰⁴ Le nombre de kilomètres de côtes polluées est un exemple de données disparates selon les sources consultées. On sait rarement comment ces données sont produites (visites sur le terrain, photographies aériennes [résolution ?], etc.). La question du coût des dommages est également problématique, les méthodes d'évaluation et les dommages inclus évoluant considérablement sur l'ensemble de la période.

dérivée de celles de la NOAA (voir NOAA¹⁰⁵) et de l'ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation [voir classification ITOPF in MARCHAND, 2003]). Ces auteurs classent les hydrocarbures en quatre catégories suivant leur densité, leur toxicité et leur persistance à court, moyen et long terme (annexe n° 1). Nous l'avons simplifiée pour pouvoir incorporer le maximum d'événements¹⁰⁶.

Lorsqu'il s'agissait d'informations relatives au navire impliqué dans le rejet (type de navire, taille, pavillon), nous avons privilégié les auteurs du CEDRE pour les accidents survenus en Manche et dans le golfe de Gascogne. Pour les unités impliquées dans des déversements souvent très volumineux, ce sont surtout des auteurs comme BERTRAND (1979, 2000) ou HOOKE (1997) qui donnent les informations les plus précises (informations basées sur les données du LLOYD's). Pour les rejets moins volumineux, les sources employées ont été beaucoup plus diverses. Lorsque les déversements sont anciens, il s'agit par exemple du *Marine Pollution Bulletin* et de sources diverses (HELCOM, etc.) et lorsque les déversements sont récents, le *Daily Shipping Newsletter*, le *Cargo Newsletter* et les données de l'OMI ont été particulièrement utiles.

123. De la difficulté d'identifier les causes (directes) d'accidents et de rejets accidentels

Quelques contraintes

Les situations de difficultés, c'est-à-dire celles qui présentent à plus ou moins long terme un danger pour le navire, l'équipage et l'environnement, sont quasi-infinies et souvent difficiles à déterminer *a posteriori* car l'information disponible n'est généralement pas adaptée à cette finalité (informations produites par les sociétés de classification, les assureurs, les autorités maritimes, etc. : ELLIS, 2007). Elles peuvent difficilement faire l'objet d'une définition *a priori* (COT, 2004) et les classifications standardisées utilisant des termes génériques pour décrire des événements très divers ne sont pas toujours appropriées. L'industrie maritime produit la plupart des données utilisées en matière d'accidentologie (les données du LLOYD's par exemple) et l'accès à cette information préalablement uniformisée est particulièrement onéreux. FRASER *et al.* (2008) évoquent également à propos de l'industrie pétrolière (rejets d'hydrocarbures des plates-formes offshore) le manque de précision des informations rendues publiques et toutes les difficultés induites en terme d'analyse du fait des différences importantes qui existent entre la réglementation des quatre pays qu'ils étudient (Canada, Australie, Royaume-Uni et Etats-Unis). Ce manque de transparence, que l'on retrouve dans les données de l'industrie maritime, a d'ailleurs poussé J. DEVANNEY, un ancien chercheur du MIT¹⁰⁷ reconverti pendant un temps dans la profession d'armateur, à récolter et à créer une base de données sur les causes de rejets accidentels de navires citernes (CTX¹⁰⁸).

Selon HARMS-RINGDAL (2004), l'enquête (l'investigation) menée pour déterminer les causes d'un accident doit s'appuyer sur la collection et l'examen minutieux de l'ensemble des faits qui l'ont précédé. Se pose déjà la question de la possibilité de l'accès à toute cette information, une démarche peu évidente dès lors que l'on envisage de travailler sur un nombre important d'événements accidentels. Les statistiques du LLOYD's, les plus utilisées en accidentologie des navires, reposent par exemple parfois sur des coupures de presse. Ces acteurs n'ont pas toujours accès aux rapports d'enquêtes officiels et ce fait est rarement mentionné (ELLIS, 2007).

Rappelons également que les enquêtes officielles ne riment pas forcément avec objectivité, les partis pris étant souvent évidents. Il y a souvent plusieurs versions pour un même accident. Les raisons du naufrage du *Nakohdka* (02/01/1997, ≈ 6 300 tonnes, mer du Japon) ont par exemple été source de polémiques entre autorités russes (Etat du pavillon) et japonaises (l'Etat côtier affecté par la pollution

¹⁰⁵ Consultable à l'adresse Internet suivante : <http://response.restoration.noaa.gov/esi/exercice/oiltypes.htm>. D'autres institutions (EPA [Environment Protection Agency], APE [American Petroleum Institute], etc.) proposent des classifications équivalentes ou plus élaborées. Quoique intéressantes, nous ne les utilisons pas ici car il devient rapidement difficile de définir l'appartenance d'un rejet à l'une ou l'autre des catégories lorsque l'on travaille sur un nombre de cas élevés.

¹⁰⁶ Dans de nombreuses publications, seule figure la mention « pétrole brut ». Nous n'avons donc pas fait de distinction entre bruts lourds et légers.

¹⁰⁷ MIT : Massachusetts Institute of Technology.

¹⁰⁸ CTX : Center for Tankship Excellence

déclenchée par ce naufrage). Selon les autorités russes, la perte de ce pétrolier rempli de fioul lourd est due à une collision avec un objet flottant en mer du Japon, tandis que les autorités japonaises évoquent le manque d'entretien préventif du navire comme élément déclencheur (avarie structurelle), sa corrosion avancée ne lui permettant pas de résister à une mer démontée (ANONYME, 1997¹⁰⁹). Le cas de l'explosion du *Bételgeuse* (08/01/1979, ≈ 28 000 tonnes, terminal pétrolier de Bantry Bay, Irlande) est un autre exemple de litige. Ce pétrolier, immatriculé sous pavillon français, armé par la compagnie pétrolière Total et inspecté par la société de classification Bureau Véritas, explose au cours des opérations de déchargement de sa cargaison de brut. 52 personnes sont tuées par la déflagration. Selon la commission d'enquête irlandaise, l'explosion est due à une étincelle provoquée par des efforts trop importants sur la coque (BERTRAND, 2000). Le navire n'est pas équipé de système d'inertage¹¹⁰ des citernes ni de calculateur d'effort sur la coque et, selon DEVANNEY (2006a), ces citernes sont dans un état déplorable. La France, en tant qu'Etat du pavillon, ne reconnaîtra jamais, à notre connaissance, cette version, prétextant plutôt un départ de feu venu de l'extérieur du navire (BERTRAND, 2000). DEVANNEY (2006a) affirme également que la compagnie Total avait décidé de vendre ce pétrolier et que le Bureau Véritas avait « fermé les yeux » concernant l'état de corrosion avancé des citernes. Il existe une multitude d'autres litiges de ce genre¹¹¹ et si, en général, les causes d'accident sont finalement connues lorsqu'elles provoquent des tragédies de cette sorte ou des pollutions importantes, de très nombreuses avaries de navires ne font l'objet d'aucune enquête approfondie dès lors que les dommages ne sont pas considérés comme sérieux.

La mise en œuvre de procédures d'enquêtes harmonisées pour tous les Etats sont également des initiatives récentes. L'OMI¹¹² avait défini dès 1974, dans le cadre de la Convention SOLAS (Safety Of Life at Sea), des prescriptions techniques pour déterminer les causes d'accident des navires. Elle a depuis adopté, en novembre 1997, un nouveau code destiné à assurer davantage d'objectivité dans la conduite des enquêtes en instituant notamment l'implication de toutes les parties concernées (« Code for the conduct of the investigation of marine casualties and incidents » : MARINHO DE BASTOS, 2004 ; ETMAN & ALAWA, 2006). Cet instrument n'a cependant pas de caractère obligatoire et il est surtout révélateur de la suspicion régnant autour des conclusions de certains rapports d'enquête. En Europe, c'est la Directive 2002/59CE qui a retranscrit en Droit communautaire le code de l'OMI de 1997. Enfin, en France, c'est un arrêté de 1997 qui a institué le Bureau d'Enquête Accident mer (BEA mer) et la Commission Permanente d'Enquête sur les Evénements de Mer (CPEM). Ces textes ont ensuite été remplacés par la Loi du 3 janvier 2002 et son décret d'application du 26 janvier 2004 officialise la commission sus nommée et créé le BEA mer en tant qu'organisme permanent. Son rôle est alors plus précisément défini. Il est chargé des enquêtes (causes et recommandations) mais n'a pas vocation à mettre en cause d'éventuelles responsabilités (ANONYME, 2005). L'on peut, dans ces circonstances, sérieusement s'interroger sur la qualité des données produites avant 1997 pour l'analyse des accidents de navires. Nous verrons ainsi qu'il est souvent difficile d'après ces informations de connaître les causes réelles (causes initiales).

Différences entre cause et circonstance, confusion entre cause et conséquence

La circonstance est définie comme « ce qui accompagne un événement » tandis que la cause fait référence à « ce qui fait qu'un événement se produit » (Dictionnaire de la langue française, 1980). La différence entre l'emploi des deux termes peut sembler mince et pourtant, très souvent, la relation de cause à effet est beaucoup moins évidente qu'il n'y paraît dès lors que l'on recoupe diverses sources d'information (rapports d'enquêtes, etc.) et que l'on considère, lorsque c'est possible, l'ensemble de la chaîne de causalité. Si pour certaines catastrophes « retentissantes », les causes directes (initiales) ont été déterminées, nous n'aurons pas la prétention de dire que celles des 253 cas de rejets accidentels et des 893 événements de mer étudiés ici ont toutes été identifiées. Nous préférons à ce titre parler de circonstances de rejet car la relation de causalité n'est pas toujours des plus évidentes et, surtout, nous

¹⁰⁹ *Marine Pollution Bulletin*, vol. 34, n°4, avril 1997, p. 225.

¹¹⁰ L'inertage (ou nappage) des citernes consiste à injecter du gaz d'échappement des moteurs ou de l'azote à l'intérieur des cuves pour rendre la cargaison anti-déflagrante (CLOUET, 2000).

¹¹¹ Le dernier en date est le naufrage du *Cistude*.

¹¹² OMI : Organisation Maritime Internationale.

connaissons assez mal les causes initiales d'accident (et donc de rejet) car elles sont rarement reportées.

DEVANNEY (2006c) souligne à ce propos une confusion entre cause et conséquence. Plusieurs auteurs évoquent ainsi des causes de rejet en parlant d'échouements ou de collisions alors que ces termes désignent la conséquence d'une avarie initiale (avarie machine, défaut d'inertage des citernes de pétroliers¹¹³, etc.). Le problème que nous avons souvent rencontré dans la littérature ou dans les statistiques de l'OMI est qu'il est toujours fait référence aux accidents en ces termes et que les événements initiaux sont rarement mentionnés. Pour ne donner qu'un exemple parmi les plus célèbres, l'échouement du pétrolier *Amoco Cadiz*, à la suite d'une avarie de gouvernail, provoque la déchirure de sa coque, libérant ainsi près de 228 000 tonnes de pétrole brut. La cause initiale de l'accident, si l'on considère l'ensemble de la chaîne de causalité, n'est en aucun cas l'échouement ou la déchirure de la coque mais l'avarie de gouvernail imputable à d'autres causes sous-jacentes (le coût élevé pour un armateur de disposer d'un gouvernail de rechange, etc.). Quel est dans ce contexte l'événement qui contribue le plus à la catastrophe ? Quel est dans ces circonstances l'événement le plus contributif du rejet ? En revanche, dans une relation de cause à effet fondée sur la proximité des événements entre eux, on peut affirmer que le rejet est consécutif de la déchirure de la coque, elle-même consécutif de l'échouement, lui-même consécutif de l'avarie de gouvernail. L'échouement n'est ainsi pas une « cause » en soi mais plutôt l'aboutissement d'un ensemble d'événements. Echouement, collision, incendie sont ici considérés comme des circonstances et s'apparentent donc à des types d'avarie et non pas à des causes de rejets ou d'accident. Un feu ne prend pas tout seul. Si un navire s'échoue ou aborde un de ses congénères, c'est en général le résultat d'un ensemble de facteurs sous-jacents et souvent difficiles à déterminer.

C'est donc des circonstances entourant l'accident ou le rejet dont il est principalement fait mention dans cette étude. Il s'agit de se départir d'une logique de causalité parfois douteuse et laissée à la seule appréciation d'observateurs qui ne garantissent pas toujours aux conditions élémentaires d'objectivité. Ceci permet également de ne pas confondre circonstances (attribut : type d'avarie) et facteurs de causalité c'est-à-dire les événements déclenchants et contributifs de l'accident. Les facteurs de causalité recouvrent le facteur humain, les facteurs environnementaux et les facteurs techniques (FABRE *et al.*, 1988). Ces aspects ont été abordés via l'analyse d'un nombre réduit d'événements en raison du manque d'informations suffisamment détaillées pour la majeure partie des accidents.

13. Données « rejets mineurs » : indicateurs directs et indirects

131. Comptes rendus obligatoires de rejets mineurs : procédures POLREP et OILPOL

Pour étudier l'exposition des eaux marines aux rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures, nous avons acquis différentes données dont les sources sont similaires. Toutes les informations utilisées pour évaluer l'ampleur des rejets mineurs ont été produites dans le cadre des procédures de comptes rendus obligatoires instituées par la Convention OILPOL de 1954 et la Convention MARPOL 73/78. Pour l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne », nous avons collecté ces informations dans les différentes archives de la Marine nationale (CROSS Corsen, CROSS Jobourg et archives départementales de Vannes) pour la période 1974-1999. Les données de la période 2000-2004 ont été acquises auprès du CEDRE (base de données FIDEVA) et de l'ACOPS pour les rejets mineurs observés en ZEE anglaise (Manche) (ACOPS, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005). En complément de ces informations, nous avons acquis les observations aériennes d'hydrocarbures pour la mer du Nord et la mer Baltique (1998-2001)

¹¹³ Les défauts d'inertage expliquent par exemple la récurrence des incendies et des explosions de pétroliers dans les années 1970-1980 (DEVANNEY, 2006a).

Manche occidentale/nord Gascogne : tous types d'observations de rejets mineurs détectés (ZEE France [1974-2004])

Il est précisé dans la Convention MARPOL 73/78 que les Parties doivent coopérer pour assurer la détection des infractions en recourant à toutes les techniques appropriées de détection, de surveillance, de rapport et de rassemblement des preuves (MARINE NATIONALE, 1982). Cette obligation s'est traduite par une procédure de compte-rendu de pollution dénommée POLREP¹¹⁴. Celle-ci remplace, depuis l'entrée en vigueur de la Convention MARPOL 73/78 en 1983, une méthode de notification des rejets d'hydrocarbures¹¹⁵ instituée par la convention OILPOL de 1954. Les informations fournies par ces documents sont sensiblement les mêmes (Tableau n°1. 4) et toutes ont été collectées.

Tableau n°1. 4. Principales informations extraites des comptes-rendus de pollution
(OILPOL, POLREP et procès verbaux d'infraction)

| | | |
|---|---|---|
| 1/ Auteur du rapport et origine de la détection | 4/ Description du rejet | 7/ Identification et comportement du navire présumé pollueur et/ou des autres navires dans le voisinage |
| 2/ Date et heure | 5/ Etat de la mer et conditions météorologiques | 8/ Eléments de preuve de l'infraction |
| 3/ Position et étendue du rejet | 6/ Source et cause de la pollution | 9/ Informations relevées par contact radiophonique |

Mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale : observations aériennes d'hydrocarbures (1998-2001)

Les observations aériennes d'hydrocarbures produites dans le cadre de la procédure de compte rendu obligatoire POLREP ont également été acquises pour la mer du Nord et la mer Baltique (données du Join Research Center (données fournies par le Secrétariat des accords de Bonn et la Commission d'Helsinki [HELCOM] dans le cadre du programme de recherche « OCEANIDES »). Toutes ces informations ayant déjà été traitées, elles n'ont pas fait l'objet de procédures de classification particulière. Il faut cependant signaler qu'au contraire des informations acquises pour l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne », il y a moins de variables renseignées, et nous n'avons pu, par conséquent, identifier les sources (présumées/avérées) de rejets à l'exception des nappes d'hydrocarbures déversés lors d'accidents de navires (*Baltic Carrier, Pallas*). Ces observations ont été éliminées pour ne conserver que les déversements mineurs d'hydrocarbures, soit au total, 5 126 observations aériennes d'hydrocarbures. Elles ont permis de comparer, autant que ce peut, le niveau d'exposition des eaux marines de la Manche et du golfe de Gascogne à ceux de la mer du Nord et de la mer Baltique et de mettre en évidence l'influence de la fréquence des vents forts et des conditions de mer agitées sur les plages de détection.

132. Oiseaux mazoutés

En complément des données POLREP et OILPOL, des données relatives aux oiseaux mazoutés ont été utilisées pour évaluer à long terme l'évolution des rejets mineurs (BBS) ou pour caractériser le degré d'exposition des communes littorales bretonnes aux échouements mineurs et chroniques d'hydrocarbures (données du centre de soins de l'Île Grande).

Beached Bird Surveys (BBS)

Les Beached Birds Surveys (BBS) sont des ramassages des oiseaux échoués au rivage. Ces études sont menées à grande échelle tous les ans à la même époque (fin février) et généralement dans les mêmes secteurs littoraux. Chaque année, différents auteurs expriment les résultats de ces inventaires en

¹¹⁴ Procédure POLREP : POLLution REPort.

¹¹⁵ Procédure OILPOL : OIL POLLution.

pourcentage d'oiseaux mazoutés échoués sur une portion de littoral. Ces taux de mazoutage (« *oil rate* ») sont calculés pour diverses espèces et à chacune de ces espèces est associé un indice de vulnérabilité aux hydrocarbures (OVI [« *Oil Vulnerability Index* »] : WILLIAMS *et al.*, 1994 ; CAMPHUYSEN, 1998).

Pour calculer le taux de mazoutage par BBS, plus de 10 corps par espèces (corps entiers) doivent être trouvés au rivage et le corps de l'oiseau doit être intact (SKOV *et al.*, 1989 ; SEYS *et al.*, 2002b ; ZYDELIS *et al.*, 2006). L'indice de vulnérabilité aux hydrocarbures est calculé pour chaque espèce d'après son comportement (plongeur, etc.), sa répartition en mer (littoral, côtière, haute mer) et sa présence sur l'année (saison). Les OVI utilisés sont ceux de CAMPHUYSEN (1998), évalués pour les populations d'oiseaux marins de la mer du Nord à l'exception de celui de l'Harelda boréale (ZYDELIS *et al.*, 2006). Ces données ont été utilisées pour évaluer l'ampleur des rejets mineurs dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (du Portugal jusqu'en Lituanie en passant par la Bretagne) et nous ont permis de préciser l'exposition des eaux marines obtenue d'après les observations aériennes d'hydrocarbures. Les principales caractéristiques des espèces d'oiseaux utilisées ont été décrites dans le Tableau n°1. 5.

Nous avons également utilisé les données publiées par CAMPHUYSEN (2005a) pour évaluer l'évolution de 1983 à 2003 des rejets mineurs d'hydrocarbures en différents endroits en mer du Nord et en Manche. L'espèce utilisée est le guillemot de Troïl (*Uria aalge*), un alcidé dont l'évolution du taux de mazoutage est particulièrement représentative de celle des rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures en mer (CAMPHUYSEN, 1998). Le traitement de ces données permet de confirmer ou d'infirmer les évolutions constatées d'après les observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures (pondérées en fonction du nombre d'heures de vol effectuées chaque année).

Oiseaux mazoutés reçus au centre de soins de l'Île Grande (LPO)

Toutes les formes résiduelles d'hydrocarbures résultant des rejets mineurs et chroniques évoqués jusqu'à présent sont susceptibles de s'échouer, à plus ou moins long terme, sur les rivages environnants. Nous n'avons pas pu évaluer l'exposition des communes littorales bretonnes d'après les comptes rendus POLREP et OIPOL établis lors d'observations d'hydrocarbures à la côte car ils ne sont pas très nombreux (une centaine de rapports pour la période 1974-2004). Pour ce faire, nous avons utilisé des données fournies par la LPO¹¹⁶ (centre de soins de l'Île Grande : G. BENTZ). Il s'agit des oiseaux mazoutés qui sont expédiés au centre de l'Île-Grande (Côtes-d'Armor) pour recevoir des soins.

Ces informations sont très différentes des données produites lors des BBS évoquées jusqu'à présent car il s'agit, dans ce cas précis, d'oiseaux vivants et l'on ne peut pas dériver de cette information des proportions d'oiseaux mazoutés. Elles sont cependant très intéressantes car elles couvrent une période assez longue (16/03/1987-12/05/2005, N = 5 824 oiseaux) et les espèces d'oiseaux, les dates et les noms de commune où ils ont été ramassés sont disponibles pour de nombreux individus. Nous n'avons pas utilisé l'intégralité des données car la provenance des oiseaux n'est pas toujours renseignée, surtout entre 1987 et 1990. La période retenue est donc 1991-2004. Ont également été éliminés les oiseaux recueillis à la suite des naufrages de l'*Erika* et du *Prestige* en comparant les dates et les endroits où ils ont été ramassés avec celles des principaux échouements d'oiseaux au rivage (d'après CADIOU *et al.*, 2003 pour l'*Erika* et les POLREP pour les autres rejets accidentels survenus durant la période considérée). Il a été décidé d'utiliser seulement quelques espèces d'oiseaux marins dont l'OVI est élevé, dont la répartition en mer et au rivage diffère et qui ne sont présents que durant les mois d'automne et d'hiver. Fous de Bassan (*Sula bassana*), guillemots de Troïl (*Uria aalge*), macareux moine (*Fratercula artica*) et pingouins torda (*Alca Torda*) ont, pour toutes ces raisons, été retenus (Tableau n°1. 5).

¹¹⁶ LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux.

Tableau n°1. 5. Caractéristiques des oiseaux marins

| Famille | Espèce (nom français) | Nom scientifique | Répartition ¹ | OVI ² |
|----------|--------------------------|-----------------------------|---|------------------|
| Laridés | Goéland cendré | <i>Larus canus</i> | Côtes rocheuses et estuaires | 36 |
| | Goéland argenté | <i>Larus argentatus</i> | Côtes rocheuses et estuaires | 42 |
| | Goéland brun | <i>Larus fuscus</i> | Côtes rocheuses, estuaires et haute mer | 46 |
| | Goéland marin | <i>Larus marinus</i> | Côtes rocheuses, estuaires et eaux littorales | 52 |
| | Mouette rieuse | <i>Larus ridibundus</i> | Côtes rocheuses et haute mer | 36 |
| | Mouette tridactyle | <i>Rissa tridactyla</i> | Côtes rocheuses et haute mer | 54 |
| Anatidés | Tadorne Belon | <i>Tadorna tadorna</i> | Côtes sablonneuses et vaseuses | 40 |
| | Harelde boréale | <i>Clangula hyemalis</i> | Eaux littorales | 48 |
| | Macreuse brune | <i>Melanitta fusca</i> | Eaux littorales | 52 |
| | Macreuse noire | <i>Melanitta nigra</i> | Eaux littorales | 52 |
| | Eider à duvet | <i>Somateria mollissima</i> | Côtes rocheuses, estuaires et eaux littorales | 56 |
| Alcidés | Mergule nain | <i>Alle alle</i> | Iles et haute mer | 51 |
| | Guillemot de Troïl | <i>Uria Aalge</i> | Iles, eaux littorales et haute mer | 62 |
| | Macareux moine | <i>Fratercula artica</i> | Iles, eaux littorales et haute mer | 62 |
| | Pingouin torda | <i>Alca torda</i> | Iles, eaux littorales et haute mer | 64 |
| Sulidés | Fou de Bassan | <i>Sula bassana</i> | Côtes et haute mer | 54 |

¹D'après BENTZ (2001), PETERSON *et al.* (1994).

²Tous les OVI présentés ont été évalués par CAMPHUYSEN (1998) à l'exception de celui de l'Harelde boréale (*Clangula hyemalis*), calculé par ZYDELIS *et al.* (2006).

Ces informations n'ont pas pu être interprétées en l'état et ont dû être pondérées en fonction d'autres variables (fréquentation littorale, linéaire de plage par commune, etc.). Nous détaillerons davantage la méthodologie employée à l'occasion de la présentation des résultats.

2. Données « contexte environnant » : sources et méthodes de collecte

De nombreuses informations ont par ailleurs été compilées pour caractériser l'influence du contexte environnant sur les rejets. Il s'agit de d'informations se rapportant aux caractéristiques du transport maritime (flux de circulation, infrastructures portuaires), au contexte hydrométéorologique et à l'accidentologie des navires.

21. Accidentologie : étude des circonstances de rejets accidentels et d'accidents de navires

L'étude des circonstances d'accident a été réalisée d'après les données collectées dans le cadre des rejets accidentels de navires pour les périodes 1965-2004 (≥ 50 tonnes). Les informations collectées pour ces événements étant cependant très éparpillées, nous avons décidé de procéder à une étude plus détaillée de l'ensemble des accidents de navires signalés durant la période 1999-2003. Plutôt que de considérer uniquement les déversements volumineux aux effets très dommageables (« marées noires ») dont les causes sont, pour la plupart, des avaries de pétroliers, il nous a semblé préférable, pour constituer une image à la fois plus réaliste et actuelle du phénomène des rejets accidentels, de considérer à la fois les rejets de moindre volume, qu'ils soient situés en mer ou à l'intérieur d'enceintes portuaires, et l'ensemble des événements qui en constituent l'origine, c'est-à-dire les accidents de navires. Cette démarche a été intéressante pour caractériser le contexte « accidentologique » de plusieurs déversements qui ne sont pas passés inaperçus durant cette période (*Baltic Carrier* [29/03/2001, $\approx 2\,700$ tonnes, mer Baltique], *Erika* [12/12/1999, $\approx 19\,200$ tonnes, golfe de Gascogne], *Prestige* [13/11/2002, $\approx 63\,200$ tonnes, bassin Ibérique], *Alambra* [16/09/2000, ≈ 300 tonnes, mer Baltique], *Tricolor* [14/12/2002, ≈ 170 tonnes, mer du Nord], *Coral Bulker* [25/12/2000, ≈ 426 tonnes, bassin Ibérique], *Fu Shan Hai* [31/05/2003, ≈ 500 tonnes, mer Baltique], etc.). Il s'agissait

notamment de savoir si les navires impliqués dans ces déversements faisaient partie des flottes les plus accidentogènes (types de navires, pavillon d'immatriculation, etc.) et si les circonstances de ces événements étaient également les circonstances les plus communes à l'échelle des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale.

211. Circonstances des rejets accidentels ≥ 50 tonnes (1965-2004)

Nous dirons peu de choses concernant les informations collectées sur les rejets accidentels de plus de 50 tonnes (1965-2004). L'essentiel des données recensées sur les circonstances de ces accidents ont été collectées dans les ouvrages de BERTRAND (1979, 2000), au centre de recherche et de documentation du CEDRE, dans divers rapports (HELCOM, REMPEC, BONN, etc.) et pour les événements les plus récents ou les plus dommageables, dans les rapports d'enquête officiels (*Sea Empress* [15/02/1996, $\approx 75\ 000$ tonnes, Pays de Galles], *Braer* [05/01/1993, $\approx 86\ 000$ tonnes, îles Shetlands], *Erika*, *Prestige*, etc). Sur les 253 événements recensés, 45 seulement sont suffisamment renseignés pour faire l'objet d'une analyse en terme de facteurs de causalité.

212. Circonstances des accidents de navires (navires ≥ 100 TJB) et des rejets accidentels (tous volumes) (1999-2003)

Les données utilisées pour l'étude de l'ensemble des accidents de navires sont celles diffusées par l'OMI dans le cadre de l'application de la circulaire MSC/MEPC¹¹⁷ relative aux procédures de reports d'accidents et d'incidents maritimes par les administrations nationales concernant les navires battant leur pavillon. Cet organisme recueille les SITREP (SITUation REPort) et les autres rapports disponibles auprès des Etats côtiers et complète sa base de données en ligne (GISIS¹¹⁸) avec les données du LLOYD's¹¹⁹ notamment. C'est très certainement l'information existante la plus complète à petite échelle. Si l'on collecte, en effet, ces informations directement auprès des autorités maritimes, il devient vite difficile d'envisager une étude à l'échelle des mers régionales européennes car toutes sortes d'événements leur sont rapportées (de la dérive du véliplanchiste à la perte d'un pétrolier) et les définitions d'accident varient très largement suivant les différentes administrations. Le principal avantage des données de l'OMI, c'est que les accidents sont classés en fonction de la sévérité des conséquences pour l'équipage, le navire ou l'environnement¹²⁰. Nous n'avons retenu ici que les accidents « sérieux » et « très sérieux »¹²¹. Au sens des circulaires MSC/Circ. 953 et MEPC/Circ. 372, l'accident est dit « sérieux » si son résultat est un incendie, une explosion, une collision, un contact, un échouement, des avaries diverses dues au mauvais temps ou aux glaces, une fissuration ou une avarie présumée de la coque, etc. et dont les conséquences sont l'immobilisation des machines principales, des dommages importants dans les locaux d'habitation, des dommages à la structure du navire affectant sa navigabilité, un rejet (quelle qu'en soit l'ampleur) et/ou une avarie nécessitant un remorquage ou une assistance à terre. L'accident est dit « très sérieux » si l'accident du navire a entraîné une perte totale, la perte de vies humaines ou une pollution grave selon la définition donnée par le MEPC dans sa 37^e session (MEPC 37/22, § 5.8). Enfin, la pollution est dite « grave » si elle a eu des effets préjudiciables pour l'environnement ou si ses effets auraient probablement été graves pour l'environnement sans la mise en oeuvre d'actions préventives. Cette dernière définition est donc plus vague que les précédentes et, surtout, elle est laissée à l'appréciation de l'Etat ou des Etat(s) côtier(s) et/ou du pavillon concernés.

¹¹⁷ MSC : Maritime Safety Committee : Circulaire n° 953 (ex n° 827). MEPC : Marine Environment Protection Committee : Circulaire n° 372 (ex n° 333) du 14 décembre 2000.

¹¹⁸ GISIS : Global Integrated System on Information of Shipping (<http://gisis.imo.org/Public/MCI/Default.aspx>)

¹¹⁹ Les données du Lloyd's désignent en fait deux bases de données distinctes depuis 2001 : celle du LRF (Lloyd's Register of Fairplay) et celle du LMIU (Lloyd's Maritime Intelligent Unit). Ces deux organismes recensent les accidents de navires de plus de 100 TJB à travers le monde.

¹²⁰ Le principal inconvénient est, en revanche, que l'on est dépendant de leur classification.

¹²¹ Ou « sévères » et « très sévères » ou « dommageables » et « très dommageables ». Nous utilisons toutes ces expressions indistinctement pour désigner ces deux conséquences d'accident.

Cette information est donc très intéressante notamment parce qu'elle est relativement bien détaillée¹²² mais il faut préciser qu'il n'existe pas de rapports d'enquêtes pour tous les accidents. En outre, l'inventaire des événements de mer n'est pas exhaustif. En comparant ces données avec d'autres sources (MAIB¹²³, HELCOM, PREMAR et CROSS, SASEMAR, etc.), nous avons constaté que plusieurs événements qui tombaient dans le champ des définitions précédentes n'y étaient pas reportés et nous les avons, par conséquent, rajoutés. Ce ne fut d'ailleurs pas une grande surprise malgré le nombre très important d'événements qui sont archivés dans cette base de données. Tous les Etats ne font pas remonter l'ensemble des informations relatives aux avaries, considérant sûrement qu'elles ne rentrent pas les catégories d'accident définies. L'OMI utilise également les données du LLOYD'S et, dans ce cas précis, l'expérience a montré que cette source n'était pas exhaustive (FABRE *et al.*, 1988¹²⁴ ; DOBLER, 1994 ; ELLIS, 2007).

Pour la sélection des accidents de navires et des déversements accidentels parfois provoqués dans ces circonstances (tous volumes, 1999-2003), nous avons procédé de la même manière que pour les rejets accidentels de navires plus volumineux (1965-2004). Nous avons d'abord fait l'inventaire de tous les événements signalés à l'échelle nord et ouest européenne puis nous avons conservé uniquement les événements compris dans notre zone d'étude (mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale) pour les années dont les données semblaient relativement complètes. Sur les 1 234 événements de mer recensés entre 1998 et 2004, seulement 893 ont été conservés d'après ces critères, soit 72,3 % des accidents recensés. Les données de l'année 1998 et de l'année 2004 ont, en effet, été exclues de notre étude car le nombre d'accidents recensés pour chacune de ces années était considérablement moins important que le nombre d'accidents recensés pour les années 1999, 2000, 2001, 2002 et 2003. Sur la période 1999-2003, le nombre d'accidents est stable et leur répartition géographique est assez homogène d'une année sur l'autre. Enfin, seuls les accidents de navires de plus de 100 TJB ont été retenus pour pouvoir comparer les informations produites aux études antérieures effectuées dans les mêmes secteurs.

Parallèlement aux données de l'OMI, nous avons également collecté auprès de la CEPPOL (Comité d'Etude Pratique pour la lutte contre les POLLutions), un organisme dépendant de la Marine nationale, l'ensemble des avaries de navires signalées aux autorités maritimes françaises en Manche durant l'année 2003 (coordonnées géographiques, types d'avaries, temps de dérive si navire arrêté, etc.). Nous voulions au départ analyser l'accidentologie des navires d'après ces informations mais cela n'a pu être possible car cet organisme ne conserve pas ces données d'une année sur l'autre (télex) et seules sont préservées les synthèses annuelles (années 1996 à 2002)¹²⁵. Nous ne les avons donc finalement peu utilisées même si elles sont particulièrement intéressantes car elles recouvrent théoriquement à peu près toutes les avaries signalées, majeures ou mineures, dans ou à proximité de la ZEE française. Une étude plus globale de l'accidentologie en Manche et dans le golfe de Gascogne aurait cependant nécessité de se procurer les informations équivalentes auprès de la MAIB (Royaume-Uni) et de la SASEMAR (Espagne).

22. Transport maritime : réseau portuaire et flux de navires et de marchandises

Pour caractériser l'activité du transport maritime dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale et dans l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne », trois jeux de données ont été constitués. Les deux premiers concernent les flux de navires et de marchandises observés dans l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne ». La collecte de ces données avait pour objet de et de

¹²² Informations sur le navire accidenté : n° OMI, type, taille, âge, pavillon, etc. ; accident : type, date, coordonnées géographiques, heure (moins fréquent). Informations sur le contexte environnant : conditions météorologiques. Informations sur l'autre navire en cas de collision, etc. Conséquences pour le ou les navires accidentés : perte(s) humaine(s), perte totale, pollution.

¹²³ MAIB : Marine Accident Investigation Board. C'est l'organisme équivalent au Royaume-Uni du BEA mer en France.

¹²⁴ Selon FABRE *et al.* (1988), les bases de données du LLOYD'S sous-estiment d'environ 20 % les accidents de navires « sérieux » et « très sérieux » (navires ≥ 100 TJB).

¹²⁵ Ces données sont en revanche théoriquement conservées au Secrétariat Général de la Mer. Il s'agit de télex envoyés par les CROSS.

préciser l'ampleur et la nature de la circulation maritime canalisée par le DST¹²⁶ « Ouessant Trafic » (Dispositif de Séparation du Trafic) (types de navires et de marchandises) près des côtes bretonnes (données des sémaphores). Ces informations ont été complétées par des recherches bibliographiques concernant d'autres points de passage régulièrement surveillés par les autorités maritimes françaises et celles des pays environnants car nous n'avons pu avoir accès aux bases de données existantes sur la circulation maritime. La plupart sont la propriété de sociétés privées et d'accès très onéreux (assureurs maritimes : BD « Lloyd's Voyage Data Recorder », etc.). Le troisième jeu de données fut constitué pour décrire le réseau portuaire à l'échelle des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale et mettre en perspective l'intégration de la route maritime canalisée par le DST « Ouessant Trafic ».

221. Flux de circulation en « Manche occidentale/nord Gascogne » : données du système de compte rendu obligatoire « Ouessant Trafic » (2000-2003) et données radar des sémaphores bretons (2001-2004)

Depuis le 30 novembre 1996, un système de compte-rendu obligatoire est entré en vigueur au large de la pointe de Bretagne. Tout navire dont le tonnage brut est supérieur ou égal à 300 TJB est tenu de se signaler à l'entrée d'une zone d'environ 40 milles nautiques de rayon centrée sur l'île d'Ouessant (CROSS Corsen, 2003). Dans la pratique, dès qu'un navire est détecté sur les radars du CROSS Corsen, les opérateurs prennent contact avec celui-ci pour qu'il s'identifie. Ce ne sont donc pas seulement les navires de plus de 300 TJB qui sont renseignés mais quasiment l'ensemble des cibles détectées au radar. Au milieu de l'année 2004, la direction du CROSS Corsen nous a autorisé l'accès à une base de données sur les passages de navires dans la zone de compte rendu obligatoire du DST « Ouessant Trafic ». La saisie sur support informatique des informations relatives aux navires en transit dans ce secteur n'a démarré dans cette structure de surveillance qu'à la fin de l'année 1999, quelques jours avant le naufrage du pétrolier *Erika* dans le nord du golfe de Gascogne (13/12/1999). Cette base de données couvre intégralement la période 2000-2003 et nous a permis, en raison du nombre important de caractères renseignés pour chaque navire dont la présence a été détecté et/ou qui s'est signalé¹²⁷, de préciser les connaissances relatives à la circulation maritime dans la partie sud-ouest de la Manche des points de vue de l'ampleur du trafic, des caractéristiques générales de la flotte (catégories de navires, dimensions, etc.), des marchandises transportées (hydrocarbures notamment) et des routes poursuivies (provenance/destination). C'est au final environ 230 000 navires qui se sont signalés au CROSS Corsen entre le 13/12/1999 et le 01/07/2004 (bâtiments de guerre et de plaisance inclus, toutes dimensions confondues). Nous n'avons retenu que les unités de plus de 100 TJB pour la période 2000-2003 afin d'harmoniser ces données avec celles produites sur l'accidentologie de la flotte et nous avons aussi exclu les navires de guerre et les embarcations de plaisance. Notre étude du trafic a donc porté sur 193 107 passages de navires (2000-2003 \geq 100 TJB).

Pour compléter l'étude des flux de navires autour de la Bretagne, les données sur les navires détectés par plusieurs sémaphores ont été acquises (sémaphores de Ploumanac'h, de l'île de Batz, de Penmarc'h, de l'île de Groix et de Belle-Ile). Ces données recouvrent les navires de commerce et de guerre et les périodes couvertes varient suivant les sémaphores (de quelques mois jusqu'aux 3 années complètes : 2001-2004). Les informations reportées dans les fichiers obtenus sont beaucoup moins précises que celles du CROSS Corsen. La jauge des navires n'est, par exemple, pas mentionnée, et ces informations ont seulement été utilisées pour se faire une idée approximative de l'intensité des flux de navires jusqu'à la limite des eaux territoriales¹²⁸. Environ 20 000 passages de navires ont été collectés et 14 406 transits ont été retenus sur les mêmes critères que pour les passages enregistrés au CROSS Corsen (à l'exception de la dimension des navires).

¹²⁶ DST : Dispositif de Séparation du Trafic.

¹²⁷ Nom et n° OMI de chaque navire, type de navire, jauge brute (en tonneaux), longueur, tirant d'eau, type de coque (simple coque, etc.), année de construction, type de cargaison, volume, pavillon d'immatriculation, vitesse, cap compas, etc.

¹²⁸ C'est à peu près la portée radar de la majorité des sémaphores visités.

222. Réseau portuaire en Europe septentrionale et occidentale

Pour resituer les informations relatives à la circulation maritime en Manche et dans le golfe de Gascogne, et caractériser l'importance de cette voie maritime par rapport aux principaux axes de circulation dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale, nous avons d'abord effectué une recherche bibliographique sur la fréquentation des principales routes maritimes à cette échelle. Toutes les informations acquises sont issues de rapports produits par les autorités maritimes de divers pays européens (CROSS¹²⁹ français de la côte atlantique et d'autres MRCC¹³⁰ européens [General Lighthouse Authorities of United Kingdom and Ireland¹³¹, SASEMAR¹³², Danish Maritime Authorities, etc.]). L'information produite dans ces rapports étant peu détaillée, nous avons procédé à une analyse plus détaillée des trafics portuaires des principaux ensembles européens.

Il s'agit des ports dont le volume de marchandises chargé et déchargé est supérieur à 100 000 tonnes de fret durant l'année 2004 et/ou le nombre d'entrées de navires est supérieur 100 unités. La principale source utilisée a été la base de données EUROSTAT sur le transport maritime, mais, en raison des nombreuses valeurs manquantes, nous avons été amené à consulter les annuaires statistiques des administrations compétentes (« Central Statistics Office » pour l'Irlande, « Department for Transport » pour le Royaume-Uni, « Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement » pour la France, « Sistema Portuario de Titularidad Estatal » pour l'Espagne, etc.) et diverses publications, notamment pour les ports de la mer Baltique orientale (ISL [2006] et SERRY [2006]). 414 ports ont au final été renseignés pour la période 2000-2005. Les coordonnées géographiques de l'ensemble des ports sont celles reportées dans l'atlas du Lloyd's (LLOYD'S, 2005). Toute cette information nous a permis de vérifier les relations spatiales entre rejets, accidents et configuration portuaire et d'apprécier les répercussions des évolutions des trafics portuaires en mer Baltique et en mer du Nord sur la circulation observée localement au large d'Ouessant (2000-2003 : contexte *Erika* et *Prestige*).

23. Contexte hydroclimatique

Des données concernant les conditions hydrométéorologiques, troisième composante importante pour l'analyse du contexte environnant, ont été récoltées en compilant différentes sources suivant les échelles considérées.

Deux types d'informations ont été collectés :

- (i) des informations relatives aux conditions hydrologiques (houle, marnage) ;
- (ii) des informations relatives aux conditions atmosphériques (vents, visibilité).

L'intérêt d'acquérir ce type d'information était double. Il s'agissait d'une part d'étudier l'influence du contexte hydroclimatique sur les accidents de navires (nombre et sévérité) et, d'autre part d'apprécier les contraintes régionales et locales en terme de détection des rejets les moins volumineux.

Les informations principalement utilisées sont celles qui ont été produites dans le cadre du programme européen EuroSION¹³³ qui détaille la climatologie de l'ensemble des mers européennes à partir de relevés de stations météorologiques réparties le long des côtes de l'ensemble des espaces maritimes considérés et disposées à quasi-égale distance les unes des autres (données acquises en format Arcinfo). Ces données nous ont permis d'étudier les caractéristiques des vents (force, direction), des houles (hauteur significative, période, direction) et des marnages en divers endroits. Ces informations recouvrent la période 1979-2001 et n'étaient disponibles qu'à l'échelle annuelle (moyennes annuelles et Q95, Q99). Aussi, pour caractériser la variabilité mensuelle des vents forts (observations de vents \geq force 8), nous avons eu recours à l'*Atlas of Pilot Charts of North Atlantic* (PILOT CHARTS, 2002) ».

¹²⁹ CROSS : Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage.

¹³⁰ MRCC : Maritime Rescue Coordination Center. Il s'agit d'infrastructures équivalentes aux CROSS en France. Toutes diffusent de l'information nautique (bulletins météorologiques, signalement des routes recommandées ou obligatoires, Avis URgent à la NAVigation [AVURNAV : navire en avarie, désarrimage de cargaison, etc.]) et surveillent le trafic au moyen de radar.

¹³¹ Rapport disponible à l'adresse suivante : <http://www.trinityhouse.co.uk/review/>

¹³² SASEMAR : sociedad de Salvamento y Seguridad MARitima.

¹³³ Données disponibles à l'adresse suivante : <http://euroSION.org/>

C'est, depuis le milieu du XIX^e siècle, un atlas régional produit par la défense américaine qui accompagne les Pilot Charts, des documents d'aide à la navigation.

Les vents moyens mesurés dans les sémaphores de La Hague, de Granville, de Cancale, de Bréhat, de l'île de Batz, d'Ouessant de la Pointe du Raz, de Penmarc'h, de Groix, de Belle-Ile et de l'île d'Yeu ont par ailleurs été utilisées pour décrire la variabilité mensuelle des vents à l'échelle de l'espace « Manche Occidentale/nord Gascogne » (LEMASSON, 1999).

Les PILOT CHARTS (2002) ont enfin permis de renseigner les conditions de visibilité rencontrées en mer par les navires. Cet atlas est composé de cartes mensuelles sur lesquelles sont reportées les conditions de visibilité inférieure à 2 milles nautiques rencontrées par des navires (exprimées en % du nombre total d'observations). Les cartes illustrant ces visibilités réduites, représentées sous forme d'isolignes, ont été numérisées et des valeurs ont été recalculées en superposant un carroyage de 1° de côté. Des valeurs mensuelles et des moyennes annuelles sont ainsi obtenues pour chaque carré statistique (513 carrés). Cette opération nous permet d'estimer « très approximativement » les fréquences des conditions de visibilité réduite rencontrées par des navires pour chaque mer régionale.

3. Méthodes de traitement statistique et géographique

31. Méthodes mises en œuvre pour produire de l'information géographique

311. « Banque de données » réalisées dans le cadre de cette étude

Tout rejet peut être décrit par sa nature (hydrocarbures, produit chimique, etc.) ou un autre attribut (surface, source, etc.). Tout port se caractérise par le volume de ses trafics (frets, passagers, etc.) et tout navire est d'un type spécifique (pétrolier, pêche, etc.). Plusieurs tables thématiques (ports, navires, événements polluants, etc.) ont été construites pour répondre à une finalité spécifique au regard de l'information qu'elle contient (objet : trafic ; accident ; hydrocarbures) et correspondant à une période précise. La banque de données (BD) est définie, dans ce contexte, comme l'ensemble des tables traitant d'une problématique commune dans un espace strictement défini.

Deux BD ont été élaborées pour caractériser l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets d'hydrocarbures ainsi que leur contexte environnant. La première est relative à la pointe de Bretagne (eaux marines [Manche occidentale/nord Gascogne] et littoraux) et la seconde est spécifique aux eaux marines et aux littoraux d'Europe septentrionale et occidentale (espace atlantique [mer Celtique, bassin Ibérique], mer du Nord, mer Baltique).

312. Démarches préalables au traitement statistique des informations

Diverses procédures ont été mises en œuvre pour procéder à l'uniformisation des données collectées.

Nettoyage des fichiers

Les fichiers de données, lorsqu'ils ont été acquis auprès des organismes producteurs (autorités maritimes, etc.), ont, dans la très grande majorité des cas, dû être débarrassés de valeurs redondantes et de données erronées. Les premières ont été repérées par des tris successifs sur chaque caractère des individus considérés. Les données erronées (valeurs aberrantes) ont ensuite été identifiées :

- (i) d'après l'examen du minimum et du maximum de chaque variable (élimination des données « hors plage », une cargaison pétrolière de plusieurs millions de tonnes d'hydrocarbures n'est, par exemple, pas envisageable pour un seul pétrolier) ;
- (ii) d'après la comparaison des différentes modalités d'un même individu (examen du volume d'un rejet par rapport aux caractéristiques du pétrolier qui en est l'auteur [capacité d'emport], la première valeur ne pouvant logiquement pas excéder la seconde).

Ces deux procédures de « nettoyage » de fichier, particulièrement fastidieuses, ont dû être mises en œuvre pour toutes les données dont les conditions de production nous étaient étrangères et qui n'étaient pas, peu ou mal renseignées (absence de métadonnées). Les passages de navires détectés au

large d'Ouessant durant les années 2000-2003 étaient, par exemple, d'après le contenu initial des fichiers obtenus, très largement surestimés (d'environ 26 000 unités sur l'ensemble de la période) en raison de nombreux doubles comptes.

Homogénéisation

Dans le cas des informations produites par nos soins, nous avons parfois dû procéder à des agrégations d'individus pour constituer des unités statistiques homogènes. Pour ne citer que l'exemple le plus parlant, plusieurs comptes-rendus de pollutions (POLREP, etc.) se réfèrent parfois au même événement polluant c'est-à-dire que des nappes d'hydrocarbures distinctes font l'objet de plusieurs POLREPs mais que la source identifiée est semblable dans le temps et dans l'espace¹³⁴ (les épaves notamment [*Peter Sif* et *Erika* en Atlantique, *Pallas* en mer du Nord, etc.] ou des nappes hydrocarbures déversés à la suite d'un accident [*Baltic Carrier*]). Aussi a-t-il été nécessaire de regrouper en une seule unité statistique (appelé ici, indistinctement, « rejet » ou « événement (potentiellement) polluant ») des données qui semblaient s'apparenter au préalable à plusieurs événements, selon des critères définis en fonction de l'information disponible (date et heure de l'observation, coordonnées géographiques, aspect, source, etc.), pour que l'information finalement conservée corresponde à la définition de l'individu établie pour chaque table. Chaque individu correspond à une unité géographique (objet ponctuel ou surface). Précisons que, là aussi, ce travail d'homogénéisation, peu valorisable en terme d'écrit, a été source de nombreuses contrariétés et qu'il a dû être mené sur quasiment tous les individus considérés, données acquises ou produites.

Bilan des valeurs manquantes

Après ces deux étapes (nettoyage et homogénéisation), nous avons enfin procédé au bilan des valeurs manquantes en déterminant leur nombre par individu et par variable. La situation, selon les populations considérées, est très hétérogène. Certaines tables sont très complètes (plus de 95 % des modalités : trafic maritime au large d'Ouessant, trafic portuaire européen, etc.), tandis que d'autres le sont beaucoup moins. Les statisticiens préconisent généralement, lorsque c'est possible, d'estimer (ou de retrouver) les valeurs manquantes et, dans le cas contraire, d'éliminer les individus dont tous les caractères ne sont pas renseignés pour finalement disposer d'une table homogène, au risque autrement d'étudier des populations différentes selon la variable analysée (ESCOFIER & PAGES, 1997). Les solutions qu'ils évoquent sont cependant problématiques car, d'une part, il est souvent difficile, voire impossible, de retrouver ou d'estimer les valeurs manquantes, et, d'autre part, conserver seulement les individus pour lesquels toutes les modalités sont renseignées réduit l'effectif total d'autant plus rapidement que le nombre de caractères est élevé¹³⁵. Comme l'estimation des valeurs manquantes est ici, à de très rares exceptions¹³⁶, irréalisable, nous avons préféré, malgré les difficultés induites en terme d'interprétation des résultats, conserver tous les individus et ce, pour trois raisons :

- (i) garantir une homogénéité géographique (c'est avant toutes autres choses le nombre total d'objets géographiques pour un espace et une période déterminés qui nous intéresse et leur position et leur date est l'un des seuls caractères renseignés de manière exhaustive pour chacune des populations considérées) ;
- (ii) effectuer chaque calcul (moyenne, etc.) avec le maximum d'individus en partant du principe, pour la moyenne, que les résultats sont d'autant plus représentatifs que le nombre d'individus utilisés est élevé¹³⁷ ;

¹³⁴ Le pas de temps (durée) et l'espace retenu (étendue), pour définir la notion d'événement polluant, sont précisés dans le texte lors de la présentation des résultats. Les autres définitions des unités statistiques considérées sont effectuées également au fil du texte (les notions de « navire », de « pétrolier » [...] lorsque l'on étudie la flotte, la notion de « passage » lorsque l'on s'intéresse à la circulation maritime, etc.).

¹³⁵ Si l'on avait appliqué cette démarche aux rejets mineurs par exemple, on aurait effectué des traitements sur à peine 1 % de l'information collectée, quel que soit l'espace considéré.

¹³⁶ L'estimation des valeurs manquantes n'a été possible que pour quelques ports dont les volumes de trafic étaient renseignés sur plusieurs années (une seule valeur manquante) et dont la variabilité interannuelle était réduite. L'estimation a été réalisée d'après les valeurs des années encadrantes (nombre de navires entrants, volume de fret débarqués et embarqués). La solution d'abord privilégiée a cependant toujours été de retrouver la donnée originale dans les annuaires statistiques des administrations compétentes ou d'autres publications.

¹³⁷ La loi Forte des Grands Nombres dit en substance que « la moyenne empirique se rapproche de plus en plus de la moyenne théorique, où espérance (moyenne des variables tirées au hasard), lorsque le nombre de données croît » (AZAIS & BARDET, 2005). Appliquée à l'étude

- (iii) aucune méthode statistique exigeant des tableaux de données complets n'est ici envisagée (Analyse en Composante Principale, etc.).

Quatorze tables ont au final été constituées pour décrire les événements (potentiellement) polluants et leur contexte environnant. Le Tableau n°1. 6 et le Tableau n°1. 7 synthétisent les principales caractéristiques des données et des sources utilisées pour construire ces tables.

d'un sous-ensemble, elle signifie que « la moyenne d'un groupe s'éloigne d'autant plus facilement de la moyenne générale que son effectif est faible et que la dispersion de l'ensemble des individus est grande » (ESCOFIER & PAGES, 1997).

Tableau n°1. 6. Types de données récoltées pour évaluer l'exposition des eaux marines et des littoraux d'Europe septentrionale et occidentale aux rejets d'hydrocarbures (mer Baltique, mer du Nord et espace atlantique [mer Celtique et bassin Ibérique]) et le contexte environnant

| Tables (populations) | | Codif. (P##) | Effectif total (N) ^a | Caractères (Σ) | Dimension temporelle | | Emprise spatiale ^b | Sources |
|-----------------------|-------------------------|--------------|---------------------------------|----------------|----------------------|--------------|-------------------------------|---|
| Thème | Types de données | | | | Durée | Pas de temps | | |
| Ports | Trafic (frets, navires) | P11 | 452 | 45 | 2000-2005 | Mensuel | (1/2/3) | Administrations compétentes, EUROSTAT, publications diverses |
| Navires | Accidents | P23 | 893 | 16 | 1999-2003 | Quotidien | (1/2/3) | OMI, LLOYD'S, HELCOM, MAIB, SASEMAR, CROSS |
| Rejets | Hydrocarbures (≥ 50 t.) | P31 | 249 | 21 | 1965-2004 | Quotidien | (1/2/3) | Sources diverses (voir Tableau n°1. 3) |
| | Hydrocarbures (≤ 50 t.) | P32 | 5 126 | 9 | 1998-2001 | Quotidien | (1/2/3) ^c | Autorités maritimes (POLREP), CEDRE (FIDEVA), JRC |
| Cadre hydroclimatique | Vagues, vents, marnage | P51 | 143 | 12 | 1979-2001 | Annuel | (1/2/3) | EUROSION, Atlas of Pilot Charts ^e (PILOT CHARTS, 2002) |
| | Visibilité | P52 | 513 | 12 | 1850-2001 | Mensuel | (1/2/3) | Atlas of Pilot Charts (PILOT CHARTS, 2002) |

^aN équivaut au nombre total d'individus. Chaque individu correspond à un objet géographique (un site, un port, un navire, un rejet, etc.).

^bLe numéro des secteurs reportés dans ce tableau correspond à celles de la Figure n°1. 1.

^cPour les espaces maritimes "nord Gascogne, Manche, mer du Nord et Baltique uniquement" (voir Figure n°1. 1).

^dLittoraux de la Manche et de la mer du Nord uniquement (voir Figure n°1. 1).

^eDistribution mensuelle des vents forts.

Tableau n°1. 7. Types de données récoltées pour évaluer l'exposition des eaux marines de l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne » et du littoral breton aux rejets d'hydrocarbures et le contexte environnant

| Tables (populations) | | Codif. (P##) | Effectif total (N) | Caractères (Σ) | Dimension temporelle | | Emprise spatiale | Sources |
|----------------------|------------------|--------------|--------------------|----------------|----------------------|--------------|-------------------------------|---|
| Thème | Données | | | | Durée | Pas de temps | | |
| Navires | Passages | P21 | 193 107 | 33 | 2000-2003 | Quotidien | 1c1 (DST Ouessant) | Marine nationale (CROSS Corsen, BD "Ouessant Trafic") |
| | | P22 | 14 046 | 8 | 2001-2004 | Quotidien | 1c1 (sémaphores) ^a | Marine nationale (sémaphores) |
| | Incidents (mer) | P24 | 288 | 26 | 2003 | Quotidien | Manche (ZEE Fra ?) | Marine nationale (CEPPOL) |
| | Epaves | P25 | ≈ 4 000 | 3 | — | — | 1c1 ^b | SHOM (2001) |
| Rejets (≤ 50 t.) | Toutes natures | P33 | 1 653 | 31 | 1974-2004 | Quotidien | 1c1 (ZEE France) | Autorités maritimes (POLREP, OILPOL), CEDRE (FIDEVA) ^c |
| | | P34 | 111 | 12 | 2000-2004 | Quotidien | 1c2 (ZEE R.U.) | ACOPS (POLREP) ^c |
| Echouements | Oiseaux mazoutés | P42 | 5 826 | 5 | 1987-2005 | Quotidien | 1c3 | LPO (centre de soins de l'île Grande) |
| Cadre climatique | Vents | P53 | 11 | 12 | 1961-1990 | Mensuel | 1c1 ^d | Marine nationale (sémaphores) in LEMASSON (1999) |

^aDonnées des sémaphores de Ploumanac'h, de l'île de Batz, de Penmarc'h, de l'île de Groix et de Belle-Ile.

^bDu trait de côte jusqu'à la limite septentrionale de la ZEE française et, à l'ouest, jusqu'à la bordure du plateau continental (isobathe -500 mètres).

^cDonnées des sémaphores de La Hague, de Granville, de Cancale, de Bréhat, de l'île de Batz, d'Ouessant (1962-1996), de la Pointe du Raz, de Penmarc'h, de Groix, de Belle-Ile et de l'île d'Yeu.

32. Méthodes de traitement statistique et de traitement géographique

321. Traitement statistique

Pour synthétiser les principales caractéristiques des données étudiées (variable par variable), nous recourons à des outils de statistique descriptive classique : des indicateurs de tendance centrale (moyenne arithmétique, médiane), de dispersion (écart-type, coefficient de variation et indice de Gini), d'aplatissement, et d'asymétrie (encadré n° 2).

Encadré n° 2. Indicateurs de dispersion et d'asymétrie

Indice de Gini (I_g) et coefficient de variation (C_v) sont tous deux des paramètres de dispersion (statistique) relative (sans dimension). Le coefficient de variation permet de comparer les écarts-type de deux séries statistiques (écarts moyens des valeurs à leur moyenne arithmétique) dont les moyennes diffèrent largement, tandis que l'indice de Gini mesure globalement le degré d'inégalité de la distribution et varie entre 0 (équité) et 1 (totale asymétrie)¹³⁸. Le coefficient d'asymétrie (C_a) recherche la présence d'une queue de distribution (individus extrêmes situés d'un seul côté de la distribution) en mesurant le degré d'asymétrie de la distribution par rapport à sa moyenne. Si la distribution est symétrique, $C_a = 0$. Si les valeurs les plus éloignées de la moyenne sont majoritairement plus grandes que la moyenne, $C_a > 0$ et inversement si $C_a < 0$ (ESCOFFIER & PAGES, 1997).

Des analyses multivariées ont, par ailleurs, été menées pour tester des hypothèses de corrélations entre variables. En statistique, la relation entre deux caractères s'exprime par confrontation entre les données empiriques et celles produites par un modèle (LAHOUSSE & PIEDANA, 1999). Cette démarche débouche sur la définition d'une information résiduelle correspondant à l'écart mesuré entre données empiriques et données théoriques. L'analyse de ces écarts (ou résidus), couplée avec l'analyse du modèle théorique de référence, renseigne sur les modalités de la relation existante entre les deux caractères considérés. Le modèle employé diffère selon la nature des données utilisées. Nous avons utilisé le modèle de régression/corrélation pour la mise en relation de deux variables quantitatives et l'analyse de variance pour la mise en relation d'une variable catégorielle et d'une variable quantitative.

Modèles utilisés pour l'analyse des corrélations

Pour l'analyse par régression/corrélation, on procède à l'ajustement du nuage de points contingents (de coordonnées $[x,y]$) par régression linéaire (ajustement affine par la méthode des moindres carrés [de Y en X et de X en Y]). Le coefficient de corrélation linéaire mesure la parenté de forme entre le nuage de points et la droite et précise ainsi la relation entre Y et X . Ce coefficient est signé (il varie entre 1 et -1) et sa valeur, sans dimension, indique le sens de la relation¹³⁹. Le coefficient de détermination (r^2) évalue l'intensité de la relation linéaire en estimant la qualité de la régression¹⁴⁰. C'est un nombre réel positif (il varie entre 0 et 1), sans dimension, qui exprime le pourcentage de la variance du nuage de points expliquée par la droite de régression parmi la totalité de la variance de Y .

L'analyse de variance (à un facteur) permet d'étudier la relation entre une variable quantitative et une variable catégorielle. Pour évaluer la liaison entre les deux caractères considérés, il faut à la fois tenir compte de la variabilité à l'intérieur des classes (variances intra-groupes) et de la différence quantitative entre moyenne des classes (variabilité inter-groupes). Pour ce faire, on évalue la Somme

¹³⁸ En cas d'équité, toutes les valeurs de la distribution sont égales (concentration statistique maximale) et, en cas de totale asymétrie, une valeur unique équivaut à la somme des valeurs de la distribution (dispersion statistique maximale).

¹³⁹ Certains auteurs estiment juste l'hypothèse de corrélation linéaire lorsque $r \geq 0,866$ car cette valeur correspond à un angle de mesure inférieur à 30° entre les deux droites de régression (CHAUVAT & REAUT, 1995). Précisons cependant que, dans la pratique, tout dépend de la référence implicite que l'on prend.

¹⁴⁰ La valeur jugée représentative d'un bon ajustement affine est $r^2 \geq 0,75$, c'est-à-dire celle du coefficient de corrélation linéaire élevé au carré (CHAUVAT & REAUT, 1995). Précisons cependant que, dans la pratique, tout dépend de l'intensité de la liaison supposée au préalable.

des Carrés des Ecartés (SCE totale : voir PAGES & ESCOFFIER, 1997) qui est une décomposition de la variabilité totale des individus en deux parties (SCE intra-groupes et SCE inter-groupes). Cette décomposition sert à mesurer l'intensité de la liaison entre les caractères considérés. Pour ce faire, on utilise le rapport de corrélation (noté η^2) (rapport entre SCE inter-groupes et SCE totale). Comme le coefficient de détermination (r^2), il varie entre 0 et 1. Il vaut 0 s'il n'existe aucune différence entre les moyennes de différentes classes et 1 s'il n'existe aucune différence entre les individus d'une même classe. La liaison entre les variables est donc forte si, pour l'ensemble des classes de X , les moyennes de Y sont très différentes et les variances autour de ces moyennes petites. En cela, il mesure la part de variabilité explicable par l'appartenance à un groupe. Si l'on veut généraliser le résultat obtenu à une population plus vaste (dans l'hypothèse que l'échantillon constitué est issu d'un tirage au hasard, etc.), on peut associer une probabilité à η^2 à l'aide d'un test de Fisher (F)¹⁴¹, étant donné que ces deux indicateurs sont liés de façon monotone (quand l'un croît, l'autre croît) (ESCOFFIER & PAGES, 1997).

Comparaison d'échantillons et probabilités associées (tests d'hypothèses d'égalité [moyennes, médianes])

Selon ESCOFFIER & PAGES (1997) et DEVANNEY (2006c), il est souvent utile d'associer un niveau de signification (une probabilité P : « P -value »¹⁴²) à un indicateur statistique car l'on n'accorde pas la même valeur à cet indicateur (moyenne, écart-type, médiane, etc.) selon le contexte dans lequel il est produit. Pour l'interpréter, il faut, en effet, tenir compte à la fois de la variabilité des données (l'ordre de grandeur de chaque échantillon) et des effectifs observés dans chaque échantillon. Dans le cas présent, on se contente d'une approximation de la probabilité en recourant à des lois théoriques dont la distribution n'est pas trop éloignée de la distribution réelle de l'indicateur, moyennant quelques hypothèses techniques qu'il faut vérifier. Si elles ne sont pas vérifiées, le calcul donne une probabilité d'autant plus approximative de la vraie valeur P que la distribution des valeurs observées s'éloignent de la loi théorique utilisée (ESCOFFIER PAGES, 1997).

La situation neutre constitue l'hypothèse de référence (notée H_0 : absence de différence entre moyenne par exemple) par rapport à laquelle on examine les données. D'une manière générale, on rejettera l'hypothèse d'égalité H_0 lorsque la probabilité (P -value) sera inférieure à α , niveau du test choisi (1 %, 5 % ou 10 % suivant les cas). Ici, α représente la probabilité, fixée *a priori*, de considérer à tort les populations comme différentes.

La statistique utilisée pour tester l'hypothèse d'égalité des moyennes (de niveau α) est celle de Fisher (F)¹⁴³. Lorsque la distribution de l'indicateur étudiée s'éloigne trop considérablement de la normalité, c'est le test de Kruskal-Wallis (K)¹⁴⁴ qui est utilisé pour tester l'hypothèse H_0 d'égalité des médianes (de niveau α).

Evaluation des tendances temporelles

Les chroniques sont une forme particulière de distribution double. On peut, à ce titre, résumer une tendance, c'est-à-dire le mouvement profond de l'évolution à long terme de la chronique (CHAUVAT & REAUT, 1995), à l'aide d'une régression linéaire ou polynomiale au moyen d'un ajustement affine par la méthode des moindres carrés. Les valeurs de la variable Y sont alors estimées en fonction du caractère temporel. Cette méthode est devenue classique pour deux raisons : les solutions sont explicites et de faible complexité numérique et ce choix est optimal pour des observations gaussiennes

¹⁴¹ La statistique F peut s'interpréter comme le rapport de la variabilité inter-groupe sur la variabilité intra-groupe (AZAIS & BARDET, 2005).

¹⁴² La « P -value » est la probabilité qu'une variable aléatoire suivant la loi considérée puisse être supérieure à la valeur obtenue (AZAIS & BARDET, 2005).

¹⁴³ Plus le F calculé est grand et plus les moyennes des échantillons diffèrent. On suppose dans ce cas précis que les échantillons suivent des lois normales (ou que leur distribution ne s'en écarte pas trop) et que leurs variances sont égales, des hypothèses que l'on peut vérifier à l'aide d'outils graphiques (droite de Henri) et statistiques (coefficient d'aplatissement, etc.). Selon AZAIS & BARDET (2005), certaines études confirment, sauf cas extrêmes, que le test de Fisher n'a pas cependant toujours besoin de l'hypothèse de gaussianité pour être approximativement exact. Il existe également une théorie asymptotique du modèle linéaire pour les grands échantillons qui n'a pas besoin de l'hypothèse de normalité (supérieurs à 2 ou 3 dizaines d'individus).

¹⁴⁴ Les données des deux échantillons sont combinées puis triées de la plus petite à la plus grande. Le rang moyen est alors calculé pour chaque échantillon.

(AZAIS & BARDET, 2005). De nombreux auteurs utilisent ces méthodes pour évaluer l'évolution des rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures (BBS notamment : CAMPHUYSEN, 1998 ; SEYS *et al.*, 2002a ; LARSEN *et al.*, 2007 ; etc.) mais tous procèdent à des modifications des valeurs de Y pour « normaliser » la série d'observations en raison de la très grande variabilité des valeurs d'une année sur l'autre, la forme des distributions étant souvent très dissymétrique (distribution lognormale, voire de Poisson). Si l'on veut correctement résumer une tendance par l'emploi d'un modèle linéaire, il faut, en effet, que les écarts (résidus) soient faibles, nuls en moyenne, et en général normalement distribués et non corrélés (CHAUVAT & REAUT, 1995 ; AZAIS & BARDET, 2005).

De nombreuses méthodes sont disponibles pour transformer les valeurs de Y et nous présenterons celles utilisées dans ce travail lors de l'exposé des résultats. Précisons juste que leur transformation ne peut se faire que si la variance des erreurs n'est pas constante (hétéroscédasticité) et qu'elle doit obéir à des règles précises basées sur la relation suspectée entre l'écart-type résiduel et la réponse Y (AZAIS & BARDET, 2005). Nous avons retenu sur ces bases les méthodes utilisées dans la littérature pour des données similaires. Enfin, la statistique de Fisher (F)¹⁴⁵ est utilisée pour tester l'hypothèse H_0 de nullité de la pente de la régression linéaire et la probabilité associée mesure le caractère significatif de la tendance observée.

322. Traitement géographique

Les méthodes de traitement géographiques diffèrent suivant la nature des informations récoltées. Lorsque ce sont des objets surfaciques, nous avons employé les méthodes classiques de représentation graphique et il n'est pas utile de les détailler. Lorsqu'il s'agit d'objets ponctuels, nous avons eu recours à deux méthodes d'interpolation différentes pour représenter la forme géographique (par agrégation¹⁴⁶) des individus.

Il s'agit, dans ces cas précis, de calculer des fréquences (densités) c'est-à-dire le nombre de phénomènes se manifestant dans un espace défini et pendant une période déterminée. Deux méthodes d'interpolation ont été utilisées pour cartographier les objets ponctuels (et certains de leurs attributs) (rejets, visibilité, ports, etc.) en fonction de la distribution (homogénéité ou hétérogénéité) des points dans l'espace :

- (i) lorsque le maillage de points est régulier, c'est-à-dire que la représentativité spatiale de chacun des sites sur lesquels l'on dispose de mesures est (supposée) égale, la technique utilisée est une méthode d'interpolation linéaire après triangulation (triangulation de Delaunay). L'emploi de cette technique suppose l'adhésion au postulat d'autocorrélation spatiale selon lequel deux voisins ont plus de chance de se ressembler que deux lieux éloignés¹⁴⁷ ;
- (ii) lorsque le maillage de point est irrégulier, nous avons utilisé la méthode d'interpolation de Kernel (rejets et accidents de navires en mer, trafics portuaires dans une bande littorale de 20 km, etc.). Cette technique est recommandée par plusieurs auteurs pour caractériser, à partir d'une série de points (rejets)¹⁴⁸, les variations spatiales d'intensité d'un phénomène dans un espace donné (TUFTE *et al.*, 2004 ; TORUN & DUZGUN, 2006 ; SERRA-SOGAS *et al.*, 2007 ; PELOT & PLUMMER, 2008). Il s'agit de mettre en valeur des ruptures, d'ailleurs souvent très accusées.

Pour restituer ces traitements, plusieurs méthodes de discrétisations ont été utilisées. Leur emploi dépend à la fois de la forme de la distribution cartographiée et du phénomène à mettre en valeur. Pour les rejets d'hydrocarbures, nous avons, par exemple, privilégié la discrétisation de Jenks, un algorithme qui minimise la variance intraclasse et maximise la variance interclasse. Le découpage résultant met particulièrement bien en valeur les discontinuités de leur répartition géographique. Les distributions plus gaussiennes ont généralement été représentées par des classes d'intervalles égaux.

¹⁴⁵ C'est ici le rapport entre le carré moyen expliqué par la régression et le carré moyen résiduel (AZAIS & BARDET, 2005).

¹⁴⁶ Associer en un même agrégat des lieux proches à la fois dans l'espace et par leurs attributs (BRUNET *et al.*, 1992). Les degrés d'agrégation ont été choisis en fonction de la densité du phénomène à représenter.

¹⁴⁷ En fait, pour que ce postulat se vérifie (si on peut le vérifier !), tout dépend bien souvent de l'échelle d'analyse employée.

¹⁴⁸ En raison des échelles employées et/ou du manque d'information sur l'emprise spatiale du phénomène analysé à grande échelle, chaque rejet est, par exemple, ici assimilé à un point.

Nous avons enfin eu recours à différents logiciels suivant les objectifs à atteindre. Le plus fréquemment utilisé est un logiciel de géomatique (Arcgis 8.3). L'objet de ce travail n'est pas de produire cependant un système d'information géographique et cet outil n'a été employé qu'en raison des possibilités qu'il offre en terme d'analyse spatiale.

Conclusion

La revue de littérature présentée dans le chapitre 1 a permis de discuter et justifier les choix méthodologiques opérés dans cette thèse pour évaluer l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets accidentels et opérationnels des navires et mieux comprendre leurs circonstances d'émergence au regard du contexte environnant. Dans le chapitre 2, les sources de données consultées, les bases de données et les méthodes de traitement géographique et statistique utilisées ont été présentées. Toutes les informations produites permettent d'évaluer l'évolution des déversements d'hydrocarbures dans le temps et en différents endroits.

Partie 2. Exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets d'hydrocarbures : Bretagne et espaces environnants

Les littoraux bretons et les eaux marines avoisinantes (Manche et golfe de Gascogne) sont-ils des espaces très exposés aux rejets opérationnels et accidentels d'hydrocarbures des navires ? Les circonstances d'émergence de ces événements (potentiellement) polluants sont-elles semblables à celles observées dans les mers régionales environnantes ? Et sinon, quelles sont les raisons qui participent de cette situation ?

L'objectif de cette seconde partie est de caractériser l'ampleur et les conditions d'apparition des rejets mineurs et majeurs d'hydrocarbures autour de la Bretagne (Manche occidentale/nord Gascogne) et ce, au regard de la situation observée dans les mers régionales environnantes (espace atlantique [bassin Ibérique, mer Celtique], mer du Nord et mer Baltique). Nous avons adopté l'approche pluriscale pour resituer les phénomènes observés localement dans un référentiel géographique commun et pour procéder à des comparaisons interrégionales afin de dépasser le stade descriptif et d'envisager une discussion plus générale sur l'influence du contexte environnant.

Le chapitre 1 présente les dimensions locale et régionale du transport maritime et du contexte hydroclimatique. Ils sont abordés comme facteurs d'exposition car tous deux majorent ou, au contraire, minorent l'apparition (et/ou la perception) des événements (potentiellement) polluants. Après la présentation des routes maritimes et des caractéristiques du trafic détecté¹⁴⁹ en « Manche occidentale/nord Gascogne » (période 2000-2003), nous évoquons l'intégration de cette voie maritime au réseau de transport environnant (autres routes maritimes et réseau portuaire des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale) et précisons le cadre océanoclimatique et les différentes répercussions induites. Cette analyse nous permet d'établir précisément le contexte géographique d'émergence des naufrages de l'*Erika* (golfe de Gascogne, 1999) et du *Prestige* (bassin Ibérique, 2002), et plus généralement celui de l'ensemble des accidents de navire (rejets accidentels inclus, navires ≥ 100 TJB, 1999-2003) et des rejets mineurs (1998-2001).

Dans le chapitre 2, nous procédons à l'analyse détaillée, à petite échelle, de l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets accidentels d'hydrocarbures des navires. Les déversements les plus volumineux sont examinés sur une longue période (1965-2004, rejets ≥ 50 tonnes) car il s'agit d'étudier la structure géographique de ce phénomène en fonction de quelques attributs (principales caractéristiques, circonstances les plus communes, etc.). Pour ne pas nous cantonner à l'examen des événements les plus dommageables et poursuivre la présentation détaillée du contexte d'émergence des naufrages du *Prestige* et de l'*Erika*, nous présentons également l'accidentologie de l'ensemble des navires (pétroliers et autres navires ≥ 100 TJB) et leurs principales conséquences durant la période 1999-2003. Ces deux approches, menées simultanément, nous permettent de procéder à une analyse plus générale des événements accidentels, que leurs conséquences soient très dommageables ou non, et d'entamer une discussion sur les contributions respectives de quelques facteurs d'accident (facteurs externes et internes au navire).

Dans le chapitre 3, nous évoquons enfin la problématique des rejets mineurs et chroniques. Après une présentation, à l'aide de divers indicateurs, des principales caractéristiques de ces déversements à l'échelle des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (répartition, ampleur, produits déversés), nous détaillons, à l'échelle de l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne », les différentes circonstances de déversements mineurs recensées (rejets opérationnels, épaves polluantes, etc.) et concluons sur l'exposition littorale de la Bretagne dans ce contexte.

¹⁴⁹Au large d'Ouessant, pointe de Bretagne.

Chapitre 1. Dimensions locales et régionales du contexte environnant : transport maritime et cadre hydroclimatique

L'organisation générale des routes maritimes en Manche occidentale/nord Gascogne et les caractéristiques du trafic maritime au large d'Ouessant sont décrites pour préciser la dangerosité de la circulation maritime transitant au large de la pointe de Bretagne (2000-2003). Nous restituons ensuite l'intégration de cette route maritime au réseau de transport environnant et précisons les spécificités hydroclimatiques de l'ensemble des mers régionales d'Europe occidentale et septentrionale. Cette approche nous permet de définir la toile de fond des rejets d'hydrocarbures des navires et, plus particulièrement, celle des accidents de l'*Erika* et du *Prestige*¹⁵⁰.

1. Le trafic maritime au large de la Bretagne : principales caractéristiques

L'élaboration de mesures censées améliorer la sécurité de la navigation ne peut se faire, selon le capitaine K.D. Jones, sans connaître précisément les flux de circulation aux échelles locales et régionales (JONES, 1972). Cette recommandation s'apparente à un préalable indispensable et pourtant, plus de trente années après, cette condition primordiale se résume généralement dans les analyses de risques maritimes à l'évocation de quelques statistiques soulignant l'extraordinaire intensité du trafic maritime en Manche (20 % du trafic mondial, etc.) ou à l'emploi des statistiques portuaires pour décrire un phénomène pourtant situé en mer¹⁵¹. Les raisons de cette situation sont simples. Tout phénomène situé en mer est tout d'abord difficilement observable. Les données rendues publiques sur la circulation maritime sont généralement peu détaillées et la nature et la qualité des informations consignées dans ces synthèses varient considérablement d'une année sur l'autre¹⁵². Enfin,

¹⁵⁰ Nous revenons régulièrement tout au long de cette étude sur ces deux événements (notamment l'*Erika*). Les données relatives à la circulation détectée au large d'Ouessant sont très intéressantes car elles permettent de caractériser le contexte d'émergence de ces deux accidents de pétroliers, tant des points de vue des contextes géographique (provenance et destination de ces types de navires, etc.) que socioéconomique (spécificités de la flotte de transporteurs de produits lourds [âge, pourcentage de navires pré-Marpol, pavillons d'immatriculation, etc.], volumes de fioul lourd transportés) et ce, à partir de données régionales.

¹⁵¹ Cette méthode est intéressante car les statistiques portuaires sont souvent très précises. Elle ne se suffit cependant à elle-même.

¹⁵² Suivant l'auteur, les exigences du directeur de la structure qui les produit, etc. On ne sait, par exemple, pas toujours très bien ce que les termes employés recouvrent précisément (types de navires, etc.).

dernière difficulté, l'emprise spatiale des informations présentées dans ces études est souvent limitée aux eaux de la Zone Economique Exclusive (ZEE) du pays riverain de la route maritime (Etat côtier).

Définir l'importance du trafic dans un espace maritime comme la Manche et le golfe de Gascogne suppose le croisement d'informations diverses et donner des réponses à des questions simples, de prime abord, s'apparente vite à un travail laborieux (« où les navires circulent-ils ? », « que transportent-ils ?¹⁵³ »). Précisons cependant que nous n'en sommes plus au stade des années 1960-1970 où l'incertitude était alors bien plus grande. La circulation maritime en Manche, estimée à cette époque entre 800 et 1 000 passages de navires par jour, fut réévaluée, d'après des observations réalisées au DECCA et au radar en 1971 et en 1977, entre 300 et 400 transits quotidiens (JOHNSON & WHEATLEY, 1972 ; THOMPSON, 1972 ; COCKROFT, 1981). Mais si des progrès énormes en terme d'identification des navires ont depuis été effectués, paradoxalement, peu d'études décrivent précisément la nature du trafic maritime dans cet espace.

Depuis les années 1970-1980, les Etats riverains de routes maritimes fréquentés se sont dotés de radars. Les données produites dans le cadre de cette surveillance continue des approches de la Manche sont particulièrement intéressantes mais leur traitement soulève des problèmes divers. Les informations sur les passages de navires n'ont de sens que pour des espaces très réduits (points de passages : DST, etc.), cette donnée n'est pas totalement exhaustive¹⁵⁴ et surtout, elle est d'autant plus volumineuse (et donc difficile à traiter) que la route maritime est fréquentée. Pour comprendre la structure géographique de la circulation dans un espace de plusieurs centaines de milliers de km², il faudrait en toute logique envisager l'étude simultanée de plusieurs zones (DST). Cette démarche est cependant tellement ardue que nous nous sommes limité à l'étude des passages de navires au large d'Ouessant pour les années 2000-2003. Avant de présenter ces résultats, il est utile de décrire l'organisation générale du trafic maritime en « Manche occidentale/nord Gascogne », et, plus précisément, la situation du DST « Ouessant Trafic » dans ce contexte, d'après l'ensemble des données disponibles pour la période récente (passages de navires enregistrés par plusieurs sémaphores bretons et les CROSS Jobourg et MRCC¹⁵⁵ anglais).

11. Géographie des routes maritimes en « Manche occidentale/nord Gascogne »

J. Guillaume souligne que « les routes maritimes sont très fréquentées là où la terre est très fortement présente (...) » (GUILLAUME, 2005b). Cette remarque, formulée pour caractériser la géographie des échanges maritimes à l'échelle océanique, résume aussi très bien la situation de la mer de la Manche. C'est la principale porte océane sur les mers épicontinentales d'Europe du Nord (mer du Nord et mer Baltique : LASSERRE J.-C., 2003) et cet espace constitue, à ce titre, un passage vital pour l'approvisionnement quotidien des habitants de l'Europe du Nord et du Nord-Ouest, parmi les plus maritimisés au monde (VIGARIE, 1979). La circulation n'est, en effet, pas uniquement longitudinale (d'ouest en est) mais aussi traversière, orientée des canaux de Bristol et de Saint-George (mer d'Irlande) vers les ports de la Manche, du golfe de Gascogne et de la péninsule Ibérique (et

¹⁵³La question des types de marchandises transportées, autrefois difficile en raison des manques de moyens d'observation et d'informations adaptés, se complexifie encore depuis les deux dernières décennies avec le développement de la conteneurisation. Un conteneur peut être rempli de marchandises extrêmement diverses et certains navires transportent aujourd'hui jusqu'à plusieurs milliers de boîtes simultanément. Ce gigantisme participe enfin de l'émergence de nouvelles problématiques en terme de sécurité maritime (pertes de conteneurs en mer de plus en plus fréquentes et augmentation des dangers induits pour les autres navires présents sur zone).

¹⁵⁴La détection des navires au radar est contrainte par les conditions météorologiques et la densité des navires sur zone. La taille des cibles détectées (navires) varie en fonction de la hauteur de la houle et de l'importance des précipitations notamment (grains, etc.). Par exemple, plus la hauteur de la houle grandit et plus la taille des cibles potentiellement détectables se réduit (entretiens avec B. MANOURY et X. BERTRAND, ingénieurs au CETMEF [Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales], mai 2004). Un nombre important de navires sur zone simultanément induit aussi d'autres difficultés : un gros navire peut masquer la présence d'unités de dimensions plus réduites, etc. (entretien avec T. VYERS, chef de poste du sémaphore de la pointe de Saint-Mathieu, juin 2004). Notons enfin que le suivi des navires en temps réel à l'aide d'imagerie satellitaire est inadapté car le renouvellement de l'image est trop long (entretien avec B. MANOURY, CETMEF, mai 2004). Cette méthode est, par contre, extrêmement intéressante pour affiner la connaissance géographique des routes maritimes (distribution, volume, variabilité spatiotemporelle, etc.) à l'échelle d'une mer régionale.

¹⁵⁵MRCC : Maritime Rescue Coordination Center.

inversement). La fréquentation de cet espace maritime n'est pas seulement commerciale, c'est aussi le terrain d'exercice privilégié de la pêche professionnelle¹⁵⁶ et le théâtre nautique des plaisanciers expérimentés¹⁵⁷. Au regard de l'importance de toutes ces activités, cette zone de navigation est donc très exigüe pour autoriser, sans dommages (humains et environnementaux), le passage d'un si grand nombre de navires. On comprend déjà facilement, ainsi présenté, l'importance de la problématique de la sécurité maritime, notamment pour les régions littorales voisines de ces « autoroutes » de la mer.

Afin de réduire le nombre d'accidents (collisions notamment), l'Organisation Maritime International (OMI) a autorisé les Etats riverains à organiser la circulation maritime en dehors de leurs eaux territoriales (règle 10 de la Convention COLREG¹⁵⁸ de 1972). Des DST ont été mis en œuvre depuis la fin des années 1960 pour contraindre les navires à se départir de leur recherche continue d'orthodromie¹⁵⁹. Il existe aujourd'hui cinq DST maritimes en « Manche occidentale/nord Gascogne » et tous façonnent très distinctement la circulation. Pour tenter de restituer le plus fidèlement possible sa complexité, nous avons établi la cartographie du trafic d'après les détections radar et/ou les signalements de navires (MRCC, CROSS et sémaphores), et les entrées enregistrées dans les ports principaux (≥ 100 entrées de navires par an). L'emprise spatiale des itinéraires empruntés a été obtenue d'après la superposition des trajectoires transmises par les transpondeurs AIS durant le mois de mai 2005 (BERTRAND, 2005). Toutes ces informations ne se recouvrent pas totalement dans le temps, mais nous nous sommes autorisé, malgré cette contrainte, à les superposer pour permettre une meilleure compréhension de la structure géographique de la circulation maritime dans ce secteur. Les navires ciblés divergent également suivant les observateurs. Les CROSS fournissent des informations relatives à tous les passages de navires confondus, tandis que les observations des MRCC concernent seulement les navires de commerce (pêche et plaisance exclue). Dans le cas des observations des sémaphores (seule source détaillée dans le cas présent), seuls les navires de commerce ont été comptabilisés pour harmoniser, autant que possible, une information très disparate. L'information compilée constitue, malgré tout, une image correcte de la circulation¹⁶⁰. Les données des différents DST (CROSS et MRCC) sont, malgré leurs divergences, assez comparables car les cibles les plus facilement détectées au radar sont toujours les plus imposantes, c'est-à-dire des navires de commerce¹⁶¹.

Au regard des trajectoires AIS, tous les DST s'apparentent à des points de concentration (en entrée) et/ou d'éclatement du trafic (en sortie) (Figure n°2. 1). Ce phénomène est très visible au niveau des rails de navigation situés les plus à l'ouest (DST des îles Sorlingues et surtout « Ouessant Trafic »). Si l'image produite est intéressante pour appréhender la répartition des navires autour d'Ouessant, elle est également trompeuse car cette information n'a, d'une part, fait l'objet d'aucune classification en terme de densité (itinéraires poursuivis) et, d'autre part, les signaux AIS des navires s'amenuisent au fur et à mesure qu'ils remontent vers les Casquets¹⁶² et ne restituent donc pas la complexité du trafic dans ce secteur. La circulation autour d'Ouessant est surreprésentée par rapport à celle de la Manche centrale.

¹⁵⁶ Près de 4 000 unités de pêche (évoluant sous pavillon français) s'élancent depuis les façades françaises de l'Atlantique, de la Manche et de la mer du Nord pour exercer leur activité en 2002. 70 % d'entre elles pratiquent la pêche à moins de 12 milles nautiques des côtes (pêche côtière) (BERTHOU, 2002). Les autres unités rejoignent des zones de pêche plus éloignées et croisent obligatoirement les principales routes commerciales.

¹⁵⁷ L'activité de plaisance est considérable en Bretagne par exemple. 180 502 unités sont immatriculées dans cette région (du 01/09/2002 au 31/08/2003). L'immense majorité de cette flotte est de taille réduite et est motorisée (74,9 % des embarcations mesurent moins de 6 mètres et 64,6 % sont motorisées). Précisons que toutes ne naviguent pas régulièrement. La plupart de ces embarcations naviguent près des côtes et l'on assiste, selon certains professionnels du nautisme, depuis environ deux décennies, à un processus de « sécurisation » et de « standardisation » des itinéraires empruntés (navigation à voile notamment) (entretien avec P. RODET, Directeur de NEB [Nautisme En Bretagne], mai 2008). Les navigations se font surtout de port en port et les passages entre bassins de navigation sont très limités.

¹⁵⁸ COLREG : CONvention on the internationalL REGulations for preventing collisions at Sea.

¹⁵⁹ L'orthodromie est la trajectoire la plus directe entre deux points en tenant compte de la courbure de la terre. Les navires recherchent en général l'orthodromie pour diminuer les temps de trajet et les coûts afférents (coûts de transport : consommation de carburant, etc.). Notons cependant qu'avec le développement du routage, un navire peut avoir intérêt à éviter une zone de mer agitée pour réduire sa consommation de carburant. La recherche de l'orthodromie est donc moins manifeste aujourd'hui qu'auparavant.

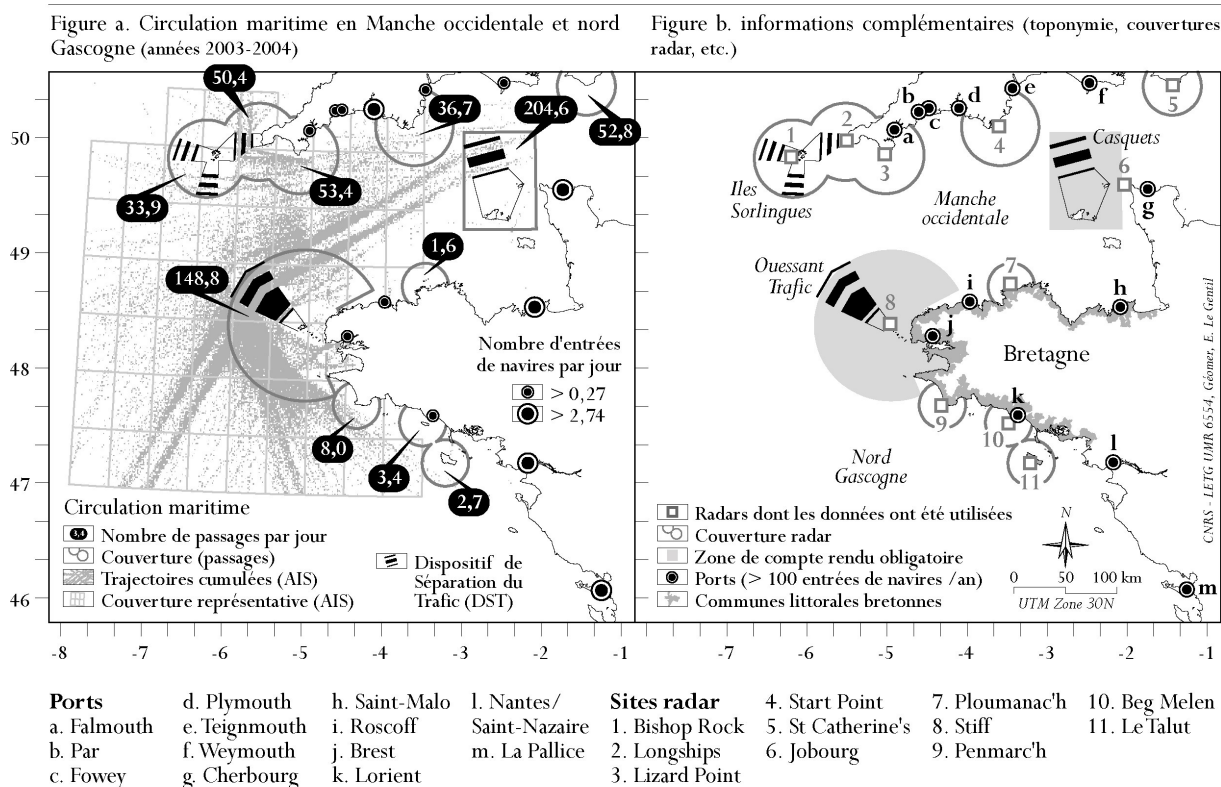
¹⁶⁰ Même si aucune des structures évoquées ci-dessus ne précise la taille minimale des unités prises en compte.

¹⁶¹ Dans le DST d'Ouessant durant l'année 2003, période pour laquelle nous disposons des données brutes, la plaisance ne représente que 0,01 % du nombre total de passages. Les transits de navires de pêche sont, par contre, plus importants, pas plus de 5 % cependant. Il y a donc certainement une légère surreprésentation du trafic au niveau d'Ouessant en comparaison des passages enregistrés de l'autre côté de la Manche.

¹⁶² Le signal AIS émis par un navire vers le rivage se fait jusqu'à une distance d'environ 40 milles nautiques (ERIKSEN *et al.*, 2006).

Les radars, bien que leurs portées en mer soient limitées, sont dans ce cas très utiles pour apprécier l'intensité réelle du trafic. D'après ces informations, au moins 200 navires rentrent ou sortent quotidiennement de la Manche en 2004 (Figure n°2. 1: addition des cibles détectées au sud de Lizard Point et autour d'Ouessant). Le trafic des unités de commerce est particulièrement élevé au sud des côtes de la Cornouailles anglaise et plus réduit à proximité des côtes bretonnes, un fait confirmé par le nombre plus faible de ports dans cette région et par des entrées de navires globalement moins importantes. Enfin, il semble que les ports de Manche occidentale (Bretagne et Cornouailles) captent seulement une toute petite fraction des navires entrants et sortants de cet espace.

Figure n°2. 1 (a/b). Géographie de la circulation maritime en Manche occidentale/nord Gascogne



Sources :

Trafics portuaires (P11)

Passages journaliers de navires (année 2003 ou 2004 suivant les sources) évalués d'après les détections et signalements effectués auprès des autorités maritimes dans les zones de surveillance relevant de leur compétence (couverture) (données 2004 du "General Lighthouse Authorities of the United Kingdom and Ireland" pour le Royaume Uni [<http://www.trinityhouse.co.uk/review/>], données 2004 des CROSS Corsen et Jobourg [CORSEN, 2005 ; JOBOURG, 2005] et données 2003 de quatre sémaphores bretons [P22 : Ploumanac'h, Penmarc'h, Groix et Belle-Ile]).

Trajectoires cumulées de navires (AIS maritime du mois de mai 2005 : BERTRAND, 2005). L'AIS (Automatic Identification System) est un système de compte rendu automatisé qui fournit des informations sur le navire à des stations de réception situées sur le continent (EIDE & al, 2007). Il s'agit d'informations statiques (identifiant OMI, nom, type de navire, etc.), dynamiques (vitesse, trajectoire, etc.) et d'informations relatives au voyage (présence ou non de marchandises dangereuses, tirant d'eau, etc.) (ANDREWS, 2002). Les navires de plus de 300 tjb engagés dans des voyages internationaux, les navires de plus de 500 tjb qui effectuent des transits nationaux et les navires à passagers doivent être équipés de l'AIS au plus tard en juillet 2008 s'ils ont été construits avant le 01/07/2002. L'équipement obligatoire est immédiat pour les navires construits après cette date (amendement de décembre 2000 au chapitre 5 de la Convention SOLAS [Safety Of Life At Sea]).

Pour mieux cerner les caractéristiques des navires qui fréquentent ce secteur, nous avons effectué une analyse détaillée du trafic maritime dans le DST « Ouessant Trafic » d'après les données obtenues au CROSS Corsen (données détaillées sur 193 107 passages de navires ≥ 100 TJB pour la période 2000-2003).

12. Spécificités des flottes de navires évoluant dans la zone de compte rendu obligatoire « Ouessant Trafic »

L'étude du trafic évoluant autour d'Ouessant nous permet de définir précisément les caractéristiques des navires qui évoluent en « Manche occidentale/nord Gascogne ». Seules les unités dont la jauge brute est supérieure ou égale à 100 tonneaux sont considérées car il est intéressant de procéder à des comparaisons entre la flotte mondiale¹⁶³ et celle qui fréquente le DST « Ouessant Trafic ».

Un « passage » correspond ici au signalement et/ou à la détection d'un navire dans la zone de compte rendu obligatoire « Ouessant trafic » ou à proximité, étant entendu que la portée radar du Stiff varie considérablement suivant les conditions météorologiques et la taille des cibles¹⁶⁴. Un navire est assimilé à tout engin mobile de plus de 100 TJB (navires de pêche et de commerce [passagers inclus]). Après nettoyage des fichiers et selon les critères énoncés, 193 107 passages de navires ont été comptabilisés dans cet espace, soit une moyenne, pour les années 2000-2003, de 48 277 transits par an (132,3 p/j¹⁶⁵). A titre de comparaison, la valeur calculée d'après les données reportées dans les rapports annuels d'activité du CROSS Corsen, est nettement supérieure pour la même période (53 805 transits/an [CORSEN, 2001, 2002, 2003, 2004]) car les navires de toutes dimensions sont pris en compte.

Nous avons, pour les besoins de notre étude, segmenté la flotte en trois grandes catégories de navires : « pétroliers », « autres navires citernes », et « autres navires ». Un navire citerne est le nom générique attribué à toute unité conçue pour transporter des marchandises conditionnées en vrac liquide (CLOUET, 2000). Un « pétrolier » est par conséquent considéré comme un navire citerne transportant au moins une fois dans l'année une ou plusieurs cargaison(s) d'hydrocarbures figurant à l'annexe 1 de la Convention MARPOL 73/78 (voir annexe n° 2 pour la liste des produits). La catégorie « autres navires citernes » regroupe les navires citernes restants comme les chimiquiers, les gaziers (LNG [Liquefied Natural Gas], LPG [Liquefied Petroleum Gas]), les transporteurs d'huiles végétales, etc. Il ne s'agit donc pas toujours de navires transportant des cargaisons considérées comme dangereuses. Enfin, la catégorie « autres navires » fait référence à toutes les autres unités non comprises dans les deux catégories définies ci-dessus¹⁶⁶. Cette première classification a été utilisée pour étudier la variabilité mensuelle des passages.

121. Variabilité mensuelle des passages de navires

La circulation maritime des navires au large d'Ouessant n'est pas uniforme dans le temps. Les besoins en matières premières et produits divers diffèrent selon la période de l'année, tout comme, dans une moindre mesure, leur disponibilité (produits agricoles). Cela se traduit concrètement devant Ouessant par un trafic maritime plus réduit durant l'été en comparaison des niveaux observés durant les saisons printanière, automnale et hivernale (Figure n°2. 2).

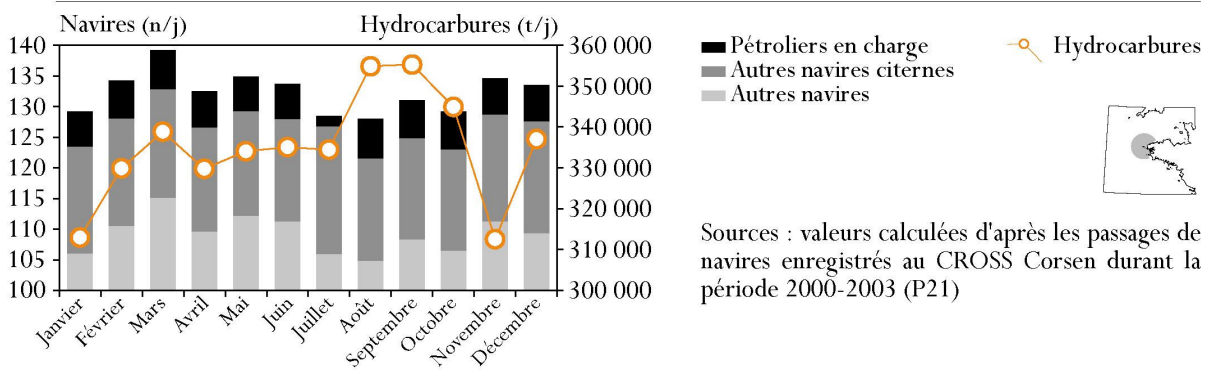
¹⁶³ Les statistiques sur la flotte mondiale ne prennent généralement en compte que les navires de plus de 100 TJB (données du LLOYD'S).

¹⁶⁴ Cette variabilité est estimée au CETMEF à l'aide d'un logiciel nommé CARPET (Computer Aided Radar Performance Evaluation Tool). Avec une houle de 4 mètres et des précipitations de l'ordre de 4 mm/heure, une cible de 25 m² et d'une hauteur de 3 mètres peut-être détectée dans un rayon de 26 milles nautiques centré sur la tour radar du Stiff. Si la cible est de 10 000 m² et de 30 mètres de hauteur, la détection est possible jusqu'à 40 milles nautiques (simulations réalisées par B. MANOURY, ingénieur au CETMEF, juin 2004).

¹⁶⁵ p/j : nombres de passages par jour.

¹⁶⁶ Vraquiers, porte-conteneurs, transporteurs de marchandises diverses, transbordeurs, navires de pêche et autres navires (voir annexe n° ? pour la composition détaillée).

Figure n°2. 2. Variations mensuelles du trafic maritime dans la zone de compte rendu obligatoire du DST "Ouessant Traffic" (2000-2003, N = 193 107 passages de navires, vol. hydrocarbures = 488 960 830 tonnes)



La variabilité mensuelle est aussi importante à l'échelle intra-saisonnière, et plus particulièrement durant l'hiver. Élevée en décembre, la circulation s'effondre après les fêtes de fin d'année, puis remonte progressivement jusqu'à atteindre un maximum au mois de mars. Les passages de pétroliers en charge (6,1 p/j : 2000-2003) suivent approximativement la tendance observée pour l'ensemble des transits à la différence notable, toutefois, qu'il existe deux pics de fréquentation, le premier en mars et le second en août ($\approx 6,5$ p/j : 2000-2003). En termes de volume d'hydrocarbures transportés par ces navires (cargaison), 334 675 tonnes transitent quotidiennement devant Ouessant (moyenne 2000-2003) et les variations mensuelles sont marquées. Les *maxima* sont atteints à la fin de l'été (août et septembre : $> 354\ 000$ t/j¹⁶⁷), période durant laquelle le coût du transport des bruts en provenance du Moyen-Orient est généralement le plus bas (Tableau n°2. 1: Méditerranée et golfe Persique). L'objet de ces livraisons est de répondre aux besoins énergétiques nord ouest européens qui ne cessent d'augmenter durant les mois d'automne et d'hiver¹⁶⁸. Les *minima* sont situés en novembre et janvier ($\approx 312\ 000$ t/j), mois durant lesquels le transport est plus coûteux car les contraintes et dangers liés au mauvais temps sont plus importants¹⁶⁹ (Tableau n°2. 1).

Tableau n°2. 1. Coûts saisonniers du transport des pétroles bruts sur deux grandes routes maritimes (janvier 2000- décembre 2003, marché « spot », en \$/baril)¹⁷⁰

| | Automne | Hiver | Printemps | Été |
|-------------------------------------|---------|-------|-----------|------|
| Méditerranée/Europe du Nord-Ouest | 1,57 | 1,57 | 1,42 | 1,28 |
| Golfe Persique/Europe du Nord-Ouest | 2,15 | 1,97 | 1,83 | 1,57 |

Automne (octobre, novembre et décembre), hiver (janvier, février et mars), printemps (avril, mai et juin), été (juillet, août et septembre)
 Source : estimations du Secrétariat de l'OPEP (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole) d'après « Galbraith's weekly tanker market reports » (<http://www.opec.org>)

Si, au travers de la variabilité mensuelle du trafic, nous avons donné un premier aperçu de la structure de la flotte, il est utile de préciser davantage les caractéristiques des différentes catégories de navires répertoriés, et notamment la contribution de chacune des flottes à l'ensemble des passages de navires enregistrés. Nous décrivons ensuite leurs caractéristiques respectives.

122. Caractéristiques des principales catégories de navires et contributions respectives à l'ensemble des passages de navires observés

Les unités qui transitent devant Ouessant ont des caractéristiques extrêmement diverses. La catégorie « autres navires », distinguée des catégories « pétroliers (en charges et à lèges) » et « autres navires citernes » déjà présentées (Figure n°2. 3), a été divisée en six groupes distincts selon les marchandises

¹⁶⁷ t./j. : nombre de tonnes par jour.

¹⁶⁸ La demande en fioul de chauffe est par exemple très élevée durant la saison hivernale.

¹⁶⁹ Un navire, empruntant une route similaire, consomme généralement plus de carburant en hiver qu'en été car la probabilité de rencontrer du mauvais temps est plus élevée. L'éventualité d'une avarie grave (échouement, perte totale, etc.) suit grossièrement la même tendance saisonnière (voir partie 2, chapitre 2).

¹⁷⁰ Les taux de fret présentés ici sont ceux du marché « spot » (affrètement au voyage : voir partie 3, chapitre 1).

transportés et/ou les modes de conditionnement pratiqués afin de rendre compte plus précisément de la structure de la flotte. Nous avons ainsi distingué :

- (1) les vraquiers (vracs secs [minerais, engrais, phosphates, ciment, etc.]) ;
- (2) les porte-conteneurs (boîtes de dimensions variées) ;
- (3) les transporteurs de marchandises diverses (cargos) ;
- (4) les transbordeurs (passagers et véhicules) ;
- (5) les navires de pêche ;
- (6) les autres navires (câbliers, remorqueurs, navires de servitude, etc.)¹⁷¹.

L'étude de la flotte est ici cantonnée, pour l'essentiel, à l'année 2003 en raison de la considérable masse d'informations à traiter et la significativité des résultats présentés est, par conséquent, limitée à cette période.

49 717 passages ont été comptabilisés dans la zone de compte rendu obligatoire « Ouessant Trafic » soit une flotte totalisant 8 480 navires distincts (≥ 100 TJB)¹⁷². La catégorie de navire la plus représentée est celle des transporteurs de marchandises diverses (30,2 % du nombre total de navires : Tableau n°2. 2 et Figure n°2. 3a) et c'est également celle qui totalise le nombre de passages le plus importants (37 %). La seconde catégorie la plus commune est celle des vraquiers (25,4 % de la flotte totale) mais, le nombre de passages de ces navires est en revanche réduit (14 % du nombre total de passages). Ce dernier élément traduit une flotte importante et disparate. Les mêmes navires fréquentent plus rarement les parages d'Ouessant durant la même année que l'ensemble de la flotte (3,2 passages par an pour les vraquiers et 5,9 pour l'ensemble des navires : Tableau n°2. 2).

Tableau n°2. 2. Comparaison des nombres de passages et de navires comptabilisés dans la zone de compte rendu obligatoire « Ouessant Trafic » (navires ≥ 100 TJB, année 2003)

| | Navires citernes | | Vraquiers | Portes conteneurs | Transp. march. div. | Transbordeurs | Pêche | Autres navires | Total |
|--------------------|------------------|--------|-----------|-------------------|---------------------|---------------|-------|----------------|--------|
| | Pétroliers | Autres | | | | | | | |
| Σ navires | 888 ^a | 836 | 2 153 | 901 | 2 557 | 574 | 212 | 359 | 8 480 |
| Σ passages | 4 653 | 4 195 | 6 965 | 8 897 | 18 388 | 4 697 | 1 270 | 652 | 49 717 |
| N. passages/navire | 5,2 | 5,0 | 3,2 | 9,9 | 7,2 | 8,2 | 6,0 | 1,8 | 5,9 |

^aPétroliers : ensemble des navires citernes qui ont effectué au moins un passage devant Ouessant avec une cargaison d'hydrocarbures durant l'année 2003

Source : valeurs calculées d'après les passages de navires enregistrés au CROSS Corsen durant l'année 2003 (P21)

Le phénomène inverse est observé pour les porte-conteneurs et des transbordeurs. Les transbordeurs sont généralement affrétés sur des lignes régulières et régionales (ferrys, transporteurs de véhicules, etc.) et passent, par conséquent, plus régulièrement dans le rail d'Ouessant (Tableau n°2. 2). Les plus gros porte-conteneurs sont affectés au transport de produits divers depuis l'Asie du Sud-Est vers les grands ports de l'Europe du Nord-Ouest (Rotterdam, Anvers, Hambourg, etc.) et des unités de plus petites tailles redistribuent ces marchandises vers les autres ensembles portuaires de dimensions plus réduites. Les pétroliers et autres navires citernes sont dans une situation intermédiaire vis-à-vis des deux situations extrêmes présentées ci-dessus. Représentant les uns et les autres, en pourcentage de la flotte, un volume quasi similaire à celui des porte-conteneurs, ils effectuent cependant deux fois moins de passages à proximité de la pointe de Bretagne (Tableau n°2. 2 et Figure n°2. 3a).

La dimension des navires, exprimée ici en tonneaux de jauge brute, est tout aussi diverse (Figure n°2. 3b). Les plus petites unités sont très logiquement les navires de pêche ($Me^{173} = 269$ TJB). Notons tout de même la présence dans cette flotte de plusieurs navires usines de plus de 10 000 TJB, tous immatriculés sous pavillons irlandais, espagnol, français ou néerlandais. Les portes conteneurs sont quant à eux, dans l'ensemble, les navires les plus volumineux (Figure n°2. 3b, $Me = 29 841$ TJB). Les flottes de pétroliers, de vraquiers et de transbordeurs ont, les unes et les autres, des volumes médians très proches et sensiblement plus réduits que celui des porte-conteneurs (Figure n°2. 3b, $Me = 25 196$ TJB ; 25 891 TJB et 21 415 TJB), mais les différences de taille à l'intérieur de chaque catégorie de

¹⁷¹ Les types de navires retenus dans chaque catégorie correspondent avec le compartimentage de la flotte mondiale réalisé par le LLOYD's.

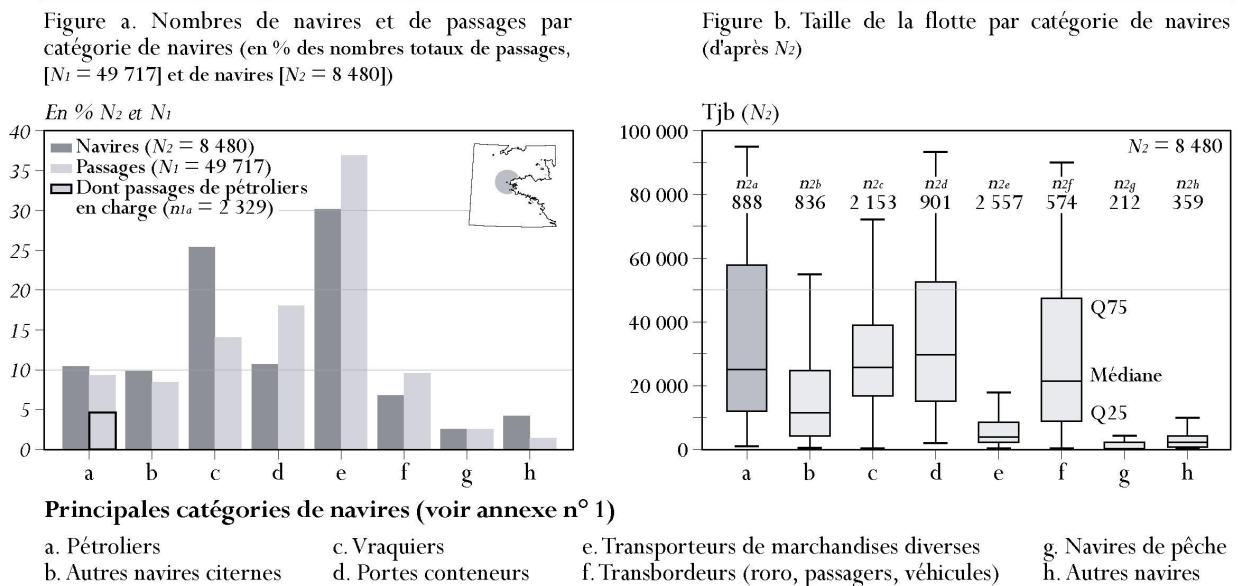
¹⁷² Chaque navire a été identifié d'après son n° OMI, un code qui s'apparente à sa carte d'identité (les noms de navire sont souvent modifiés au gré des changements de propriétaire [et des accidents] mais le n° OMI reste identique).

¹⁷³ Me : médiane.

navires sont parfois très importantes (écarts interquartiles très étendus des types « pétroliers » et « transbordeurs », Figure n°2. 3b). Les autres navires citernes et les transporteurs de marchandises diverses se distinguent de toutes ces flottes par leurs dimensions plus réduites (Figure n°2. 3b, $Me = 11\,361$ TJB ; $3\,893$ TJB).

Ces valeurs deviennent plus parlantes lorsqu'elles sont confrontées aux valeurs de la flotte mondiale. Plusieurs auteurs ont, par le passé, souligné la forte dissemblance entre la composition et les caractéristiques de la flotte mondiale et celles des flottes observées localement (détroit du Pas-de-Calais [GOODWIN, 1972] et Manche [BATCHELOR & COUPARD, 1978]). La différence est sensible au large de la pointe de Bretagne. La flotte « Ouessant Trafic » compte quasiment le double de navires citernes et trois fois de plus de vraquiers et de porte-conteneurs que la flotte mondiale, et tous ont un tonnage moyen bien plus élevé (Tableau n°2. 3)¹⁷⁴. Ce phénomène est assez logique car il existe peu d'endroits à travers le monde qui concentrent autant de navires imposants dans un espace aussi restreint (porte océane) et l'on peut facilement concevoir ces caractéristiques comme communes aux observations de flotte effectuées à proximité des principaux détroits et canaux à travers le monde.

Figure n°2. 3 (a/b). Principales caractéristiques des navires transitant dans la zone de compte rendu obligatoire du DST "Ouessant Trafic" (navires ≥ 100 TJB, année 2003)



Remarques

Sur la figure a, le nombre total de passages de "pétroliers" (4 653) correspond aux passages de navires citernes chargés (au moins une fois durant l'année 2003) d'une cargaison d'hydrocarbures. 50,1 % des transits au large d'Ouessant sont effectués par des pétroliers chargés ($n_{1a} = 2\,329$) et les passages restants (49,9 %) sont ceux des mêmes navires, mais cette fois-ci à lège ou transportant une autre cargaison (produits chimiques notamment).

Sur la figure b, la flotte pétrolière ($n_{2a} = 888$) correspond donc à l'ensemble des navires citernes qui ont effectué au moins un trajet avec une cargaison d'hydrocarbures durant l'année 2003. Les valeurs extrêmes (outliers) ne sont pas représentées.

Source : valeurs calculées d'après les passages de navires enregistrés au CROSS Corsen durant l'année 2003 (P21)

¹⁷⁴ Le tonnage moyen est un indicateur dont le caractère descriptif est très limité. La moyenne n'est véritablement intéressante que si la distribution des individus se rapproche d'une loi normale. Nous ne pouvons cependant pas le vérifier dans de nombreuses situations car nous ne disposons pas de l'ensemble des données et c'est ici le cas pour la flotte mondiale. On peut par contre préciser que dans la flotte « Ouessant Trafic », il y a beaucoup moins de gros navires que de petites unités (distribution très dissymétrique).

Tableau n°2. 3. Comparaison des compositions des flottes mondiale et « Ouessant Trafic »
(année 2003, navires ≥ 100 tjb)

| | | Navires citernes ^{a,c} | Vraquiers ^a | Porte-conteneurs ^a | Autres navires ^b | Total (N) ^b |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Flotte mondiale | Σ navires (% N) | 11 578 (12,9) | 6 538 (7,3) | 3 238 (3,6) | 68 606 (76,3) | 89 960 (100) |
| | Tjb (\bar{x}) | 19 152 | 26 896 | 26 499 | 2 185 | 7 040 |
| Flotte "Ouessant Trafic" | Σ navires (% N) | 1 724 (20,3) | 2 153 (25,4) | 901 (10,6) | 3 702 (43,7) | 8 480 (100) |
| | Tjb (\bar{x}) | 32 300 | 32 826 | 36 337 | 9 205 | 22 780 |
| | % Σ navires monde | 14,9 | 32,9 | 27,8 | 5,4 | 9,4 |
| | % Σ Tjb monde | 25,1 | 40,2 | 38,2 | 22,7 | 30,5 |

^a ≥ 500 TJB

^b ≥ 100 TJB

^c Transporteurs de bruts et de produits pétroliers et autres navires citernes (chimiquiers, pétrovraquiers, transporteurs de gaz liquéfiés [LNG, LPG] et autres navires citernes [huiles végétales, molasse, etc.]) (Σ des catégories a et b de la Figure n°2. 3b pour la flotte « Ouessant Trafic »)

Sources : flotte mondiale existante au 31/12/2003 (LLOYD'S Register of Shipping, World Fleet Statistics Tables, 2004) ; flotte « Ouessant Trafic » (valeurs calculées d'après les caractéristiques des navires enregistrées au CROSS Corsen entre le 01/10/2003 et le 31/12/2003 [P21])

123. Caractéristiques de la flotte pétrolière et du trafic maritime d'hydrocarbures

Le trafic d'hydrocarbures est aussi très important au large de la Bretagne. Là encore, l'évaluation que nous avons réalisée pour « Ouessant Trafic » diffère de celle reportée dans le rapport annuel d'activité du CROSS Corsen¹⁷⁵ (103 849 197 tonnes, [CROSS Corsen, 2004]). D'après l'estimation réalisée dans le cadre de ce travail, ce trafic équivalait en 2003 à 129 690 158 tonnes.

Les produits et pétroles transportés sont très variés. Les cargaisons de produits lourds et intermédiaires correspondent à 51,1 % des passages de pétroliers devant Ouessant et à 21,9 % du volume total (Figure n°2. 4a). Les cargaisons de brut et de produits légers sont deux fois moins nombreuses (23,1 % et 25,8 %) mais trois fois plus volumineuses lorsqu'il s'agit de brut (bruts : 64,4 % du volume total) et presque deux fois moins volumineuses dans le cas des produits légers (produits légers : 13,7 % du volume total [Figure n°2. 4a]). Ces contrastes prennent plus de sens lorsque l'on s'intéresse au nombre et aux volumes cumulés de cargaisons au regard de la capacité d'emport des navires qui les transportent. Cette capacité, ici exprimée en tonnes de port en lourd (TPL), est le poids, en tonnes, que peut charger un navire de commerce pour un franc-bord donné (CLOUET, 2000)¹⁷⁶. Ces données n'étant pas directement disponibles dans les informations du CROSS Corsen, nous les avons évaluées pour chaque navire d'après sa jauge brute. Cette démarche présente certaines limites puisqu'il n'y a pas de relation véritablement linéaire entre TJB et TPL¹⁷⁷, et il faut donc considérer ces résultats avec précaution (voir remarque Figure n°2. 4a).

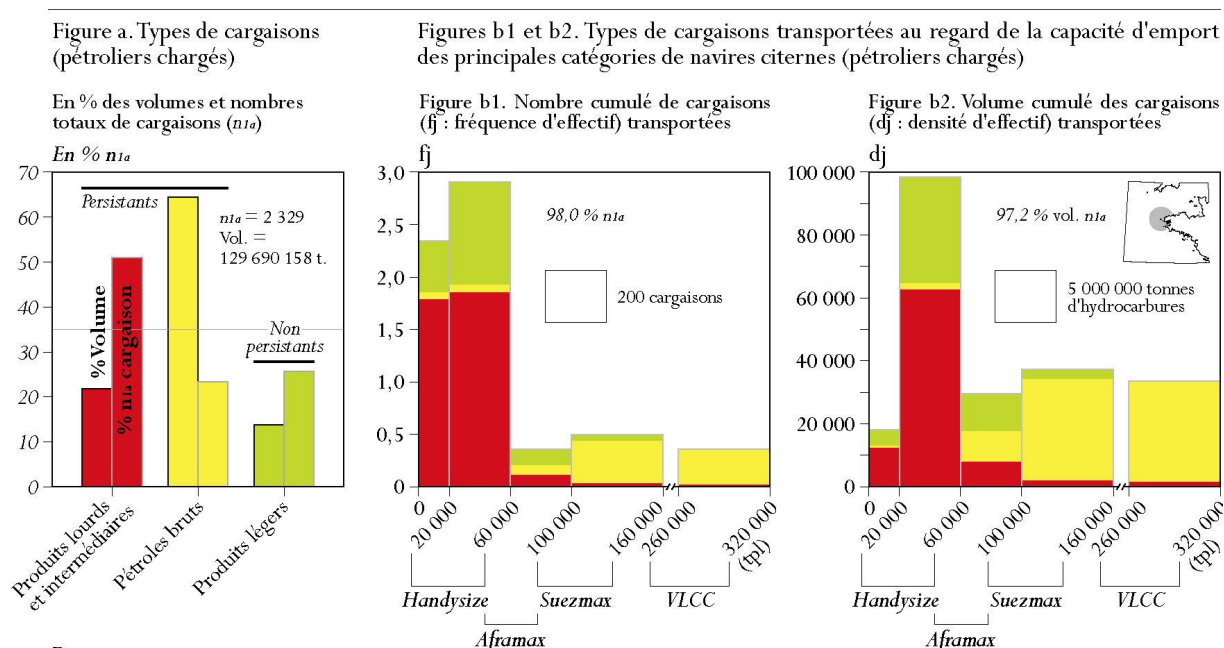
¹⁷⁵ Cette différence, importante, est liée à la méthodologie employée et au choix des navires retenus. Il nous semble que les auteurs de ce rapport trient les données d'après les codes navires, car c'est la procédure la plus rapide (chaque est codé selon son type : TCO signifie « Tanker Crude Oil » ; TCH équivaut à « Tanker Chemical », etc.), et somment ensuite les cargaisons d'hydrocarbures correspondantes. Nous avons procédé de façon totalement différente. La constatation, lors du nettoyage des fichiers (détection des valeurs aberrantes, etc.), que des navires non codés comme pétroliers transportaient parfois des cargaisons entières d'hydrocarbures nous a convaincu de faire d'abord les tris sur les cargaisons (recherche d'hydrocarbures conditionnés en vracs liquides et figurant à l'annexe 1 de MARPOL 73/78) puis de regarder les codes navires correspondants (navires citernes ou non, etc.). En recoupant les deux informations, nous avons parfois reconsidéré le type de certains navires au regard de la définition du « pétrolier » établie pour cette étude. A titre d'exemple, des unités classées au départ comme chimiquiers (ce qui n'est pas faux car ce type de navire peut transporter des produits chimiques sur un trajet et des hydrocarbures légers [« produits blancs »] sur un autre) ont parfois été reclassées comme pétroliers en raison de leur cargaison sur un trajet (essence, jet fuel, naphtha, etc.). Ont également été intégrés dans ces évaluations tous les pétrovraquiers (OBO : Ore Bulk Oil) qui étaient chargés d'hydrocarbures. Ces retouches, somme toute mineures, expliquent certainement la différence de résultat constatée au final. Nous pensons, en raison de la méthodologie employée, que notre estimation du volume total d'hydrocarbures transportés en mer comme cargaison est la plus réaliste.

¹⁷⁶ La réglementation internationale définit des zones et des lignes de charge dans le cadre de la Convention Internationale des Lignes de Charges de 1966 (Convention de Franc-Bord). Le franc-bord minimal des navires (ligne de charge) est déterminé pour chacune des zones de charge afin de leur assurer une réserve de flottabilité suffisante en cas de mauvais temps (lignes de charge définies rapport à la probabilité de rencontrer des conditions de mauvais temps dans chacun des espaces considérés) (ROUX, 1998).

¹⁷⁷ Du moins pas pour des navires construits à des époques différentes. Des navires, de tonnages bruts similaires, construits l'un en 2000 et l'autre en 1970 n'ont pas la même capacité d'emport. Par contre, pour un type d'unité bien défini (navire-citerne), deux navires du même âge mais de tonnage différents ont des capacités d'imports assez proportionnelles.

Malgré cette contrainte (voir précisions méthodologiques pour le découpage des classes¹⁷⁸), les résultats obtenus sont intéressants. Les produits pétroliers (lourds, intermédiaires et légers) sont transportés par des « petits » navires (< à 60 000 TPL), les plus nombreux (71,4 % du nombre total de cargaisons¹⁷⁹), tandis que l’approvisionnement en pétroles bruts est assuré par des pétroliers plus imposants (Aframax, Suezmax et VLCC [Very Large Crude oil Carrier¹⁸⁰]), des segments de flotte d’effectifs beaucoup plus réduits. La tendance s’inverse très logiquement lorsque l’on considère le volume cumulé des cargaisons transportées (Figure n°2. 4 b1 et b2). Aframax, Suezmax et VLCC contiennent 73,7 % du volume total d’hydrocarbures qui transitent devant Ouessant durant l’année 2003. Les résultats obtenus, en excluant le volume des cargaisons transportées par des pétroliers inférieurs à 20 000 TPL, coïncident avec ceux de KAVUSSANOS (2003) (exprimé dans son étude en pourcentage des volumes débarqués) malgré les divergences d’échelle (mondiale) et de période (année 1995). Seules les proportions de « produits lourds et intermédiaires » transportées par segment diffèrent de manière significative (Tableau n°2. 4 a et b).

Figure n°2. 4 (a/b1/b2). Trafic maritime d'hydrocarbures dans la zone de compte-rendu obligatoire du DST "Ouessant Traffic" (pétroliers en charge ≥ 100 TJB, année 2003)



Remarque :

La capacité d'emport des pétroliers n'étant pas disponible, elle a été estimée d'après le tonnage brut des navires sur la base de la conversion suivante : 1 tjb = 1,81 tpl (valeur calculée d'après la jauge brute totale [165 345 000 tjb] et la capacité d'emport correspondante [300 187 000 tpl] de la flotte pétrolière mondiale (transporteurs de bruts et de produits pétroliers) au 31/12/2003 [LLOYD'S Register of shipping, World Fleet Statistics Tables 2004]). Il s'agit donc d'une très grossière estimation

Sources : valeurs calculées d'après les passages de navires enregistrés au CROSS Corsen durant l'année 2003 (P21)

¹⁷⁸ Précisons que le compartimentage de la flotte pétrolière utilisé ici (selon la dimension des navires) a tout d'abord été effectué selon une méthode de discrétisation recourant à l'algorithme de Jenks (voir méthodologie, section 1 du chapitre 1). Les bornes de classe obtenues ont ensuite été arrondies au regard de la littérature. Ces limites (*handysize*, *afamax*, etc.) diffèrent un peu de celles du Lloyd's, de Clarkson, de Fearnleys ou de Simpson, Spence and Young Consultancy (SSY) (LLOYD'S Shipping Economist in CNUCED, 2004 ; CLARKSON Research Studies, 2004 ; FEARNRESEARCH, 2004 ; SSY in Secrétariat de l'OPEC, site Internet, *op. cit.*), qui toutes, d'ailleurs, diffèrent un peu entre elles. Ce sont, par contre, celles utilisées par d'autres auteurs dans des revues scientifiques (KAVUSSANOS, 2003 ; etc.).

¹⁷⁹ Une cargaison correspond ici à un passage dans la zone de compte rendu.

¹⁸⁰ Trois ULCC (Ultra Large Crude oil Carrier, > 320 000 tp) ont également transité dans la zone de compte-rendu mais ils ne sont pas ici représentés sur les figures car trop peu nombreux.

Tableau n°2. 4 (a/b). Comparaison de la composition des trafics maritimes d'hydrocarbures par segment de flotte aux échelles mondiales et locales (valeurs exprimées en % du volume d'hydrocarbures, échelle mondiale [tableau a], échelle « Ouessant Trafic » [tableau b : pétroliers < à 20 000 TPL exclus])

Tableau a. Echelle mondiale, année 1995

| | | Produits lourds et intermédiaires | Produits légers | Pétales bruts |
|----------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|---------------|
| Trafic mondial | Handysize | 60,0 | 80,0 | 0,0 |
| | Aframax | 35,0 | 20,0 | 10,0 |
| | Suezmax | 5,0 | 0,0 | 30,0 |
| | VLCC | 0,0 | 0,0 | 60,0 |

Remarque : les volumes d'hydrocarbures utilisés sont ceux débarqués dans les ports

Source : KAVUSSANOS, 2003

Tableau b. Echelle locale, année 2003

(vol. hydrocarbures = 122 570 989 tonnes, [95,1 % nla])

| | | Produits lourds et intermédiaires | Produits légers | Pétales bruts |
|--------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|---------------|
| Trafic "Ouessant Trafic" | Handysize | <u>73,8</u> | <u>62,3</u> | 0,6 |
| | Aframax | <u>9,4</u> | <u>21,2</u> | <u>3,7</u> |
| | Suezmax | <u>7,1</u> | <u>16,6</u> | <u>31,6</u> |
| | VLCC | <u>9,8</u> | <u>0,0</u> | <u>64,1</u> |

Remarque : les valeurs soulignées sont celles qui diffèrent largement des valeurs correspondantes du tableau a (> 5 %)

Source : valeurs calculées d'après le volume cumulé des cargaisons d'hydrocarbures enregistrées au CROSS Corsen durant l'année 2003 (P21)

Enfin, des dimensions si contrastées entre catégories de pétroliers n'ont de sens qu'au regard des distances qu'ils parcourent et des économies d'échelles¹⁸¹ réalisées (RODRIGUE *et al.*, 2006). Les plus grands navires proviennent de destinations généralement lointaines et transitent au large d'Ouessant en direction des plus grands terminaux pétroliers d'Europe du Nord-Ouest tandis que les unités plus réduites redistribuent les hydrocarbures, sous formes brutes, transformées ou résiduelles, à l'échelle des façades littorales, leur taille leur permettant l'accès à des infrastructures plus réduites. Chaque segment de la flotte est ainsi spécifique à une ou plusieurs routes maritimes et cette logique dépasse d'ailleurs le seul cadre de la flotte pétrolière.

13. Conclusion

Cette première section nous a permis de préciser la géographie des routes maritimes à l'échelle de l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne ». VIGARIE (1979) qualifiait déjà l'entrée de la Manche, en 1979, de « plus puissant carrefour maritime du monde », et ce propos semble encore aujourd'hui totalement d'actualité. L'étude des caractéristiques du trafic observé dans la zone de compte rendu obligatoire du DST « Ouessant Trafic » nous a permis de cerner l'importance et les caractéristiques de ce trafic. Les navires qui transitent dans cet espace sont de grandes dimensions en comparaison du profil de la flotte mondiale. La circulation y est intense : près de 10 % du nombre total d'unités de plus de 100 TJB immatriculés dans le monde et plus de 30 % du tonnage mondial transitent ainsi à moins de 30-40 milles nautiques des côtes de l'île d'Ouessant. Enfin, le volume du trafic maritime d'hydrocarbures comptabilisé devant cette île durant l'année 2003 correspond à environ 5,9 % du trafic maritime mondial d'hydrocarbures et à 24,1 % des déchargements d'hydrocarbures effectués dans les ports européens (mer Méditerranée incluse, valeurs calculées d'après les estimations mondiales et européennes 2003 du Secrétariat de la CNUCED [CNUCED, 2004])¹⁸². Cette situation a de nombreuses répercussions en terme de risque de pollution pétrolière. Aux risques que représentent les quantités considérables d'hydrocarbures transportées en vrac s'ajoute

¹⁸¹ Cela permet de réduire le coût du transport à la tonne en augmentant la contenance des navires. Le rendement induit (productivité) est souvent mesuré en tonnes d'hydrocarbures transportées par tonnes de port en lourd.

¹⁸² Le pourcentage mondial est calculé d'après les estimations suivantes pour l'année 2003 : 1 685,9 millions de tonnes de pétrole brut et 516,7 millions de tonnes de produits pétroliers chargés dans les ports (CNUCED, 2004). Le pourcentage européen est estimé d'après les évaluations suivantes pour l'année 2003 : 532,3 millions de tonnes de pétrole brut et 135,8 millions de tonnes de produits pétroliers déchargés dans les ports européens (CNUCED, 2004).

le contenu des soutes des navires, dont certaines contiennent plusieurs milliers de tonnes de carburant (fioul lourd notamment) lorsque ces bâtiments quittent l'Europe pour des destinations lointaines. Ce ne sont donc pas seulement les pétroliers en charge qui représentent un danger mais l'ensemble des navires, ceux de grandes tailles en raison du gigantisme de leurs soutes à combustibles, mais aussi ceux de moindres tonnages en raison de leur nombre très important.

2. Routes maritimes, réseau portuaire et contexte hydro-climatique des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale

Avant d'évoquer la configuration du réseau portuaire, les principales routes maritimes et le cadre hydroclimatique des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale, nous décrivons rapidement les principales provenances et destinations des navires observés devant Ouessant pour resituer cette voie maritime.

21. Intégration des flux de navires transitant par le DST « Ouessant Trafic » aux réseaux de transport maritime mondial et régional

Nous allons évoquer l'intégration mondiale mais surtout européenne des flux de navires canalisés par le DST « Ouessant Trafic ». Pour caractériser les principaux trajets¹⁸³ des navires de plus de 100 TJB détectés au large d'Ouessant, seuls les principaux couples « provenance/destination » correspondant à plus de 250 passages dans la zone de compte rendu obligatoire ont été retenus, soit 92,9 % de l'ensemble des trajets comptabilisés durant l'année 2003 (Figure n°2. 5).

D'après cette analyse, il ressort que les routes les plus longues sont les moins fréquentées. Afrique, continent américain et Asie méridionale apparaissent comme des provenances ou des destinations mineures en termes de passages de navires (Figure n°2. 5), mais ces voyages sont, en revanche, effectués par des navires de dimensions importantes. A titre d'exemple, la plus grande unité passée devant Ouessant en 2003, un porte-conteneurs de 638 317 TJB (275 mètres) immatriculé à Hong Kong, venait de Port Klang (Malaisie) et se dirigeait vers Rotterdam (Pays-Bas). La situation, dépeinte non plus en termes de nombre de navires mais en volumes de marchandises transportés, serait donc certainement très différente¹⁸⁴ car ces continents sont tous trois de gros fournisseurs de matières premières et de produits manufacturés divers.

La mer Baltique et le regroupement « Méditerranée, mer Noire et Moyen Orient » sont des lieux de partance ou d'atterrissage plus représentés à l'échelle des observations réalisées devant Ouessant (Figure n°2. 5). La route qui relie l'espace « Méditerranée, mer Noire et Moyen Orient » à la mer du Nord concentre ainsi plus du tiers du trafic maritime d'hydrocarbures détecté dans la zone de compte rendu obligatoire (426 pétroliers chargés pour 43 445 780 tonnes d'hydrocarbures). La mer Baltique a ceci d'atypique, bien qu'étant moins attractive que le regroupement des régions précédentes (Figure n°2. 5), qu'elle est une importante zone d'exportation d'hydrocarbures, à destination notamment des rivages atlantiques d'Europe du Nord-Ouest. 340 pétroliers en provenance de cet espace, chargés d'un volume total de 13 811 801 tonnes d'hydrocarbures, ont été recensés devant Ouessant.

Enfin, l'itinéraire le plus emprunté, en termes de nombre de voyages, est celui reliant les ports des espaces « atlantique (Europe du Nord-Ouest) » et de la mer du Nord (Figure n°2. 5: 6 986 passages dans un sens et 6 108 passages dans l'autre en 2003). Ces deux régions sont, plus généralement, les

¹⁸³ Appelés également ici voyages ou itinéraires, c'est-à-dire la route rejoignant la dernière escale (provenance) et celle à venir (destination).

¹⁸⁴ Hormis les volumes d'hydrocarbures transportés, nous ne disposons pas de l'ensemble des volumes des autres marchandises et n'avons pu, de ce fait, nous livrer à une estimation du volume total de marchandises transitant au large d'Ouessant.

principales provenance ou destination des navires transitant près de la pointe de Bretagne. 54,7 % des passages de navires détectés en 2003 au large d'Ouessant se font en partance ou à destination de l'espace atlantique et 60,3 % depuis ou vers la mer du Nord. Ces chiffres illustrent cependant assez mal l'attractivité portuaire réelle de la mer du Nord. Il y a beaucoup moins de ports importants en Atlantique¹⁸⁵ qu'en mer du Nord. Et surtout, l'attractivité de la mer du Nord résulte, pour une large part, de l'importance des trafics portuaires du Northern Range (rangée portuaire de basse mer du Nord) où sont situés trois des plus importants ports de commerce européens (Anvers en Belgique, Rotterdam aux Pays-Bas et Hambourg en Allemagne).

L'intégration de la route maritime matérialisée par le DST « Ouessant Trafic » aux réseaux de transport mondial et régional par voie de mer est donc perceptible au travers des provenances et des destinations des navires qui évoluent au large de la pointe de Bretagne. Il faut préciser cependant que l'information du CROSS Corsen donne une vision relative de la circulation maritime nord ouest européenne car la prise en compte d'un seul point de comptage amplifie considérablement la part relative de la circulation locale. Les informations disponibles par navire n'ont en outre pas toujours la même précision car l'origine d'un bâtiment se résume parfois au passage d'un détroit ou d'un canal fort connu (Gibraltar, Suez) sans que l'on sache le lieu de départ initial. Ces résultats sont à interpréter avec précaution et ne peuvent être tenus comme totalement représentatifs de l'attractivité de bassins maritimo-portuaires comme la mer Baltique et la mer du Nord. Toutefois, si l'interprétation est de ce point de vue limitée, les informations obtenues sont intéressantes. Retenons notamment, comme faits remarquables, que 72,2 % de l'ensemble des passages de navires observés au large d'Ouessant en 2003, 73 % des transits de pétroliers chargés et 70,6 % des volumes d'hydrocarbures transportés comme cargaison proviennent ou se dirigent vers la mer du Nord ou la mer Baltique. Il sort de la mer Baltique dix fois plus de pétrole qu'il n'en rentre et les ports de la mer du Nord importent 2,5 fois plus d'hydrocarbures qu'il n'en exporte (Tableau n°2. 5). En comparaison, la Bretagne ne capte que 13 % de l'ensemble des passages de navires¹⁸⁶ et surtout, à peine 5 % des transits de pétroliers chargés, soit 1,1 % du volume total d'hydrocarbures qui a transité dans la zone de compte rendu obligatoire du DST « Ouessant Trafic » (Tableau n°2. 5). Dans les années 1960, PRIOU (1963) assimilait les ports de Brest, de Plymouth (Royaume-Uni, Cornouailles) et, dans une moindre mesure, de Falmouth (Royaume-Uni, Cornouailles), à des « station-service(s) » au débouché de la « rue de l'Europe ». Précisons que de nos jours, celle de Brest n'a guère l'air fréquenté et que, plus généralement, la Bretagne, à défaut de profiter de ces considérables flux de richesse, en subit surtout les désagréments.

Tableau n°2. 5. Principales provenances et/ou destinations des navires détectés dans le DST "Ouessant Trafic" (navires ≥ 100 TJB, 2003)

| | Tous navires (en %) ^a | Navires citernes | | Volume d'hydrocarbures | |
|--------------|-------------------------------------|--|---|--|--|
| | | Autres navires citernes (en %) ^b | Pétroliers chargés (en %) ^c | Volume d'hydrocarbures ^d | Rapport entre entrées et sorties ^e |
| Mer du Nord | 60,3 | 71,1 | 57,6 | 59,0 | 2,5 |
| Mer Baltique | 11,9 | 6,8 | 15,4 | 11,6 | 0,1 |
| Bretagne | 13,0 | 5,1 | 5,0 | 1,1 | 20,1 |

^aEn % du nombre total de passages de navires détectés dans la zone de compte rendu obligatoire (n = 49 717).

^bEn % du nombre total de passages détectés de la catégorie "autres navires citernes" dans la zone de compte rendu obligatoire (n = 6 519).

^cEn % du nombre total de passages détectés de la catégorie « pétroliers en charge » (n = 2 329).

^dEn % du volume total d'hydrocarbures qui a transité dans la zone de compte rendu obligatoire (V = 129 690 158 tonnes).

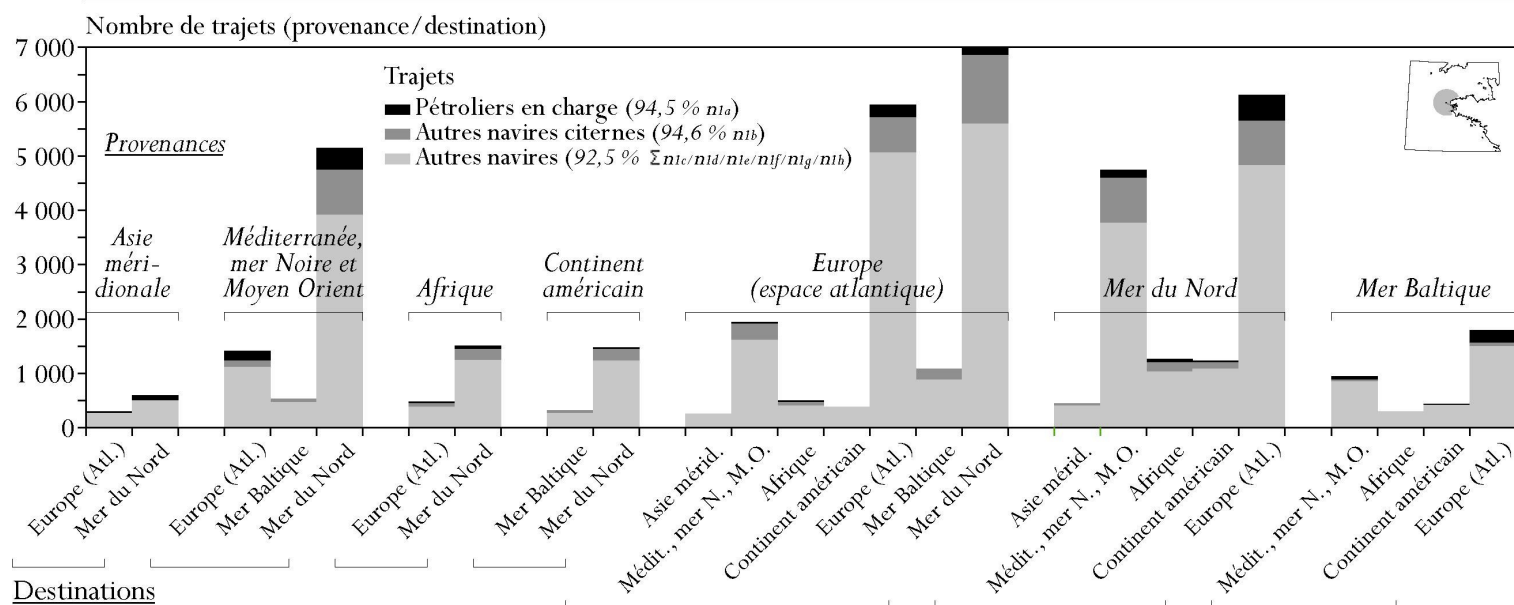
^eRapport entre les volumes d'hydrocarbures en provenance et les volumes à destination de l'espace considéré.

Source : valeurs calculées d'après le nombre de passages de navires et le volume cumulé des cargaisons d'hydrocarbures enregistrées au CROSS Corsen durant l'année 2003 (P21).

¹⁸⁵ Parmi les ports les plus importants dans cet espace, on peut citer le Havre (France), Dunkerque et Southampton (Royaume-Uni) en Manche, Nantes/Saint-Nazaire (France) et Bilbao (Espagne) dans le golfe de Gascogne, Sines (Portugal) à l'extrémité de la péninsule Ibérique, et Milford Haven et Liverpool (Royaume-Uni) en mer d'Irlande.

¹⁸⁶ Malgré la non prise en compte des unités de pêche de dimensions inférieures à 100 TJB. Ces escales de navires se font essentiellement à Lorient, Brest ou Saint-Malo.

Figure n°2. 5. Principaux trajets (≥ 250 couples "provenance/destination") des navires transitant dans la zone de compte-rendu obligatoire du DST "Ouessant Traffic" (année 2003, navires ≥ 100 TJB, n = 46 172 ; 92,9 % NI)



Remarques

Ces regroupements ont été effectués de manière à être comparables (autant que possible) avec les regroupements régionaux de la CNUCED, de BP et du LLOYD'S. Leurs compositions respectives sont détaillées dans l'annexe n° 3. Précisons néanmoins que les ports méditerranéens d'Afrique du Nord (d'Afrau au Maroc à Port Saïd en Egypte [au débouché du canal de Suez]) sont inclus dans le regroupement régional "Méditerranée, mer Noire et Moyen Orient". Le regroupement "Afrique" comptabilise uniquement les ports d'Afrique de l'Ouest, d'Afrique du Sud et d'Afrique de l'Est (de Tanger au Maroc [côte atlantique] à Suez en Egypte [mer Rouge]). Les regroupements "Europe (espace atlantique)" (mer Celtique et péninsule Ibérique), "mer du Nord" et "mer Baltique" englobent les ports situés sur les littoraux des espaces maritimes précédemment définis.

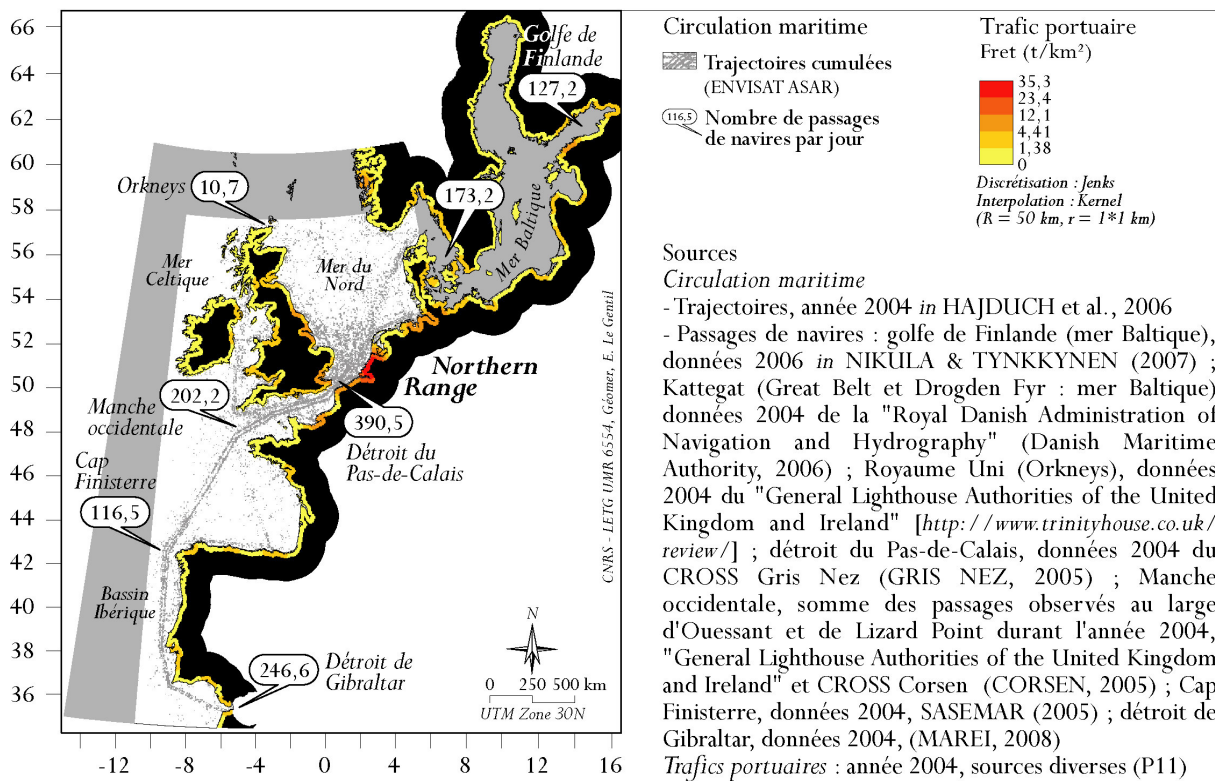
Sources : valeurs calculées d'après les passages de navires enregistrés au CROSS Corsen durant l'année 2003 (P21)

22. Géographie des routes maritimes et des trafics portuaires des mers régionales d'Europe occidentale et septentrionale

221. Principales routes maritimes

Pour resituer l'importance de la voie située au large d'Ouessant et, plus largement, celle des flux de navires qui pénètrent ou sortent de la Manche, nous avons procédé à une synthèse des données existantes à l'échelle de l'Europe septentrionale et occidentale (mer Baltique, mer du Nord et espace atlantique [mer Celtique et bassin Ibérique] : Figure n°2. 6).

Figure n°2. 6. Principales routes maritimes¹⁸⁷ et trafics portuaires de fret en Europe septentrionale et occidentale (mer Baltique, mer du Nord et espace atlantique [mer Celtique et péninsule Ibérique], années 2003-2005)



D'après ces informations, plus de 200 navires fréquentent quotidiennement la partie occidentale de la Manche (année 2004, valeurs cumulées des observations d'Ouessant et de Lizard Point : Figure n°2. 6) et ces flux ne cessent de se densifier au fur et à mesure de leur progression vers la mer du Nord, jusqu'à un niveau maximal dans le détroit du Pas-de-Calais (390 passages de navires par jour). Le regroupement des trafics longitudinaux et traversiers dans un espace aussi restreint fait de ce détroit le secteur le plus fréquenté des mers régionales étudiées, devant Gibraltar (passage entre Méditerranée et océan Atlantique : ≈ 250 p/j), l'entrée de la Manche, le cap Finisterre (extrémité nord occidentale de la péninsule ibérique : ≈ 115 p/j), les détroits danois (Petit Belt, Grand Belt et l'Oresund [portes de la Baltique] : ≈ 170 p/j), le canal de Kiel (trafic non indiqué sur la Figure n°2. 6 : ≈ 100 p/j) et le golfe de Finlande (mer Baltique : ≈ 170 p/j). Si ces chiffres, énoncés ainsi, donnent une idée de l'importance de ces points de passage, ils méritent une précision importante. Nous ne savons pas toujours à partir de

¹⁸⁷ Remarque : les trafics traversiers du détroit du Pas-de-Calais et des détroits de l'entrée de la mer Baltique sont inclus dans les estimations du nombre de navires par jour.

quelle taille minimale les navires sont pris en compte et le classement opéré ci-dessus est donc approximatif¹⁸⁸.

Les informations les plus intéressantes, lorsqu'elles sont disponibles, sont les nombres de navires-citernes et surtout, les nombres de pétroliers comptabilisés en différents endroits. Nous avons comparé les résultats obtenus avec l'étude détaillée du trafic observé dans la zone de compte-rendu obligatoire du DST « Ouessant Trafic » (année 2003) aux informations disponibles dans la littérature (Tableau n°2. 6)¹⁸⁹. Il semble, au regard de ces informations, que la proportion de pétroliers augmente à l'entrée de la Manche pour décroître ensuite en basse mer du Nord (eaux marines sous juridiction belge). Le taux relevé à Ouessant n'a cependant rien à voir avec celui constaté au large de l'Ecosse (Tableau n°2. 6 : îles Hébrides : 30,6 %/19,5 %) ou dans la partie septentrionale de la mer du Nord (GLAUKI, 2005)¹⁹⁰. Des taux si élevés sont à relier à la proximité du terminal pétrolier de Sullom Voe (îles Shetlands) et, plus généralement, à la présence d'importants champs pétrolifères dans cette région.

Tableau n°2. 6. Trafic observé dans quelques points de passage des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (navires de tailles diverses, années 2003, 2004 ou 2006)

| | Atlantique | | | Mer du Nord (Belgique ^d) | Mer Baltique | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | Cap Finisterre ^a | Ouessant ^b | Hébrides ^c | | Détroits danois ^e | Golfe de Finlande ^f |
| Nombre de navires par jour | 119,1 | 136,2 | 8,3/5,3 | 158,3 | 170,2 | 127,2 |
| Navires citernes ^g (en %) | 16,6 | 17,8 | 32,0-20,3 | 12,2 | 18,1 | 14,3 |
| Pétroliers (en %) | 7,4 | 9,4 | 30,6-19,5 | 6,5 | = | = |

^aAnnée 2003, taille minimale non précisée : SASEMAR, 2005.

^bAnnée 2003, DST « Ouessant Trafic », navires \geq 100 TJB : valeurs calculées d'après le nombre de passages de navires enregistrées au CROSS Corsen durant l'année 2003 (P21).

^cDu 07/07/2004 au 04/08/2004, taille non précisée (la première valeur correspond au pourcentage calculé sans les navires de pêche, la seconde avec cette catégorie de navire) : FITCH *et al.* (2005).

^dDu 01/04/2003 au 31/03/2004, taille non précisée, eaux territoriales et ZEE : LE ROY & MAES (2006).

^eAnnées 2003, navires \geq 50 TJB, "Drogden Fyr" et "Great Belt" : The Royal Danish Administration of Navigation and Hydrography in DANISH MARITIME AUTHORITIES (2006).

^fAnnée 2006, navires \geq 300 TJB : NIKULA & TYNKKYNNEN (2007).

^gLa catégorie « navires citernes » regroupe les pétroliers, les chimiquiers, les gaziers et les autres transporteurs de vrac liquides.

222. Trafics portuaires

Selon MARCADON (2005), les routes de la mer sont des « faisceaux d'itinéraires suivis par un grand nombre de navires, les routes constituant ainsi des bandes d'espace à travers les mers et les océans ». Elles « se définissent par un contenu c'est-à-dire des types de navires et (...) de marchandises transportées ». Leur raison d'être est de limiter les discontinuités entre continents en reliant des pôles économiques d'importances diverses *via* leurs façades portuaires (RODRIGUE *et al.*, 2006). A l'échelle de ces façades, les marchandises sont redistribuées ou centralisées (pour l'export) selon les besoins des espaces environnants grâce au cabotage¹⁹¹. Il existe, dans ce contexte, à l'interface terre/mer, des ports majeurs (*hubs*¹⁹²) et des ports secondaires desservis par des routes transocéaniques et péricontinentales (MARCADON, 2005). La structure de ce réseau portuaire, dont l'attractivité est

¹⁸⁸ Pour ne citer que deux exemples, les comptages effectués par les autorités maritimes danoises concernent les navires de 50 TJB et plus (détroits danois) alors qu'en Manche occidentale, à proximité des côtes bretonnes (DST « Ouessant Trafic »), le comptage opéré par le CROSS Corsen prend en compte tous les navires. Dans de nombreux autres secteurs, nous ne connaissons pas cette taille minimale (Gibraltar, Royaume-Uni [Orkneys, etc.], etc.).

¹⁸⁹ Les données reportées dans le tableau n° 6 diffèrent parfois de celles de la figure n° 6. Pour la cartographie, nous avons privilégié les informations disponibles pour les mêmes années (2004 généralement), tandis que dans le tableau n° 6, nous avons privilégié les sources qui détaillaient la composition du trafic (nombres totaux de navires, de pétroliers et de navires citernes).

¹⁹⁰GLAUKI: General Lighthouse Authorities of the United Kingdom and Ireland.

¹⁹¹Cabotage : navigation dans les mers bordières d'une région s'effectuant sur des distances qui peuvent néanmoins couvrir plus de mille milles nautiques (GUILLAUME, 2005b). Le cabotage a des formes diverses dans le cadre du transport de marchandises : microcabotage (courtes distances : navigation dite de « cap en cap »), *tramping* (les itinéraires suivis par les navires sont déterminés par le jeu de l'affrètement, il s'agit d'une « cueillette » en quelque sorte puisque le navire va chercher les marchandises pour lesquels il est spécialisé à l'endroit où elles sont disponibles : marché des vracs), *feederling* (collecte et redistribution des marchandises : CLOUET, 2000) et fluviomaritime (VIGARIE, 2002).

¹⁹²« Le *hub* portuaire est un terminal de groupage-dégroupage des marchandises, qui accueille des navires-mères transocéaniques et des cargos nourriciers ou *feeders* » (MARCADON, 2005).

d'autant plus forte que son hinterland est vaste, détermine, pour une large part, la nature et la complexité de la circulation maritime observée localement. Le trafic qui transite au large d'Ouessant n'échappe pas à cette logique. Les types de navires et la nature des marchandises qu'ils transportent ne peuvent se comprendre qu'au regard des spécificités du réseau portuaire environnant.

Nous l'avons précisé, la Bretagne n'est pas une destination privilégiée pour les navires marchands. C'est juste une pointe à laisser sur tribord avant de rejoindre la Manche et, plus souvent encore, la mer du Nord. Ce phénomène est particulièrement visible lorsque l'on examine les trajectoires des navires. D'après l'examen de plusieurs centaines d'images ASAR (ENVISAT) collectées durant l'année 2004, HAJDUCH *et al.* (2006) ont cartographié les trajectoires cumulées des navires de grandes dimensions¹⁹³, et leurs résultats confirment l'importance de l'axe de circulation entre Atlantique et mer du Nord, une situation fort logique au regard de l'importance du trafic de fret dans le Northern Range (Figure n°2. 6). Au moins 750 000 navires ont visité en 2004 les ports de la mer du Nord (OSPAR, 2006)¹⁹⁴ et c'est, d'après nos propres estimations, près de 1,4 milliard de tonnes de marchandises diverses qui y ont été chargées ou déchargées, soit l'équivalent des ports de l'Atlantique et de la mer Baltique réunis (Tableau n°2. 7: moyenne annuelle 2002-2004).

Le trafic portuaire de l'ensemble de ces mers régionales est extrêmement concentré. 15 % des ports (\geq 1 millions de tonnes/an) absorbent les trois quarts du volume de ces marchandises, et le seul port de Rotterdam (Pays-Bas) concentre 11,6 % du trafic portuaire total. La conteneurisation joue ici un rôle primordial. Le recours à ce type de conditionnement ne cesse d'augmenter quelle que soit l'échelle considérée (régionale ou mondiale) à un taux de croissance annuelle d'environ 8-10 % ces dernières décennies¹⁹⁵ (GROSSMANN *et al.*, 2007) et la dimension de ces navires ne cesse de s'accroître, tout comme le nombre de désarrimage de boîtes par mauvais temps devant la pointe de Bretagne (POLREP, P23).

Tableau n°2. 7. Caractéristiques du réseau portuaire des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (ports dont le trafic total est \geq 100 000 tonnes de fret en 2004, moyennes annuelles 2002-2004)

| | Nombre de ports | Fret (total, en milliers de t.) | Dont Hydrocarbures | |
|--------------|-----------------|------------------------------------|--------------------|-------------|
| | | | % du fret | Entrées (%) |
| Mer Baltique | 166 | 594 132 382 | 29,5 | 18,8 |
| Mer du Nord | 171 | 1 392 416 167 | 38,4 | 59,1 |
| Atlantique | 117 | 712 483 500 | 36,3 | 77,9 |

Sources : diverses (P11)

La part occupée par les hydrocarbures dans le trafic total est grossièrement similaire d'une région à l'autre. Alors qu'en Atlantique et, dans une moindre mesure, en mer de Nord, ce sont les entrées qui dominent, il sort des ensembles portuaires de la mer Baltique bien plus d'hydrocarbures qu'il n'en rentre¹⁹⁶. Selon SERRY (2006), le trafic pétrolier a doublé dans les ports des Etats baltes (façade orientale : Estonie, Lettonie, Lituanie et Fédération de Russie) entre 1997 et 2002. COLCOMB *et al.* (2006) soulignent également cette évolution et précisent que les cargaisons pétrolières provenant de Fédération de Russie sont essentiellement composées de fioul lourd résiduel¹⁹⁷. Ce trafic en forte croissance (11 millions de tonnes en 1998, plus de 30 millions de tonnes en 2004 : AXELROD, 2005 *in* COLCOMB *et al.*, 2006) satisfait notamment la hausse continue de la demande internationale de fioul de soute. Cette croissance se ressent sur le trafic observé localement en divers endroits. COLCOMB *et al.* (2006) ont, par exemple, évalué que le trafic maritime de cargaisons de VHFO dans les eaux anglaises est passé de 28 millions de tonnes en 1998 à 50 millions de tonnes en 2003. Il précise également que le transport de fioul résiduel utilisé comme carburant pour les navires augmente, durant la même période, d'environ 0,9 millions de tonnes par an (23 millions de tonnes en 1998, 30 millions de tonnes en 2005).

¹⁹³ Les auteurs ne précisent pas la taille des cibles qu'ils peuvent détecter avec ces images (voir HAJDUCH *et al.*, 2006).

¹⁹⁴ 748 432 navires (OSPAR, 2006). Il s'agit d'une estimation minimale, tous les ports n'étant pas toujours bien renseignés.

¹⁹⁵ Ports dont le trafic est supérieurs à 1 million de tonnes de fret en 2000-2004 (GROSSMANN *et al.*, 2007).

¹⁹⁶ Le phénomène est cependant deux fois moins intense que ce que les données du CROSS Corsen laissaient présumer.

¹⁹⁷VHFO : Very Heavy Fuel Oil.

Cette situation ne serait en soi pas très problématique si ces types d'hydrocarbures étaient transportés dans des navires dont les niveaux de maintenance sont élevés et qui, par conséquent, résistent bien au mauvais temps. Les naufrages du *Prestige* et de l'*Erika* ont clairement montré que la situation était inverse. Ces deux événements sont l'expression des possibles conséquences de l'évolution des conditions du transport maritime de fioul lourd. Si la situation temporelle de ces naufrages n'est donc pas totalement le fait du hasard, c'est aussi le cas de leur situation géographique.

223. Cadre physique et contexte hydroclimatique

Ces deux navires, à la structure fragilisée sous l'effet de la corrosion, ont été brisés par la mer : l'*Erika* à 120 milles nautiques au sud de la Bretagne (golfe de Gascogne) et le *Prestige* à proximité du cap Finisterre (bassin Ibérique).

Selon les données hydroclimatiques récoltées dans le cadre du programme de recherche EUROSION¹⁹⁸ (1979-2001), ces deux endroits se caractérisent par une hauteur¹⁹⁹ significative moyenne des vagues d'environ 2,8 mètres et 3,1 mètres (Figure n°2. 7d1 et c : points n° 3 [cap Finisterre] et n° 5 [pointe de Bretagne]), celles-ci atteignant environ 7,2 mètres et 7,9 mètres pour 1 % des observations (Q99 : période 1979-2001). Il s'agit des sites les plus exposés aux fortes houles après ceux situés à l'ouest des côtes irlandaises et écossaises (Figure n°2. 7d1 et Figure n°2. 7c : points n° 7, 8 et 9). Les trains de vagues générés par les vents forts des systèmes dépressionnaires formés dans l'Atlantique nord ne rencontrent, en effet, aucun obstacle jusqu'à leur rencontre avec le plateau continental nord-ouest européen (Figure n°2. 7a). Tous ces endroits se caractérisent par la période²⁰⁰ élevée des houles observées, entre 9,2 et 8,7 secondes du nord au sud (moyenne 1979-2001)²⁰¹, et la cambrure des vagues est d'autant plus forte que les fonds remontent brutalement et/ou que les vents forts sont fréquents (en eau profonde). Dans les endroits où toutes ces conditions sont réunies, la mer peut être particulièrement violente (ouest Ecosse et ouest Irlande, partie septentrionale de la mer du Nord, et, dans une moindre mesure, golfe de Gascogne, entrée de la Manche et cap Finisterre).

Plus généralement, le contraste est marqué entre Atlantique, mer du Nord et mer Baltique, les hauteurs des vagues et leurs périodes diminuant sensiblement d'ouest en est, en raison d'un fetch de plus en plus réduit et de l'amortissement des houles sur les fonds (Figure n°2. 7d1)²⁰². A ces phénomènes vient s'ajouter localement l'influence des courants de marée qui, lorsqu'ils s'opposent à la direction des vagues (mer contre courant), augmentent considérablement leur hauteur et leur puissance. C'est notamment le cas à la pointe de Bretagne et en Manche où les courants sont très forts (marnage important : Figure n°2. 7d2) (SHOM, 2000, 2002) et, plus généralement, dans l'ensemble des eaux resserrées (détroit de Gibraltar, Orkneys, entrée de la Baltique, etc.).

Les vents sont généralement moins forts en mer Baltique en comparaison des valeurs enregistrées en mer du Nord et dans l'espace Atlantique nord (vitesse moyenne des vents pour des périodes de 10 minutes). Les vents enregistrés sur la façade atlantique augmentent du nord au sud, de 6,1 m/s à l'entrée du détroit de Gibraltar (point n° 1) jusqu'à un maximal de 9,6 m/s à l'ouest de l'Ecosse (1979-2001, Figure n°2. 7d2 et c : point n° 9)²⁰³. On retrouve la même progression longitudinale en mer du Nord à la différence toutefois que les contrastes sont moins marqués. Les vents dominants sont approximativement de secteur ouest à l'échelle annuelle (entre 42° et 58° de longitude nord) et leur direction est influencée par la configuration des côtes²⁰⁴. La fréquence des coups de vent diffère aussi

¹⁹⁸ Données téléchargeables à l'adresse suivante : <http://www.euroSION.org>.

¹⁹⁹ Hauteur significative ($H_{1/3}$) : hauteur moyenne du 1/3 des vagues les plus hautes, hauteur retenue pour mesurer la hauteur des vagues (SHOM, 2003).

²⁰⁰ Période : intervalle de temps entre le passage de deux creux (ou crêtes) successifs au même endroit (SHOM, 2003).

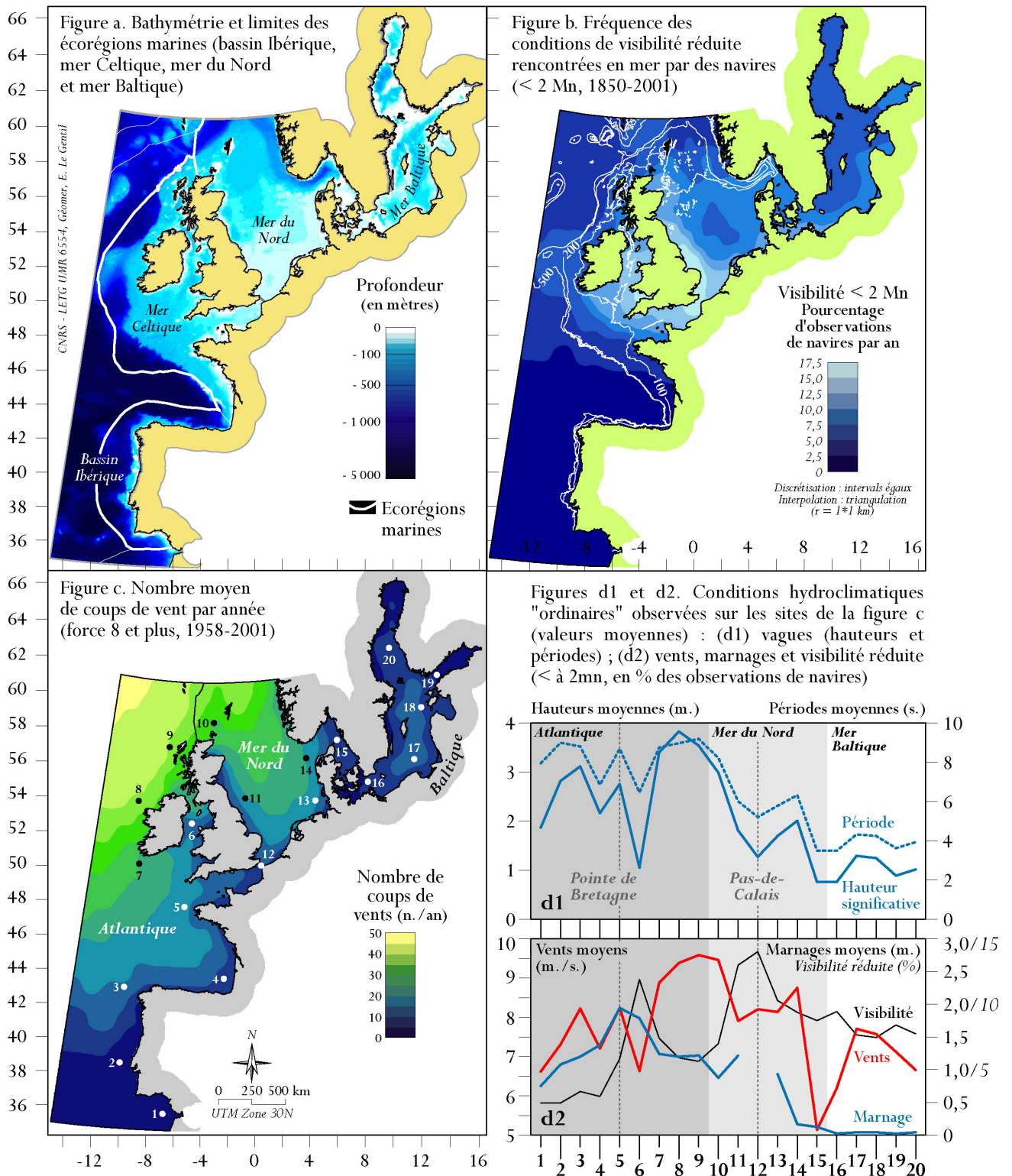
²⁰¹ Q99 : entre 13,5 et 14,8 secondes.

²⁰² Si les hauteurs et les périodes des vagues diminuent, leur cambrure augmente parfois considérablement et la mer est particulièrement hachée en mer du Nord et en mer Baltique (vagues courtes et déferlantes par vents forts).

²⁰³ Q99 : entre 15,4 m/s (Gibraltar) et 19,9 m/s (Ouest Ecosse).

²⁰⁴ La direction dominante est SW au cap Finisterre, W à l'entrée de la Manche, SW en mer du Nord et W-SW en mer Baltique sur l'année (EUROSION, 1979-2001).

Figure n°2. 7. Cadre physique (7a) et conditions hydroclimatiques des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale



Sources

Figure a (bathymétrie et écorégions marines) : NOAA ("Large Marine Ecosystems Information Portal" [données téléchargeables à l'adresse suivante : <http://www.lme.noaa.gov/Portal/>])

Figures b et d2 : visibilité réduite (1850-2001) : PILOT CHARTS, 2002 (P52)

Figure c (coups de vent [1958-2001]) : d'après WEISSE et al., 2005

Figure d1 et d2 (conditions hydrométéorologiques "ordinaires" [1979-2001 : vents, vagues et marnages]) : EUROSION database (données téléchargeables à l'adresse suivante : <http://www.eurosion.org/>) (P51)

(\geq force 8 soit 17,2 m/s)²⁰⁵ suivant les mers régionales considérées, ces phénomènes étant beaucoup plus nombreux au nord-ouest qu'au sud et à l'est de l'ensemble de la zone d'étude (Figure n°2. 7c). LAMB (1991) a également montré que les très fortes tempêtes génèrent des vents majoritairement orientés au sud-ouest dans le golfe de Gascogne et, au fur et à mesure que l'on progresse vers le nord, les vents produits par ces événements exceptionnels sont de plus en plus orientés à l'ouest et au nord-ouest (Ecosse, partie septentrionale de la mer du Nord : LAMB, 1991).

Enfin, les conditions de visibilité varient très fortement d'un endroit à l'autre. D'après les PILOT CHARTS (2002), les navires rencontrent souvent des visibilités réduites en Manche, en basse mer du Nord et en mer d'Irlande (10-20 % des observations de navires rapportent des visibilités \leq 2 milles nautique, PILOT CHARTS, 2002 : Figure n°2. 7b). La répartition de ce phénomène se calque approximativement sur la bathymétrie et est influencée par le dessin des rivages²⁰⁶. Cette terminologie recouvre des phénomènes forts différents selon les périodes de l'année et les secteurs considérés. Leur seul point commun est que la visibilité se réduit lorsqu'une masse d'air humide et stable subit un effet de refroidissement (SHOM, 2003) (en rencontrant une masse d'eau ou une autre masse d'air plus froide). Elle comprend, à la fois, la plupart des brumes et des brouillards²⁰⁷ et les fortes diminutions de visibilités induites par des précipitations régulières²⁰⁸ lors du passage du front chaud en régime perturbé (formations nuageuses basses composées de nimbostratus notamment), une situation courante durant l'automne et l'hiver. Les brouillards d'été sont également fréquents en Manche occidentale car les eaux froides de la Manche, poussées par des vents d'E/NE, rencontrent des masses d'air chauds et humides créées au contact des eaux océaniques de surface (plus douce qu'en Manche) (MOUNIER, 1982). Ce ne sont là que deux exemples de formation de conditions de visibilité réduite.

La singularité des faciès climatiques et hydrographiques régionaux est donc marquée. S'il existe une certaine homogénéité à ces échelles (à l'échelle des finistères atlantiques par exemple : hauteurs et périodes des vagues, direction des vents dominants notamment), les contrastes sont également très forts à l'intérieur de chacune des mers régionales évoquées. On peut donc dans ce contexte s'interroger sur l'influence des conditions hydrométéorologiques en terme d'accidentologie (répercussions en terme de rejets accidentels) et de persistance des hydrocarbures en mer (répercussions sur les plages d'observation des rejets mineurs).

Conclusion : quelles répercussions potentielles en terme de pollution ?

Nous allons pour conclure, souligner les répercussions potentielles des éléments évoqués jusqu'à présent sur l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets d'hydrocarbures. Le passage d'autant de navires de grandes tailles (10 % du nombre total de navires immatriculés et 30 % du tonnage de la flotte mondiale de plus de 100 TJB) et le considérable volume d'hydrocarbures transporté (5,9 % du trafic maritime mondial d'hydrocarbures et 24,1 % des déchargements d'hydrocarbures effectués dans les ports européens) à moins de 40 milles nautiques de la pointe de Bretagne, dans une mer qui n'est pas des plus accueillantes, soulèvent diverses interrogations au regard de la littérature consultée (revue de littérature du chapitre 1, partie 1). Nous allons d'abord évoquer celles concernant les rejets opérationnels et mineurs d'hydrocarbures puis aborder les questions relatives à l'accidentologie des navires et aux rejets accidentels.

Tout d'abord, la densité de la circulation en Manche laisse *a priori* supposer que le nombre de rejets opérationnels est élevé. Cette relation est-elle avérée au regard de l'ampleur des rejets mineurs et de l'intensité de la circulation maritime dans les mers régionales environnantes ? D'autre part, les plages

²⁰⁵ Vents de plus de 17,2 m/s à 10 mètres de hauteur (plus forte vitesse instantanée enregistrée durant 1 heure). WEISSE *et al.* (2005) ont comptabilisé les coups de vent dans chaque carré statistique (50 km* 50 km). Ils ont individualisé chacun de ces événements sur la base d'une séparation temporelle d'au moins 24 heures.

²⁰⁶ Les eaux resserrées sont les endroits où les visibilités très réduites sont fréquentes. La figure n° 7b ne retranscrit pas totalement ce phénomène car elle est réalisée à trop petite échelle. Elle rend compte en revanche de la répartition générale de ce phénomène.

²⁰⁷ La brume correspond à une visibilité comprise entre 1 et 5 kilomètres et le brouillard désigne une visibilité inférieure à 1 kilomètre (SHOM, 2003).

²⁰⁸ Pluie, bruine et neige (notamment en mer Baltique dans le dernier cas).

d'observation des hydrocarbures à la surface de la mer se réduisent lorsque les vents sont forts. Ce facteur influence-t-il le niveau des détections de rejets mineurs au large de la pointe de Bretagne ? Les vents forts (mais aussi les mers agitées) minorent-ils la perception de ce phénomène dans cet espace au point qu'il faille l'intégrer, au même titre que l'intensité de la surveillance des rejets, dans la mesure de l'exposition d'un espace particulier ? C'est encore à l'aide des comparaisons régionales et de l'emploi d'indicateurs divers que nous allons envisager des réponses.

Le volume du trafic d'hydrocarbures et les caractéristiques de la flotte observés localement, tous deux influencés par les trafics portuaires des mers régionales environnantes, soulèvent d'autres interrogations. Le surdimensionnement des navires dans cet espace est-il un facteur de rejets volumineux ? Le contexte hydroclimatique influence-t-il l'exposition aux rejets accidentels de la Manche et du golfe de Gascogne ? Y a-t-il plus d'accidents de navires et sont-ils plus dommageables qu'en d'autres endroits en Europe ? Voici résumées, l'essentiel des interrogations auxquelles nous tentons de répondre dans les deuxième et troisième chapitres.

Chapitre 2. Rejets accidentels

Nous allons dans ce deuxième chapitre évoquer l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets accidentels d'hydrocarbures, tant du point de vue de la sévérité des dommages humains et environnementaux que de celui de leurs circonstances d'émergence. Après une présentation des caractéristiques générales de ce type d'événement polluant (rejets ≥ 50 tonnes, 1965-2004) et des accidents qui en constituent l'origine (accidents de navires ≥ 100 TJB, tous rejets, 1999-2003), nous évoquerons la problématique des facteurs d'accidents et leurs dimensions humaines, techniques et météorologiques.

1. Caractéristiques générales des rejets accidentels et des accidents de navire

1.1. Rejets accidentels : nombre, volume et produits déversés

Selon BERTRAND (1979), la première « marée noire » signalée dans les eaux marines d'Europe septentrionale et occidentale a eu lieu en 1907 à la suite de l'échouement du pétrolier *Thomas H Lawson* près des îles Sorlingues, à quelques dizaines de milles nautiques de la Cornouailles anglaise (Royaume-Uni, entrée de la Manche). Les 6 700 tonnes d'hydrocarbures déversés en mer ont entraîné le décès de près de 100 000 macareux moines et le mécontentement des populations locales et des cercles naturalistes de l'époque. Soixante années plus tard (1967), un autre pétrolier, le *Torrey Canyon*, sombre dans ces parages et sa cargaison de brut achève aussi son voyage en mer et au rivage. Entre ces deux époques, de nombreux accidents de navires ont très certainement provoqué de multiples rejets mais peu d'entre eux ont été signalés ou les volumes déversés n'ont pas pu être évalués. DEVANNEY (base de données CTX) évoque, par exemple, le cas du *World Condor* (27/11/1954), le plus gros pétrolier existant à l'époque (199 mètres de longueur), très sévèrement accidenté dans le canal Saint George lors d'une forte tempête, qui fut très probablement à l'origine d'un déversement d'hydrocarbures dont le volume reste indéterminé. Tous ces événements ne sont pas cependant passés inaperçus durant les années 1950-1960 : *Gerd Maersk* (1955, $\approx 10\,000$ tonnes, au large de l'Elbe [mer du Nord] : CAMPHUYSEN, 2001), *Janina* (1957, $\approx 10\,000$ tonnes, au large de Vigo [golfe de Gascogne] : CEDRE) et *Yan Xilas* (1961, $\approx 16\,000$ tonnes, baie de Vigo [golfe de Gascogne] : CEDRE) ont tous trois, par exemple, provoqué des déversements d'hydrocarbures d'au

moins 10 000 tonnes. Si la période 1950-1960 est mal renseignée, on peut cependant affirmer que les événements mentionnés ci-dessus sont parmi les premiers d'une longue série de volumineux déversements qui ne va pas cesser de s'enrichir de nouveaux arrivants durant les décennies suivantes. Les plus récents événements de ce type sont les rejets consécutifs aux naufrages de l'*Erika* (1999, ≈ 19 000 tonnes, golfe de Gascogne) et du *Prestige* (2002, ≈ 63 000 tonnes, bassin Ibérique).

Pour rendre compte de ce phénomène, nous avons procédé au recensement des rejets accidentels ≥ 50 tonnes pour la période 1965-2004. Seuls les événements signalés dans la littérature ont pu être pris en compte et l'on ne peut donc qualifier cet inventaire de totalement exhaustif. Il faut également garder à l'esprit que les résultats présentés, derrière leur apparente précision, sont des approximations (ordres de grandeur). Nous allons tout d'abord décrire rapidement les principales caractéristiques des déversements produits dans ces circonstances (volume, nature des produits déversés, etc.) puis évoquer les différents types d'accidents de navires (principaux types d'avaries recensés pour les rejets accidentels ≥ 50 tonnes [tous navires ≥ 100 TJB : 1965-2004] ; principaux types d'avaries recensés pour tous les accidents dommageables et très dommageables [tous navires ≥ 100 TJB : 1999-2003]). Nous terminerons en évoquant les répartitions mensuelles et géographiques de tous ces événements.

111. Rejets accidentels ≥ 50 tonnes (tous types de navires, mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale : 1965-2004)

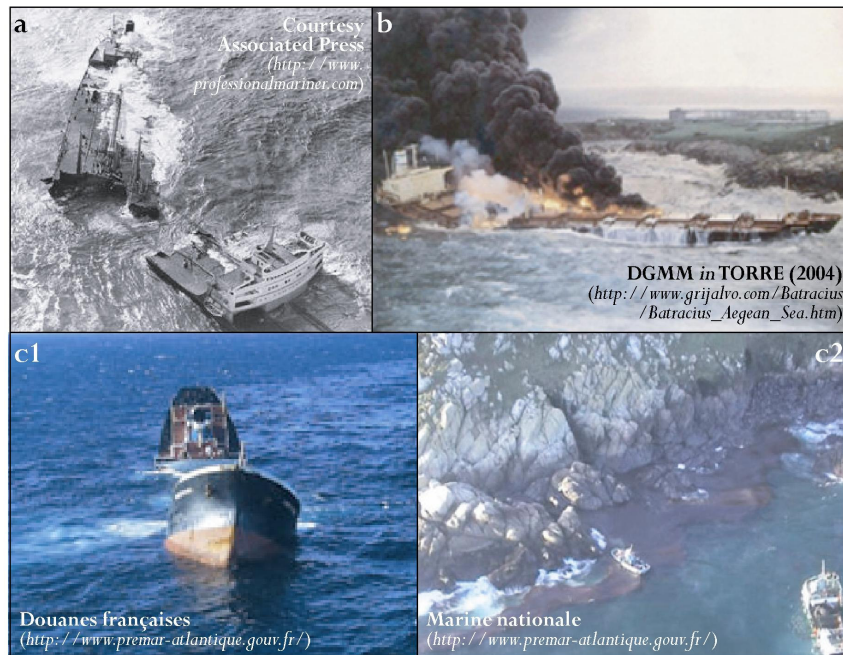
Selon nos estimations, 253 accidents de navires ont provoqué entre 1965 et 2004 des rejets d'hydrocarbures supérieurs ou égaux à 50 tonnes (± 10 %) dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale. 21 accidents ont donné lieu à des rejets d'au moins 10 000 tonnes (8,3 % du nombre total d'événements recensés) et 9 déversements étaient de plus de 50 000 tonnes (3,6 % : Tableau n°2. 8, Planche photographique n°2. 1).

Tableau n°2. 8. Rejets accidentels d'hydrocarbures $\geq 50 000$ tonnes (1965-2004)

| Année | Nom du navire accidenté | Déversement | | Situation | |
|-------|-------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| | | Volume (tonnes) | Nature | Pays | Mer |
| 1967 | <i>Torrey Canyon</i> | ≈ 121 000 | Brut | Royaume-Uni | Manche occidentale |
| 1975 | <i>Jacob Maersk</i> | ≈ 83 000 | Brut | Portugal | Bassin Ibérique |
| 1976 | <i>Urquiola</i> | ≈ 91 000 | Brut | Espagne | Golfe de Gascogne |
| 1978 | <i>Amoco Cadiz</i> | ≈ 228 000 | Brut | France | Manche occidentale |
| 1989 | <i>Khark 5</i> | ≈ 70 000 | Brut | Maroc, Espagne | Océan Atlantique |
| 1992 | <i>Aegan Sea</i> | ≈ 79 000 | Brut | Espagne | Golfe de Gascogne |
| 1993 | <i>Braer</i> | ≈ 86 000 | Brut | Ecosse (R.U.) | Mer du Nord |
| 1996 | <i>Sea Empress</i> | ≈ 73 000 | Brut | Pays de Galles (R.U.) | Canal Saint Georges |
| 2002 | <i>Prestige</i> | ≈ 63 000 | Fioul lourd | Espagne | Bassin Ibérique |

Source : rejets majeurs (P31)

Planche photographique n°2. 1(a/b/c1/c2). Quelques exemples d'accidents de navires suivis d'importants déversements d'hydrocarbures : échouement, explosion/incendie et bris du *Torrey Canyon* près des îles Sorlingues en mars 1967 (a) ; échouement, explosion/incendie et bris de l'*Aegean Sea* à l'entrée du port de La Corogne en décembre 1992 (b) ; avarie structurelle et bris du *Prestige* au large du cap Finisterre en novembre 2002 (c1) et échouement consécutif d'hydrocarbures au rivage (Galice : c2)



70 % des navires impliqués sont des pétroliers²⁰⁹ et ce type d'unité est à l'origine de 98 % du volume total d'hydrocarbures déversé (un volume total d'environ 1 350 000 tonnes : Tableau n°2. 9). La courbe de distribution des rejets en fonction du volume déversé est très asymétrique (coefficient de Gini de 0,89) et la queue de distribution, située à droite, est très prononcée (coefficient d'asymétrie : 6,74). Cette forme générale traduit la très forte contribution des rejets les plus volumineux au volume total déversé durant cette période (Tableau n°2. 9). Les 21 rejets de plus de 10 000 tonnes représentent ainsi 86 % du volume total introduit en mer dans ces circonstances et ceux de plus de 50 000 tonnes représentent plus de 66 % du volume total. Le plus gros déversement est le rejet de pétrole brut consécutif à l'échouement du pétrolier *Amoco Cadiz* sur les côtes bretonnes en mars 1978 (\approx 228 000 tonnes soit 16,9 % du volume total : Tableau n°2. 8 et Tableau n°2. 9).

Tableau n°2. 9. Caractéristiques des rejets majeurs

(rejets accidentels \geq 50 tonnes [\pm 10 %], 1965-2004)

| | Caractéristiques |
|----------------------------|------------------|
| Effectif total (nombre) | 253 |
| Volume total | 1 350 367 |
| Plus gros déversement (t.) | 228 000 |
| Indice de Gini | 0,89 |
| Coefficient d'asymétrie | 6,74 |

Source : rejets majeurs (P31)

Les types d'hydrocarbures déversés sont divers. En volume, il s'agit pour l'essentiel de pétrole brut (78,7 % : Tableau n°2. 10). A peine 3,5 % du volume total déversé est constitué d'hydrocarbures non persistants (produits légers). En nombre de rejets, ce sont les produits lourds et intermédiaires qui sont majoritaires (52,6 % : Tableau n°2. 10).

²⁰⁹ Ou des pétrovraquiers. 13 % des navires impliqués sont de type indéterminé.

Tableau n°2. 10. Nature des hydrocarbures déversés (rejets accidentels \geq 50 tonnes [\pm 10 %], 1965-2004)
(valeurs exprimées en % du volume total déversé [V = 1 350 367 tonnes] et en % du nombre de total de rejet [N = 253])

| | Pétroles bruts | Produits lourds et intermédiaires | Produits légers | Indéterminée | Total |
|------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|--------------|-------|
| Volume (%) | 78,7 | 16,2 | 3,4 | 1,6 | 100,0 |
| Nombre (%) | 26,9 | 52,6 | 7,9 | 12,6 | 100,0 |

Source : rejets majeurs (P31)

112. Rejets accidentels (tous volumes, tous types de navires, mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale : 1999-2003)

Durant la période 1999-2003, 80 accidents de navires ont provoqué un déversement d'hydrocarbures (tous volumes), soit 9 % du nombre total d'accidents de navires comptabilisés (N = 893 [accidents « dommageables » et « très dommageables »]²¹⁰). 62,5 % d'entre eux ont provoqué des déversements supérieurs à 1 tonnes (n = 50)²¹¹, et le volume total d'hydrocarbures introduits en mer par ces 50 déversements est de 89 158 tonnes, dont 97,3 % de produits lourds et intermédiaires (HFO et, dans une moindre mesure, MDO)²¹². Les quatre plus volumineux rejets résultent d'avaries de pétroliers (*Prestige* [13/11/2002, 63 200 tonnes, bassin Ibérique], *Erika* [12/12/1999, 19 200 tonnes, golfe de Gascogne], *Baltic Carrier* [29/01/2001, 2 700 tonnes, mer Baltique] et *Spa Bunker* [21/01/2003, 1 400 tonnes, détroit de Gibraltar²¹³] et les déversements consécutifs aux naufrages du *Prestige* et de l'*Erika* représentent, à eux seuls, 92,8 % du volume total déversé durant cette période. Les navires citernes sont les navires qui ont causé le plus de rejets (32 % du nombre total de déversements et 98 % du volume total déversé). Ils sont suivis des navires de pêche (26 % du nombre total de rejet mais seulement 0,3 % du volume total déversé)²¹⁴, des transporteurs de marchandises diverses (20 %, 0,4 %) et des vraquiers (6 %, 1,1 %)²¹⁵. Les unités restantes (16 % du nombre total, 0,3 % du volume total) sont de types divers (transporteurs de véhicules, porte-conteneurs, etc.). Ces statistiques sont toutefois à considérer avec précaution étant donné le nombre restreint d'individus recensés (N = 80 dont 50 individus \geq à 1 tonnes).

Les volumes déversés sont donc extrêmement variables selon les types de navires accidentés et les produits déversés. Pour la période 1965-2004, les volumes de brut introduits en mer sont majoritaires. Entre 1999 et 2003, il s'agit au contraire des produits lourds et intermédiaires. Toutes sortes de navires sont à l'origine de rejets d'hydrocarbures mais les pétroliers sont les unités les plus polluantes et celles qui provoquent les déversements les plus volumineux. On constate cependant que d'autres navires de grandes dimensions (vraquier, etc.) ont causé, ces dernières années, des rejets de plusieurs centaines de tonnes d'hydrocarbures (fioul de soute).

12. Avaries : types et saisonnalité

Les avaries les plus communes sont décrites dans cette section, et notamment celles à la suite desquelles se sont produits des rejets d'hydrocarbures. Cette description des circonstances de déversements est réalisée :

- (i) sur la période 1965-2004, pour les rejets les plus volumineux, supérieurs à 50 tonnes (253 rejets recensés) ;

²¹⁰ Au sens de l'OMI. Voir partie 1, chapitre 2.

²¹¹ Le volume déversé par les 30 autres rejets d'hydrocarbures recensés est $<$ à 1 tonnes ou indéterminé.

²¹² HFO : Heavy Fuel Oil ; MDO : Marine Diesel Oil.

²¹³ Ce rejet se situe devant le port d'Algésiras (Espagne), c'est-à-dire en Méditerranée. Cependant, considérant qu'il est intéressant de prendre en compte les événements survenus dans le détroit de Gibraltar et soucieux de ne pas le couper en deux en raison de la situation de ce goulet d'étranglement (à cheval sur l'Atlantique et la Méditerranée), nous avons intégré les rejets accidentels survenus du côté de la Méditerranée (ceux compris dans un rayon de 30 milles nautiques à partir du centre du détroit).

²¹⁴ Dont deux rejets de plus de 50 tonnes en mer Celtique : *Radiant* (10/05/2002, 60 tonnes : ACOPS, 2003) et *Aurelia* (13/08/2001, 55 tonnes : ACOPS, 2002).

²¹⁵ Dont deux rejets de plus de 400 tonnes pour cette catégorie de navire : *Coral Bulker*, bassin Ibérique (26/12/2000, 426 tonnes : ROUSSEAU, 2003) et *Fu Shan Hai*, mer Baltique (31/05/2003, 500 tonnes : HELCOM, 2005).

- (ii) sur la période plus récente, 1999-2003, pour l'ensemble des déversements (80 rejets recensés dont 50 sont supérieurs à 1 tonne). Pour cette époque, nous évoquons aussi l'ensemble des accidents de navires (893 accidents recensés en 1999-2003) en raison du nombre limité d'individus si l'on considère seulement les événements à l'origine de rejets. Il est, en outre, plus intéressant, pour mettre en valeur l'influence du contexte environnant sur l'accidentologie des navires, de travailler sur une population étendue.

Ces événements accidentels, qu'ils aient produits ou non un rejet, sont divers. Il est important de garder à l'esprit qu'il ne s'agit pas des causes de rejets à proprement parler mais des circonstances à la suite desquelles ils se sont produits. Lorsqu'un navire s'échoue par exemple, il existe souvent plusieurs causes initiales qui nous sont souvent inconnues en raison du manque d'information disponible²¹⁶. Si l'échouement est suivi d'un rejet, la cause du déversement n'est pas l'échouement mais, très couramment, l'avarie machine ou électrique si l'on considère l'événement initial ou la déchirure de la coque produite par le heurt du navire sur le fond si l'on s'inscrit dans une relation de causalité plus directe (cause finale de rejet). Aussi, plutôt que de parler de causes de rejet ou d'accident, il s'agit ici des principales catégories de dommages recensés pour les navires, c'est-à-dire les conséquences les plus fréquentes de causes initiales d'accident généralement indéterminées.

121. Principaux types d'accidents de navires à l'origine de rejets supérieurs à 50 tonnes (1965-2004)

Les événements de mer et opérations portuaires à l'origine de rejets supérieurs à 50 tonnes (tous types de navires) sont décrits ici pour les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale sur la période 1965-2004 (Tableau n°2. 11).

Peu de rejets liés à des accidents survenus lors d'opérations portuaires ont été comptabilisés (6,4 % : Tableau n°2. 11) au contraire des statistiques disponibles en la matière (Monde : ITOPF [2005] ; Méditerranée : REMPEC [2004]). Cette situation résulte, d'une part, du volume minimal défini pour la prise en compte des rejets durant la période 1965-2004 (≥ 50 tonnes) et, d'autre part, de l'attention apportée à la prévention de ce type de rejets par les autorités portuaires en Europe. Ces événements ont généralement provoqué des déversements peu volumineux, à l'exception notable de l'accident du *Betelgeuse* (1979, $\approx 40\,000$ tonnes, Bantry Bay, Irlande, espace atlantique).

En mer, l'avarie la plus courante à la suite de laquelle s'est produit un déversement d'hydrocarbures est l'échouement (25,5 % des rejets accidentels ≥ 50 tonnes, 1965-2004 : Tableau n°2. 11). C'est également dans cette circonstance que les volumes d'hydrocarbures les plus importants ont été introduits dans l'océan (61,9 % du volume total : Tableau n°2. 11). Ce type d'avarie provoque, en effet, très souvent la déchirure de la coque et, certaines fois, la perte totale du navire et le déversement de la cargaison dans sa totalité s'il s'agit d'un pétrolier (pétrolier *Torrey Canyon* [1967, $\approx 121\,000$ tonnes], pétrolier *Amoco Cadiz* [1978, $\approx 228\,000$ tonnes] et pétrolier *Aegean Sea* [1992, $\approx 79\,000$ tonnes] par exemple dans l'espace Atlantique). Le second type d'accident le plus fréquent est la « collision, contact », mais ces événements ne sont pas suivis, en revanche, de déversements très volumineux. On constate la situation inverse pour les avaries structurelles (« structure, rupture »), peu nombreuses par rapport aux précédentes (4,8 %), mais sources d'entrants importants (12,8 % du volume total déversé). A la suite de ce genre d'événement, nombre de navires ont sombrés (*Tanio* [1980, $\approx 12\,000$ tonnes], *Erika* et *Prestige* par exemple).

Notons enfin que beaucoup de types d'accidents pour la période 1965-2004 ne sont pas renseignés et qu'aucune avarie du type « avaries machine, électrique » et « gîte, chavirement » n'apparaît comme circonstance de déversements supérieurs à 50 tonnes (Tableau n°2. 11). Des événements de cette

²¹⁶ L'une des causes initiales d'échouement est souvent, par exemple, l'avarie machine ou électrique. Lorsqu'un navire s'échoue, l'événement généralement rapporté est l'échouement alors qu'il s'agit d'une conséquence de l'avarie machine ou électrique initiale. Si l'échouement d'un navire est évité de justesse (prise de remorque, etc.) et qu'il s'agit des mêmes raisons (avarie machine ou électrique), c'est l'avarie machine ou électrique qui est rapportée dans la littérature. En fait, dans les deux cas, les événements initiaux sont identiques, mais les conséquences pour le navire diffèrent (échouement ou non). Tout dépend donc du niveau considéré dans la chaîne de causalité.

nature se sont cependant produits mais, en raison des conséquences induites (échouement, etc.), ils sont généralement classés dans d'autres catégories dans la littérature. Nous aurions pu classer en « avaries machine, électrique » les quelques événements dont la cause initiale est, à notre connaissance, une avarie survenue dans la tranche des machines (avarie de gouvernail de l'*Amoco Cadiz* par exemple), mais cette classe n'aurait pas pour autant été représentative étant donné l'incertitude entourant les causes initiales de nombreux autres événements.

122. Principaux types d'accidents de navires recensés sur la période récente 1999-2003

Pour la période récente (1999-2003), seuls les événements de mer²¹⁷ (accidents dommageables et très dommageables, N = 893) sont considérés (Tableau n°2. 11). 7,6 % des navires accidentés sont des pétroliers et 21 % des accidents ont été très dommageables (décès d'un ou de plusieurs membres d'équipages et/ou rejet jugé dommageable pour les Etats côtiers situés à proximité et/ou perte totale du navire²¹⁸). En termes de types d'avaries, nous avons considéré séparément l'ensemble des accidents (N = 893) et les événements suivis d'un rejet (9 % du nombre total d'accidents, N = 80, tous volumes confondus).

27,5 % et 25 % des déversements d'hydrocarbures se sont produits à la suite d'une collision (« collision, contact ») ou d'un échouement. Ces deux types d'événements accidentels sont toujours les deux circonstances les plus courantes de rejets. Viennent ensuite les avaries structurelles : 17,5 % du nombre total d'accident et 97,3 % du volume total d'hydrocarbures déversé entre 1999 et 2003 (!). Si l'apport d'hydrocarbures en mer du fait de ce type d'avaries est aussi élevé, c'est tout simplement en raison des naufrages du *Prestige* et de l'*Erika*. Dans le cas présent, ces statistiques n'ont pas grande signification. Ce n'est en effet pas parce que les deux derniers plus volumineux rejets d'hydrocarbures sont le fait de navires naufragés dans ces circonstances que la prochaine « marée noire » se produira à la suite d'une avarie structurelle. Cet exemple montre surtout la très grande dépendance vis-à-vis de quelques événements très volumineux, des statistiques produites d'après les volumes d'hydrocarbures déversés. Il paraît ainsi intéressant de considérer le nombre d'événements et non les volumes et plus encore, l'ensemble des accidents de navires, qu'ils aient provoqué ou non un déversement d'hydrocarbures.

Pour l'ensemble des accidents, les catégories d'avaries les plus communes sont les « avaries machine, électrique » (27,4 % du nombre total d'accident), les « collisions, contacts » (18,4 %), les « échouements » (18,0 %), les « incendies, explosions » (9,4 %) et les « structures, ruptures » (8,4 %). Ces catégories sont très diversement dommageables. Alors que les avaries machine et électriques provoquent peu de dommages très sévères (2,8 %)²¹⁹, les avaries structurelles sont très souvent à l'origine du naufrage du navire, de décès et/ou d'un rejet (46,6 %)²²⁰. Les collisions sont moins sévèrement dommageables (20,1 %) et les échouements moins encore (8,0 %).

²¹⁷ Ou accidents de navigation. Ces deux appellations recouvrent le même sens.

²¹⁸ Nous avons utilisé les critères de l'OMI. Notons que la notion de dommage résultant d'un rejet est laissée à l'appréciation des Etats côtiers et que cette conséquence d'accident recouvre dès lors des événements très contrastés.

²¹⁹ En fait, ce type d'avarie est très certainement la cause initiale de nombreux dommages très sévères, mais elle est rarement reportée dans les sources consultées si elle aboutit à un échouement, une collision ou autre.

²²⁰ C'est encore plus vrai pour la catégorie « gîtes, chavirement » (62,9 %).

Tableau n°2. 11. Avaries les plus communes

(1 : rejets accidentels ≥ 50 tonnes [± 10 %], 1965-2004 ;
2 : accidents de navires et tous rejets [tous navires ≥ 100 TJB], 1999-2003)

| | | 1. Rejets accidentels (1965-2004) | | 2. Accidents et rejets (1999-2003) | | |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | | Rejets (en % N) ^a | Rejets (en % V) ^b | Accidents (en % N) ^c | Rejets (en % n) ^d | Rejets (en % V) ^e |
| Événements de mer | Collision, contact | 23,1 | 9,4 | 18,4 | 27,5 | 3,7 |
| | Incendie, explosion | 4,4 | 5,7 | 9,4 | 1,3 | ? |
| | Structure, rupture | 4,8 | 12,8 | 8,4 | 17,5 | 93,4 |
| | Avaries machine, électrique | – | – | 27,4 | 8,8 | 0,1 |
| | Echouement | 25,5 | 61,9 | 18,0 | 25,0 | 0,8 |
| | Gîte, chavirement | – | – | 3,9 | 5,0 | 1,6 |
| | Autres, indéterminés | 35,9 | 6,6 | 14,4 | 15,0 | 0,4 |
| Opérations portuaires | | 6,4 | 3,6 | – | – | – |
| Total | | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

^aN = 253

^bN = 253, V = 1 350 367 tonnes d'hydrocarbures

^cN = 893

^dn = 80

^en = 50 (rejets ≥ 1 tonnes), V = 89 158 tonnes d'hydrocarbures.

Sources : rejets majeurs (1965-2004, ≥ 50 tonnes [P31]), accidents de navires et tous rejets (1999-2003 [P23])

Pour conclure sur ce point, précisons que la portée de ce type d'analyse, par catégories d'accidents, est assez limitée car toutes sortes d'événements y sont mélangées, à la fois causes et conséquences d'accidents et/ou de rejets (DEVANNEY, 2006c). Ensuite, précisons que les résultats diffèrent souvent considérablement selon la sévérité des accidents considérés. La prise en compte des événements les plus dommageables (pour le navire ou l'environnement) produit des résultats qui ne sont pas forcément représentatifs de la fréquence réelle des avaries les plus communes.

13. Distributions saisonnière et géographique de l'ensemble des événements évoqués

Nous avons étudié les distributions mensuelles et géographiques de l'ensemble des événements accidentels évoqués jusqu'à présent. Il s'agit de vérifier si les distributions spatiales et mensuelles des rejets polluants et des accidents de navires présentent des formes similaires.

131. Distributions mensuelles des rejets accidentels supérieurs à 50 tonnes (1965-2004) et des accidents de navires supérieurs à 100 TJB (1999-2003)

Les répartitions mensuelles des accidents de navire et des rejets supérieurs à 50 tonnes sont toutes deux marquées d'un rythme saisonnier (Figure n°2. 8a/b).

Les taux d'accidents de navires varient entre 8,4 et 10,4 % d'octobre à mars (dont 1,9-2,4 % d'accidents très graves²²¹) et de 6,1 à 8,0 % entre avril et septembre (dont 1,2-1,5 % d'événements très dommageables) (valeurs exprimées en % du nombre total d'accident ou de navire : Figure n°2. 8a). Enfin, les pétroliers accidentés sont plus nombreux durant les mois d'automne et d'hiver (novembre/février : 0,8-1,25 %) que pendant ceux du printemps et d'été (mars/octobre : 0,34-0,68 %). On retrouve cette organisation générale pour les rejets accidentels à la différence que :

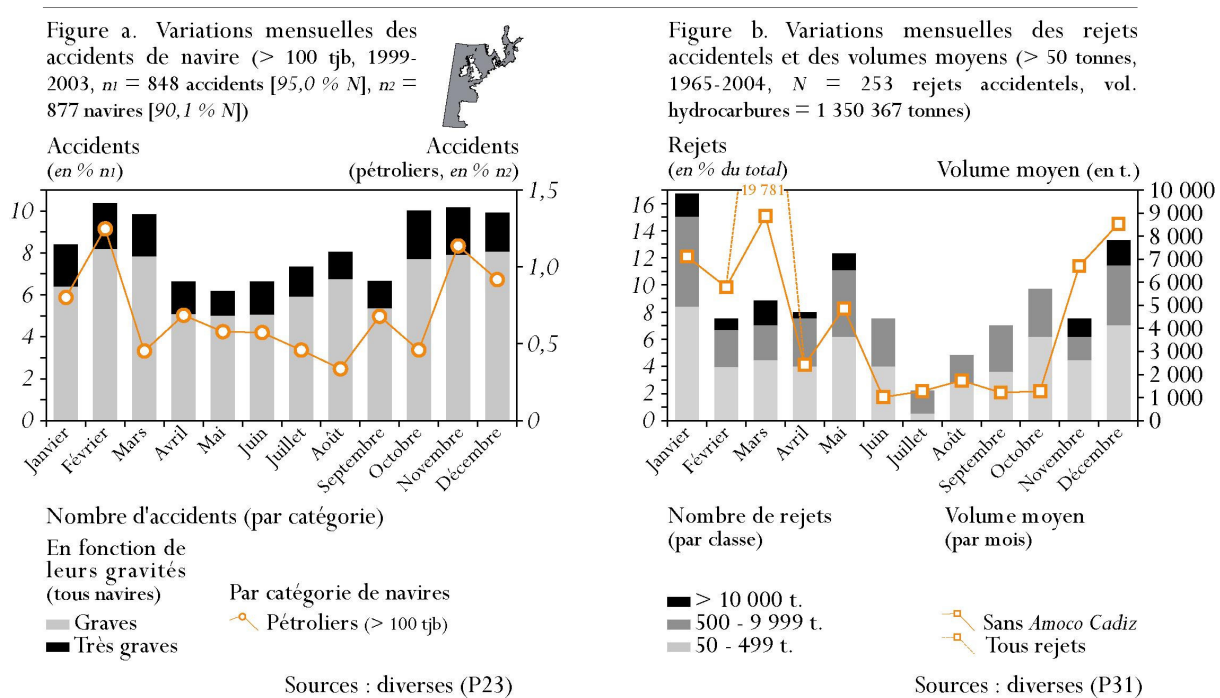
- (i) les contrastes entre été (2,2 % en juillet) et hiver (13,2-16,7 % en janvier et décembre) sont beaucoup plus marqués ;
- (ii) les périodes février/mars et octobre/novembre sont d'un niveau similaire (entre 7,5 % et 9,7 %, à l'exception du mois de mai : 12,3 %) ;

²²¹ « Très graves », « très sévères » ou « très dommageables ». Ces trois expressions sont utilisées indistinctement.

- (iii) le taux d'accident s'effondre à partir de mai puis remonte très progressivement jusqu'en octobre (Figure n°2. 8b) ;
- (iv) Les rejets très volumineux ($\geq 10\,000$ tonnes d'hydrocarbures) sont aussi plus fréquents en hiver (0,34 %-1,76 %) qu'en été (aucun de juin à octobre) mais cette tendance est moins nette pour ceux qui sont supérieurs à 500 tonnes d'hydrocarbures.

Cette situation se répercute sur le volume moyen déversé chaque mois dont les fluctuations sont proches de celles évoquées ci-dessus. Précisons cependant que ces valeurs sont très largement influencées par la présence des déversements les plus volumineux. A titre d'exemple, le rejet consécutif au naufrage de l'*Amoco Cadiz* multiplie le volume moyen par deux pour le mois de mars (Figure n°2. 8b).

Figure n°2. 8 (a/b). Variations mensuelles des accidents de navires (1999-2003) et des rejets accidentels d'hydrocarbures (1965-2004) en Europe septentrionale et occidentale



Au regard de ces informations, on constate que les événements accidentels (polluants et non polluants) sont plus fréquents et semblent plus dommageables durant les mois d'automne et d'hiver.

132. Répartition géographique des rejets accidentels supérieurs à 50 tonnes (1965-2004) et des accidents de navires supérieurs à 100 TJB (1999-2003)

Les accidents à l'origine des déversements supérieurs à 50 tonnes se sont produits, dans leur grande majorité, à moins de 12 milles nautiques des côtes les plus proches (78,7 %) et, pour la plupart, à l'intérieur des écorégions marines d'Europe septentrionale et occidentale (90,4 %). Il s'agit de rejets situés en mer dans 92,5 % des cas, c'est-à-dire à l'extérieur des enceintes portuaires²²². La répartition générale des accidents de navires est très voisine de celle des rejets accidentels (≥ 50 tonnes) à la différence cependant qu'elle est moins concentrée près des côtes (67 % des rejets sont situés à moins de 12 milles nautiques des rivages et 95,6 % à l'intérieur des écorégions marines).

²²² C'est-à-dire les événements situés à l'extérieur des enceintes portuaires (l'enceinte est délimitée par les digues). A titre d'exemples, les naufrages de l'*Aegean Sea* (1992, $\approx 79\,000$ tonnes, La Corogne, golfe de Gascogne, Espagne) et du *Coral Bulker* (2000, 426 tonnes, Viana de Castelo, bassin Ibérique, Portugal) sont, selon ce critère, situés en mer, les échouements (et les déversements) s'étant produits devant les ports.

En termes de densité (nombre d'événements au km²), ces deux distributions présentent des structures géographiques assez voisines. Les plus fortes concentrations d'événements de mer (tous navires ≥ 100 TJB, 1999-2003 : Figure n°2. 9a) et de rejets accidentels (≥ 50 tonnes : Figure n°2. 9b, 1965-2004) sont situées le long des principales routes maritimes. On distingue toutefois très nettement plusieurs secteurs où leur densité est plus élevée. L'espace le plus accidentogène est la zone qui s'étend du détroit du Pas-de-Calais jusqu'aux eaux voisines des ports du *Northern Range* (rangée portuaire de la basse mer du Nord) et la corrélation spatiale entre trafics portuaires (en tonnes de fret par km²)²²³ et le nombre d'événements accidentels au km² est forte (Figure n°2. 9a). Les autres secteurs où les accidents et les rejets accidentels sont nombreux sont la Manche (Manche centrale et zone englobant la pointe de Bretagne jusqu'au canal Saint-Georges) et le Kattegat (détroits du Grand Belt, du petit Belt et d'Oresund : entrée de la mer Baltique). Les accidents « sérieux » et « très sérieux » sont moins fréquents près des côtes atlantiques situées plus au sud (bassin Ibérique), même s'il existe localement des densités élevées (cap Finistère et détroit de Gibraltar). Pour résumer, les eaux resserrées et les avancées du rivage vers le large (pointe de Bretagne, Cornouailles anglaise et partie sud-ouest du Pays de Galles notamment [St Ann's Head, etc.]) sont généralement les endroits où les événements de mer sont les plus fréquents, toutes périodes et tous types d'événements confondus. En revanche, la géographie des volumes d'hydrocarbures déversés à l'occasion de rejets supérieurs à 50 tonnes (exprimée en tonnes d'hydrocarbures par km²) est fondamentalement différente (Figure n°2. 9c). Les déversements les plus volumineux influencent fortement cette répartition, notamment ceux de plus de 50 000 tonnes qui se sont tous produits près des côtes atlantiques, à l'exception notable toutefois du déversement consécutif à l'échouement du pétrolier *Braer* (1993, $\approx 80\ 000$ tonnes, îles Shetland, mer du Nord : Figure n°2. 9c).

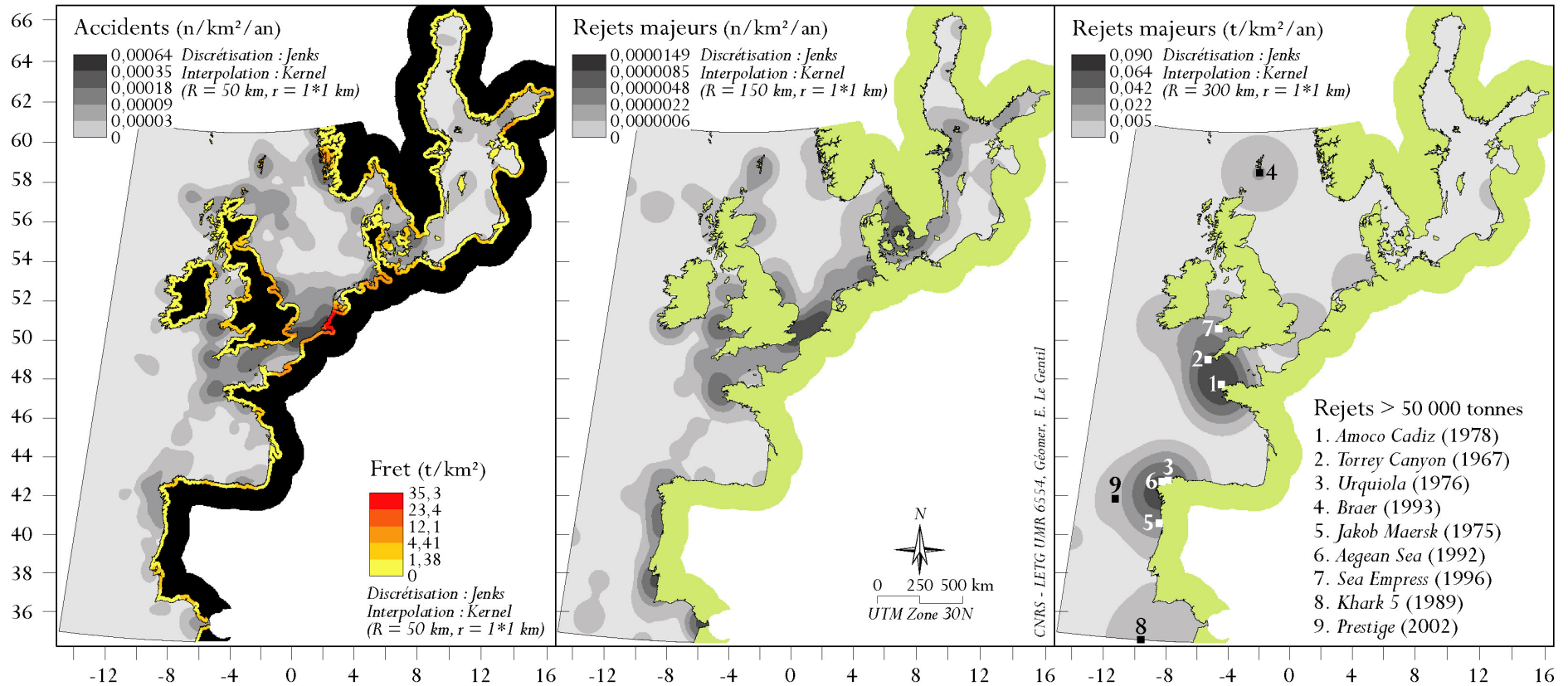
²²³ Cette valeur, qui n'a pas de signification en elle-même, correspond aux volumes totaux de fret chargés et déchargés dans les ports ramenés à la surface environnante (dans un rayon de 50 km et dans une bande littorale de 20 km de largeur). L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de vérifier visuellement la relation entre l'importance des trafics portuaires et les densités d'événements accidentels des eaux marines avoisinantes sans recourir à des figurés proportionnels qui recouvriraient entièrement les endroits les plus resserrés (détroits, etc.). L'inconvénient, c'est que nous avons utilisé les volumes de marchandises alors qu'il faudrait théoriquement utiliser les nombres de navires (entrants et sortants) pour apprécier l'intensité de la circulation à proximité des ports. Cette donnée n'est cependant pas totalement disponible, à notre connaissance, pour les 414 ensembles portuaires considérés ici ($\geq 100\ 000$ tonnes de fret).

Figure n°2. 9 (a/b/c). Répartition des accidents de navires (1999-2003) au regard des trafics portuaires (2000-2003) (a) et des rejets accidentels d'hydrocarbures (nombre [b] et volume [c] : 1965-2004)

Figure a. Répartition des accidents de navires (> 100 tjb, 1999-2003, N = 893 accidents) au regard des trafics portuaires de fret (> 100 000 tonnes, 2000-2003, n = 414 ens. port.)

Figure b. Répartition des rejets accidentels d'hydrocarbures (> 50 tonnes, 1965-2004, N = 253 rejets accidentels)

Figure c. Répartition des volumes déversés lors de rejets accidentels (> 50 tonnes, 1965-2004, N = 253 rejets accidentels, vol. hydrocarbures = 1 350 367 tonnes)



Sources : accidents de navire (P23) ; trafics portuaires (P11)

Sources : rejets accidentels (P31)

Sources : rejets accidentels (P31)

2. Spécificités régionales : « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » et pointe de Bretagne au regard des mers environnantes

21. Différences entre mers ouvertes et mers épicontinentales d'Europe septentrionale et occidentale

Si la géographie des événements accidentels et polluants est globalement similaire, il existe une asymétrie prononcée lorsque l'on compare la répartition de l'ensemble de ces événements à celle des volumes déversés. On peut supposer, dans ces conditions, que les avaries situées dans l'espace Atlantique sont plus dommageables pour les navires et l'environnement que celles localisées dans les mers régionales avoisinantes (mer du Nord et mer Baltique).

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons résumé les principales caractéristiques de tous les événements accidentels survenus dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (Tableau n°2. 12 et Tableau n°2. 13). Nous avons retenu une zone « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » d'une superficie voisine de celle de la mer du Nord pour effectuer des comparaisons régionales (Figure n°2. 10, zone 1b [voir partie 1, chapitre 1]). L'analyse menée montre que les nombres de rejets accidentels (1965-2004, ≥ 50 tonnes) et d'événements de mer (navires ≥ 100 TJB) (tous deux exprimés en nombre d'événements par 1 000 km²) sont généralement plus faibles en « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » qu'en mer Baltique et en mer du Nord (Tableau n°2. 12 et Tableau n°2. 13). En revanche, les pourcentages de rejets supérieurs à 500 tonnes d'hydrocarbures et, plus encore, ceux d'un volume supérieur à 10 000 tonnes (1965-2004) sont très largement surreprésentés (dix fois plus élevés pour les rejets très volumineux : Tableau n°2. 12). Pour la période la plus récente et pour l'ensemble des accidents de navire analysés sur la période 1999-2003, ce particularisme régional s'estompe. Les accidents ne sont pas plus dommageables à l'échelle de cet espace que dans les autres mers d'Europe septentrionale et occidentale et ne provoquent pas plus de rejets. Une spécificité régionale apparaît cependant, le pourcentage de pétroliers accidentés est supérieur aux taux correspondants en mer du Nord et en mer Baltique (Tableau n°2. 13).

Figure n°2. 10. Zone d'étude « Manche occidentale/ golfe de Gascogne/canal Saint-George » (zone 1b)

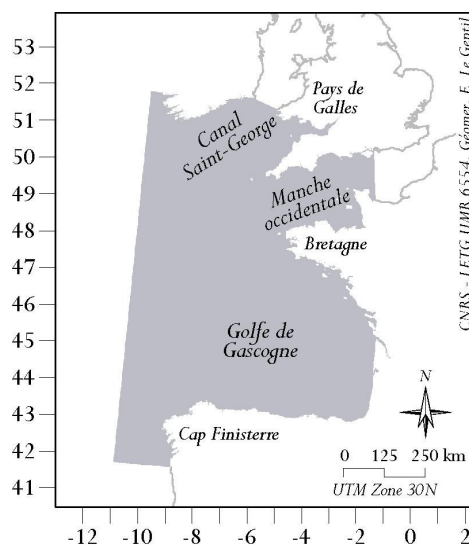


Tableau n°2. 12. Répartition des rejets accidentels ≥ 50 tonnes [± 10 %] par mer régionale (1965-2004)
(N = 253, V = 1 350 367 tonnes)

| | Surfaces (km ²) | n./1 000 km ² /an | Vol. (% V) | Rejets volumineux (% N) | |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------|-------------------------|--------------------|
| | | | | % ≥ 500 t. | % $\geq 10 000$ t. |
| Mer Baltique (n = 46) | 391 153 | 0,0029 | 3,5 | 39,1 | 2,2 |
| Mer du Nord (n = 87) | 687 109 | 0,0032 | 12,7 | 40,7 | 2,3 |
| Espace Atlantique (n = 120) | 2 048 263 | 0,0015 | 83,9 | 51,3 | 15,4 |
| Dont zone 1b (n=55) | 642 558 | 0,0021 | 61,3 | 55,6 | 24,1 |

Source : rejets majeurs (P31)

Tableau n°2. 13. Répartition des accidents de navires (≥ 100 TJB) par mer régionale (1999-2003)
(N = 893 accidents [1 057 navires accidentés])

| | Surfaces (km ²) | n./1 000 km ² /an | % de pétroliers accidentés | % de navires très sévèrement endommagés | % d'accidents qui ont provoqué un rejet |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|---|---|
| Mer Baltique (n = 130) | 391 153 | 0,0665 | 7,4 | 20,9 | 10,0 |
| Mer du Nord (n = 368) | 687 109 | 0,1071 | 9,1 | 19,3 | 7,9 |
| Espace Atlantique (n = 395) | 2 048 263 | 0,0386 | 7,0 | 22,5 | 9,6 |
| Dont zone 1b (n = 227) | 642 558 | 0,0707 | 12,7 | 18,8 | 8,8 |

Source : accidents de navires (P23)

Nous avons également examiné la distribution des principaux types d'avaries suivant les espaces considérés (Tableau n°2. 14, Tableau n°2. 15 et Tableau n°2. 16). Pour ce faire, nous n'avons retenu que les événements de mer dont le type d'avarie est renseigné (accidents de navires [1999-2003], rejets accidentels ≥ 50 tonnes [1965-2004]). Cette analyse porte, par conséquent, sur un nombre réduit d'accidents, mais les résultats produits, malgré cette contrainte, sont intéressants car des spécificités régionales apparaissent clairement.

Tableau n°2. 14. Distribution des événements de mer et des rejets par catégorie d'avaries et par mer régionale (valeurs exprimées en % du nombre d'accidents de navires par mer régionales, [tous navires ≥ 100 TJB], 1999-2003)

| | Mer Baltique | | Mer du Nord | | Espace Atlantique | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | | | | Σ | | Dont zone 1b | |
| | n ₁ = 121 ^a | n ₂ = 11 ^b | n ₁ = 318 ^a | n ₂ = 23 ^b | n ₁ = 325 ^a | n ₂ = 32 ^b | n ₁ = 197 ^a | n ₂ = 16 ^b |
| Collision, contact | 21,5 | 11,5 ^c | 25,2 | 13,8 | 17,8 | 12,1 | 16,2 | 12,5 |
| Incendie, explosion | 5,0 | 0 | 11,9 | 0 | 12,3 | 2,5 | 13,2 | 3,8 |
| Structure, rupture | 6,6 | 12,5 | 9,7 | 16,1 | 11,1 | 25,0 | 11,2 | 22,7 |
| Avaries machine, électrique | 15,7 | 10,5 | 28,6 | 1,1 | 41,5 | 2,2 | 45,2 | 1,1 |
| Echouement | 47,1 | 8,8 | 20,4 | 7,7 | 12,0 | 23,1 | 8,6 | 17,6 |
| Gîte, chavirement | 4,1 | 0 | 4,1 | 7,7 | 5,2 | 17,6 | 5,6 | 18,2 |
| Total | 100,0 | 9,1 | 100,0 | 7,2 | 100,0 | 9,8 | 100,0 | 8,1 |

^aNombre total d'événements de mer renseignés par mer régionale (n₁) (Σ n₁ = 764 accidents soit 85,5 % N [N = 893]), valeurs exprimées en % de n₁.

^bNombre de rejets (n₂) (n₂ = 66 rejets soit 82,5 % N [N = 80 rejets tous volumes], valeurs exprimées en % de n₁ [lecture en ligne]).

^cExemple : 11,5 % des rejets en mer Baltique ont eu lieu à l'occasion d'une « collision, contact », une catégorie d'avarie qui correspond à 21,5 % des événements de mer survenus dans cette mer régionale.

Source : accidents de navires (P23)

En Baltique, la catégorie d'événements de mer la plus représentée entre 1999 et 2003 est l'échouement, tandis qu'en Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George, il s'agit surtout des « avaries machines, électriques ». Le contraste entre ces deux régions est très intéressant car il témoigne à la fois de leur forte singularité et d'une évolution. La forte proportion d'accidents de type « avaries machine et électrique » recensée en Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint George reflète certainement la capacité actuelle des autorités maritimes à empêcher que le danger provoqué par l'immobilisation d'un navire dans ces circonstances ne se transforme en accidents aux conséquences plus dommageables (éviter des échouements au moyen du remorquage de haute mer, par exemple). Nous ne saurions dire si la situation constatée en Baltique exprime la situation

inverse²²⁴, mais l'on peut en revanche souligner que la plupart de ces échouements ont lieu dans les détroits danois (Oresund, Petit Belt et Grand Belt), tous extrêmement étroits, et que les navires dérivant à la suite d'une panne quelconque ont tôt fait de rejoindre la côte car ils disposent de moins d'eau à courir sous le vent qu'en Manche. Enfin, la situation en mer du Nord est plus équilibrée, les catégories « avaries machines, électriques », « collisions, contacts » et « échouements » correspondent chacune à 20-30 % de l'ensemble des accidents (Tableau n°2. 14).

On remarque également que des circonstances d'accident similaires ne produisent pas nécessairement les mêmes effets suivant les espaces examinés. Si les collisions se terminent dans 11-14 % des cas par un rejet quelles que soient les mers considérées, il existe en revanche des contrastes importants au niveau des conséquences induites par les avaries structurelles, les échouements et les fortes gîtes, voire les chavirements²²⁵. Le nombre de rejets induits par toutes ces circonstances d'accident est de plus en plus élevé au fur et à mesure que l'on progresse vers l'ouest (Tableau n°2. 14).

Ces différences sont encore plus marquées lorsque l'on considère les catégories d'avaries au cours desquelles se sont produits des rejets d'hydrocarbures de 50 tonnes et plus entre 1965 et 2004. En mer Baltique, l'avarie la plus commune est l'échouement (Tableau n°2. 15) et c'est à l'occasion de ce type d'accident que le volume d'hydrocarbures introduit en mer fut, durant ces quarante dernières années, le plus important (volume cumulé, 1965-2004 : Tableau n°2. 16). En mer du Nord, ce sont les collisions qui dominent très largement, mais ces événements n'ont, en revanche, pas contribué à la majorité des volumes d'hydrocarbures introduits à l'océan. Notons que les avaries structurelles sont dans ces deux régions quasiment inexistantes. La seule de ce genre relevée en mer du Nord est l'avarie structurelle du pétrolier *Pacific Colocotronis* (28/09/1975, au large des Pays-Bas), qui perdit 1 500 tonnes de brut léger en raison d'une déchirure de sa coque sur bâbord. Le navire, en route vers Wilhelmshaven (Allemagne) au moment de l'avarie, ne sombra pas, mais fut dérouté vers le port d'Ijmuiden (Pays-Bas).

Tableau n°2. 15. Nombre de rejets accidentels (événements de mer) par catégorie et par mer régionale
(rejets accidentels \geq 50 tonnes [\pm 10 %], 1965-2004, en % du nombre de rejets accidentels,
n = 147 rejets accidentels [58,1 % N, N = 253])

| | Mer Baltique (n = 26) | Mer du Nord (n = 40) | Espace Atlantique | |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|
| | | | Σ (n = 79) | Dont zone 1b (n = 37) |
| Collision, contact | 26,9 | 65,0 | 31,6 | 27,0 |
| Incendie, explosion | 7,7 | 5,0 | 10,1 | 5,4 |
| Structure, rupture | 3,8 | 2,5 | 11,4 | 18,9 |
| Echouement | 61,5 | 27,5 | 46,8 | 48,6 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Source : rejets majeurs (P31)

Tableau n°2. 16. Volumes déversés à l'occasion des rejets accidentels (événements de mer) les plus communs par mer régionale (rejets accidentels \geq 50 tonnes [\pm 10 %], 1965-2004, en % du volume déversé,
n = 147 rejets accidentels [58,1 % N, N = 243], v = 1 211 807 tonnes d'hydrocarbures [89,7 % V, V = 1 350 367 tonnes])

| | Mer Baltique (2,9 % v) | Mer du Nord (11,8 % v) | Espace Atlantique | |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|
| | | | Σ (85,3 % v) | Dont zone 1b (64,3 % v) |
| Collision, contact | 12,5 | 35,8 | 6,9 | 5,2 |
| Incendie, explosion | 15,2 | 0,2 | 6,9 | 0,0 |
| Structure, rupture | 0,8 | 1,1 | 16,5 | 13,8 |
| Echouement | 71,4 | 62,9 | 69,7 | 80,9 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Source : rejets majeurs (P31)

Enfin, l'espace « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » se distingue par la diversité des types d'événements recensés. Historiquement, c'est surtout à l'occasion d'échouements

²²⁴ Nous n'avons en tout cas aucun élément pour soutenir la thèse que les autorités maritimes sont moins compétentes.

²²⁵ Des événements provoqués par des désarrimages de cargaison pour l'essentiel des cas pour lesquels nous disposons d'informations détaillées (rapports d'enquêtes).

que des rejets ont été signalés, mais les collisions et les avaries structurelles sont toutes deux d'assez fréquentes circonstances de déversements d'hydrocarbures en mer entre 1965 et 2004 (Tableau n°2. 15). Les volumes déversés à ces occasions sont, en revanche, moins volumineux que ceux consécutifs à des échouements (volume cumulé, 1965-2004 : Tableau n°2. 16).

22. « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » et pointe de Bretagne

221. « Dangers » hydroclimatiques

L'examen des avaries par mer régionale est particulièrement intéressant car l'on perçoit au travers de leurs distributions relatives l'influence du contexte environnant (transport maritime et cadre hydroclimatique). La basse mer du Nord est à la fois une mer caractérisée par un intense trafic – Rotterdam, Anvers, Amsterdam et Hambourg font déjà partie en 1960 des premiers ports européens (PRIOU, 1963) –, et par le mauvais temps. Les perturbations qui frappent l'Europe Atlantique en automne et en hiver s'engouffrent dans le couloir de la Manche, lequel joue, selon MARCHAND (1975), un rôle dans l'accélération et le creusement des dépressions. Les vents peuvent donc y être très forts et la visibilité y est fréquemment réduite²²⁶ (Tableau n°2. 17).

Tableau n°2. 17. « Mauvais temps »
(vagues, vents [Q90] et visibilité [% < 2 milles nautiques])

| | Vagues (Hs, en mètres) ^a | Période (en seconde) ^a | Vents (en mètre par seconde) ^a | Visibilité (% < 2 Mn) ^b |
|--------------|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Baltique | 2,31 | 5,75 | 12,24 | 7,9 |
| mer du Nord | 2,98 | 8,11 | 13,48 | 9,2 |
| Atlantique | 4,61 | 11,03 | 13,43 | 5,5 |
| Dont zone 1b | 4,56 | 10,93 | 13,16 | 5,6 |

^aQ90, moyenne annuelle des observations pour la période 1979-2001.

^bPourcentages d'observations de navires qui ont signalé des conditions de visibilité inférieure à 2 milles nautiques, moyenne annuelle des observations pour la période 1851-2001.

Sources : vagues et vents (EUROSION [P51]) ; visibilité (PILOT CHARTS, 2002 [P52])

Le nombre très important de collisions à l'origine de déversements à la sortie de la Manche et en basse mer du Nord s'inscrit dans ce contexte, et l'instauration de voies maritimes « recommandées » dès la fin des années 1960 en ces endroits résulte de ce constat. L'objectif principal de la mise en place d'un chenalage dans le détroit du Pas-de-Calais, passage étroit entre Manche et mer du Nord, peu profond, où les courants sont forts et la visibilité réduite, est, à l'époque de sa création (1967), de réduire le nombre de collisions (DARE & LEWINSON, 1980). Au large d'Ouessant (1972²²⁷), la finalité recherchée lors de l'instauration d'un système similaire fut plutôt d'empêcher les navires de se rapprocher trop près des côtes car le danger principal, en raison de l'orientation des vents les plus forts (régime d'ouest), est surtout l'échouement, un événement d'ailleurs souvent suivi, pendant longtemps, du naufrage sur les nombreux brisants existants. L'« océanisme » des tempêtes et des vents les plus forts, par opposition au déclin de la force du vent et au comblement rapide des dépressions les plus actives en zone continentale, est un fait connu²²⁸ (TRZIPT, 1977). La pointe de Bretagne, exposée plein ouest, est, de ce point de vue, en situation avancée et il existe une asymétrie prononcée dans les

²²⁶ La fréquence des visibilités réduites reportées par les navires est d'environ 15 % dans le détroit du Pas-de-Calais (ATLAS OF PILOT CHARTS, 2002). Il existe des contrastes très forts localement et la moyenne calculée pour l'ensemble de la mer du Nord est juste là pour rappeler que ce phénomène, à défaut d'être réparti de façon homogène sur l'ensemble de cet espace, est fréquent en comparaison des mers environnantes. Rappelons enfin qu'en raison de la qualité des données disponibles et de la méthode employée, il s'agit d'approximations.

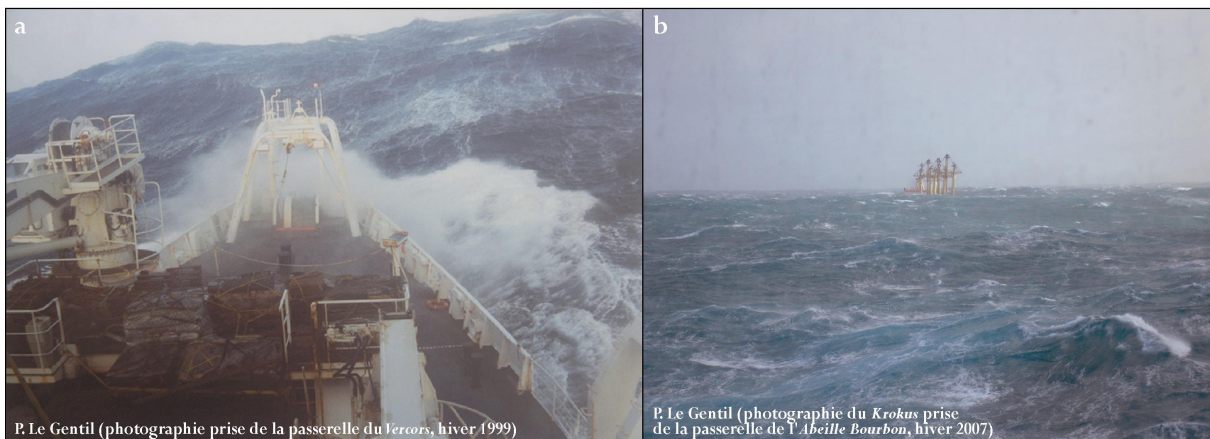
²²⁷ Le DST du Pas-de-Calais est créé en 1967 par l'OMCI (Organisation Maritime Consultative Internationale), mais son usage est seulement recommandé. Il ne devient obligatoire, sous l'égide de l'OMI, qu'en 1977. Celui d'Ouessant est créé en 1972, mais son usage n'est obligatoire qu'à partir de 1978. C'est également durant cette année là, à la suite de l'échouement de l'*Amoco Cadiz*, qu'est envisagée la création d'un centre de surveillance ouest Bretagne, lequel est mis en service en octobre 1982 (POUPPEVILLE, 2004). La configuration de ces DST ne va ensuite cesser d'évoluer au gré des accidents.

²²⁸ « Le frottement sur les étendues continentales explique largement cette dissymétrie [entre terre et mer]. Le substratum rugueux freine les excès anémométriques ; détruisant le parallélisme du vent à l'isobare, il détermine aussi le comblement rapide des dépressions les plus actives » (TRZIPT, 1977).

forces des vents observés selon la situation des sémaphores. Selon les données récoltées par LEMASSON (1999), le vent moyen²²⁹ enregistré sur l'année à Ouessant, l'île de Batz et Penmarc'h²³⁰ (pointe de Bretagne) est compris entre 7,1 et 7,4 m/s (1961-1990), alors que ces valeurs s'échelonnent sur les îles de Bréhat (Manche), de Belle-Ile (Bretagne sud) et de l'île d'Yeu²³¹ (golfe de Gascogne) entre 5,9 et 6,3 m/s. La dérive est d'autant plus rapide que le vent est fort et les marins bretons résument d'ailleurs très bien le danger induit pour un navire par une manoeuvrabilité réduite dans ces conditions au travers d'un dicton qui a le mérite de la clarté : « Nek-ne sent ket ouzh ar stur, ouzh ar garreg a raio sur » (« si le navire n'obéit pas au gouvernail, au rocher, il obéit toujours » : KLIPPFEL, 1976).

Ce n'est pas le seul danger. Les pourcentages importants de collisions et d'avarées structurelles en Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George (Tableau n°2. 15) rappellent que cette région est, à la fois, un important carrefour maritime et une zone où la mer est parfois très forte, la longueur des houles et la hauteur des vagues malmenant sensiblement les plus gros navires (Tableau n°2. 17)²³². BESSEMOULIN (2002) souligne, par exemple, que des vagues de 12 à 18 mètres ont été observées en Manche durant l'ouragan d'octobre 1987. Si des hauteurs aussi impressionnantes sont très rares en Manche centrale et orientale, la situation est déjà différente en Manche occidentale et dans le golfe de Gascogne où des vagues de plus de 10 mètres sont observables par très mauvais temps²³³. La houle et la mer du vent résultantes, associées à la configuration plongeante du plateau continental, génèrent souvent vagues croisées et déferlantes²³⁴ (Planche photographique n°2. 2).

Planche photographique n°2. 2 (a/b). Navire *Vercors* évoluant dans une tempête au large de Vigo (a : hiver 1999, sud Gascogne, vague d'environ 18-19 mètres, ≈ 60 noeuds établis) et remorquage du *Krokus* (transporteur de marchandises diverses) par le remorqueur de haute mer *Abeille Bourbon* dans du très mauvais temps au large d'Ouessant (b : hiver 2007, vagues de 10 à 15 mètres, ≈ 40 noeuds établis)



²²⁹ Cet auteur donne des valeurs exprimées en nombre moyen de jours par an où le vent excède les 20 m/s (période de 30 ans), mais les résultats présentés sont, de notre avis, peu représentatifs de la situation réelle car ils sont trop influencés par la hauteur des sémaphores. Nous avons, par défaut, considéré seulement les sémaphores insulaires (à l'exception de Penmarc'h), exposés à l'ouest, et dans lesquels les relevés de vents sont effectués à des hauteurs proches ou similaires, d'où l'emploi « surprenant » de données relatives au vent moyen pour évoquer la fréquence des vents les plus forts.

²³⁰ Relevés anémométriques effectués à 27 mètres de hauteur à Batz et Ouessant, à 6 mètres de hauteur à Penmarc'h (LEMASSON, 1999).

²³¹ Relevés anémométriques effectués à 25 mètres de hauteur à Bréhat, 37 mètres à Belle-Ile et 32 mètres à l'île d'Yeu (LEMASSON, 1999).

²³² Efforts induits sur la structure du navire. Par mer très forte, certains des marins rencontrés durant cette étude (officiers sur des pétroliers) nous ont affirmé apercevoir l'étrave bouger latéralement depuis la passerelle sous les effets des fortes vagues (étrave située à plus de 100 mètres du poste d'observation). Les efforts sur la structure sont des contraintes prises en compte lors de l'élaboration des plans d'un navire (d'où le compartimentage des citernes de navire en tranches par exemple).

²³³ Il existe, à ce propos, une anecdote intéressante. La société de remorquage et de sauvetage « Les Abeilles Internationales » a acquis, en remplacement de l'*Abeille Flandre* et de l'*Abeille Languedoc* (construits tous deux en 1979), deux nouveaux remorqueurs de haute mer, l'*Abeille Bourbon* et l'*Abeille Liberté*, pour surveiller les environs de la Pointe de Bretagne (l'*Abeille Bourbon*) et celles des Casquets (Manche centrale : l'*Abeille Liberté*). L'*Abeille Bourbon* a, semble-t-il, « modérément » apprécié son séjour à la pointe de Bretagne car elle a rapidement montré des signes de défaillance structurelle, son étrave se délaminant en raison de la violence de la mer rencontrée au large d'Ouessant (les *Abeilles* sortent en mer dès que le vent annoncé est d'au moins 25 nœuds). Il ne s'agit pas, dans le cas présent, d'un défaut de construction à proprement parler, mais de l'inadéquation entre la résistance structurelle de l'étrave et la puissance moteur. Le plus intéressant, c'est que l'*Abeille Liberté*, basée à Cherbourg pour intervenir en Manche centrale, n'a pas connu ces problèmes. Son étrave a également été renforcée par précaution.

²³⁴ Houles et mer du vent sont souvent croisées en raison, par exemple, de la bascule souvent rapide des vents du suroît au noroît.

Il suffit, pour se rendre compte de la prégnance de ce phénomène sur l'accidentologie des navires, de comparer, à la fois, la proportion d'avaries structurelles qui se sont soldées par un rejet (Tableau n°2. 15 et Tableau n°2. 16) et les caractéristiques hydroclimatiques de cette région à celle de la Baltique où hauteur et période des vagues, selon les données du programme EuroSION, sont deux fois moins élevées (Tableau n°2. 17). TRZPIT (1977) évoque également le caractère « abrité » de la mer Baltique, de la Ligure et du Portugal en raison de leurs distances éloignées du grand itinéraire des cyclones atlantiques (rail des tempêtes).

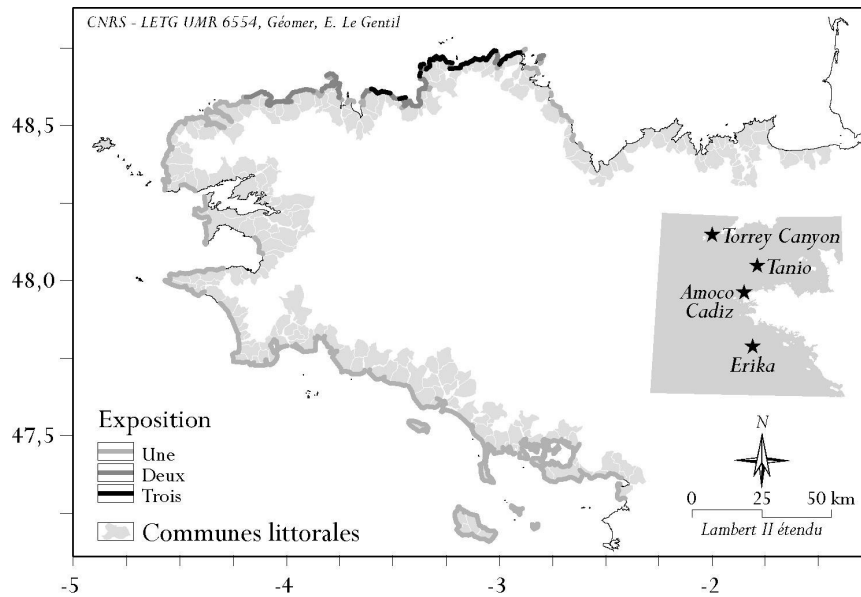
221. Naufrages : un fait historique ?

La pointe de Bretagne est, au contraire de la Baltique, en situation « frontale », et les pertes de navires et de vies humaines sont un fait historique autour de cette pointe avancée. Entre 1721 et 1791, environ 340 bris de navires sont recensés dans l'amirauté de Cornouaille, dont 33 pour les seuls abords de la chaussée de Sein (COINDET, 2006) et 50 % des pertes de navires évaluées entre 1862-1883 et 1888-1910 sont concentrées entre Cancale (Manche) et La Rochelle (golfe de Gascogne) (COULIOU & LE BOUEDEC, 2004). Plusieurs auteurs rappellent également quelques tempêtes survenues dans les eaux marines alentours et devenues tristement mémorables pour la communauté des gens de mer durant le XX^e siècle : celle des 5-7 décembre 1929, en frappant l'Europe du Nord-Ouest, mit de nombreux navires en difficulté et provoqua la mort d'au moins 71 marins (LE MOING, 2005), et des rafales de plus de 96 nœuds furent enregistrées aux îles Sorlingues (LAMB [1991]) ; la tempête des 29 et 30 septembre 1930 (Bretagne et sud Irlande) causa 26 naufrages et la disparition de 220 marins (LE MOING, 2005) ; enfin, dernier exemple car la liste est très longue, la tempête du 25 décembre 1954 engloutit 7 chalutiers finistériens (BESSEMOULIN, 2002). Si l'on peut supposer que l'augmentation du tonnage des navires au cours du XX^e siècle permet de limiter les conséquences dommageables du mauvais temps, on ne peut parler d'affranchissement²³⁵. La pêche, malgré l'augmentation de la taille des unités, est toujours l'activité la plus meurtrière et nul besoin pour cela d'une rencontre inopinée avec un navire marchand. De bien plus gros navires disparaissent encore. Le 17 février 1997, un vraquier chypriote du nom d'*Albion II* disparaît au large d'Ouessant sans qu'aucune alerte ne soit donnée. Les vingt-cinq membres d'équipage sont portés disparus et l'épave est finalement retrouvée le 11 mars grâce aux recherches entamées suite à l'inquiétude exprimée par l'armateur (CROSS Corsen, 1998).

Nous l'avons déjà précisé, les échouements, avec les avaries structurelles, sont les événements accidentels auxquels sont associés les plus volumineux déversements d'hydrocarbures pour l'ensemble des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (Tableau n°2. 16). Leur surreprésentation dans l'espace « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » et plus encore près des côtes de Bretagne, explique, pour partie, l'importance des volumes d'hydrocarbures déversés dans cette région, et ce d'autant plus que ces deux types d'événements se terminent plus fréquemment qu'ailleurs par un naufrage et/ou une forte pollution. 6 des 9 rejets de plus de 50 000 tonnes recensés en Atlantique, mer du Nord et mer Baltique sont situés dans cet espace et tous provoquent la perte du navire. Il est donc finalement assez logique, dans ce contexte, que la Bretagne ait été affectée par plusieurs très volumineux déversements d'hydrocarbures. Quatre rejets accidentels de plus de 10 000 tonnes d'hydrocarbures ont atteint massivement ses rivages durant les quarante dernières années, polluant fortement, jusqu'à trois fois d'affilée, certains secteurs littoraux sur la côte nord (Figure n°2. 11).

²³⁵ Nous reviendrons sur cet aspect dans la troisième partie de cette thèse. Aucun élément concret ne permet, à notre connaissance, d'argumenter sérieusement cette hypothèse. Si les navires résistent globalement mieux au mauvais temps, ils sont également moins manoeuvrants par vents forts, etc.

Figure n°2. 11. Côtes bretonnes exposées à des échouements d'hydrocarbures résultant de rejets accidentels $\geq 10\ 000$ tonnes (naufrages du *Torrey Canyon* en 1967, de l'*Amoco Cadiz* en 1978, du *Tanio* en 1980 et de l'*Erika* en 1999)



Sources (étendue maximale des échouements) :
Torrey Canyon (121 000 t.), SMITH (1968) ;
Amoco Cadiz (228 000 t.), BERNE & d'OZOUVILLE (1979) ;
Tanio (12 000 t.), BERNE (1980) ;
Erika (19 200 t.), d'après les observations du Conservatoire botanique national de Brest (disponibles sur le site de l'IFREMER à l'adresse suivante : <http://www.ifremer.fr>).

23. Conclusion

253 accidents de navires ont provoqué l'immersion d'environ 1,4 million de tonnes d'hydrocarbures entre 1965 et 2004 dans les mers ouvertes et épicontinentales d'Europe septentrionale et occidentale, soit environ 6 rejets de plus de 50 tonnes d'hydrocarbures par an. Entre 1999 et 2003, la fréquence des accidents de navires (« sérieux et « très sérieux ») est de 179 événements par an et 16 d'entre eux provoquent un rejet (tous volumes confondus). Les influences conjuguées de la géographie du transport maritime (des principales routes maritimes et réseau portuaire : mer du Nord notamment) et du cadre hydroclimatique sur leur répartition sont perceptibles. Ce dernier aspect l'est tout particulièrement lorsque l'on étudie la distribution mensuelle de l'ensemble des événements et la structure des avaries selon les mers régionales considérées. L'espace « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » est un secteur très exposé aux entrants d'hydrocarbures survenus dans ces circonstances, non pas parce que les rejets y sont plus nombreux mais surtout parce qu'ils y sont beaucoup plus volumineux qu'ailleurs (1965-2004, rejets ≥ 50 tonnes).

Ce particularisme régional s'estompe lorsque l'on considère l'ensemble des accidents de navire entre 1999 et 2003 (navires ≥ 100 TJB). Il n'y a pas davantage d'accidents dans cet espace que dans les mers régionales environnantes et ils ne sont, semble-t-il, pas plus dommageables si l'on se conforme à la définition de l'OMI (pourcentage d'avaries « très dommageables »). Toutefois, localement, les contrastes sont marqués et la Cornouailles anglaise [Land's End], la pointe de Bretagne et, dans une moindre mesure, le cap Finistère sont toujours des endroits où les avaries sont fréquentes. Les échouements et les avaries structurelles se traduisent également plus souvent par des rejets (tous volumes confondus) que dans les espaces environnants, mais nous ne saurions dire avec certitude s'il s'agit d'un artefact statistique lié au report plus systématique des événements (potentiellement polluants ou d'une réalité). Nous penchons cependant vers la seconde interprétation au regard du

contexte historique des déversements accidentels d'hydrocarbures, conforté en cela par le pourcentage plus élevé de pétroliers accidentés dans cet espace, attribuable à la proportion plus importante de pétroliers qui transitent devant Ouessant en comparaison d'autres points de passage européens. Nous sommes toutefois là encore plus proche de l'hypothèse que de la certitude.

Nous avons évoqué, en des termes très réducteurs (catégories d'accident), les principales circonstances d'accident ou de rejet. Les classifications opérées masquent toutefois une étonnante diversité de situations dont les statistiques sont incapables de rendre compte. Les causes d'accidents sont variées, des anomalies les moins perceptibles aux plus manifestes et des plus courantes aux plus improbables (de la panne du gyrocompas [du navire] à l'incompétence du pilote ou des autorités portuaires par exemple). Elles ne sont pas exclusives les unes des autres et se succèdent et/ou, plus souvent encore, se combinent, et ce de façon non linéaire et difficilement prédictive (ZYGLIDOPOULOS, 2001). Ce sont ces aspects que nous allons maintenant évoquer au travers de l'examen de quelques événements polluants.

3. Analyse de quelques causes d'accident : facteurs techniques, humains et environnementaux

Nous avons volontairement beaucoup insisté sur l'influence du mauvais temps, sur les différentes façons dont son empreinte est structurellement perceptible (types d'avarie, répartition, temporalité), avec l'impression fréquente de souligner des évidences. Et pourtant, la littérature actuelle sur l'accidentologie des navires, en privilégiant surtout le facteur humain – une manière souvent policée de ne pas évoquer l'erreur humaine – procure le sentiment d'une analyse inachevée, partielle pour ne pas dire partielle dans certaines études. S'il est évidemment nécessaire d'envisager cette composante, faut-il pour autant négliger les autres ?

L'analyse des causes d'accident est un exercice particulièrement difficile car les données disponibles sont généralement mal adaptées à ce type d'entreprise, leur qualité diffère sensiblement suivant les sources consultées, toutes les avaries ne font pas l'objet d'une investigation approfondie, il existe des procédures d'enquêtes harmonisées depuis seulement une dizaine d'années et l'objectivité des rapporteurs peut, dans certains cas, être sérieusement mise en doute. L'accident, selon LASSAGNE (2004), est l'aboutissement d'un ensemble de non événements, « une conjonction de faits qui, pris isolément, sont sans importance, [conduit] à la catastrophe ». Nous n'allons pas évoquer ici tous ces « non événements », et les facteurs d'accidents ne sont donc pas abordés *via* des arbres de défaillance ou des chaînes de causalité comme il est souvent d'usage car nous ne disposons de l'information nécessaire que pour de très rares cas. Notre objectif est de souligner les ressemblances et les dissemblances entre les causes de quelques accidents qui sont à l'origine d'un rejet d'hydrocarbures de plus de 50 tonnes (1965-2004). Les facteurs d'accidents renvoient ici à la dimension la plus restreinte du complexe cyndinogène évoqué en introduction générale, à savoir les interactions d'un ensemble composé du navire (système technique), de son équipage (système humain) et du contexte environnant au sens strict (dimensions locales) car nous n'évoquons ici que les causes directes²³⁶ (avérées ou supposées). L'approche privilégiée est donc plus descriptive qu'analytique et plus événementielle que processuelle. Nous n'identifions pas de facteurs déterminants tant l'imbrication des uns et des autres est profonde et leurs influences respectives diverses sur l'issue réservée à l'équipage, au navire et à la cargaison suivant les cas considérés.

Nous procédons en deux étapes. Nous relatons d'abord les circonstances de huit cas de pollution pétrolière accidentelle qui se sont produits dans l'espace « Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George » et discutons, dans ces cas précis, de la responsabilité des équipages. Nous abordons ensuite les contributions respectives des facteurs humain, techniques et environnementaux en terme d'accidentologie à partir d'un échantillon plus large, composé de l'ensemble des événements qui sont suffisamment renseignés (45 accidents, 1965-2004).

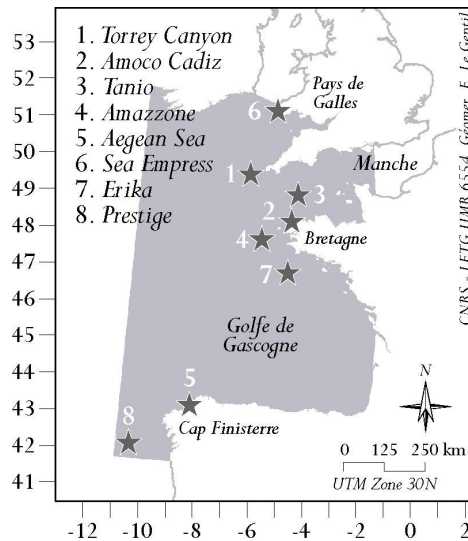
²³⁶ Nous évoquerons les causes profondes dans la troisième partie.

31. Analyse des circonstances d'accident d'après l'examen de quelques événements : le rôle de l'équipage.

311. Description des circonstances de huit événements de mer (Tableau n°2. 18)

Tous les événements de mer considérés ici sont des pollutions pétrolières qui se sont produites en Manche, dans le canal Saint George et dans le golfe de Gascogne (Figure n°2. 12).

Figure n°2. 12. Situation géographique des huit événements polluants étudiés



- *Torrey Canyon* : 18 mars 1967

Le premier événement de mer à l'origine d'une importante pollution pétrolière est l'échouement du *Torrey Canyon*. Ce pétrolier libérien, d'un port en lourd d'environ 118 285 tonnes (TPL) et d'une longueur de plus de 320 mètres (BURROWS *et al.*, 1974 ; SHEAIL, 2007), heurte à pleine vitesse (16-17 nœuds), au matin du 18 mars 1967 (09h00), un des nombreux récifs des Seven Stones (Pollard Rock), à 7 milles nautiques au nord-est des îles Sorlingues. Il transporte au moment de l'accident, en plus de son fioul de soute, 119 328 tonnes de pétrole brut de Mena al Ahmadi (Koweït) qui doit être déchargé au terminal pétrolier de Milford Haven (Pays de Galles). Six de ces cuves sont complètement déchirées sous le choc et les autres sont, pour la plupart, sévèrement endommagées. 30 000 tonnes de brut se déversent durant les premières 24 heures et six semaines plus tard, ce navire n'est plus qu'une épave totalement vidée de son contenu, désintégrée à la fois par le mauvais temps et des séries d'explosions et d'incendies accidentels et volontaires. Tout l'équipage est secouru, mais le chef des sauveteurs britanniques est tué lors de l'inspection du navire. C'est le premier rejet d'une telle ampleur causé par un accident de pétrolier en Europe, à la fois en volume déversé ($\approx 121\ 000$ tonnes) et en nombre de pays affectés (Royaume-Uni, France) (SMITH, 1968 ; BERTRAND, 2000).

- *Amoco Cadiz* : 16 mars 1978

La seconde avarie est l'échouement par très mauvais temps, le 16 mars 1978 (21h55), du pétrolier libérien *Amoco Cadiz*. Son gouvernail se bloque et les vents d'ouest précipitent ce navire sur des hauts-fonds situés près de Portsall, un petit port situé sur la côte nord du Finistère (Bretagne). Ce bâtiment est, cette fois-ci, encore plus grand que le *Torrey Canyon* puisque sa capacité d'emport est de 232 180 tpl. Sa cargaison, en provenance d'Iran, est composée d'environ 100 000 tonnes d'*Arabian light* et de 123 000 tonnes d'*Iranian light* et devait être livrée à Lyme Bay (Angleterre) puis à Rotterdam (Pays-Bas). Les hydrocarbures contenus dans l'épave, située à environ un mille et demi du

rivage, s'écoulent sans interruption durant les deux semaines suivantes et polluent très fortement les rivages environnants (MARCHAND & CAPRAIS, 1981). Tout l'équipage est hélicopté, mais deux marins du remorqueur allemand *Pacific* sont blessés lors de multiples tentatives de remorquage restées vaines (BERTRAND, 2000). C'est l'un des déversements pétroliers le plus volumineux de tous les temps ($\approx 228\ 000$ tonnes) et certainement aussi l'un des plus dommageables à ce jour.

- *Tanio* : 7 mars 1980

Le troisième accident est la cassure, du pétrolier malgache *Tanio*, le 7 mars 1980 au petit matin (06h35), alors qu'il essuie de très forts vents de noroît (force 11) en Manche. Cette petite unité (27 263 tpl), partie de Wilhelmshaven (Allemagne) pour rejoindre Civitavecchia (Italie), est un navire bien plus âgé que son célèbre prédécesseur (22 ans). La cargaison diffère aussi car il ne s'agit plus d'un brut mais d'un fioul n° 2 d'une composition proche de celle du fioul transporté par l'*Erika* (CEDRE, 2003)²³⁷, dont le sort sera étrangement identique (à quelques variantes cependant) 19 années plus tard. Huit des 39 membres d'équipage disparaissent avec l'épave. La prise en remorque de la partie arrière, remplie d'environ 8 000 tonnes, réussit avant qu'elle ne s'éventre sur des brisants (plateau de Barnouic : CEDRE, 2003)²³⁸. Sur les 27 000 tonnes d'hydrocarbures contenues dans ce pétrolier (26 100 tonnes de fioul n° 2 et 900 tonnes de diesel et de fioul de soute), environ 6 500 tonnes se déversent au moment du bris du navire. La partie avant, coulée, repose par 87 mètres de profondeur et fuit à un débit estimé entre 3 et 10 tonnes par jour durant les deux mois suivants (BERTRAND, 2000 ; GIRIN, 2004). Il est également probable qu'une quantité importante ait été perdue lors du remorquage de la partie arrière vers le port du Havre. Ce dernier point diverge cependant selon les sources consultées (différences entre CEDRE et BERTRAND/ITOPF par exemple).

- *Amazzone* : 30 janvier 1988

L'avarie du navire italien *Amazzone* durant la nuit 30 janvier 1988 (≈ 21 h30) est, du point de vue de sa sévérité, de bien moindre ampleur que les événements évoqués jusqu'à présent. Ce pétrolier, de 16 ans d'âge et d'un port en lourd de 32 250 tonnes, fait route vers Anvers (Belgique) lorsque plusieurs de ses couvercles de cuves sont arrachés en pleine tempête, probablement dans l'ouest des côtes finistériennes (pointe de Bretagne) (BERTRAND, 2000). Ce n'est pas une avarie structurelle au sens strict du terme et elle ne provoque pas la perte totale du navire. Le déversement induit (2 100 tonnes de brut libyen) est également particulier car le point d'écoulement cette fois-ci est mobile, le navire poursuivant sa route jusqu'à Anvers (CEDRE, 2003)²³⁹.

- *Aegean Sea* : 3 décembre 1992

A l'inverse des avaries présentées jusqu'ici, toutes survenues en Manche occidentale, le quatrième accident se déroule à l'entrée de La Corogne, un terminal pétrolier situé au nord-ouest du cap Finistère (Galice), dans le sud-ouest du golfe de Gascogne. Sur ancre depuis deux jours devant son port d'atterrage, l'*Aegean Sea*, un pétrominéralier²⁴⁰ à double fond de 114 036 tpl (longueur de 261 mètres), immatriculé sous pavillon grec, reçoit l'autorisation d'entrer, le 3 décembre 1992 au petit matin, pour décharger une cargaison de 79 096 tonnes de *Brent*. Dans l'attente d'un pilote et de la sortie d'un pétrolier portugais (le *Cercal*), le bâtiment finit par s'échouer à 04h50 à 800 mètres du chenal d'approche en raison du mauvais temps²⁴¹. Il est rapidement disloqué puis prend feu. Tous les membres d'équipage sont secourus dans les heures suivant l'accident. L'incendie dure 24 heures et consume plus des deux tiers de la cargaison. Les hydrocarbures restants s'échouent sur les fonds et les rivages voisins (TORRE, 2004).

²³⁷ Voir, sur le site du CEDRE (C'Entre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentation sur les pollutions accidentelles des eaux), la comparaison des compositions chimiques des cargaisons du *Tanio* et de l'*Erika* (<http://www.le-cedre.fr>)

²³⁸ CEDRE (<http://www.cedre.fr/fr/accidento/tanio/tanio.html>).

²³⁹ CEDRE (<http://www.cedre.fr/fr/accident/amazzone/amazzone.html>).

²⁴⁰ OBO : Ore Bulk Oil.

²⁴¹ Rafales de vent de 100 km/h reçues par son travers, quelques minutes avant son échouement.

- *Sea Empress* : 15 février 1996

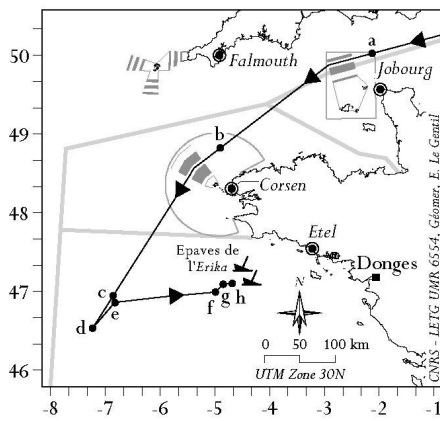
Cet accident se produit également à la suite d'une approche portuaire dont la difficulté fut mal appréciée mais cette fois-ci par beau temps. Le *Sea Empress*, pétrolier libérien de 147 273 tpl, s'échoue le 15 février 1996 en début de soirée (20h04) sur les rochers de St Ann's Head devant Milford Haven (Pays de Galles). Le navire est déséchoué le lendemain et la priorité est de l'alléger des 130 824 tonnes de *Forties* et des 2 400 tonnes de fioul de soute qu'il contient. La dégradation des conditions météorologiques, à partir du 17 février, provoque son rééchouement. L'équipage russe, resté à la manœuvre et dont la sécurité est désormais menacée, est évacué dès le 18 février. Environ 7 000 tonnes d'hydrocarbures s'écoulent durant les premières 48 heures et il faut 4 journées supplémentaires pour l'arracher à son triste sort. Au total, 5 échouements successifs et autant de déséchouements endommagent 21 des 24 cuves du navire, provoquant le dévers d'environ 75 000 tonnes d'hydrocarbures. Il est finalement remorqué dans la nuit du 21 au 22 février vers un appontement désaffecté pour être allégé de la cargaison restante (KANTIN, 1996).

- *Erika* : 13 décembre 1999

L'avarie sur laquelle nous insisterons le plus tout au long de ce récit est le bris de l'*Erika* dans le golfe de Gascogne. Ce petit pétrolier à ballasts séparés est âgé (24 ans, 37 283 tpl). Il est parti de Dunkerque (France) le 8 décembre 1999 pour rejoindre Livourne (Italie) où il doit décharger une cargaison de fioul lourd pour la centrale électrique Enel. Chargé de 30 884 tonnes de ce résidu, il rencontre, dès son départ, des conditions météorologiques difficiles en Manche²⁴² qui ne vont cesser de se dégrader tout au long de sa navigation au large des côtes françaises (Figure n°2. 13). Le 11 décembre, le navire prend dangereusement de la gîte sur tribord (15°). Une fois réduite, le commandant met l'*Erika* en fuite pour effectuer une inspection du pont et vérifier la contenance des citernes. Au regard des fissures observées, il décide de rejoindre le port de Donges pour s'y mettre à l'abri mais au matin du 12 décembre, le navire se brise à environ 35 milles nautiques au sud/sud-ouest de la pointe de Penmarc'h (pointe sud du Finistère, Bretagne : Figure n°2. 13) (TOURRET *et al.*, 2000). Les 26 membres d'équipage sont heureusement récupérés avant que le navire ne sombre. Au même moment, le remorqueur de haute mer, l'*Abeille Flandre*, sur coffre en baie du Stiff (Ouessant : 06h10), est dépêché de toute urgence sur le lieu du naufrage. En raison de la distance importante qui le sépare de son objectif (85 milles nautiques), il n'y parvient qu'à midi, heure à laquelle le pétrolier n'est déjà plus qu'à l'état d'épaves. Son commandant décide de remorquer la poupe de l'*Erika* en priorité car sa dérive en surface (d'environ 3 nœuds vers l'est) menace les côtes de Belle-Ile, tandis que la proue demeure quasiment statique (CLADEN, 2000). Le remorquage, après l'évaluation de la possibilité de rejoindre un abri, se fait, avec l'accord des autorités maritimes, vers le large. Il est mené jusqu'à ce que cette partie du navire sombre à son tour, le mardi 13 décembre à 14h53. Au final, les deux épaves, parties avant et arrière, gisent respectivement par 114 et 128 mètres de fond et sont distantes d'environ 10 kilomètres (TIERCELIN *et al.*, 2000). La quantité déversée lors de la cassure du navire est d'abord estimée à 3 000 tonnes puis évaluée ensuite entre 7 000 et 12 000 tonnes (GIRIN, 2000). Les épaves continuent à fuir durant les semaines suivantes et, au total, environ 20 000 tonnes ont été introduites dans l'océan.

²⁴² Vents d'ouest/sud-ouest d'environ 35 nœuds, vagues de 3 à 4 mètres.

Figure n°2. 13. Route suivie par le pétrolier Erika durant les derniers jours précédant son naufrage



Principales étapes du dernier voyage de l'Erika en Manche et dans le golfe de Gascogne :

- a. appareillage depuis Dunkerque (le 08/12/1999 à 19 h 45) puis, le 09/12/1999 (23 h 01), signalement au CROSS Jobourg, vent d'WSW de force 7 ;
 b. 10/12/1999 (13 h 12), signalement au CROSS Corsen, vent du SW de force 8 ;
 c. 11/12/1999 (12 h 40), gîte sur tribord de 15°, MAYDAY réceptionné par le CROSSa Etel (14 h 11), vent du SW de force 8/9 ;
 d. 11/12/1999 (14 h 18), gîte réduite à 5° puis mise en fuite (route au 030) pour prendre les ullages et procéder à une inspection du pont. A 14 h 30, 3 fissures et 3 boursoufflages sont constatés et le MAYDAY est transformé en PAN. L'allure du navire est réduite (14 h 34). Le Commandant de l'Erika rend compte de la situation du navire au gestionnaire nautique (14 h 42) et le premier contact phonique est établi entre le Commandant et le CROSSa Etel qui n'est cependant pas tout de suite informé des fissures observées sur le pont (14 h 55) ;
 e. 11/12/1999 (16 h 27), changement de cap pour faire route vers Donges (route au 085), annulation du PAN (17 h 25) car la situation semble *a priori* sous contrôle. La cellule sécurité/environnement maritime de Total Paris (propriétaire de la cargaison) est informée des difficultés du navire (message sur répondeur téléphonique à 18 h 34) et les autorités maritimes françaises prennent connaissance de l'existence de fissures sur le pont (21 h 15) ;
 f. 12/12/1999 (01 h 00), changement de cap (route au 050) pour soulager la fatigue du navire, vent du SW de force 9/10 ;
 g. 12/12/1999 (03 h 30), changement de cap (route au 085) pour rejoindre Donges au plus vite, pertes de fioul à la mer ;
 h. 12/12/1999 (05 h 54), déchirure de la coque et voie d'eau, envoi d'un nouveau MAYDAY, puis, entre 06 h 00 et 08 h 20, arrachement des tôles de bordé restantes et bris du navire.

Sources :

route de l'Erika et étapes du dernier voyage dans TOURRET & GUIBERT (2000) ; autres informations (cartes du SHOM).

- *Prestige* : 19 novembre 2002

Les circonstances de la perte du *Prestige*, responsable de la dernière pollution pétrolière, ressemblent étonnamment à celles du *Tanio* (1980) et de l'*Erika* (1999), à la différence que le navire impliqué est deux fois plus volumineux (81 564 tpl pour une longueur de 243 mètres) et que le lieu du naufrage est situé au large du cap Finistère (Espagne, sud-ouest du golfe de Gascogne). Cette vieille unité (22 ans), battant pavillon bahaméen, fait route depuis Ventspils (Lettonie) vers Singapour (Malaisie), pour y livrer 76 973 tonnes de fioul M100²⁴³ (TOURRET *et al.*, 2003 ; GARDAIS & DA ROS, 2005). Alors qu'il navigue, par mauvais temps²⁴⁴, dans la voie descendante du DST « Finistère Traffic », il envoie un MAYDAY le 13 novembre 2002 (15h15) pour signaler une avarie de coque ayant entraîné une gîte de 25-30° et le début simultané d'un rejet. Son moteur principal ne fonctionne plus et sur la demande du Commandant du navire, 24 des 27 membres d'équipage sont hélitreuillés. Le bâtiment fuyard dérive alors vers les côtes galiciennes à une vitesse d'environ 1 nœuds. Plusieurs tentatives de remorquage sont avortées durant la nuit du 13 au 14 novembre et sa dérive est stoppée le 14 novembre à 12h40, à seulement 4,6 milles nautiques du rivage le plus proche. Le remorquage se fait vers le large jusqu'au 19 novembre, date à laquelle le *Prestige* se brise en deux (08h00). Les parties avant et arrière coulent le même jour, à quelques heures d'intervalle, et se posent sur des fonds très accidentés (3 830 et 3 565 mètres de profondeur : ROUSSEAU, 2003). Elles fuient durant plusieurs mois. Au final, environ 62 300 tonnes d'hydrocarbures ont été rejetées en mer.

²⁴³ Appellation russe du Fioul n° 2.

²⁴⁴ Vents de force 8 à 9, vagues de 7 à 8 mètres le 12 novembre.

Tableau n°2. 18. Routes programmées, caractéristiques des navires et des hydrocarbures transportés, circonstances des événements de mer

| Nom du navire | Caractéristiques des navires et des hydrocarbures transportés, routes programmées | | | | | Circonstances | | | |
|-------------------------------|---|----------------------------|---|-------------------------------|---------------------------------|---------------|-------------------|----------------------------|------------------------|
| | Capacité d'emport (tpl) | Pavillon d'immatriculation | Hydrocarbures transportés | | Route programmée | Age | Date ^a | Conditions météorologiques | Catégorie d'accident |
| | | | Nature de la cargaison (#) ^a | Volume (t.) cargaison/machine | | | | | |
| <i>Torrey Canyon</i> | ≈ 121 000 | Libéria | Pétrole brut (3) | 119 328/ 1 500 ? | Koweït/Pays de Galles | 8 | 18/03/1967 | Variable | Echouement |
| <i>Amoco Cadiz</i> | 232 180 | Libéria | Pétrole brut (2) | ± 223 000/ 5 000 ? | Iran/Angleterre/Pays-Bas | 4 | 16/03/1978 | Mauvaise | Echouement |
| <i>Tanio</i> | 27 263 | Madagascar | Fioul n° 2 (4) | ± 26 100/± 900 | Allemagne/Italie | 22 | 07/03/1980 | Mauvaise | Structure |
| <i>Amazzone</i> | 32 250 | Italie | Pétrole brut (4) | ± 32 000/? | Libye (?)/Italie (?)/Belgique | 16 | 30/01/1988 | Mauvaise | Structure ^b |
| <i>Aegean Sea^c</i> | 114 036 | Grèce | Pétrole brut (2) | 79 096/? | Ecosse/Espagne | 19 | 03/12/1992 | Mauvaise | Echouement |
| <i>Sea Empress</i> | 147 273 | Libéria | Pétrole brut (2) | 130 824/± 2 400 | Ecosse/Pays de Galles | 3 | 15/02/1996 | Belle | Echouement |
| <i>Erika</i> | 37 283 | Malte | Fioul n° 2 (4) | 30 884/412 | France/Italie | 25 | 12/12/1999 | Mauvaise | Structure |
| <i>Prestige</i> | 81 564 | Bahamas | Fioul n° 2 (4) | 76 973/783 | Lettonie/Singapour | 27 | 19/11/2002 | Mauvaise | Structure |

^a Date de la principale avarie. Pour les avaries structurelles, c'est la date de la perte du navire qui est indiquée.

^b Le terme « structure » correspond ici à l'arrachage des couvercles de plusieurs cuves et à non à une avarie de coque

^c Pétrominéralier à double fond, tous les autres navires sont des pétroliers à simple coque.

Sources : diverses (P31)

312. La responsabilité de l'équipage au regard des autres facteurs

Signalons tout d'abord la présence du mauvais temps dans 5 des 8 cas présentés (*Amazzone*, *Aegean Sea*, *Tanio*, *Erika* et *Prestige*), la violence des vents et de la mer étant la cause initiale des difficultés rencontrées par ces navires.

Si l'on considère les avaries structurelles, *Tanio*, *Erika* et *Prestige*, malgré leur état déplorable, ne seraient peut-être pas brisés en deux en Manche/Gascogne s'ils n'avaient rencontré, plusieurs jours d'affilé, une mer très formée. L'existence des deux derniers navires se serait d'ailleurs probablement achevée dans l'un des nombreux « chantiers » de démolition à ciel ouvert qui parsèment les plages asiatiques (Inde, Bangladesh, etc.)²⁴⁵. Le *Prestige* passe, par exemple, une première fois au large d'Ouessant le 16/06/2002. Il vient de Fujairah (golfe Persique) et se dirige vers Saint-Petersbourg (mer Baltique). La météorologie est calme et le navire est sur ballast (données du CROSS Corsen [P 21]). Son second passage enregistré au CROSS Corsen, le 11/11/2002, sera le dernier et, durant ce voyage (de trop), deux paramètres ont changé. La météorologie est mauvaise et le navire est chargé d'une cargaison de plus de 75 000 tonnes de fioul lourd. Notre propos n'est pas d'envisager le caractère déterminant d'un facteur en particulier mais de souligner qu'à des conditions météorologiques dégradées, s'ajoutent des facteurs comme la pleine charge du navire (et donc des efforts structurels plus importants), le mode de conditionnement de la cargaison (fioul réchauffé²⁴⁶), le tout dans le contexte de délabrement avancé du pétrolier. Tous ces éléments contribuent au naufrage. Il s'agit d'ailleurs de facteurs de risque déjà mis en valeur pour les vraquiers, une flotte particulièrement accidentogène durant les années 1980-1990²⁴⁷. ROBERTS & MARLOW (2002) soulignent, à propos de l'accidentologie de cette flotte, l'influence significative de la route empruntée²⁴⁸, de la cargaison (en charge ou sur ballast et nature de la marchandise)²⁴⁹, et, dans une moindre mesure, de l'Etat du pavillon (1968-1996). Dans leur étude, l'âge des navires n'est pas une variable significative en elle-même, elle ne le devient qu'en combinaison d'autres facteurs (route, cargaison, etc.)²⁵⁰. Dans ce contexte, on peut difficilement incriminer les équipages car l'origine de ces avaries est à rechercher dans le niveau de maintenance²⁵¹, un élément qui relève de la responsabilité de l'armateur et/ou du propriétaire du navire et de l'aveuglement²⁵², en terme de contrôle de la qualité de leur entretien préventif, de l'Etat du pavillon et/ou de ses mandataires (société de classification). Ajoutons enfin que l'*Erika* semblait enfin bien entretenu par l'équipage selon les constatations des dernières personnes à y avoir pénétré avant son départ de Dunkerque. Toutes les personnes embarquées avaient les compétences requises et l'expérience nécessaire pour assurer la navigabilité, autant que faire se peut, de ce genre d'unité dans des conditions météorologiques difficiles (CLADEN, 2000 ; TOURET *et al.*, 2000).

L'*Aegean Sea* est un autre exemple d'événement de mer durant lequel la responsabilité de l'équipage doit être nuancée. Se serait-il échoué devant La Corogne si les rafales de vents reçues par son travers

²⁴⁵ Voir à ce sujet GRAHAM-ROWE (2004) ou les péripéties du *Clémenceau*, ex-fleuron de la Marine nationale française qui devait, au départ, être démolie dans cette région.

²⁴⁶ La nécessité de chauffer le fioul dans les cuves (pour le garder fluide durant son transport et faciliter les opérations de chargement et de déchargement portuaires) fragilise également la structure du navire (différence thermique entre l'intérieur de la coque et la température extérieure, alternance chaud-froid entre les périodes où le navire est en charge et celle où il ne l'est pas).

²⁴⁷ Le *Kowloon Bridge*, victime d'une avarie structurelle suivie d'un échouement par mauvais temps le 22/11/1986 en Irlande (≈ 1 200 tonnes), est un exemple du genre dans notre zone d'étude.

²⁴⁸ Certaines routes sont beaucoup plus accidentogènes que d'autres (Australie/Europe, Afrique du Sud/Asie du Nord-Est, etc.) et ROBERTS & MARLOW (2002) expliquent ces différences par la fréquence des vagues surdimensionnées et des événements tempétueux de forte intensité.

²⁴⁹ Les navires sur ballasts sont moins victimes de naufrages et ceux qui transportent du minerai de fer sont les plus accidentés (ROBERTS & MARLOW, 2002).

²⁵⁰ La relation entre navires âgés et navires accidentés, souvent mise en avant dans la littérature, est un raccourci. L'âge n'est que l'indicateur de phénomènes divers (degré de maintenance, qualité de la construction [acier utilisé par exemple]) et non pas un facteur d'accident. Nous abordons ce sujet de façon plus détaillée dans le cadre de l'évolution du contexte socio-économique du transport maritime.

²⁵¹ La « maintenance » (ou « entretien préventif » dans le langage maritime : CLOUET, 2000) est « l'ensemble des opérations qui permettent de maintenir en état de fonctionnement un matériel susceptible de se dégrader » (Dictionnaire de la langue française, 1980). Nous réservons l'emploi de ce terme à la surveillance du navire au niveau de sa structure (corrosion, etc.), du bon fonctionnement des appareils de navigation et de propulsion, etc., c'est-à-dire toutes les opérations qui engagent des frais relevant de la responsabilité de l'armateur et/ou du propriétaire du navire. Le terme « entretien » est, par contre, employé pour désigner le soin apporté par l'équipage pour garantir la bonne navigabilité du navire (rangement, état de propreté des machines, tenue du journal de bord, etc.).

²⁵² Aveuglement volontaire et/ou logistique (manque de moyens humains, par exemple, dans certains petits états insulaires).

n'étaient aussi fortes et l'attente imposée dans ces conditions par les autorités portuaires aussi longue ? Le commandant de ce navire, sommé d'attendre un pilote devant le port par vents forçants et au pied d'un phare éteint (torre de Hércules), est mis en cause à la suite de cet échouement alors qu'il semble que la complexité de la procédure d'approche soit la raison principale (7 naufrages depuis 1976, dont celui de l'*Urquiola* : BERTRAND, 2000). TORRE (2004), officier de la marine marchande, décrit minutieusement, dans un article de la *Revista General de Marina* publié en juin 2004, l'ensemble des manœuvres à effectuer pour entrer dans ce port et selon l'auteur, il ne faut pas seulement faire preuve de sens marin mais également bénéficier d'un heureux concours de circonstances, tant il est difficile d'y pénétrer sans encombre par mauvais temps et avec un grand bâtiment. Dans le cas du *Sea Empress*, le scénario est assez similaire à la différence que l'échouement se produit cette fois-ci par beau temps à la suite d'une erreur d'appréciation du pilote au sujet de la renverse des courants de marée et de difficultés de communication entre ce dernier et le commandant du navire (KANTIN, 1996 ; BERTRAND, 2000).

Précisons maintenant les circonstances d'accident dans lesquelles la responsabilité de l'équipage est beaucoup plus évidente. Certaines décisions prises à bord de certains de ces navires ont, en effet, parfois très largement participé à l'émergence de l'événement de mer et/ou de la pollution consécutive. L'équipage de l'*Amazzone* n'a, par exemple, pas prévenu les autorités maritimes françaises (CROSS Corsen) des fuites d'hydrocarbures produites à la suite de l'arrachage des couvercles de ses cuves alors qu'il était à moins de 50 milles nautiques des côtes françaises²⁵³. Au lieu de se détourner vers le port le plus proche pour réparer (Brest), il a préféré poursuivre sa route jusqu'à sa destination programmée, Anvers (Belgique), répandant ainsi sa cargaison sur plusieurs dizaines de milles nautiques (CEDRE)²⁵⁴. Dans le cas du *Torrey Canyon*, la décision d'emprunter un itinéraire peu recommandé pour des navires de très fort tonnage, en pilotage automatique, dans l'espoir de rattraper un retard qui risquait de lui faire rater le rendez-vous de la marée à Milford Haven (Pays de Galles), est l'une des causes de l'échouement du navire. Dans ces deux derniers exemples, l'erreur humaine (des navigants) est incontestablement présente.

Il nous semble, au travers de la description de ces événements, que l'on ne peut raisonnablement pas isoler le système humain du système technique et du cadre environnant. Beaucoup des erreurs commises en navigation ne se comprennent qu'en considérant l'ensemble des contraintes qui pèsent sur l'équipage (météorologiques, commerciales, etc.). Le commandant du *Torrey Canyon* par exemple, dont la responsabilité est évidente dans le naufrage de son navire, est, pour sa décharge, tuberculeux, a navigué 270 jours sans poser pied à terre et souffre d'un manque substantiel de repos (BERTRAND, 2000). Le pétrolier dont il a la charge ne possède, malgré son bon état général, ni Decca²⁵⁵, ni exemplaire des instructions nautiques (*Sailing Directions for the Scilly Isles*) et, dans ces conditions, le navire arrive 10 milles nautiques trop à l'est du point prévu initialement. C'est à ce moment précis que la décision de passer au milieu des Seven Stones est prise (DEVANNEY, 2006a) et ses lieutenants, conscients du danger, n'émettent aucune objection en raison de l'autoritarisme du commandant (HORCK, 2006).

Si nous avons décidé d'insister un peu sur la question de la responsabilité des équipages, c'est parce qu'il semble que l'on assiste, en matière d'accidentologie maritime, à un curieux mélange des genres. MARINHO DE BASTOS (2004) insiste sur le fait qu'il faut séparer les causes des responsabilités et disons-le, c'est peu souvent le cas, le rôle de l'équipage étant surtout considéré en terme de faute. PERETTI-WATTEL (2007) définit le risque comme « un danger sans cause ». Nous ajouterons que s'il est aujourd'hui sans cause, la recherche des responsabilités est permanente, et la tentation de céder « au tribunal de l'opinion » (NARCISSE, 2007) s'est, semble-t-il, souvent manifestée. Le capitaine du *Pacific*, l'un des remorqueurs qui tenta d'extirper l'*Amoco Cadiz* de son triste sort, est, à son retour à Brest, jugé responsable de l'accident par l'opinion publique et envoyé en prison (BERTRAND, 2000).

²⁵³ Le Décret 78-421 du 24 mars 1978, relatif à la lutte contre la pollution marine accidentelle, fait obligation à tout capitaine de navire transportant des hydrocarbures de signaler au Préfet maritime (...) tout accident de mer dont il est victime à moins de 50 milles nautiques des côtes (SHOM, 2003).

²⁵⁴ <http://www.cedre.fr/fr/accident/amazzone/amazzone.html>

²⁵⁵ C'est un navigateur qui peut être considéré comme l'ancêtre du GPS (Global Positioning System) bien que le fonctionnement de ce système de positionnement diffère totalement. Seule la Manche est couverte à l'aide d'émetteurs/récepteurs positionnés sur terre.

Le commandant de l'*Aegean Sea* est condamné par les tribunaux espagnols alors que sa responsabilité semble finalement limitée au regard de celle des autorités portuaires (TORRE, 2004). On peut également s'étonner du sort réservé au commandant de l'*Erika*, enfermé à la prison de la Santé du 14 au 22 décembre 1999 au motif de « mise en danger de la vie d'autrui », le seul délit autorisant en France une mise en détention provisoire (LEVY & QUIMBERT, journal « *Le marin* » du 15 juin 2007). Précisons enfin que les armateurs et l'Etat du pavillon se déchargent également facilement de leur responsabilité sur l'équipage.

Ce processus de responsabilisation des gens de mer n'a pas toujours cependant eu cours. VERDIER (1922) souligne qu'au début du XX^e siècle, seulement 25 % des naufrages de navires sont attribués à l'erreur humaine. Cinquante années plus tard, l'erreur humaine est, selon CASHMAN (1975, in TRAVERS & LUNEY, 1976), responsable de 85 % des accidents de pétroliers, et de nombreux travaux vont, durant les quatre décennies suivantes, confirmer ces résultats (ANONYME, 2007). Ces études font toutefois l'objet de nombreuses critiques. RASMUSSEN (1990) souligne que l'évaluation de l'importance de l'erreur humaine dans l'émergence d'un accident est souvent très arbitraire et dépend surtout de la boîte à outil utilisée par l'analyste. HOLLNAGEL & AMALBERTI (2001) remarquent que le terme fait référence à une vision trop simplificatrice des causes d'accident et qu'il est inadapté pour rendre compte de phénomènes aussi complexes. Enfin, PERETTI-WATTEL (2007) critique la technique de l'arbre des causes, c'est-à-dire la méthode employée dans la plupart de ces travaux, et assimile cette méthode à un bricolage cognitif dont la légitimité est contestable. Le même auteur remarque également que la stigmatisation d'une catégorie reflète souvent l'incapacité des institutions à résoudre un problème (PERETTI-WATTEL, 2007).

Au regard du débat existant autour de l'importance de l'erreur humaine en terme d'accidentologie, il nous a semblé intéressant de tenter d'identifier les facteurs externes et internes (au navire) d'avaries en mer.

32. Analyse des causes d'accident d'après l'examen de 45 événements : facteurs internes et externes au navire

Pour poursuivre cette réflexion, nous avons procédé à l'analyse de 45 événements plus ou moins dommageables situés dans l'ensemble des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale, soit environ 18 % de l'ensemble des accidents de navire à l'origine de rejets de 50 tonnes d'hydrocarbures et plus. La sélection de ces événements s'est faite sur la base de l'information disponible (annexe n°4). L'objectif de ce travail est de cerner les ressemblances entre tous ces événements mais aussi de souligner leur singularité.

Les événements ne peuvent être tenus pour représentatifs de l'ensemble des accidents étudiés dans cette étude. Pour resituer un peu les choses, précisons que nous disposons en général de davantage d'informations détaillées pour les événements survenus en Atlantique, d'où leur surreprésentation dans l'échantillon utilisé (Tableau n°2. 19). Les rejets les plus volumineux sont également plus nombreux car ce sont des accidents qui font souvent l'objet d'une enquête approfondie. En revanche, la distribution temporelle des avaries retenues est très comparable à l'ensemble des déversements accidentels recensés entre 1865 et 2004 à l'échelle des mers ouvertes et épicontinentales d'Europe de l'Ouest et d'Europe du Nord. Les résultats présentés n'ont donc de sens qu'à l'échelle des événements d'après lesquels ils ont été produits.

Tableau n°2. 19. Comparaison de l'échantillon utilisé pour l'analyse des facteurs d'avaries avec quelques caractéristiques des accidents de navire recensés entre 1965 et 2004(rejets \geq 50 tonnes 1965-2004 [P31], valeurs exprimées en % du nombre de rejets)

| | Situation géographique | | | Distribution temporelle ^a | | Rejets | |
|-----------------------------------|------------------------|-------------|------------|--------------------------------------|-----------|---------------------|------------------------|
| | Mer Baltique | Mer du Nord | Atlantique | 1965-1984 | 1985-2004 | % \geq 500 tonnes | % \geq 10 000 tonnes |
| Echantillon (n = 45 [17,8 % N]) | 11,1 | 17,8 | 71,1 | 57,8 | 42,2 | 80,0 | 40,0 |
| Rejets \geq 50 tonnes (N = 253) | 18,2 | 34,4 | 47,4 | 55,3 | 44,7 | 46,2 | 8,3 |

^a Les périodes ont été choisies en fonction des années d'entrée en vigueur des conventions MARPOL 73/78 (1983) et STCW 78 (1984).Sources : extractions de la table P31 sur les rejets accidentels \geq 50 tonnes (1965-2004).

Pour classer les facteurs contributifs de l'accident, nous avons fait une distinction entre ceux qui étaient externes et internes aux navires. Les facteurs internes recouvrent les facteurs humain [navigants : équipage et/ou pilote] et technique (panne de radar, avarie machine, etc.) et les facteurs externes englobent le contexte hydrométéorologique et d'autres éléments qui ont à voir avec l'accident (la gêne occasionnée par un autre navire, obstructions diverses à la navigation, etc.). Nous n'avons considéré le facteur hydrométéorologique que lorsqu'il est reporté dans les sources consultées comme ayant joué un rôle manifeste dans l'émergence de l'accident. Un facteur est dit contributif de l'avarie et comptabilisé comme tel si au moins un élément le concernant est mentionné dans la littérature. Nous ne faisons pas par exemple de distinctions entre 1 et 15 erreurs humaines, considérant que le facteur humain est présent dès lors qu'au moins une erreur est rapportée. Nous avons procédé ainsi car il existe une forte asymétrie en terme d'informations disponibles suivant les accidents. Tous n'ont pas fait l'objet de rapports d'enquête, les informations collectées proviennent de sources très diverses et au risque de comparer ce qui est difficilement comparable, nous avons préféré nous en tenir à une approche très synthétique.

Les facteurs humains, techniques et environnementaux ne sont pas exclusifs les uns des autres. 15,6 % des 45 événements considérés recouvrent ces trois composantes simultanément, 35,6 % impliquent deux de ces composantes et la moitié des accidents est, selon les informations récoltées, le fait d'un facteur unique (48,9 %).

Le facteur externe d'avarie le plus commun est représenté par les conditions hydrométéorologiques (visibilité réduite, vents forts, courants plus rarement : 68,9 %). Ce résultat concorde plus ou moins avec quelques études menées dans cette région du monde. Selon MARCHAND (2002, *in* MARCHAND [2003]), 64 % des avaries de navires transportant des produits chimiques²⁵⁶ survenus en Manche et en mer du Nord sont liés au mauvais temps et aux conséquences sur la navigation, le reste des événements considérés résultant de causes internes au navire. Toujours selon le même auteur, mais cette fois-ci le long des côtes françaises (1979-1998, Manche et mer du Nord, Atlantique, Méditerranée et DOM TOM), sur 35 cas d'accidents polluants²⁵⁷, 11 événements sont des naufrages et 8 sont liés aux difficultés de navigation (\approx 23 %) (MARCHAND, 1998).

Le fort pourcentage obtenu d'après l'étude de cet échantillon s'explique très certainement par la sévérité des accidents considérés et la proportion importante d'événements survenus en Atlantique. Neuf accidents parmi les 45 événements étudiés sont, par exemple, des avaries structurelles et huit d'entre elles se sont produites par mauvais temps. GUEDES SOARES & TEIXERA (2001) ont montré que la probabilité qu'un pétrolier connaisse ce genre d'avarie est bien plus importante en Atlantique du nord-est (au large des côtes atlantiques françaises, irlandaises et écossaises) que dans les mers régionales environnantes, plus abritées (mer du Nord et surtout mer Baltique). Une autre étude récente, menée pour évaluer l'influence du mauvais temps sur le développement du cabotage maritime en Europe, a montré, d'après l'examen des statistiques relatives aux conditions météorologiques rencontrées sur cinq routes maritimes²⁵⁸, que la probabilité de rencontrer des conditions de mer difficiles est bien plus élevée sur l'itinéraire reliant Gijon à Hambourg (espace Atlantique) que sur les routes méditerranéennes étudiées (MARTINEZ DE OSES & CASTELLS, 2008). Les coups de vent

²⁵⁶ 24 accidents de navires transportant des produits chimiques et survenus dans la zone des accords de Bonn.²⁵⁷ Tous produits et tous types de conditionnement confondus.²⁵⁸ Quatre routes en Méditerranée reliant l'Espagne à l'Italie (Valence/Naples, Barcelone/Civitavecchia, Alicante/Gène, Tarragone/Gène) et une route en Atlantique (Gijon/Hambourg).

ne sont pas cependant l'unique facteur hydrométéorologique que nous avons recensé. Sont également comprises dans cette catégorie les conditions de visibilité réduite, responsables en totalité ou pour partie d'une dizaine de collision sur la quinzaine d'événements répertoriés. S'ajoute enfin à ces deux éléments l'influence des courants (deux accidents), qui, contrairement aux autres facteurs hydrométéorologiques, ne sont jamais une cause unique d'accident mais plutôt le facteur aggravant d'une situation dangereuse en elle-même. Le pétrolier *Christos Bitas* (Pays de Galles, 12/09/1978, échouement) est, par exemple, entraîné au rivage, près de Pembroke, sous l'action de courants violents (≈ 2 nœuds), mais les causes les plus directes de cette avarie sont, avant toute autre chose, son passage très près du rivage avec un radar inopérant et son refus de se plier aux injonctions de changement de route des autorités maritimes (BOURNE, 1979). Ce navire se déséchouera de lui-même en rejetant une partie de sa cargaison (BERTRAND, 2000).

Tableau n°2. 20. Principaux facteurs d'accidents
(valeurs exprimées en % du nombre total d'événements considérés, n = 45)

| Facteurs internes | | Facteurs externes | |
|-------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|
| Facteurs humains | Facteurs techniques | Facteurs hydrométéorologiques | Autres facteurs |
| 42,2 | 48,9 | 68,9 | 8,9 |

Sources : extractions de la table P31

La seconde catégorie de facteurs externes identifiés, beaucoup moins fréquente, regroupe des éléments qui échappent au contrôle des navigants. Il s'agit par exemple de la croche du chalut du *Radiant* (10/05/2002) sur le fond, un événement qui provoque son chavirement (MAIB, 2003) ou du talonnage de navires sur des récifs non indiqués (ou des profondeurs inexactes) sur les cartes de navigation (*Tsesis*, 26/09/1977, échouement [Stockholm, mer Baltique] [BERTRAND, 1979] ; *Urquiola*, 12/05/1976, échouement [La Corogne, péninsule Ibérique] [GUNDLACH & HAYES, 1977], Planche photographique n°2. 4). Il existe beaucoup d'autres facteurs externes que nous n'avons pas intégrés dans cette catégorie en raison du manque d'informations disponibles. C'est le cas des navires qui environnent le navire dans les instants précédant l'avarie car il est souvent difficile de savoir si leur présence a véritablement contribué, d'une manière ou d'une autre, à l'accident. Dans le cas de la collision survenue entre le pétrolier *Olympic Alliance* et la frégate britannique *HMS Achilles* dans le détroit du Pas-de-Calais (12/11/1975), BERTRAND (2000) souligne, par exemple, le rôle supposé de deux chalutiers français qui, en ne respectant pas les règles de trafic dans la Manche, ont constitué une gêne pour les deux navires qui se sont abordés²⁵⁹.

Il semble également que les autorités portuaires, en refusant l'accès au navire accidenté, contribuent parfois à l'augmentation du volume déversé en mer. Selon DIXON & DIXON (1976), ce fut le cas à la suite de la collision évoquée ci-dessus, le port de Rotterdam refusant l'accès à l'*Olympic Alliance* qui déversa plusieurs milliers de tonnes d'hydrocarbures supplémentaires durant son voyage vers Wilhelmshaven (Allemagne). La problématique des ports refuges, qui s'est posée avec acuité lors des avaries structurelles de l'*Erika* ou du *Prestige*, n'est donc pas si nouvelle et le réflexe NIMBY²⁶⁰ (ou « not in my front pond » [VAN HOOYDONK, 2004]) est un phénomène courant. Très récemment encore, l'accident du *MSC Napoli* (18/01/2007)²⁶¹ a été un exemple manifeste de ce genre de réaction, un élu du département de la Manche allant jusqu'à prendre contact directement avec les officiers de l'*Abeille Bourbon* pour leur signifier que le navire ne pouvait être remorqué vers Cherbourg.

Enfin, pour conclure sur les facteurs externes d'accident, il faut mentionner le danger que constitue l'immobilisation prolongée d'un navire accidenté dans des voies maritimes très fréquentées. Cette situation s'est au moins présentée par deux fois en Manche durant les quarante dernières années, la dernière situation de ce genre étant l'épave du *Tricolor* (14/12/2002), heurtée à deux reprises par des navires de commerce dans le détroit du Pas-de-Calais (Planche photographique n°2. 3)²⁶², malgré le balisage mis en place.

²⁵⁹ Ce genre d'événement est toujours d'actualité. TOURRET (2000) souligne le non respect, par les navires de pêche aux environs des DST, des règles de route instituées par la Convention COLREG. Ils pêchent parfois dans des zones interdites, ne traversent pas toujours les DST à la perpendiculaire, etc.

²⁶⁰ Not In MY Backyard.

²⁶¹ Avarie structurelle, voie d'eau et panne moteur.

²⁶² Le premier cas est l'épave du *Texaco Caribbean*, un navire accidenté à la suite d'une collision avec le *Paracas* le 11/0/1971, par le *Bradenburg*, puis le *Nikki* (site Internet du CEDRE).

Planche photographique n°2. 3 (a/b/c). Un exemple récent d'obstruction à la navigation : l'épave du *Tricolor* reposant sur le fond après sa collision du 14/12/2002 avec le *Kariba* dans le détroit du Pas-de-Calais (a) ; talonnage du *Nicolas* sur l'épave du *Tricolor* le 16/12/2002 (b) ; échouement du *Vicky* sur le *Tricolor* le 01/01/2003 (c)



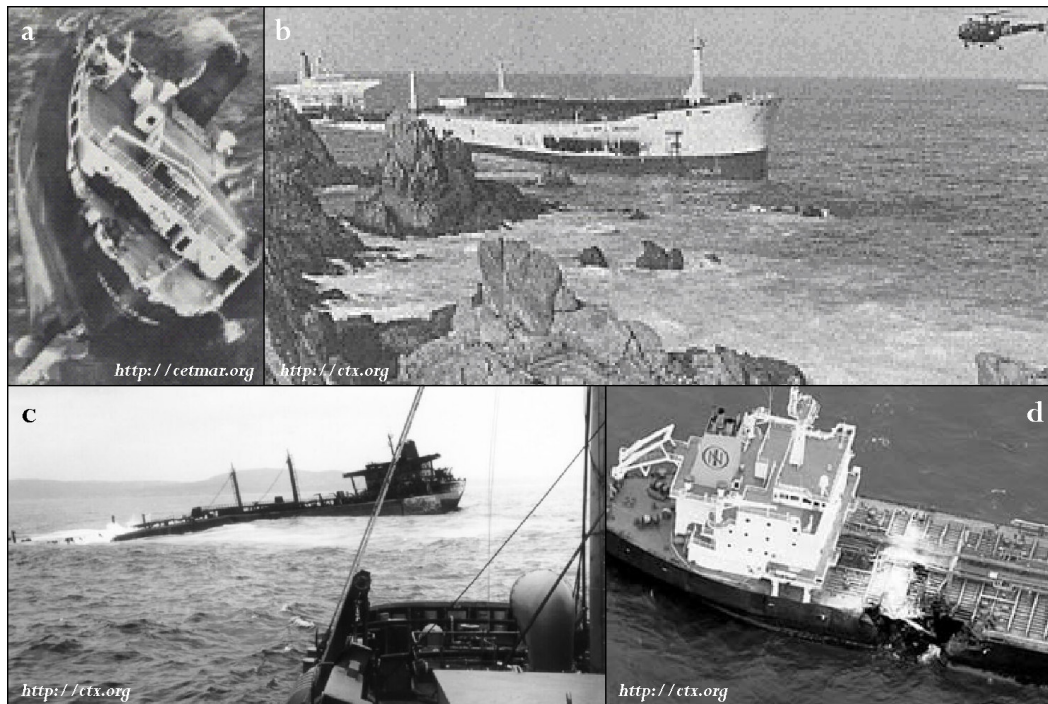
Marine nationale (<http://www.premar-merdunord.gouv.fr/>)

Environ 42 % des cas étudiés sont des accidents dont l'origine est attribuable, pour partie ou en totalité au facteur humain. Nous ne considérons ici que les personnes embarquées (membre d'équipage ou pilote) et cette catégorie recouvre toutes sortes de situations, des erreurs manifestes de navigation (manoeuvre d'évitement ratée entre deux navires par exemple [collision entre l'*Arietta's Livanos* et l'*Annelise*, 22/10/1966, Manche occidentale : DEVANNEY, 2006a]) jusqu'aux difficultés de communication entre membres d'équipage ou entre équipage et pilote (*Torrey Canyon*, *Braer*, *Sea Empress*, etc.). Il est particulièrement difficile d'étudier ce facteur car toutes sortes d'événements peuvent y être inclus et quasiment tout accident revêt très certainement une dimension humaine, même lorsqu'elle n'a pas été clairement identifiée.

Les erreurs les plus courantes d'après les événements étudiés sont le refus des équipages de se conformer aux trajectoires recommandées dans des zones dangereuses et l'absence de veille en passerelle (5 événements dans les deux cas). Ces facteurs s'ajoutent la plupart du temps à d'autres facteurs (visibilité réduite, outils d'aide à la navigation inopérants, etc.). L'absence de veille radar fut la raison par exemple de la collision survenue entre le *Pacific Glory* et l'*Allegro* (23/10/1970, Manche centrale), tous deux navigant à une vitesse très élevée. La cause initiale de l'abordage entre *Eleni V* et *Roseline* (06/05/1978, basse mer du Nord) est, semble-t-il, identique tout comme celle du *Gino* et du *Team Castor* (28/04/1979, Manche occidentale), l'un et l'autre étant dans ce cas précis sur pilote automatique. Les membres d'équipage ne sont pas non plus les seules personnes embarquées à commettre des erreurs, c'est aussi, plus rarement cependant, le cas des pilotes. Au cas du *Sea Empress* déjà souligné s'ajoute le naufrage du *Polycommander* (05/05/1970, échouement).

Parmi les facteurs moins courants, un cas d'évanouissement en passerelle a été recensé (*RMS Mulheim*, 23/03/2003, échouement, Manche occidentale) et, selon l'AFCAN (2005), l'échouement du *Kini Kersten* (01/01/1987, Manche centrale) est aussi le fait de l'endormissement de la personne de quart. Les mêmes auteurs soulignent que la fatigue est une cause d'avarie de plus en plus commune ces dernières années, citant les exemples récents du « *Melbridge Bilbao* traversant l'archipel de Molène pour s'échouer sur un banc de sable, à quelques encablures du CROSS Corsen, [...] et du cargo turc *Kaptan Aslan Fatoglu* allant cogner la falaise au pied du phare de la Pointe du Millier en baie de Douarnenez » (AFCAN, 2005). Ils interprètent l'émergence de ce phénomène comme conséquence directe de la pratique du quart seul.

Planche photographique n°2. 4 (a/b/c/d). Quelques exemples d'avaries : (a) *Texaco Caribbean* couché sur son flanc tribord à la suite de sa collision avec le *Paracas* (Manche, 11/06/1971) ; (b) *Olympic Bravery* échoué à Ouessant à la suite d'une panne moteur (pointe de Bretagne, 24/01/1976) ; (c) *Urquiola* échoué à l'entrée du port de La Corogne (péninsule Ibérique, 12/05/1976) ; (d) Bordé tribord du *Baltic Carrier* après sa collision avec le *Tern* (mer Baltique, 29/03/2001).



Enfin, les facteurs techniques contribuent pour moitié aux avaries étudiées ici. Parmi celles-ci, les avaries machines provoquent 15,6 % des accidents. Un chiffre aussi faible est assez surprenant car ce type de déficience a été par le passé la cause initiale de plusieurs accidents dommageables pour l'environnement (collision : *Baltic Carrier* [29/03/2001, mer Baltique, Planche photographique n°2. 4], échouement : *Amoco Cadiz*, *Braer* [05/0/1993, mer du Nord], *Olympic Bravery* [24/01/1976, pointe de Bretagne, espace atlantique, planche n° 4], etc.). Il s'agit également, selon DEVANNEY (2006a), de la première cause initiale, en nombre de rejets, d'accident des navires citernes à l'échelle mondiale, devant les avaries structurelles²⁶³ (1960-2007). Cette faible proportion montre que l'étude des événements les plus dommageables n'est pas forcément très représentative des avaries les plus communes pour l'ensemble de la flotte. D'après les données récoltées auprès de la CEPPOL²⁶⁴ (année 2003), 91 % des accidents en Manche sont des avaries machines (ZEE françaises, tous navires, tous types d'avaries confondus, N = 289). Ces navires ont dérivé en moyenne durant 3 h 15 minutes, le temps de la réparation, et la dérive a duré plus de 10 heures pour 5,9 % d'entre eux. Ce genre de problème technique peut créer des risques substantiels de collision pour les navires environnants si le navire est situé dans une voie maritime où la circulation est importante, et/ou un risque d'échouement pour l'unité concernée si elle est proche de la côte, qu'elle ne peut mouiller et qu'aucun remorqueur ne peut rapidement l'assister²⁶⁵.

Les outils d'aide à la navigation défectueux sont également présents dans notre échantillon (4 cas recensés) mais là encore, ce n'est qu'une raison parmi d'autres. La collision survenue entre le *Texaco Caribbean* (planche n° 4) et le *Paracas* (11/0/1971) résulte pour partie de l'usage d'un radar inopérant dans des conditions de visibilité réduite. Le cas du *Panther*²⁶⁶ est également cité dans la littérature

²⁶³ En volume, les avaries machines sont la troisième cause et les avaries structurelles sont la première cause initiale.

²⁶⁴ CEPPOL : Commission d'Etudes Pratiques et de lutte contre les POLLutions.

²⁶⁵ Cette situation se présente heureusement très rarement en Manche et à proximité de la pointe de Bretagne en raison de la veille permanente exercée par plusieurs remorqueurs de haute mer.

²⁶⁶ Cette avarie n'est pas intégrée dans cette étude car le rejet provoqué dans ces circonstances est d'environ 11 tonnes (DIXON & DIXON, 1972). Il mérite cependant d'être cité étant donné sa forte similitude avec d'autres événements survenus durant la même période (années 1970).

pour la même année et la même région, toujours dans du brouillard (30/03/1971, échouement, basse mer du Nord) (DIXON & DIXON, 1971).

Conclusion

Les causes d'accidents sont donc très diverses et il est difficile d'après les informations récoltées d'identifier les facteurs les plus déterminants. Il s'agit généralement d'une séquence d'événements, plus ou moins perceptibles par l'équipage, plus ou moins évidents *a posteriori* pour les analystes, et difficile à appréhender du point de vue de l'importance de leur contribution. Dans ce contexte, attribuer une cause unique à un accident maritime est, selon TUOVINEN *et al.*, (1984), à l'exception de quelques cas très rares, une restitution trop simplifiée de la réalité. TUOVINEN *et al.* (1984) constatent jusqu'à 68 causes possibles pour un seul événement (471 événements) et d'autres auteurs ont recensé, d'après l'examen détaillé d'une centaine d'événements de mer en Baltique, de 7 à 58 causes successives et/ou simultanées par accident (une médiane de 23 : WAGENAAR & GROENEWEG (1987).

Ce qu'il faut surtout souligner, c'est la difficulté d'acquérir des données suffisamment précises pour mener à bien ce genre d'analyse. ELLIS (2007) évoque l'inadéquation de la majorité des données existantes (assureurs maritimes, administrations, etc.) pour l'analyse des accidents de navires et souligne l'extrême hétérogénéité des informations produites selon les sources consultées, des contraintes qui ont toutes été rencontrées dans le cadre de ce travail. D'après une enquête menée sur les pratiques d'investigation en accidentologie de 50 organisations dans les secteurs de l'industrie et du transport, ROED-LARSEN *et al.* (2004) ont constaté que peu d'entre elles recourent systématiquement à des enquêtes (26 %) et que les Etats se concentrent plus sur les conséquences que sur les causes de ces événements. Il est, dans ces conditions, difficile d'esquisser des chaînes de causalité, d'autant plus quand le nombre d'événements considérés est important.

Il n'existe alors que deux solutions : soit privilégier quelques événements très bien renseignés (généralement les plus dommageables) pour procéder à une investigation approfondie avec le risque de se livrer à des généralisations abusives ; soit considérer beaucoup d'événements très diversement dommageables mais cette fois-ci peu ou mal renseignés. Nous avons tenté, autant que possible, de combiner ces deux approches et les résultats produits d'après ces démarches, s'ils sont intéressants, sont, de notre avis, d'une portée limitée sur certains aspects. Ils traduisent mal par exemple la multiplicité des causes et des interactions qui participent de l'émergence d'un accident et par conséquent, de celle d'un événement polluant. Contrairement à ce que l'analyse des 45 événements accidentels survenus entre 1965 et 2004 peut laisser penser, nous sommes convaincu que chaque accident s'inscrit simultanément dans chacun des facteurs évoqués : techniques, humains et environnementaux (météorologiques et navires environnants). Les résultats obtenus sont, en revanche, plus intéressants du point de vue de l'emprise des lieux sur la nature et la sévérité des événements recensés, des accidents de même type ne produisant pas forcément les mêmes effets.

Il faut enfin évoquer le coût humain parfois considérable de ces événements accidentels. Lorsqu'un équipage ou l'un de ses membres fait une erreur, c'est avant tout autre l'équipage qui en subit les conséquences. Pour ne citer que quelques exemples parmi les cas étudiés, on peut évoquer les cas du *Pacific Glory* en octobre 1970 (13 décès, collision), du *Texaco Caribbean* en janvier 1971 (35 décès), du *Böhlen* en octobre 1976 (28 décès) ou du *British Trent* en juin 1993 (9 décès).

Chapitre 3. Exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets mineurs d'hydrocarbures

Dans ce troisième chapitre, nous évoquons l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures. L'étude de ce phénomène est tout d'abord menée à l'échelle des mers régionales d'Europe occidentale et septentrionale car elle permet, d'une part, d'identifier les principales sources d'apports réguliers d'hydrocarbures et de faibles volumes, et d'autre part, de resituer la situation de la pointe de Bretagne dans le cadre de cette problématique. Dans la deuxième section, nous identifions à l'échelle de l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne » les différents sources d'apports mineurs d'hydrocarbures à l'océan puis précisons les circonstances d'introduction d'hydrocarbures en mer du fait des rejets opérationnels des navires (circonstances, comportements) et nous concluons sur l'exposition des communes littorales bretonnes aux rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures.

1. Les rejets mineurs d'hydrocarbures dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale

Les expositions littorales et marines aux rejets mineurs d'hydrocarbures ont été évaluées d'après deux types d'indicateurs : les observations aériennes menées par les autorités maritimes des pays riverains des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale et les inventaires d'oiseaux mazoutés échoués au rivage (BBS, exprimé en pourcentage du nombre total d'oiseaux échoués). Ces deux indicateurs sont très complémentaires. Le premier rend compte, très approximativement, de la répartition des rejets mineurs en mer et le second permet de préciser l'ampleur des entrants de ce type et d'apprécier le degré d'exposition des littoraux environnants aux échouements chroniques d'hydrocarbures. Avant de présenter les résultats relatifs à l'exposition des eaux marines et des littoraux, il est toutefois nécessaire de préciser les caractéristiques générales de ces déversements, à savoir leurs sources, les volumes déversés et la nature des produits impliqués.

11. Caractéristiques générales : sources, volume et nature des hydrocarbures

111. Sources potentielles de rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures

Nous allons rapidement présenter, au travers de quelques exemples, les sources potentielles de rejets mineurs d'hydrocarbures. Il est souvent difficile d'identifier précisément la source des déversements peu volumineux et la littérature scientifique fait souvent état de pollutions mystérieuses (*mysterious spills*), c'est-à-dire d'observations d'hydrocarbures en mer ou au rivage dont la source est indéterminée.

L'un des meilleurs exemples est situé en baie de San Francisco (Californie, Etats-Unis). Des échouements de guillemots mazoutés ont été très régulièrement signalés entre 1997 et 2001 à l'entrée de cette baie et, bien que la nature du polluant fût rapidement identifiée (fioul lourd), la source demeurait inconnue. Ce phénomène s'intensifie entre novembre 2001 et janvier 2002, des milliers d'oiseaux s'échouent mais seulement une petite quantité de polluants est retrouvée sur les plages environnantes. La surveillance aérienne est renforcée mais les autorités n'arrivent toujours pas à identifier le point d'écoulement, la NOAA décide d'utiliser l'imagerie satellitaire (images RADARSAT 1 SAR) pour localiser précisément cette source (SIMECEK-BEATTY & CLEMENTE-COLON, 2004). L'origine de ces apports était une épave, le *Jacob Luckenbach*, un navire coulé en 1953 à la suite d'une collision dans le golfe de Farallones (NEVINS & CARTER, 2003).

C'est souvent à l'occasion de naufrages qui font craindre un rejet d'hydrocarbures important que des formes résiduelles d'hydrocarbures sont détectées en mer ou à la côte. Des prélèvements effectués au rivage à la suite du rejet consécutif de l'avarie structurelle du *Pacific Colocotronis* (28/09/1975, ≈ 1 500 tonnes, mer du Nord, au large des Pays-Bas) montrèrent, par exemple, qu'il ne s'agissait pas des hydrocarbures déversés à l'occasion de cette avarie (EROCIPS). Ce fut également le cas du *Méga Borg* en 1990 (09/06/1990, ≈ 15 000 tonnes, Texas, Etats-Unis). Son naufrage ne provoqua pas de pollution côtière, mais des billes de goudron d'une autre origine furent observées au rivage (BERTRAND, 2000). Une situation identique a enfin été rapportée plus récemment à la suite du naufrage du *Flare* à l'est de Cap Breton (16/01/1998, Nouvelle-Ecosse, Canada²⁶⁷). Les boulettes observées sur le rivage étaient du brut et non le fioul contenu dans les soutes de ce vraquier chypriote (LUCAS & MCGREGOR, 2006).

Ces nombreuses détections sont à relier au regain d'attention des autorités maritimes en mer et sur les littoraux avoisinants (survol de la zone d'accident, surveillance des côtes) durant ces épisodes. Dans le cadre de la surveillance aérienne mise en œuvre en mars 1978 pour le suivi de la marée noire provoquée par l'échouement du pétrolier *Amoco Cadiz* à Portsall (Finistère nord), des avions détectèrent des traces d'hydrocarbures à une trentaine de kilomètres au nord de l'épave. Ces nappes, en raison de leur forme allongée et orientée d'est en ouest, semblaient s'apparenter davantage à des rejets opérationnels qu'à du pétrole libéré par l'épave (BERNE *et al.*, 1978). Au cours de la même période, onze prélèvements d'hydrocarbures furent réalisés sur les rivages de Jersey et Guernesey par la R.S.P.B.²⁶⁸ et seulement deux des échantillons prélevés avaient une composition chimique correspondant à celle de la cargaison de l'*Amoco Cadiz* (STRANDING, 1979). Le déversement d'hydrocarbures survenu à la suite de la collision entre le *Tenyo Maru* et le *Tuo Hai* au large de la Colombie britannique en septembre 1992 fut aussi, semble-t-il, l'occasion pour d'autres navires de vidanger les résidus et déchets d'exploitation stockés à leur bord (NOAA, 1992) et ce phénomène s'est manifesté à l'identique durant la marée noire de l'*Erika* en 1999-2000. Une opération « rail propre » menée au large d'Ouessant lors de la deuxième vague d'échouement des nappes de fioul lourd (février 2000) comptabilisa 39 rejets en seulement cinq jours (NAQUET-RADIGUET, 2000).

Nous avons dans les cas présentés ci-dessus deux des principales sources de rejets mineurs : les rejets opérationnels des navires et les épaves polluantes. Il faut également y ajouter, dans certaines régions,

²⁶⁷ 16 947 TJB, 46°27N, 57°12W [OMI, 1999], 300 km au nord-est de Sable Island, Nouvelle Ecosse.

²⁶⁸ Royal Society for the Protection of Birds.

les rejets de l'industrie pétrolière offshore. S'il est important d'évoquer ces sources alors que nous travaillons plus spécifiquement sur les rejets opérationnels des navires, c'est parce que l'origine de nombreux rejets mineurs n'est pas identifiée. Ces exemples sont également intéressants car ils illustrent une nécessité, la connaissance des épaves potentiellement polluantes et des rejets accidentels environnants. Si l'on peut envisager d'étudier les rejets accidentels indépendamment des rejets opérationnels, la situation inverse est plus délicate. Tous les rejets mineurs ne sont pas le résultat de l'exploitation courante des navires et, pour apprécier l'efficacité des mesures mises en œuvre pour réduire ce type de rejets, il faut au préalable identifier les autres sources potentielles d'apports d'hydrocarbures chroniques et peu volumineux dans l'espace considéré pour éventuellement les éliminer.

112. Rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures : caractéristiques générales

Tous les pays riverains de la mer Baltique, de la mer du Nord et de la Manche exercent une surveillance des routes maritimes pour contrôler la mise en œuvre des normes de rejets des navires définies par la Convention MARPOL de 1973 et son Protocole de 1978. Leur volonté de lutter contre les rejets polluants des navires s'est traduite par l'entrée en vigueur d'accords régionaux de coopération, les Accords de Bonn²⁶⁹ (1989) et la convention HELCOM (1993), dans le cadre desquels une surveillance aérienne régulière de la Manche, de la mer du Nord et du golfe de Gascogne a été mise en œuvre pour détecter les infractions aux normes de rejets autorisés et évaluer les risques de pollutions induits. Les normes de vidanges autorisées aujourd'hui applicables aux pétroliers et aux autres navires sont celles de l'amendement de 1993. L'infraction à MARPOL 73/78 est caractérisée lorsque les rejets sont visibles à la surface de la mer car leur teneur en hydrocarbures excède alors le seuil des 15 p.p.m. et se situe vraisemblablement à plus de 100 p.p.m. (SILVESTRE 1997 ; BONN, 2004).

Entre 1998 et 2001, 5 126 déversements d'hydrocarbures au-dessus des normes autorisées ont été observés à l'aide des moyens aériens déployés en mer du Nord, en mer Baltique, en Manche et dans le nord du golfe de Gascogne.

Le volume de ces événements polluants est estimé d'après la morphologie et les couleurs des hydrocarbures observés à la surface de la mer par des observateurs formés à cet effet (code couleur des accords de Bonn). Nous ne disposons de cette information que pour 29 % des observations (mer du Nord et mer Baltique uniquement). D'après ces renseignements, le volume moyen d'un rejet mineur est d'environ 1,09 m³, une valeur voisine de l'estimation effectuée par VOLCKAERT *et al.* (2000) pour les rejets opérationnels d'hydrocarbures des navires détectés dans les eaux marines sous juridiction belge (0,82 m³, N = 228).

Comme les rejets accidentels présentés dans le chapitre précédent, la distribution volumétrique de ces événements est très dissymétrique (indice de Gini et coefficient d'asymétrie élevés : Tableau n°2. 21), les nappes les moins volumineuses étant les plus nombreuses (nappes < 1m³ = 83,6 % n). Cette forme générale traduit la forte contribution des rejets les plus volumineux au volume total déversé durant cette période (Tableau n°2. 21). Il n'est toutefois pas possible d'évaluer d'après ces données le volume total des apports de ce type car ces informations sont trop disparates (BONN, 2005).

²⁶⁹ Manche et mer du Nord.

Tableau n°2. 21. Caractéristiques volumétriques des rejets mineurs d'hydrocarbures en Europe septentrionale et occidentale

(mer Baltique, mer du Nord et espace atlantique, ≤ 50 tonnes [± 10 %], 1998-2001, volume exprimé en mètres cubes)

| | Caractéristiques |
|-------------------------|------------------|
| Effectif (% N) | 1 418 (28,9) |
| Volume moyen | 1,09 |
| Volume médian | 0,08 |
| Volume maximal | 55,0 |
| Volume minimal | 0,00001 |
| Indice de Gini | 0,87 |
| Coefficient d'asymétrie | 8,07 |

Source : Océanides (P32)

S'il est souvent difficile de déterminer la source des nappes d'hydrocarbures de petites dimensions, Il est également parfois délicat de déterminer la nature exacte des hydrocarbures détectés en mer ou au rivage car il s'agit généralement de mélanges de produits divers (FURNESS & CAMPHUYSEN, 1997). De nombreux auteurs ont effectué des analyses chimiques des hydrocarbures prélevés sur le plumage des oiseaux ramassés au rivage depuis le milieu des années 1980 en mer du Nord et les résultats obtenus sont particulièrement intéressants car ils vont *a contrario* d'une idée reçue, la prédominance des rejets de pétroliers.

Aux début des années 1980 (1983-1986), VAUK *et al.* (1987) ont montré, par exemple qu'en basse mer du Nord (Allemagne), plus de 90 % des hydrocarbures analysés étaient des résidus provenant de toutes sortes de navires (résidus de fiouls lourds [*sludge*] et résidus d'eaux mazouteuses). D'autres travaux ont ensuite confirmé ces premiers résultats et prouvé que les rejets opérationnels des navires étaient la principale source d'apport chronique d'hydrocarbures à l'océan dans cette région (Pays-Bas, Danemark et Allemagne : 1990-1992 [DAHLMANN *et al.*, 1994]). Selon DAHLMANN *et al.* (1994), les déballastages et les lavages de citernes des pétroliers ne sont pas une source importante de rejets mineurs dans les années 1990 au Pays-Bas malgré la présence du port de Rotterdam, l'un des plus importants terminal pétrolier au monde, car ces navires vidangent avant de rentrer dans les eaux néerlandaises, exiguës au regard des distances qu'ils ont parcourues. Il existe cependant des contrastes localement. Toujours au début des années 1990, les prélèvements effectués sur des oiseaux au Danemark correspondent surtout à du pétrole brut (DAHLMANN *et al.*, 1994). Aux Shetlands (Royaume-Uni, mer du Nord), à proximité du terminal pétrolier de Sullom Voe, dont l'ouverture en novembre 1978 avait provoqué l'accroissement de la proportion d'oiseaux mazoutés, plus de 60 % des prélèvements effectués sur les oiseaux mazoutés sont composés en 1979-1980 de brut (62,5 %). Cette tendance fut toutefois vite inversée et dès 1982, les résidus de fioul dominaient (67,3 % : HEUBECK, 1987). Entre 2001 et 2004, les rejets effectués dans les eaux alentours sont pour l'essentiel composés de résidus de fioul lourd (89,5 % : HEUBECK, 2006).

L'ensemble de ces analyses montrent que l'essentiel des rejets mineurs d'hydrocarbures détectés dans cette région sont surtout, depuis les années 1980, des déchets mazouteux provenant certainement de la tranche des machines (vidange des eaux de cale, des caisses à boues [huiles usées, déchets mazouteux divers, etc.] et des fonds de séparateur eau – hydrocarbures) et que ces rejets impliquent donc l'ensemble des navires. Les résidus des pétroliers (eaux de ballasts pollués, eaux et boues collectées lors du lavage des citernes, des doubles fonds et du réseau de tuyautage) semblent minoritaires même si l'on a relevé, par le passé, des compositions élevées en pétrole brut à proximité de quelques terminaux pétroliers.

Des résultats similaires et contradictoires ont été obtenus dans d'autres régions du monde. L'origine suspectée des formes résiduelles d'hydrocarbures observées sur les plages de la Californie et de l'Oregon (Etats-Unis, côte Pacifique) était les champs pétrolifères et les vidanges des pétroliers à destination de l'Etat d'Alaska, mais des études révélèrent dans les années 1990 qu'il s'agissait au contraire de Bunker C (fioul lourd utilisé comme combustible par l'ensemble des navires de grande taille) (GOODMAN, 2003). WIESE & RYAN (2003), d'après des relevés effectués sur les oiseaux mazoutés (1984-1999), font le même constat à Terre Neuve (eaux de cale et *sludge* essentiellement : Atlantique du Nord-Ouest), tandis que LUCAS & Mc GREGOR (2006) remarquent qu'en Nouvelle-Ecosse (1996-2005), une région située quelques centaines de kilomètres plus au nord, la situation

observée est inverse (77 % de pétrole brut). Selon ZAKARIA *et al.* (2001), les boulettes observées sur la côte ouest de la péninsule malaise sont surtout, d'après leur poids moléculaire, le résultat des vidanges de pétroliers qui transitent dans le détroit de Malacca en direction du Moyen-Orient. BURNS *et al.* (1982) prouvent d'ailleurs que les formes résiduelles observées sur les littoraux environnants du golfe d'Oman au début des années 1980 étaient essentiellement composées de résidus de lavage des citernes de pétroliers, une situation somme toute logique étant donné qu'il s'agit de la première région d'exportation d'hydrocarbures par voie maritime au monde (grande concentration de ports de chargement).

Les situations sont donc contrastées selon les régions considérées, et l'on peut supposer, en théorie, la proportion de rejets de pétroliers d'autant plus élevée que la route maritime est vouée au transport maritime d'hydrocarbures ou que la région considérée concentre des ports de chargement pour cargaisons pétrolières (Moyen-Orient). La relation entre la présence de terminaux pétroliers (ports de déchargement notamment) et des concentrations élevées de brut à la surface des eaux marines environnantes n'est cependant pas automatique comme en témoignent les résultats de GOODMAN (2003) pour les rivages américains du Pacifique nord et ceux de HEUBECK (1987, 2006) pour les Shetlands en mer du Nord. Les résultats de HEUBECK (1987, 2006) sont intéressants car ils reflètent les effets du renforcement de la surveillance aérienne mise en oeuvre à la suite de l'ouverture du terminal pétrolier de Sullom Voe, les pétroliers arrêtant rapidement de vidanger dans les eaux avoisinantes (dès le début des années 1980).

Plus généralement, la faible proportion des rejets de pétroliers en mer du Nord depuis le début des années 1980 est très certainement, pour partie, le résultat des pressions normative et sociétale exercées sur cette catégorie de navires en particulier, une pression qui n'a eu de cesse de se renforcer au gré des « marées noires »²⁷⁰. On peut donc supposer que la répartition actuelle des observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures, qui concernent l'ensemble des navires, est liée à la géographie des routes maritimes dans cet espace et à la configuration générale du réseau portuaire.

12. Distributions géographique et saisonnière

121. Distribution géographique des rejets mineurs d'hydrocarbures (observations aériennes [1998-2001] et BBS [années 1980-1990])

Observations aériennes d'hydrocarbures (1998-2001)

Environ un tiers des observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures sont effectuées au-delà des eaux territoriales (67,2 % N = 5 126, 1998-2001) en mer Baltique, en mer du Nord, en Manche et dans la partie septentrionale du golfe de Gascogne. Leur répartition diffère sensiblement de celles des rejets accidentels de navires (≥ 50 tonnes, 1965-2004) et de l'ensemble des accidents de navires (navires ≥ 100 TJB, 1999-2003), des événements accidentels situés plus près des côtes (78,7 % et 67 % de ces événements sont localisés à moins de 12 milles nautiques des rivages). Cette différence de répartition résulte de la divergence des circonstances d'introduction des hydrocarbures à l'océan. Dans le cas des rejets opérationnels, on peut supposer que la plupart de ces vidanges sont volontaires et que les navires ont tout intérêt à effectuer cette opération dans les secteurs où la surveillance est moins intense²⁷¹.

La répartition géographique des observations aériennes d'hydrocarbures correspond approximativement aux tracés des principales routes maritimes des mers régionales d'Europe

²⁷⁰ Nous verrons également que l'industrie pétrolière a fait preuve d'innovation technologique en la matière depuis les années 1960, pas nécessairement d'ailleurs pour des raisons environnementales (partie 3, chapitre 1).

²⁷¹ On peut supposer qu'un navire a tout intérêt à effectuer ce type de vidange le plus loin possible des côtes pour éviter d'être repéré par les autorités maritimes. Cependant, l'accumulation de déchets produits dans la tranche des machines n'est maximale qu'à la fin du voyage et l'on peut supposer que la vidange est plutôt effectuée à proximité du port de destination c'est-à-dire vers la fin du voyage. On peut également supposer qu'un même navire vidange plusieurs fois durant le même voyage. Les rejets sont alors moins volumineux et les possibilités de détection sont alors plus réduites. Il ne s'agit-là cependant que d'hypothèses concernant le comportement des navigants.

septentrionale et occidentale (Figure n°2. 14c). Les observations aériennes de nappes d'hydrocarbures sont plus fréquentes en mer du Nord et en mer Baltique qu'en Manche et dans le golfe de Gascogne et la densité des rejets détectés semble corrélée à l'intensité des trafics portuaires de fret (Figure n°2. 14c). On remarque cependant que, dans la partie septentrionale de la mer du Nord, de nombreuses détections sont effectuées à proximité des plates-formes pétrolières offshore (entre les Shetlands et les littoraux norvégiens). On constate également une plus forte concentration de rejets au sud des côtes du Danemark et au nord des rivages allemands de la mer du Nord, et nous ne savons pas si c'est en raison de la proximité du canal de Kiel ou si cette situation résulte, directement ou indirectement, du naufrage du *Pallas* en 1998 (26/10/1998, 244 tonnes). On peut en revanche, affirmer que les rejets opérationnels des navires ne sont pas la seule source d'entrants réguliers d'hydrocarbures en mer dans cette région. Si l'étude de la répartition de ces événements est intéressante car elle montre, d'une part, l'existence d'autres sources de rejets et qu'elle confirme, d'autre part, la relation de proximité existante entre les rejets des navires et les routes maritimes, on peut s'interroger sur la significativité des densités de déversements mineurs calculées d'après cette source de données. Nous ne connaissons pas, en effet, la répartition des heures de vol, cette information étant confidentielle, et cette absence introduit certainement un biais considérable en terme de représentation. Une étude menée par le JRC, sur la base d'observations satellitaires d'hydrocarbures dans cette région, montre d'ailleurs une répartition différente (JRC²⁷²), les contrastes entre Manche et mer du Nord étant moins marqués. Deux études, réalisées cette fois-ci d'après les détections aériennes d'hydrocarbures, l'une à l'échelle de la ZEE allemande en mer du Nord et l'autre sur les eaux canadiennes du Pacifique nord, montrent clairement que la répartition des rejets diffère considérablement lorsque sont pris en compte la répartition des heures de vol par unité d'espace et de temps (SERRA-SOGAS *et al.*, 2007 ; TUFTE *et al.*, 2004). On peut affirmer, dans ces conditions, que la géographie des rejets mineurs obtenue d'après les observations aériennes d'hydrocarbures est peu représentative de la répartition réelle de ce phénomène.

Beached Bird Surveys (BBS : années 1980-1990)

Pour poursuivre cette analyse et connaître également les littoraux fortement exposés à des échouements réguliers d'hydrocarbures, nous avons effectué une revue de littérature sur les BBS réalisés en Europe (Tableau n°2. 22). Le taux de mazoutage (*oil rate*) qui est dérivé des résultats de ces enquêtes est intéressant car il exprime la probabilité qu'un oiseau marin « rencontre » une nappe d'hydrocarbures en mer, et reflète ce faisant, l'ampleur des rejets chroniques d'hydrocarbures sur un pas de temps défini et dans une région déterminée (CAMPHUYSEN, 1998).

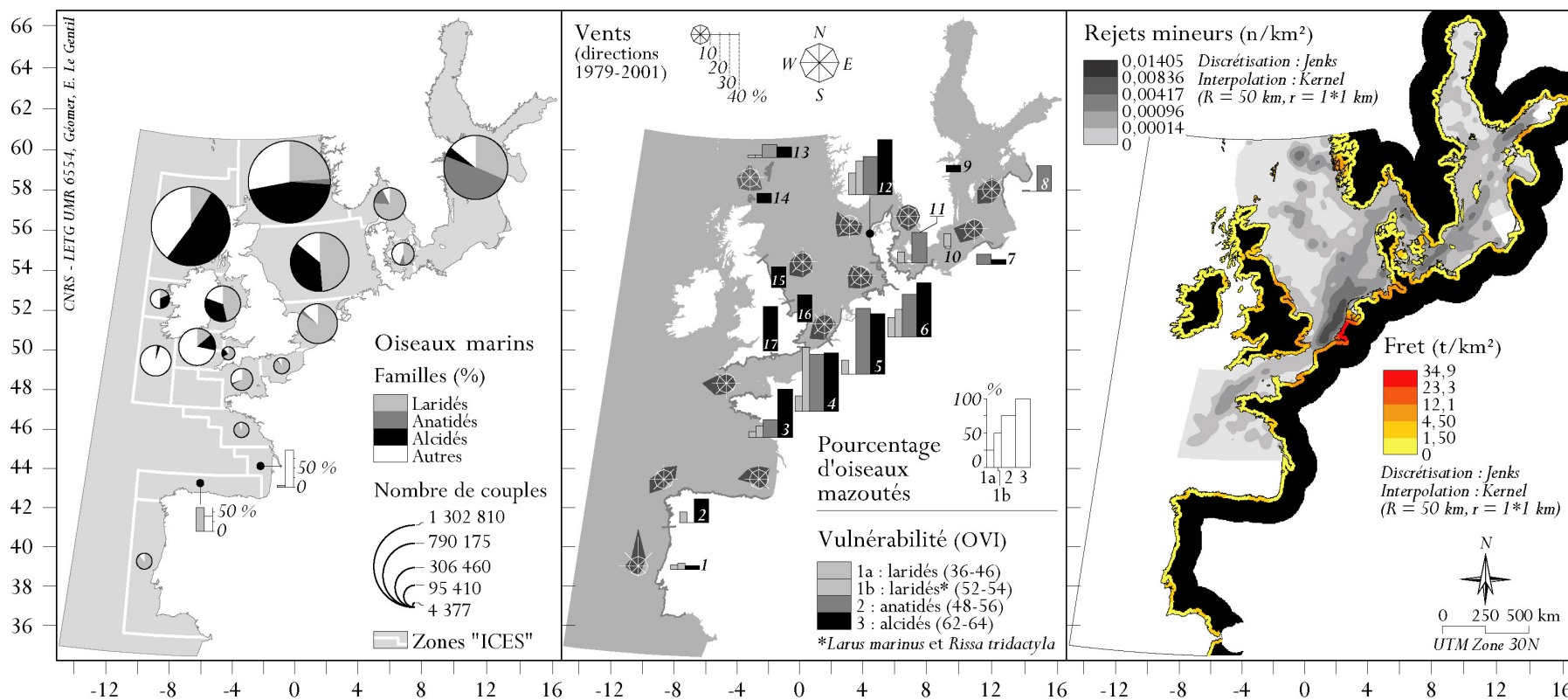
²⁷² Site Internet. L'intérêt du travail mené par le JRC est que la cartographie réalisée d'après cette imagerie tient compte de l'intensité de la couverture satellitaire (les densités d'observation de rejets sont pondérées par cette variable). La principale limite est que cette étude est limitée à l'année 2000.

Figure n°2. 14a/b/c. Répartition des rejets mineurs d'hydrocarbures en Europe septentrionale et occidentale d'après les BBS (répartition des populations [a : années 1990-2000] et des pourcentages d'oiseaux mazoutés échoués sur les côtes [b : années 1980-1990]) et les observations aériennes d'hydrocarbures (c : 1998-2001)

Figure a. Répartition (par zone ICES) des principaux sites de nidification d'oiseaux marins (années 1990 et 2000)

Figure b. Répartition des pourcentages d'oiseaux mazoutés (BBS) dans les années 1980-1990 au regard de la direction des vents dominants (période 1979-2001)

Figure c. Répartition des observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures (< 50 tonnes, 1998-2001, N = 4 907 rejets mineurs) au regard des trafics portuaires de fret (> 100 000 tonnes, 2000-2001, n = 414 ens. port.)



Sources : ICES (Working Group on Seabird Ecology, 2002)

Sources : oiseaux mazoutés (P41 et sources diverses [voir tableau n° ?]); vents (EUROSION : P51)

Sources : observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures (P32); trafics portuaires (P11)

Remarque : sur la figure b (pourcentages d'oiseaux mazoutés), les numéros des histogrammes renvoient aux régions où ont été effectuées les "Beached Bird Survey (BBS)" (voir tableau n° ?)

Tableau n°2. 22. Sources et caractéristiques par zone des données recensées dans la littérature (oiseaux marins recensés lors des BBS) pour étudier la répartition des rejets mineurs d'hydrocarbures en Europe septentrionale et occidentale (Figure n°2. 14b)

| Mer régionale (du nord au sud) | N° | Familles | OVI | Période | Oiseaux marins | | | Saison, mois | Auteurs |
|-----------------------------------|----|---------------------|----------------|-----------|----------------|--------------|-------------|----------------|--|
| | | | | | Echoués (Σ) | Mazoutés (Σ) | Taux (%) | | |
| Baltique | 9 | Alcidés | 62 | 1985-1994 | N.p. | N.p. | ≈ 10 | N.p. | OLSSON <i>et al.</i> , 2000 |
| Baltique | 8 | Anatidés Laridés | 48-52 36-42 | 1988-1993 | 564 1 620 | 213 24 | 37,8 1,5 | Janv./déc. | KUROCHKIN, 1993 |
| Baltique | 7 | Alcidés | 62-64 | 1980-1987 | N.p. | N.p. | 6,3 | Nov./avril | MEISSNER, 1989 |
| | | Anatidés | 48-52 | 1985-1991 | N.p. | N.p. | 14,2 | Nov./avril | MEISSNER, 1992 |
| Baltique | 10 | Laridés | 36-46 | 1987-1993 | N.p. | N.p. | 17,6 | Février | LARSEN <i>et al.</i> , 2007 |
| Baltique/ mer du N. | 11 | Anatidés | 52-56 | 1987-1988 | 200 | 88 | 44,0 | Février | SKOV, 1989 |
| | | Laridés | 36-42 | | 212 | 32 | 15,1 | | |
| Mer du N. | 12 | Alcidés | 62 | 1984-1989 | N.p. | N.p. | 79,8 | Février | CAMPHUYSEN, 2005a |
| | | Anatidés | 56 | 1985-1989 | N.p. | N.p. | 55,1 | Février | CAMPHUYSEN <i>et al.</i> , 2005a |
| | | Laridés | 54 | 1980-2005 | 970 | 476 | 49,1 | Fév./mars | LARSEN <i>et al.</i> , 2007 |
| | | Laridés | 42 | 1985-1989 | N.p. | N.p. | 31,6 | Février | CAMPHUYSEN <i>et al.</i> , 2005a |
| Mer du N. | 6 | Alcidés | 62-64 | 1983-1986 | 3 543 | 2 782 | 78,5 | Nov./ avril | VAUK <i>et al.</i> , 1989 |
| | | Anatidés | 52-56 | | 7 269 | 4 498 | 61,9 | | |
| | | Laridés | 52-54 | | 3 106 | 1 258 | 40,5 | | |
| | | Laridés | 36-46 | | 4 683 | 1 333 | 28,5 | | |
| Mer du N. | 5 | Alcidés | 62-64 | 1980-1989 | N.p. | N.p. | 87,5 | Février | Nederlandse Zeevogelgroep ² |
| | | Anatidés | 56 | 1985-1989 | N.p. | N.p. | 95,5 | Février | CAMPHUYSEN <i>et al.</i> , 2005a |
| | | Laridés | 42 | | N.p. | N.p. | 20,2 | | |
| Mer du N. | 4 | Alcidés | 62-64 | 1980-1989 | 207 | 176 | 84,9 | Février | SEYS <i>et al.</i> , 2002a |
| | | Anatidés | 52 | | 39 | N.p. | 83,0 | | |
| | | Laridés | 54 | | 91 | N.p. | 93,0 | | |
| | | Laridés | 36-46 | | 83 | N.p. | 22,0 | | |
| Mer du N. | 13 | Alcidés | 62-64 | 1979-1986 | 5 973 | 912 | 15,3 | Hiver | HEUBECK, 1987 |
| | | Anatidés | 56 | | 259 | 48 | 18,5 | | |
| | | Laridés | 52-54 | | 4 006 | 125 | 3,1 | | |
| | | Laridés | 36-46 | | 1 928 | 65 | 3,4 | | |
| Mer du N. | 14 | Alcidés | 62 | 1980-1989 | N.p. | N.p. | 14,2 | Février | CAMPHUYSEN, 2005a |
| Mer du N. | 15 | Alcidés | 62 | 1983-1986 | N.p. | N.p. | 30,1 | Février | CAMPHUYSEN, 2005a |
| Mer du N. | 16 | Alcidés | 62 | 1981-1986 | N.p. | N.p. | 39,6 | Février | CAMPHUYSEN, 2005a |
| Manche | 17 | Alcidés | 62 | 1983-1986 | N.p. | N.p. | 64,2 | Février | CAMPHUYSEN, 2005a |
| Manche/ golfe de Gascogne | 3 | Alcidés | 62-64 | 1980-1984 | 1 154 | 808 | 70,0 | Février | BARGAIN <i>et al.</i> , 1986 |
| | | Anatidés | 52 | | N.p. | N.p. | 25,5 | | |
| | | Laridés | 54 | | 362 | 62 | 17,0 | | |
| | | Laridés | 42 | | 217 | 18 | 8,5 | | |
| Golfe de Gascogne | 2 | Alcidés | 62 | 1984-1987 | 117 | 68 | 34,2 | Février | BERMEJO, 1987 <i>in</i> SKOV, 1989 |
| | | Laridés | 36-46 | 1987-1988 | 166 | 25 | 15,1 | Février | SKOV, 1989 |
| Péninsule Ibérique | 1 | Alcidés | 62-64 | 1984-1986 | 1 692 | 92 | 5,4 | Nov./ mars | TEIXEIRA, 1986 |
| | | Laridés | 54 | | 1 058 | 97 | 9,2 | | |
| | | Laridés | 36-46 | | 654 | 46 | 7,0 | | |

¹N.p. : information non précisée

²Données consultables à l'adresse suivante (<http://www.mnp.nl/mnc/i-en-1254.html>)

Tous les oiseaux marins n'ont pas le même comportement et il faut donc, pour interpréter le taux de mazoutage par espèce, tenir compte de leur indice de vulnérabilité aux hydrocarbures (OVI²⁷³).

Le principal intérêt de ces informations, nous l'avons déjà précisé, réside dans leur disponibilité en de nombreux endroits et sur de longues périodes. Pour réaliser la cartographie de l'exposition des eaux marines et des littoraux des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale d'après ce bio-indicateur, nous avons retenu la période pour laquelle le maximum d'information était disponible. Nous voulions couvrir une zone qui soit la plus étendue possible, et intégrer notamment les informations existantes sur la partie méridionale et atlantique de l'Europe, secteurs pour lesquels nous ne disposons pas d'observations aériennes de rejets mineurs. En raison de ces exigences, la période

²⁷³ OVI : Oil Vulnerability Index.

retenue est assez étendue (années 1980-1990) et diffère de celle des observations aériennes d'hydrocarbures. Conformément aux indications de SEYS *et al.* (2002b), nous n'avons retenu que les informations dérivées des BBS, n'avons pris en compte que les études portant sur plus de 25 oiseaux mazoutés dont le corps est entier (à l'exception de la Suède en mer Baltique), n'avons considéré que les enquêtes menées lors des périodes où l'abondance des oiseaux marins est maximale (mois d'hiver) et avons tenté, autant que possible, de considérer plusieurs années de données par secteur. Nous avons enfin effectué des regroupements par espèce dont les OVI sont proches ou similaires (regroupement par familles généralement) pour s'autoriser des comparaisons régionales. Précisons pour conclure sur l'aspect méthodologique qu'il n'existe pas de relation linéaire entre le taux de mazoutage et le nombre d'oiseaux ramassés au rivage durant ces enquêtes ($r = -0,0174$; $F = 0,01$; $P > 0,1$; $n = 25$ [$n = 62,5$ % N^{274}]), pas plus d'ailleurs qu'il n'existe, très logiquement, de corrélation spatiale entre le taux de mazoutage et le nombre de couples d'oiseaux comptabilisés par zone ICE²⁷⁵ (sites de nidification : Figure n°2. 14a). Cette absence de relation entre abondance (sites de nidification, nombres d'oiseaux comptabilisés au rivage durant les BBS) et taux de mazoutage²⁷⁶ confirme l'intérêt de ces données pour mener des comparaisons régionales à la condition essentielle que l'on compare des espèces dont les OVI sont proches. La principale limite de cette démarche est que, malgré nos efforts pour trouver des informations concernant des périodes similaires en divers endroits, toutes les BBS ne se recouvrent pas totalement dans le temps. Nous avons tenté de limiter l'effet induit par ces divergences en prenant en compte des périodes les plus étendues possibles à l'échelle des années 1980-1990 (10 années au maximum).

La compilation des résultats obtenus d'après ces enquêtes par les ornithologues européens est intéressante car elle apporte un éclairage un peu différent de la géographie des rejets mineurs telle que nous l'avons observée d'après les détections aériennes²⁷⁷.

D'après les taux de mazoutage, le contraste entre mer du Nord et Manche est moins marqué (alcidés) et celui existant entre mer du Nord et mer Baltique l'est davantage (anatidés). En terme d'échouements au rivage, les littoraux face aux vents dominants sont les plus exposés. La péninsule Ibérique n'est, semble-t-il, pas une région où les taux de mazoutage sont élevés, ce qui laisse supposer que le nombre de rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures est moins important dans ce secteur que dans les régions situées plus au nord. La correspondance entre le taux relevé en Espagne et le niveau de circulation maritime observée au cap Finisterre est assez cohérente, d'autant plus que le régime des vents dominants à l'échelle annuelle²⁷⁸ est de secteur sud-ouest dans cette région. La pertinence de cet indicateur est plus discutable au Portugal où la circulation maritime équivaut à celle du cap Finisterre mais où l'orientation des vents dominants diffère. La probabilité que des oiseaux mazoutés dans les eaux marines environnantes s'échouent sur ces rivages est donc plus faible que dans les régions plus nordiques où les vents sont surtout de secteur ouest (Figure n°2. 14b).

La pertinence des taux de mazoutage dans les régions situées les plus au sud de notre zone d'étude semble moins manifeste qu'en Manche/Gascogne, mer du Nord et mer Baltique. Nous évoquons d'ailleurs, au début de cette section consacrée aux oiseaux mazoutés, l'absence de relation entre abondance et taux de mazoutage, mais ce postulat doit d'être nuancé. En fait, l'hypothèse d'indépendance semble réaliste jusqu'à un certain seuil. Pour les alcidés par exemple, dès lors que leur nombre en mer est très réduit, cela se traduit au rivage par des taux de mazoutage extrêmement différents d'une enquête sur l'autre (et des nombres très réduits d'oiseaux sont utilisés pour calculer le taux de mazoutage), un seul événement polluant pouvant considérablement influencer la proportion d'oiseaux mazoutés ramassés au rivage. Le taux de mazoutage n'est donc, semble-t-il, un indicateur pertinent que pour les mers régionales d'Europe du Nord (Manche et golfe de Gascogne incluses).

Précisons enfin que c'est le taux de mazoutage des alcidés, et notamment celui du guillemot de Troil (*Uria aalge*), moins présent en Europe méridionale, qui est le plus représentatif selon CAMPHUYSEN (1998), du niveau des rejets d'hydrocarbures en mer car ces oiseaux sont répartis à

²⁷⁴ $N = 40$ c'est-à-dire le nombre total d'enquêtes consultées.

²⁷⁵ Du moins en Europe du Nord-ouest. Pour ne citer qu'un exemple, il y a plusieurs centaines de milliers de couples d'alcidés qui nidifient aux Shetlands et ce n'est pas pour autant que le taux de mazoutage y est élevé.

²⁷⁶ Si cette relation n'existe pas à l'échelle des mers régionales européennes, la situation peut être en revanche différente à grande échelle.

²⁷⁷ La possibilité de comparaison entre ces deux cartes est évidemment très limitée puisque l'une et l'autre ne recouvrent pas la même période.

²⁷⁸ Nous ne disposons pas de ces informations à l'échelle saisonnière.

proximité des routes maritimes et sur des aires marines nord et ouest européennes très larges (CADIOU *et al.*, 2004). C'est avec cette espèce que les tendances spatiotemporelles des rejets mineurs d'hydrocarbures ont été évaluées (partie 3, chapitre 2).

Pour affiner la mesure du taux d'exposition des mers régionales, il nous a semblé intéressant de comparer les rejets détectés à l'aide de moyens aériens aux taux de mazoutage du guillemot de Troil en divers endroits.

Les observations aériennes ont été pondérées par le nombre d'heure de vol, une information uniquement disponible à l'échelle des territoires maritimes nationaux (ZEE et mers territoriales). Les heures de vol ont été normalisées car il existe de grandes disparités entre les vitesses des avions utilisés par les autorités maritimes des différents pays et tous ne couvrent donc pas la même surface en une heure de vol. L'heure de vol normalisée correspond dans le cadre de cette étude à une heure de télédétection aéroportée à la vitesse de 170 nœuds. Nous n'avons pas non plus considéré l'ensemble des données disponibles (nombres de rejets et nombres d'heures de vol) pour chaque mer régionale car l'objectif est d'apprécier l'ampleur des rejets opérationnels des navires. En mer du Nord, les ZEE du Royaume-Uni et de la Norvège ont été exclues car toutes deux font l'objet d'une exploitation pétrolière offshore et parce qu'elles sont situées, pour partie, à l'écart des plus importantes routes maritimes. En Manche, seules les données disponibles pour la ZEE française ont été considérées car les heures de vol du Royaume-Uni recouvrent à la fois les espaces Manche et mer du Nord. Enfin, en mer Baltique, les informations disponibles pour la Fédération de Russie et la Lituanie ne sont pas disponibles. Les taux de mazoutage utilisés sont ceux relevés sur les rivages situés à proximité des principaux axes maritimes. La période considérée pour ces deux indicateurs est plus étendue pour produire un taux moyen plus représentatif.

Tableau n°2. 23. Exposition régionale aux rejets mineurs d'hydrocarbures près des grandes routes maritimes (mer Baltique, Basse mer du Nord [partie orientale, de la Belgique jusqu'au Danemark] et Manche, observations aériennes par heure de vol normalisée [1995-2004], taux de mazoutage [1995-2003])

| | Surfaces (km ²) | Rejets (Σ) | n. rej/ 1 000 km ² /an | Heures de vol normalisées ^d | n. rej/h. vol normalisée /an | % de guillemots mazoutés (moyenne annuelle 1995-2003) ^e |
|--------------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------------|--|------------------------------|--|
| Mer Baltique ^a | 362 241 | 4 219 | 1,16 | 43 898 | 0,010 | |
| Basse mer du Nord ^b | 220 415 | 5 413 | 2,46 | 21 050 | 0,026 | 64,9 ^f / 55,5 ^g |
| Manche ^c | 56 309 | 251 | 0,45 | 4 213 | 0,006 | 68,6 ^h / 61,6 ⁱ |

^aLes ZEE de la Fédération de Russie et de la Lituanie sont exclues.

^bLes ZEE du Royaume-Uni et de la Norvège sont exclues.

^cZEE Française comprise à l'intérieur de la zone des accords de Bonn uniquement (la limite sud est située à la hauteur d'Ouessant).

^dHeure de vol normalisée : une heure de télédétection aéroportée à la vitesse de 170 nœuds.

^eA l'exception des littoraux de Bretagne, les données disponibles correspondant aux années 1995 et 1996.

^fPays-Bas (CAMPHUYSEN, 2005a).

^gDanemark (CAMPHUYSEN, 2005a).

^hRoyaume-Uni, Manche centrale (CAMPHUYSEN, 2005a).

ⁱBretagne, Manche occidentale (CADIOU, 1995, 1996).

Sources : rapports annuels des accords de Bonn et de la convention HELCOM (1995-2004), BBS *in* CAMPHUYSEN (2005a) et BBS *in* CADIOU (1995, 1996)

D'après le nombre de rejets par heure de vol normalisée, la basse mer du Nord est la région la plus exposée aux déversements mineurs d'hydrocarbures en comparaison de la Manche et de la mer Baltique. Les écarts constatés entre tous ces espaces demeurent considérables malgré la pondération opérée. En revanche, la différence entre Manche et basse mer du Nord n'existe plus lorsque l'on examine les taux de mazoutage des guillemots. En Bretagne, la proportion de guillemots mazoutés est d'environ 60 % au milieu des années 1990 (61,6 % : CADIOU, 1995, 1996), tandis qu'en mer Baltique, elles sont d'environ 10-15 % en Pologne et en Suède à la fin des années 1980 et au début des années 1990 (1985-1992 [MEISSNER, 1992] ; 1985-1994 [OLSSON *et al.*, 2000]). Les taux de la Baltique ne sont pas reportés dans le Tableau n°2. 23 car ils correspondent à des périodes trop éloignées de la période 1995-2003. Ces deux indicateurs donnent donc une vision très différente de l'ampleur des rejets mineurs, notamment entre Manche et basse mer du Nord. Il est difficile d'affirmer

si un indicateur est plus représentatif qu'un autre car tous deux présentent des contraintes considérables en terme d'interprétation.

Les taux de mazoutage dérivés des BBS, en plus des contraintes précédemment évoquées²⁷⁹, doivent être interprétés avec prudence car tous les oiseaux mazoutés en mer ne sont pas retrouvés au rivage. Cela dépend pour partie de l'orientation des vents dominants et de la distance séparant l'oiseau de la côte au moment où il rencontre une nappe d'hydrocarbures. Des expériences²⁸⁰ menées en Amérique du Nord et en Europe donnent une idée du pourcentage d'oiseaux mazoutés qui rejoignent le rivage. Pour les laridés, la proportion en Manche est d'environ 20 % et elle est comprise entre 10 et 40 % en mer du Nord (WIESE & JONES, 2001). Nous n'avons pas trouvé de données équivalentes pour les alcidés. Tous les oiseaux ne sont pas non plus repérés une fois qu'ils se sont échoués, même avec des observateurs expérimentés, toutes sortes de nécrophages pouvant faire disparaître rapidement les cadavres. L'influence de ce facteur varie certainement suivant les sites pris en compte. Le taux de persistance est toutefois similaire en Belgique et aux Pays-Bas (VAN PELT & PIATT, 1995), mais, là encore, nous ne disposons pas d'informations sur ce sujet pour les littoraux bordant la Manche. Cependant, pour réduire autant que possible toutes ces contraintes, la prise en compte simultanée de plusieurs sites, les linéaires de côte importants qui sont visités à chaque enquête (\approx 200-300 km pour les enquêtes consultées), la répétition des relevés aux mêmes endroits, l'emploi d'une seule espèce dont le comportement et la répartition sont connues (guillemots de Troil), procurent à cet indicateur une représentativité incontestable dès lors que plusieurs années de mesure sont considérées.

L'ampleur des rejets mineurs décrite par le nombre d'observations aériennes par heure de vol normalisée est également difficile à interpréter. Pourquoi les navires se mettent-ils tous subitement à rejeter déchets et résidus mazouteux en basse mer du Nord ? Le contraste observé entre Manche et basse mer du Nord est tellement important que la différence en terme de nombre de navires y circulant ne peut totalement expliquer le contraste observé entre ces deux espaces. Existe-t-il, d'ailleurs, une relation linéaire entre nombre de rejets détectés et nombres d'heures de vol comme le laisse supposer l'emploi de la pondération. C'est très certainement le cas jusqu'à un certain niveau de surveillance mais passé un seuil (?), ce postulat est déjà plus critiquable²⁸¹. Il existe également de grandes différences de superficie entre les espaces qui sont surveillés. On peut penser que la surveillance aérienne mise en oeuvre (à effort égal) pour dissuader l'usage du rejet volontaire est d'autant plus efficace que l'espace marin à surveiller est de surface réduite²⁸² d'où l'usage plus modéré de la vidange délibérée en eaux resserrées qu'en eau libre. La différence entre Baltique et mer du Nord²⁸³ peut se comprendre de ce point de vue mais des contrastes si considérables entre Manche et Belgique par exemple n'ont pas grand sens (0,035 rejets/heure de vol normalisée en Belgique et 0,006 rejets/heure de vol normalisée en ZEE française [Manche], 1995-2004). Il faut également préciser que la France n'a pas pendant longtemps jugé utile de faire des observations de nuit, l'identification des contrevenants et le recueil des preuves²⁸⁴ nécessaires pour entamer d'éventuelles poursuites judiciaires étant plus difficiles (BONN, 2003). Signalons enfin que le comportement des observateurs des douanes françaises diffère suivant la jurisprudence : ils reportent plus facilement l'ensemble des rejets détectés lorsque les contrevenants identifiés sont condamnés par les tribunaux maritimes que dans le cas contraire (entretien avec Y. RABUTEAU, 2007). L'attitude des autorités maritimes françaises est donc particulière puisqu'il ne s'agit pas d'évaluer le niveau des rejets mais plutôt de détecter les contrevenants au motif que c'est la méthode qui permet de diminuer les déversements en mer (théorie de la dissuasion²⁸⁵). C'est une condition nécessaire mais pas suffisante, d'autres facteurs étant susceptibles d'influencer le niveau des rejets (disponibilité et coûts des stations portuaires de réception

²⁷⁹ Le contexte hydrométéorologique au moment de l'enquête peut influencer très largement le nombre d'oiseaux échoués au rivage, etc. : partie 1, chapitre 2.

²⁸⁰ Des lots d'oiseaux sont rejetés en mer à différentes distances de côtes et les auteurs de ces études tentent ensuite de les retrouver au rivage.

²⁸¹ Plus le nombre d'heures de vol est élevé et plus le nombre de rejets détectés est important mais jusqu'à un certain seuil de surveillance étant donné que le nombre de rejet n'est pas infini. Notons également que le risque de double compte augmente avec l'augmentation de la surveillance aérienne si la nappe est persistante et qu'elle est située dans un endroit où les vents forts sont peu fréquents.

²⁸² Les avions de surveillance couvrent plusieurs fois un territoire réduit alors qu'un vaste espace n'est couvert qu'une seule fois en effectuant le même nombre d'heure de vol. La surveillance aérienne est dans ces conditions très diversement dissuasive.

²⁸³ Une différence que l'on retrouve à la fois au niveau des taux de mazoutage (si on considère les données du début des années 1990 comme représentative) et au niveau des observations aériennes de polluant par heure de vol normalisée.

²⁸⁴ Photographie du navire en train de vidanger, recueil d'échantillon du produit déversé, témoignage de l'observateur des Douanes ou de la Marine nationale, etc.

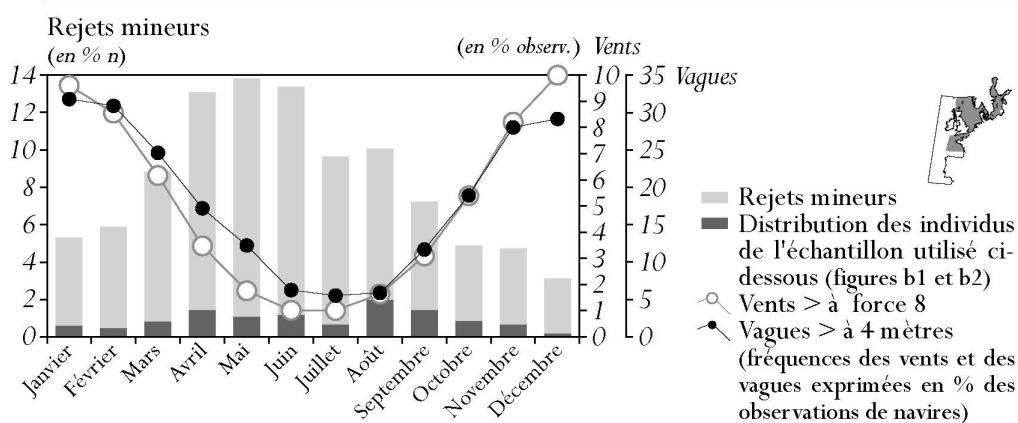
²⁸⁵ Voir à ce propos WEBER & CREW (1999) sur le caractère dissuasif des amendes.

des déchets, par exemple). On peut enfin s'interroger à propos de l'influence des conditions hydrométéorologiques sur le niveau des observations et, dans l'affirmative, de la portée de ce facteur sur les différences régionales observées.

122. Distribution mensuelle des observations aériennes de rejets mineurs (1998-2001)

La répartition mensuelle des observations aériennes de nappes d'hydrocarbures dans l'ensemble des mers régionales couvertes est très irrégulière (mer Baltique, mer du Nord, Manche et partie septentrionale du golfe de Gascogne). Beaucoup plus de nappes d'hydrocarbures sont détectées durant les mois du printemps et d'été qu'en hiver et leur distribution est inversement corrélée à celles des fréquences des vents de plus de force 8 et des vagues de plus de 4 mètres (Figure n°2. 15).

Figure n°2. 15. Distribution mensuelle des observations de rejets mineurs d'hydrocarbures en mer Baltique, mer du Nord et en Manche/Gascogne (n = 3 126 [n = 63,7 % N²⁸⁶])



Sources : rejets mineurs et informations afférentes (POLREP [P32]), vents et vagues (PILOT CHARTS, 2002 [P52])

La morphologie des nappes détectées diffère également suivant la force du vent enregistré au moment de l'observation (Figure n°2. 16a/b). La morphologie est décrite par la surface et par l'indice de forme²⁸⁷ du rejet observé. L'indice de forme traduit (très) approximativement la forme de la nappe détectée. Il se rapproche de 1 si sa forme est ramassée et de 0 lorsqu'elle est allongée. Les pollutions de sillage ont la particularité d'être plus ou moins allongées selon la durée de la vidange et la vitesse du navire (VOLCKAERT *et al.*, 2000) et l'on peut penser qu'elles sont d'autant plus allongées que les rejets sont récents. Après le déversement, la nappe se disperse et sa forme change sous l'action des vents dominants.

Pour apprécier l'importance des relations supposées entre force du vent au moment de la détection et morphologie des rejets (surface et indice de forme), nous avons procédé à une analyse de variance²⁸⁸. Nous avons associé une probabilité aux résultats obtenus car les informations relatives à la morphologie de l'observation d'hydrocarbures n'est disponible que pour un nombre restreint d'individus (n = 349, Manche/Gascogne et mer Baltique). La relation entre la force du vent au moment de l'observation et la surface moyenne du déversement est significative ($\eta^2 = 0,729$; $P < 0,05$). C'est également le cas entre la force du vent au moment de l'observation et l'indice de forme moyen des rejets détectés ($\eta^2 = 0,733$; $P < 0,05$). Les surfaces moyennes des nappes d'hydrocarbures détectées sont plus importantes lorsque les vents sont forts tandis que la valeur moyenne des indices de forme est plus faible (Figure n°2. 16a/b). Autrement dit, seuls les rejets dont les surfaces sont importantes sont détectés lorsque le vent forçait et il s'agit des rejets les plus récents, les autres s'étant très certainement déjà dispersés.

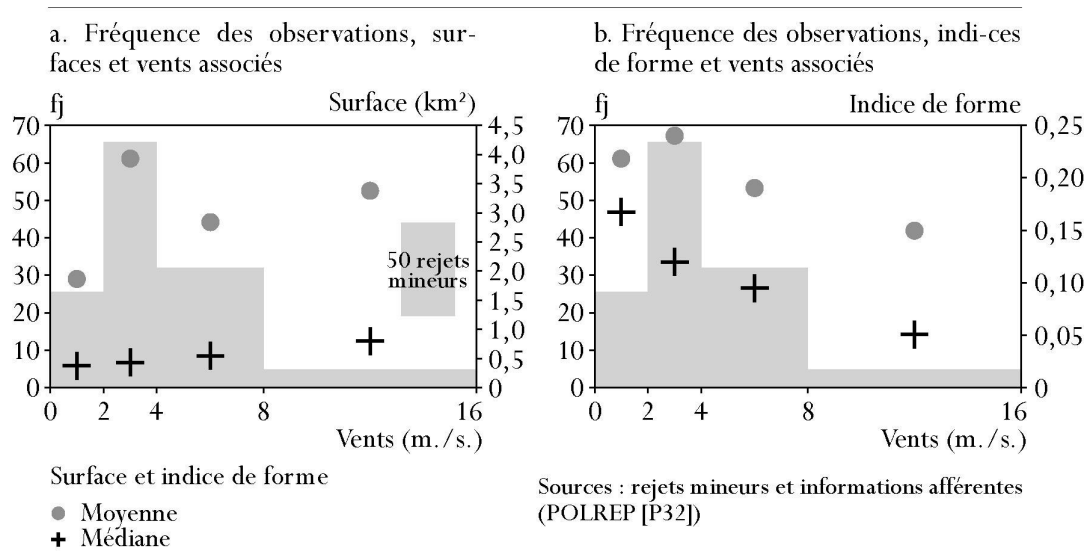
²⁸⁶ N = 4 907 observations aériennes de rejets mineurs pour la période 1998-2001.

²⁸⁷ L'indice de forme équivaut au rapport entre la largeur et la longueur de la nappe d'hydrocarbures détectée.

²⁸⁸ Etude de la relation supposée entre une variable quantitative continue et une variable catégorielle.

On peut s'interroger, dans ces conditions, sur les répercussions induites par ce phénomène lorsque l'on veut effectuer des comparaisons régionales, surtout si les caractéristiques hydrométéorologiques des zones considérées diffèrent sensiblement.

Figure n°2. 16(a/b). Fréquence des observations (f_j , nombre de rejets exprimé en fréquence d'effectifs) et morphologie (surfaces et indices de forme) des rejets mineurs d'hydrocarbures en fonction de la force du vent enregistrée au moment de leur détection (n = 349 [7,1 % N])



Nous avons comparé les caractéristiques des nappes détectées dans deux zones distinctes. Ne disposant pas d'informations sur la morphologie des rejets observés en mer du Nord, la comparaison effectuée concerne les observations réalisées en mer Baltique et dans l'espace Manche/golfe de Gascogne (Tableau n°2. 24a/b). On remarque que les valeurs moyennes et médianes des indices morphologiques des rejets observés dans ces deux espaces ne sont pas du tout du même ordre. La surface (moyenne et médiane) des observations aériennes de polluant est plus élevée en Manche et dans le golfe de Gascogne et, inversement, les indices de formes correspondants sont plus importants en Baltique qu'en Manche/Gascogne (Tableau n°2. 24). Pour tester la significativité statistique des différences observées, les effectifs de chaque échantillon régional étant très différents, nous avons procédé à un test de comparaison des médianes (test de Kruskal-Wallis²⁸⁹), le test de comparaison des moyennes²⁹⁰ n'étant pas ici recommandé car les distributions étudiées s'écartent trop de la normalité. Les différences évoquées ci-dessus sont toutes deux significatives (surface : $[Kw = 6,33, P < 0,05]$; indice de forme $[Kw = 63,61, P < 0,01]$) et ne sont donc pas totalement le fait du hasard. On remarque également que les valeurs moyennes et médianes des vents relevés lors de ces observations diffèrent considérablement suivant les espaces considérés ce qui confirme l'influence du vent comme facteur limitant en terme d'observation.

Lorsque l'on compare le contexte hydrométéorologique de ces deux espaces, on constate toutefois qu'il n'y a pas de grande différences entre les vents moyens²⁹¹ qui y ont été mesurés mais que la hauteur moyenne des vagues est en revanche sensiblement plus importante en Manche/Gascogne qu'en mer Baltique (période 1979-2001). Ce fait est intéressant car il semble qu'au vent s'ajoute l'état d'agitation de la mer comme facteur limitant les possibilités d'observation des hydrocarbures sur l'océan. Plus la mer est formée et plus les nappes disparaissent rapidement. Les nappes observées en Manche/Gascogne sont à la fois de surfaces généralement plus importantes et leur indice de forme réduit laisse supposer qu'il s'agit très souvent de rejets très récents. Il se peut, dans ces circonstances, qu'un nombre assez considérable de vidanges ne soient pas détectées en Manche/Gascogne alors qu'elles le sont en mer Baltique. N'ayant pu procéder aux mêmes types de comparaison entre

²⁸⁹ Le test Kruskal-Wallis teste l'hypothèse nulle d'égalité des médianes (voir partie 1, chapitre 2).

²⁹⁰ L'emploi du test de Fisher pour tester l'hypothèse d'égalité des moyennes n'est robuste que si les distributions suivent une loi normale.

²⁹¹ Il faudrait dans l'idéal travailler sur la fréquence des vents forts (> 8 m/s) et non sur le vent moyen, mais nous ne disposons pas de cette information.

Manche/Gascogne et mer du Nord, nous ne saurions dire cependant si l'écart observé en terme de nombre de rejets détectés par heure de vol normalisée est pour partie lié au contexte hydroclimatique (la hauteur des vagues diffère sensiblement). Dans les rapports des accords de Bonn, le pourcentage de rejets détectés dont le volume est supérieur à 1 m³ est toutefois bien plus important en Manche que dans les eaux de la mer du Nord, ce qui tend à confirmer cette hypothèse (BONN, 2004, 2003, 2002, 2001).

Tableau n°2. 24(a/b). Variations régionales de la morphologie des rejets mineurs d'hydrocarbures (échantillon présenté dans la Figure n°2. 16a/b [n = 349]) au regard des vents mesurés lors de leur détection et du contexte hydroclimatique régional correspondant

Tableau a. Mer Baltique (n = 268)

| | Rejets mineurs | | | | | Contexte hydroclimatique | |
|------------|----------------|--------------|-----------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|
| | Longueur (km) | Largeur (km) | Indice de forme | Surface (km ²) | Vents associés (m/s) | Vents moyens (m/s) | Hauteur des vagues (Hs, en mètres) |
| Moyenne | 4,4 | 0,5 | 0,25 | 2,8 | 4,4 | 7,21 | 1,12 |
| Médiane | 2,0 | 0,2 | 0,16 | 0,4 | 4,0 | 7,44 | 1,12 |
| Ecart-type | 7,4 | 0,8 | 0,26 | 6,7 | 2,7 | 0,47 | 0,14 |

¹Hs : Hauteur significative

Tableau b. ZEE France Manche et golfe de Gascogne (n = 81)

| | Rejets mineurs | | | | | Contexte hydroclimatique | |
|------------|----------------|--------------|-----------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|
| | Longueur (km) | Largeur (km) | Indice de forme | Surface (km ²) | Vents associés (m/s) | Vents moyens (m/s) | Hauteur des vagues (Hs, en mètres) |
| Moyenne | 15,4 | 0,3 | 0,02 | 4,4 | 6,7 | 7,83 | 2,30 |
| Médiane | 11,1 | 0,1 | 0,01 | 0,9 | 6,2 | 7,94 | 2,37 |
| Ecart-type | 14,8 | 0,7 | 0,19 | 9,7 | 3,5 | 0,38 | 0,43 |

Sources : rejets mineurs (POLREP et informations afférentes [P32]) ; contexte hydrométéorologique (EUROSION, 1979-2001 [P51]), valeurs calculées d'après les informations disponibles pour les zones correspondantes.

On peut également interpréter toutes ces différences de volume et de surface différemment. Les rejets les plus volumineux sont peut-être effectués en mer ouverte (golfe de Gascogne et Manche occidentale) où la surveillance des rejets est plus difficile en raison des vastes étendues à survoler. Des rejets moins volumineux, détectés surtout en mer du nord, étant des petites retouches effectués par les équipages pour s'assurer que les cuves à déchets et résidus soient en-dessous de la limite maximale autorisée à l'arrivée dans les ports, pour ne pas avoir à utiliser les stations de réception portuaire.

13. Conclusion

Il est donc difficile de procéder à des comparaisons régionales sur la base des observations aériennes, toutes sortes de facteurs pouvant considérablement invalider ces comparaisons. Il nous semble que cet indicateur sous évalue l'exposition réelle de la Manche et du golfe de Gascogne aux entrants mineurs et chroniques d'hydrocarbures et paradoxalement parce que la capacité de cet espace à les absorber est plus grande. Les taux de mazoutage des alcidés sont certainement plus représentatifs de l'ampleur des vidanges des navires en Manche et des contrastes régionaux que le nombre de rejets par heure de vol car les protocoles utilisés par les ornithologues sont rigoureusement reproduits à l'identique d'une enquête sur l'autre en divers endroits, toutes sont menées les mêmes jours (Manche et mer du Nord), le linéaire de littoral couvert est généralement du même ordre (200-300 kilomètres par enquête) et, finalement, moins de biais doivent être considérés pour interpréter ces valeurs. Ce qui est vrai pour les comparaisons régionales ne l'est pas pour autant pour l'évaluation des tendances : aussi, nous avons utilisé ces deux indicateurs, les considérant comme complémentaires, pour évaluer l'efficacité de la réglementation mise en œuvre pour réduire les rejets opérationnels des navires.

2. Exposition des eaux marines de l'espace « Manche occidentale/Nord Gascogne » aux rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures et exposition littorale de la Bretagne aux échouements mineurs et chroniques d'hydrocarbures

Nous présentons dans cette deuxième section les résultats relatifs à l'étude des rejets mineurs en Manche occidentale/nord Gascogne. Nous détaillons d'abord rapidement les caractéristiques générales des déversements d'hydrocarbures observés dans cet espace puis évoquons les différentes sources de déversement identifiées. Nous insistons tout particulièrement sur le comportement des navires observés en train de se livrer à un rejet mineur d'hydrocarbures (rejets opérationnels avérés) et soulignons une problématique émergente, les épaves potentiellement polluantes. Nous concluons sur l'exposition des communes littorales bretonnes aux échouements mineurs et chroniques d'hydrocarbures.

21. Caractéristiques des rejets mineurs observés dans la ZEE Française (« Manche occidentale/nord Gascogne », 1974-2004, tous types d'observations)

Nous avons consulté l'ensemble des comptes-rendus OILPOL (Convention OILPOL de 1954) et POLREP qui ont été produits par les autorités maritimes françaises entre 1974 et 2004 en Manche et dans le golfe de Gascogne. Ces informations sont intéressantes car l'accès direct aux comptes-rendus et aux procès verbaux d'infraction nous a permis de produire une information plus détaillée.

Ces comptes rendus POLREP et OIPOL ont été produits soit par des navires, soit par des avions, et plus rarement par des sémaphores (Tableau n°2. 25). De nombreuses étapes ont été nécessaires pour homogénéiser les informations obtenues d'après ces sources.

Tableau n°2. 25. Origine des comptes rendus POLREP et OILPOL en Manche occidentale/nord Gascogne (1974-2004, ZEE France, N = 1 653)

| | Observations (%) |
|------------------------------------|------------------|
| Observation aérienne | 43,3 |
| Navire sur zone | 36,5 |
| Autres, indéterminées ¹ | 20,2 |
| Total | 100,0 |

Autres, indéterminés : cette catégorie recouvre les observations dont l'origine est indéterminée et celles effectuées par l'auteur du rejet (2 rejets), les autorités portuaires (17), la Codis (6), les MRCC (10), des riverains (6) et les sémaphores (13)

Sources : POLREP France et OILPOL France (P33B)

Plusieurs comptes-rendus de pollution peuvent correspondre à un seul rejet²⁹². Celui-ci est, par conséquent, défini comme une nappe ou série de nappes découvertes à la même heure, à la même date, au même endroit et provenant de la même source si elle est identifiée. Par le recoupement de ces éléments, il a été possible d'éliminer les doublons, chaque détection n'étant de cette manière comptabilisée qu'une seule fois. Nous avons ensuite déterminé la nature des détections d'après l'aspect des rejets à la surface de la mer (couleur, texture, présence d'irisation ou non) (Figure n°2. 17) puis identifié les sources (avérées, présumés) pour ne conserver que les rejets d'hydrocarbures des navires (avérés ou supposés) (Figure n°2. 18).

²⁹² Seuls les POLREP confirmés ont été retenus. Parmi ceux-ci, les rejets d'hydrocarbures avérés (hors rejets accidentels et épaves polluantes) ont été systématiquement pris en compte. Les déversements d'hydrocarbures suspectés n'ont été intégrés dans ce panel statistique que lorsqu'ils satisfaisaient aux critères d'admissibilité définis (voir point suivant : DES INFORMATIONS PRODUITES DANS DES CONDITIONS DISPARATES QUI LIMITENT LEUR HOMOGENÉITÉ, § 1, p. 8).

Figure n°2. 17. Procédure mise en œuvre pour classer les comptes rendus d'observation selon leur nature (OILPOL, POLREP et procès verbaux d'infraction : Manche occidentale/nord Gascogne, ZEE France, 1974-2004)

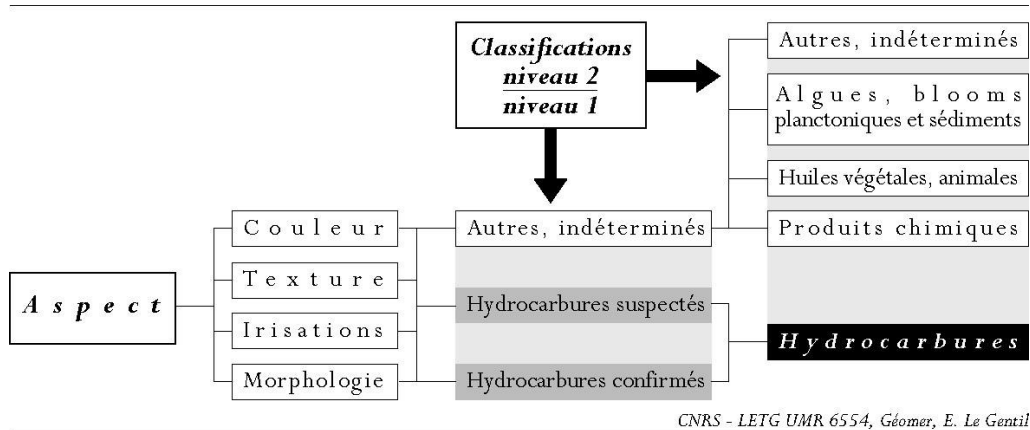
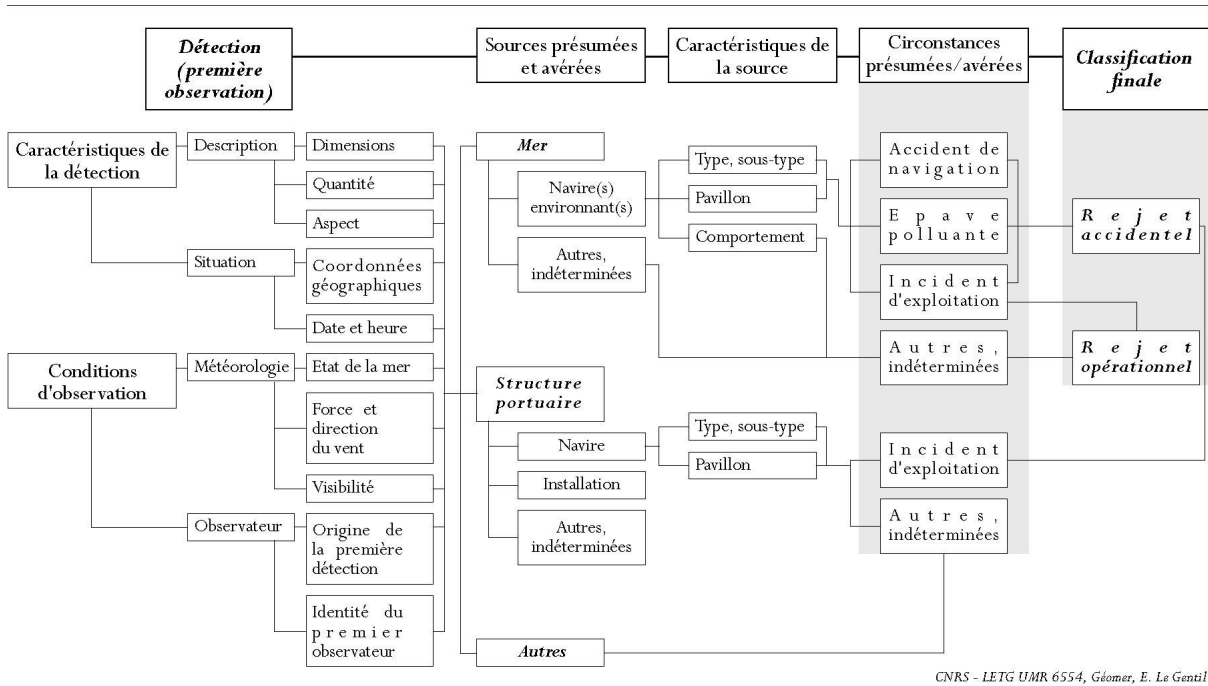
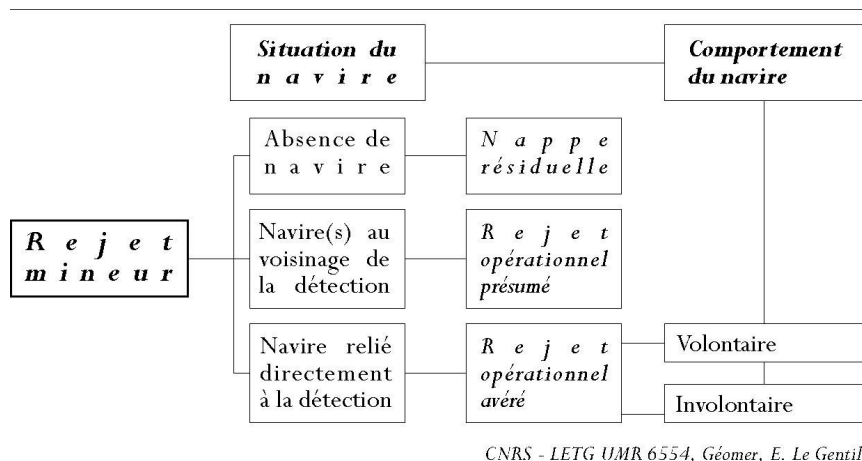


Figure n°2. 18. Procédure mise en œuvre pour classer les comptes rendus d'observation selon leurs sources et circonstances (présumées/avérées) (OILPOL, POLREP et procès verbaux d'infraction : Manche occidentale/nord Gascogne, ZEE France, 1974-2004)



Dans le cas des rejets mineurs d'hydrocarbures, nous avons déterminé s'il s'agissait d'un rejet opérationnel, d'un rejet accidentel (épave polluante incluse) ou d'une nappe résiduelle. Le rejet opérationnel est présumé lorsque le rejet est supposé provenir d'un navire identifié dans le voisinage immédiat de la nappe mais dont le flagrant délit n'est pas effectif. Il est avéré lorsque le flagrant délit est constaté (Figure n°2. 18). Enfin, dans le cas des rejets opérationnels avérés (une nappe reliée à un navire), nous avons cherché à déterminer, sur la base du comportement du navire, si le rejet était le résultat d'un acte volontaire ou non (Figure n°2. 19).

Figure n°2. 19. Procédure de classification des observations de rejets mineurs d'hydrocarbures en rejet opérationnel (avéré, présumé ou nappe résiduelle) et de détermination des circonstances de la vidange (OILPOL, POLREP et procès verbaux d'infraction : Manche occidentale/nord Gascogne, ZEE France, 1974-2004)



Ce sont au final, dans l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne » (ZEE française), 1 653 rejets mineurs et (potentiellement) polluants qui ont été répertoriés entre 1974 et 2004 dont 1 422 déversements d'hydrocarbures suspectés²⁹³. Les autres détections comptabilisées sont des huiles végétales (rejet autorisé par MARPOL 73/78), des blooms planctoniques, etc. Seulement 4,1 % des détections d'hydrocarbures (n = 1 422) résultent d'accidents de navigation²⁹⁴ et de fuites depuis des épaves polluantes. Les 1 358 observations restantes sont de sources indéterminées (nappe résiduelle) ou d'origine opérationnelle (supposées/avérées).

Les nappes résiduelles ont été conservées pour l'étude des rejets opérationnels des navires car la faible valeur moyenne de leur indice de forme rappelle la morphologie des pollutions de sillage²⁹⁵ (Tableau n°2. 26) dont la longueur est déterminée par la durée de la vidange et la vitesse du navire (VOLCKAERT *et al.*, 2000). Toutefois, pour éviter de comptabiliser des nappes résiduelles liées à des rejets majeurs et exceptionnels, nous avons procédé à l'élimination systématique de ce type d'observations²⁹⁶ dans les parages des nappes principales et secondaires de chaque marée noire jusqu'à leurs dates d'échouement au rivage. Cet espace ne faisant pas l'objet d'exploitation pétrolière offshore, nous n'avons pas eu à considérer cette source.

Tableau n°2. 26. Valeurs moyennes des indices de formes

(1974-2004, ZEE France, n = 62,4 % N : nappes résiduelles, rejets opérationnels avérés et présumés)

| Rejets mineurs d'hydrocarbures | Indice de forme (largeur/longueur) |
|---|------------------------------------|
| Nappes résiduelles (n = 435) | 0,2046 |
| Rejets opérationnels avérés (n = 184) | 0,0466 |
| Rejets opérationnels présumés (n = 227) | 0,0493 |

Sources : OILPOL France, POLREP France et Procès verbaux d'infraction (P33B)

Tableau n°2. 27. Classification des rejets mineurs en fonction de la situation des navires au moment de l'observation (1974-2004, ZEE France, N = 1 358 : nappes résiduelles, rejets opérationnels avérés et présumés)

| | N | % |
|-------------------------------|-------|-------|
| Nappes résiduelles | 721 | 53,1 |
| Rejets opérationnels présumés | 418 | 30,8 |
| Rejets opérationnels avérés | 219 | 16,1 |
| Total | 1 358 | 100,0 |

Sources : OILPOL France, POLREP France et Procès verbaux d'infraction (P33)

²⁹³ Hydrocarbures confirmés et hydrocarbures suspectés lorsqu'ils ont été retenus.

²⁹⁴ Collisions, échouements, avaries structurelles et désarrimages de cargaison.

²⁹⁵ 73 % des nappes résiduelles ont un indice de forme inférieur à 0,20.

²⁹⁶ 1 % des nappes résiduelles comptabilisées au départ.

Les nappes résiduelles (ou nappes orphelines) sont les plus fréquemment observées (Planche photographique n°2. 5) et le flagrant délit est rarement établi (rejet opérationnel avéré : Tableau n°2. 26) (Planche photographique n°2. 5).

Planche photographique n°2. 5 (a/b/c). Rejet opérationnel d'hydrocarbures (avéré) au large de la pointe de Bretagne (a : année non précisée), nappe résiduelle d'hydrocarbures (b : année non précisée) et résidus mazouteux mélangés à des laisses de mer sur une plage de Plouescat (c, Finistère nord, hiver 2004)



D'après l'aspect dominant des observations, il semble que les produits déversés sont assez divers et équitablement répartis sur l'ensemble de la période considérée²⁹⁷. Les détections caractérisées par des reflets et des irisations peuvent être assimilées à des eaux de cale ou à des produits légers. Les rejets dont l'aspect est métallique ou huileux sont très certainement des huiles légères ou des produits intermédiaires, tandis que ceux d'aspects mazouteux et goudronneux sont soit des boues d'hydrocarbures qui proviennent des séparateurs eau – hydrocarbures de l'ensemble des navires, soit des citernes à slops ou des incrustations (résidus de cargaisons de produits lourds ou de pétroles bruts vieillis).

Tableau n°2. 28. Aspects des observations de rejets opérationnels avérés, présumés et des nappes résiduelles d'hydrocarbures en Manche occidentale et nord Gascogne (1974-2004, ZEE France, n = 72,4 % N)

| | n | % |
|------------------------|-----|-------|
| Mazouteux, goudronneux | 290 | 29,5 |
| Métalliques, huileux | 325 | 33,1 |
| Reflets, irisés | 368 | 37,4 |
| Total | 983 | 100,0 |

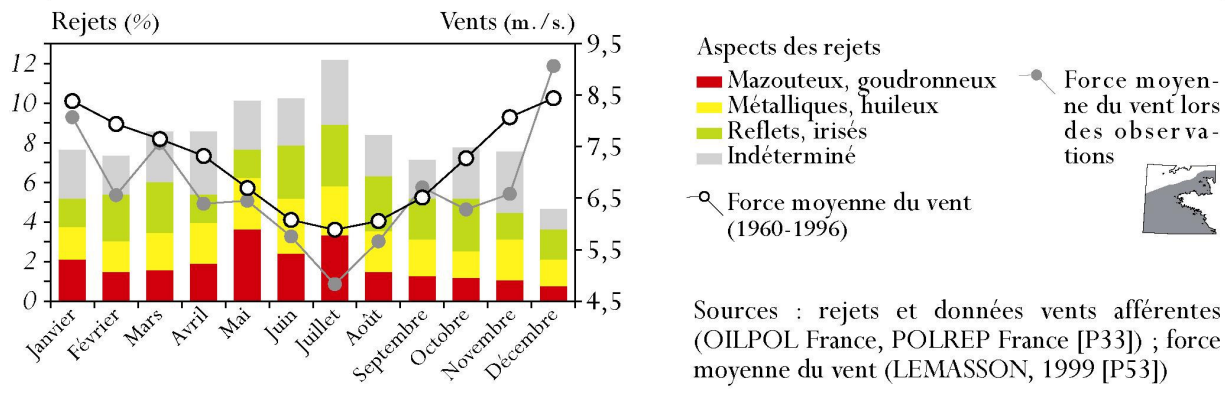
Sources : POLREP France et OILPOL France (P33B)

Selon JOLLY *et al.* (1999), de 1 à 5 % des observations en mer du Nord sont d'aspect mazouteux et cette proportion est bien plus élevée en « Manche occidentale/nord Gascogne » (13 % : année 2004). Cette différence marquée tend, une nouvelle fois à confirmer l'importance du facteur hydroclimatique dans cette région.

²⁹⁷ Ce qui est d'ailleurs très probablement un artefact, les produits les plus légers se dispersant rapidement et sont de ce fait, moins facilement détectables, tandis que les produits les plus lourds et les formes résiduelles sont plus persistants et plus longtemps repérables à la condition qu'ils ne se fragmentent pas trop.

Figure n°2. 20. Variations mensuelles des observations de rejets opérationnels d'hydrocarbures en Manche occidentale/ nord Gascogne

(1974-2004, n = 1 358 rejets opérationnels avérés, présumés et nappes résiduelles)



La répartition mensuelle de l'ensemble de ces observations, qu'elles aient été effectuées depuis la mer, depuis les terres ou depuis les airs, confirme aussi l'influence des conditions hydrométéorologiques. Nous n'insisterons pas cependant davantage sur ce sujet, l'ayant déjà développé d'après les observations aériennes d'hydrocarbures en mer (mers régionales européennes, 1998-2001).

Les informations les plus intéressantes sont celles qui décrivent le comportement des navires lorsqu'ils sont en train de déverser des hydrocarbures en mer. Peu de navires sont observés à ces occasions (rejets opérationnels avérés) en comparaison de l'ensemble des rejets détectés dans l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne » (16,1 %). Notons également qu'à peine 10 % des navires qui sont directement reliés à une nappe d'hydrocarbures sont des pétroliers, ce qui confirme la prédominance des rejets de l'ensemble des navires et va dans le sens des résultats issus des analyses chimiques menées au rivage sur les hydrocarbures mêlés au plumage des oiseaux marins (analyses effectuées par VAUK *et al.* [1989] en mer du Nord).

Le rejet est dit volontaire sur la base du comportement du navire lors du contact visuel ou radiophonique avec les autorités maritimes (Figure n°2. 21a). Rappelons ici qu'un rejet est dit opérationnel dès lors qu'il a lieu dans le cadre des conditions courantes d'exploitation du navire c'est-à-dire que le navire fait route et qu'il n'a pas subi d'avaries majeures provoquant son immobilisation et/ou mettant en danger le navire, l'équipage et/ou la cargaison. Cette définition n'exclut pas nécessairement les incidents d'exploitation et il est souvent difficile de savoir si le rejet résulte d'un acte délibéré ou d'un problème technique. Ce n'est pas parce que le navire fait route qu'il n'y a pas d'incident à bord et c'est, selon MARQUES & RABUTEAU (2006), la raison d'autant de contentieux devant les tribunaux maritimes. Enfin, un rejet délictueux au sens de la Convention MARPOL 73/78 n'est pas lié au caractère volontaire ou non du déversement mais au dépassement des normes de rejets autorisés. Il y a donc souvent confusion entre ces deux aspects.

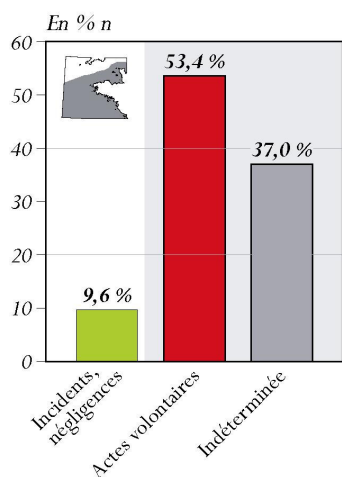
Sur la base des informations récoltées dans les procès-verbaux d'infraction et les comptes-rendus d'observation, environ 53,4 % des rejets opérationnels avérés sont supposés volontaires²⁹⁸ et 9,6 % sont le fait d'incidents et de négligences diverses. On remarque cependant que les informations utilisées pour estimer le caractère délibéré d'un rejet manquent dans près de 37 % des cas. Si l'on estime que la proportion de rejets volontaires est identique dans les situations non renseignées, c'est alors près de neuf rejets sur dix qui peuvent être considérés comme délibérés, le reste pouvant raisonnablement être attribué à des avaries de séparateur ou des négligences diverses (écoulement des eaux de lavage du pont, etc.).

²⁹⁸ ROY (2006) précise toutefois que le juge ne considère pas un rejet opérationnel comme volontaire sur la base unique de l'arrêt du rejet lors du contact visuel et/ou radiophonique avec les autorités maritimes. La concordance entre ces deux événements n'est donc pas juridiquement un élément suffisant pour prouver le caractère délibéré du rejet, la réparation de l'avarie à l'origine du rejet (et donc la fin du déversement) pouvant coïncider avec le moment où le navire est repéré par les autorités maritimes. Nous avons néanmoins supposé, pour procéder à cette classification des rejets, que la grande majorité de ces coïncidences s'inscrivaient dans le cadre d'un rejet volontaire.

Figure n°2. 21(a/b). Circonstances (a) et comportements observés (b) lors des observations de rejets opérationnels avérés d'hydrocarbures en Manche occidentale/nord Gascogne (ZEE, France, 1974-2004)

Figure a. Classification des rejets opérationnels avérés en fonction de leurs circonstances (1974-2004, n = 219 [16,1 % N])

Lors du contact (radiophonique et/ou visuel) avec les autorités maritimes, le rejet est volontaire si...
 ...le navire modifie brutalement sa trajectoire et/ou
 ...le navire arrête instantanément son rejet et/ou
 ...l'officier responsable reconnaît l'acte volontaire

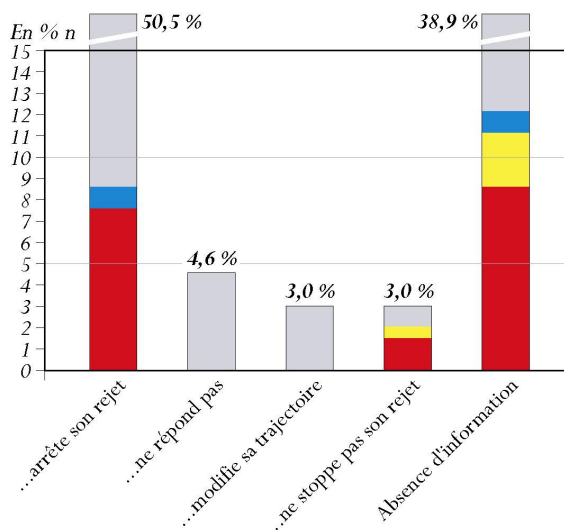


Lors du contact (radiophonique et/ou visuel) avec les autorités maritimes, le navire...

Figure b. Comportements des navires et/ou des officiers responsables (actes volontaires et circonstances indéterminées, 1974-2004, n = 198 [14,5 % N])

Lors du contact radiophonique avec les autorités maritimes, l'officier responsable...

■ ...nie toute responsabilité
 ■ ...reconnait le rejet mais pas la pollution
 ■ ...reconnait la pollution et l'acte volontaire
 ■ Absence d'information



Sources : POLREP France, OILPOL France (P33)

Le comportement des officiers des navires incriminés (actes volontaires et circonstances indéterminées) est également intéressant. Près de 7 % d'entre eux arrêtent la vidange et plaident l'incident, une situation *a priori* contradictoire. Quelques-uns ne répondent pas aux appels répétés des autorités maritimes et modifient brutalement la trajectoire de leur navire dans l'espoir que les photographies aériennes ne restituent pas la relation existante entre navire et hydrocarbures. D'autres ne stoppent pas ou ne peuvent pas stopper le déversement (incident ?) malgré les injonctions des Douanes ou de la Marine nationale ou reconnaissent le rejet mais pas la pollution. Précisons enfin que le comportement le plus courant consiste à nier toute responsabilité (15 %), mais il existe aussi des capitaines « honnêtes », au sens où ils reconnaissent à la fois le rejet et l'acte délibéré (2 %). Nous n'avons pu, en revanche, vérifier l'hypothèse de GADE & ALPERS (1999) selon laquelle les équipages des navires de profitent du mauvais temps pour déverser des hydrocarbures en mer.

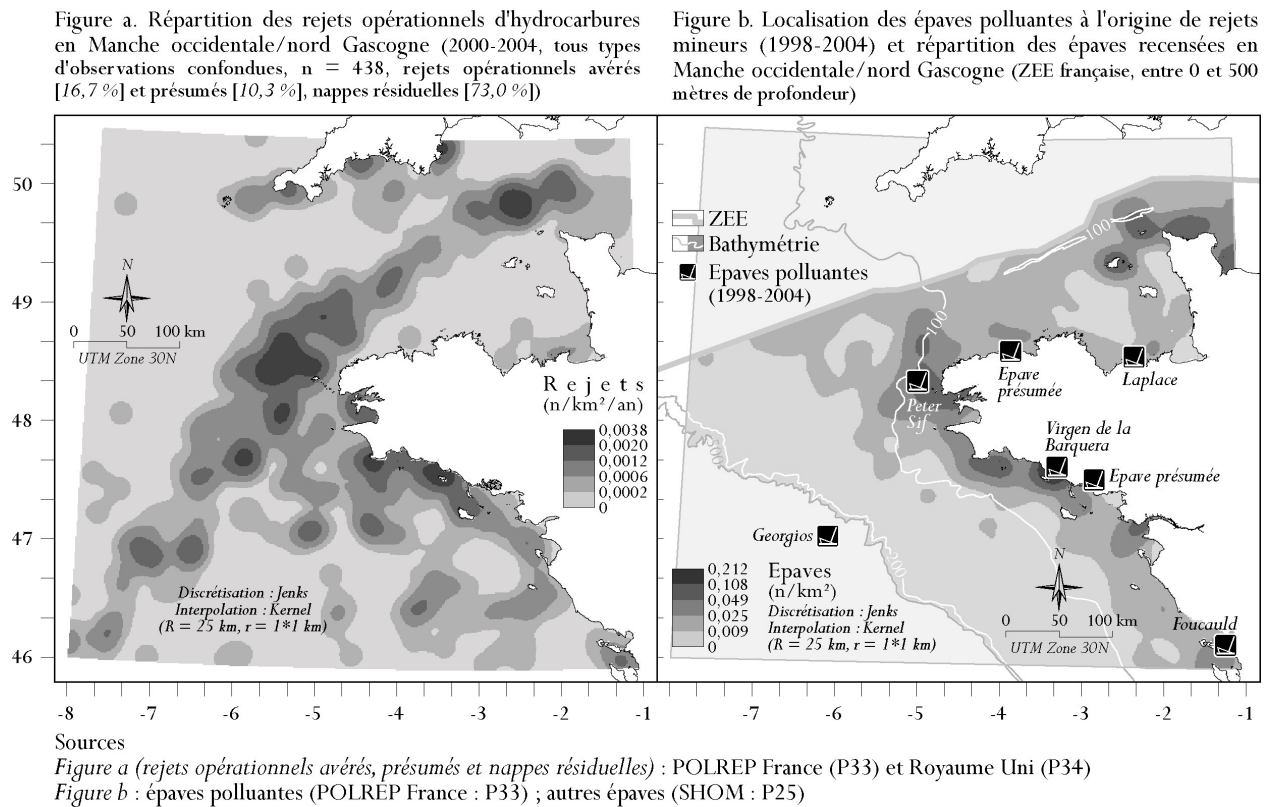
Les résultats obtenus d'après le comportement des navires sont intéressants car ils permettent de nuancer un amalgame souvent opéré entre pollutions de sillage et rejets volontaires. Le rejet délibéré est très certainement l'usage le plus courant parmi les cas observés, mais l'avarie du séparateur eau – hydrocarbures est aussi une cause potentielle de rejets hors normes, comme semble l'attester les statistiques du Memorandum of Understanding (voir Partie 3, Chapitre 1).

22. Expositions littorale et marine aux rejets mineurs d'hydrocarbures

221. Répartition géographique des rejets mineurs (2000-2004, toutes observations)

La répartition géographique des rejets opérationnels avérés et présumés et des nappes résiduelles a été appréhendée pour la période 2000-2004, seule époque pour laquelle nous disposons à la fois des déversements observés dans la ZEE française et la ZEE anglaise (Figure n°2. 22a).

Figure n°2. 22 (a/b). Observations de rejets mineurs d'hydrocarbures en Manche occidentale/nord Gascogne selon leurs sources présumées ou avérées



La majeure partie des observations réalisées à cette échelle et durant cette période sont des nappes résiduelles (73 %). De plus en plus d'observations sont réalisées ces dernières années et cela se traduit paradoxalement par une proportion plus importante de « pollutions orphelines ». Cette évolution est à la fois le résultat de l'amélioration des moyens d'observations et de l'évolution de la jurisprudence. De plus en plus de navires lorsqu'ils sont pris en flagrant délit de « rejet (délibéré ?) » sont déroutés vers le port de Brest à l'aide des frégates de la Marine nationale. L'augmentation des cautions demandées lors de la détention des navires incriminés, l'alourdissement des amendes prononcées par les tribunaux maritimes et la pénalisation de ce type d'infraction²⁹⁹ ont toutes participé à l'accroissement sensible des détections. Ce n'est d'ailleurs pas un phénomène nouveau, l'augmentation des rejets signalés consécutive à l'augmentation des peines prononcées ayant déjà été observée aux Etats-Unis notamment (EPPLE & VISCHER, 1984 in WEBER & CREW, 1999). Précisons enfin que, dans ce contexte, les navires qui repèrent des nappes d'hydrocarbures en mer hésitent encore moins à contacter les autorités maritimes pour leur signaler leurs observations.

La cartographie de l'ensemble des observations de déversements d'hydrocarbures en mer à cette échelle (ZEE française et anglaises) donne une représentation finalement assez similaire de celle réalisée à partir des observations aériennes à la différence cependant qu'elle est plus détaillée. Ce type de représentation souffre des mêmes lacunes que celle issue du traitement des données précédentes et ne saurait, par conséquent, être tenue comme très représentative de la répartition réelle de ce phénomène. On remarque toujours la relation de proximité entre les principales routes maritimes et les rejets et de façon plus surprenante, la densité des rejets observés est très importante au sud de Penmarc'h. Il s'agit très certainement d'une surreprésentation des rejets mineurs dans ce secteur, attribuable, au moins pour partie, au nombre de passages très importants de navires de pêche qui font route entre leur zone de pêche et les ports du Finistère sud. Les rejets de l'épave de l'*Erika* et l'augmentation de la surveillance aérienne mise en oeuvre pour le suivi des nappes échappées de

²⁹⁹ Création de juridictions du littoral maritime spécialisées par décret du 11 février 2002, aggravation des sanctions encourues par la loi du 9 mars 2004 notamment (Loi n° 2004-204 du 9 mars 2004).

l'*Erika* et du *Prestige*, et ce malgré nos efforts pour éliminer ce type d'observation, participent également de cette importante densité de rejets détectés.

222. La problématique des épaves (potentiellement) polluantes (1998-2004)

Contrairement aux naufrages de l'*Erika* et du *Prestige* où la majeure partie de leur cargaison a été déversé à la suite de leurs avaries structurelles, les accidents de navigation ne provoquent pas toujours de déversement sur le moment. De nombreux naufrages se sont produits par le passé, et les épaves, abandonnées, sont tombées dans l'oubli. Ce n'est que récemment, à l'occasion de remontées sporadiques d'hydrocarbures, quelques années voire quelques décennies après leur immersion, que ce patrimoine maritime se manifeste. Durant la période 1998-2004, en Manche occidentale/nord Gascogne, le *Foucault* (île de Ré), le *Laplace* (Côtes-d'Armor), le *Virgen de la Barquera* (entrée de la rade de Lorient) et le *Peter Sif* (île d'Ouessant) ont signalé leur présence par des rejets épisodiques de faibles volumes. Ces épaves sont généralement situées dans des secteurs où les densités d'épaves relevées par le SHOM sont élevées (Figure n°2. 22b). Les cas du *Peter Sif* et du *Foucault* sont très intéressants car représentatifs de la situation actuelle.

Le *Peter Sif* est un cargo qui fit naufrage le 15 novembre 1979 par 59 mètres de fond près de l'île d'Ouessant (Figure n°2. 22b). Il sombre alors avec une quantité estimée de 349 tonnes de fioul lourd dans ses soutes (CABIOC'H, 2000 ; GIRIN, 2004). Quelques mois plus tard, le 7 mars 1980, le pétrolier *Tanio* fait lui aussi naufrage, au nord de l'île de Batz, et en raison de sa cargaison (26 000 tonnes de fioul lourd n° 2), passe au rang de priorité (CEDRE³⁰⁰). Ce n'est finalement que durant l'année 1998 (17 septembre) que le *Peter Sif* va rappeler sa présence en baie de Lampaul avec plusieurs fuites de faibles débits (1 à 5 litres par heure). A la suite d'inspections menées sur l'épave, il apparaît que la coque et les soutes sont très endommagées. Le fioul restant dans l'épave constitue une menace sérieuse et il est décidé de pomper rapidement les hydrocarbures encore immergés. Cette opération, menée par le CEDRE et la CEPPOL, permet de récupérer 130 tonnes de fioul en juin 1999. Ce pompage ne suffira pas. En décembre 2005, de nouvelles investigations à l'intérieur de l'épave révèlent la présence de 40 tonnes de fioul et de nouvelles opérations de pompage sont envisagées au printemps 2006 (CEDRE, 2007).

Le *Foucault*, en cale sèche dans le port de La Rochelle, est bombardé en juin 1940. Il explose, brûle pendant deux jours, est sommairement réparé puis remorqué le 18 juin 1940 vers la plage de Sablanceaux (île de Ré) pour y être échoué. Il ne fait plus parler de lui pendant une soixantaine d'années jusqu'à la saison touristique 2000 (SALAUN, 2006). Echouée entre 1 et 5 mètres de profondeur (sous le zéro hydrographique), l'épave a probablement été fragilisée par les tempêtes de décembre 1999 et libère plusieurs mètres cubes d'hydrocarbures régulièrement. Cette situation perdure jusqu'à la fin de l'année 2004, période à laquelle le chantier de dépollution et l'enlèvement de l'épave s'achèvent (SALAUN, 2006).

Ces événements sont deux témoins d'une problématique en émergence à la fin des années 1990 et au début des années 2000. Il existe ainsi de nombreux exemples d'épaves fuyardes quelques décennies après leur naufrage. En Fédération de Russie, le *Takeo-Maru*, navire japonais coulé en octobre 1979 et dont les soutes contenaient 320 tonnes de fioul lourd, provoque en août 1999 l'émergence d'une nappe de surface d'environ trois kilomètres carrés (OSIR³⁰¹, 1999 in CEDRE, 1999). Le cas de l'épave du *Jacok Luckenbach* est un autre exemple que nous avons déjà évoqué. Cette épave, après sa découverte, dut être allégée puis scellée. Et ce phénomène est d'une ampleur impressionnante. MONTFILS *et al.* (2006) ont recensé près de 3 800 épaves dans l'océan Pacifique et à proximité des littoraux d'Asie du Sud-est, dont 330 navires citernes, et les risques induits pour l'environnement sont réels. Autre exemple, 261 épaves potentiellement polluantes ont été repérées dans le Skagerrak (eaux marines situées entre le nord du Danemark et le sud de la Norvège : HASSELLHOV, 2007) et, dans les deux

³⁰⁰ Site internet du CEDRE, rubrique « accident » à l'adresse suivante : <http://www.le-cedre.fr>.

³⁰¹ Bulletin du 12 au 19 août 1999 de l'OSIR (Oil Spill Intelligence Report), mentionné dans le Journal du CEDRE n°51, nouvelles d'août 1999.

dernières situations évoquées, il s'agit d'épaves datant pour la plupart de la Seconde Guerre mondiale. L'*International Oil Spill Conference* de 2005 a été l'occasion d'une synthèse des connaissances sur la problématique des épaves (potentiellement) polluantes à l'échelle mondiale (MICHEL *et al.*, 2005). Selon leur définition, une épave (navire ou partie le constituant) est potentiellement polluante si elle contient des hydrocarbures et n'a fait l'objet d'aucune intervention. D'après les données de l'ERC³⁰², organisme qui dispose d'une base de données sur les épaves couvrant la période 1890-2004, 8 659 épaves de navires de pêche, de commerce et de guerre sont susceptibles, à travers le monde et à plus ou moins long terme, d'être à l'origine d'apports d'hydrocarbures dans l'environnement marin. Le potentiel polluant se situe dans une fourchette comprise entre 2,5 et 20,4 millions d'hydrocarbures (MICHEL *et al.*, 2005). Les marges d'incertitude sont très élevées car il est difficile de quantifier précisément le volume des produits restants dans une épave (CABIOC'H, 2000). Il s'agit surtout de navires coulés durant la Seconde Guerre mondiale (73,1 %) et les épaves sont surtout localisées en Atlantique et dans le Pacifique (MICHEL *et al.*, 2005 ; MONFILS *et al.*, 2006). C'est donc plusieurs décennies après leur naufrage que ces navires, détériorés sous l'action corrosive de l'eau de mer (de 30-50 ans à 55-65 ans suivant les auteurs : GIRIN, 2004 ; MICHEL *et al.*, 2005 ; MONFILS *et al.*, 2006) et de certaines bactéries (*Desulfovibrio desulfiricans* par exemple : DE PABLOS, 2004³⁰³ in BOSCH, 2006), déversent les hydrocarbures demeurés emprisonnés. Les épaves plus anciennes, datant du XIX^e et du début du XX^e siècle, ne représentent pas, de ce point de vue, un risque important car le tonnage de ces unités est faible et peu d'entre elles fonctionnaient au mazout (voir BERTRAND [2000] pour les spécificités de la flotte marchande à ces périodes).

La situation n'est, de prime abord, pas plus rassurante à l'échelle de l'Atlantique du Nord-Est puisque l'estimation du potentiel polluant des 786 épaves recensées est d'environ 0,439-3,5 millions de tonnes (MICHEL *et al.*, 2005). Les chiffres sont impressionnants, mais le qualificatif de « *oil time bombs*³⁰⁴ » utilisé par les écologistes est-il pour autant approprié (GIRIN, 2004) ? Tout dépend, en fait, de l'épave considérée (nature et volume d'hydrocarbures emprisonnés) et de sa situation (sensibilités morpho-écologique et socio-économique des espaces alentours). Les débits des fuites observées depuis des épaves près des côtes atlantiques ont été relativement faibles jusqu'à présent (quelques dizaines de mètres cubes au maximum), mais ces épaves ont, par contre, nécessité de coûteux chantiers de dépollution (*Peter Sif* en Bretagne et *Foucault* en Charente-Maritime). Les risques induits pour les environnements littoral et marin sont très localisés et ne sont en aucun cas comparables avec un événement du type « marée noire » en raison des quantités contenues dans les soutes, bien moindres que celles des cargaisons rejetées lors de déversements accidentels de pétroliers. En revanche, la situation des épaves près du rivage garantit des échouements réguliers et le débit des rejets étant faible, ce sont parfois des sources de pollutions suffisamment régulières pour affecter localement une saison touristique. Il n'y a donc pas que les rejets opérationnels des navires qui sont des sources d'échouements mineurs et chroniques d'hydrocarbures sur les côtes.

223. Exposition des côtes bretonnes aux rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures (oiseaux mazoutés : 1991-2004)

Tous les rejets mineurs évoqués jusqu'à présent ne s'échouent pas forcément au rivage. On peut supposer qu'au moins la moitié des observations d'hydrocarbures effectuées en mer, les moins persistantes (reflets, irisations) sont très rapidement dispersées avec l'agitation de la mer. Nous avons vu cependant que les formes résiduelles peuvent perdurer plus d'une année avant leur totale dégradation et ce sont ces résidus mazouteux qui rejoignent les rivages sous l'action des vents et des courants dominants. Peu de POLREP font état de ces échouements mineurs et chroniques d'hydrocarbures car leur recouvrement au rivage est très faible (boulettes essentiellement). Pour esquisser une géographie de l'exposition des communes littorales bretonnes à ces arrivages, nous

³⁰² ERC : Environmental Research Consulting.

³⁰³ J.L. De Pablos, physicien au « *Madrid's Center for Energetic and Environmental Research* », estime, d'après des publications récentes, que le pouvoir corrosif de cette bactérie équivaut à une diminution de l'épaisseur des tôles d'acier d'environ 2 millimètres par an. Il a pressé le gouvernement espagnol de prendre des mesures rapides pour écarter la menace de fuites induites par ce processus pour l'épave du *Prestige* dans les prochaines années (BOSCH, 2006).

³⁰⁴ On peut traduire cette expression dans le sens de « *bombes pétrolières (à retardement !)* ».

avons utilisé, une nouvelle fois, les oiseaux mazoutés. Il s'agit cependant d'informations très différentes des BBS évoquées jusqu'à présent. Les données utilisées sont les oiseaux mazoutés vivants reçus au centre de soins de l'Île-Grande (Côtes-d'Armor) pour la période 1991-2004 (données LPO). Elles sont intéressantes car il s'agit de données spatialisées par commune, mais elles ne sont toutefois pas interprétables en l'état et ont dû être pondérées pour apprécier la répartition des principales zones d'échouements. Nous n'avons, tout d'abord, considéré que quatre espèces d'oiseaux marins dont les indices de vulnérabilité aux hydrocarbures sont proches, qui sont surtout présents en hiver (pour éliminer le biais induit par l'augmentation conséquente de la fréquentation littorale au printemps et en été) et dont la répartition en mer diffère (Tableau n°2. 29). Nous avons systématiquement éliminé les oiseaux ramassés à la suite des naufrages de l'*Erika* et, dans une moindre mesure du *Prestige*, sur la base des dates des principaux échouements d'hydrocarbures par commune. La méthode est un peu aléatoire car, si les oiseaux ont été, lors de la pollution de l'*Erika* par exemple, des indicateurs d'arrivage des nappes à la côte (CADIOU *et al.*, 2003), ce n'est pas toujours le cas.

Au final, sur les 3 652 oiseaux reçus au centre de soins durant la période 1991-2004, 2 841 individus ont été retenus d'après les critères énoncés ci-dessus. D'après ces informations, l'exposition des communes littorales de Bretagne septentrionale et occidentale est élevée ce que laissait supposer *a priori* la faible distance séparant ces côtes de l'importante voie maritime qui remonte la Manche à destination des Casquets puis du détroit du Pas-de-Calais. On retrouve également les principales zones d'échouement de macro-déchets (baie d'Audierne) et l'on perçoit l'influence de certaines infrastructures portuaires (port de Lorient par exemple). Il est difficile cependant de dire si le degré d'exposition aux échouements mineurs et chroniques d'hydrocarbures des communes littorales est influencé par la répartition de l'avifaune marine au rivage et en mer côtière, loin d'être uniforme. La présence de la réserve des Sept Îles est, par exemple, perceptible en Bretagne septentrionale malgré les pondérations opérées. Ces résultats concordent toutefois approximativement avec la cartographie dérivée des BBS menées en Bretagne au milieu des années 1990 (menée sur la base des taux de mazoutage) (CADIOU, 1995, 1996). La seule différence notable entre ces deux types de représentation est la sous-estimation des échouements en Bretagne sud. Il semble donc qu'au final, l'image produite d'après les échouements d'oiseaux mazoutés reçus au centre de soin de l'Île Grande procure une représentation réaliste des échouements mineurs et chroniques des formes résiduelles d'hydrocarbures.

Tableau n°2. 29. Répartition saisonnière des oiseaux mazoutés reçus au Centre de soins de l'île Grande (tableau a) et principales caractéristiques par espèce (tableau b) (n = 2 841 [48,8 % N], 1991-2004, les oiseaux ramassés à la suite des rejets accidentels de l'*Erika* et du *Prestige* sont exclus)

| Tableau a | Automne | Hiver | Printemps | Été |
|--------------------|---------|-------|-----------|-----|
| Effectifs (en % n) | 21,1 | 60,2 | 17,7 | 1,0 |

| Tableau b | Fou de Bassan (<i>Sula bassana</i>) | Guillemot de Troil (<i>Uria aalge</i>) | Macareux moine (<i>Fratercula artica</i>) | Pingouin torda (<i>Alca Torda</i>) |
|---|--|---|--|---|
| Effectifs (en % n) | 6,8 | 69,9 | 1,7 | 21,6 |
| Zones d'alimentation ^a et de répartition ^b | Côtière et océanique (> 50 ^b) | Côtière (< 100) | Côtière (?) | Côtière (< 50) |
| Technique de pêche ^a | Plongeur depuis les airs | Plongeur depuis la surface | Plongeur depuis la surface | Plongeur depuis la surface |
| OVI ^c | 54 | 62 | 62 | 64 |

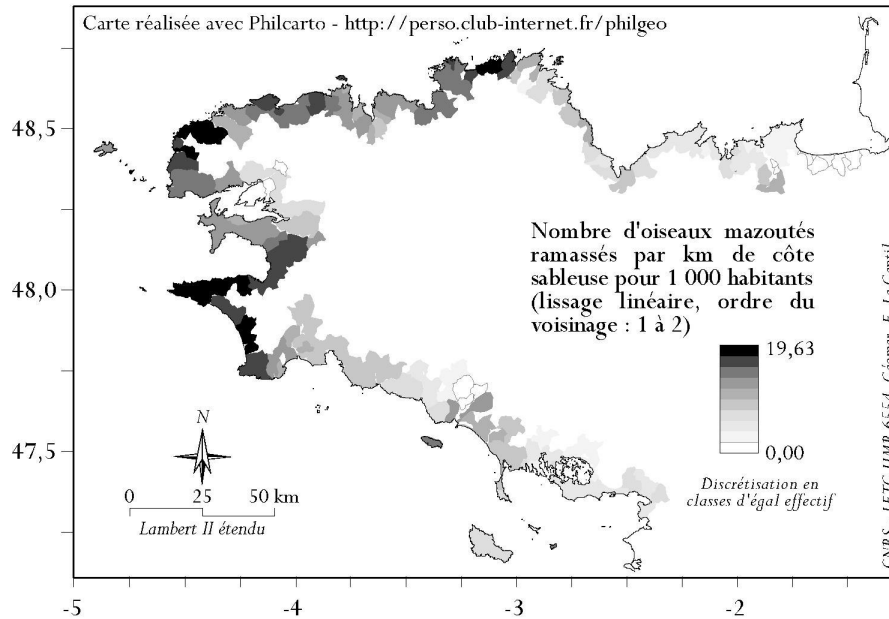
^aD'après BENTZ (2001), PETERSON *et al.* (1994).

^bHOUTE & BRETAGNOLLE (2002) : « > 50 » signifie que la répartition des fous de Bassan est concentrée au-delà de l'isobathe des 50 mètres.

^cOVI : CAMPHUYSEN (1998).

Sources : oiseaux mazoutés reçus au centre de soins de l'île Grande (P41)

Figure n°2. 23. Exposition des littoraux bretons aux échouements mineurs d'après les échouements d'oiseaux mazoutés (1991-2004, n = 2 841 oiseaux marins vivants et mazoutés [48,8 % N] [espèces : *Uria aalge*, *Alca Torda*, *Fratercula artica* et *Sula bassana*], les oiseaux ramassés à la suite des rejets accidentels de l'*Erika* et du *Prestige* sont exclus)



Sources : réalisée d'après la provenance des oiseaux mazoutés reçus au Centre de soins de l'Île Grande (LPO [P42]) et les données de l'INSEE (population permanente sans double compte, recensement de 1999). Le nombre de kilomètres de côtes sableuses par commune a été évalué d'après les données CORINE Land Cover (images Landsat ETM+, données téléchargeables sur le site de l'IFEN : <http://www.ifen.fr/donIndic/Donnees/corine/produits.htm>).

Conclusion

La Bretagne et, plus généralement, la Manche et le golfe de Gascogne sont des espaces particulièrement exposés aux accidents et aux rejets accidentels de navires au regard des régions marines et littorales environnantes. La proximité d'une importante route maritime (surdimensionnement de la flotte et importants volumes d'hydrocarbures) conjuguée à un contexte hydroclimatique propice à l'avarie (plus d'avaries provoquant la perte totale du navire et des événements dont les conséquences sont plus dommageables qu'en d'autres endroits) sont les deux principales raisons de cette surexposition.

Paradoxalement, le cadre hydroclimatique participe (très certainement) de la sous-évaluation de la problématique des rejets mineurs dans cet espace. La mesure de l'exposition au moyen du nombre d'observations aériennes (pondéré en fonction des heures de vol), n'est, semble-t-il, pas totalement représentative de l'ampleur réelle de ces vidanges si l'on se fie aux résultats produits lors des BBS (taux de mazoutage des oiseaux marins). Cela n'invalide pas pour autant totalement l'intérêt des détections aériennes de polluants pour évaluer des tendances spatio-temporelles, mais il est toutefois nécessaire de ne pas se baser uniquement sur ces informations. L'emploi complémentaire des taux de mazoutage est nécessaire pour apprécier l'évolution des rejets mineurs, d'autant plus qu'il s'agit des seules séries de données portant sur plusieurs décennies.

Enfin, on peut s'interroger sur l'adéquation des mesures globales et régionales mises en oeuvre pour réduire l'occurrence de ces événements polluants dans un espace dont les spécificités sont si fortes, d'autant plus qu'il n'existe pas d'indicateur véritablement « robuste » pour mesurer leur ampleur en raison de tous les biais évoqués.

Partie 3. Evolution des rejets accidentels et
opérationnels des navires au regard des
contextes réglementaires et socio-économiques
du transport maritime

L'objet de cette troisième partie est de présenter l'évolution des rejets polluants des navires et d'évaluer l'efficacité des mesures mises en oeuvre pour réduire leur ampleur. Les déversements d'hydrocarbures sont de natures diverses, et certaines circonstances d'introduction d'hydrocarbures à l'océan suscitent l'inquiétude de la Communauté internationale depuis plusieurs décennies. Au début du XXI^e siècle, tous ces événements, en raison de leur répétitivité et des effets induits sur l'environnement, sont réglementés. La convention MARPOL 73/78, en vigueur depuis 1983, n'est pas la première tentative d'encadrement et plusieurs dispositions ont été élaborées durant le XX^e siècle. D'abord spécifiques à un seul type d'effluent et de navire (rejets opérationnels des pétroliers), leurs champs ont ensuite été élargis à l'ensemble des circonstances de déversements évoquées jusqu'à présent. Ces mesures réglementaires ont, pour la plupart, été définies dans le cadre d'accords internationaux en raison du caractère transnational de cette activité (BOISSON, 1998), et des accords régionaux de coopération entre Etats ont souvent ensuite été mis en oeuvre pour s'assurer de l'observance des normes élaborées.

Nous évoquons dans le premier chapitre l'évolution de l'industrie maritime au regard des contextes énergétique et socio-économique international. Cet aspect est particulièrement important car il s'agit, avec la réglementation, du principal déterminant des conditions d'exploitation des navires et des conditions d'exercice du métier de navigant. C'est un préalable indispensable pour mieux comprendre l'usage du rejet opérationnel (volontaire notamment) et la récurrence des déversements accidentels d'hydrocarbures, notamment les plus volumineux ($\geq 10\ 000$ tonnes). Cette démarche est également nécessaire pour resituer les normes édictées pour encadrer cette activité.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons l'évolution de l'ensemble des mesures élaborées pour lutter contre les pollutions des navires et détaillons plus particulièrement les normes préventives. La réduction des rejets accidentels, *a contrario* des rejets opérationnels, ne dépend pas, toutefois, uniquement de la réglementation antipollution, mais également des (nombreuses) règles relatives à la sécurité des navires, de leur cargaison et de leur équipage et, plus généralement, à la formation et au bien-être des gens de mer. Toutes ces mesures sont, à ce titre, évoquées. Le sujet étant très vaste, nous ne montrons que quelques exemples de contrôle et de mises en oeuvre des mesures élaborées aux échelles régionale et locale, qu'elles soient destinées à améliorer la sécurité maritime ou à réduire la fréquence des événements polluants. Enfin, nous présentons les évolutions des rejets accidentels et opérationnels d'hydrocarbures des navires aux échelles globale, régionale et locale, discutons des difficultés inhérentes à cet exercice, puis évoquons les influences respectives de la réglementation (observance, effectivité) et du contexte socio-économique du transport maritime sur les tendances observées.

Chapitre 1. Evolution des conditions du transport maritime international

Nous rappelons dans la première section quelques-unes des grandes mutations de l'industrie maritime internationale au regard du contexte socio-économique et soulignons les évolutions des caractéristiques de la flotte commerciale dans ce contexte. Dans la deuxième section, nous présentons le cas particulier du transport maritime d'hydrocarbures *via* l'examen d'importantes pollutions pétrolières (caractéristiques des navires, modes d'affrètement, types d'hydrocarbures transportés par segment, etc.). C'est plus précisément le contexte d'émergence, socio-économique, mais aussi énergétique, de l'événement polluant accidentel que nous voulons esquisser car ces manifestations (locales) sont, au-delà des circonstances et des facteurs évoqués dans la deuxième partie (causes directes), le produit d'interactions régionales et globales et des rétroactions consécutives (causes profondes). Enfin, dans la troisième section, nous évoquons les réponses de l'industrie maritime à l'internationalisation de l'activité du transport maritime, en terme d'immatriculation des navires et d'emploi maritime, et revenons sur la problématique du facteur humain en matière d'accidentologie et sur l'usage du rejet opérationnel dans ces circonstances.

1. Evolution de l'industrie maritime mondiale

Quelques caractéristiques des marchés des vracs et des produits finis vont être présentées rapidement pour montrer les liens et l'interdépendance entre les différents marchés de l'industrie maritime. Il n'est pas ici question de résumer l'ensemble de ces interactions, les processus et dynamiques à l'oeuvre étant à la fois très complexes et très divers. Pour en donner un mince aperçu, nous évoquons l'évolution des relations entre demande (commerce maritime mondial, etc.) et offre de transport (caractéristiques des flottes commerciales, construction navale, etc.).

L'industrie du transport maritime n'est pas homogène. Il s'agit d'un ensemble complexe de marchés qui interagissent ensemble : le marché des frets, le marché de la construction navale, le marché des navires d'occasion, le marché de la démolition, le marché des soutes, les marchés des matières premières, des produits finis et des passagers, etc. (FORTIN, 2002). Les besoins des trois derniers marchés évoqués constituent la demande de transport et cette demande est satisfaite par différents services de transport auxquels correspondent différents types de navires spécialisés (offre de transport). L'OCDE³⁰⁵ (2001b) fait une distinction générale entre les services de lignes régulières pour les marchandises (produits finis généralement : porte-conteneurs, etc.), les services de transport de marchandises en vracs (matières premières : pétroliers, chimiquiers, gaziers et vraquiers) et les

³⁰⁵ OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

services de transport maritime de passagers. Les derniers, qui concernent des flottes de navires très spécifiques (transbordeurs, navires de croisière, etc.), sont exclus du champ de ce premier chapitre mais seront toutefois évoqués rapidement à l'occasion de l'évolution de la réglementation internationale du transport maritime (chapitre 2).

Les comportements des services de lignes régulière et des services de transport de marchandises en vrac sont très différents. Avant d'exposer le contexte socio-économique d'évolution du système des échanges mondiaux et ses répercussions sur la flotte, il est utile de préciser le rôle des principaux opérateurs commerciaux et les modes d'affrètement employés dans ces deux secteurs.

11. Principaux opérateurs commerciaux et modes d'affrètement des services de transport de marchandises régulières et de marchandises en vrac

L'affrètement est la location de tout ou partie d'un navire en vue d'une expédition maritime (CLOUET, 2000). Le plus ancien mode d'exploitation commerciale des navires est la mise à disposition d'un navire, par son propriétaire, à un client pour qu'il transporte sa marchandise d'un endroit à un autre. Ce mode d'exploitation, dénommé *tramping* en référence aux navires qui parcouraient le monde au début du XX^e siècle à la recherche de marchandises à transporter pour un voyage, est devenu une véritable industrie (affrètement au voyage : *spot charter*) (IETM³⁰⁶, 1996). Parallèlement à l'affrètement au voyage s'est également développé l'affrètement à temps (*time charter*). Dans les deux cas, le contrat d'affrètement porte sur le navire. Des navires ou des portions de navires sont mis à la disposition d'un client unique (l'affréteur³⁰⁷) par l'armateur³⁰⁸ (le fréteur) pour un temps défini (affrètement à temps) ou pour un voyage (affrètement au voyage) et ce, moyennant le paiement d'une somme (le fret ou le loyer) (CLOUET, 2000). Le déplacement sur mer des marchandises en vrac s'inscrit essentiellement dans ce cadre et, au milieu des années 1990, « 80 % des échanges maritimes mondiaux en volume (produits primaires : hydrocarbures, gaz liquéfiés, vrac secs divers [bauxite, alumine, céréales, etc.], etc.) s'effectuent sur ce marché » (IETM, 1996).

L'armement de lignes régulières est né au début du XX^e siècle avec le développement des échanges internationaux provoqué par l'industrialisation (IETM, 1996). « Les services de lignes régulières pour les marchandises sont des services programmés entre des ports connus à l'avance. Les navires sont exploités sur la base du *common carriage* et transportent des marchandises pour plusieurs chargeurs à la fois » (OCDE, 2001b). Dans ce cas précis, le contrat de transport porte sur la marchandise. « Des navires sont en état d'offre entre des ports, à des dates et prix annoncés à l'avance, l'armateur (le transporteur) prend en charge les marchandises qui lui sont confiées par les clients (chargeurs) en échange d'un prix fixé sur la base d'un barème (le fret) ». Le marché de lignes régulières distribue aujourd'hui surtout des produits manufacturés à haute valeur ajoutée et de natures diverses (IETM, 1996). Les navires les plus emblématiques de ce secteur sont les porte-conteneurs.

Les opérateurs présents sur chacun de ces marchés ont des comportements différents. Dans le cas des services de lignes régulières, il s'agit de compagnies maritimes qui, dans le prolongement d'une longue tradition de coopération, se concertent, à l'occasion de conférences maritimes, pour fixer les taux de fret³⁰⁹. Le transport maritime de vrac est généralement assuré par d'autres types d'opérateurs, les navires suivent des itinéraires non programmés et, surtout, « les taux de fret [...] résultent de l'interaction de l'offre et de la demande de navires sur un marché ouvert » (OCDE, 2001b) et sont ainsi négociés pour chaque contrat de transport. Tout comme le volume des échanges, ils dépendent

³⁰⁶ IETM : Institut d'Economie du Transport Maritime.

³⁰⁷ « Celui qui remet au navire une marchandise en vue de son transport, qu'il soit propriétaire ou non de cette marchandise ». Affréteur est synonyme d'expéditeur ou de chargeur (CLOUET, 2000).

³⁰⁸ « L'armateur est celui qui arme et exploite des navires en son nom, qu'il soit propriétaire ou non. S'il n'est pas gérant, l'armateur (ou armateur-gérant) peut exploiter des navires pour des propriétaires différents » (CLOUET, 2000).

³⁰⁹ Les conférences sont des regroupements d'armateurs. Ils se réunissent pour s'accorder sur les prix du service de transport. Les taux du fret sont fixes et annoncés à l'avance aux clients.

fortement du contexte économique mondial, sont cycliques, saisonniers et peuvent être très volatils (KAVUSSANOS & VISVIKIS, 2006). Ces deux marchés ne sont pas cependant cloisonnés. Un armateur peut fréter (au voyage ou à temps) un navire exploité d'ordinaire sur le marché des lignes régulières en cas d'excès momentané de tonnage par rapport aux besoins de sa clientèle (IETM, 1996). Le transfert d'un navire est également courant entre marchés « *spot* » et « *time charter* » (ou inversement), les armateurs décidant de l'affectation de l'une ou plusieurs de leurs unités sur l'un de ces marchés selon le niveau et la fluctuation des taux de fret, et ce dans l'optique de minimiser les risques financiers inhérents à l'entreprise maritime (KAVUSSANOS, 2003).

12. Evolution générale

Les principaux moteurs du développement des échanges maritimes ont été, à partir du XVII^e siècle, le commerce triangulaire, puis le « pacte colonial³¹⁰ » pratiqué par les principales puissances maritimes existantes (Espagne, Portugal, Hollande, Angleterre et France). La traite négrière, « la base du grand commerce atlantique », ne prend fin qu'au XIX^e siècle (GUILLAUME, 2005b), et le pacte colonial est « officiellement » abandonné au lendemain de la Seconde Guerre mondiale (MOREUX, 1951 *in* AFFAIRES MARITIMES, 1970). Depuis, les flux d'échanges et les aires de navigation n'ont cessé de croître et de s'élargir, créant des sillons, tantôt fugitifs, tantôt permanents, représentatifs des « systèmes océaniques³¹¹ » qui se sont succédé (VIGARIE *in* GUILLAUME, 2005b).

Au début du XX^e siècle, la progression du nombre de navires marchands est mineure et leur taille moyenne n'évolue pas considérablement (24 386 navires en 1919 d'un tonnage moyen d'environ 1 964 TJB, 29 763 navires en 1944 d'un tonnage moyen d'environ 2 301 TJB : LLOYD'S [1958], navires ≥ 100 TJB). Cette stagnation de la flotte reflète celle du commerce maritime à une époque marquée par deux conflits mondiaux et la Grande Dépression (crise de 1929) (MANSELL, 2007). Il faut attendre les années 1950 et le début des Trente Glorieuses pour que les échanges de marchandises connaissent le début d'une croissance sans précédent, dopés par la demande croissante de matières premières et d'énergie émanant des Etats-Unis, d'Europe et du Japon. Selon STOPFORD (1997, 1998), deux révolutions technologiques majeures expliquent également la forte augmentation du transport maritime mondial : l'agrandissement des transporteurs de vrac (minerais, pétroles bruts, etc.) et l'essor considérable de la conteneurisation (marchandises générales) à partir des années 1960³¹². Ces deux phénomènes participent de la diminution des coûts et de l'amélioration de la qualité des services de transport (STOPFORD, 1997 ; DAUDIN, 2003)³¹³. Ils réduisent notamment les temps de chargement et de déchargement des marchandises dans les ports à la condition que leurs infrastructures s'adaptent à ces évolutions (ports en eaux profondes pour l'accueil des navires les plus grands et construction de portiques pour le transfert des conteneurs d'un mode de transport à un autre). Selon MANSELL (2007), un cargo de ligne de 12 000 TPL affrété sur une liaison régulière entre Royaume-Uni et Nouvelle-Zélande met ainsi, par exemple, en 1958, environ six semaines pour décharger sa cargaison et six autres pour en charger une nouvelle alors qu'actuellement, un porte conteneurs de 24 000 TPL effectue la même opération en moins d'une journée dans un terminal moderne (MANSELL, 2007).

³¹⁰ Un pacte qui n'en a d'ailleurs que le nom car il s'agissait d'un système d'exploitation basé sur des relations « privilégiées » (et exclusives) entre colonisés et colonisateurs. « Une colonie ne pouvait importer que les produits de la mère patrie, elle ne pouvait exporter ses produits naturels que dans la mère patrie » (LUCHAIRE, 1959 *in* AFFAIRES MARITIMES, 1970).

³¹¹ « A. Vigarié appelle ordre ou système océanique un état temporaire des relations maritimes, caractérisé par un certain volume d'échanges et une certaine variété de ces courants d'échanges, un schéma correspondant des routes de mer, une flotte marchande adaptée à ce schéma et à ces flux, par le tonnage global, les types de navires et d'opérateurs, un certain type enfin de rapports de force entre les partenaires du commerce, qu'ils soient publics ou privés » (VIGARIE *in* GUILLAUME, 2005b).

³¹² La révolution du conteneur commence en 1956, année durant laquelle « la société *Sealand* introduit des conteneurs dans le cabotage atlantique des Etats-Unis ». Le service régulier par conteneurs entre l'Amérique du Nord et l'Europe est lancé en 1966 et depuis cette date, l'essor du recours à ce mode de conditionnement est considérable (RASMUSSEN, 1994).

³¹³ La part prise par l'un et l'autre facteur fait débat car le coût réel du transport maritime diminue, stagne ou augmente suivant le déflateur utilisé (indice du prix du PIB américain ou indice du prix du PIB allemand par exemple pour les taux de fret des vrac secs : DAUDIN, 2003). Les taux de fret représentés sont des séries non déflatées d'où l'apparente augmentation du coût du transport sur l'ensemble de la période 1965-2004.

L'augmentation du commerce maritime n'a pas cependant été linéaire car le dynamisme de cette activité dépend fortement du contexte économique mondial (GROSSMAN *et al.*, 2007). D'après JURGEN PETERS (1993), l'expérience suggère qu'une récession affecte le volume des échanges maritimes au bout d'environ six mois et que l'industrie maritime met entre 12 et 15 mois à réagir. Les réponses de l'industrie maritime aux fluctuations de la croissance économique mondiale sont intéressantes à évoquer pour comprendre l'évolution des caractéristiques de la flotte (productivité, stratégies d'investissement, etc.) et, plus largement, celle des conditions d'exploitation des navires. Nous n'évoquons ici que les mécanismes d'ajustement entre offre et demande de transport en considérant l'évolution du volume des échanges, les caractéristiques générales des navires et le dynamisme du marché de la construction navale. Ce dernier élément est important car il conditionne, avec le marché de la démolition, les entrées et sorties de navires (FORTIN, 2002) et, ce faisant, influence la structure par âge de la flotte mondiale en activité.

On distingue grossièrement trois phases en terme de croissance des échanges maritimes mondiaux entre 1965 et 2004 (Tableau n°3. 1).

La première phase (1965-1974) est une période de forte croissance du commerce maritime³¹⁴. La demande de transport est très forte et la flotte immatriculée grossit rapidement, moins vite cependant que la demande (Tableau n°3. 1), ce qui explique, pour partie, l'augmentation des taux de fret (Figure n°3. 1 a et b). Le tonnage brut (TJB) et, surtout, la capacité d'emport des navires (en TPL), croissent plus rapidement que le nombre de navires, signe de l'agrandissement de la taille moyenne de la flotte, phénomène qui se traduit par des gains de productivité importants, notamment pour la flotte pétrolière (Figure n°3. 1b). Cette période est l'une des plus profitables pour les armateurs et cela se ressent sur leurs stratégies d'investissement.

Les armateurs de pétrolier n'hésitent pas, par exemple, à engager des sommes considérables pour la construction de nouveaux navires car l'amortissement d'un unité neuve est réalisé à l'époque en peu de temps (quelques dizaines de mois en raison des taux de fret élevés et d'une demande de transport très forte : TSOLAKIS, 2005). Les navires livrés sont également plus grands car le coût de la construction ne varie pas proportionnellement à la taille de l'unité commandée (HIPPOLYTE-MANIGAT, 1972). La flotte mondiale est, dans ces conditions, très jeune (Figure n°3. 1c), notamment la flotte pétrolière qui constitue la moitié des livraisons de navires neufs entre 1967 et 1973 (TSOLAKIS, 2005).

³¹⁴ Cet épisode de forte croissance commence à la fin des années 1950 mais, en raison des données disponibles pour le commerce maritime, la flotte mondiale et la construction navale, notre analyse ne commence qu'en 1965.

Figure n°3. 1a/b/c. Evolution de quelques composantes de l'industrie maritime mondiale
(demande et coûts de transport [a], offre de transport [b : volume, productivité],
construction navale et ancienneté de la flotte mondiale [c], 1965-2004)

Figure a. Evolution du commerce maritime mondial de marchandises et des indices d'affrètement (1965-2004)

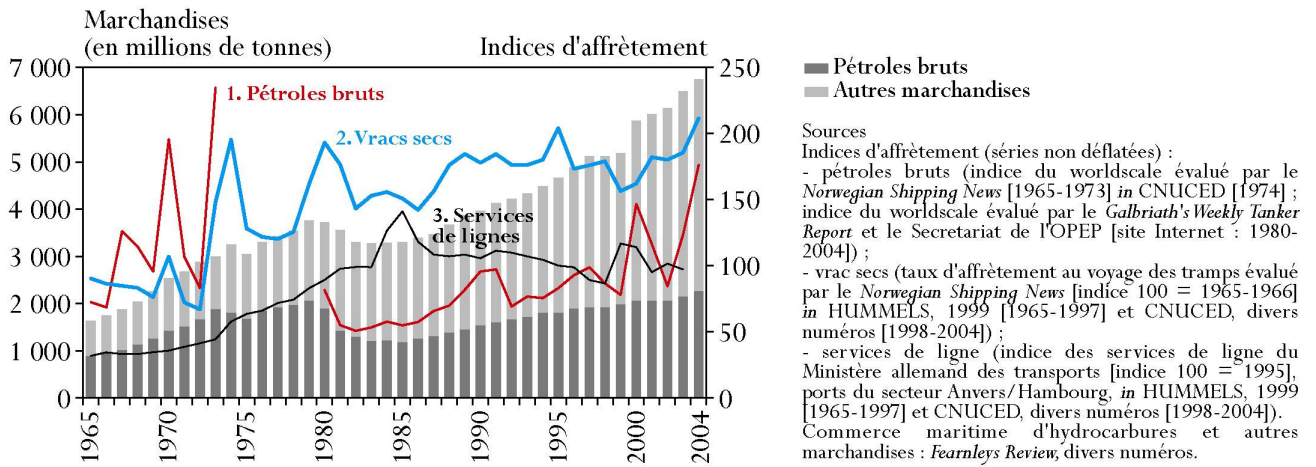


Figure b. Evolution de la flotte mondiale (nombre de navires, capacité d'emport et productivité opérationnelle) (1965-2004, navires > 100 TJB)

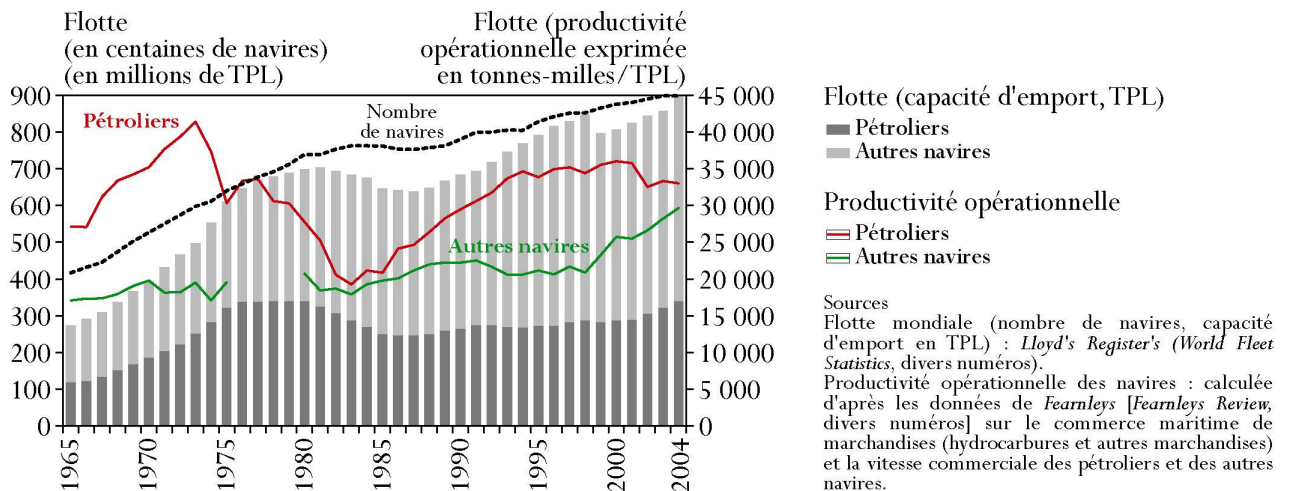
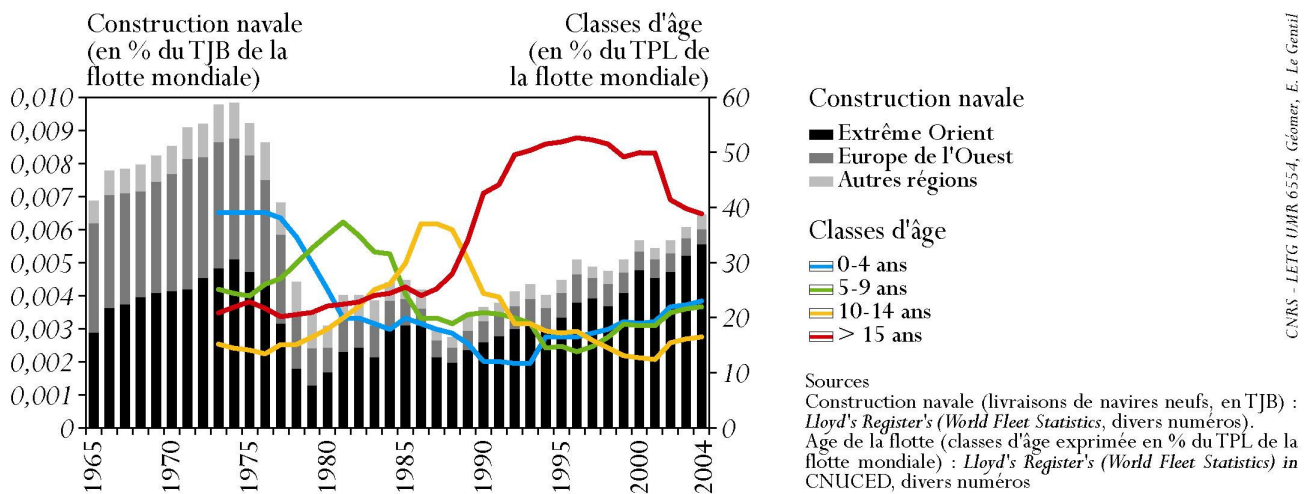


Figure c. Evolution mondiale de la construction navale (livraisons de navires neufs) et de l'âge de la flotte (1965-2004, navires > 100 TJB)



Le choc pétrolier de 1973 va provoquer un brutal coup d'arrêt dans cette évolution. Le secteur le plus durement touché est le transport maritime d'hydrocarbures dont le trafic diminue de plus de 4 % par an entre 1975 et 1984 (Tableau n°3. 1) et la productivité de cette flotte s'effondre (Figure n°3. 1b). Les autres types d'échange et de navires sont également affectés par la crise pétrolière mais moins fortement. Le second choc pétrolier (1979) entérine cette situation et les banques n'accordent plus de prêt pour la construction de navires neufs. La situation d'euphorie des années 1960-1970 se transforme en situation d'apathie, les constructions neuves diminuant drastiquement (Tableau n°3. 1) et la flotte vieillissant simultanément (Figure n°3. 1c). L'âge moyen de l'ensemble des navires de plus de 100 TJB, équivalent à 10,2 ans durant la période 1967-1973, ne cesse d'augmenter jusqu'en 1995 (15 ans : LLOYD'S Register, divers numéros) malgré la reprise de la croissance des échanges à la fin des années 1980 (Figure n°3. 1b). L'offre de transport devient structurellement surcapacitaire, notamment dans le secteur du transport maritime d'hydrocarbures, et la concurrence entre transporteurs s'intensifie considérablement.

Tableau n°3. 1. Taux de croissance annuel moyen du commerce maritime, de la flotte et de la construction navale (1965-2004, échelle mondiale, navires ≥ 100 TJB)

| | Marchandises ^a | | Flotte ^b | | | Constructions neuves (TJB) ^b |
|-----------|---------------------------|---------------------|---------------------|-----|-----|---|
| | Hydrocarbures | Autres marchandises | Nombre | TJB | TPL | |
| 1965-1974 | 7,9 | 6,5 | 4,0 | 6,9 | 7,5 | 10,9 |
| 1975-1984 | -4,5 | 3,4 | 2,1 | 2,9 | 1,9 | -8,0 |
| 1985-2004 | 2,9 | 3,8 | 0,8 | 2,0 | 1,4 | 3,2 |

Le taux de croissance annuel (T_c) est calculé de la manière suivante :

$$T_c = 100 * \left(\frac{N_{y2} - N_{y1}}{N_{y2}} \right)$$

Où N_{y1} est la valeur de la première année considérée et N_{y2} celle de l'année suivante.

Le taux de croissance annuel moyen d'une période correspond à la moyenne des taux annuels correspondants.

^aCalculé d'après les données de FEARNLEYS Review (divers numéros).

^bCalculé d'après les données du LLOYD'S Register (divers numéros).

Les conséquences des chocs pétroliers (et des crises successives) sont nombreuses, et les réponses formulées par les acteurs de l'industrie maritime pour tenter de renouer avec les considérables marges bénéficiaires des années 1960-1970 vont être diverses. Les armateurs et autres propriétaires de navires, pour conserver un revenu assurant la rentabilité de leurs navires, diminuent les coûts d'exploitation en employant, entre autres mesures, des marins étrangers provenant des pays émergents et en immatriculants leurs bâtiments dans des registres moins onéreux que ceux de leur pays d'origine (internationalisation des marchés de l'immatriculation et de l'emploi maritime), deux phénomènes sur lesquels nous reviendrons tant leurs effets sont considérables sur l'évolution des conditions d'exploitation des navires. La croissance annuelle des échanges reprend tout comme la construction navale à la fin des années 1980, mais à un taux de croissance annuel trois fois inférieur à celui de la période 1965-1974 (Tableau n°3. 1).

L'essor de cette industrie en Extrême-Orient participe de l'effondrement de son équivalent en Europe de l'Ouest (Figure n°3. 1c), et ce redéploiement est souvent cité, à demi-mot, comme un facteur d'avarie structurelle en raison de la qualité des constructions et des matériaux utilisés. Alors qu'en Europe, la construction navale est le produit d'une longue tradition et que son mode de production évolue peu (Royaume-Uni par exemple : KING, 1999), le développement de cette activité au Japon, au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, et surtout en Corée, dans les années 1980, s'inscrit dans la recherche d'activité offrant des taux de croissance économique élevés. L'industrie navale de ces pays concurrence fortement les chantiers européens en se spécialisant dans la construction des plus gros navires, principalement des vraquiers et des pétroliers, et proposent des coûts de construction très inférieurs aux normes européennes grâce au développement, à bas prix, de leur industrie de l'acier *via* le marché de la démolition³¹⁵ (FORTIN, 2002). Il est difficile d'apprécier les conséquences de la restructuration de ce secteur sur l'accidentologie des navires. Seuls, ROBERTS & MARLOW (2002),

³¹⁵ C'est également le cas ces dernières années de l'Inde et du Bangladesh.

dans le cadre d'une étude menée sur les facteurs d'accidents des vraquiers à l'échelle mondiale entre 1963 et 1996, font référence à l'élasticité réduite de l'acier à haute tension, le matériau le plus couramment utilisé dans les années 1980, comme élément susceptible d'expliquer la recrudescence des avaries structurelles des vraquiers les plus récents lors de cette période. Cet exemple n'est toutefois pas l'élément le plus représentatif de l'influence du contexte socio-économique sur l'évolution des conditions d'exploitation des navires et, ce faisant, sur l'accidentologie de la flotte commerciale.

2. Evolution des conditions du transport maritime d'hydrocarbures et répercussions en terme de rejets accidentels

Le secteur du transport maritime d'hydrocarbures fait très certainement partie des meilleurs exemples pour illustrer les répercussions de l'évolution du contexte économique général sur les conditions d'exploitation des navires. Ce marché, durement affecté par les chocs pétroliers de 1973 et 1979, perd sa stabilité et, du fait d'une « offre de transport atomisée et structurellement excédentaire », devient très concurrentiel (INTERTANKO, 1999, *in* HAY, 2006). Il est également à l'origine des plus volumineux déversements d'hydrocarbures de navires survenus durant les quarante dernières années (1965-2004). A partir des huit événements polluants survenus en Manche occidentale/golfe de Gascogne et présentés dans la partie 2 (*Torrey Canyon* [1967], *Amoco Cadiz* [1978], *Tanio* [1980], *Amazzone* [1988], *Aegean Sea* [1992], *Sea Empress* [1996], *Erika* [1999] et *Prestige* [2002]), nous présentons l'évolution des contextes énergétique et socio-économique, leurs principales répercussions sur la flotte pétrolière, et les conséquences en terme de pollution par hydrocarbures. Pour compléter cette analyse et restituer plus largement le contexte d'émergence des exemples évoqués, nous procédons ensuite à l'analyse de l'évolution des caractéristiques des plus volumineux rejets accidentels d'hydrocarbures de navires citernes recensés à l'échelle mondiale entre 1965 et 2004 (rejets $\geq 10\ 000$ tonnes [$\pm 10\%$], pétroliers $\geq 10\ 000$ TPL)³¹⁶. Il s'agit, d'après tous ces exemples, de vérifier si :

- (i) l'évolution du contexte énergétique modifie certaines caractéristiques des rejets pétroliers (fréquence, nature, etc.) ;
- (ii) l'évolution du contexte socio-économique mondial influence sensiblement les circonstances d'avaries recensées ;
- (iii) les segments de flottes à l'origine des déversements les plus volumineux diffèrent selon les époques considérées.

Cette démarche est enfin l'occasion de préciser les stratégies déployées par les opérateurs pétroliers en réaction aux crises successives qui ont frappé ce secteur et leurs répercussions en terme d'accidentologie.

³¹⁶ Les données utilisées proviennent de la base de données CTX et les (quelques) événements manquants ont été recensés dans les ouvrages de BERTRAND (1979, 2000). Nous avons récolté pour chacun de ces rejets accidentels les informations suivantes :

- (i) les caractéristiques du navire à l'origine du rejet (TPL, âge, type, pavillon d'immatriculation) ;
- (ii) les circonstances du rejet (types d'accident tels que définis dans la partie 2) ;
- (iii) et la nature du rejet (volume et types de produit [tels que définis dans la partie 2]).

Nous n'avons considéré que les rejets de cette dimension et les pétroliers les plus grands car il s'agit des événements les mieux renseignés (tous leurs attributs sont renseignés). En se limitant à la prise en compte des événements de cette ampleur, on peut, en outre, supposer l'inventaire réalisé comme quasiment exhaustif (seuls quatre événements n'ont pas été retenus car trop mal renseignés). On peut enfin raisonnablement supposer que les résultats obtenus d'après les traitements statistiques réalisés sur les 138 événements retenus sont assez représentatifs de l'évolution générale des accidents les plus dommageables de la flotte pétrolière.

21. Evolution du contexte énergétique au regard des caractéristiques de quelques pétroliers à l'origine de déversements volumineux en Manche occidentale/golfe de Gascogne

Le trafic maritime des hydrocarbures est concentré en Atlantique nord et en Méditerranée jusqu'aux années 1930³¹⁷. L'émergence du Moyen-Orient et d'autres pays producteurs modifie ensuite profondément la géographie des échanges pétroliers et entraîne une diminution progressive de l'importance de la production états-unienne (60 % en 1900 et 15 % en 1991 : ESTIVAL, 2002). Plutôt que d'énumérer l'émergence des principaux centres de production pétrolière qui vont, des années 1960 à nos jours, modeler la géographie des routes maritimes du pétrole pour satisfaire (ou alimenter) les besoins énergétiques croissants des pays de l'Europe du Nord-Ouest, nous allons exposer rapidement ces évolutions *via* les caractéristiques et les routes programmées des navires à l'origine des huit événements polluants évoqués dans la deuxième partie (Tableau n°3. 2).

Tableau n°3. 2. Principales caractéristiques des navires impliqués dans quelques événements polluants en Manche occidentale et dans le golfe de Gascogne

| Navire | Date | TPL | Immatriculation | Nature de la cargaison | Route programmée | Age |
|-------------------------------|------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------------|-----|
| <i>Torrey Canyon</i> | 1967 | ≈ 121 000 | Libéria | Brut (Koweït) | Koweït/Pays de Galles | 8 |
| <i>Amoco Cadiz</i> | 1978 | 232 180 | Libéria | Arabian et Iranian Light | Iran/Angleterre/Pays-Bas | 4 |
| <i>Tanio</i> | 1980 | 27 263 | Madagascar | Fioul n° 2 | Allemagne/Italie | 22 |
| <i>Amazzone</i> | 1988 | 32 250 | Italie | Brut (Libye) | Libye /Italie/Belgique | 16 |
| <i>Aegean Sea^a</i> | 1992 | 114 036 | Grèce | Brent, Ninian | Ecosse/Espagne | 19 |
| <i>Sea Empress</i> | 1996 | 147 273 | Libéria | Forties | Ecosse/Pays de Galles | 3 |
| <i>Erika</i> | 1999 | 37 283 | Malte | Fioul n° 2 | France/Italie | 25 |
| <i>Prestige</i> | 2002 | 81 564 | Bahamas | Fioul n° 2 | Lettonie/Singapour | 27 |

^aPétrominéralier à double fond, tous les autres navires sont des pétroliers à simple coque.

Source : rejets accidentels ≥ 50 tonnes (P31)

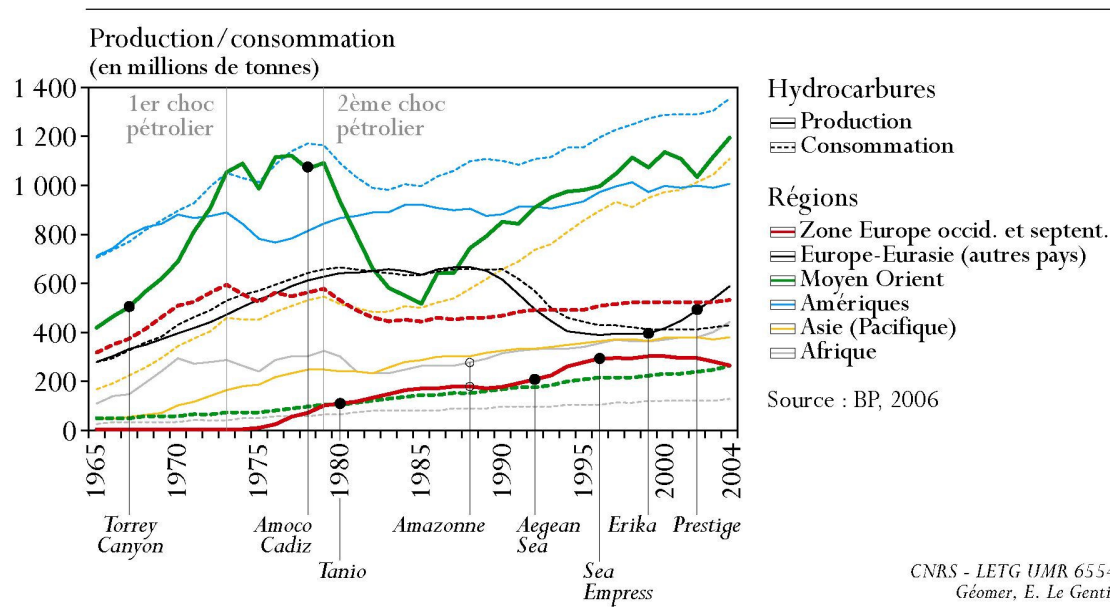
Le *Torrey Canyon* (1967) et l'*Amoco Cadiz* (1978) sont des navires récents et font partie des plus grands unités construites pour leur époque (121 000 et 232 280 tpl) (BURROWS *et al.*, 1974 ; CARTER, 1978). Ils sont tous deux chargés de cargaisons de brut en provenance du Moyen-Orient, la première région productrice d'hydrocarbures dans le monde entre 1969 et 1981 (Tableau n°3. 2, Figure n°3. 2). C'est l'époque, nous l'avons déjà précisé, des superpétroliers. Le plus grand navire en construction en 1978, le *Batillus* (ULCC), mesure 414 mètres de long pour une capacité d'emport de 550 000 tpl et sa plus petite citerne équivaut, à elle seule, au port en lourd d'un pétrolier standard (T-2) des années 1950 (≈ 18 600 TPL : STANLEY, 1978). Ce gigantisme s'inscrit, au-delà de l'éloignement croissant entre centres de production et de consommation, dans le prolongement d'une logique de développement économique basée sur la satisfaction de besoins énergétiques toujours plus importants³¹⁸, processus auquel se mêle l'influence des conflits géopolitiques (O'ROURKE & CONOLLY, 2003). La fermeture du canal de Suez entre 1967 et 1975 contraint ainsi les navires à contourner l'Afrique par le cap de Bonne Espérance pour rejoindre l'Europe ou l'Asie. En 1976, un

³¹⁷ Du début jusqu'au milieu du XIX^e siècle, l'essentiel de la production pétrolière est assuré par la région du Caucase. En 1859, le premier puits à produire du pétrole, creusé par le colonel Drake à Titusville en Pennsylvanie, procure aux Etats-Unis, dès l'année suivante, 95 % de la production mondiale (VALLOIS, 1999 ; BERTRAND, 2000 ; ESTIVAL, 2002). Pour cette raison, le trafic maritime pétrolier est essentiellement concentré en Atlantique, depuis l'Amérique du Nord vers l'Europe. Pour n'évoquer que les premiers gisements découverts au Moyen-Orient, citons le gisement de Kirkuk découvert en Irak (1927), les champs pétrolifères de Gasch Saran et d'Agha Jari découverts en Iran (1928 et 1936), celui de Burgan au Koweït (1938) et ceux d'Abqaiq et de Ghawar en Arabie Saoudite lors des années 1940 et 1948 (BOY DE LA TOUR, 2004).

³¹⁸ Les hydrocarbures constituent la première demande d'énergie primaire dans le monde en 1973 (45,6 % de la demande d'énergies primaires) et c'est toujours le cas en 2004 (35,6 %) malgré les envolées du prix du brut (baril à 14,5 \$ 2005 en 1973 [*Arabian Light*], baril à 39,6 \$ 2005 [*Brent*]). Les énergies primaires sont : le pétrole, le gaz naturel, le charbon, les énergies nucléaire et hydroélectrique (sources modernes) ; et le bois, la tourbe, le fumier, la paille et autres déchets agricoles (biomasse). Valeurs calculées sur la base de la consommation mondiale d'hydrocarbures en 1973 et 2004 (données « consommation » et « prix du brut » de « BP Statistical Review of World Energy June 2006 » : BP, 2006) au regard de la demande d'énergie primaire (exprimée en Tonnes Equivalent Pétrole [TEP] pour les années correspondantes, d'après MADDISON [2003] pour 1973 et les données de l'International Energy Agency [IEA, 2006] pour l'année 2004).

pétrolier en charge parcourt en moyenne 6 072 milles nautiques, alors que cette distance n'était en 1970 que de 4 557 milles nautiques (d'après FEARNLEYS Review³¹⁹) et, pour maîtriser les coûts de transport, cette augmentation des trajets est compensée par l'agrandissement de la contenance des navires. Le coût du transport à la tonne en 1975 pour un navire de 500 000 TPL, sur le trajet golfe Persique/Rotterdam *via* le cap de Bonne Espérance est inférieur d'au moins 2 \$ au coût de transport d'une unité de 130 000 TPL affrétée sur le même trajet *via* Suez³²⁰ (7,31 \$ contre 9,65 \$ 1975 : « CIA Indian Ocean atlas » *in* STANLEY, 1978).

Figure n°3. 2. Evolution des principaux foyers de production et de consommation d'hydrocarbures à l'échelle mondiale (1965-2004, pétroles bruts et produits dérivés)



Le *Tanio* (1980) et, dans une moindre mesure, l'*Amazzone* (1988), sont tous deux représentatifs d'un autre phénomène, le transport régional de pétroles lourds par des pétroliers Handysizes (27 263 tpl et 32 250 tpl) entre Méditerranée (Italie notamment) et Europe du Nord (Tableau n°3. 2). Les différences principales entre ces deux navires sont le sens de l'itinéraire programmé et la nature de leur cargaison. Le trait commun est leur âge élevé. Le *Tanio* transporte du fioul n° 2, un produit fondamentalement différent des cargaisons de bruts précédemment évoquées. Sur le continent, ce type de fioul lourd est un résidu utilisé comme combustible dans certaines installations industrielles. Sur les navires marchands, il sert de carburant pour alimenter les moteurs diesel de propulsion (IFO 180 et IFO 380 : Intermediate Fuel Oil), les groupes électrogènes et les chaudières du bord (MDO et MGO : Marine Diesel Oil ; Marine Gasoil Oil) (cargaison du *Prestige*). Produits en raffinerie³²¹, leurs acheminements s'effectuent essentiellement par voie maritime à destination des grandes régions consommatrices. Il s'agit d'un produit à très faible valeur ajoutée (GARDAIS & DA ROS, 2005), *a contrario* de la majorité des bruts et surtout des « produits blancs » dérivés (essence, etc.). Ils sont extrêmement salissants, d'où l'emploi généralisé de navires anciens pour leur transport, navires généralement affectés à cet usage unique. La consommation mondiale des fiouls résiduels suit les soubresauts de l'économie mondiale. En constante augmentation avant les années 1970³²², elle stagne après le premier

³¹⁹ Valeurs calculées d'après les volumes d'hydrocarbures transportées par voie maritime et leurs correspondances en tonnes-milles à l'échelle mondiale (d'après les données de FEARNLEY'S Review, divers numéros).

³²⁰ Le canal de Suez, aménagé dès 1980 pour pouvoir permettre le passage de navires de plus en plus gros, ne retrouve pas les niveaux d'antan. Le trafic de ce canal est aujourd'hui principalement constitué de cargaisons de marchandises sèches et, de plus en plus, de conteneurs (GUILLAUME, 2005b).

³²¹ Le fioul lourd (« fuel oil » en anglais) est un résidu obtenu à la fin du processus de distillation (atmosphérique ou sous vide) à une température comprise entre 340 et 370°C (l'appellation « résidu » ne signifie pas pour autant « déchet », elle est employée dans l'industrie pétrolière pour désigner ces types de fioul car c'est ce qui reste à l'issue du processus de raffinage). On y ajoute ensuite un fluxant (gazole ou kérosène) pour en ajuster la viscosité (EUROPEAN COMMISSION, 2002 ; TOURRET, 2003) et réduire des impuretés (soufre, nickel, vanadium, etc.) d'autant plus présentes que les coupes sont lourdes. Il s'agit de répondre aux normes existantes pour permettre leur commercialisation comme fioul de soute par exemple (norme ISO 8217 : « spécification des combustibles résiduels pour la marine »).

³²² De 400 millions de tonnes en 1965 à 759 en 1973 (BP, 2006).

choc pétrolier (1973), puis s'effondre jusqu'en 1985³²³ (BP, 2006). Elle reprend ensuite, surtout dans les pays émergents (Asie du Sud-Est notamment), et ne cesse de diminuer en Amérique du Nord et en Europe à un rythme moins rapide toutefois que durant les cinq années précédentes (1979-1985).

L'*Aegean Sea* et le *Sea Empress* présentent également des similitudes. Ils proviennent tous deux de mer du Nord et ils sont remplis de pétroles bruts produits dans cette région (Figure n°3. 2). Les années 1980-1990 sont celles de la réorganisation des approvisionnements énergétiques, suite aux conflits géopolitiques (guerre Iran-Irak, etc.) et aux chocs pétroliers de 1973 et de 1979. Les nations occidentales sont soucieuses de diminuer leur dépendance en hydrocarbures vis-à-vis des pays de l'OPEP (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole), en raison principalement de la capacité de contrôle des prix qu'ils ont acquise au détriment des « majors » pétroliers occidentaux (CHEVALIER *et al.*, 2007). La production d'hydrocarbures ne cesse d'augmenter en mer du Nord jusqu'en 1997 (BELLER *et al.*, 1999) et contribue largement à la croissance de l'offre pétrolière des pays non membres de l'OPEP. Les tailles de ces pétroliers reflètent la logique d'économie d'échelle précédemment évoquée, tandis que la différence d'âge résulte des marchés pour lesquels ils sont affrétés : celui des bruts uniquement pour le plus jeune (*Sea Empress*) ; bruts et minerais pour le plus vieux (*Aegean Sea*). L'âge élevé du dernier illustre le vieillissement généralisé de cette flotte qui ne cesse de s'accroître jusqu'à la fin de la décennie 1990-2000³²⁴. C'est d'ailleurs au cours de cette période que les plus vieilles unités vont trouver un nouvel emploi en satisfaisant une demande de transport de « produits noirs » en expansion.

L'*Erika* et le *Prestige* sont les témoins de cette évolution. L'*Erika* doit livrer une cargaison de 30 884 tonnes de fioul lourd pour la centrale électrique Enel en Italie. Le *Prestige* fait route depuis Ventspils (Lettonie) vers Singapour (Asie du Sud-Est) et transporte 76 973 tonnes de fioul M100³²⁵. Les contextes du transport de fioul effectués par ces navires sont différents de celui du *Tanio*. La consommation mondiale des fiouls résiduels de chauffe (installations industrielles, etc.), à la baisse depuis le début des années 1990³²⁶, est en partie compensée par la hausse constante de celle des fiouls de soute (EUROPEAN COMMISSION, 2002)³²⁷. A l'échelle du Nord-Ouest européen, cette croissance des exportations maritimes de fioul lourd, en transit *via* la mer Baltique et le long des côtes atlantiques, provient principalement de l'augmentation de la production pétrolière des pays de l'ex-URSS (Fédération de Russie et Etats Baltes d'Europe centrale : Figure n°3. 2)³²⁸ en raison de la faible modernisation de leurs raffineries. Elles produisent 14 % de résidus de plus que la moyenne des installations de l'Union Européenne (16 %) et les industries locales n'absorbent pas tout cet excédent (LE FRANC, 2002). D'autres auteurs évoquent, pour expliquer cette hausse, l'interdiction, depuis 1995, du brûlage de ce produit dans les centrales électriques en Europe du Nord pour des raisons environnementales (GARDAIS & DA ROS, 2005). Enfin, selon TOURRET *et al.* (2003), les faibles marges générées par les ventes de fioul de soute en Europe au regard des bénéfices réalisables dans les ports asiatiques (Singapour notamment)³²⁹ pour l'industrie du raffinage ont concouru, depuis la fin des années 1990, à l'accroissement, en volume, des échanges maritimes de fiouls résiduels entre ces deux régions et à l'agrandissement simultané de la capacité d'emport des unités qui les transportent.

³²³ De 768 millions de tonnes à 496 en 1985 (BP, 2006).

³²⁴ 55,1 % des pétroliers ont un âge supérieur à 15 ans en 1998, 26,7 % en 2005 (CNUCED, 1999 et 2006), alors que cette proportion n'était que de 18 % en 1973 (CNUCED, 1974).

³²⁵ Appellation russe du Fioul n° 2.

³²⁶ En 1992, elle est de 542 millions de tonnes et de 387 en 2002 (BP, 2006).

³²⁷ En 1983, elle est de 84 millions de tonnes et en 2002 de 140 (COMMISSION EUROPEENNE, 2002).

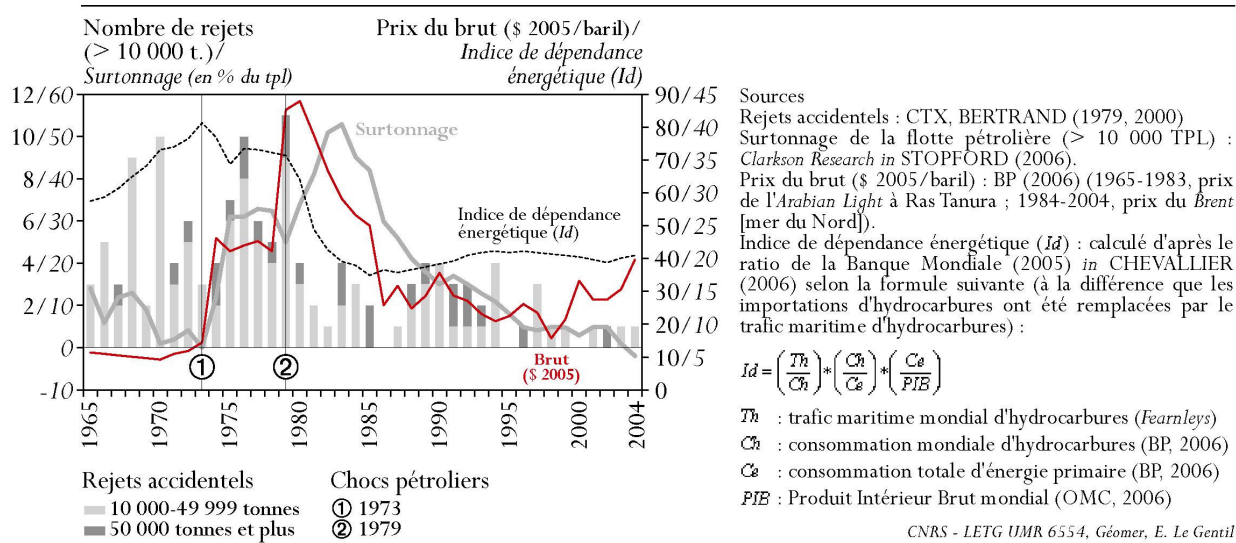
³²⁸ Les exportations maritimes russes de fioul lourd résiduel (*via* la mer Baltique) sont passées de 10 millions de tonnes en 1998 à 30 millions de tonnes en 2004. La plupart de ces exportations se font vers l'Asie avec des VLCC's (Very Large Crude Carrier's) détournés de leur fonction originale. Notons cependant que nous n'avons pas constaté d'évolution notable des volumes de produits lourds transitant dans le DST « Ouessant Traffic » entre 2000 et 2003 (≈ 15 millions de tonnes/an : P21). Les volumes, en valeur relative, et les nombres de passages de ce type d'unité, en valeur absolue, ont même légèrement diminué (de 12,4 [2000] à 11,1 % [2003] du volume total d'hydrocarbures observé, de 621 transits en 2000 à 570 transits en 2003) (P21).

³²⁹ En 2001, le fioul lourd se négociait à 125 \$ la tonne à Rotterdam et à 180 \$ la tonne à Singapour (TOURRET *et al.*, 2003). Ce port a vendu la même année plus de 20 millions de tonnes de fioul de soute.

22. Evolution des caractéristiques des plus volumineux rejets accidentels de pétroliers à l'échelle mondiale

138 rejets d'environ 10 000 tonnes d'hydrocarbures, du fait d'accidents de pétroliers de plus de 10 000 TPL, sont survenus à l'échelle mondiale entre 1965 et 2004. Leur fréquence est élevée et croît durant les quinze premières années de la période considérée (5,9 rejets/an entre 1965 et 1979). Leur occurrence diminue ensuite considérablement à la suite du choc pétrolier de 1979. Notons que cette évolution coïncide, à la fois, avec l'envolée du prix du brut, un phénomène à l'origine de la réorientation des politiques énergétiques évoquée dans la section précédente (diversification des centres d'approvisionnement en hydrocarbures mais aussi sources d'énergies utilisées) et que cette situation se répercute sur le tonnage de la flotte utilisée³³⁰, de plus en plus excédentaire jusqu'au milieu des années 1980 (Figure n°3. 3). La demande de navires-citernes est, en effet, fonction de la consommation pétrolière des pays industrialisés (elle-même fonction de leur production industrielle), des disponibilités régionales en hydrocarbures (réserves, politique des prix pratiquées, etc.) et du degré de développement des autres modes de transports (pipeline principalement) (VELONIAS, 1995). L'influence du contexte énergétique est donc très forte car, en réduisant le taux d'activité de la flotte pétrolière, il contribue à la diminution des rejets les plus volumineux, une réduction qui précède d'ailleurs de quelques années la mise en oeuvre de la Convention MARPOL 73/78 (1983), la principale réglementation internationale en matière de lutte antipollution.

Figure n°3. 3. Contextes énergétique et socio-économique des rejets accidentels de pétroliers
(rejets ≥ 10 000 tonnes [± 10 %], pétroliers ≥ 10 000 TPL, échelle mondiale, 1965-2004, N = 138)



HAY *et al.* (2008) ont également mis en valeur cette dépendance entre activité et rejets dans les années 1970-1980 *via* la relation existant entre le niveau des taux d'affrètement du transport maritime d'hydrocarbures et le nombre de déversements accidentels recensés par l'ITOPF (≥ 7 tonnes, 1970-2004). Ces auteurs soulignent ainsi que « la baisse importante du coût du transport [indice du *Worldscale*³³¹], dans la mesure où elle induit une baisse d'activité de la flotte et une réduction de son

³³⁰ Le surtonnage de la flotte est celui des navires disponibles pour le transport. Il exclut donc les navires existants qui ne sont pas affrétés pour cause de réparation, etc.

³³¹ Les taux d'affrètement pétroliers ont été considérablement dépréciés dans les années 1980 en raison de l'offre de transport surcapacitaire. « Le *worldscale* est une référence tarifaire commune aux deux parties (chargeurs et affréteurs), éditée et actualisée annuellement voire semestriellement en cas de fortes variations par un panel de courtiers londoniens et américains. Ce barème indique pour chaque voyage entre un (ou des) port(s) de déchargement le coût de revient à la tonne transportée d'un pétrolier standard sur la base d'un voyage avec retour au port de chargement. Cette valeur est appelée « *Flat Worldscale* » et varie en fonction du prix des soutes et des frais de port. Si l'offre et la demande sont équilibrées et que le navire est identique au pétrolier standard, le taux s'applique à 100 % (...). Si le navire est plus gros, il y aura des économies d'échelle et le taux sera plus bas (...) [et inversement si le navire est plus petit]. S'il y a excédent de l'offre sur la demande de transport, les affréteurs seront en mesure de faire baisser les taux. En cas de demande excédentaire les taux montent » (HAY *et al.*, 2008).

effectif, conduit à une réduction significative du nombre d'accidents » (HAY *et al.*, 2008). MIKELIS (2005) souligne également cette interaction entre les taux d'affrètement et l'ensemble des avaries de navires citernes (avaries sérieuses, navires $\geq 10\ 000$ TPL), mais dans le sens inverse et pour une période plus récente cette fois-ci (1986-2003), arguant du fait qu'à court terme, l'augmentation des taux de fret s'accompagne (historiquement³³²) de celle des accidents car les navires sont exploités à plein régime (vitesse élevée, etc.). A long terme (1986-2003), les résultats de MYKELIS (2005) montrent toutefois la tendance inverse, ce qui conforte l'hypothèse de BEURIER (2004) quant à la capacité de taux de fret élevés à réduire, ces dernières années, les avaries de navires³³³ grâce à l'effet d'assainissement de l'offre de transport (moins de navires sous-normes). MIKELIS (2005) n'interprète toutefois pas ses propres résultats ainsi et préfère attribuer la diminution observée au seul succès de la réglementation mise en oeuvre durant les vingt-cinq dernières années (1978-2003).

Comme dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (partie 2, chapitre 2), ce sont les déversements de pétrole brut, en nombre comme en volume, qui dominent quelle que soit la période considérée (Tableau n°3. 3)³³⁴, et il s'agit des déversements les plus volumineux. La proportion de rejets de plus de 50 000 tonnes augmente considérablement de 1965 à 2004 (Tableau n°3. 3) et cette croissance coïncide avec celle de la taille médiane des pétroliers accidentés et la part croissante de VLCC/ULCC à l'origine de déversements très volumineux (Tableau n°3. 4), ce qui semble indiquer l'influence de l'augmentation de la capacité d'emport de cette flotte sur le volume des rejets. On constate enfin, parallèlement au vieillissement (supposé) des navires accidentés (les différences d'âge moyen entre période ne sont pas statistiquement significatives³³⁵ : Tableau n°3. 4), que les proportions de produits lourds et intermédiaires déversés augmentent d'une période sur l'autre (en nombre comme en volume : Tableau n°3. 3), tout comme la part relative des incendies et explosions et, surtout, des avaries structurelles (Tableau n°3. 5).

Tableau n°3. 3. Caractéristiques des rejets accidentels de pétroliers

(rejets $\geq 10\ 000$ tonnes $\pm 10\%$), pétroliers $\geq 10\ 000$ TPL, échelle mondiale, 1965-2004, N = 138)

| | Volume (en tonnes) | | Types d'hydrocarbures (en % du volume total et en % du nombre total de rejets) | | |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|--|-----------------|-----------------------------------|
| | Total | n. $\geq 50\ 000$ t. (en %) | Pétroles bruts | Produits légers | Produits lourds et intermédiaires |
| 1965-1974 (n = 49) | $\approx 1\ 326\ 900$ | 10,2 | 71,4 (65,3) | 21,6 (26,5) | 7,0 (8,2) |
| 1975-1984 (n = 53) | $\approx 2\ 327\ 000$ | 18,9 | 87,2 (74,5) | 4,0 (9,1) | 8,8 (16,4) |
| 1985-2004 (n = 36) | $\approx 1\ 581\ 910$ | 30,6 | 80,8 (69,4) | 6,6 (8,3) | 12,6 (22,2) |

Sources : CTX, BERTRAND (1979, 2000)

Tableau n°3. 4. Caractéristiques des pétroliers accidentés

(rejets $\geq 10\ 000$ tonnes $\pm 10\%$), pétroliers $\geq 10\ 000$ TPL, échelle mondiale, 1965-2004, N = 138)

| | TPL (médiane) ^a | Répartition par segment (en % du nombre de navires) | | | | | Age moyen ^b |
|--------------------|----------------------------|---|-----------|---------|---------|-----------|------------------------|
| | | < 20 000 TPL | Handysize | Aframax | Suezmax | VLCC/ULCC | |
| 1965-1974 (n = 49) | 26 816 | 42,6 | 46,8 | 2,1 | 6,4 | 2,1 | 13,7 |
| 1975-1984 (n = 53) | 57 375 | 10,9 | 43,6 | 14,5 | 14,5 | 16,4 | 13,5 |
| 1985-2004 (n = 36) | 98 521 | 8,3 | 16,7 | 27,8 | 16,7 | 30,6 | 16,4 |

^aDifférences statistiquement très significatives entre les valeurs médianes de tous les groupes ($Kw = 30,12$; $P < 0,0001$).

^bAbsence de différence statistiquement significative entre les valeurs moyennes de tous les groupes ($F = 2,04$; $P > 0,1$).

Sources : CTX, BERTRAND (1979, 2000)

³³² La relation entre envolée des taux de fret et hausse des accidents est particulièrement nette dans les années 1960-1970 par exemple.

³³³ Il s'agit d'une hypothèse tout à fait réaliste pour la période 1995-2004 où les pressions normative et sociétale en matière de protection de l'environnement sont particulièrement élevées du fait de la répétitivité de ce type d'événements polluants. On peut, en effet, envisager, dans ce contexte, que le fréteur qui paie le service de transport au prix « fort » exige que le navire et son équipage garantissent un niveau de sécurité maximal.

³³⁴ Nous avons retenu des périodes similaires à celles utilisées lors de la présentation de l'évolution générale du transport maritime d'hydrocarbures.

³³⁵ Pour rappel, le test statistique de l'hypothèse d'égalité entre groupe porte sur la valeur médiane lorsque la série est anormalement distribuée (test de Kruskal Wallis : Kw) et sur la moyenne lorsqu'elle est normalement distribuée (test de Fisher : F).

Tableau n°3. 5. Circonstances des rejets accidentels de pétroliers(rejets $\geq 10\ 000$ tonnes $\pm 10\%$, pétroliers $\geq 10\ 000$ TPL, échelle mondiale, 1965-2004, N = 138)

| | Collision, contact | Echouement | Incendie, explosion | Structure, rupture | Autres, indéterminées | Total |
|--------------------|--------------------|------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-------|
| 1965-1974 (n = 49) | 10,2 | 32,7 | 12,2 | 26,5 | 18,4 | 100,0 |
| 1975-1984 (n = 55) | 15,1 | 26,4 | 26,4 | 24,5 | 7,5 | 100,0 |
| 1985-2004 (n = 36) | 25,0 | 19,4 | 22,2 | 33,3 | 0,0 | 100,0 |

Sources : CTX, BERTRAND (1979, 2000)

Ces deux dernières évolutions sont intéressantes car elles illustrent très certainement, d'une part, le redéploiement de certains segments de la flotte pétrolière (Aframax et VLCC/ULCC) sur de nouveaux marchés (fiouls résiduels) comme indiqué par TOURRET *et al.* (2003) et, d'autre part, les effets du vieillissement de la flotte sur les types d'avaries recensés. Précisons, pour ce dernier élément, que l'augmentation de l'âge moyen ne peut être considérée comme un facteur d'accident, mais plutôt comme l'indicateur de niveaux de maintenance peu élevés, cette catégorie de frais d'exploitation³³⁶ augmentant considérablement avec l'âge du navire (OCDE, 2003b)³³⁷. Si l'on ajoute à cela que l'emploi de navires âgés (car déjà amortis³³⁸) pour le transport des produits lourds est la règle en raison de la faible valeur marchande de ces marchandises et que le mode de conditionnement de ce type de produit fragilise, à plus ou moins long terme, la structure des navires qui les transportent³³⁹, on comprend mieux pourquoi la moitié des avaries structurelles recensées entre 1990 et 2004 sont le fait de ce type d'unités. Les autres cas de naufrages recensés dans ces circonstances durant cette période sont des transporteurs de brut construits dans les années 1970-1980 qui ne sont pas particulièrement âgés. Nous ne saurions dire cependant s'il faut y voir y lien avec la qualité de la construction des navires.

L'influence des contextes socio-économique et énergétique sur la fréquence des rejets les plus volumineux et sur la nature des avaries semble considérable. Selon HAY *et al.* (2008), le niveau d'activité détermine pour une large part le degré d'accidentologie de la flotte pétrolière durant les années 1970-1980 et, selon BEURIER (2004), l'augmentation du coût du transport peut participer, à l'inverse, de la réduction des avaries à la fin des années 1990. Sur un pas de temps plus long (1965-2004), il semble que la réorientation des politiques énergétiques a considérablement influencé (à la baisse) les plus volumineux déversements accidentels de pétrolier.

23. Quelques stratégies d'adaptation des opérateurs du transport maritime d'hydrocarbures à l'exacerbation du contexte concurrentiel

Les acteurs de l'industrie maritime (armateurs, etc.) ajustent l'offre de transport (réorientation de certains types d'unités sur des marchés spécifiques, commandes de navires neufs, etc.) en fonction de l'évolution des marchés du fret pour rentabiliser leurs investissements (navires) et cette logique économique s'inscrit dans des contextes spécifiques (évolution de la consommation de produits

³³⁶ Les coûts d'exploitation regroupent les frais du personnel, de maintenance, d'assurance et les frais administratifs (LACOSTE *et al.*, 2000).

³³⁷ Rappelons aussi que, si l'âge de la flotte accidentée augmente, c'est également le cas de la flotte dans sa totalité. Sur l'ensemble de la période, 56 % des navires accidentés à l'origine de rejets d'hydrocarbures de plus de 10 000 tonnes ont plus de 15 ans. La différence entre navires « âgés » et « récents » n'est donc pas considérable. Précisons enfin que des sociétés d'armateurs se sont spécialisées dans l'armement de navires âgés (car peu coûteux à l'achat). C'est le cas de *Concordia* par exemple, un armateur suédois qui jouit « d'une réputation de sérieux que d'autres compagnies n'ont pas » (LACOSTE, 2004). La relation entre navire âgé et accidentogène, si elle n'est pas totalement infondée, n'est pas pour autant totalement vérifiée. C'est, répétons-le, de niveau de maintenance dont il est question. Les travaux d'ALDERTON & WINCHESTER (2002b) ont d'ailleurs confirmé l'absence de relation entre âge et accidents de navires (toutes sévérités confondues) pour la période 1997-1999 (d'après les données du LLOYD'S, BD LMIS).

³³⁸ « La rentabilité de l'exploitation d'un navire dépend, en premier lieu, du rapport entre le prix d'achat et les taux de fret du marché. Plus le navire est neuf et son prix élevé et plus le niveau minimal de taux de fret nécessaire pour le rentabiliser devra être élevé. *A contrario*, plus le navire est âgé et son prix réduit et plus le niveau minimal de taux de fret nécessaire pour l'amortir et le rentabiliser est bas » (LACOSTE *et al.*, 2000). Précisons que les taux de fret pour transporter des fiouls lourds sont bas.

³³⁹ La nécessité de chauffer le fioul dans les cuves pour le garder fluide durant son transport (et faciliter ainsi les opérations de chargement et de déchargement portuaires) fragilise la structure du navire (différence thermique entre l'intérieur de la coque et la température extérieure, alternance chaud-froid entre les périodes où le navire est en charge et celle où il ne l'est pas) (TOURRET, 2003).

pétroliers, politiques énergétiques, etc.). Les déficits de maintenance évoqués dans la section précédente ne sont qu'une des pratiques usitées pour maîtriser les coûts d'exploitation et maximiser les revenus de l'affrètement. Ce n'est, en effet, pas le seul usage même si c'est celui dont les effets ont été parmi les plus manifestes ces dernières années (avaries structurelles, etc.). Les dernières décennies ont été marquées par d'autres types d'adaptations au contexte socio-économique : le désengagement des compagnies pétrolières de l'activité d'armement, la montée du marché « *spot* » (affrètement au voyage) et l'arrivée d'affréteurs/*traders* indépendants.

Les compagnies pétrolières (« majors » et compagnies nationalisées), qui, pendant longtemps, contrôlaient tous les maillons de la chaîne logistique (production, transport, raffinage et distribution), ont, peu à peu, délégué ces fonctions à d'autres opérateurs (SEYER, 2005). Cette évolution est particulièrement nette au niveau de la propriété de la flotte pétrolière. Alors que les compagnies contrôlaient 54 % de la flotte en 1939 (en % du TJB), leur part est de 31 % en 1973 (en % du TPL) et tombe brutalement à 20 % en 1977. Cette dynamique n'a cessé de se poursuivre ensuite. En 2004, seulement 4 % de la flotte pétrolière appartient aux « majors » et l'on assiste dans le même temps à la montée des opérateurs indépendants (82 % en 2004 : Tableau n°3. 6), de petites compagnies maritimes qui possèdent généralement peu de navires³⁴⁰.

Tableau n°3. 6. Evolution de la propriété de la flotte de navires citernes (1939-2004)

| | 1939 ^a | 1960 ^b | 1973 ^b | 1977 ^c | 1992 ^c | 2004 ^d |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Compagnies indépendantes | 39 | ? | ? | ? | 58 | 82 |
| Compagnies pétrolières (<i>majors</i>) | 54 | 36 | 31 | 20 | 11 | 4 |
| Etats et compagnies nationalisées | 7 | ? | ? | ? | 31 | 14 |

^aValeurs exprimées en % du TJB : " BP Statistical Review of the World Energy (World Tankers) " in TENOLD (2007).

^bValeurs exprimées en % du TJB où du TPL (non précisé) : " BP Statistical Review of the World Oil Industry " in M'GONIGLE & ZACHER (1979).

^cValeurs exprimées en % du TPL : INTERTANKO (*Tanker Facts 1997*) in BROOKS (2002).

^dValeurs exprimées en % du TPL : INTERTANKO (*Tanker Facts 2005*).

Le désengagement des compagnies pétrolières répond à deux objectifs : faire baisser les coûts généraux en n'exerçant plus l'activité d'armateur car sa rentabilité est faible depuis la chute brutale des taux de fret (réduction consécutive aux chocs pétroliers de 1973 et 1979), et échapper à toute poursuite en cas de pollution (« majors » et compagnies nationalisées). Le processus de responsabilisation des différents acteurs du transport maritime (Convention CLC³⁴¹ 69/72 par exemple), évidemment nécessaire, a en effet, selon certains auteurs, accentué ce processus d'externalisation des activités de transport. L'armateur a la responsabilité, quel que soit le type d'affrètement mis en œuvre (au voyage où à temps), de la gestion nautique³⁴² et, comme celle-ci s'accompagne, d'une manière générale, d'une responsabilité vis-à-vis des tiers en cas d'accident (LASSAGNE, 2004), la plupart des opérateurs pétroliers ont opéré une « différenciation des risques » en séparant les activités d'armement et d'affrètement (LACOSTE, 2004) afin de limiter les risques financiers et juridiques encourus. La responsabilité sans faute du propriétaire d'un navire en cas de marée noire, prévue par les conventions CLC 69 et CLC 92, peut être engagée dans certaines circonstances et se traduire par le paiement de dédommagements importants, et surtout, l'image

³⁴⁰ Selon les données de CLARKSON (CLARKSON Research Studies, 2004), 83,8 % des sociétés d'armateurs possèdent moins de dix transporteurs de brut en 2003 (94 % ont moins de 10 chimiquiers et 75,2 % moins de dix transporteurs de produits pétroliers).

³⁴¹ L'adoption de la « Convention internationale sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par hydrocarbures » le 29 novembre 1969 (Civil Liability Convention : CLC 69 entrée en vigueur le 19 juin 1975) « met en place un système de canalisation de la responsabilité pour les dommages causés (...), les demandes d'indemnisation présentées par les victimes d'un Etat signataire ne peuvent être déposées qu'auprès du propriétaire du navire ». Le propriétaire du navire peut néanmoins être dégagé de ses responsabilités pour des circonstances exceptionnelles (acte de guerre, phénomène naturel exceptionnel, négligence d'une administration dans l'entretien du balisage d'une côte, etc.). Il s'agit d'une responsabilité sans faute et celle-ci est limitée à un montant dépendant du port en lourd du navire incriminé (HAY, 2006). Cette convention est amendée en 1992 (Protocole CLC 92 adopté le 27 novembre 1992 et entré en vigueur le 30 mai 1996), et ce protocole conduit à « une canalisation encore plus étroite de la responsabilité vers le propriétaire du navire ». L'immunité des autres acteurs de la chaîne logistique est élargie (mandataire du propriétaire, chargeur, pilote, sauveteurs, etc.), les clauses de responsabilité demeurent identiques, mais les plafonds d'indemnisation sont relevés (HAY, 2006). Ces deux conventions imposent la souscription obligatoire à une assurance et sont accompagnées de l'adoption quasi-simultanée de deux autres conventions, puis d'une troisième en 2003, qui créent des fonds d'indemnisation afin d'organiser la solvabilité des pollueurs potentiels (conventions internationales portant création des fonds internationaux d'indemnisation de 1971, 1992 et 2003, dites FIPOL 1971, FIPOL 1992 et FIPOL 2003).

³⁴² La gestion nautique correspond à la conduite du navire jusqu'à bon port sans incident.

considérablement ternie de ces compagnies réduit parfois la vente de leurs produits (ZYGLIDOPOULOS, 2001). La mise en cause de la compagnie *Exxon Mobil* devant un tribunal pénal après le naufrage de son pétrolier *Exxon Valdez* (Etats-Unis, 1989) a également marqué l'industrie pétrolière et l'Oil Pollution Act (OPA), l'ensemble de règles élaborées en 1990 par le Congrès américain à la suite de cet événement, a motivé la poursuite de la séparation des activités d'affrètement et d'armement, toujours en raison de la responsabilisation accrue des opérateurs pétroliers (BROOKS, 2002)³⁴³.

Précisons enfin que le désengagement progressif des compagnies pétrolières des activités d'armement fut toutefois accompagné de la mise en place d'un système de contrôle des navires (*vetting*³⁴⁴), dès le début des années 1970 (mais réellement mise en place à grande échelle en 1990), que les inspections des navires affrétés par ces entreprises se multiplièrent dans ce cadre (au gré des pollutions cependant³⁴⁵) et que les procédures de contrôle mises en oeuvre à ces occasions furent harmonisées à l'échelle de l'ensemble des plus grandes compagnies à la fin des années 1990, « faisant du *vetting* un véritable label de qualité pour les armateurs qui doivent satisfaire au standards imposés par les compagnies pétrolières » (SEYER, 2005). Ce mode de contrôle n'est cependant pas infaillible, et il est d'ailleurs difficile à mettre en oeuvre lorsque les navires sont affrétés au voyage (SEYER, 2005). Ajoutons enfin que les compagnies pétrolières recherchent, malgré leurs exigences de qualité, des affrètements peu coûteux et que ces deux conditions sont parfois difficiles à réunir comme l'a montré l'accident de l'*Erika*³⁴⁶.

Parallèlement au désengagement des compagnies pétrolières, on assiste à l'émergence du marché « *spot* » entre les années 1970 et 2000. Jusqu'au début des années 1970, les approvisionnements en hydrocarbures se faisaient par des contrats à long terme (affrètement « *time charter* »), les compagnies pétrolières louant des navires pour des périodes de temps et des tarifs déterminés à l'avance. En 1974, l'affrètement au voyage est marginal et concerne seulement 10 % du TPL de la flotte pétrolière en activité (INTERTANKO in SEYER, 2005), mais, en 2003, c'est 54 % de la flotte qui évolue sur ce marché, le maximum étant atteint durant l'année 2000 (CLARKSON Research in STOPFORD, 2006). Là encore, c'est, suite aux chocs pétroliers de 1973 et de 1979, la chute brutale des taux de fret qui, en menaçant l'équilibre des comptes d'exploitation des sociétés d'armateurs, rend l'affrètement à court terme très attractif car il permet à ces acteurs du transport de gagner en flexibilité et de positionner plus rapidement leurs navires sur les marchés du fret les plus intéressants. Toutefois, si les taux d'affrètement sont plus élevés qu'en « *time charter* », « le risque de retournement de conjoncture est aussi plus grand » (LACOSTE, 2004).

Dans le prolongement de cette évolution, des *traders* indépendants³⁴⁷ (à ne pas confondre avec les compagnies maritimes indépendantes), attirés par la volatilité des taux de fret, sont venus se positionner sur ce marché durant les années 1990 (KAVUSSANOS & VISVIKIS, 2006). Appartenant à des maisons de négoce, ces courtiers n'hésitent pas à affréter des navires ne répondant pas aux normes obligatoires, leur seule et unique préoccupation étant de rentabiliser au mieux chaque voyage. Si l'offre de transport est excédentaire (par rapport à la demande), « certains armateurs, conscients que leur navire n'auront jamais l'approbation des grandes compagnies pétrolières (...) », n'hésitent pas à les placer auprès d'affréteurs/*traders* moins regardants sur la sécurité » (SEYER, 2005). Cette nouvelle organisation commerciale du transport maritime, dont la forme la plus exacerbée est le « *one*

³⁴³ Sur les conseils des assureurs maritimes (H. P. Drewry Shipping Consultants Ltd. [Shipping Statistics & Economics, 06/05/1990] in BROOKS [2002]).

³⁴⁴ Il s'agit d'un contrôle basé, à la fois, sur le respect des normes internationales et des normes techniques professionnelles.

³⁴⁵ Le *vetting* n'est réellement mis en place à l'échelle de l'ensemble des *majors* qu'en 1990, c'est-à-dire un an après la pollution consécutive de l'échouement de l'*Exxon Valdez* (≈ 38 500 tonnes de brut) et l'année du naufrage du pétrolier *Mega Borg* au large des Etats-Unis (≈ 13 600 tonnes de brut).

³⁴⁶ Le groupe Total Fina Elf a été mis en cause au niveau de l'inspection *vetting* effectuée par ses soins. L'*Erika*, refusé par la compagnie Shell lors d'un contrôle de ce type en janvier 1999 au motif qu'il est trop vieux (plus de 25 ans), est affrété par Total quelque mois plus tard car cette compagnie ne comptabilise l'âge du navire qu'à partir de sa sortie du chantier, contrairement à Shell qui le fait, semble-t-il, dès la découpe de la première tôle (BRITZ, journal « Le Marin » du 2 mars 2007).

³⁴⁷ Le courtier est une « personne ayant pour principale occupation la mise en relation de deux parties à un acte judiciaire, et éventuellement l'aide à la négociation ou la conclusion de contrat pour des tiers » (CLOUET, 2000). Ils font figure, dans le cas présent, d'intermédiaires entre chargeur et fréteur.

*ship, one company*³⁴⁸ » (VALLOIS, 1999 ; OCDE, 2003b), dissout les responsabilités avec la multiplication des intermédiaires. Les cas des pétroliers *Erika* et *Prestige* sont particulièrement représentatifs de cette évolution puisque l'on peut recenser au moins six opérateurs différents pour chacune de ces unités : courtiers, affréteurs, mais aussi sociétés de classification, pavillons d'immatriculation, etc. Pour affréter l'*Erika* par exemple, la compagnie Total Financière Elf utilise une filiale du groupe consacrée au transport immatriculée au Panama, Total Transport Corporation (l'affréteur au voyage), via un courtier anglais Petrian Shipbroker³⁴⁹, et le navire, battant pavillon maltais, est la propriété d'une société (écran !), Tevere Shipping, qui appartient à des armateurs napolitains, lesquels ont confié la gestion nautique du navire à Panship, une société indienne !

3. Evolution de l'immatriculation des navires

Nous n'avons jusqu'à présent fait qu'évoquer rapidement l'internationalisation du marché de l'immatriculation. Il est important de développer cet aspect car il s'agit, avec la transformation du marché de l'emploi maritime, des deux plus profondes mutations de l'industrie maritime mondiale des cinquante dernières années. Ces changements n'ont d'ailleurs pas seulement affecté le secteur du transport maritime d'hydrocarbures mais l'ensemble des services de transport. Le dépavillonnement, c'est-à-dire le transfert d'unités battant pavillon de vieilles nations maritimes vers des registres dits de « complaisance » et le recours simultané à de la main-d'œuvre peu coûteuse, l'un et l'autre étant lié mais non exclusifs, est, selon GOSS (1994), la réponse des acteurs du transport maritime à la fluctuation des taux de fret lorsque que ce processus a considérablement augmenté les risques de banqueroute inhérents à l'entreprise maritime. Après une présentation du contexte historique d'émergence et de l'évolution du phénomène de dépavillonnement, nous soulignons les répercussions de ce phénomène en terme d'accidentologie et de rejets d'hydrocarbures.

31. Les différents types de pavillons d'immatriculation

La Convention de Genève sur le Droit de la mer de 1958, puis la Convention UNCLOS de 1982, indiquent que « les navires naviguent sous le pavillon d'un seul Etat et se trouvent soumis (...) à sa juridiction exclusive en haute mer » (CHANTELAUVE, 2006). Elles précisent également qu'il doit exister un « lien substantiel » entre le navire et l'Etat du pavillon sans toutefois préciser la nature de ce lien³⁵⁰ (CHAUMETTE, 1999). Chaque Etat étant libre d'en définir le contenu, les conditions dans lesquelles les Etats admettent l'immatriculation d'un navire sont très variables. L'interprétation de ce lien peut être purement économique. C'est ainsi que sont apparus, depuis plus d'une cinquantaine d'années, des « pavillons de complaisance » (FOC³⁵¹) car les conditions d'immatriculation d'un navire dans ces pays, intéressés par les revenus produits par le paiement des droits annuels d'enregistrement (HAY, 2006), sont « généreuses » pour les armateurs en terme d'économies réalisées. Le droit du travail y est souple (voire inexistant dans certains cas), le contrôle de l'application des normes

³⁴⁸ Selon les données de CLARKSON (CLARKSON Research Studies, 2004), environ 53 % des armateurs de transporteurs de produits pétroliers possèdent un seul navire en 2003 (56,9 % pour les chimiquiers et seulement 31 % des transporteurs de brut).

³⁴⁹ Le courtier reçoit une commission correspondant à 1,25 % du prix du transport.

³⁵⁰ Ce lien a en fait été défini par la Convention de la CNUCED (Conférence des Nations Unies sur le Commerce Et le Développement) du 7 février 1986 sur l'immatriculation des navires comme un lien administratif, mais cette convention n'est jamais entrée en vigueur faute de ratifications en nombre suffisant (MONTAZ, 1986 in CHAUMETTE, 1999). « L'idée initiale était d'adopter un texte rigoureux, imposant aux Etats d'exercer un contrôle général sur leurs navires pour attribuer leur pavillon national. De plus, l'objectif était d'exiger qu'une part importante de l'équipage ait la même nationalité que le pavillon et qu'une partie importante du capital de la société d'armement soit détenue par des nationaux. Les pays de tradition maritime ainsi que quelques pays en voie de développement ont émis de fortes réserves. Lors d'une seconde réunion, les textes ont été largement assouplis ». Par contre, « les pavillons des *Palibhonco*, c'est-à-dire du Panama, Liberia, Honduras, Costa-Rica, qualifiés de pavillons de complaisance sont, depuis 1986, adhérents de la Convention des Nations Unies de Genève du 7 février 1986, sur les conditions d'immatriculation des navires » (ALENCON, 1998).

³⁵¹ FOC : Flag Of Convenience. L'expression est de l'ITF (International Transport worker's Federation) et date de 1948 (Congrès d'Oslo), année durant laquelle cette organisation mena une campagne de sensibilisation sur cette problématique auprès du monde maritime (ALDERTON & WINCHESTER, 2002c). On lui préférera l'appellation de « pavillon de libre immatriculation » dans le cadre de ce travail car moins orientée du point de vue de l'interprétation que l'on peut faire de ce phénomène.

internationales est réduit³⁵², la fiscalité est attractive et les règles d'immatriculation sont souvent simplifiées (BARTON, 1999 ; LACOSTE *et al.*, 2000 ; LASSAGNE, 2004). Ces éléments participent directement de la compression des coûts d'exploitation d'un navire, et c'est la raison principale, dans un contexte fortement concurrentiel, du succès rencontré par ces pavillons auprès des sociétés d'armateurs. Ils permettent à des armateurs non résidents de bénéficier de précieux avantages au regard des contraintes sociales, fiscales et réglementaires des nations maritimes traditionnelles. Selon TOLOFARI (1989, *in* HUMMELS, 1999), en 1984, les coûts d'exploitation d'un vraquier, dans un registre de libre immatriculation, sont de 12 à 27 % inférieurs en moyenne à ceux du même navire évoluant sous pavillon national (pour un pétrolier, la différence est comprise entre 18 à 27 %) ³⁵³. Présentée ainsi, la situation semble particulièrement déséquilibrée entre les registres de libre immatriculation et ceux des nations maritimes traditionnelles.

Ces dernières ont, toutefois, développé, en réaction à l'afflux massif de tonnage vers les registres de libre immatriculation, des pavillons secondaires (où pavillons « bis »³⁵⁴ : TAAF³⁵⁵ [et, plus récemment, le RIF³⁵⁶ pour la France], le NIS³⁵⁷ pour la Norvège, le DIS³⁵⁸ pour le Danemark, etc.) où les conditions d'immatriculation sont plus arrangeantes. Le pavillon TAAF³⁵⁹, par exemple, créé en juin 1986, est remanié à diverses reprises³⁶⁰. Les dispositions réglementaires prévoient la possibilité pour certains navires d'être immatriculés aux TAAF avec le bénéfice d'un régime juridique spécifique (droit du travail et sécurité sociale). On y trouve, entre autres mesures, la possibilité de recruter trois quarts de marins étrangers, etc., et, depuis sa création, les conditions d'immatriculation n'ont cessé de s'assouplir. Ce nouveau pavillon fut d'ailleurs très vivement critiqué par les organisations syndicales de marins français durant de nombreuses années et toutes sortes de recours furent mis en oeuvre pour contester sa légalité (ALENCON, 1998). D'autres pays européens ont créé ce type de pavillon, très souvent d'ailleurs par le biais de territoires hérités de la période coloniale : la Grande-Bretagne a un pavillon de l'île du Man (auquel s'ajoute celui de Gibraltar, de l'île Caïman et de Hong Kong [jusqu'en 1997]), les Pays-Bas s'installent aux Antilles néerlandaises, le Portugal à Madère et l'Espagne dans les îles Canaries (1992), etc. Comme la pavillon TAAF français, il s'agit de « pavillons d'immatriculation bis » au strict sens du terme puisque l'immatriculation se fait dans un territoire indépendant de la souveraineté nationale avec un statut d'autonomie locale et avec un droit local spécifique déterminé par une autorité locale (ALENCON, 1998). Les pavillons NIS, DIS, etc., évoqués en introduction de ce paragraphe, diffèrent quelque peu des précédents car il s'agit de la « création législative d'un second registre destiné au commerce international permettant d'alléger les contraintes du pavillon national » (CHAUMETTE, 1993 *in* ALENCON, 1998). C'est le cas, en Europe, de la Norvège (NIS, créé en 1987) puis du Danemark (DIS, 1988), de l'Allemagne (GIS³⁶¹, 1988), des îles Féroé (Danemark), etc. et parmi les plus récents, de l'Italie (IIS³⁶², 1998). Tous ces registres secondaires partagent donc une particularité, celle d'être des registres dérogatoires dont l'objet est de concilier avantages fiscaux et sociaux tout en assurant le respect des Conventions internationales (OIT, 2001). Il existe, en 2001, 24 registres de ce type à travers le monde.

³⁵² Si l'administration de ces pavillons n'a ni les moyens techniques, ni les moyens humains nécessaires à la mise en œuvre de leur mission de contrôle, ils peuvent mandater des sociétés de classification pour l'établissement et le contrôle des certificats de conformité des navires. Tous n'ont pas également forcément ratifié les conventions internationales de l'OMI (Organisation Maritime Internationale) et, plus encore, de l'OIT (Organisation Internationale du Travail).

³⁵³ Si les différences varient pour un même type de navire, c'est en raison des différents segments de flotte considérés. Les économies d'échelle réalisées grâce à l'emploi de très grands navires réduit la différence (coût à la tonne) entre registres traditionnels et de libre immatriculation (HUMMELS, 1999).

³⁵⁴ « Pavillon bis », « registres dérogatoires » et « registres secondaires » sont synonymes.

³⁵⁵ TAAF : Terres Antarctiques et Australes Françaises (1987).

³⁵⁶ RIF : Registre International Français (2006).

³⁵⁷ NIS: Norway International Shipping register.

³⁵⁸ DIS: Denmark International Shipping register.

³⁵⁹ Appelé également pavillon « Kerguelen ». Cet archipel français, Territoire d'Outre-Mer (TOM) depuis 1955, est un archipel du sud de l'océan Indien anciennement nommé « Iles de la Désolation » (Saint-Paul, Amsterdam et Crozet font également partie de cet archipel). Les phoques et les manchots y sont les principaux habitants, et P. Chaumette nomme ces îles, de façon ironique, « la République des Manchots » (CHAUMETTE, 1987 *in* ALENCON, 1998).

³⁶⁰ Le Décret d'application de 1987 est annulé en 1995, et le projet TAAF est réintroduit dans la loi sur le transport de 1996 (ALENCON, 1998).

³⁶¹ GIS : German International Ship register.

³⁶² IIS : Italian International Ship register.

ALDERTON & WINCHESTER (2002c) soulignent enfin que, parallèlement au développement des registres secondaires (ou dérogatoires) des nations maritimes traditionnelles, les dix-quinze dernières années (1985-2000) ont également été marquées par l'apparition de nouveaux pavillons sur le marché de la libre immatriculation. Parmi ceux-ci, les pavillons du Cambodge (CSC : « Cambodia Shipping Corporation »), de Bolivie (RIB : « Registro Internacional Boliviano de Buques »), du Belize (BISI : « Belize International Services Incorporated ») et de la Guinée Equatoriale (« Renage Ltd. » et « International Shipping Bureau ») se sont notamment fait remarquer avec des taux de croissance et des taux de détention, dans le cadre du contrôle par l'Etat du port (Paris MOU³⁶³ et Tokyo MOU), dépassant très largement celui de la flotte mondiale (ALDERTON & WINCHESTER, 2002c). Entre 1989 et 1999, le tonnage net (jauge brute) du registre du Belize augmente, par exemple, de 6 221 % et celui du Cambodge de 1 566 %. Leurs taux de détention sont moins faramineux mais toutefois très élevés : autour de 30 % pour chacun d'entre eux (1997-1999 : ALDERTON & WINCHESTER, 2002b et 2002c).

32. Evolution historique du marché de l'immatriculation

L'évolution de l'immatriculation des navires est la réponse de l'industrie maritime à l'exacerbation du contexte concurrentiel. Le dépavillonnement d'un navire, en raison des avantages que cette opération procure, n'est pas, cependant, un phénomène nouveau. Il débute réellement au XVI^e siècle, période durant laquelle les navires anglais s'enregistraient sous pavillon espagnol pour contourner les restrictions commerciales appliquées dans les Indes. Ce processus se poursuit ensuite sous diverses formes et fut utilisé par de nombreuses nations : les armateurs irlandais recourent, par exemple, au pavillon français pour pratiquer la pêche en Nouvelle-Ecosse au XVII^e siècle, la flotte états-unienne utilise le pavillon panamien pour contourner la prohibition entre les deux guerres mondiales, etc. (LLACER, 2003). Si le phénomène du dépavillonnement pour des raisons politiques ou économiques n'est donc pas récent, sa généralisation l'est, en revanche, davantage.

En 1938, seulement 1,2 % de la flotte mondiale (en % du TJB, tous navires) navigue sous des pavillons de libre immatriculation. Ils équivalent à 22,8 % de la flotte mondiale en 1973 (THANOPOULOU, 2000), alors qu'en 2004, ce phénomène concerne 46,5 % de la flotte après un optimum de 49,7 % en 2002 (calculé d'après les données du LLOYD'S Register *in* CNUCED, divers numéros)³⁶⁴.

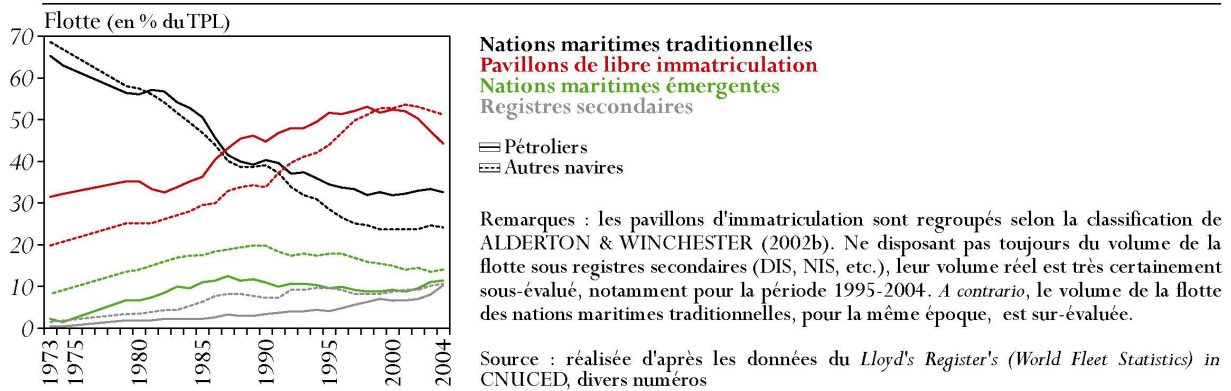
Pour rendre compte plus précisément de l'évolution historique de l'immatriculation des navires, nous avons évalué la part de la capacité d'emport commerciale (TPL)³⁶⁵ par principaux types de navires et de registres, de l'année du premier choc pétrolier (1973) jusqu'à l'année 2004. Les regroupements opérés par catégories de pavillons sont ceux proposés par ALDERTON & WINCHESTER (2002b) car leur classification prend en compte les nouveaux entrants sur le marché de la libre immatriculation (voir annexe n° 3). Ces auteurs font une distinction entre « nations maritimes traditionnelles » (pour la plupart des nations d'Europe du Nord-Ouest, 39 pavillons), « registres secondaires (16 registres) », « nations maritimes émergentes » (110 registres) et « pavillons de libre immatriculation » (27 pavillons selon les critères de l'ITF [anciens et nouveaux membres confondus]). L'autre intérêt de leur classification est qu'elle est (partiellement) basée sur des travaux (des mêmes auteurs) qui ont mis en évidence le niveau de contrôle (et d'autonomie) des flottes hébergées sous ces registres (ALDERTON & WINCHESTER, 2002a).

³⁶³ MOU : Memorandum Of Understanding.

³⁶⁴ Les volumes de flottes nationales utilisés pour le calcul de ces taux sont ceux des pavillons de libre immatriculation mentionnés comme tel dans les rapports de la CNUCED. Il s'agit des pays suivants : Panama, Libéria, Bahamas, Malte, Chypre, Bermudes, Saint-Vincent et les Grenadines, Antigua et Barbuda, îles Caïman, Luxembourg, Vanuatu et Gibraltar. Ces taux sont cependant sous-estimés car les nouveaux pavillons de libre immatriculation ne sont pas pris en compte.

³⁶⁵ Le choix du TPL s'est imposé car il s'agit des seules données dont nous disposons sur la flotte de chaque pays pour l'ensemble de cette période.

Figure n°3. 4. Evolution du volume de la flotte commerciale mondiale en fonction du type d'immatriculation (par principaux types de navires, en % du TPL, 1973-2004)



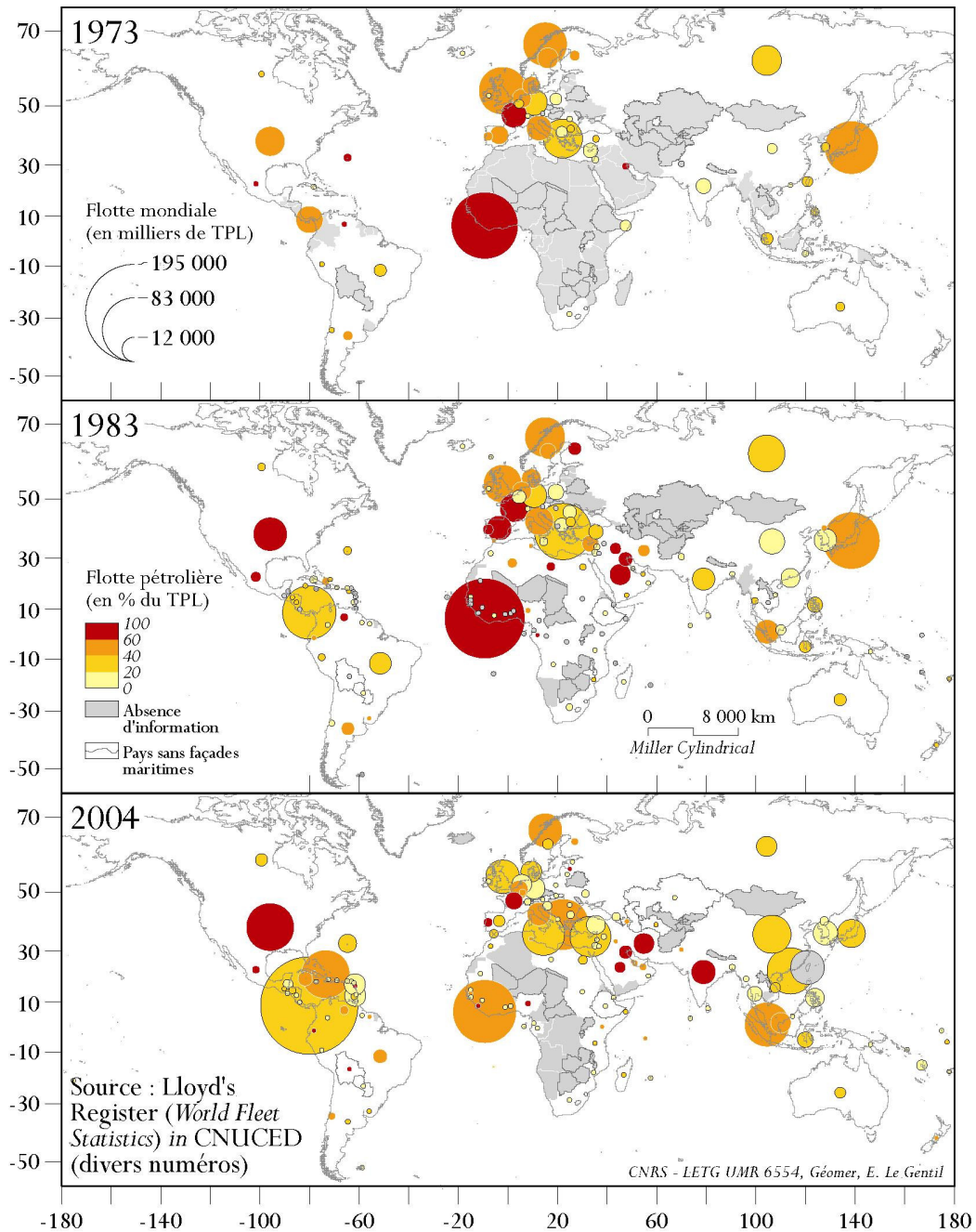
Les nations maritimes traditionnelles voient leur flotte totale diminuer rapidement, tandis que le poids de celles des pavillons de libre immatriculation augmente régulièrement jusqu'au début du XXI^e siècle, époque à laquelle leur volume commence à décliner pour diverses raisons, dont la montée en puissance des registres secondaires évoqués précédemment (voir remarque Figure n°3. 4). Durant la même période, les flottes des nations maritimes émergentes (au début des années 1970) augmentent jusqu'à la fin des années 1980, puis stagnent, voire se contractent légèrement. L'évolution, selon les flottes considérées (Figure n°3. 4), est relativement similaire. On remarque juste que la proportion de la flotte pétrolière sous pavillon économique³⁶⁶ est, dans l'ensemble, plus élevée que celle des autres navires, signe d'un contexte concurrentiel certainement plus intense sur le marché spécifique du transport maritime d'hydrocarbures. Si cet aperçu rapide permet de se représenter approximativement l'évolution du marché de l'immatriculation, quelques précisions sont toutefois nécessaires.

D'une part, les principaux pavillons de libre immatriculation d'hier ne sont pas nécessairement ceux d'aujourd'hui (Figure n°3. 5). Le pavillon libérien est très certainement le meilleur exemple de cette évolution. Demeuré longtemps parmi les principales flottes au monde, un phénomène d'ailleurs tout à fait surprenant pour un pays qui n'a ni port, ni marin, ce registre perd son attractivité au début des années 1990 en raison de très sérieux (et très sanglants) problèmes politiques, au profit du Panama, qui retrouve son statut de plus grande flotte de « complaisance » (Figure n°3. 5), perdu (au profit du Libéria) à la fin des années 1950 (LLACER, 2003). En terme de flotte émergente, les registres maltais et bahaméens connaissent tous deux une croissance considérable de leur capacité d'emport entre la fin des années 1970 et l'année 2004 (Figure n°3. 5). Cette montée en puissance des pavillons économiques se traduit par la dégénérescence des pavillons « traditionnels », et Japon, Royaume-Uni et Norvège, entre autres exemples, voient leur flotte considérablement diminuer. Ce n'est cependant pas le cas de toutes les vieilles nations maritimes, la Grèce conservant toujours une flotte importante au début du XXI^e siècle.

D'autre part, l'orientation de l'offre de transport (spécialisation des navires) à l'intérieur d'un pavillon diffère suivant les époques. Le Libéria, spécialisé dans le transport maritime d'hydrocarbures, et disposant, pour ce faire, de navires de très grandes dimensions (LLACER, 2003), diversifie sa flotte entre les années 1970 et 2000. Ce désengagement est encore plus net pour le Panama. La demande de transport existe toujours cependant et c'est l'occasion pour d'autres registres d'affirmer leur position (Inde, Hong-Kong, Singapour, Grèce, Chypre, Malte, etc. : Figure n°3. 5).

³⁶⁶ Les notions de « pavillons économiques » où de « pavillons de libre immatriculation » sont synonymes.

Figure n°3. 5. Répartition de l'immatriculation de la flotte mondiale à différentes périodes
(en % du TPL, 1973-2004)

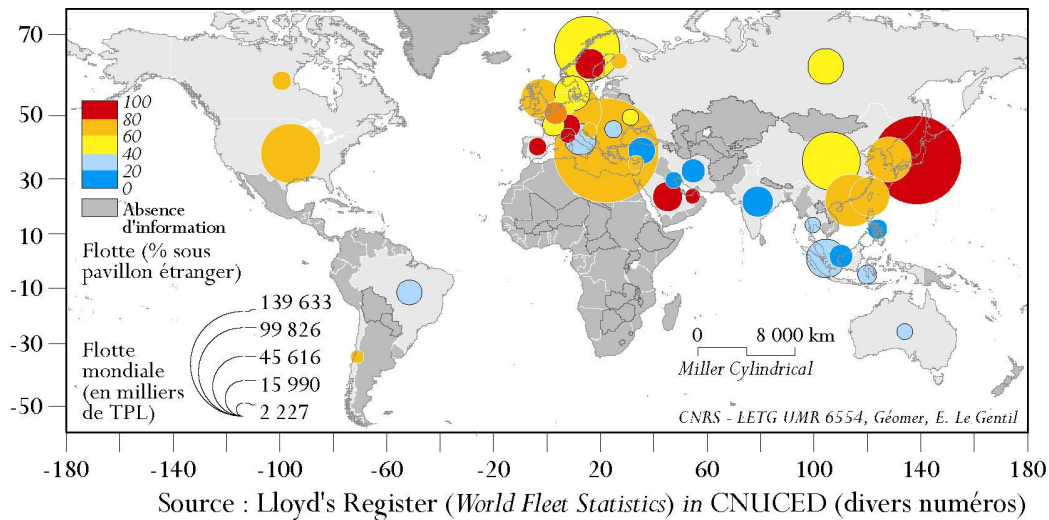


Précisons enfin que le marché de la libre immatriculation perdure grâce à « la complicité active des Etats et des entreprises des grands pays développés » dont les flottes remplissent ces registres (CARROUE, 2000). Il ne faut, en effet, pas confondre immatriculation et propriété. Ils existent, par exemple, peu (ou pas) d'armateurs libériens à notre connaissance, et l'offre d'immatriculation « bon marché » n'a peut-être autant de succès que parce qu'il y a une demande à satisfaire³⁶⁷. Certains Etats comme Monaco, l'Espagne, l'Arabie Saoudite, la Belgique, la Suisse, les Emirats Arabes Unis, la Suède et le Japon, ont plus de 80 % de leur flotte immatriculée à l'étranger (en % du TPL, 1996-2004 :

³⁶⁷ On peut éventuellement envisager la situation inverse. La demande existe parce que l'opportunité d'une immatriculation à faible coût se présente. Nous en sommes cependant moins convaincu et, sans entrer dans le débat concernant l'offre et la demande (laquelle stimule l'autre), auquel nous ne saurions d'ailleurs apporter notre contribution, précisons seulement que les Etats qui proposent ce type de service sont également ceux que l'on retrouve sur le marché de la finance internationale offshore (secret bancaire, fiscalité réduite, etc. : MAURER, 2008), et qu'il s'agit souvent de micro-Etats insulaires qui disposent de peu de ressources (il existe toutefois des exceptions notables : Luxembourg, Jersey et Guernesey, par exemple).

Figure n°3. 6). CHAUMETTE (1999) estime, dans ce contexte, que l'on a assisté à l'invention d'une véritable « complaisance nationale », et LI & WONHAM (1999a) soulignent qu'au-delà des apparences de l'immatriculation, les nations maritimes traditionnelles contrôlent en fait une très grande partie de la flotte mondiale³⁶⁸ et qu'elles sont, *a contrario* des idées reçues, toujours des acteurs très influents du transport maritime international.

Figure n°3. 6. Propriété réelle de la flotte mondiale
(en TPL et en % du TPL, Etats > 2 000 000 TPL, 1996-2004)



33. Immatriculation, accidentologie et rejets d'hydrocarbures

Navires âgés et avaries sont souvent associés, et cette relation, nous l'avons évoqué, n'est pas si évidente qu'il y paraît, l'âge élevé d'une unité n'étant tout au plus qu'un indicateur potentiel du déficit d'entretien préventif. Flotte ancienne et libre immatriculation sont également souvent associées, mais cet amalgame, selon LACOSTE *et al.* (2000), ne se vérifie plus ces dernières années dans le cas particulier du secteur du transport maritime d'hydrocarbures. Dans le même ordre d'idée, on peut s'interroger sur la relation existant entre pavillons économiques, accidentologie et rejets d'hydrocarbures.

331. Immatriculation et accidentologie

L'étude de LI & WONHAM (1999a), à laquelle nous avons fait référence dans la sous-section précédente, porte également sur l'accidentologie des principaux pavillons de la flotte mondiale entre 1979 et 1996 (36 registres d'immatriculation). Leurs travaux reposent sur l'examen des pertes totales de navires. Ces auteurs pondèrent le nombre de pertes de navires par l'importance de la flotte considérée pour la période correspondante pour classer plus justement les différents registres selon leur degré de dangerosité. Leurs résultats indiquent que les navires immatriculés dans les pavillons économiques sont plus souvent naufragés que ceux évoluant sous d'autres types de registres. On peut accorder d'autant plus de crédit à leurs résultats qu'ils sont obtenus d'après l'examen d'une longue période (18 ans), qu'ils ne portent que sur les flottes les plus volumineuses et que l'indicateur utilisé

³⁶⁸ L'étude de LI & WONHAM (1999a) porte sur l'évolution de 36 pavillons de la flotte mondiale (nombre de navires, TJB, dangerosité, etc.) entre 1977 et 1996. Pour restituer les résultats de leur analyse, ces auteurs effectuent un regroupement des pavillons suivant la classification de la CNUCED (trois classes : nations maritimes traditionnelles, pavillons émergents et pavillons de libre immatriculation) et ils remarquent que, durant cette période, l'augmentation de la flotte immatriculée sous pavillons de « complaisance » (en nombre de navires) correspond très exactement à la diminution enregistrée dans les nations maritimes traditionnelles, le groupe des pavillons émergents n'étant pas directement affecté par les variations observées dans l'un et l'autre groupe.

par ces deux auteurs est dérivé du nombre de navires perdus³⁶⁹. LI & WONHAM (1999a) précisent, en revanche, que parmi les pavillons de libre immatriculation, ceux du Libéria et du Bahamas ont des taux de pertes de navires peu élevés en comparaison de leurs homologues, tandis que, parmi les nations maritimes traditionnelles, Espagne, Danemark et Grèce ont, par exemple, des taux largement supérieurs à la moyenne mondiale.

ALDERTON & WINCHESTER (2002b) ont également classé, selon une méthode similaire, les 121 registres qui ont signalé des avaries durant les années 1997-1999 (3 194 accidents, BD LMIS du LLOYD'S). Leur étude est toutefois différente car les données utilisées recouvrent, cette fois-ci, toutes les avaries (toutes sévérités confondues) et la période considérée est beaucoup plus réduite. Si l'habituelle dichotomie constatée entre registres, en terme d'accidentologie, est manifeste lorsque toutes les flottes sont considérées, on remarque cependant que certains registres nationaux et dérogoires sont plus souvent victimes d'avaries que certains pavillons économiques. Le Canada (ancienne nation maritime) est, par exemple, la 11^e flotte la plus accidentogène, alors que les Vanuatu (nouvel entrant sur le marché de la libre immatriculation) est la cinquième flotte la moins dangereuse (117^e). Les registres secondaires de Jersey et Guernesey (Royaume-Uni), de la Norvège (NIS), des îles Féroé (Danemark) sont respectivement 14^e, 15^e et 19^e. Le pavillon TAAF (France) est 31^e juste devant ceux du Luxembourg (33^e) et du Belize (35^e), et le Cambodge (60^e) est, semble-t-il, moins dangereux que les pavillons du Royaume-Uni et de l'Allemagne (55^e et 58^e) (ALDERTON & WICHESTER, 2002b). Ces résultats sont surprenants et bousculent donc certaines idées reçues. L'un des résultats les plus intéressants est très certainement que la différence entre les taux d'avarie des registres secondaires et des pavillons de libre immatriculation n'est pas statistiquement significative lorsqu'ils écartent les flottes les plus réduites (moins de 100 navires)³⁷⁰ de leur analyse. Elle l'est, en revanche, entre ces deux types de pavillon et celui des nations maritimes traditionnelles.

Nous avons également récolté des informations sur l'immatriculation des navires accidentés à l'échelle des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale dans le cadre de cette étude (avaries sérieuses et très sérieuses, 1999-2003 [tous navires \geq 100 TJB : P23]). Si ces données peuvent, *a priori*, sembler intéressantes, elles sont en fait difficiles à interpréter car nous ne disposons pas de la répartition de la flotte par registre d'immatriculation à l'échelle spatio-temporelle correspondante³⁷¹. Nous pouvons simplement constater que les principaux pavillons en terme d'avarie sont, à égale répartition, des pavillons de libre immatriculation et des registres nationaux, mais que l'image produite n'est certainement pas très représentative de la dangerosité réelle des uns et des autres.

³⁶⁹ Il est plus judicieux de prendre pour base le nombre de navires accidentés (pertes totales ou accidents) que le tonnage accidenté afin d'évaluer l'accidentologie d'une flotte.

³⁷⁰ Il est plus indiqué d'écartier les flottes réduites dans ce type d'analyse (calcul de la moyenne des taux d'accident où de perte pour un groupe de pavillon) car un seul événement accidentel a un poids considérable lorsqu'il est pondéré par un nombre restreint de navires (ALDERTON & WICHESTER, 2002b). Les registres de libre immatriculation ont un taux d'accident de 2,91 (2,91 accidents pour 100 navires) et celui des registres secondaires est de 2,33 (celui des registres nationaux [nations maritimes émergentes incluses] est très largement inférieur : 1,29). Il faut préciser que la différence n'est pas statistiquement significative entre ces deux groupes en raison de la taille réduite de l'échantillon « registres secondaires ».

³⁷¹ On ne peut pas utiliser les informations collectées sur l'immatriculation des navires circulant dans le DST « Ouessant Trafic » pour la période correspondante (2000-2003 : P21) en raison de l'importance de la circulation locale comptabilisée à l'échelle d'un seul point de passage européen. On ne peut pas non plus envisager d'utiliser cette information pour classer les registres selon leur dangerosité à l'échelle de l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne » car le nombre d'avarie (sérieuses et très sérieuses) comptabilisé est alors beaucoup trop réduit pour en tirer des conclusions.

Tableau n°3. 7. Principaux pavillons ($\geq 5 \% n$) en terme d'accidentologie à l'échelle des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (1999-2003, tous navires ≥ 100 TJB, $N = 1\ 057$ navires accidentés [$n = 88,7 \% N$])

| Pavillons | % n |
|-----------------------|------|
| 5. Pays-Bas | 5,0 |
| 4. Bahamas/Panama | 5,5 |
| 3. Norvège | 7,6 |
| 2. Antigua et Barbuda | 10,7 |
| 1. Royaume-Uni | 14,7 |

Source : P23

L'échelle régionale n'est donc, dans le cas présent, pas très adaptée pour estimer la dangerosité des registres d'immatriculation, et les travaux menés à l'échelle mondiale sont plus intéressants du fait de la disponibilité des informations relatives à la structure de la flotte. D'après les études de LI & WONHAM (1999a) et d'ALDERTON & WICHESTER (2002b), le clivage constaté entre les registres nationaux et les autres catégories de pavillons est historiquement fondé, mais il semble qu'il s'estompe ces dernières années (entre registres dérogatoires et pavillons de libre immatriculation notamment). Une situation qui apparaît d'ailleurs logique puisque la diminution des taux de pertes observées pendant ces vingt dernières années (1979-1996) a été considérablement plus importante dans les pavillons de libre immatriculation que dans les autres types de registres (registres nationaux et registres des nations maritimes émergentes : LI & WONHAM, 1999a).

332. Immatriculation et rejets d'hydrocarbures

Les flottes les plus dangereuses sont-elles les plus polluantes ? Si une réponse affirmative à cette question peut, *a priori*, sembler évidente du point de vue des rejets accidentels, encore faut-il préciser un peu les choses. Tout dépend, en effet, des rejets d'hydrocarbures que l'on entend examiner (déversements provenant de la tranche des machines où déversements de cargaison) et de l'orientation, en terme de marchandises transportées, des registres étudiés (hydrocarbures où autres marchandises).

Rejets accidentels d'hydrocarbures (tous navires)

Pour évaluer (partiellement) le potentiel polluant (fioul de soute) d'une flotte (tous types de navires), on peut prendre comme indicateur le volume des pertes totales (en TJB) à la condition de rapporter les totaux obtenus à la dimension de la flotte du registre considéré. Cette information, est, dans ce cas précis, plus utile selon TITZ (1989) que le nombre de navires perdus si l'on suppose qu'un déversement est d'autant plus volumineux que le navire naufragé est de grande taille³⁷². TITZ (1989) a effectué ce type d'analyse pour la période 1968-1986, et nous avons complété ses résultats en procédant de la même manière pour les années 1996-2002. Dans les deux cas, nous n'avons tenu compte que des principales flottes ($> 0,3 \%$ du TJB mondial³⁷³, environ une trentaine de registres).

Il ressort de cette rapide analyse que les flottes potentiellement les plus polluantes des années 1960-1980 ne sont pas nécessairement celles des années 1990-2000. L'émergence de nouveaux pavillons de libre immatriculation très accidentogène est visible et la première place, naguère occupée par le pavillon chypriote (1968-1986 : 1,81 TJB/100 TJB, TITZ [1989]), est trustée en 1996-2002 par le registre cambodgien (1,16 TJB/100 TJB). On constate également que le volume des pertes totales s'est réduit plus considérablement dans les registres de libre immatriculation que dans ceux des nations maritimes traditionnelles (Figure n°3. 7)³⁷⁴, ce qui confirme les observations de LI & WONHAM

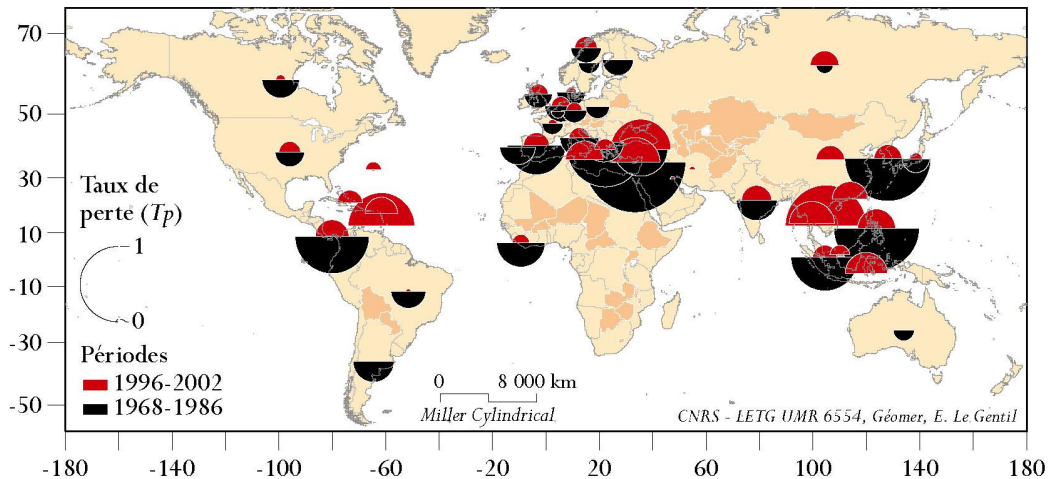
³⁷² Une hypothèse évidemment extrêmement critiquable puisque les déversements de fioul de soute ne sont pas causés que par des pertes de navires mais également par toutes sortes d'avaries pour peu que le choc soit suffisamment violent pour percer les soutes (voir chapitre 2, partie 2).

³⁷³ Le choix des pavillons pesant plus de 0,3 % du TJB mondial s'est fait sur la base des données disponibles dans l'étude de TITZ (1989).

³⁷⁴ Pour ne citer que quelques exemples, les taux de perte des registres russe et turque (registres nationaux) ont augmenté respectivement de 65 et 23 %. Les taux du Royaume-Uni, des Etats-Unis, de l'Inde et de la Norvège (registres nationaux) ont été réduits de moitié (de -84 à -105 %), tandis que ceux du Libéria (FOC : -731 %), de Chypre (FOC : -320 %), du Panama (FOC : -392 %) l'ont tous été de plus de 300 %. Notons également que celui de la Grèce (registre national : -1 255 %), de Singapour (registre secondaire : -690 %), de l'Espagne (registre national : -416 %), de la France (registre national : -506 %) ou du Danemark (registre national : -616 %) ont été très réduits, peut-être (partiellement) en raison, pour certains d'entre eux, du transfert de leurs navires âgés et mal entretenus vers des registres de libre immatriculation.

(1999a) à propos de la diminution des taux d'accident des pavillons économiques (exprimés sur la base du nombre de navires perdus) entre 1979 et 1996. Cette baisse est d'ailleurs d'autant plus remarquable, selon ces auteurs, que le transfert de flotte entre registres nationaux et de « complaisance » a surtout concerné des navires sous-normes³⁷⁵ (LI & WONHAM, 1999a).

Figure n°3. 7. Taux de perte de navires des plus importants pavillons d'immatriculation durant les périodes 1968-1986 et 1996-2002
(registres ≥ 0,3 % du TJB mondial, tous navires ≥ 100 TJB)



Sources : TITZ (1989) pour la période 1968-1986 (d'après les données du Lloyd's Register [World Casualty Returns]) ; évaluation réalisée pour la période 1996-2002 d'après les données du Lloyd's Register (World Casualty Returns, 1996-1999) et de l'OMI (1999-2002)

Taux de perte (T_p) :

$$T_p = \frac{TJE_p * 100}{TJE_i}$$

TJE_p = TJB perdu

TJE_i = TJB immatriculé

La question de l'intérêt de cet indicateur en terme de potentiel polluant (pour les rejets provenant des soutes) demeure ouverte, mais il existe peu, à notre connaissance, d'autres informations disponibles en la matière à l'exception des travaux d'ETKIN qui cite les principaux pavillons sur la base du nombre de navires impliqués dans un rejet d'hydrocarbures entre 1960 et 1995 (ETKIN, 1997 in BARTON, 1999). Cet auteur indique que le premier pavillon à l'origine de déversements est les Etats-Unis, suivis du Libéria et de la Grèce. Nous retrouvons ces deux derniers registres pour les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (Tableau n°3. 8, colonne B).

Tableau n°3. 8. Principaux pavillons d'immatriculation des navires à l'origine de rejets d'hydrocarbures
(toutes circonstances et toutes échelles spatio-temporelles confondues)

| A. Monde (1965-2004) | | | B. Mers régionales d'Europe septent. et occidentale (1965-2004) | | C. Manche occidentale/nord Gascogne (1974-2004) | |
|---|------|---------------------------|---|------|--|------|
| Rejets accidentels (pétrol. ≥ 10 000 TPL, rej. ≥ 10 000 t.) (N = 138) | | | Rejets accidentels (tous nav. ≥ 100 TJB, rej. ≥ 50 t.) (N = 253 [n = 55,7 % N]) | | Rejets opérationnels (tous navires, rejets ≤ 50 t.) (N = 219 [n = 86,8 % N]) | |
| Pavillons | % N | T./1 000 TPL ^a | Pavillons | % n | Pavillons | % n |
| 3. Chypre | 6,1 | 1,6 | 3. Royaume-Uni/Russie | 7,8 | 3. Grèce | 8,9 |
| 2. Grèce | 15,2 | 1,3 | 2. Grèce | 8,5 | 2. France/Libéria | 10,0 |
| 1. Libéria | 30,3 | 1,0 | 1. Libéria | 14,2 | 1. Panama | 11,1 |

^aLa pondération s'est faite sur la base du volume d'hydrocarbures cumulé rapporté à la capacité d'emport cumulée de la flotte considérée (1965-2004).

Sources : colonne A (rejets accidentels de pétroliers [CTX et BERTRAND, 1979, 2000], flotte par registre [CLARKSON Research, divers numéros] ; colonne B (P31) ; colonne C (P33).

³⁷⁵ Selon la définition de l'OCDE (2001a), il s'agit de navires qui, du fait de leur état matériel, de leur mode d'exploitation ou de la composition de leur équipage ne répondent pas aux normes fondamentales de navigabilité et représentent donc une menace pour la vie et/ou l'environnement.

Rejets accidentels d'hydrocarbures (pétroliers)

Il est plus facile de déterminer les pavillons les plus polluants dans le cas des rejets d'hydrocarbures de pétrolier, surtout pour les événements les plus volumineux. Si l'on considère seulement le nombre total de rejets d'hydrocarbures de pétroliers de plus de 10 000 tonnes à l'échelle mondiale (données de la section 22, chapitre 1, partie 3), le Libéria figure en première place entre 1965 et 2004 devant les pavillons grec et chypriote (Tableau n°3. 8, colonne A). En revanche, si l'on tient compte de l'importance de sa flotte, le classement s'inverse entre ces trois pavillons (Tableau n°3. 8, colonne A). Il faut aussi préciser que d'autres registres ont fait jeu égal, avec ces trois têtes de liste par le passé, parmi lesquels des pavillons nationaux. L'Italie est ainsi (après la Grèce) le second pavillon le plus polluant entre 1965 et 1974 (1,74 tonnes/1 000 TPL) et le Royaume-Uni est la troisième flotte la plus polluante entre 1975 et 1984 (0,41 tonnes/1 000 TPL). La période 1985-2004 est celle de l'émergence des pavillons chypriote et maltais (1995-2004 pour ce dernier registre).

Rejets opérationnels d'hydrocarbures (tous navires)

Enfin, les registres les plus fréquemment victimes d'avaries sont-ils aussi ceux qui rejettent le plus souvent des hydrocarbures dans le cadre de l'exploitation courante de leur navire ? Contrairement aux autres circonstances de déversements évoqués (avaries et pertes totales), il existe peu d'étude sur ce sujet et nous ne pouvons donc qu'évoquer cet aspect à l'échelle régionale *via* les informations récoltées dans le cadre de l'examen des rejets opérationnels (avérés) observés en Manche occidentale/nord Gascogne durant la période 1974-2004. Comme pour toutes les informations collectées à cette échelle, nous nous exprimons seulement en terme de rejets comptabilisés.

Les pavillons grec et libérien sont, une nouvelle fois, bien représentés, le pavillon du Libéria faisant cette fois-ci jeu égal avec le pavillon français (TAAF inclus) (Tableau n°3. 8, colonne C). La première immatriculation de pollueur identifié est toutefois différente et concerne un autre registre économique, le Panama, première flotte mondiale depuis 1994 (en TPL : LLOYD'S *in* CNUCED, divers numéros). Les 5^e, 6^e et 7^e contrevenants identifiés (≥ 10 infractions aux normes de rejets autorisés par MARPOL 73/78) sont les registres maltais, bahaméen et chypriote. Toutes les flottes évoquées dans le cas présent font partie des dix premières flottes mondiales depuis le début des années 1990³⁷⁶, à l'exception du pavillon français, et il est donc, là encore, difficile de distinguer les flottes les plus polluantes des autres. L'apparition de la France dans ce classement n'est peut-être qu'un artefact statistique qui disparaîtrait si l'on disposait d'informations relatives au nombre de passages de ce type de navire dans la zone étudiée. Mais ça pourrait aussi ne pas être le cas. Le manque de stations de réception des déchets et résidus d'hydrocarbures dans les infrastructures portuaires de cette région peut également expliquer, pour partie, la pratique de la vidange délibérée (9 cas sur 10 : partie 2, chapitre 3) pour ce pavillon et bien d'autres encore.

333. L'association « libre immatriculation/avaries/rejets » : un artefact ?

Tirer des conclusions d'après la surreprésentation (apparente !) de certains pavillons est difficile lorsque l'on manque d'informations sur la dimension des flottes considérées. Et même si l'on peut effectuer les pondérations nécessaires, la hiérarchie des registres d'immatriculation diffère parfois considérablement selon l'indicateur utilisé pour des espaces et des périodes équivalents. Le classement de la dangerosité d'une flotte (pour les hommes et/ou l'environnement) sur la base d'un seul indicateur est donc périlleux. Il vaut mieux réaliser des typologies des registres d'immatriculations avec davantage d'informations comme effectué par l'OMI depuis l'année 2001 (pertes totales, avaries très sérieuses, sérieuses, rejets d'hydrocarbures [envisager des classes en fonction des volumes déversés] mais aussi, nombre de décès et de blessés, taux de déficiences constatés dans le cadre du contrôle par l'Etat du Port, taux de détention, etc.)³⁷⁷.

³⁷⁶ C'est l'époque à laquelle le taux d'identification des pollueurs augmente considérablement en « Manche occidentale/nord Gascogne ».

³⁷⁷ L'OMI a mis en place une procédure d'évaluation des risques que représente un registre d'immatriculation. Cette procédure prend en compte l'essentiel des variables indiquées ci-dessus, plus l'âge de la flotte, son adhésion aux conventions de l'OMI, etc. (Flag State Performance Self-Assessment Form [MSC/Circulaire 889/MEPC/Circulaire 353]). On peut cependant regretter que cette disposition ait été

Si le compartimentage par grand type d'immatriculation se justifie à certains égards, il est également critiquable car les regroupements opérés recouvrent des flottes dont les caractéristiques sont fort différentes et qui, en outre, peuvent évoluer rapidement. Il faut donc être particulièrement prudent lorsque l'on évoque la dangerosité d'une catégorie de registre car les regroupements par pays selon les critères conventionnels (pavillons de libre immatriculation, etc.) ne sont pas toujours les plus adaptés, surtout pour la période récente. VALLAT (2007) remarque ainsi, d'après les données du contrôle par l'Etat du port (MOU), qu'il y a 22 pavillons nationaux qui peuvent être assimilés à des pavillons de complaisance, et que 8 pavillons de complaisance figurent parmi les meilleurs pavillons qualitatifs du monde (synthèses des MOU), dont celui des Bahamas, du Liberia, des îles Marshall, et des Vanuatu.

On retiendra toutefois que la dangerosité des pavillons de libre immatriculation est historiquement fondée, mais que les accidents ne sont pas l'apanage unique de ces registres. Aux conditions d'exploitation viennent s'ajouter, par exemple, les spécificités hydrométéorologiques des espaces que la flotte considérée fréquente assidûment et, du seul point de vue du naufrage, un navire mal entretenu peut être victime de peu d'accidents s'il évolue dans une région où le temps est calme d'ordinaire (zone intertropicale par exemple) et inversement, un navire conforme à toutes les normes obligatoires peut être régulièrement victime d'avaries s'il est surtout exploité dans des secteurs où la mer est régulièrement agitée. La différence la plus fondamentale entre les registres nationaux et ceux de libre immatriculation est très certainement la proportion de navires sous-normes enregistrés dans les uns et les autres, mais cette situation ne transparait pas toujours en terme de nombre d'accidents ou de pollutions. En revanche, elle se traduit toujours par des conditions de vie difficile à bord de ces navires. Les registres dérogatoires, s'ils ne sont pas fréquentés par des navires sous-normes, se situent, pour la plupart, dans une situation intermédiaire en raison des discriminations salariales et sociales (d'ampleurs diverses) pratiquées à bord des unités enregistrées dans ces registres.

4. Evolution de l'emploi maritime

Le dépavillonnement d'un navire est un moyen employé pour réduire certains postes de dépense. Les coûts les plus compressibles sont ceux relevant de l'exploitation du navire, l'armateur bénéficiant d'une marge de manœuvre plus restreinte pour maîtriser, au quotidien, les coûts du voyage (soutes, droits portuaires, etc.) ou du capital (frais d'amortissement et coût d'acquisition du navire). Nous avons évoqué, parmi cette catégorie de frais, le rognage des frais de maintenance et ses conséquences en terme d'accidentologie, une pratique assez courante sur les navires immatriculés dans les registres économiques. Ce n'est pas le seul usage. Face à l'inflation des coûts de personnel ces cinquante dernières années, le dépavillonnement est également devenu un moyen pratique de contourner la « trop » contraignante législation du travail des pays développés et, ce faisant, de réduire ce poste de dépense. Après une présentation générale de l'évolution du marché de l'emploi maritime, nous évoquons l'évolution des conditions de vie et d'exercice du métier de marin³⁷⁸ à bord des navires de commerce puis soulignons les répercussions en terme d'accidentologie (facteur humain) et de rejets volontaires.

4.1. Evolution du marché de l'emploi maritime des années 1950 à nos jours

Selon STOPFORD (1997), c'est dans les années 1970-1980, lorsque l'industrie maritime est durement touchée par la récession consécutive aux chocs pétroliers, que le poste de dépense concernant la main-d'œuvre – entre 25 et 35 % du coût total d'exploitation d'un navire – est très sérieusement amputé. Le

mise en oeuvre plus de 50 ans après la création de cet organisme. Les résultats détaillés de ces procédures d'évaluation ne sont pas disponibles pour tous les pavillons (on trouve facilement ceux des pavillons les moins dangereux et beaucoup plus difficilement ceux des plus dangereux). Les informations collectées reposent, dans le cas des avaries, sur les déclarations des Etats et des industriels. D'où d'ailleurs, la mise en oeuvre récente du « *Marine Accident Reporting Scheme* » (MARS), une procédure qui permet aux marins de déclarer une avarie de façon anonyme sur Internet (système de compte rendu volontaire mis en oeuvre par l'Institut nautique de Londres [Nautical Institute]).

³⁷⁸ Quand nous évoquons les marins (gens de mer), nous faisons référence aux personnes qui sont sous contrat avec une compagnie maritime.

dépavillonnement est, pour ce faire, le moyen idéal. La rémunération annuelle de l'équipage d'un vraquier de 300 000 TPL est, par exemple, en 1987, d'environ 2,8 millions de \$ US sous pavillon états-unien et de 0,5 millions de \$ US sous pavillon libérien, c'est-à-dire d'un montant quasiment six fois inférieur (EYRE, 1989)³⁷⁹.

S'il est, une nouvelle fois, question de l'influence des chocs pétroliers sur le développement de la compression des coûts salariaux, l'origine de cette pratique est toutefois antérieure aux années 1970. Les coûts du personnel suivent une tendance inflationniste depuis les années 1950. Dépassant rarement, à cette époque, 15-20 % des coûts d'exploitation globaux, ils atteignent des niveaux compris entre 35-50 % au début des années 1990 (RASMUSSEN, 1994)³⁸⁰. Nous ne disposons pas d'informations plus récentes sur la part de ce poste de dépense mais, si la flotte pétrolière des pavillons de libre immatriculation est, en 1999, plus jeune que celle des nations maritimes traditionnelles, c'est, selon LACOSTE *et al.* (2000), précisément parce que « les pétroliers neufs sont immatriculés [dans les registres économiques] afin de réduire le coût du poste de main-d'œuvre », preuve, s'il en est, de l'importance majeure que revêt toujours le coût du travail à la fin des années 1990 dans les pavillons des nations maritimes traditionnelles.

L'évolution du marché de l'emploi maritime correspond grossièrement à un déplacement des « pays fournisseurs³⁸¹ » de gens de mer de l'Occident vers l'Orient et à une demande de plus en plus forte des pays développés vis-à-vis des marins originaires des pays en voie de développement.

Dès les années 1950, des armateurs états-uniens débauchent des gens de mer originaires d'Europe du Nord-Ouest car les marins des Etats-Unis sont jugés trop chers. Ce n'est pas, cependant, le seul pays qui recrute de la main-d'œuvre à l'extérieur de ses frontières puisqu'en 1958, selon MANSELL (2007), 44 000 marins indiens, chinois et pakistanais travaillent à bord de la flotte britannique (plus de 20 % des marins embarqués³⁸²). A l'inverse, 71 % des marins grecs embarquent à bord de navires étrangers³⁸³. L'internationalisation de l'emploi maritime est, toutefois, mineure. Seulement, 297 marins étrangers exercent leur métier à bord des navires allemands (sur 41 143 marins recensés à l'époque), et la proportion est équivalente dans la marine marchande turque ($\approx 1\%$)³⁸⁴. Plus généralement, les pays de l'OCDE³⁸⁵ sont, à la fois, le premier employeur et le premier fournisseur de main-d'œuvre en 1958 (OCDE, 1958 *in* MANSELL, 2007), et, sur les 458 477 marins employés dans les flottes de ces pays, la très grande majorité est de la même nationalité que le registre du navire.

Durant les décennies suivantes, leur nombre diminue considérablement. Ils sont 303 933 en 1972 (OCDE, 1973 *in* CNUCED, 1974) et 223 954 en 2000 (BIMCO/ISF, 2000). Cette diminution est, à la fois, le résultat de la réduction de cette flotte à l'échelle mondiale (49,4 % du TJB mondial en 1958, 40,3 % en 1972 et 18,8 % en 2000 : LLOYD'S Register, divers numéros) et la conséquence directe de la recherche de gains de productivité, notamment dans les secteurs de la conteneurisation et du transport maritime de vrac solides (*tramping*) (MANSELL, 2007). Les marins des pays de l'OCDE (les quinze membres originels), devenus trop coûteux, sont remplacés durant les années 1970-1980 par des gens de mer originaires des pays en voie de développement (Asie du Sud-Est : Philippines notamment), puis, pendant les années 1990, par des marins provenant des ex-pays de l'Est (ILO, 2004 *in* MANSELL, 2007). A l'échelle mondiale, on assiste, selon LI & WONHAM (1999b), à une diminution du nombre total de marins à l'échelle mondiale de la fin des années 1970 au début des

³⁷⁹ Pour le même type de navire, le coût de maintenance est de 600 000 \$ US sous pavillon des Etats-Unis et de 130 000 \$ US sous pavillon libérien. La plus grande différence est toutefois ailleurs puisque ce sont les taxes prélevées par l'Etat du pavillon qui diffèrent le plus considérablement : 1 264 000 \$ US aux Etats-Unis et seulement 10 000 \$ US au Libéria (EYRE, 1989).

³⁸⁰ D'après DREWRY Shipping Consultants (« Ship Costs : Their Structure and Significance », 1990).

³⁸¹ Le concept de « pays fournisseurs » est né de la baisse du nombre de gens de mer des pays développés, conjuguée à la volonté de réduire les coûts unitaires de main-d'œuvre, qui a suscité une augmentation de la demande de marins originaires des pays en voie de développement (OIT, 2002). Cette appellation est abrupte pour parler de l'emploi maritime et des gens de mer, réduits au statut de marchandise. Nous l'utilisons cependant car l'OIT et la plupart des auteurs qui travaillent sur ce sujet l'emploient pour désigner ce phénomène d'internationalisation (pour des raisons de coût du travail) et elle traduit bien la réalité du marché de l'emploi maritime.

³⁸² Sur les 180 000 marins recensés à bord de la flotte britannique à cette époque (MANSELL, 2007).

³⁸³ Soit 26 258 marins grecs sur un total de 36 579 marins recensés en Grèce (OCDE, 1958 *in* MANSELL, 2007).

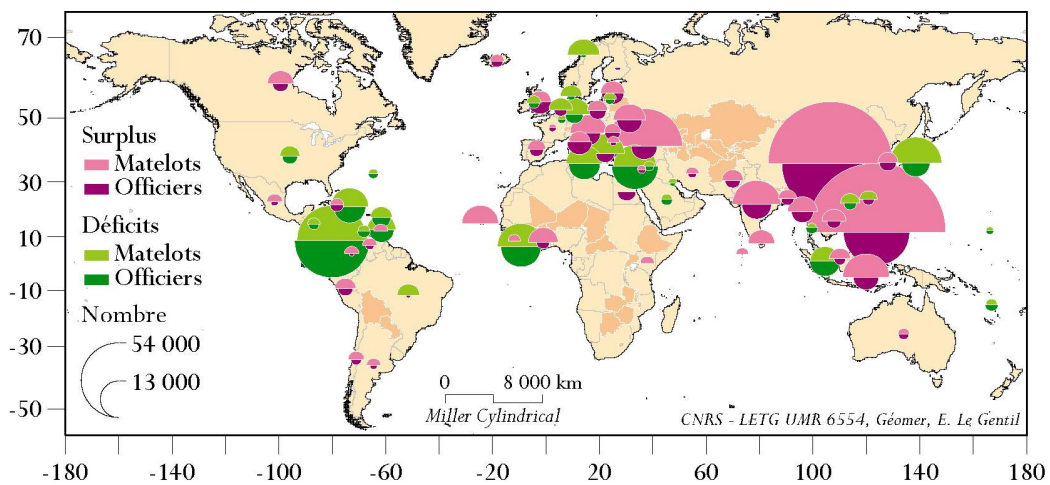
³⁸⁴ 323 marins étrangers recensés parmi les 37 477 marins employés dans la marine marchande turque (OCDE, 1958 *in* MANSELL, 2007).

³⁸⁵ Les quinze pays membres de l'OCDE en 1958 : Allemagne, Belgique, Danemark, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Turquie.

années 1990³⁸⁶ et, parallèlement, à l'augmentation du nombre de marins travaillant à bord des navires enregistrés dans les pavillons de libre immatriculation.

En 1995, la géographie de l'emploi maritime est très dichotomique, organisée selon une ligne de démarcation ouest/est entre pays demandeurs et pays fournisseurs de gens de mer (Figure n°3. 8). Les premiers pays demandeurs (officiers et matelots confondus) sont le Panama (demande de 101 601 marins), Chypre (38 349 marins) et le Libéria (36 970 gens de mer) (LI & WONHAM, 1999c), des Etats faisant tous trois partie, à la fois, des plus grandes flottes mondiales et des principaux pavillons de libre immatriculation³⁸⁷. A l'inverse, les trois premiers fournisseurs de main-d'œuvre sont la Chine³⁸⁸, les Philippines et la Turquie, avec des offres de marins équivalant respectivement à 242 080, 227 475 et 62 840 personnes (LI & WONHAM, 1999c). Quelques pays d'Europe de l'Est apparaissent également dans les dix premiers pays fournisseurs de main-d'œuvre à l'échelle mondiale (Croatie, Ukraine et Lettonie).

Figure n°3. 8. Le marché de l'emploi maritime en 1995
(pays fournisseurs où demandeurs de plus de 1 000 gens de mer)



Remarque : les surplus et déficits de gens de mer correspondent à la différence entre le nombre de marins de commerce recensés dans chaque pays (offre de marins évaluée par BIMCO/ISF [1995]) et le nombre d'individus travaillant à bord des navires immatriculés sous pavillon national (demande de marins pour chaque pavillon évaluée par LI & WONHAM [1999c]).

Sources : d'après BIMCO/ISF (1995) et LI & WONHAM (1999c)

Les marins originaires des trois principaux pays fournisseurs n'ont pas tous le même niveau de compétence. 38 % des marins chinois présents sur le marché international de l'emploi maritime sont des officiers, tandis que cette proportion est de 19 % et de 10 % pour les marins philippins et turcs. Les attentes, en terme de qualification des gens de mer, des premiers pays demandeurs sont, en

³⁸⁶ Il n'existe pas d'évaluation globale du nombre de gens de mer des années 1950 jusqu'à la fin des années 1980. La première enquête globale est mise en oeuvre en 1990 par le BIMCO/ISF. Pour évaluer leur nombre à l'échelle mondiale durant les périodes précédentes, LI & WONHAM (1999b) ont élaboré un modèle linéaire qui repose principalement sur les évolutions du nombre de navires, de leurs types et de la taille moyenne de la flotte par pavillon (en TJB). La validité des relations entre ces variables a été testée d'après l'étude des évolutions de la flotte (et de ses caractéristiques) et du nombre de gens de mer employés au Royaume-Uni des années 1970 aux années 1990. Pour réaliser leurs estimations à l'échelle mondiale, ils supposent que le nombre total de marins s'est réduit en raison, d'une part, de la recherche de coûts unitaires de main-d'œuvre moins élevés et, d'autre part, de l'automatisation croissante de la flotte mondiale. Les estimations effectuées correspondent, pour la fin de la période étudiée, à celle effectuée dans le cadre de l'enquête globale sur les gens de mer de 1990.

³⁸⁷ Si ces Etats ont beaucoup de navires immatriculés dans leur registre, ils n'ont, par contre, quasiment pas de marins. On retrouve cette situation pour de nombreux pavillons de libre immatriculation (Bahamas, Malte, Saint-Vincent et les Grenadines, etc.). Inversement, si certaines anciennes nations maritimes ont encore des flottes importantes, elles manquent parfois cruellement de marins.

³⁸⁸ Les données présentées pour la Chine sont celles de LI & WONHAM (1999c). Cette valeur correspond à la différence entre l'offre et la demande nationale de gens de mer. L'offre de gens de mer employée par LI & WONHAM (1999c) pour le calcul du surplus diffère considérablement de celle de l'étude BIMCO/ISF de 1995. Dans la première étude, l'offre totale est estimée à 330 000 marins, tandis que, dans la deuxième étude, elle est évaluée à 76 475 marins. Aux Philippines, l'offre de marin est également sous-évaluée selon l'OIT (2002). Évaluée par l'étude BIMCO/ISF de 1995 à 242 782 personnes (BIMCO/ISF, 1995), elle est selon le POEA (Philippine Overseas Employment Agency) de 472 225 personnes quatre années plus tard (1999) (le premier recensement des gens de mer effectué par le POEA date de 1998).

revanche, plus équilibrées (Panama, Chypre, Libéria)³⁸⁹. Parmi ceux-ci, les nations maritimes traditionnelles se distinguent cependant par la singularité de leurs attentes (et celles de leurs registres secondaires) car elles sont surtout demandeuses de matelots (Grèce, Norvège, Danemark, Pays-Bas, par exemple) en 1995.

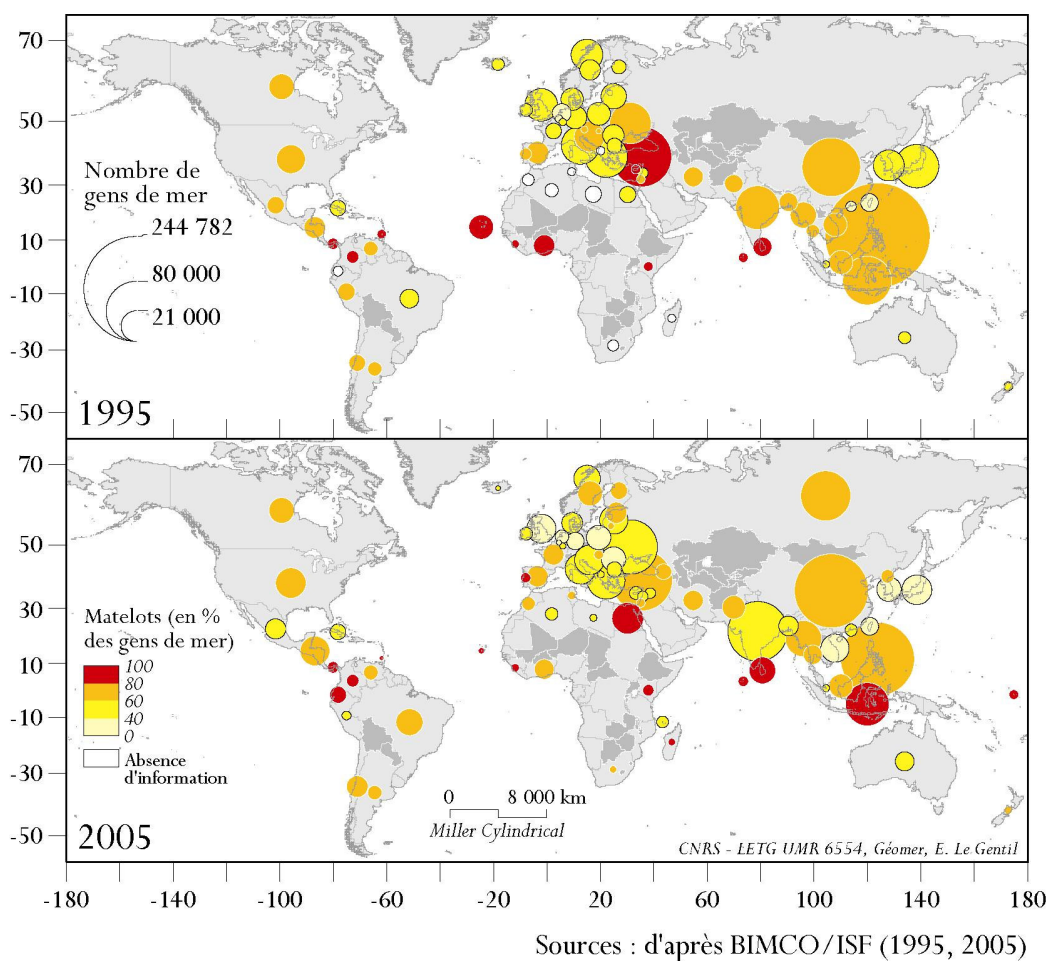
Si le marché de l'emploi maritime s'est considérablement transformé des années 1950 aux années 1990, la situation évolue encore rapidement aujourd'hui. La pénurie d'officiers observée à l'échelle mondiale au milieu des années 1990, en raison de la faible attractivité de cette profession dans les pays développés – un manque d'attrait qui se traduit par le vieillissement des marins occidentaux – s'est résorbée en 2005 (Tableau n°3. 9) grâce à l'augmentation du niveau de formation des marins dans certains pays en voie de développement (diminution de la proportion de matelots : Figure n°3. 9).

Tableau n°3. 9. Evolution du marché de l'emploi maritime
(1995-2005, en milliers de marins)

| | Offre (A) | | Demande (B) | | Différences (A-B) | |
|------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------------|-----------|
| | Matelots | Officiers | Matelots | Officiers | Matelots | Officiers |
| Année 1995 | 825 | 409 | 606 | 427 | 219 | -18 |
| Année 2000 | 823 | 404 | 599 | 420 | 224 | -16 |
| Année 2005 | 721 | 466 | 586 | 476 | 135 | -10 |

Sources : BIMCO/ISF (1995, 2000, 2005)

Figure n°3. 9. Evolution du nombre de marins recensés par pays entre 1995 et 2005
(pays où plus de 1 000 gens de mer ont été recensés)



³⁸⁹ La demande totale du Panama est composée de 53 % d'officiers et de 46 % de matelots. Celle du pavillon chypriote est de 55 et 45 % et celle du Libéria est de 43 et 57 % par exemple.

Le sous-continent indien, les Philippines et le Vietnam forment, par exemple, deux fois plus d'officiers en 2005 qu'en 1995 (de 20-30 % à plus de 40-60% : calculé d'après BIMCO/ISF [1995, 2005]). La géographie de l'offre de gens de mer évolue aussi rapidement. Quelques pays émergent comme l'Union de Myanama (Myanmar), l'Egypte ou le Honduras, où sont comptabilisés près de 20 000 marins (ou plus) en 2005 et dont la croissance des effectifs dépasse 40 % durant la dernière décennie (1995-2005). La Chine confirme sa position de grande pourvoyeuse de marins entre 1995 et 2005³⁹⁰. L'Inde et l'Ukraine doublent, toutes deux, leurs effectifs de gens de mer, tandis que, simultanément, le nombre de marins recensés aux Philippines diminue de moitié (BIMCO/ISF, 1995 et 2005). Ce déclin se poursuit également dans la plupart des vieilles nations maritimes, notamment le Japon (-114 %), l'Italie (-54 %), le Royaume-Uni (-26 %) et la Norvège (-43 %).

La nouvelle géographie des pays d'origine des gens de mer est cependant toujours le résultat du même processus des années 1950 à nos jours. Dès lors que le niveau de formation des marins augmente dans un pays, le coût de la main-d'œuvre croît (fort heureusement) également, mais, la demande de marins à très « bas prix » demeurant forte, de nouveaux entrants sur ce marché, provenant de pays généralement plus pauvres encore que les précédents, viennent satisfaire cette attente.

42. Evolution des conditions d'exercice du métier de marin

Certains auteurs affirment que la principale répercussion de l'internationalisation, voire de la globalisation, du marché de l'emploi maritime, est le multiculturalisme des équipages (COUPER, 2000), facteur dont nous avons évoqué l'influence (relative³⁹¹), par le passé, sur l'émergence de quelques accidents de navires en raison des difficultés de communication existant entre membres d'équipages et/ou entre navires et/ou entre terre et mer (partie 2, chapitre 2 : rejets accidentels du *Fu Shan Hai* [2004], du *Tricolor* [2003], du *Braer* [1993], du *Torrey Canyon* [1967], etc. in HORCK, 2006). La multiplication des pays fournisseurs de main-d'œuvre s'est traduite par celle des nationalités représentées au sein d'un même navire. WU (2002) indique ainsi que 38 % des navires constituant la flotte armée pour le transport maritime international ont, au début du XXI^e siècle, des équipages composés de marins d'au moins trois nationalités différentes³⁹². LANE (2001) partage cet avis et précise que le nombre de nationalités recensées est plus important dans les équipages des navires enregistrés en libre immatriculation. Cet auteur remarque, toutefois, que ce phénomène n'est pas si récent.

421. Multiculturalisme et émergence des marins des pays en voie de développement à bord des navires de commerce

Evolution historique du multiculturalisme à bord des navires de commerce

Les travaux de l'historien P. E. PEREZ-MALLAINA (année non précisée, in LANE, 2001) montrent qu'au XVI^e siècle, les navires espagnols ont des équipages pour moitié composés de Français, d'Italiens, de Néerlandais et de Portugais. LANE (2001) cite également les travaux de P. EARLE (année non précisée) sur la flotte britannique des XVII^e et XVIII^e siècles où marins suédois, danois, italiens, grecs, portugais, hongrois, polonais, chypriotes et maltais se côtoient sur les mêmes navires. Les raisons de ce multiculturalisme sont simples. Les dangers encourus par les gens de mer lors des expéditions maritimes sont alors si nombreux (malnutrition, maladies, piraterie, rencontres houleuses avec les populations locales, etc.) que, pour qu'un navire puisse retourner à bon port, il est fréquent de recruter au gré des escales, prévues ou imprévues, des marins supplémentaires pour compléter

³⁹⁰ Sur la base des données issues des études BIMCO/ISF de 1995 et 2005 cette fois-ci.

³⁹¹ « Relative » car s'il est possible d'apprécier son influence pour quelques événements accidentels parmi les plus dommageables (les mieux renseignés : pollutions de grande ampleur notamment), son influence générale sur l'accidentologie des navires est, en revanche, plus difficile à déterminer. S'agit-il, par exemple, d'une situation de plus en plus courante ? Son influence, en situation de crise (avare par mauvais temps par exemple), est-elle déterminante ? Existait-ils d'autres facteurs amplificateurs (prolifération des normes, des codes d'urgence, etc.) ?

³⁹² La répartition est la suivante : 10,6 % (cinq nationalités et plus), 9,7 % (quatre nationalités), 17 % (trois nationalités), 28,5 % (deux nationalités) et 34,2 % (une nationalité) (WU, 2002).

l'équipage (LANE, 2001). Au cours du XIX^e siècle, l'organisation croissante du commerce maritime mondial au travers, notamment, du développement des liaisons entre Amérique du Nord et Europe du Nord-Ouest³⁹³, et l'agrandissement simultané des « villes-ports » où se concentrent les marins à la recherche d'un emploi (« *Sailortowns* » : LANE, 2001), produisent la première forme d'organisation du marché de l'emploi maritime (LANE, 2001). Jusqu'à la Première Guerre mondiale, les équipages des navires britanniques immatriculés dans les îles anglo-normandes (Jersey et Guernesey) sont ainsi composés de gens de mer d'origine extrêmement diverses³⁹⁴, et, surtout, leur recrutement ne se fait pas pour des raisons économiques car tous sont payés au même salaire s'ils occupent un poste équivalent, les armateurs employant tout simplement les marins fréquentant les quais à la recherche d'un embarquement (LANE, 2001). Rappelons également que c'est l'époque du développement du *tramping* (section 11) et, qu'à chaque nouvelle expédition, il faut compléter tout ou partie de l'équipage, en raison, notamment, des dangers précédemment évoqués³⁹⁵.

La nouvelle organisation du marché de l'emploi maritime durant la seconde moitié du XX^e siècle s'inscrit dans la logique d'une recherche de faibles coûts unitaires de main-d'œuvre, et c'est, de notre point de vue, la véritable mutation, au-delà de la généralisation du multiculturalisme souvent évoquée. Une étude menée en 2004 sur les navires accostant dans les ports des Etats-Unis révèle ainsi que, parmi les 123 pays d'origine des membres d'équipages de ces unités, 10 nationalités dominent très largement (77,9 % du nombre total de marins)³⁹⁶ et toutes correspondent à des pays où le coût de la main-d'œuvre est faible (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2006).

Multiculturalisme et marins des pays en voie de développement à l'époque récente

Le multiculturalisme est-il, aujourd'hui, une mauvaise chose ? Si l'on considère ce phénomène du point de vue, étroit, de l'accidentologie des navires, on peut être tenté de l'affirmer. Toutefois, LANE (2001), d'après des recherches menées dans le cadre de l'organisme dont il assure la direction (SIRC³⁹⁷), souligne qu'il n'y a aucune raison de supposer que les équipages multinationaux sont moins compétents que les équipages constitués d'une nationalité unique, et WU (2002)³⁹⁸ indique que des enquêtes récentes menées auprès des gens de mer montrent que la cohabitation de cultures diverses à bord d'un même navire n'est pas mal vécu par la majorité des personnes interrogées. WU (2002) précise quand même que les conditions d'emploi et de travail sont loin d'être idéales, et DECLERCQ (2003)³⁹⁹ souligne que les discriminations sociales et salariales pratiquées au sein d'un même navire entre marins de différentes nationalités créent des « tensions, des jalousies et des réflexes racistes ».

L'incompétence des marins des pays en voie de développement est également une idée souvent véhiculée, surtout à la suite de catastrophes maritimes très médiatisées. RAMADE (2003), dans le cadre d'un article rédigé sur la pollution provoquée par le naufrage du *Prestige* (2002), qualifie les marins employés sur les 4 000 « bâtiments poubelles » qui sillonnent les mers européennes de véritables « équipages de parias » et l'on ne peut s'empêcher de faire le rapprochement avec la composition de l'équipage du *Prestige*. Notre propos n'est pas d'évoquer les responsabilités des uns et des autres dans ce cas particulier, mais seulement de souligner que l'émotion (voire la colère) causée par certains événements suscite parfois bien des raccourcis. La très grande majorité des matelots et des officiers du *Prestige* sont philippins, à l'exception du capitaine et de l'officier mécanicien, tous deux

³⁹³ Révolution industrielle.

³⁹⁴ Les équipages des navires britanniques immatriculés sous pavillon des îles anglo-normandes sont composés d'Indiens, de Suédois, de Norvégiens, de Philippins, de Japonais, de Français, d'Allemands, de Chinois, de Capverdiens, de Chiliens, etc. (LANE, 2001).

³⁹⁵ Et pour d'autres raisons (longueur des voyages, famille, etc.). Une fois obtenue sa solde, un marin n'a pas nécessairement l'envie de reprendre la mer s'il dispose de ressources suffisantes pour vivre quelque temps à terre.

³⁹⁶ Cette étude, effectuée en 2004, porte sur 149 327 entrées de navires, soit 2 579 navires distincts et 7 247 listes d'équipages. Les 10 nationalités les plus représentées sont, en ordre décroissant : les Philippins, les Chinois, les Indiens, les Ukrainiens, les Russes, les Polonais, les Grecs, les Croates, les Lettons et les Coréens (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2006).

³⁹⁷ SIRC : Seafarers' International Research Center.

³⁹⁸ Précisons que cet auteur est également chercheur au SIRC.

³⁹⁹ AFCAN (Association Française des Capitaines de Navires). L'article de J.-P. Declercq sur les « relations professionnelles et les conditions de travail dans la marine marchande internationale » est consultable sur le site Internet de l'AFCAN à l'adresse suivante : http://www.afcan.org/dossiers_securite/cond_trav.htm

de nationalité grecque, et tous ont les certificats et l'expérience requise pour le poste qu'ils occupent⁴⁰⁰ (TOURRET *et al.*, 2003). Ce n'est pas, en effet, parce que les marins philippins ont supplanté leurs homologues américains et européens pour des raisons salariales, dans les années 1980-1990, qu'ils sont nécessairement moins compétents. Leurs qualités sont reconnues dans l'ensemble du monde maritime (site Internet de l'OIT⁴⁰¹), et la meilleure preuve est qu'en 2006, malgré la concurrence des marins originaires du Vietnam, d'Inde, de Chine et de l'Union du Myanmar dont les salaires d'embauche sont beaucoup moins élevés⁴⁰², les armateurs, pour qui les coûts salariaux ne sont pas le seul paramètre de recrutement⁴⁰³, emploient toujours des marins philippins. Cette situation est d'autant plus intéressante, lorsqu'il s'agit des matelots, que le surplus de cette catégorie de gens de mer est considérable en 2005 et que la concurrence est donc sévère (surplus d'environ 135 000 matelots en 2005 : BIMCO/ISF, 2005). Précisons enfin que, dans le cas du *Prestige*, aucune action du capitaine n'est directement mise en cause par la commission d'enquête française et, surtout, le BEA mer précise que ses enquêteurs « n'ont pas disposé d'informations suffisantes de la part ni de la *Bahamas Maritime Authority* ni des armateurs en ce qui concerne l'aptitude médicale des membres de l'équipage à l'exercice de leurs fonctions » (TOURRET *et al.*, 2003).

La distinction entre « bons marins » occidentaux et « mauvais marins » orientaux, rarement formulée ainsi mais souvent latente, est une vision, quelque peu, manichéenne. Ce qui pose problème, de notre point de vue, c'est bien plus l'évolution générale des conditions d'exercice du métier de navigant, la disparité des niveaux de formation, les différences de traitement opérés entre marins de différentes nationalités à bord d'un même navire, la façon dont les marins de certains pays sont recrutés (bureau de placement) et l'évolution des relations de dépendance entre le navire et la terre (affréteur/armateur et chargeur).

422. Les conditions de travail à bord des navires se sont-elles dégradées ?

Les conditions d'exercice du métier de marin se sont-elles dégradées ou se sont-elles améliorées ? Vaste question dont la réponse dépend de l'échelle de temps considérée, de la nationalité des marins et des registres considérés.

Perspective historique

Si l'on se replace dans une échelle de temps allant, *grosso modo*, du XVII^e à la première moitié du XX^e siècle, les conditions de vie à bord des navires se sont certainement beaucoup améliorées. Que de progrès, en effet, depuis le temps de la marine à voile où l'expédition maritime recouvrait tous les attributs du voyage aventureux (et parfois sans retour) ! Les temps de voyage pouvaient être considérablement allongés pour peu que les vents ne soient pas favorables⁴⁰⁴, et, à ce phénomène, se conjugaient la dégradation puis l'insuffisance de l'eau et des vivres, le développement des maladies (scorbut, fièvre jaune, typhus, tuberculose, pneumonie, etc.), les accidents divers (accidents de travail, chute à la mer, etc.) et, parfois, le naufrage. Le développement des outils d'aides à la navigation⁴⁰⁵ et

⁴⁰⁰ 2 officiers grecs, le commandant (68 ans) et le chef mécanicien (64 ans), 6 officiers philippins et 19 personnels d'exécution dont 18 Philippins et un Roumain (TOURRET *et al.*, 2003). Tous ces marins ont les diplômes requis par la convention STCW (Standard for Training, Certification and Watchkeeping) de 1978 et son protocole de 1995 (TOURRET *et al.*, 2003).

⁴⁰¹ Sverre Rognvik est le représentant à Manille de Wallenius Wilhelmsen, la plus grande flotte de Norvège. Il travaille depuis plus de 20 ans avec des marins philippins et dit à leurs propos qu'ils « sont bien formés et sont connus dans le monde entier pour leur fiabilité » : Session maritime de la Conférence internationale du Travail (7-23 février 2006) (consultable sur le site Internet de l'OIT : http://www.ilo.org/public/french/bureau/inf/features/06/glob_seafarer.htm).

⁴⁰² Ils travaillent, vraisemblablement, pour un salaire moyen d'environ 500-700 \$ par mois, tandis que celui des marins philippins est d'environ 1 400 \$ mensuels (OIT, site Internet, 2006).

⁴⁰³ Selon Sverre Rognvik, des armateurs internationaux « qui avaient opté pour des équipages meilleur marché (...) ont fait marche arrière après des accidents provoqués, au moins en partie, par le mauvais anglais et l'inexpérience de l'équipage » (OIT, site Internet, 2006).

⁴⁰⁴ Les navires de l'époque tiraient, en outre, des « bords carrés ».

⁴⁰⁵ Parmi ces nombreux progrès, la généralisation de l'emploi de la projection conforme de Mercator sur les cartes marines est une avancée majeure. La première carte du monde basée sur la projection de Mercator (l'inventeur de cette projection, de son vrai nom, est Gerhard Kremer) est présentée en 1569. Les avantages procurés pour la navigation sont considérables puisque « ce système de projection cylindrique conforme est muni de coordonnées orthogonales pour faciliter le repérage (chaque point peut être précisément situé grâce au quadrillage) et afin que les routes coupent les méridiens sous un angle constant ». Il est donc possible de tenir une route (loxodromique) avec un cap constant (LE CARRER, 2006).

l'emploi des navires à vapeur⁴⁰⁶ diminuèrent les risques d'errance maritimes (et les dangers associés) et ces améliorations, associées à bien d'autres évolutions (constructions métalliques, radio, radar, vêtements de mer, équipements de sécurité divers, prévisions météorologiques, etc.) contribuèrent à renforcer la sécurité maritime et, ce faisant, à réduire le nombre de décès (cas des marins de la flotte marine britannique au XX^e siècle par exemple : NIELSEN & ROBERTS, 1999 ; ROBERTS, 2008). Le taux de perte totale des navires de commerce à l'échelle mondiale, estimé à 2 % de la flotte au XVIII^e siècle (BUCHET [année non précisée] in ESTIVAL, 2002), n'est plus, au début du XXI^e siècle, que d'environ 0,23 %⁴⁰⁷ et l'on peut « supposer », qu'à cette évolution, correspond aussi une amélioration générale des conditions de vie et de travail des marins à bord des navires.

S'il est réaliste d'associer le renforcement de la sécurité maritime et l'amélioration des conditions de travail durant les deux derniers siècles, les progrès observés ces cinquante dernières années sont, en revanche, moins évidents, cette évolution étant faite de contrastes majeurs selon les pavillons et les nationalités des marins considérés. Un indicateur plus adapté pour estimer l'évolution des conditions de travail du métier de marin est celle du nombre de décès et de blessés recensés durant l'exercice de leur métier. Les statistiques du LLOYD'S et de l'OMI fournissent, néanmoins, peu d'aide en la matière car elles ne font pas de distinction entre équipage et passagers, sous-estiment totalement ce phénomène et s'attardent peu, sinon pas du tout, sur les raisons de ces drames humains (NIELSEN & ROBERTS, 1999). NIELSEN & ROBERTS (1999)⁴⁰⁸ ont estimé qu'au début des années 1990, environ 2 200 marins perdent la vie chaque année, et LI (1998)⁴⁰⁹ donne des valeurs quasi-similaires pour les années 1960-1970 (accidents uniquement). Tous ces auteurs insistent sur le fait que le métier de marin fait toujours partie des activités professionnelles les plus dangereuses au monde⁴¹⁰ et précisent que la majorité des décès qui se produisent en mer ne sont pas le résultat de pertes de navires. Naufrages et accidents de travail correspondent chacun à environ 32 % des décès observés, les maladies sont la cause de 26,4 % des décès et les « disparitions, chutes à la mer » et les « suicides, meurtres et raisons indéterminées » équivalent à 5,1 et 4,4 % de la mortalité globale ($N = 2\ 207$, 1990-1994 : NIELSEN & ROBERTS, 1999). Si la dernière catégorie est la moins représentée, précisons que parmi ce regroupement, les suicides dominent très largement (NIELSEN & ROBERTS, 1999)⁴¹¹. Ces deux auteurs soulignent également que cette cause de décès est très certainement sous-évaluée en raison de la composition de leur échantillon, dans lequel les pays de l'OCDE sont très largement surreprésentés. Ils notent enfin une différence entre les taux de mortalité des pays de l'OCDE et des pays non membres de l'OCDE, tout comme entre pavillons de libre immatriculation, registres secondaires (NIS) et pavillons nationaux⁴¹² (ordre décroissant).

On ne saurait parler d'évolution des conditions de travail d'après ces seules informations puisqu'il n'existe pas, à notre connaissance, d'état antérieur. Le nombre élevé de suicides est toutefois représentatif de la spécificité du métier de marin, et, plus particulièrement, de leur isolement social et familial, mainte fois souligné (AUBERT & ARNER, 1958 ; FORSYTH, 1991). Il faut rappeler que, paradoxalement, alors que les navires évoluent la plupart du temps en plein océan, ce sont des

⁴⁰⁶ En 1875, la flotte mondiale de marine marchande est composée de 5 365 navires à vapeur (5 226 880 TJB) et de 56 537 navires à voiles (14 523 630 TJB). En 1900, la flotte mondiale est composée de 15 898 navires à vapeur et à moteurs (22 639 358 TJB) et de 11 712 navires à voiles (6 521 043 TJB) (LLOYD'S Register in AFFAIRES MARITIMES, 1970).

⁴⁰⁷ (87 546 navires de plus de 100 TJB naviguent en 2000 et 206 d'entre eux ont été recensés comme perte totale soit 0,23 % de la flotte mondiale [calculé d'après les données du LLOYD'S Register, 2001]).

⁴⁰⁸ Cette étude est très certainement l'une des plus complètes sur ce sujet. NIELSEN & ROBERTS (1999) ont collecté des informations sur la mortalité des gens de mer dans les flottes de 19 nations maritimes (23,4 % du TJB de la flotte mondiale et 29,4 % du nombre total de navires ≥ 300 TJB). Leur échantillon correspond à 23,6 % de la demande total de gens de mer en 1995.

⁴⁰⁹ L'estimation de LI (1998) repose uniquement sur les pertes de navires. Le modèle employé se réfère aux informations disponibles au Royaume-Uni (mortalité des gens de mer et pertes de navires) pour établir une relation entre mortalité et naufrage et l'appliquer à l'échelle mondiale.

⁴¹⁰ Les taux de mortalité des gens de mer sont de 5 à 20 fois plus élevés que ceux des individus exerçant des métiers à terre selon diverses études, (Danemark, Suède, Allemagne : voir NIELSEN & ROBERTS [1999] pour les références). BOOTH (2008) souligne que le taux de mortalité des marins de commerce est le deuxième taux le plus élevé au monde derrière celui des pêcheurs !

⁴¹¹ Ce taux doit également considérablement varier selon les pavillons considérés. Selon JAREMIN *et al.* (1996), le taux de suicide est de 7,3 % dans la compagnie maritime polonaise que ces auteurs étudient ($N = 109$, 1985-1994). Les maladies sont la première cause de mortalité (40,4 %), devant les événements de mer (33,9 %) et les « accidents de travail et empoisonnements divers » (15,6 %) (JAREMIN *et al.*, 1996).

⁴¹² A l'exception du pavillon grec qui affiche un taux de mortalité particulièrement élevé (NIELSEN & ROBERTS, 1999). Cette étude ne porte, en outre, que sur 19 nations maritimes, et il est évident que les contrastes, au sein de chaque catégorie, sont certainement aussi très élevés.

environnements confinés où promiscuité et cloisonnement peuvent avoir des conséquences dramatiques, les tensions entre individus à bord d'un même navire pouvant dégénérer bien plus rapidement qu'en environnement ordinaire (c'est-à-dire ouvert) (AUBERT & ARNER, 1958). Est-il seulement nécessaire de souligner, dans ces conditions, l'importance de la nourriture, des conditions de logement, du temps de repos, de l'accès aux soins médicaux, etc., c'est-à-dire des nécessités les plus élémentaires, qui, parfois (voire souvent dans certains registres d'immatriculation) font défaut (OIT, 2002) ?

La situation actuelle des marins des pays en voie de développement

Dans les situations extrêmes (navires sous-normes), l'ICONS⁴¹³ (2000) souligne qu'au début du XXI^e siècle, à bord de certaines flottes (Birmanie, Chine, Cambodge, Fédération de Russie, Roumanie, Ukraine, etc.), violences physiques, pressions morales et abandon des marins dans les ports sont des pratiques courantes, et ce phénomène, qu'il qualifie d'esclavagisme, est le lot quotidien de plusieurs milliers de gens de mer à travers le monde. L'OCDE (2003a) remarque, elle aussi, que l'extrême concurrence créée sur le marché de l'emploi par le surplus de matelots à l'échelle mondiale est une porte ouverte à la violation des droits les plus fondamentaux, principalement à bord des navires sous-normes. GERSTENBERG (2002) évoque plusieurs raisons à ce qu'il considère comme une dégradation des conditions de vie et de travail, parmi lesquelles le fait que les matelots sont des travailleurs qui migrent non pas vers des Etats, mais vers un marché du travail mondialisé. Les possibilités de recours devant les instances juridiques de l'Etat du pavillon où les administrations compétentes, en cas de litige avec l'employeur à propos des conditions de travail définies lors du contrat d'embauche (normes internationales de l'OIT : salaire minimum légal, horaires de travail, etc.), sont ainsi quasi-inexistantes (ou trop risquées à mettre en oeuvre) malgré l'existence de puissants syndicats internationaux de marins comme l'ITF. Les retards de paiements des salaires, la modification où le non-respect des obligations prévues dans les contrats d'embauche, l'absence de soins médicaux, l'absence de compensation financière en cas d'accident de travail, etc., sont des pratiques généralisées sur les navires des registres les plus « complaisants » (OIT, 2002).

Il est difficile d'apprécier réellement le nombre de gens de mer directement touchés par ces abus, mais d'autres phénomènes sont, en revanche, mieux connus. L'internationalisation du marché de l'emploi maritime a vu l'émergence de bureaux de placement, des sociétés dont l'objet est le recrutement des marins et qui font office d'intermédiaires entre les compagnies maritimes et les gens de mer des pays en voie de développement. Selon l'OIT (2002), « sur les 14 pays fournisseurs de main-d'oeuvre, la majorité fait appel à des bureaux de placement pour recruter des gens de mer non nationaux » (Bulgarie, Croatie, Géorgie, Lituanie, Pakistan, Philippines, Pologne, Roumanie, Fédération de Russie), soit, au strict minimum, 21 % de l'offre de gens de mer en 2005 (calculé sur la base des données de l'étude BIMCO/ISF, 2005⁴¹⁴). COOPER (2000) estime que ces agences ont créé un climat délétère où conditions de travail éprouvantes et insécurité dominant, « ruinant » ainsi la motivation des gens de mer. Certaines agences se font rémunérer par les marins pour qu'elles leur trouvent un travail (TY, 2001 in BINGHAY, 2005; OIT, 2002)⁴¹⁵, et d'autres n'hésitent pas à falsifier les certifications requises pour exercer ce métier. Plusieurs auteurs mentionnent enfin l'existence de listes de surveillance et de listes noires (CNUCED, 2003c ; OIT, 2002 ; COOPER, 2000).

L'OIT décrit ainsi la situation aux Philippines. « La mise sur liste de surveillance et la mise sur liste noire constituent d'autres pratiques dérangeantes. Les bureaux de placement se plaignent de certains marins auprès de la POEA, qui les place alors sur une liste de surveillance et les invite à répondre à la plainte. Le processus d'arbitrage peut durer plusieurs années avant qu'une décision ne soit prise, pendant lesquelles le marin ne peut pas travailler en mer. De plus, les bureaux de placement veillent à faire circuler la liste de surveillance pour empêcher que ces gens de mer soient employés. Si, à l'issue

⁴¹³ ICONS : International Commission ON Shipping.

⁴¹⁴ Ces pays totalisent une offre de gens de mer de 245 872 personnes et l'offre mondiale (pays où plus de 1 000 marins ont été recensés) est de 1 167 104 personnes. C'est une estimation minimale car, nous l'avons déjà précisé, le nombre de marins chinois et philippins est certainement bien plus élevé, d'un facteur 2 ou 3 (LI & WONHAM, 1999c ; OIT, 2002). Si l'on considère que cette pratique est déjà généralisée dans les pays évoqués par l'OIT (2002) en 1995, la proportion de gens de mer employés dans ces conditions est de 27 % (Fédération de Russie exclue car nous ne disposons pas d'information sur les gens de mer à cette époque).

⁴¹⁵ Un pourcentage de leur salaire est prélevé par l'agence de recrutement (!).

de l'arbitrage, le marin est jugé coupable, il est mis sur une liste noire pour deux ans. S'il est jugé innocent, il ne reçoit aucun dédommagement. Ce processus discriminatoire amène souvent les gens de mer à accepter des conditions d'emploi médiocres de crainte d'être placés sur une liste de surveillance. Le fait de prendre contact avec des représentants d'un syndicat pour se plaindre d'un traitement inéquitable est répréhensible et peut entraîner l'exclusion. Aux Philippines, certains marins ont allégué que les syndicats locaux ne répondaient pas à leurs besoins, et se sont particulièrement inquiétés du refus des syndicats de représenter les intérêts des gens de mer placés sur liste noire au bout de six mois de chômage parce qu'ils ne pouvaient plus continuer à verser leurs cotisations » (OIT, 2002). Il n'est pas véritablement nécessaire d'ajouter d'autres commentaires si ce n'est qu'au registre de « complaisance » s'ajoutent (parfois) des syndicats et (souvent) des agences de « complaisance ».

Au final, que penser des évolutions évoquées : amélioration ou dégradation générale des conditions de travail durant les 50-60 dernières années pour les marins des pays en voie de développement ? Les points de vue sont très partagés. COOPER (2000) estime que l'exploitation de ces marins (et de leurs familles) sur les navires composant les flottes des pavillons de « complaisance » est pire au début du XXI^e siècle que le sort réservé aux marins du XIX^e siècle, notamment parce qu'il existait alors une égalité de traitement entre les différentes nationalités composant un équipage. *A contrario*, DUJARDIN (2003) estime que « l'emploi de personnel du tiers-monde presque complètement à l'abri de toute exploitation sociale à la différence de celle qui consiste à faire fabriquer des ballons de *football*, des *baskets* ou des tapis par des enfants de 8 ans, est à encourager. Il diffuse de justes revenus dans la population. Il est une des meilleures voies de transfert financier nord-sud vers le tiers-monde en développement ».

DUJARDIN (2003) fait notamment référence aux différences de salaire (moyen) existant entre les pays dont cette main-d'œuvre est originaire et ceux perçus (et/ou promis) lorsqu'ils travaillent à bord de navires étrangers. C'est, en effet, un facteur de première importance aux Philippines où « les gens de mer apportent une contribution non négligeable à la balance des paiements et, de fait, à l'économie nationale, grâce à leurs envois de fonds » (entre 5 et 25 pour cent ces deux dernières décennies [OIT, 2002])⁴¹⁶. Les salaires des Philippins employés sur des navires immatriculés dans le DIS (registre secondaire du Danemark : entre 1 100 et 1 700 \$ US/mois) sont, par exemple, bien plus élevés que ceux qu'ils obtiendraient en application de la législation philippine (le salaire minimum des marins aux Philippines est de 385 \$ US/mois) (OIT, 2002). Un officier indien a également tout intérêt à travailler sur un navire immatriculé sous NIS (Norvège) puisqu'il perçoit un revenu supérieur d'environ 36 % à ce qu'il gagne en exerçant les mêmes fonctions en Inde⁴¹⁷ (OIT, 2002). Et comment expliquer autrement le flot continu de nouveaux marins en provenance de pays généralement plus pauvres encore que les précédents, si ce n'est qu'ils sont attirés, fort logiquement, par des (promesses de...) salaires plus élevés que dans leurs pays d'origine. Si nous parlons de « promesses », c'est, qu'au regard des rapports de l'OIT et l'ITF, il existe très certainement un fossé considérable entre le « perçu » et le « vécu » de beaucoup de ces gens de mer. Les exemples évoqués ci-dessus sont d'ailleurs les situations les plus désirables – tous les marins originaires de pays en voie de développement ne travaillent pas sur navire immatriculé dans les registres secondaires norvégiens ou danois⁴¹⁸ – et les offres d'emploi ne sont nombreuses, en outre, que pour les marins les plus qualifiés (officiers). La très forte concurrence existant sur le marché de l'emploi maritime des matelots renverse quelque peu la situation, et les Indiens ont, par exemple, plus d'intérêt à exercer leur métier dans leur pays d'origine que dans la majeure partie des pavillons étrangers car ils y sont mieux payés⁴¹⁹ (OIT,

⁴¹⁶ BINGHAY (2005) donne l'équivalent de cet apport en dollars états-uniens pour l'année 2003 : 1 294 milliards de \$ US.

⁴¹⁷ Le salaire d'un capitaine/ingénieur en chef est établi à 3 899 \$ US/mois (norme ITF) et à 4 030 \$/mois à bord d'un navire immatriculé sous NIS (registre secondaire norvégien : 4 030 \$) tandis qu'à poste équivalent, la même personne perçoit 2 595 \$ US/mois après impôts (≈ 30 % de prélèvement obligatoire) en Inde (MUI [syndicat maritime de l'Inde] in OIT, 2002). Précisons que, par rapport au salaire indien moyen, il s'agit toujours d'une somme considérable (OIT, 2002).

⁴¹⁸ Si les salaires des marins philippins sont élevés dans ces registres, c'est parce que les syndicats philippins ont pu négocier un salaire minimal pour les officiers et les matelots dans le cadre d'une convention collective (les conventions collectives sont négociées par les syndicats avec les associations d'armateurs pour déterminer les conditions d'emploi des navigants). Ce n'est pas le cas dans tous les pavillons étrangers.

⁴¹⁹ S'ils sont nombreux à travailler à l'étranger, c'est notamment en raison du taux de chômage enregistré dans la profession en Inde (OIT, 2002).

2002). Enfin, le flot continu de nouveaux marins n'est peut-être tout simplement que le résultat de la paupérisation galopante (d'une partie) des populations de ces pays⁴²⁰ ?

Pour rompre avec la vision quelque peu édulcorée de DUJARDIN (2003), précisons que tout dépend du registre considéré, de la nationalité et du niveau de qualification des marins recherchés. Notons également que le salaire international moyen d'un matelot, d'un montant équivalant à 1 762 \$ US en 1992, n'est plus que de 1 318 \$ en 1999 (OIT [référence non précisée] in RIVIERE, 2003), ce qui n'est pas véritablement le signe d'une amélioration⁴²¹. Remarquons enfin que pour les représentants de l'Union Européenne, les enjeux de l'amélioration des conditions de travail à bord des navires sont de « créer des conditions de travail et de vie *décentes* pour les gens de mer » (DEVOUCHE, 2007), c'est-à-dire des objectifs similaires à ceux de la convention ILO⁴²² 147, élaborée en 1976, sur les normes minima à observer à bord des navires marchands. Nous n'avons d'ailleurs nul besoin, même si c'est évidemment nécessaire, de considérer les pires situations pour évoquer les répercussions de l'évolution du contexte économique du transport maritime international sur les conditions d'exploitation des navires et de travail de l'ensemble des navigants.

Evolution générale des années 1970 aux années 1990-2000

Si l'on met en parallèle quelques indicateurs représentatifs de l'évolution générale des conditions d'exploitation des navires durant les trente dernières années, on peut très sérieusement douter de l'amélioration générale des conditions de vie et de travail à bord des navires. On constate ainsi qu'à la réduction des effectifs correspond l'augmentation de la taille des navires, de leur âge et de leur vitesse commerciale, le tout sur fond de diminution des temps d'escales portuaires (Tableau n°3. 10).

Tableau n°3. 10. Evolution des conditions d'exploitation des navires de commerce des années 1970 aux années 1990

| | Escale portuaire (durée moyenne en heures) ^a | Membres d'équipages (nombre moyen par navire) ^b | Taille moyenne des navires ^c | | Navires ≥ 15 ans (en %) ^d | Vitesse commerciale (milliards de tonnes-milles) ^e |
|------------------|--|---|---|--------|--|--|
| | | | En TJB | En TPL | | |
| Années 1970 | 138 | 16,5 | 5 195 | 8 429 | 21,3 | 13 525 |
| Années 1990 | 16 | 10,4 | 5 855 | 9 162 | 49,5 | 19 788 |
| Evolution (en %) | -762,5 | -59,6 | +11,3 | +8,0 | +57,0 | +31,7 |

^aKAHVECI (1999) : années 1970 et 1998.

^bLI & WONHAM (1999a) : estimations pour les années 1977 et 1996 (modèle linéaire).

^cCalculé d'après les données du LLOYD'S Register : périodes 1970-1979 et 1990-1999.

^dCalculé d'après les données du LLOYD'S Register in CNUCED (divers numéros : périodes 1973-1979 et 1990-1999).

^eFEARNLEYS Review (divers numéros : périodes 1970-1975 et 1990-1999).

Ces évolutions méritent quelques précisions. Les temps d'escale correspondent grossièrement au temps de chargement et de déchargement des marchandises dans les ports (temps de manoeuvre inclus), et KAHVECI (1999) les mesure d'après les heures d'entrée et de sortie des navires dans les ports (647 navires en 1970, 1 580 navires en 1998). Son estimation concerne le port de Sandhaven (Royaume-Uni), et les chiffres qu'il fournit ne peuvent être tenus comme totalement représentatifs de la situation générale. Toutefois, la très grande majorité des ports ont modernisé leurs infrastructures durant cette période, au risque autrement de voir leur trafic s'effondrer, et KAHVECI (1999) et ALDERTON & WINCHESTER (2002a) estiment la réduction comme représentative de la tendance générale. Les conséquences de cette réduction sont des états de fatigue plus avancés et, selon MANSELL (2007)⁴²³, ce qui faisait autrefois l'attrait de cette profession, le voyage et le(s) charme(s) des escales, ont disparu. L'utilisation de plus gros navires est également allée de pair avec un changement dans la géographie des ports. Auparavant construits près de l'arrière-pays qu'ils desservaient, ils sont désormais situés plus loin des centres urbains. Pour les marins, l'éloignement des

⁴²⁰ Une hypothèse à vérifier pour les pays dont sont originaires les nouveaux entrants sur le marché de l'emploi maritime (15-20 dernières années) : Birmanie, Egypte, Sri Lanka, Honduras, Inde, Chine, Ukraine, Pakistan, Lettonie, Bangladesh, etc.

⁴²¹ L'usage de la moyenne est évidemment réducteur mais ô combien révélateur ! On peut également supposer que les écarts de salaires ont augmenté.

⁴²² ILO : International Law Organisation.

⁴²³ Cet auteur fut officier de marine marchande. Il a soutenu une thèse de doctorat en 2007 sur l'immatriculation des navires de commerce (voir MANSELL, 2007).

ports et les temps d'immobilisation très courts rendent les permissions à terre très difficiles, voire impossibles (OIT, 2001). Enfin, la situation s'est encore dégradée récemment. La mise en oeuvre du code ISPS (International Ship and Port facility Security), destiné à augmenter la sûreté des infrastructures portuaires à la suite des attentats du 11 septembre⁴²⁴, a restreint les déplacements des marins à terre. LLORENTE (2007) note, à ce propos, que « dans certains quais spécialisés privés (terminaux pétroliers ou gazier par exemple), les mesures de sécurité entraînent de telles difficultés pour le marin pour sortir que certains armements dans les contrats d'embarquement stipulent que le marin n'aura pas le droit d'aller à terre pendant tout son embarquement »⁴²⁵.

La réduction des effectifs mérite également quelques commentaires car les valeurs présentées sont des estimations effectuées par LI & WONHAM (1999a) sur la base d'un modèle linéaire dont nous avons déjà présenté les caractéristiques. L'évolution qu'ils présentent est conforme à celle évoquée par d'autres auteurs. ALDERTON & WINCHESTER (2002a) soulignent ainsi que les effectifs des équipages ont diminué de 30-50 à environ 20-30 membres sur l'ensemble des navires entre les années 1970 et 2000. Sur les plus gros navires-citernes (VLCC), l'équipage composé de 35-40 personnes dans les années 1970 est actuellement de 20 individus (MANSELL, 2007), une situation pour le moins étonnante quand LACOSTE (2007a) précise que ce sont les navires transportant des marchandises dangereuses qui nécessitent des équipages nombreux. Plus que la diminution quantitative, c'est surtout la disparition de postes clés qui est, de notre point de vue, la plus problématique. L'officier radio a disparu, ce qui peut poser problème pour le respect des (très nombreuses) procédures obligatoires, notamment lorsqu'une avarie se produit (situation d'urgence) et que le nombre de tâches à accomplir est important (TOURRET *et al.*, 2000 ; LOISEAU, 2000). La disparition du nettoyeur de la salle des machines (disparition entre 1994 et 2002 : DREWRY Shipping Consultant *in* OCDE, 2003b) est aussi problématique si l'on se fie à la très forte proportion d'avaries machine observées en Manche ces dernières années (88,7 % des avaries : CEPPOL, 2001-2003), et ce, d'autant plus que la proportion de navires âgés a considérablement augmenté et qu'il doit en être autant des charges d'entretien à bord. Si les raisons cette diminution ont été évoquées (automatisation et conteneurisation notamment), les conséquences tiennent en trois mots : travail supplémentaire, fatigue supplémentaire et stress supplémentaire (ALDERTON & WINCHESTER, 2002a).

Enfin, si dans les années 1950-1960, le capitaine est encore, selon MANSELL (2007), « le seul maître à bord après Dieu », ce n'est plus du tout le cas durant les décennies suivantes. Le développement des radiocommunications a contribué à des progrès considérables en terme de sécurité maritime en permettant, par exemple, de contacter rapidement des secours, mais, il a aussi entraîné l'augmentation des liaisons avec l'armateur ou le chargeur et, ce faisant, le poids des pressions commerciales reposant sur l'équipage. Durant le XIX^e siècle, les contacts avec l'armateur ou ses représentants étaient limités aux escales dans les ports, alors que, depuis les années 1960-1970, le capitaine d'un navire peut être de plus en plus facilement contacté en mer. Dans un contexte fortement concurrentiel, les répercussions sont aisément compréhensibles. On peut, par exemple, demander au navire d'accélérer (un peu) la cadence pour que la marchandise arrive à destination à la date prévue, même si les conditions météorologiques (mer forte, visibilité réduite) ne s'y prêtent pas. La question de l'intervention du chargeur dans la gestion nautique du navire⁴²⁶ se pose également car « un transporteur (...) est tenu contractuellement de prévenir son affréteur en cas de changement de route et ce pour des raisons commerciales » (JONCOUR, 2007)⁴²⁷. On peut supposer que le chargeur a, dans ces conditions, une influence sur la conduite du navire, d'autant plus si l'unité est affrétée sur le marché « *spot* » (au voyage), que le client est important et qu'il fait ressentir au propriétaire du navire (où à son commanditaire) qu'il ne fera plus appel à ses services si le contrat de transport établi au départ n'est pas dûment respecté. La question de l'influence du chargeur (Total Fina Elf) sur la conduite du navire

⁴²⁴ Les ports, surtout les plus grands, sont des cibles potentielles d'attentats, notamment parce qu'en tant que lieu d'échange, ils sont difficiles à surveiller. Le pétrolier français double-coque « *Limburg* » a, par exemple, été victime d'un attentat à proximité du terminal pétrolier d'Ash Shihs (Yémen, golfe d'Aden) le 24/10/2002 (CEDRE, site Internet). Le code ISPS n'est donc pas une aberration. Notre propos est juste de souligner que ce code, en instaurant plus de contrôle dans les ports, limite considérablement les libertés de mouvement des gens de mer.

⁴²⁵ C'est-à-dire pendant plusieurs mois d'affilée. Le temps d'embarquement moyen pour un marin philippin est de 9,9 mois (AMANTE, 2003 *in* BINGHAY, 2005).

⁴²⁶ L'armateur conserve, normalement, quel que soit le type de contrat de transport, la responsabilité juridique de la gestion nautique.

⁴²⁷ Journal « *Le Marin* » du 9 février 2007.

fit débat, entre autres sujets, lors du procès de l'*Erika* en 2007. Il est en tous cas évident que la pression commerciale (en mer ou au port [chargement/déchargement]), qu'elle provienne de l'armateur ou du chargeur (ou, *via* l'armateur, l'un de leurs représentants⁴²⁸), est forte aujourd'hui (PATRAIKO, 2006). Ce n'est toutefois qu'un facteur d'insécurité parmi beaucoup d'autres.

43. Répercussions des évolutions évoquées en terme de rejets d'hydrocarbures

Un aussi long développement sur l'évolution des conditions d'emploi et de travail des navigants peut sembler, *a priori*, bien éloigné de notre sujet d'étude, c'est-à-dire les rejets d'hydrocarbures des navires. Pourtant, toutes ces évolutions – à relier avec celle de l'immatriculation des navires et, plus généralement, au contexte économique du transport maritime – ont eu des répercussions en ces termes. TITZ (1989) soulignait déjà, à la fin des années 1980, que les pollutions accidentelles et opérationnelles partageaient des facteurs communs parmi lesquels : navires sous-normes, maintenance insuffisante des navires et qualification insuffisante des équipages. Ce constat est aujourd'hui encore d'actualité mais mérite toutefois d'être précisé au regard du « nouvel environnement maritime » (JAIN, 2001) : un univers (le navire) cosmopolite, plurilinguistique et multiculturel, de plus en plus sophistiqué (automatisation) et nécessitant la maîtrise de savoirs de plus en plus divers (juridiques⁴²⁹ et techniques).

En termes de rejets accidentels, et, plus généralement, d'accidents de navires, les volumes horaires⁴³⁰, la diminution des temps d'escales portuaires, le bruit (qualité du sommeil) et la pression commerciale contribuent tous à des états de fatigue avancée, un facteur longtemps ignoré (WORLD MARITIME UNIVERSITY, 2006), mais de plus en plus souligné, comme une importante cause d'avarie⁴³¹ (MAIB, 2004 ; SMITH & OWEN, 1989 *in* SMITH, 2007 ; FLOKARD, 1997 *in* SMITH, 2007 ; ELLIS, 2004), surtout si le navire évolue dans un espace maritime très fréquenté (SMITH, 2007). Selon une étude du MAIB (2004), un tiers des échouements se produisent, par exemple, entre 0h00 et 06h00 du matin (32 échouements, 1994-2003). Sur les 45 rejets accidentels étudiés précédemment (partie 2, chapitre 3 : facteurs externe et interne des avaries polluantes situées dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale, 1965-2004, rejets ≥ 50 t., N = 45), l'heure de l'avarie est renseignée dans 68,9 % des cas (n = 31), et 41,9 % de ces accidents se sont produits entre minuit et 8 heures du matin (n = 13). Les quarts de nuit sont, plus généralement, considérés comme les plus durs car ce sont ceux où les capacités d'attention sont les plus réduites (LUTZHOF *et al.*, 2007).

Tous les auteurs ne sont cependant pas convaincus de l'influence de la réduction des équipages (et des surcharges de travail induite) sur le niveau de sécurité, au motif que l'automatisation des navires (le « progrès technique ») est un palliatif suffisant (DUJARDIN, 2000), cet auteur précisant, toutefois, dans le même article, que le repos est indispensable au marin. Il attribue d'ailleurs la cause de certains événements évoqués dans ce travail, non pas à la fatigue, mais à l'éthylisme prononcé d'un ou de plusieurs membres d'équipages. C'est la raison avancée pour expliquer l'échouement du *Kini Kersten* sur une plage du Cotentin (plage du Rozel, 01/01/1987, ≈ 45 tonnes), alors que l'AFCAN parle d'endormissement (AFCAN, 2005 : partie 2, chapitre 2)⁴³², ces deux facteurs n'étant d'ailleurs pas contradictoires. DUJARDIN (2000) fait aussi référence à l'échouement de l'*Exxon Valdez* dans le golfe d'Alaska (baie de Valdez, 04/03/1989, $\approx 37\ 400$ tonnes) pour appuyer son argumentation, mais,

⁴²⁸ Il y a parfois également un représentant de l'armateur ou de l'affrètement à bord du navire pour surveiller les opérations commerciales, ou des chargeurs pour accompagner la cargaison (le subrécargue : CLOUET, 2000).

⁴²⁹ Pour les officiers.

⁴³⁰ Selon BINGHAY (2005), 80-90 heures de travail sont effectuées dans une semaine.

⁴³¹ Collisions et échouements notamment.

⁴³² Si, pour le cas du *Kini Kersten*, nous ne saurions dire si l'éthylisme des marins de ce navire était manifeste (nous n'avons pas eu accès au rapport d'enquête), cette hypothèse peut être considérée comme plausible durant une nuit de Saint-Sylvestre. DECLERCQ (2003) évoque toutefois des raisons bien différentes, à savoir : la présence de seulement 9 personnes à bord et de 4 nationalités différentes (un navire armé en principe avec 11 personnes), l'absence d'officier de pont et des quarts partagés entre le capitaine et le second à raison de 12 heures chacun.

cette fois-ci, l'exemple est particulièrement mal choisi⁴³³, ce fait ayant été depuis démenti par la commission d'enquête mise en oeuvre pour élucider les causes de cette avarie (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 1990). L'usage de l'alcool est une pratique évidemment préjudiciable à la bonne conduite d'un navire et, pour aller dans le sens de DUJARDIN (2000), – une fois n'est pas coutume – il est vrai que peu d'études évoquent ce problème qui est (ou a été) la cause d'avaries très dommageables⁴³⁴. Nous n'avons d'ailleurs pas pu apprécier l'importance de ce facteur d'accident dans le cadre de ce travail en raison du manque d'informations disponibles. L'alcoolisme (et l'usage de drogues diverses) est cependant souvent associé à la dureté de ce métier et à l'isolement social et familial, un facteur dont les liens avec l'accidentologie des navires ont également été démontrés (HORBULEWICZ, 1973 *in* FORSYTH, 1991).

JAIN (2001), pour évoquer la singularité d'un navire (isolement, promiscuité, etc.) et l'influence de cet environnement sur le comportement des navigants, souligne la ressemblance entre cet environnement et l'« institution totale⁴³⁵ » définie par GOFFMAN (année non précisée *in* JAIN, 2001) : « ...un lieu de résidence et de travail où un nombre d'individus, coupés de la société pour une certaine période, partagent ensemble une vie formellement organisée ». JAIN (2001) précise qu'une « des conséquences de telles organisations est la tendance à devenir dépendant des routines et pratiques quotidiennes familières » (...), ce processus d'accoutumance suscitant « des défaillances d'attention à des stimuli dans leur environnement de travail »⁴³⁶.

Si le multiculturalisme à bord des navires n'est pas en soi un problème, la conjonction de ce phénomène avec d'autres pratiques est, en revanche, plus problématique. Le principe « à travail égal, salaire égal » n'existe plus sur un navire au motif de la concurrence déloyale des registres de libre immatriculation. DECLERCQ (2003), qui fut subrécargue⁴³⁷ sur des navires étrangers, souligne qu'il a souvent été embarqué sur des unités où les conventions collectives différaient considérablement suivant les nationalités des marins embarqués (à fonction similaires)⁴³⁸ et que cette « situation d'apartheid créé des tensions, des jalousies et alimente des gestes racistes ». Si ces sentiments ne s'expriment pas ouvertement en général, ils surgissent parfois violemment lors des situations de crise. C'est également dans ces moments que les difficultés de communication entre membres d'équipage peuvent prendre de fâcheuses tournures, pour le navire, l'équipage et l'environnement naturel (HORCK, 2006).

Au-delà de la problématique de l'emploi d'une langue commune⁴³⁹, la question de l'adéquation de la formation des navigants aux évolutions technologiques des navires et aux évolutions de leur environnement juridique et sociétal est essentielle mais la sécurité maritime ne saurait cependant s'y réduire. JAIN (2001) évoque la disparition des « savoirs tacites » qui sont « le résultat d'une

⁴³³ En revanche, pour le cas de l'*Exxon Valdez*, l'éthylisme du capitaine mentionné par DUJARDIN (2000) n'est qu'une rumeur qui n'a aucun fondement si ce n'est qu'il a effectivement consommé de l'alcool, un verre de vodka selon le rapport d'enquête, avant le départ du terminal pétrolier de Valdez. Il n'est pas contrôlé positif à l'alcoolest après l'accident et cette raison n'a pas, à ce titre, été retenue par les tribunaux américains pour motiver sa condamnation, 10 années plus tard, à des travaux d'intérêt général. Notre propos n'est pas d'éluider les responsabilités de cet officier. Entre autres griefs, il lui a été reproché d'arriver tardivement sur le navire, seulement 10 minutes avant le départ, et surtout de laisser la surveillance du chargement de la cargaison à son second. Son absence de la passerelle, pour cause de messages en retard à envoyer, a également été mise en cause, tout comme la décision d'une sortie sous pilote automatique dans une zone de navigation resserrée. Enfin, la commission d'enquête souligne que les officiers de quart au moment de la sortie du navire de la baie de Valdez n'avaient pas pris leur temps de repos depuis la veille (NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, 1990). BERTRAND (2000) évoque, à propos de la rumeur entourant l'ivresse du capitaine, qu'elle a été entretenue par la compagnie pétrolière Exxon, le propriétaire de ce pétrolier, car, selon cet auteur, le droit américain exonère l'armateur de toute responsabilité si l'état alcoolique du commandant du navire lors de l'accident est avéré et que l'employeur n'a pas connaissance de l'existence de cette maladie chez son salarié au moment des faits.

⁴³⁴ Beaucoup de compagnies maritimes interdisent aujourd'hui la consommation d'alcool à bord des navires. SHEA (2005) a effectué une revue de littérature sur les causes d'accidents et cet auteur cite plusieurs références sur cette problématique.

⁴³⁵ Résidences de personnes âgées, asile, prison, etc...

⁴³⁶ Des événements anodins, dont les conséquences peuvent être désastreuses, passent ainsi inaperçus des navigants (processus d'accoutumance au danger). Selon JAIN (2001), ces défaillances d'attention peuvent expliquer la proportion importante d'erreurs humaines à l'origine d'accidents de navire. Nous reviendrons cependant plus précisément sur cet aspect car le concept d'erreur humaine, et surtout la mesure de sa contribution à l'émergence des avaries (les désormais célèbres 80 %), sont très critiqués.

⁴³⁷ Il représentait les intérêts de l'affréteur.

⁴³⁸ L'OIT (2002), d'après une enquête réalisée en 2001 auprès de 60 Etats Parties à ses conventions, souligne que les temps d'embarquement varient, à bord d'un même navire, selon la nationalité de l'individu : 3 mois pour les Français, 6 mois pour les officiers d'Europe de l'Est et 9 mois pour les Asiatiques par exemple (OIT, 2002). Cette organisation précise également que les salaires diffèrent selon la nationalité des gens de mer (à fonction égale et à bord du même navire), parfois considérablement, dans la moitié des pays interrogés. Les gens de mer travaillant à bord de navires immatriculés à l'intérieur de l'Union Européenne ne bénéficient pas non plus de sécurité sociale et dans 7 pays, dont la France, les non-nationaux ne sont pas autorisés à adhérer aux syndicats nationaux, etc.

⁴³⁹ Tous les officiers maîtrisent très correctement l'anglais. Ce n'est pas en revanche le cas des matelots qui, parfois, communiquent par signe (salle des machines, etc. : DECLERCQ, 2003).

interaction entre le temps et l'acquisition de connaissances dans des situations antérieures » (l'expérience) et ne se développent que lorsque les membres d'équipage se connaissent bien, se respectent et partagent des intentions communes⁴⁴⁰, les équipages développant ainsi une sorte d'intelligence collective qui augmente leur capacité de « réflexion dans l'action », c'est-à-dire leur capacité à gérer une situation d'urgence (JAIN, 2001). Les comportements autocratiques de certains capitaines (HERSHEY, 1988 ; JAIN, 2001 ; HORCK, 2006)⁴⁴¹, les différences de traitement entre membres d'équipage d'un même navire, la dégradation des conditions d'emploi et le recrutement d'équipage pour seulement quelques mois (contrats au voyage) sont tous des facteurs qui ternissent l'image de l'industrie maritime et limitent considérablement l'attractivité de cette profession (VEIGA J., 2002). Rien d'étonnant, dans ces circonstances, que la loyauté limitée des gens de mer vis-à-vis des agences ou des compagnies qui les emploient et leur manque de motivation au travail soient régulièrement soulignés (JAIN, 2001). Selon une enquête (2001) effectuée en Asie⁴⁴² auprès de candidats à l'obtention d'un diplôme maritime (officiers d'encadrement⁴⁴³ et personnels d'exécution), il ressort que la motivation première des futurs matelots pour faire carrière dans le transport maritime est financière en l'absence de meilleures opportunités (66 % d'entre eux n'ont d'ailleurs pas choisi de faire ce métier) et que 57,8 % des futurs officiers d'encadrement quitteront ce métier au bout de 5-10 ans d'exercice pour occuper un poste à terre (JAIN, 2001). Ce dernier résultat est, selon JAIN (2001), particulièrement préoccupant car il indique que de nombreux officiers quitteront ce métier sans faire bénéficier les nouveaux arrivants de leur expérience, ce qui pourrait avoir de sérieux effets sur le niveau des compétences opérationnelles à bord des navires.

La réduction de l'attractivité de cette profession et les difficultés à l'embauche pour les marins les mieux formés (marins philippins par exemple⁴⁴⁴), ne sont, toutefois, que la répétition de ce qui s'est passé durant les 20-30 dernières années. Le remplacement des marins occidentaux par ceux originaires d'Asie pour des raisons de coûts de main-d'œuvre provoqua dans les années 1980 des inquiétudes similaires et la différence initiale de qualité de formation entre les « anciennes » et les « nouvelles » sources de main-d'œuvre, inévitablement importante, se résorba ensuite (parfois difficilement)⁴⁴⁵, la qualité des formations augmentant cependant surtout dans les pays qui connaissent un développement économique rapide (Corée du Sud par exemple : OIT, 2001). Hormis les faibles salaires, DECLERCQ (2003) souligne qu'à l'époque, ces gens de mer étaient particulièrement recherchés car, dans de nombreux pays d'Asie, « il n'est pas convenable de dire non, d'exprimer un désaccord, ou une

⁴⁴⁰ JAIN (2001) prend, à titre d'exemple, le cas d'une bonne équipe de football dont les joueurs savent « d'instinct » où se trouvent leurs partenaires dans des situations particulières de jeu. Pour donner un exemple plus proche de notre problématique, ce n'est pas totalement un hasard si les équipages employés sur les remorqueurs de haute mer sont souvent composés de personnes qui, pour la plupart, se connaissent depuis longtemps. Exposés fréquemment à des situations dangereuses (assistance à des navires, etc.), les uns et les autres doivent parfaitement connaître leur rôle pour que l'action d'assistance soit efficace sans pour autant palabrer pendant des heures. C'est peut-être encore plus véridique dans le cadre de la SNSM où les équipages sont composés de bénévoles. Tous ont une appartenance commune (les gens de mer) et une intention commune (l'assistance).

⁴⁴¹ JAIN (2001), commandant de marine marchande, souligne l'autoritarisme de certains officiers sur les navires à équipages multiculturels. C'est également l'une des raisons évoquées par HORCK (2006) pour expliquer que les officiers du *Torrey Canyon* n'ont pas osé dire à leur capitaine qu'il était déraisonnable de passer près des « Seven Stones » avec un pétrolier chargé alors qu'ils étaient conscients du danger (partie 2, chapitre 2). HERSHEY (1988) souligne aussi l'autoritarisme qui règne à bord des navires de la marine marchande américaine et remarque qu'il existe certainement une relation de cause à effet entre ce phénomène et la récurrence des erreurs humaines (45 % des causes d'avaries en 1984, selon cet auteur, dans la flotte états-unienne) en situation d'urgence.

⁴⁴² 55 % des futurs officiers d'encadrement interrogés sont originaires d'Asie du Sud, 27 % d'Asie du Sud-Est, 12 % de Chine, 2 % d'Indochine et 4 % d'Afrique. 53 % des futurs matelots sont originaires d'Asie du Sud-Est, 37 % d'Asie du Sud et 10 % de Chine.

⁴⁴³ Officiers pont et machine.

⁴⁴⁴ Le nombre de marins philippins, d'après les études BIMCO/ISF de 1995 et 2005, a diminué de moitié entre 1995 et 2005 (BIMCO/ISF, 1995 et 2005). Au-delà de la baisse d'attractivité mentionnée par JAIN (2001), l'augmentation de leur qualification et de leur expérience maritime (et la hausse des salaires consécutives) les dessert très certainement auprès des armateurs les moins scrupuleux qui leur préfèrent de la main-d'œuvre plus bon marché. Selon AMANTE (2003, in BINGHAY, 2005), le temps consacré à la recherche d'un embarquement par un marin philippin est, en 2002, de 7,2 mois et la durée moyenne de leur contrat d'embauche est de 9,9 mois. Ils passent ainsi quasiment autant de temps à chercher un emploi qu'à exercer leur profession.

⁴⁴⁵ « Les écoles philippines de formation maritime ont enregistré une chute draconienne de leurs taux de réussite. En effet, au début des années quatre-vingt, certaines des quelque 70 écoles affichaient régulièrement des taux de réussite de 100 pour cent et, bien que ces taux soient tombés en 1986 à un niveau plus réaliste, c'est-à-dire 40-50 pour cent, à la fin des années quatre-vingt, ils étaient remontés au niveau de 90 pour cent, voire plus. Lors des examens, la fraude, la corruption et le trucage étaient des pratiques endémiques. Pendant un certain temps, personne n'ignorait qu'aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des Philippines il était possible d'acheter des licences, mais c'est en 1991 que la nécessité du changement s'est imposée, période à laquelle les autorités de Hong-kong ont refusé de reconnaître les licences philippines pour l'emploi des marins à bord des navires immatriculés à Hong-kong. L'adoption de mesures complexes de sécurité (introduites en 1992) a eu des répercussions immédiates, à savoir la chute à 15 pour cent du taux global de réussite. (...) Les employeurs étrangers de marins philippins sont encore bien conscients toutefois du fait que les examens, même s'ils sont impossibles à falsifier et tenus à l'abri des fuites, restent encore d'un niveau général faible ». (LLOYD'S List [28 avril 1994] in OIT, 2001).

incompréhension ». Aux différences culturelles s'ajoute les différences de culture d'entreprise, les consignes de sécurité (doublement des effectifs en passerelle pour les quarts de nuit) ou la protection de l'environnement, n'étant, par exemple, parfois considérées à bord des navires que comme des « parapluies » déployés par la hiérarchie (DECLERCQ, 2003). L'usage du rejet volontaire d'hydrocarbures effectué dans le cadre de l'exploitation courante des navires⁴⁴⁶ mérite aussi d'être resitué dans ce contexte, surtout lorsque les marins sont recrutés *via* des bureaux de placement (20-30 % des gens de mer au « strict minimum » durant la décennie 1995-2005), que les listes noires et de surveillance sont d'usages courants, que les revenus générés par l'emploi des marins de pays en voie de développement représentent des mannes financières considérables pour leurs pays d'origine (dont les préoccupations principales ne sont, ni le respect des droits fondamentaux, ni le « développement durable ») et que les tensions sur le marché international de l'emploi maritime sont réelles. Ce n'est évidemment, une nouvelle fois, qu'un facteur de plus parmi beaucoup d'autres.

Conclusion

L'influence du contexte économique du transport maritime est considérable, tant sur les conditions d'exploitation des navires que sur l'évolution des conditions de travail à bord des navires.

Alors que le milieu du XX^e siècle correspond à une période de croissance et de stabilité, que ce secteur est dominé, à tous les stades de la chaîne logistique, par des compagnies internationales réputées, les chocs pétroliers des années 1970 stoppent la croissance des échanges et dépaillonnent massivement, multiplication des acteurs et désengagement des opérateurs traditionnels (affrètement des navires, recrutement des marins) se généralisent, tandis que nouvelles nations maritimes (immatriculation, construction et démolition navales, emploi maritime, etc.), ultra concurrence (marché « spot » prédominant) et « financiarisation » (*traders* indépendants) émergent. Les effets de la crise pétrolière ne touchent pas seulement le transport maritime d'hydrocarbures mais l'ensemble de ses composantes et les années 1980 sont considérées par l'OIT (2001) comme la pire décennie depuis les années 1920-1930.

Toutes ces évolutions ont eu des incidences en terme de sécurité maritime et de protection de l'environnement. La libre immatriculation, le principal moyen utilisé pour réduire les coûts d'exploitation des navires, n'est toutefois que la partie immergée d'une logique qui, à chaque nouveau désastre (humain et/ou environnemental), montre, une fois de plus, ses limites. Aux pavillons de « complaisance » s'ajoutent les agences de « complaisance », les Etats de « complaisance » et, même parfois, des syndicats de « complaisance ». Si les intentions des acteurs du transport maritime sont compréhensibles – faire face à une concurrence internationale déloyale –, les effets sociaux et environnementaux sont très dommageables.

Nous avons donné dans ce chapitre un aperçu très sombre de l'évolution du transport maritime international durant ces trois-quatre dernières décennies en soulignant surtout les pratiques les plus désastreuses. Toutefois, les acteurs de l'industrie maritime, tout comme la Communauté internationale, ne sont pas demeurés inactifs. Toutes sortes de mesures destinées à corriger les effets délétères de l'instabilité chronique des marchés des frets ont été mises en œuvre depuis la Seconde Guerre mondiale.

⁴⁴⁶ Pratique qui, rappelons-le, correspond à environ 90 % des rejets opérationnels [avérés] en Manche occidentale/nord Gascogne (1974-2004 : partie 2, chapitre 3).

Chapitre 2. Evolution des rejets d'hydrocarbures des navires au regard des mesures de régulation mises en oeuvre

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer les effets des mesures mises en oeuvre dans le cadre des conventions internationales élaborées pour lutter, en totalité ou en partie, contre les pollutions des navires. Nous n'abordons que les mesures préventives *stricto sensu*, c'est-à-dire celles qui ont été pensées pour éviter qu'un événement polluant se produise. L'analyse des effets de la réglementation procède en deux temps : celui de l'observance et celui de l'effectivité.

L'observance fait référence à la conformité des acteurs vis-à-vis de leurs obligations (LE PRESTRE & MARTIMORT-ASSO, 2004). C'est un aspect important car il faut évidemment que les mesures définies, pour qu'elles aient un quelconque effet, soient mises en oeuvre. Ce n'est pas, toutefois, la seule condition au succès de la réglementation internationale. Il faut également que les dispositions prévues par une convention soient effectives, c'est-à-dire, que « considérées en elles-mêmes, elles sont en adéquation aux fins proposées » (DE VISSCHER, 1967 in MALJEAN-DUBOIS & RICHARD, 2004) pour pouvoir déterminer chez les intéressés les comportements recherchés (MALJEAN-DUBOIS & RICHARD, 2004). Dans le cas présent, l'objectif est de lutter contre les pollutions des navires en réduisant leurs rejets (nombre et volume) à l'aide de moyens divers, que ces déversements soient le produit d'une avarie ou d'un acte (supposé) volontaire. L'observance correspond au degré de conformité des navires, des équipages et des ports par rapport aux obligations définies par la réglementation et l'effectivité, c'est-à-dire les impacts sur les comportements, peut être évaluée sur la base de l'évolution des rejets observés ou signalés en mer.

Après une présentation rapide de l'évolution générale du cadre réglementaire du transport maritime international, nous détaillons, dans la première section, les outils élaborés dans le cadre des conventions internationales de l'OMI qui sont généralement présentées comme les plus importantes (Conventions COLREG, MARPOL 73/78, SOLAS et STCW). En raison de la dégradation des conditions de travail des gens de mer à bord des navires durant les trente dernières années, nous évoquons aussi l'action de l'OIT au travers, notamment, de la Convention n° 147 [ILO 147]). Nous soulignons enfin le degré d'observance de ces différents instruments aux échelles globale (Etat du pavillon), régionale et locale (Etat côtier et Etat du port), ainsi que les difficultés rencontrées en la matière.

Dans la deuxième section, nous tentons d'évaluer l'effectivité des principales mesures réglementaires sur la base de l'évolution des rejets opérationnels et accidentels d'hydrocarbures. Après un rappel des tendances observées et des difficultés rencontrées pour évaluer les effets de ces instruments juridiques à l'échelle mondiale, nous évoquons les évolutions constatées aux échelles de l'Europe du Nord-Ouest et de l'espace maritime « Manche occidentale/nord Gascogne » d'après les informations produites dans le cadre de ce travail (partie 2 [chapitres 2 et 3] : rejets opérationnels [observations aériennes et

taux de mazoutage des oiseaux marins], rejets accidentels [signalements de rejets]). Considérant cependant, au regard de la littérature existante, que les évolutions observées ne peuvent pas être attribuées qu'aux outils réglementaires (MITCHELL, 2003), nous discutons de l'influence du contexte économique du transport maritime et des spécificités régionales et locales des espaces considérées sur les tendances observées.

1. Evolution de la réglementation internationale du transport maritime : sécurité maritime, protection de l'environnement et protection des gens de mer

« La réglementation est devenue le cadre général de référence dans lequel s'inscrivent les pratiques de prévention des risques de l'industrie maritime » (LASSAGNE, 2004). Les premières règles statutaires (ou publiques) sont unilatérales c'est-à-dire spécifique à un Etat, son territoire et sa juridiction. Elles deviennent ensuite multilatérales en raison de la nature transfrontalière du transport maritime. Après une présentation de l'évolution historique des préoccupations en terme de sécurité maritime (au sens large), nous évoquons leurs observances aux échelles globale, régionale et locale.

11. L'évolution générale des préoccupations en terme de sécurité maritime

La sécurité maritime est ici définie comme un système composite de normes afférentes aux conditions de vie et de travail des gens de mer à bord des navires, à la sauvegarde de la vie humaine, à la sécurité de la navigation (formation des équipages et connaissance des règles de circulation), à la protection du navire et de sa cargaison (normes de conception et de construction) et à la prévention des pollutions.

La plupart des instruments juridiques élaborés portent, à quasiment toutes les époques, surtout sur les normes de construction, d'équipement et d'exploitation (équipage, navire et port : accidents et rejets accidentels) et de rejets autorisés (navire : rejets opérationnels). Parallèlement, d'autres mesures ont été mises en oeuvre par l'industrie maritime pour améliorer la sécurité des navires.

111. L'action de l'industrie maritime

Sécuriser le transport maritime est au cœur des préoccupations depuis l'Antiquité⁴⁴⁷. La piraterie et les conditions de navigation notamment (faible balisage des côtes, instruments de navigation de précision limitée, conception des navires) font de l'entreprise maritime une aventure dont l'issue heureuse est incertaine. L'industrie maritime s'est construite sur les dangers que l'exercice de cette activité supposait. Très tôt, des formes de mutualisation du risque se sont développées et la recherche de la sécurité s'est d'abord faite dans un cadre privé. La forme moderne de prévention des risques maritimes remonte au milieu du XVIII^e siècle. Les capitaines, chargeurs et armateurs se retrouvaient dans la taverne de *Lloyd's*, à Londres, pour échanger des nouvelles à propos des navires et des équipages des uns et des autres. Cette pratique donna naissance, en 1760, à la *Lloyd's List* qui était un inventaire, depuis régulièrement mis à jour, des accidents de navires. Il va s'institutionnaliser quelques dizaines d'années plus tard sous le nom de « Lloyd's Register » (1834), l'une des premières sociétés de classification existantes (LASSAGNE, 2004). Ces premiers organismes⁴⁴⁸ sont créés sous l'impulsion des assureurs maritimes⁴⁴⁹ afin de leur donner des renseignements sur la qualité des navires (intégrité

⁴⁴⁷ L'émergence des premiers mécanismes proches de l'assurance dans ce secteur dès l'Antiquité en témoigne : prêt à la grosse aventure, etc. (RODIERE & DU PONTAVICE, 1997 in LASSAGNE, 2004).

⁴⁴⁸ Bureau VERITAS en 1829, LLOYD'S Register en 1834, RINA en 1861, ABS en 1862, etc.

⁴⁴⁹ Trois types d'assurance coexistent au sein de l'industrie maritime. L'« assurance sur facultés » est souscrite par les chargeurs car elle couvre les dommages subis par la marchandise lors de son transport. Le deuxième type de police est l'« assurance sur corps » qui concerne le navire et ses équipements. Enfin, les préjudices que les navires sont susceptibles de causer à un tiers (mort, blessure, pollution, etc.) sont couverts par l'assurance P&I (Protection and Indemnity : responsabilité civile). Les assurés (et assureurs) sont regroupés dans des clubs du même nom et leur particularité est d'appartenir aux propriétaires de navires (HAY, 2006). Les premiers clubs sont apparus dans la deuxième moitié du XIX^e siècle en Angleterre (LEADER, 1985 in HAY, 2006 ; LASSAGNE, 2004). L'International P&I Club (regroupement des treize principaux clubs) couvre aujourd'hui 90 % du tonnage de la flotte mondiale (HAY, 2006).

de la coque et qualité de la structure) et de leurs équipages, et pour permettre aux chargeurs d'arrêter le choix du transporteur sur la base d'informations diverses. Ces sociétés développent, à cet effet, un système d'inspection et de notation permettant d'attribuer une côte au navire⁴⁵⁰ et conçoivent également des règles pour la conception et la construction des nouveaux bâtiments. La priorité est alors d'assurer le cheminement des marchandises jusqu'à bon port. « Historiquement, les règles de classification s'intéressent avant tout à évaluer le risque pour la marchandise et le navire, beaucoup plus que la sauvegarde de la vie humaine en mer (...) » (CHANTELAUVE, 2006).

Les sociétés de classification peuvent être mandatées par des Etats pour l'établissement et le contrôle des certificats de conformité des navires. Comme le niveau d'exigence des sociétés de classification vis-à-vis de la conformité des navires peut être très variable d'un organisme à l'autre (et d'un pavillon à un autre) et que certains armateurs n'hésitent pas à changer régulièrement de sociétés de classification (ou de pavillon d'immatriculation) « en comptant sur la complaisance des uns comme remède à l'intransigeance des autres » (LASSAGNE, 2004), les sociétés de classification les plus importantes se sont fédérées dès 1968 au sein d'une structure professionnelle, l'IACS⁴⁵¹, dont la vocation est d'harmoniser les normes de classification (et l'interprétation de ces normes), de développer des normes de qualité et de favoriser la transmission du dossier d'un navire lorsqu'il change de société (LASSAGNE, 2004).

A la classification s'ajoutent bien d'autres mesures d'autorégulation mises en oeuvre par les acteurs de l'industrie maritime. Parmi les plus récentes, nous avons déjà évoqué le *vetting* mis en place par les grandes compagnies pétrolières pour continuer à exercer une surveillance de la qualité des navires qu'ils affrètent à la suite de leur désengagement de l'activité d'armateur. Ces contrôles concernent, à la fois, le respect des réglementations internationales et des normes techniques professionnelles. Les rapports des inspecteurs maritimes des compagnies pétrolières sont archivés dans une base de données commune aux membres de l'OCIMF⁴⁵² (SIRE : Ship Inspection and Report Exchange program) qui est consultée à chaque fois qu'elles désirent affréter un navire. Le « *vetting* » est assez complémentaire des contrôles effectués par les sociétés de classification car, effectué durant les opérations commerciales du navire (déchargement de la cargaison), il ne concerne pas l'intégrité de la coque et la qualité de la structure (SEYER, 2005). Ce dispositif de prévention incite logiquement les armateurs désireux de travailler avec les opérateurs pétroliers à conformer leurs navires à la législation internationale car c'est une condition au renouvellement des contrats d'affrètement à temps⁴⁵³ qui sont des gages d'entrées monétaires régulières (LASSAGNE, 2004).

A mesure que le SIRE s'est développé, il s'est également préoccupé de plus en plus de la compétence et des conditions de travail des équipages. Selon l'OIT (2001), « après trois ans seulement de fonctionnement, les courtiers maritimes londoniens (sont) convaincus qu'il n'était plus possible de faire accepter un navire inférieur aux normes à l'un quelconque des grands groupes pétroliers. Le système SIRE, combiné au système de contrôle de l'Etat du port, géré par les Etats, a reçu l'appui de toutes les organisations représentatives du secteur et a incontestablement contribué pour une large part à l'amélioration de la sécurité, particulièrement pour les équipages ». Cette organisation se demande cependant pourquoi cet ensemble réglementaire n'a pas été élaboré « sans l'émergence des préoccupations environnementales, devenues une question politique de première importance » (OIT, 2001). La compagnie Shell fut la première à s'engager sur cette voie en 1973, mais il faudra attendre le naufrage de l'*Exxon Valdez* en 1989 pour que la compagnie Exxon l'adopte et l'explosion du *Méga Borg* en 1990 pour que la compagnie Elf s'y mette également (SEYER, 2005).

Il existe également d'autres associations qui représentent les intérêts de certaines sections de l'industrie maritime et dont les objectifs visent, entre autres, à encourager leurs membres à appliquer les normes internationales relatives à la sécurité. On compte parmi elles des associations d'armateurs exploitant des navires spécialisés, telles que l'Association internationale des armateurs pétroliers indépendants (INTERTANKO) et des compagnies spécialisées telles que l'Association internationale des gérants de navires (ISMA). Ces associations ont surtout accordé de l'attention aux exigences techniques du

⁴⁵⁰ Cette côte traduit le degré de confiance accordée au navire.

⁴⁵¹ IACS : International Association of Classification Societies.

⁴⁵² Les principales compagnies se sont regroupées, au début des années 1970, dans une organisation du nom d'Oil Companies International Marine Forum (OCIMF). C'est dans le cadre de cette organisation qu'elles ont mis sur pied une procédure commune d'inspection. L'OCIMF compte actuellement 44 membres (journal « Le Marin » du 2 mars 2007).

⁴⁵³ Contrat d'une durée d'un an en général.

fonctionnement des navires et se sont intéressées plus tardivement aux questions de la formation des équipages. L'OIT (2001) invite donc ces associations « à se soucier davantage de l'amélioration des normes relatives aux conditions de travail et de vie ».

Nous n'avons pu évaluer l'efficacité de l'autorégulation pratiquée par les acteurs de l'industrie maritime en raison du manque d'information disponible. Si l'on peut, sans grand risque, affirmer que ces pratiques ont participé à augmenter la sécurité du transport maritime, il est toutefois évident, au regard des événements récents (*Erika* : vetting laxiste ?), que l'autorégulation ne se suffit pas à elle-même. Il est, en effet, parfois difficile de concilier les exigences de sécurité et les nécessités commerciales, et la Communauté internationale a donc dû s'organiser de manière à créer un ensemble de règles communes pour les Etats.

112. L'action de la Communauté internationale

Dans le cadre public, les préoccupations relatives à la sécurité maritime se développent durant le XIX^e siècle avec les premières tentatives de concertation entre la France et l'Angleterre pour réduire le nombre des collisions en Manche (COCKROFT, 1981). Apparaissent ensuite, au début du XX^e siècle, les premières conventions internationales relatives à la sécurité maritime et à la protection des gens de mer. La toute première concerne l'uniformisation des règles en matière d'assistance maritime, et ces mesures sont adoptées à l'occasion de la Convention de Bruxelles de 1910⁴⁵⁴. Cette assistance se fait selon le principe « *no cure, no pay* », autrement dit, l'assistance aux biens n'est rémunérée que s'il y a un résultat utile et selon des règles où la notion de danger encouru par l'assisté et l'assistant doit être établie pour motiver le montant de la rétribution. Il faut ensuite attendre le naufrage du *Titanic* en Atlantique nord (avril 1912 : 1 502 morts) pour que soit adoptée, le 20 janvier 1914, la première Convention internationale sur la sauvegarde de la vie humaine en mer (Convention SOLAS⁴⁵⁵). Accélération du processus normatif et retentissantes catastrophes maritimes sont d'ailleurs étroitement liées, les priorités, historiquement, étant surtout la sécurisation et la liberté des échanges. Deux organismes internationaux vont jouer, successivement, un rôle majeur dans l'amélioration de la sécurité maritime : l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (OMCI) puis (et surtout) l'Organisation Maritime Internationale (OMI).

L'action de l'OMCI et de l'OMI

Après la Seconde Guerre mondiale, la naissance de l'Organisation des Nations Unies va permettre de formaliser les conventions dans un cadre permanent (LASSAGNE, 2004). L'OMCI est créée à l'occasion d'une convention onusienne du 17 mars 1948 et devient opérationnelle à partir de 1958. C'est dans ce cadre qu'est mise en oeuvre la première convention destinée à réduire les rejets opérationnels de pétroliers (convention OILPOL de 1954). Nous n'en dirons que peu de mots car nous reviendrons sur les spécificités de cette convention ensuite. Cette organisation devient, en mai 1982, l'OMI, un organisme dont le siège est situé à Londres. Ses objectifs recouvrent trois aspects : assurer la coordination des différents Etats dans le développement de leur réglementation, concevoir de nouvelles conventions visant à assurer la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement et coordonner les politiques de transport à l'échelle internationale (LASSAGNE, 2004). Au principe de « liberté des mers » est substituée, en 1982, une nouvelle devise, « des mers plus propres et des navires plus sûrs », et cette évolution terminologique n'est pas qu'anecdotique.

La convention SOLAS de 1914, dont l'objet est d'améliorer la sécurité maritime en prescrivant des normes techniques (construction, équipement des navires, etc.), est révisée à plusieurs reprises, sa version contemporaine étant adoptée en 1960. Elle entre en vigueur en 1965, puis est profondément remaniée en 1974. Parallèlement, d'autres conventions sont élaborées parmi lesquelles la convention sur les lignes de charge de 1966 qui fixe le tirant d'eau autorisé d'un navire et la Convention SAR (Search and Rescue). L'objectif de cette dernière, adoptée en 1979 et entrée en vigueur en 1985, est la mise au point d'une coopération internationale pour mieux coordonner les opérations de sauvetage des

⁴⁵⁴ « Convention internationale pour l'unification de certaines règles en matière d'assistance et de sauvetage maritimes ».

⁴⁵⁵ SOLAS : Safety of Life At Sea.

personnes en détresse en mer, et ce, indépendamment des frontières des Etats⁴⁵⁶. Sont également élaborées à la même époque les conventions COLREG⁴⁵⁷, INMARSAT et STCW⁴⁵⁸. La convention COLREG de 1972 définit des règles de route, spécifie des normes concernant les feux et les marques de signalisation et rend obligatoire certains Dispositifs de Séparation du Trafic (DST). Ce « code de la route » est ensuite complété avec l'instauration, en 1994, des Systèmes de Trafic Maritime⁴⁵⁹ (STM) dont l'utilité fut pourtant reconnue par l'OMI dès 1968 (OMI, 1998b). L'OMI crée également, en 1976, l'Organisation internationale de télécommunications maritimes par satellite (INMARSAT), qui améliore la communication en cas de détresse d'un navire⁴⁶⁰. Enfin, une autre convention internationale majeure renforce ce dispositif : la « Convention internationale de 1978 sur les normes de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille (STCW) ». Cette convention décrit le contenu minimal des connaissances théoriques des équipages et prévoit des règles de quart afin de prévenir les effets de la fatigue. Il s'agit, en quelque sorte, d'un « permis de conduire » et des conditions de son exercice. C'est au final plus d'une cinquantaine de conventions qui vont être adoptées. Elles relèvent, soit du régime général, c'est-à-dire applicables à toutes sortes de navires (COLREG, SOLAS, STCW, etc.), soit d'un régime spécifique à certaines catégories d'unités (navires à passagers, etc.) ou de circonstances (assistance, pollution, etc.). Elles sont l'expression réglementaire des réponses apportées à un problème particulier en terme de sécurité maritime durant la seconde moitié du XX^e siècle. Parmi celles-ci, SOLAS, COLREG et STCW sont, avec MARPOL73/78, les quatre conventions majeures de l'OMI actuellement en vigueur pour améliorer la sécurité maritime et la protection de l'environnement. L'OMI n'est toutefois pas la seule organisation qui a contribué à améliorer la sécurité maritime, et l'action de l'OIT dans ce domaine, si elle est moins visible (et moins manifeste), est tout aussi importante. Il est, en effet, difficilement envisageable que les mesures évoquées dans les paragraphes précédents aient le moindre effet si les besoins fondamentaux des gens de mer ne sont pas assurés.

L'action de l'Organisation Internationale du Travail

Il faut également souligner le rôle très important de l'Organisation Internationale du Travail (OIT) durant le XX^e siècle. Cet organisme, qui va devenir une agence spécialisée de l'ONU, développe des normes sociales à travers une structure tripartite qui regroupe à la fois des gouvernements, des employeurs⁴⁶¹ et des représentants des salariés⁴⁶². Les actions entreprises par l'OIT sont nombreuses depuis sa création en 1919, notamment dans le secteur du transport maritime. « De 1920 à 1999, l'OIT a adopté 42 conventions relatives aux gens de mer. Avec 23 % des 182 conventions, le secteur maritime est l'activité économique qui a fait, de la part de l'OIT, l'objet de la plus grande attention en matière sociale » (OIT, 2001).

Il s'agit, dans un premier temps, de définir des règles communes pour améliorer les conditions de vie et de travail à bord des navires, puis, dans la seconde moitié du XX^e siècle, de tenter de « maîtriser les répercussions fâcheuses de la concurrence internationale sur les conditions de travail et de vie des salariés (...) » (CHAUMETTE, 1999). Les conventions qu'elle crée portent sur l'âge minimum d'accès au travail maritime (dispositions de 1920, 1936 et 1970), la formation des gens de mer (Convention n° 53 de 1936), le contrat d'engagement (Convention n° 22 de 1936 : formalité de l'écrit, montant des rémunérations), les obligations de l'armateur en cas de maladie ou d'accident des gens de mer (Conventions n° 55 et n° 56 de 1936 : assurance-maladie), l'examen médical (Convention n° 73 de 1946), l'alimentation (Convention n° 68 de 1946), le logement des équipages (Convention n° 92 de

⁴⁵⁶ Les océans de la planète sont divisés en plusieurs zones (S.R.R. : Search and Rescue Région). Chaque Etat définit une zone de responsabilité en terme de sauvetage.

⁴⁵⁷ « Convention sur le Règlement international de 1972 pour prévenir les abordages en mer ». Elle est entrée en vigueur en 1977.

⁴⁵⁸ STCW : Standards of Training, Certifications and Watchkeeping for seafarers.

⁴⁵⁹ Le STM est un service destiné à améliorer la sécurité et l'efficacité du trafic maritime et à protéger l'environnement par la diffusion d'informations relatives au positionnement des navires alentours, au risque d'intempéries, etc. (OMI, 1998b). Les STM, pour réaliser cette mission, sont équipés de radars et de systèmes de radiocommunication. A leur approche, il existe souvent des systèmes de comptes rendus obligatoires pour certaines catégories de navires (taille, marchandises, etc. : amendement de 1994 à la Convention SOLAS).

⁴⁶⁰ Il faut noter aussi la mise en oeuvre, le 1^{er} février 1999, du Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM), un système intégré de communications par satellite et terrestres conçu pour améliorer la rapidité et l'exactitude des réponses aux appels de détresse venant des navires.

⁴⁶¹ La Fédération internationale des armateurs (ISF), par exemple.

⁴⁶² L'ITF, par exemple, un organisme que nous déjà évoqué. Il s'agit d'une fédération internationale de syndicats.

1949), les soins médicaux et les indemnités de maladie des gens de mer (Convention n° 130 de 1969), etc. En 1976, à l'occasion de la 62^{ème} conférence maritime du Bureau international du travail, l'OIT élabore et adopte une convention reprenant les prescriptions minimales antérieures. Le résultat de ce travail se traduit par l'adoption, le 22 octobre 1976, de la Convention n° 147 (ILO 147). Tout n'est néanmoins pas résolu car « les conventions adoptées par la conférence de l'OIT se heurtent à la souveraineté des Etats qui ratifient peu de conventions », et leurs portées se limitent, au mieux, à la moitié de la flotte mondiale (CHAUMETTE, 1999). Trouver un consensus n'est pas non plus chose évidente. Ce n'est, par exemple, qu'à l'occasion du protocole de 1996⁴⁶³ de la convention de 1976 sur la marine marchande, qu'un consensus portant sur la durée du travail des gens de mer a été trouvé. La portée de cet accord est néanmoins très limitée car, à ce jour, seulement 22 pays l'ont ratifié (au 31 mai 2007 : OIT [<http://www.oit.org>]). Au regard des difficultés persistantes pour les gens de mer, l'OIT a donc réitéré cette approche récemment à travers l'élaboration d'un nouvel accord, la « Convention du travail maritime de 2006 ». Elle consolide et met à jour plus de 65 normes internationales du travail adoptées dans le secteur maritime au cours des huit dernières décennies. Précisons, pour conclure, que les conventions le plus souvent ratifiées sont celles antérieures à 1950 (OIT, 2001), preuve, s'il en est, du peu d'intérêt apporté à la protection des gens de mer dans un contexte économique qui n'aura de cesse d'être de plus en plus concurrentiel.

Un cadre juridique global : la « Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer »

Il faut, enfin, évoquer la « Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer » du 10 décembre 1982 (Convention UNCLOS⁴⁶⁴) qui, dans le prolongement de la Convention de Genève de 1958 sur le Droit de la mer, redéfinit la notion d'Etat du pavillon, un sujet déjà évoqué. Cette convention restreint également la libre circulation des navires aux conditions du « passage inoffensif ». Toutes les émanations de l'OMI sont assujetties à cette convention en raison du cadre juridique global qu'elle institue, non sans mal, pour tous les espaces marins et du principe d'intégration sous-jacent. UNCLOS contient notamment des dispositions relatives à la mer territoriale (redéfinition : 12 milles nautiques), à la zone contiguë, au plateau continental, à la zone économique exclusive (200 milles nautiques) et à la haute mer. Elle crée aussi des droits pour deux types d'Etats qui vont se révéler utiles pour la mise en œuvre des mesures d'encadrement évoquées ci-dessus. Il s'agit de l'Etat côtier auquel elle reconnaît des droits face à un navire qui ne bat pas son pavillon, mais qui traverse des zones sous sa juridiction (eaux intérieures, mers territoriales et ZEE), et de l'Etat du port (d'escale) qui peut contrôler tout navire afin de vérifier sa conformité aux règlements de l'OMI, quel que soit son pavillon, et à la condition qu'il entre librement dans un port. A ces mesures s'ajoute aussi le contenu de la Partie 12 dont l'objet est la protection et la préservation de l'environnement marin, et notamment l'article 207, paragraphe 1, qui prévoit que « les Etats adoptent des lois et règlements pour prévenir, réduire et maîtriser la pollution du milieu marin » (UNCLOS, 1982).

113. Synthèse des évolutions

Nous n'avons pas évoqué, loin de là, l'ensemble des mesures adoptées par la Communauté internationale (OMI et OIT). Pour mieux rendre compte de la « frénésie normative » qui a caractérisé la réglementation de la sécurité maritime (au sens large) des années 1950 à l'année 2004, nous avons procédé au recensement des accords multilatéraux adoptés par l'OMI et l'OIT durant cette période (conventions, protocoles et amendements). Un accord multilatéral est ici défini comme un accord intergouvernemental impliquant plusieurs parties contractantes (MITCHELL, 2003). Nous les avons classés selon leur objet :

- (i) sécurité maritime (*stricto sensu*) : cette catégorie recouvre les normes relatives à la sécurité et à la qualité des navires (sauvegarde de la vie humaine, protection du navire et de sa cargaison), à la sécurité de la navigation (qualification des équipages, équipements de navigation, de positionnement et de routage, organisation de la circulation, règles de routes, etc.) et à la sûreté du commerce (lutte contre les actes de piraterie, etc.) ;

⁴⁶³ Entrée en vigueur le 10 janvier 2003.

⁴⁶⁴ UNCLOS : United Nation Convention on Law Of the Sea. Elle remplace la Convention des Nations Unies sur le Droit de la mer de 1958.

- (ii) lutte antipollution⁴⁶⁵ (évitement/atténuation) : cette classe regroupe les mesures d'évitement et/ou d'atténuation (normes de rejets par exemple, les possibilités d'assistance lorsqu'un navire présente un danger pour l'environnement, etc.) et les normes portant sur la responsabilité des acteurs du transport maritime et/ou la compensation financière des dommages subis ;
- (iii) protection sociale des gens de mer : cette catégorie comprend des mesures élaborées pour garantir un cadre de vie et des conditions de travail adaptées à cette activité (alimentation suffisante, logement décent) et les mesures relatives aux conditions d'embauche et à la couverture sociale.

Entre 1946 et 2004, 281 conventions, protocoles et amendements ont été élaborés dans le cadre de l'OMI et de l'OIT. La période 1946-1964 est surtout marquée par la prédominance des normes relatives à la protection des gens de mer tandis que durant les périodes suivantes, sécurité maritime (au sens strict) et lutte antipollution dominant. On constate que durant ces soixante années, la production de normes va considérablement s'accélérer (Tableau n°3. 11).

Tableau n°3. 11. Synthèse des évolutions de la réglementation internationale
(OMI, OIT : 1946-2004, N = 281)

| | Sécurité maritime (% N) | Protection sociale des gens de mer (% N) | Lutte antipollution (% N) | N | N/an |
|-----------|----------------------------|---|---------------------------|-----|------|
| 1946-1964 | 31,3 | 59,4 | 9,4 | 32 | 1,7 |
| 1965-1984 | 53,7 | 17,9 | 28,4 | 67 | 3,4 |
| 1985-2004 | 58,2 | 7,1 | 34,6 | 182 | 9,1 |
| 1946-2004 | 54,1 | 15,7 | 30,2 | 281 | 4,8 |

Sources : conventions, protocoles et amendements de l'OMI et de l'OIT (d'après les données de OMI [2006] et du CMI [2006])

Les évolutions observées à l'intérieur de chaque thème sont également intéressantes. Il est de plus en plus difficile de classer un amendement dans l'une ou l'autre de ces catégories, notamment durant la période 1985-2004, car les mesures prescrites au sein du même outil juridique sont de plus en plus larges et recouvrent souvent à la fois des normes relatives à la sécurité maritime (*stricto sensu*) et à la prévention des pollutions.

L'un des meilleurs exemples de cette évolution est très certainement l'adoption du code ISM en 1993 dans le cadre de la convention SOLAS⁴⁶⁶. Les objectifs de ce code sont d' « offrir des pratiques sûres en matière d'exploitation et un environnement de travail sans dangers, d'établir des mesures de sécurité contre tous les risques identifiés, d'améliorer constamment les compétences du personnel à terre et à bord des navires en matière de gestion de la sécurité, et notamment, préparer ce personnel aux situations d'urgence ». « En bref, le code ISM demande que les armateurs mettent en œuvre de bonnes pratiques, reposant sur une maîtrise effective de la bonne opération du navire, et qu'ils les documentent », et il s'agit, toujours selon LASSAGNE (2004), d'une nouvelle certification car « le contrôle se fait par comparaison avec un référentiel qui détaille les moyens à mettre en œuvre, et non en fonction du niveau espéré de performance ». On peut, en tout cas, difficilement définir des objectifs plus vastes, et cet exemple est très représentatif de l'évolution générale de la réglementation de la sécurité maritime (au sens strict). Le second fait remarquable durant la période 1946-2004 est l'évolution thématique des mesures de lutte antipollution. Les mesures adoptées sont en majorité orientées vers les moyens d'atténuer ou d'indemniser les dommages durant la période 1965-1984. Les conventions CLC/FIPOL adoptées durant la période sont, au-delà de l'aspect indemnisation, un moyen de responsabiliser les acteurs du transport maritime en leur faisant assumer le coût des dommages (leur responsabilité est toutefois limitée), et elles sont, à ce titre, de véritables instruments de prévention dès lors que le coût que ces acteurs doivent supporter en cas de pollution est beaucoup plus important que les frais engagés pour se conformer aux normes existantes (HAY, 2006)⁴⁶⁷.

⁴⁶⁵ Ou protection de l'environnement marin. Nous considérons ici ces deux notions comme identiques.

⁴⁶⁶ Le code ISM (International Safety Management), appelé aussi « Code international de gestion de la sécurité des navires et la prévention des pollutions », est adopté en 1993 comme chapitre IX de la Convention SOLAS et s'applique depuis le 1^{er} juillet 1996 pour les navires rouliers à passagers, le 1^{er} juillet 1998 pour les autres navires à passagers, les navires rapides, les navires citernes et les vraquiers, et, depuis le 1^{er} juillet 2002, pour l'ensemble de la flotte.

⁴⁶⁷ Notons la création en 2001 de la convention BUNKER (2001) car les conventions CLC/FIPOL ne couvraient pas les pollutions résultant de rejets provenant des soutes des navires. En 2005 (hors champ d'étude), il faut également mentionner l'élaboration d'une nouvelle convention sur les épaves potentiellement polluantes.

L'orientation des mesures adoptées est différente durant la période 1985-2004 puisqu'il s'agit surtout de créer des règles qui en réduisent les effets (double coque, etc.) et de donner des moyens juridiques aux Etats côtiers pour éviter qu'une pollution ne se produise ou ne les affecte sévèrement. La nouvelle version de la convention de 1910 sur l'assistance maritime⁴⁶⁸, entrée en vigueur en 1996, est, de ce point de vue, représentative. Son champ est beaucoup plus large que son antécédente car elle introduit la notion de protection des océans par la possibilité d'octroi d'une indemnisation spéciale pour action en faveur de l'environnement et sans qu'il y ait forcément un résultat utile (article 8). En cela, elle substitue le principe « *no cure, little pay* » au « *no cure, no pay* » en vigueur jusqu'alors. L'article 5 de cette convention laisse également « la possibilité à l'Etat côtier d'obliger un navire à prendre un remorqueur ou à donner des instructions au navire en difficulté et à son assistant ». Elle conforte les dispositions prévues par la Convention de 1969 sur l'intervention en haute mer dès lors qu'un navire présente un risque de pollution⁴⁶⁹ pour l'environnement (HORNUS *et al.*, 2003). Concrètement, un Etat côtier, si ses intérêts sont menacés, est autorisé à agir au-delà des limites de son propre territoire maritime (ZEE comprise). Il peut donc remorquer un navire vers le large comme pour le cas du *Prestige* ou, au contraire, le sommer de faire cesser le danger en rejoignant un abri. Il est intéressant de noter que cette convention n'est entrée en vigueur en France que le 20 décembre 2002, quelques semaines après le naufrage du *Prestige* et près de trois ans après celui de l'*Erika*. Notons enfin que la pratique qui consiste à faire rejoindre un abri (lieu de refuge⁴⁷⁰) à un navire dès lors qu'il présente un risque de pollution important n'est pas l'usage le plus fréquent⁴⁷¹. Cette situation est d'ailleurs particulièrement surprenante puisqu'il s'agit toujours de navires très sévèrement endommagés et l'on peut supposer que ce paradoxe est à relier aux possibilités étendues de sauvetage en mer, les équipages pouvant être secourus par d'autres moyens.

Au final, les évolutions en matière de réglementation de la sécurité maritime (au sens large) sont nombreuses. Les pollutions pétrolières⁴⁷² et les catastrophes maritimes ont joué un rôle prépondérant dans l'évolution de ce corpus juridique (Figure n°3. 10), et BOISSON (1998) qualifie d'ailleurs cette évolution de « réglementation par les désastres ». Le même auteur souligne également la profusion des normes et le phénomène de sur-réglementation et de fragmentation de la réglementation (BOISSON, 1998) qui en résulte tandis que CHANTELAUVE (2006) souligne le manque de coordination globale au niveau des réponses formulées. Il est vrai que l'OMI va multiplier les codes et les recueils traitant de la sécurité maritime et de la prévention des pollutions durant les dernières décennies (plus de 800 aujourd'hui) et que le nombre élevé de procédures à respecter en situation d'urgence peut être particulièrement problématique (*Erika* : TOURRET *et al.*, 2000). Toutefois, il est difficile pour le législateur d'imaginer des règles recouvrant le champ des possibles, et il faut comprendre qu'à cette « frénésie normative » correspondent de nouvelles situations à gérer. En outre, si l'on considère l'évolution des pertes totales de navires entre 1946 et 2004 (Figure n°3. 10), la situation s'est, semble-t-il, (tardivement) améliorée même s'il est, en revanche, difficile de dire quels ont été les outils les plus efficaces. A l'évolution de la réglementation durant cette période correspondent également de nombreuses avancées technologiques. Le routage des navires, introduit au cours des années 1970 a, par exemple, selon MOTTE (1996), considérablement réduit les échouements de navire (échouements : Figure n°3. 10), tout comme l'amélioration de la connaissance de la bathymétrie (NEWSON, 1986) et l'amélioration des systèmes de navigation (LORAN C, Decca : FOLEY, 1972)⁴⁷³.

⁴⁶⁸ « Convention internationale sur l'assistance maritime de 1989 », signée à Londres le 28 avril 1989 et entrée en vigueur en 1996.

⁴⁶⁹ Comme tous les navires accidentés sont potentiellement polluants en raison de la présence à leur bord des soutes à carburant, cette disposition s'applique *de facto* à tous les navires (HORNUS *et al.*, 2003).

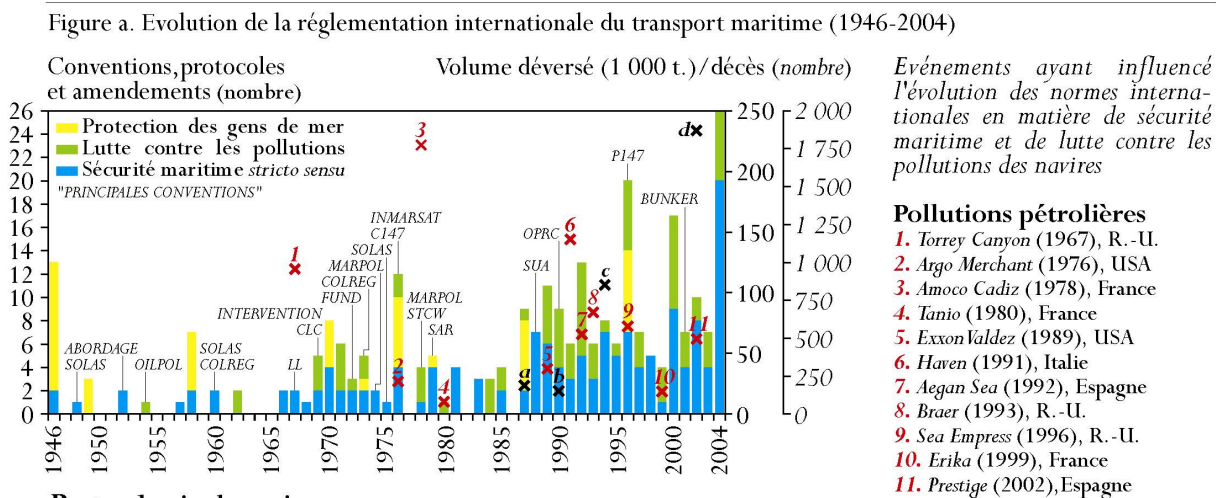
⁴⁷⁰ Les lieux de refuge ont également des fondements juridiques dans la Convention UNCLOS.

⁴⁷¹ Soulignons cependant que l'usage du lieu de refuge est fréquent puisque, chaque année, sur les 425 navires (moyenne 2000-2004 pour la zone de responsabilité du CROSS Corsen : CROSS Corsen [2001-2005]) qui ont relâché en des lieux variés et prévues à cet effet à la pointe de Bretagne (rade de Brest, baie de Douarnenez, anse de Bertheaume, etc.), 42 % l'ont fait pour se protéger de conditions météorologiques exécrables et/ou pour procéder à la réparation d'avaries diverses. Les autres navires mouillent en général dans l'attente d'entrer dans un port (Brest et Lorient notamment).

⁴⁷² Un tiers des mesures de lutte antipollution ont trait directement à ce type de polluant.

⁴⁷³ SQUIRE (2003) souligne cependant que l'emploi systématique du GPS est aujourd'hui une cause d'avarie dans le détroit du pas-de-Calais.

Figure n°3. 10. Evolutions de la réglementation internationale du transport maritime en matière de sécurité maritime (au sens élargi) et des pertes totales de navires (≥ 100 TJB) à l'échelle mondiale depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale



Sources : compilation personnelle d'après les textes de l'OMCI, de l'OMI (OMI, 2006 ; CMI, 2006) et de l'OIT (<http://www.oit.org>)

Figure b. Evolution des pertes totales de navires recensées (> 100TJB, 1948-2004)

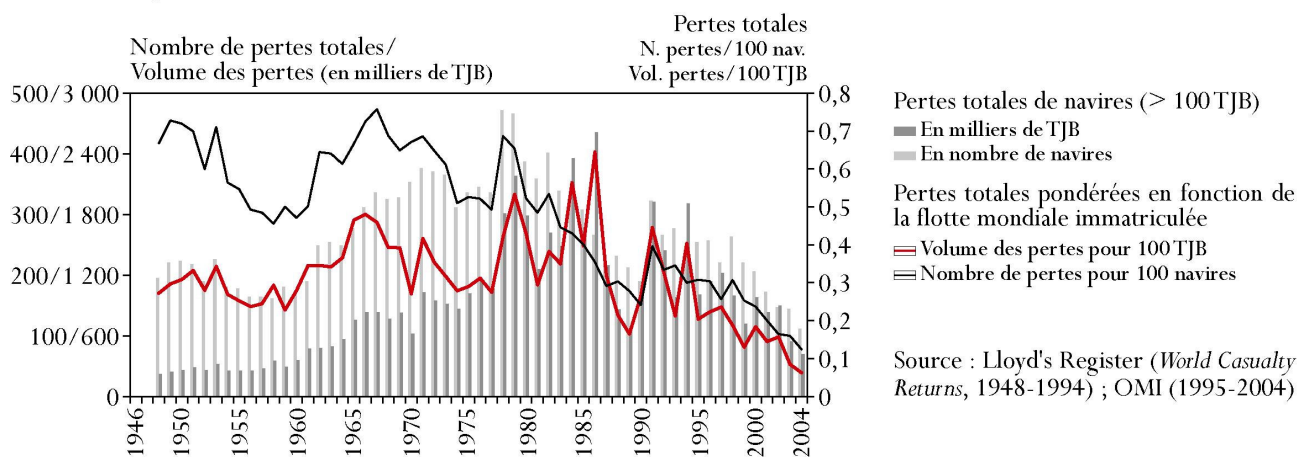
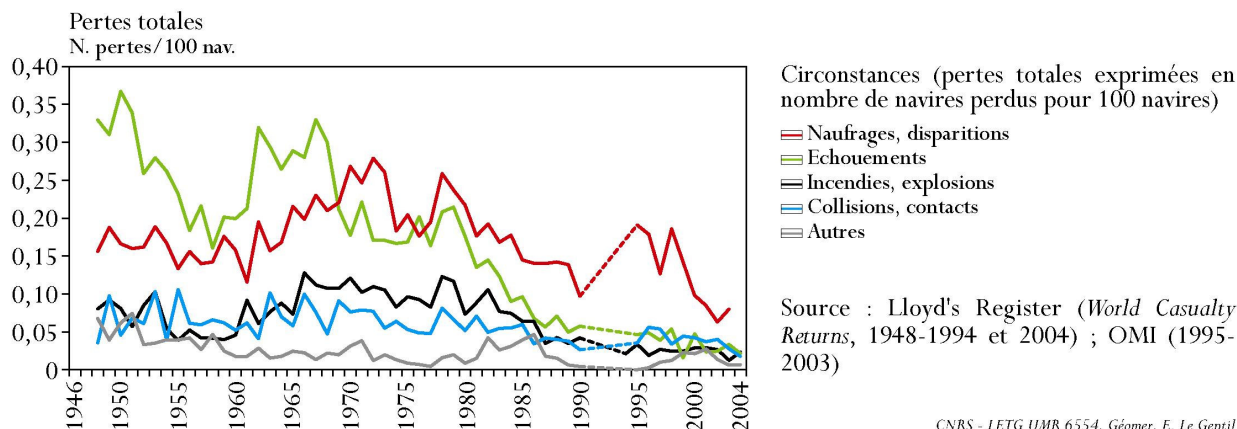


Figure c. Principales circonstances de pertes totales de navires (> 100TJB, 1948-2003)



CNRS - LETG UMR 6554, Géomer, E. Le Gentil

Nous n'avons d'ailleurs pas tenté d'évaluer la contribution de ces avancées à l'amélioration de la sécurité maritime (au sens large), préférant nous concentrer sur l'observance et l'effectivité des

conventions majeures de l'OMI et de l'OIT (ILO 147). Deux conventions n'ont toutefois pas encore été évoquées, les plus importantes en terme de prévention des pollutions.

12. Prévention des pollutions

La réglementation élaborée par la Communauté internationale pour prévenir les événements polluants (mesures d'évitement) concerne d'abord les rejets opérationnels des navires-citernes parce qu'il s'agit certainement de la situation la plus préoccupante durant la première moitié du XX^e siècle en terme de volumes d'hydrocarbures introduits à l'océan. Il faut attendre la fin des années 1960, et les premiers déversements de grande ampleur, pour que des mesures destinées à réduire les circonstances accidentelles des déversements d'hydrocarbures apparaissent.

121. Les premières tentatives d'encadrement

A la fin de la Première Guerre mondiale, en 1918, l'Amirauté britannique régleme les déballastages des pétroliers en n'autorisant la vidange de leurs mélanges qu'à plus de trois milles nautiques des côtes les plus proches (limite des eaux territoriales à cette période⁴⁷⁴) et recommande la prise d'extrêmes précautions lors des opérations de chargement et de déchargement des cargaisons pétrolières dans les ports. Les amendes maximales encourues par les contrevenants sont de 5 £ sterling⁴⁷⁵ (PRITCHARD, 1987). En France, à la même époque, l'arsenal des sanctions, défini dans le cadre d'une loi datant de 1884 sur les atteintes à la salubrité du rivage, « se limite à l'établissement de procès verbaux et au paiement d'une amende allant de 25 à 125 francs ou à l'emprisonnement de 5 à 20 jours » (HIPPOLYTE-MANIGAT, 1972). Ces premières mesures vont être peu suivies d'effets.

A l'image du concept de normes de rejets autorisés toujours en vigueur à l'heure actuelle, l'idée d'équiper les ports de stations de réception des déchets et résidus huileux produits par les navires n'est pas non plus très nouvelle. La mesure, présentée en 1922 par le gouvernement britannique à l'occasion du « *UK Oil in Navigable Waters Act* », a suscité de nombreux problèmes lors de sa mise en œuvre dès l'année suivante : leur utilisation prend trop de temps et suscite des coûts supplémentaires. Les navires ne les utilisent généralement pas car leur usage n'est pas encore obligatoire (PRITCHARD, 1987). De l'autre côté de l'Atlantique, les inspirations environnementales des Nord-Américains rejoignent celles de leurs homologues anglais et eux aussi élaborent, à leur manière, l'une des premières législations de ce genre. Le « *Oil Pollution Act* » de 1924, tout de suite plus efficace que les règles britanniques, car l'amende requise en cas de contravention est de 2 000 \$ US contre 100 £ sterling en Angleterre la même année (PRITCHARD, 1987). Un changement plus général dans les mentalités est d'ailleurs en cours au niveau international car l'intérêt porté à la recherche de solutions collectives et concertées au problème de la pollution, par les hommes d'Etat et divers responsables d'administrations, est grandissant (HIPPOLYTE-MANIGAT, 1972).

La première tentative d'élaboration d'un encadrement multilatéral est effectuée en 1926 lors de la Conférence de Washington où la possibilité de réglementer les rejets opérationnels des navires est envisagée. Treize pays, dont la France, sont présents à cette réunion et apportent le fruit d'études plus ou moins poussées sur les causes probables de la pollution par le pétrole (TENDRON, 1962). Ces travaux déterminent que les navires constituent la source principale d'apports d'hydrocarbures à l'océan et soulignent la « menace d'extermination » que faisait peser sur l'humanité la pollution des eaux marines par les hydrocarbures (HIPPOLYTE-MANIGAT, 1972). Ces premiers efforts de concertation ne vont toutefois déboucher sur aucun accord (BROCKIS, 1967). La Seconde Guerre mondiale relègue, en toute logique, les questions environnementales au dernier plan, et c'est au cours des années 1950 que ces préoccupations émergent de nouveau.

⁴⁷⁴ « La seule limite admise à la liberté pour la navigation, le commerce, la pêche et l'exploitation des ressources est une étroite bande de 3 milles nautiques qui correspondra pendant longtemps à la portée des canons » (MARCADON, 1998).

⁴⁷⁵ L'arrêté fixant le montant de cette amende date de l'époque du règne d'Henri VIII (1543 : PRITCHARD, 1987).

122. La convention OILPOL de 1954

La nature de l'encadrement envisagé dans le cadre de la Convention OIPOL⁴⁷⁶ de 1954 a pour objet la réduction des rejets opérationnels des navires citernes. Trente trois pays sont représentés et cette législation entre en vigueur le 26 juillet 1958. Les normes de rejets autorisées sont définies à l'échelle internationale et la pratique de la vidange des boues et des eaux mazouteuses⁴⁷⁷ est interdite à moins de 50 milles nautiques des rivages, à l'exception notable du Canada et de l'Australie où cette bande atteint respectivement 100 et 150 milles nautiques. En huit ans, seize pays seulement la ratifient et le succès espéré n'est pas au rendez vous (TENDRON, 1962).

Pour remédier à cette situation, une nouvelle conférence est organisée en 1962, pour laquelle la participation est plus importante (56 pays). Les règles se durcissent et les dispositions adoptées préfigurent déjà la nature de la plupart des mesures actuelles. La bande des 50 milles est repoussée jusqu'à 100 milles nautiques, la limite minimale concernant la taille des navires citernes qui y sont assujettis est abaissée jusqu'à 150 TJB, et l'interdiction totale des rejets s'applique à tous les bâtiments de cette catégorie, où qu'ils soient, dès lors que leur jauge brute est égale ou supérieure à 20 000 tonnes⁴⁷⁸. Il est désormais interdit de transporter de l'eau de lest dans les soutes à combustible et les Etats Parties à cette convention doivent équiper leurs ports⁴⁷⁹ de stations destinées à récupérer les déchets et résidus produits par tous les navires. D'autre part, des « zones spéciales » sont créées à l'intérieur desquelles toute vidange est strictement interdite (Tableau n°3. 12). Cette mesure concerne en Europe, la Méditerranée, la mer du Nord, la mer Baltique, la Manche et le golfe de Gascogne. Enfin, la sévérité des pénalisations doit être de nature à décourager ces pratiques (TENDRON, 1962 ; MOIGN, 1962). Il faut noter que la France, présente à la conférence de Londres de mars et avril 1962, intervient vigoureusement pour soutenir ces mesures car ses rivages sont orientés vers l'ouest et les déchets et résidus sont facilement ramenés vers les côtes françaises sous l'influence des vents et des courants dominants (MOIGN, 1962).

Aux amendements de 1962 succèdent ceux de 1969 et de 1971. Le *Torrey Canyon* s'est, entre temps éventré sur « Pollard Rock » (le 18 mars 1967), un des nombreux récifs des « Seven Stones » (à proximité des îles Sorlingues). Ce sont toutefois les rejets opérationnels des navires qui demeurent le plus préoccupant. C'est dans ce contexte, en 1969, qu'il est décidé d'institutionnaliser la pratique du chargement sur résidus à bord des pétroliers (LOT : Load On Top). C'est une technique déjà utilisée par l'industrie pétrolière (BROCKIS, 1967 ; BOESCH *et al*, 1974 ; LACAZE, 1980) qui permet à la fois d'économiser du pétrole et de réduire la pollution (OMI, 1998)⁴⁸⁰. En 1971, un nouvel amendement limite la taille des citernes afin d'éviter des déversements de trop grande ampleur mais il n'entre jamais en vigueur. L'histoire prouvera par la suite que cette disposition aurait pu être utile (*Amoco Cadiz*, 1978). Elle ne répond pas non plus totalement aux problèmes soulevés par la gestion de l'épave du *Torrey Canyon*, et, dès 1969, une nouvelle convention, relative à l'intervention en haute mer en cas de risque de déversement, est adoptée (Convention internationale sur l'intervention en haute mer en cas d'accident entraînant ou pouvant entraîner une pollution par hydrocarbures).

Quelques mois plus tard, pour réunir en un seul texte les obligations spécifiques aux rejets accidentels et opérationnels détaillées dans OILPOL 57 (Tableau n°3. 12) et la convention de 1969, l'OMI envisage la création d'une nouvelle convention à la fois plus consensuelle⁴⁸¹, plus stricte, et surtout plus générale.

⁴⁷⁶ Convention de Londres du 12 mai 1954, dite convention OILPOL (OIL POLLution). Elle s'intitule plus exactement « Convention internationale pour la prévention de la pollution des eaux de mer par les hydrocarbures ».

⁴⁷⁷ La vitesse de rejets des hydrocarbures doit être inférieure à 60 litres par mille et la teneur du rejet doit être inférieure à 100 ppm (100 parties pour 1 million de parties du mélange).

⁴⁷⁸ Il existe néanmoins des circonstances pour lesquelles ces rejets peuvent être autorisés : l'allègement du navire pour déséchouement par exemple.

⁴⁷⁹ Ports de chargement des hydrocarbures et ports de réparation.

⁴⁸⁰ Les eaux de lavage de citernes sont pompées dans une citerne réservée à cet effet. Pendant le voyage de retour au terminal de chargement, l'eau et les hydrocarbures se séparent par décantation. L'eau du fond de la citerne est déversée au dehors (< 100 ppm) et, au terminal de chargement, une nouvelle cargaison est chargée sur les résidus restants (OMI, 1998a).

⁴⁸¹ Pour qu'un nombre de nations maritimes plus important y adhère.

Tableau n°3. 12. Prévention des rejets opérationnels d'hydrocarbures des pétroliers : principales mesures mentionnées dans la Convention OILPOL de 1954

| Entrée en vigueur | | | Nature des dispositions |
|--|-------------|---|--|
| Conv. | 1958 | Interdiction des rejets dont la teneur en hydrocarbures est supérieure à 100 ppm à moins de 50 milles nautiques des rivages les plus proches et dans des "zones spéciales" dont l'environnement est particulièrement vulnérable | Rejet |
| | Amendements | 1962 | Limite repoussée à 100 milles nautiques et interdiction des rejets pour les navires de plus de 300 tonneaux de jauge brute |
| Interdiction de transporter des eaux de lest dans les soutes à combustible, etc. | | | Port |
| 1969 | | Obligation pour chaque Etat de créer des installations portuaires de réception pour les résidus des navires pétroliers (ports de chargement et ports de réparation) | Navire |
| - | 1969 | Recommandation de l'emploi du chargement sur résidus (LOT : Load On Top) et des citernes à ballasts séparés pour les pétroliers (SBT : Segregated Ballast Tanker) | Navire |
| | - | Limitation des dimensions des citernes à cargaison de tous les navires-citernes commandés après 1972 (non entré en vigueur) | |

123. La convention MARPOL 73/78

Une nouvelle conférence sur la prévention de la pollution des navires est organisée en octobre et novembre 1973. Contrairement aux conférences précédentes, tous les navires, toutes les circonstances de rejets et tous les types d'effluents sont visés (hydrocarbures, mais aussi produits chimiques, etc.). La convention MARPOL 73/78 est, selon certains auteurs, un tournant historique dans la façon d'appréhender la gestion des pollutions provoquées par les navires (M'GONIGLE & ZACHER, 1979) et le contexte de l'époque est *a priori* propice au changement. L'année précédente, en effet, la déclaration de Stockholm⁴⁸² « donne pour la première fois une définition juridique de la pollution marine⁴⁸³, engage la responsabilité des Etats et définit leurs obligations » (VIGARIE, 2005).

Soixante et onze pays sont présents à la conférence de 1973. Ce nouvel instrument juridique reprend, en les durcissant, la plupart des dispositions prévues pour les rejets opérationnels par OILPOL 54 et introduit également de nouveaux procédés comme l'emploi des ballasts séparés. Les nations maritimes dont la flotte commerciale est importante s'y opposent. En 1976, MARPOL, dans sa configuration originelle, n'a été ratifiée que par trois pays⁴⁸⁴, soit 1 % de la flotte mondiale (OMI, 1998a). Ce phénomène, conjugué à une recrudescence d'accidents de pétroliers au milieu des années 1970, donne lieu à une nouvelle conférence en 1978⁴⁸⁵ à l'issue de laquelle la communauté internationale adopte un Protocole à la Convention MARPOL de 1973. Celui-ci absorbe la convention mère et développe des prescriptions applicables aux pétroliers pour limiter les risques de pollution induits par cette catégorie de navires (OMI, 1998a). MARPOL 73/78 est, par la suite, au gré de péripéties diverses, remaniée à de nombreuses reprises. Nous avons synthétisé, en fonction des circonstances de déversements (opérationnelle et accidentelle : Tableau n°3. 13 et Tableau n°3. 14), les principales mesures mentionnées dans l'annexe relative aux hydrocarbures (annexe 1).

Les mesures de l'annexe 1 adoptées en 1973 et 1978 sont entrées en vigueur en octobre 1983 lorsqu'un nombre suffisant d'Etats l'a ratifié (plus de 50 % de la flotte mondiale, c'est-à-dire 15 Etats). L'évolution des prescriptions obligatoires pour les rejets opérationnels est considérable en comparaison de celles imposées par la Convention OILPOL de 1954. On peut remarquer quelques différences notables : les normes de rejets autorisés sont considérablement durcies (de 100 ppm en

⁴⁸² Déclaration faite à l'occasion de la « Conférence des Nations Unies sur l'environnement » qui s'est tenue à Stockholm du 5 au 16 juin 1972.

⁴⁸³ Reprise à l'occasion de la Convention sur le Droit de la mer de 1982, la pollution marine est « l'introduction directe ou indirecte, par l'homme, de substances ou d'énergie dans le milieu marin, y compris les estuaires, lorsqu'elle a ou peut avoir des effets nuisibles tels que des dommages aux ressources biologiques et à la faune et à la flore marine, des risques pour la santé humaine, des entraves aux activités maritimes, y compris la pêche et les autres utilisations légitimes de la mer, des altérations à la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et des dégradations de valeurs d'agrément ».

⁴⁸⁴ Jordanie, Kenya et Tunisie (OMI, 1998).

⁴⁸⁵ « Conférence internationale de 1978 sur la sécurité des navires citernes et la prévention de la pollution ».

1954 à 15 ppm en 1973) ; l'emploi d'appareils permettant la séparation eau/hydrocarbures et la surveillance de leur teneur deviennent obligatoires⁴⁸⁶ (séparateurs et ODME) ; tout comme l'installation de ballasts séparés pour les pétroliers neufs (transporteurs de brut > 20 000 tpl et transporteurs de produits légers > à 30 000 tpl) (Tableau n°3. 13), les pétroliers existants devant s'en équiper ou recourir à l'usage de dispositifs de lavage des citernes au pétrole brut ; enfin, une mer régionale est éligible au statut de « zone spéciale⁴⁸⁷ » à la condition *sine qua non* qu'il existe des stations portuaires de réception des résidus de cargaison dans les ports et terminaux pétroliers des pays riverains.

D'autres mesures, spécifiques aux déversements accidentels, sont également prescrites (Tableau n°3. 14). Les seules dispositions prévues par le Protocole de 1978 dans son format d'origine sont la localisation défensive des citernes de ballasts séparés, la limitation de la taille des autres citernes et le signalement obligatoire d'un rejet accidentel⁴⁸⁸, mais ce ne sont pas les seules prescriptions élaborées cette année-là. En raison de la recrudescence des explosions de pétroliers depuis le début des années 1970⁴⁸⁹, l'emploi de dispositifs à gaz inerte est rendu obligatoire pour les pétroliers neufs d'un port en lourd supérieur à 20 000 tonneaux dans le Protocole de 1978 de la Convention SOLAS de 1974⁴⁹⁰. Mais, comme ces épisodes incendiaires ne sont pas les seules causes d'accident sur des navires, s'ajoutent à l'emploi de ce procédé des dispositions relatives à l'appareil à gouverner (*Amoco Cadiz*), des prescriptions plus rigoureuses en matière d'installations radar et de dispositifs anti-abordage et un régime plus strict de visites et de délivrance des certificats (OMI, 1998b). L'arsenal réglementaire défini par MARPOL 73/78 va également évoluer sous la contrainte de mesures unilatérales mises en œuvre par certains Etats. L'adoption du système double-coque par l'OMI (1992) est la conséquence de la réglementation élaborée par les Etats-Unis d'Amérique pour son propre territoire après le naufrage de l'*Exxon Valdez* en 1989⁴⁹¹ (*Oil Pollution Act* de 1990 entré en vigueur le 28 décembre 1994). Sous la pression de l'opinion américaine, le Congrès américain définit une réglementation plus restrictive que celle existante à l'échelle internationale au début des années 1990. L'Europe n'est pas non plus en reste de ce point de vue puisque l'accélération progressive du calendrier international de retrait des pétroliers à simple coque au début du XXI^e siècle (2002) procède du durcissement réglementaire opéré en la matière à l'échelle de l'Union, à laquelle s'ajoutent, comme pour son homologue américaine,

⁴⁸⁶ Cette surveillance se faisait à « vue d'œil » auparavant, d'où les critiques émises à l'encontre de l'efficacité du procédé LOT dans les années 1970-1980. Difficile, en effet, d'estimer dans ces conditions si la teneur en hydrocarbures de l'eau rejetée est inférieure à 100 ppm.

⁴⁸⁷ Une mer régionale fermée ou semi-fermée peut être classée en « zone spéciale » dès lors qu'elle satisfait aux trois critères prévus par MARPOL 73/78 : un intérêt océanographique, une sensibilité écologique particulière et un trafic maritime intense (UNLU, 2004).

⁴⁸⁸ Le navire est tenu de faire un rapport « sans retard » après un événement défini comme « un incident qui entraîne ou est susceptible d'entraîner le rejet à la mer d'une substance nuisible ou d'un effluent contenant une telle substance » (article 8 de MARPOL 73/78). Cette procédure de compte rendu obligatoire est reprise dans la « Convention internationale sur la préparation, la lutte et la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures » de 1990 (Convention OPRC) et son Protocole de 2000 qui élargit cette convention aux autres substances dangereuses. Au final, OPRC 90 n'ajoute rien aux dispositions de MARPOL 73/78, selon HORNUS *et al.* (2003).

⁴⁸⁹ On assiste, dès le début des années 1970, à une recrudescence des explosions de pétroliers. Le *Marpessa* au large de Dakar, le *Mactra* dans l'océan Indien et le *Kong Hakoon VII* au large du Libéria (ESTIVAL, 2002) sont tous trois victimes d'explosion entre décembre 1969 et janvier 1970 alors qu'ils sont légers. Dans la nuit du 15 au 16 novembre 1971, le pétrolier *Elcano*, sur lest, chavire au large de Dakar à la suite d'une explosion survenue lors du lavage de ses citernes. En 1977, le *Claude Conway* explose à quelques centaines de milles nautiques de la Caroline du Nord, et, le 3 avril 1980, deux pétroliers libériens, l'*Albahaa* et le *Micène*, subissent le même sort, près de la Tanzanie pour le premier, et du Sénégal pour le deuxième (ESTIVAL, 2002).

⁴⁹⁰ L'inertage des citernes réduit considérablement les risques d'explosion après le déchargement d'une cargaison pétrolière car les gaz injectés dans les citernes (gaz en provenance des chaudières ou gaz d'échappement des moteurs diesel), en remplacement des gaz d'hydrocarbures dégagés par la cargaison, ont une teneur réduite en oxygène (inférieure à 5 %).

⁴⁹¹ La technologie du double fond, proche de celle de la double-coque, avait déjà été proposée à l'OMI par les Etats-Unis d'Amérique en 1973. Cette mesure fut vivement critiquée par certains auteurs car l'usage des double-coques présente, selon eux, plus d'inconvénients que d'avantages :

- (i) en terme d'investissement et d'entretien (l'achat d'un pétrolier de ce type est particulièrement onéreux ce qui est d'autant plus problématique, au début des années 1990, que l'on assiste à cette période au désengagement des banques qui refusent d'accorder des crédits dans un contexte de responsabilisation croissante des opérateurs pétroliers [OPA Act de 1990 : JURGEN PETERS, 1993], et cette mesure expulse du marché du transport maritime d'hydrocarbures, par manque de moyens financiers, de petites compagnies maritimes pourtant réputées pour leur sérieux [DEVANNEY, 2006a]);
- (ii) en terme de coûts de maintenance très élevés (OCDE, 2003b) ;
- (iii) et en terme de lutte antipollution (difficultés induites pour déséchouer un navire si sa double coque est remplie d'eau, risques d'explosion, etc.). DEVANNEY (2006b) soulignent que la présence de double-fonds sur des pétroliers accidentés n'a pas empêché que de volumineux déversements d'hydrocarbures se produisent (*Aegean Sea* par exemple) et KING (1999) pense que cette mesure a surtout été dictée par les *lobbies* de l'industrie de la construction navale (remplissage des carnets de commande suite à l'adoption de cette mesure dans l'OPA Act et dans MARPOL 73/78) et précise, en outre, que les premiers navires-citernes étaient déjà équipés de double-coques (XIX^e siècle), une technique de construction abandonnée en raison des risques d'explosion et d'incendie.

d'autres mesures complémentaires (règles de responsabilité, sanctions, normes de conditions d'exploitation, etc.). Enfin, ce n'est qu'en 1996 qu'un droit de contrôle du respect des normes d'exploitation des navires se trouvant dans les ports d'autres Parties à la Convention est instauré (Tableau n°3. 14).

Tableau n°3. 13. Prévention des rejets opérationnels d'hydrocarbures des navires : principales mesures mentionnées dans l'annexe 1 de la Convention MARPOL de 1973 et son Protocole de 1978 (1983-2004)

| Entrée en vigueur | | Nature des dispositions | |
|-------------------------|------|---|------------------------------|
| Convention et Protocole | 1983 | Rejets provenant des citernes à cargaison interdits pour les pétroliers de toutes tailles dans les 50 milles nautiques à partir des lignes de base droite (sauf ballasts propres ou séparés), autorisés dans certaines proportions au-delà (y compris dans les « zones spéciales ») | Rejet |
| | | Rejets provenant de l'espace machine et des fonds de cale interdits pour tous les navires dans les 12 milles nautiques à partir des lignes de base droite, autorisés dans certaines normes au-delà (y compris dans les « zones spéciales ») | |
| | | Création de « zones spéciales » dans lesquelles les normes de rejets sont plus strictes | |
| | | Obligations pour les Parties à la Convention riveraines d'une « zone spéciale » de prévoir des installations de réception pour les résidus de cargaison dans les ports et terminaux pétroliers | Port |
| | | Prescription de la surveillance continue des rejets d'eaux mêlés d'hydrocarbures (séparateur eau/hydrocarbures et ODME : Oil Discharge Monitoring Equipment) | Navire, équipement |
| | | Prescription de citernes à ballasts séparés (SBT : Segregated Ballast Tanker) et de dispositifs de lavage au pétrole brut pour les citernes des pétroliers (COW : Crude Oil Washing) | |
| Amendements | 1986 | Autorisation de transporter de l'eau de ballast dans les citernes à cargaison dans certaines circonstances | |
| | 1993 | Durcissement des normes de rejets autorisés pour tous les navires <i>Pétroliers :</i> - interdiction de tout rejet du compartiment cargaison dans les 50 milles nautiques à partir des lignes de base droite et dans les « zones spéciales » ; - autorisation en dehors des 50 milles nautiques si le navire fait route, le taux de rejet est inférieur à 60 litres par mille parcouru et la quantité rejetée inférieure à 1/30 000 de la cargaison <i>Tous navires :</i> - interdiction de tout rejet du compartiment machine dans les 12 milles nautiques à partir des lignes de base droite ; - autorisation en dehors des 12 milles nautiques si le navire fait route, le taux de rejet est inférieur à 15 parts par million (ppm) et le séparateur eau/hydrocarbures en marche | Rejet |
| | 1996 | Contrôle par l'Etat du Port : droit de contrôle du respect des normes d'exploitation des navires se trouvant dans les ports d'autres Parties à la Convention | Contrôle de la mise en œuvre |
| | 1999 | Classement des eaux marines de l'Europe du Nord-ouest en « zone spéciale » (1 ^{er} août 1999) | Rejet |

Il faut souligner, pour conclure, l'originalité et les ressemblances de la convention MARPOL 73/78 avec la convention OILPOL de 1954. Nous n'avons évoqué ici que l'annexe 1 de cette convention, mais MARPOL 73/78 a une portée bien plus large puisqu'elle recouvre, en plus de la prise en compte des rejets opérationnels de l'ensemble des navires (déchets machine) et des déversements accidentels, la plupart des nuisances induites par la circulation maritime à l'époque de son élaboration. On remarque, en revanche, que les mesures les plus importantes de MARPOL 73/78 concernant la problématique des rejets opérationnels des navires sont, pour la plupart, déjà inscrites dans la convention OILPOL 54, ce qui illustre le consensus existant autour des mesures à prendre pour réduire cette pratique. L'instauration de normes de rejets autorisés (où leur interdiction dans certains espaces) et la nécessité d'équiper les ports en stations de réception ne sont ainsi pas nouvelles, elles étaient d'ailleurs déjà souvent inscrites dans les législations nationales. La véritable difficulté sera leur mise en œuvre.

Tableau n°3. 14. Prévention des rejets accidentels d'hydrocarbures : principales mesures mentionnées dans l'annexe 1 de la Convention MARPOL de 1973 et son Protocole de 1978 (1983-2004)

| Entrée en vigueur | | | Nature des dispositions |
|-------------------|--|---|-------------------------|
| Protoc. | 1983 | Localisation défensive des citernes de ballasts séparés de manière à limiter les volumes d'hydrocarbures déversés en mer à la suite d'un échouement ou d'un abordage et limitation de la taille des autres citernes | |
| | | Signalement obligatoire de tout rejet accidentel | |
| Amendements | 1986 | Règles de compartimentage et de stabilité destinées à garantir la survie d'un pétrolier après une avarie hypothétique donnée (règle 25A) | Navire |
| | | Double coque | |
| | 1993 | 1. <i>Pétroliers neufs</i> (règle 13F) : obligatoire pour les navires livrés à la date du 6 juillet 1996 : <ul style="list-style-type: none"> - <i>Pétroliers > 5 000 tpl</i> : double fond et citernes latérales sur toute la hauteur du bordé de muraille ou pont intermédiaire et coque à doubles parois latérales ; - <i>Pétroliers (600-4 999 tpl)</i> : double coque ou citernes de double fond < à 700 m³ | |
| | | 2. <i>Pétroliers existants</i> ^a (règle 13G) : retrait progressif des pétroliers simple coque (30 ans d'âge au plus tard après leur date de livraison si équipés SBT, 25 ans si non équipés SBT) | |
| | | 3. <i>Mesure équivalente</i> à la double coque : chargement en équilibre hydrostatique (HBL : Hydrostatic Balance Loading system) | |
| | | Obligation de plan d'urgence de bord en cas de pollution (SOPEP : Shipboard Oil Pollution Emergency Plan) | |
| | Programme renforcé d'inspections des pétroliers âgés de plus de 5 ans (règle 13G) | Contrôle de la mise en œuvre | |
| 1996 | Contrôle par l'Etat du Port : droit de contrôle du respect des normes d'exploitation des navires se trouvant dans les ports d'autres Parties à la Convention | | |
| | 1999 | Critères de stabilité à l'état intact pour les pétroliers double coque (nouvelle règle 25A) | Navire |
| | 2002 | Accélération du retrait progressif des pétroliers simple coque (règle 13G révisée) | |

^aTransporteurs de produits légers > 30 000 tpl et les transporteurs de brut, fioul lourd, diesel marin et lubrifiants divers > 20 000 tpl .

124. Conclusion

La réglementation de la sécurité maritime est un système composite de normes afférentes aux conditions de vie et de travail des gens de mer à bord des navires, à la sauvegarde de la vie humaine, à la sécurité de la navigation (formation des équipages et connaissance des règles de circulation), à la protection du navire et de sa cargaison (normes de conception et de construction) et à la prévention des pollutions. Si l'on observe des défauts d'observance et d'effectivité dans l'une ou l'autre de ces composantes, espérer réduire de façon significative la récurrence d'événements polluants dans ces conditions relève plus de l'incantation politique que d'une réalité. L'établissement d'un cadre juridique global pour les océans, à travers la Convention sur le Droit de la mer de 1982, a permis de faciliter la mise en œuvre de toutes les règles évoquées jusqu'à présent malgré les modifications apportées à cette convention, sous la pression des Etats-Unis, avant même son entrée en vigueur en 1994. Les conventions ILO 147, STCW, COLREG, SOLAS et MARPOL 73/78 constituent les piliers de la réglementation internationale en matière de sécurité maritime (au sens élargi). La très grande majorité de la flotte mondiale se conforme aujourd'hui (théoriquement) aux obligations définies dans ces conventions, même s'il est vrai que la faiblesse des contraintes imposées aux nations maritimes qui les ont ratifiées est souvent le gage d'une large adhésion. Aux titres d'agences de l'Organisation des Nations Unies, l'OMI et l'OIT n'ont d'ailleurs aucun pouvoir pour faire respecter les instruments juridiques qu'elles élaborent. Pour pallier ce déficit et garantir l'observance et l'effectivité des mesures élaborées à l'échelon international, les Etats ont un rôle essentiel puisque ce sont les entités qui doivent s'assurer de la mise en œuvre des normes établies. Leur capacité de contrôle s'exerce à trois niveaux : l'Etat du pavillon, l'Etat du port et l'Etat côtier. Nous allons également évoquer, lorsque nécessaire, l'action de l'Union Européenne dans ce domaine⁴⁹².

⁴⁹² Nous évoquerons peu son rôle car l'action de l'Union Européenne en matière de sécurité maritime ne commence qu'à la fin des années 1980 (URUTIA, 2006) et il s'agit, surtout, de la retranscription des prescriptions internationales (OMI, OIT) en droit communautaire. Les paquets *Erika* ne sont pas abordés car ils ont été trop récemment mis en œuvre que pour leurs effets soient manifestes en 2004, dernière année considérée dans ce travail.

13. L'action des Etats du pavillon, des Etats côtiers et des Etats du port en terme de contrôle et de mise en oeuvre

Il existe trois conditions au fonctionnement des règles : « l'harmonisation des règles, l'harmonisation de l'application des règles, l'harmonisation du contrôle de l'application des règles (...) » (ANONYME⁴⁹³ in LASSAGNE, 2004). Si nous avons déjà abordé la première condition à travers la description de l'émergence du système normatif et prescriptif de la « sécurité maritime » au sens large à l'échelle mondiale, il reste à expliciter davantage les conditions suivantes, en les relativisant si nécessaire. L'harmonisation de l'application et du contrôle de l'application des règles est liée puisque l'effectivité recherchée à travers la mise en œuvre équilibrée de la première est subordonnée à l'existence de la seconde. Il s'agit, dans le premier cas, de s'assurer que les obligations induites par les accords internationaux sont mises en œuvre à l'échelle des Etats qui les ont ratifiés, tandis que la deuxième condition a trait au « contrôle des contrôleurs », c'est-à-dire à l'équilibrage des systèmes d'inspection et de certification élaborés pour éviter que des armateurs n'aient aucun intérêt à faire immatriculer leurs navires dans un registre plutôt qu'un autre (idem pour les sociétés de classification). Ce rôle est (en partie) assuré par les inspecteurs officiant dans le cadre du contrôle par l'Etat du port. En revanche, personne ne les contrôle, ce qui, nous allons le voir, crée d'autres problèmes. Nous concluons cette section sur une présentation de l'évolution de l'organisation de la circulation maritime au large d'Ouessant, une démarche nous permettant d'aborder le respect par les navires des règles de route définies dans le cadre de la convention COLREG 72.

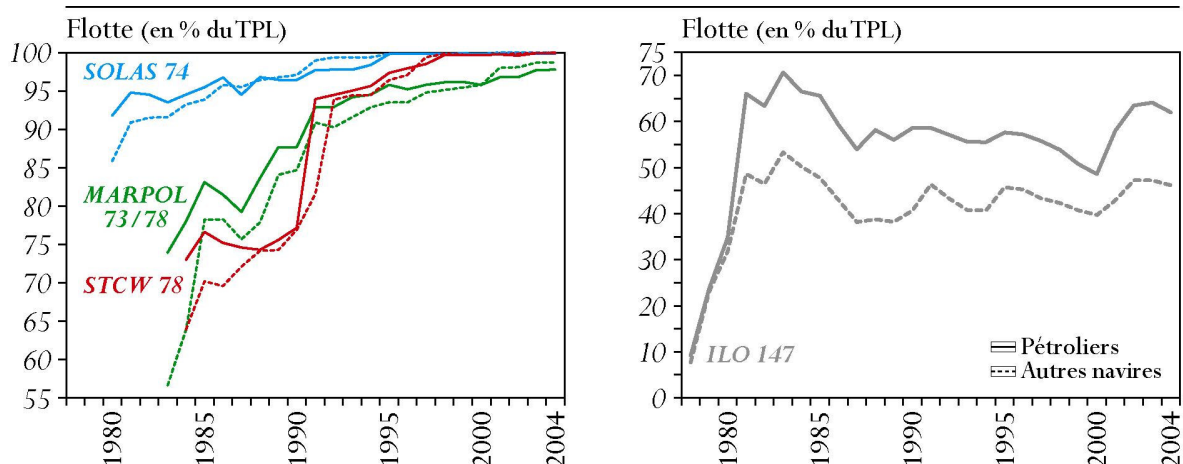
131. L'action de l'Etat du pavillon

Comme toujours pour les accords internationaux, l'efficacité du cadre normatif dépend du nombre de pays qui ont ratifié la convention. Nous avons évalué, sur la base de l'évolution du volume des flottes immatriculées par pavillon, un taux d'observance hypothétique à l'échelle de la flotte mondiale (pétroliers et autres navires) pour les conventions SOLAS, MARPOL, STCW et ILO 147. La convention COLREG n'est pas traitée ici, car les normes définies dans le cadre de cette convention portent surtout sur les règles de conduite des navires.

Cette démarche est intéressante car elle permet de se faire une (vague) idée de l'évolution du volume de la flotte (en % du TPL total de la flotte mondiale) qui est assujettie aux conventions majeures de l'OMI et de l'OIT. D'après ces résultats, plusieurs phénomènes apparaissent. Tout d'abord, le taux de ratification des trois conventions de l'OMI est très largement supérieur à celui de la convention ILO 147, une situation qui n'est d'ailleurs pas très étonnante. On remarque également que les évolutions diffèrent assez considérablement selon les conventions considérées. SOLAS 74 est tout de suite ratifiée par un nombre important d'Etats du pavillon, tandis que pour MARPOL 73/78 et STCW 78, près de 10 années sont nécessaires avant que 90 % de la flotte mondiale y souscrive. On note aussi que le dépavillonnement massif des années 1980-1990 fait stagner, voire diminuer, leurs taux de ratification (à l'exception de SOLAS 74), certains armateurs immatriculants leurs flottes dans des Etats qui n'avaient pas encore ratifié ces conventions. Enfin, la flotte pétrolière est, dans l'ensemble, plus assujettie à toutes les conventions considérées que les autres flottes de navires.

⁴⁹³ Nous savons seulement qu'il s'agit d'un opérateur du transport maritime auditionné par M. Lassagne dans le cadre d'une enquête sur les pratiques de l'industrie maritime en matière de prévention des risques.

Figure n°3. 11. Taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale aux principales conventions (OMI, OIT)



Remarque : ces évaluations sont réalisées d'après les données du *Lloyd's Register* ("World Fleet Statistics" in CNUCED, divers numéros : volume de la flotte par pavillon d'immatriculation en TPL) et d'après les données de l'OMI (2006) et de l'OIT (<http://www.oit.org>) pour l'année d'entrée en vigueur de la Convention considérée par registre.

Si nous parlons de taux hypothétique d'observance, c'est tout simplement parce que c'est n'est pas parce qu'un Etat a ratifié une convention que sa flotte est forcément conforme aux obligations prévues dans le cadre de cette convention. Tout dépend, en effet, de la célérité avec laquelle les autorités du pavillon, ou la société de certification⁴⁹⁴ mandatée (si l'administration du pavillon n'a ni les moyens techniques, ni les moyens humains nécessaires à la mise en œuvre de sa mission de contrôle), procèdent au contrôle de l'application des règles, et nous savons que dans le cas présent, la diversité est au rendez-vous. Pour ne donner qu'un exemple, le Libéria ratifia la convention ILO 147 en 1981 (d'où la très forte remontée du taux de ratification cette année-là), mais il est de notoriété publique que sa mise en œuvre sur les navires composant sa flotte est, pour ne pas dire inexistante, très limitée (CHRISTODOULOU-VAROTSI, 2003).

Toutefois, en raison de la généralisation des contrôles par l'Etat du port durant les décennies suivantes, nous avons considéré que ces taux de ratification pouvaient être assimilés, dans le cas présent, à des taux d'observance, étant entendu que les valeurs n'ont pas grande signification en elles-mêmes⁴⁹⁵. On peut supposer qu'elles sont, en revanche, (partiellement) représentatives de l'évolution générale de la conformité des différentes flottes mondiales des années 1980 jusqu'en 2004. Sur la base de ce (critiquable) postulat, ces taux ont été utilisés pour voir si l'amélioration supposée de l'observance de ces quatre conventions s'est répercutée sur la fréquence des rejets accidentels d'hydrocarbures à l'échelle européenne.

132. L'action des Etats du port : le Paris MOU

Le contrôle de l'application des règles existantes s'effectue également au niveau de l'Etat du port qui a compétence à contrôler la conformité des navires faisant escale dans ses ports. Le concept de contrôle par l'Etat du port en matière de sécurité a été introduit dans la Convention SOLAS de 1974, mais de manière très discrète. Les compétences de l'Etat du port ont ensuite été définies dans la « Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer » de 1982 (article 218). L'OMI a réaffirmé cette volonté dans l'amendement de 1993 à la Convention MARPOL 73/78, mais c'est surtout l'OIT, avec l'adoption de la convention ILO 147 en 1976, qui est à l'origine de cette procédure (CHAUMETTE, 1999). « Chaque navire entrant dans le port d'un Etat qui a ratifié la Convention 147, est présumé satisfaire aux prescriptions de la convention et des conventions citées en annexe. Il accepte implicitement de se

⁴⁹⁴ Les conditions de ce mandat sont définies par des résolutions de l'OMI, et l'Union Européenne a récemment renforcé le contrôle des organismes de certification agréés (Directive 94/57/CE modifiée par la Directive 2001/105/CE : EUR-LEX, 2005) pour assurer un niveau de contrôle harmonisé et de qualité.

⁴⁹⁵ Le taux de ratification est supérieur au taux d'observance réel.

soumettre aux inspections des autorités portuaires, soit qu'elles aient une preuve du non-respect des prescriptions, soit qu'elles aient reçu une plainte d'une personne intéressée par la sécurité du navire » (CHAUMETTE, 1999). L'auteur précise toutefois que cette convention est plus importante par son caractère précurseur que par les résultats obtenus.

Il faut, en effet, attendre le Mémorandum de Paris de 1982 pour que cette volonté de contrôle par l'Etat du port se matérialise. Le Paris MOU⁴⁹⁶ est un accord de coopération régionale (Atlantique Nord et Méditerranée) dont l'objet est de coordonner et d'harmoniser les procédures d'inspection à l'échelle des Etats signataires (14 parties lors de sa création, 20 pays en 2004). Il relève d'une démarche volontariste, c'est-à-dire qu'aucune convention internationale n'impose, lors de sa création, ce système de contrôle et de surveillance. Les contrôles, limités au départ au respect des normes techniques de sécurité, sont (théoriquement) élargis, en 1992, aux conditions d'exploitation des navires car les autorités maritimes n'effectuent pas réellement d'inspections de ce genre malgré l'adoption du Code ISM par l'OMI en 1993 (un code qui comporte des prescriptions sur les conditions de vie et de travail à bord des navires : CHAUMETTE, 1999). Ce manque n'est qu'en partie contrebalancé par le travail des contrôleurs de l'ITF⁴⁹⁷ au regard des effectifs réduits de ce corps syndical d'inspection.

Les contrôles du MOU se font quel que soit le pavillon considéré, et la centralisation des données relatives aux visites et déficiences relevées a longtemps été assurée par un système automatisé d'archivage et de consultation du nom de SIRENAC basé au centre administratif des affaires maritimes de Saint-Servan (près de Saint-Malo, France). A l'initiative de l'Union Européenne en 1998, ce dispositif a été remplacé par la base de données EQUASIS, forte d'environ 66 000 navires répertoriés en 2005 (SEYER, 2005), et ce nouveau système d'information est alimenté par les pays européens, mais aussi par le corps des garde-côtes américains et plusieurs pays asiatiques (Singapour, Japon, etc) (PINELLIA *et al.*, 2005). L'objet de cette procédure est de cibler les « navires sous normes » et d'harmoniser les contrôles entre pays pour éviter qu'un navire ne soit contrôlé trop souvent. Les autorités de l'Etat du port doivent visiter au minimum 25 % des navires entrants et le taux d'inspection était, pour l'ensemble des Parties contractantes, de 23,7 % en 1991, de 27,8 % en 1999 et de 32,8 % en 2004 (MOU, divers numéros). Ces chiffres cachent néanmoins des différences notables entre Etats, les moyens humains et financiers nécessaires à l'accomplissement de cette tâche étant très inégaux en Europe, alors que les contrôles ne nécessitent pas d'investissements financiers très importants au regard des enjeux. En 2003, l'IFM⁴⁹⁸ évaluait le montant de l'effort financier à accomplir par la France pour se conformer à l'exigence de 25 % de navires inspectés, à environ 150 000 € par année⁴⁹⁹ pour financer les 1 000-1 300 visites annuelles manquantes (VALLAT, 2003⁵⁰⁰).

Pour caractériser le comportement des différents Etats membres du Paris MOU en matière de contrôle par l'Etat du port, nous avons procédé à deux classifications ascendantes hiérarchiques. Cette méthode statistique permet de procéder à des regroupements des Etats sur la base des écarts de chacune de leurs variables (distance exprimée en écart-type) par rapport aux valeurs moyennes des variables de l'ensemble des unités spatiales. A chaque regroupement correspond un profil moyen représentatif de ces distances. « It » indique l'inertie totale du tableau de données, « Ic » donne l'inertie absorbée par la classification et « Tc » est le pourcentage d'inertie absorbée par la classification par rapport à l'inertie totale. Les regroupements opérés sont d'autant plus représentatifs des individus qui les constituent que le pourcentage d'inertie absorbé par la classification par rapport à l'inertie totale (Tc) est élevé (Figure n°3. 12 a et b).

⁴⁹⁶ MOU : Memorandum Of Understanding. Sa création va être suivie de celles d'organismes régionaux du même type à travers le monde : accords de Vina del Mar en 1992 (Amérique du sud) ; Mémorandum de Tokyo en 1993 (Asie côté Pacifique) ; etc. Cinq autres accords régionaux de ce type ont depuis été adoptés à ce jour (dans les Caraïbes en 1996, en Méditerranée en 1997, dans l'océan Indien en 1998, dans les régions occidentales et centrales d'Afrique en 1999, en mer Noire en 2000, et en projet dans le golfe Persique).

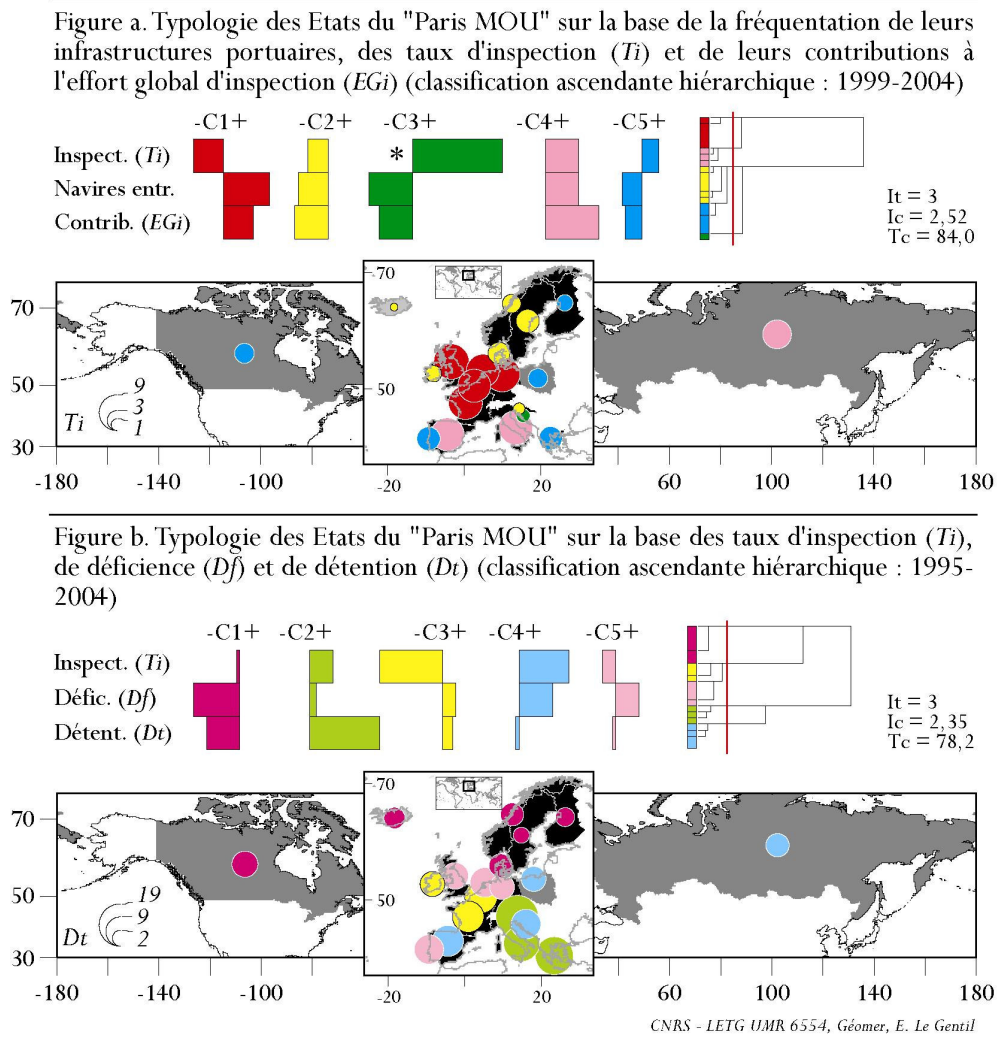
⁴⁹⁷ Les inspecteurs de l'ITF contrôlent les conditions sociales à bord des navires. Mandatés par les syndicats de travailleurs, ils sont 125 à exercer cette activité à travers le monde dont 4 pour la France. Un commandant peut néanmoins s'opposer à leur montée à bord car ils ne dépendent d'aucune administration sauf si le navire en question fait l'objet d'un accord ITF (droit coutumier). En 2007, seulement « 9 000 navires de commerce sont couverts par un accord ITF, sur 22 000 unités navigant sous pavillon de libre immatriculation » (CAILLOU, journal « Le Marin » du 26 janvier 2007).

⁴⁹⁸ IFM : Institut Français de la Mer.

⁴⁹⁹ Sur la base d'une heure de vacation rémunérée entre 80 et 150 € selon les visites à effectuer.

⁵⁰⁰ <http://ifm.free.fr/htmlpages/index1.htm>

Figure n°3. 12a/b. Typologies des Etats membres du Paris MOU en matière de contrôle par l'Etat du port



CNRS - LETG UMR 6554, Géomer, E. Le Gentil

Epoque d'adhésion des Parties contractantes

- 1982-1989 (14 Etats)
- 1990-1999 (Pologne, Canada, Fédération de Russie et Croatie)
- 2000-2004 (Islande et Slovénie)

Remarques

Figure a. Le taux d'inspection (T_i) correspond au pourcentage de navires entrants qui ont été inspectés dans les ports de chaque Etat membre. L'effort global d'inspection (E_{Gi}) correspond à la contribution relative de chaque pays (en %) au nombre total d'inspections effectuées chaque année.

Figure b. Le taux de déficience (D_f) correspond au nombre de déficiences exprimé en pourcentage du nombre total d'inspections. Le taux de détention (D_t) correspond au nombre de navires détenus pour 100 navires inspectés.

Sources : Paris MOU (2001a-2004a, 1998-2005)

La première typologie (Figure n°3. 12a) se base sur le nombre de navires entrants, le taux d'inspection et la contribution de chacun des Etats membres à l'effort global d'inspection (voir Figure n°3. 12 pour les définitions exactes). Elle est particulièrement intéressante car elle montre de fortes disparités grossièrement réparties du centre vers les périphéries des pays membres du Paris MOU. On constate ainsi que les ports les plus fréquentés, en mer du Nord, ont des taux d'inspection inférieurs à la moyenne de l'ensemble des parties contractantes du Paris MOU. A l'inverse, les pays les plus éloignés de cet espace sont, à la fois, ceux qui sont dotés des infrastructures portuaires les moins fréquentées et ceux qui inspectent le plus de navires (en proportion relative). Leur contribution à l'effort global d'inspection est, par contre, mineure (à l'exception de l'Espagne et de l'Italie) en comparaison des

pays riverains de la mer du Nord. Le faible nombre d'inspections pratiquées dans les ports de cette région se comprend au regard de sa forte densité portuaire (voir partie 2, chapitre 1) et des risques de détournement de trafic (au profit de ports plus tolérants) que font peser des taux d'inspection trop élevés. Le Paris MOU avait d'ailleurs envisagé, dès sa création, la possibilité que tous les Etats ne garantissent pas un effort d'inspection similaire (d'où des objectifs chiffrés), et PINIELLA *et al.* (2005) qualifient ces ports de « ports de complaisance ». Cette situation vaudra d'ailleurs à la France (*Ti* : 9,6 %) et à l'Irlande (9,8 %) d'être poursuivies en 2001 par la Commission Européenne devant la Cour européenne⁵⁰¹.

La deuxième typologie est relative à l'efficacité (nombre de déficiences par navire) et aux suites données (détentions) aux inspections des navires. Là encore, la situation est très contrastée. Les pays qui inspectent le plus ne sont pas nécessairement ceux qui relèvent le plus de déficiences ni ceux qui détiennent le plus de navires. Le comportement des pays nordiques est très différent de celui des autres membres du Paris MOU puisque tous leurs indicateurs sont inférieurs à la moyenne générale. Le comportement des pays riverains de la mer du Nord est moins homogène que précédemment, et l'on remarque surtout que les pays dont la sévérité est la plus manifeste sont les derniers contractants au mémorandum de Paris.

Figure n°3. 13a/b. Evolution de l'action du Paris MOU

Figure a. Evolution des déficiences relevées sur des navires et évolution des détentions de navire (1982-2004, valeurs absolues et indices)

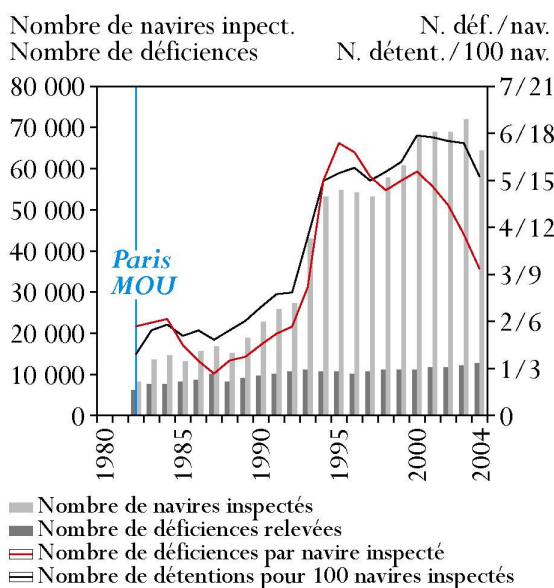
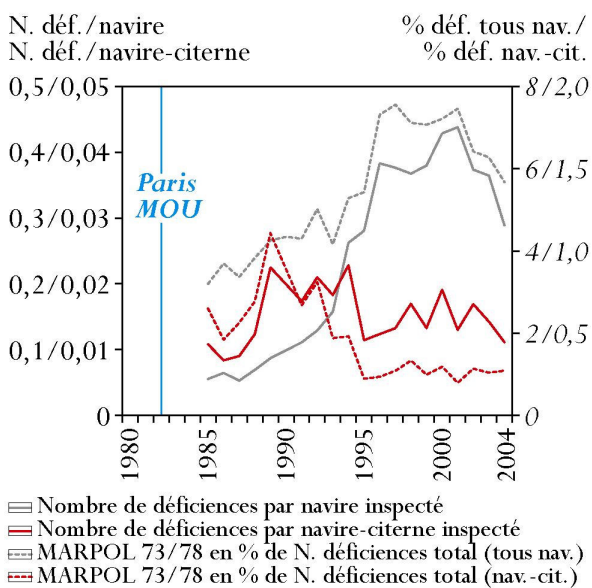


Figure b. Evolution des déficiences relatives aux normes définies par l'annexe 1 de la Convention MARPOL 73/78 (1985-2004, indices et %)



Sources : Paris MOU (2001a-2004a, 1998-2005), TITZ (1989)

Enfin, en terme d'évolution, le nombre de déficiences relevées par navire inspecté et le nombre de détentions pour 100 navires inspectés sont faibles durant les 10-15 années suivant la création du Paris MOU, et ils augmentent subitement au milieu des années 1990, très certainement en raison des pollutions provoquées par les naufrages de l'*Aegean Sea* (1992), du *Braer* (1993) et du *Sea Empress* (1996) (Figure n°3. 13a). Le nombre de déficiences par navire relevant de l'annexe 1 de la convention

⁵⁰¹ La France et l'Irlande ont été poursuivies par la Commission Européenne devant la Cour européenne en 2001 pour l'insuffisance des contrôles par l'Etat du port (ANONYME, <http://ifm.free.fr/htmlpages/index1.htm>) (infraction à la Directive 95/21 du 19 juin 1995 qui introduit en droit communautaire les pratiques administratives nées du Mémorandum de Paris de 1982 sur le contrôle des navires par l'Etat du port et notamment l'exigence de contrôle de 25 % des navires entrants dans ses ports : CHAUMETTE, 1999). Le taux d'inspection de la France est de 23,6 % en 1991, 14,1 % en 1999, 9,6 % en 2001 et 27,6 % en 2004 (MOU, divers numéros). Si elle a été condamnée, elle ne figure pas non plus parmi les Etats les moins préoccupés par cette obligation. La Belgique a un taux d'inspection moyen de 7,6 % pour la période 1991-1999 et de 26,7 % pour 2000-2004 et l'Irlande des taux de 9,8 % et 25,5 % pour les mêmes périodes (MOU, divers numéros). Entre-temps, deux marées noires successives et connues sous le nom de leurs géniteurs respectifs, *Erika* (1999) et *Prestige* (2002), se sont produites et la majeure partie des taux d'inspection remonte subitement.

MARPOL 73/78 suit également cette tendance lorsque l'on considère l'ensemble des navires. De façon plus surprenante, la situation est, en revanche, considérablement différente pour les navires-citernes dont le nombre de déficiences MARPOL 73/78 par navire diminue tout au long de la période considérée (Figure n°3. 13b). Cette évolution est très certainement le résultat des inspections *vetting* pratiquées par les grandes compagnies pétrolières dès le début des années 1990.

Il est toutefois difficile, sur la base de ces informations, de juger de l'efficacité du contrôle par les Etats du port, les différences de comportements relevées entre les Etats, pour des motifs économiques (concurrence intra-portuaire) et des raisons conjoncturelles (pollutions), diminuant très certainement l'efficacité générale de ce système d'inspection. Ce système d'inspection fait d'ailleurs l'objet de plusieurs critiques. Le phénomène des navires sous-normes n'a toujours pas disparu plus de 20 ans après la mise en oeuvre de ce dispositif (BLOOR, 2003). ALDERTON & WINCHESTER (2002c) remarquent que la répétitivité des contrôles exercés sur certains pavillons de libre immatriculation a paradoxalement contribué à augmenter l'attrait des nouveaux entrants sur le marché des registres économiques. BLOOR (2003) souligne le faible intérêt porté aux conditions de vie et de travail des gens de mer à bord des navires inspectés. Enfin, LI & ZHENG (2008) insistent sur les différences régionales existant entre les différents MOU du point de vue de la surveillance des navires (Paris MOU, Tokyo MOU et USCG), et proposent, pour améliorer l'efficacité générale du contrôle par les Etats du port, d'harmoniser davantage les objectifs et les critères d'inspection. Tous ces auteurs reconnaissent toutefois que la mise en oeuvre de ce dispositif a dû améliorer la situation en terme de sécurité maritime (TITZ, 1989 ; ALDERTON & WINCHESTER, 2002c ; BLOOR, 2003 ; LI & ZHENG, 2008), et CHAUMETTE (1999) souligne que 80 % des navires étrangers abordant les ports des Etats signataires du Paris MOU font l'objet d'au moins un contrôle. La baisse du nombre de déficiences par navire et du nombre de détentions pour 100 navires au début des années 2000 peut certainement d'ailleurs être interprétée comme le signe d'une amélioration générale de la qualité de la flotte (Figure n°3. 13a).

Ces données (Figure n°3. 13a/b), tous comme les taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale aux conventions majeures de l'OMI et de l'OIT, ont donc été utilisées pour évaluer l'effet du contrôle par l'Etat du port sur la fréquence des rejets observés à l'échelle des mers régionales d'Europe du Nord-Ouest (déversements opérationnels et accidentels), et ce, même si elles sont difficilement interprétables.

133. L'action des Etats côtiers

Alors que les contrôles effectués par l'Etat du pavillon (ou les sociétés de classification mandatées en tant que telles) et l'Etat du port concernent la réglementation de la sécurité maritime (au sens élargi), plusieurs Etats côtiers ont conclu des accords régionaux au terme desquels ils coopèrent pour la surveillance d'espaces maritimes définis, s'informent réciproquement de la présence de nappes d'hydrocarbures en mer, et s'entraident, le cas échéant, dans les opérations de nettoyage. La mutualisation des moyens aériens permet de surveiller sur une base régulière de vastes espaces maritimes et de s'assurer notamment du respect des normes de rejets autorisés par MARPOL 73/78. Les Etats côtiers ont parallèlement mis en oeuvre des systèmes d'organisation et de surveillance de la circulation maritime. Pour illustrer cette évolution, nous évoquons les améliorations apportées à l'organisation du trafic au large d'Ouessant (pointe de Bretagne) des années 1970 à 2004.

L'action des Etats côtiers en terme de surveillance aérienne des eaux marines des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale

L'objet principal de cette surveillance est, en conformité avec MARPOL 73/78 et les procédures de compte rendu POLREP qu'elle a instituées, de coopérer avec les pays riverains d'un même espace maritime « pour assurer la détection des infractions en recourant à toutes les techniques appropriées de détection, de surveillance, de rapport et de rassemblement des preuves » (MARINE NATIONALE, 1982). Il s'agit également, lorsque qu'une nappe d'hydrocarbures est détectée, d'évaluer les risques de pollution induits par sa dérive pour les espaces côtiers et littoraux adjacents.

Les accords de Bonn concernent la Manche et la mer du Nord. Ils sont nés en 1969 et ont été modifiés en 1989. La convention HELCOM (convention d'Helsinki⁵⁰²) couvre la mer Baltique. Un premier dispositif a été mis en oeuvre en 1974 et a ensuite été profondément remanié en 1992. Enfin, un accord assez similaire a été adopté en 1993 entre la France, l'Espagne, le Portugal et le Maroc, mais il n'est jamais entré en vigueur (accords de Lisbonne de 1993) (Figure n°3. 14a).

L'importance des moyens aériens consacrés à la surveillance des rejets (mineurs) d'hydrocarbures par les pays signataires de ces accords régionaux diffère assez considérablement. Toutefois, plutôt que de comparer directement les heures de vol et l'attitude de chacun des Etats impliqués dans ces accords, il est plus intéressant de comparer l'effort de surveillance rapporté à la superficie de l'espace survolé⁵⁰³ (nombre d'heures de vol normalisées par milliers de km²). Elle est, dès la fin des années 1980, très importante en mer Baltique et ne va quasiment pas cesser d'augmenter jusqu'en 2004. La surveillance est moindre en mer du Nord mais se maintient toutefois à un niveau élevé. Enfin, celle mise en oeuvre au large de la pointe de Bretagne est très élevée au début des années 1980 puis s'effondre en 1983 (Figure n°3. 14b), année au cours de laquelle le centre opérationnel de surveillance et de sauvetage de Corsen devient véritablement opérationnel. Les informations disponibles pour cet espace ne sont pas directement comparables avec les informations relatives à la mer du Nord et à la mer Baltique car l'objet de cette surveillance diffère, du moins au début des années 1980. Il ne s'agit pas seulement de surveiller, à cette époque, les normes de rejets autorisés mais l'ensemble des comportements des navires pour s'assurer qu'ils respectent la totalité des règles définies dans cet espace (Figure n°3. 15c : COLREG, etc.).

En revanche, les différences de surveillance existant entre la mer du Nord et la mer Baltique sont intéressantes. Elles sont à relier, d'une part, à la configuration géographique de ces mers (surface notamment) mais aussi à l'époque de leur classement en « zone spéciale » MARPOL (interdiction totale des rejets opérationnels). La Baltique se voit attribuer cette caractéristique dès l'entrée en vigueur de MARPOL 73/78 en octobre 1983, tandis que les eaux marines du nord-ouest européen n'acquiescent cette spécificité qu'en août 1999. Au-delà de la dissymétrie de l'effort de surveillance, la différence de statut est également un aspect important car la conjugaison de ces deux phénomènes est susceptible de reporter les comportements délictueux vers les périphéries et/ou les zones les moins surveillées (LE GENTIL, 2006). Cette possibilité était d'ailleurs envisagée, dès 1974, dans le texte fondateur de la convention HELCOM, les Parties contractantes devant faire tout leur possible pour veiller à ce que l'application de cette convention n'entraîne pas une augmentation de la pollution dans les zones marines situées en dehors de la zone protégée (article 3, paragraphe 2). L'éventualité d'un report des rejets des zones d'interdiction totale vers les espaces dont le statut diffère, redoutée pendant un temps pour la mer du Nord en raison du statut de la mer Baltique, est également une hypothèse plausible pour les eaux environnantes de la pointe de Bretagne, cet espace étant situé en périphérie immédiate de la nouvelle zone spéciale MARPOL (Figure n°3. 14a). Cette hypothèse est d'autant plus fondée que l'équipement des ports en stations de réception des déchets et résidus d'hydrocarbures est toujours difficile à évaluer.

⁵⁰² « Convention sur la protection du milieu marin dans la zone de la mer Baltique ».

⁵⁰³ L'espace survolé correspond à la surface cumulée des eaux marines qui sont sous la juridiction des pays signataires (eaux territoriales et ZEE). Le nombre total d'heures de vol pour une année est donc rapporté à la somme des surfaces des eaux marines des pays signataires et non à la superficie totale de la mer du Nord ou de la mer Baltique. Tous les pays riverains ne déclarent pas, en effet, au début des périodes considérées, d'heures de vol destinées à surveiller les rejets des navires et nous considérons donc que les eaux qui sont sous leurs responsabilités ne sont pas surveillées dans cet objectif dès lors que des Etats n'ont pas fourni ce type d'information aux secrétariats des accords régionaux.

Figure n°3. 14a/b. Evolution de la surveillance aérienne au regard du statut juridique des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale

Figure a. Statut juridique des différentes mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale

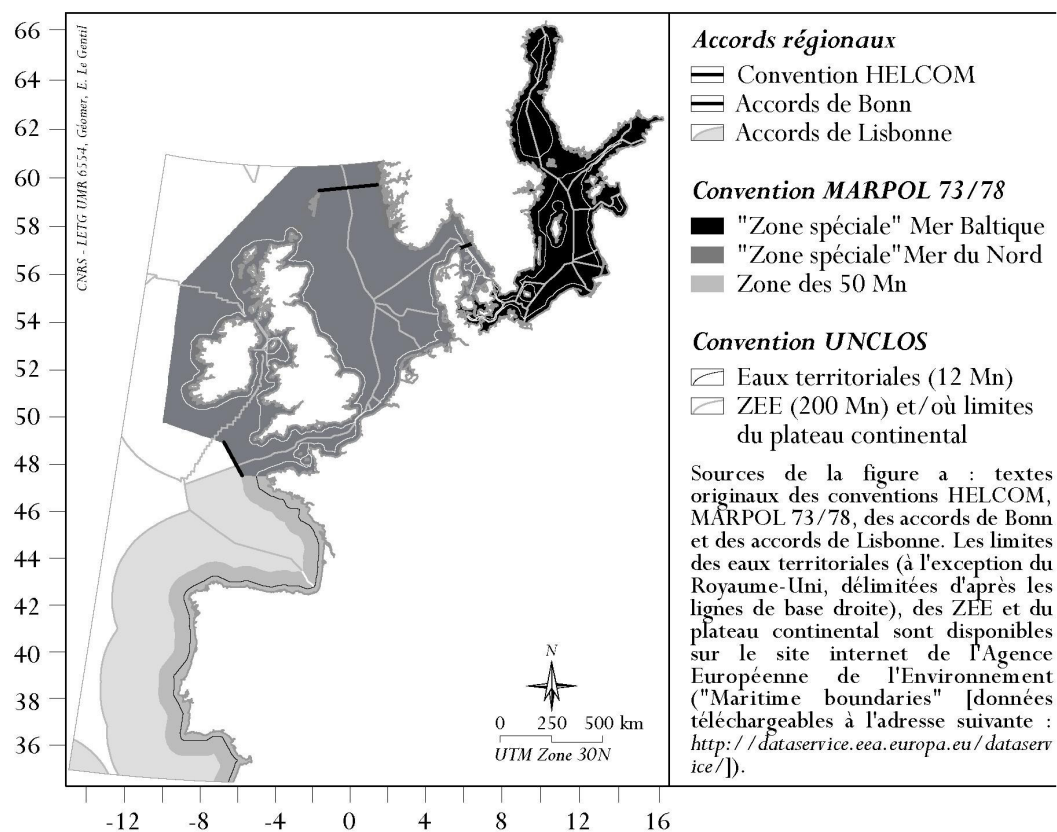
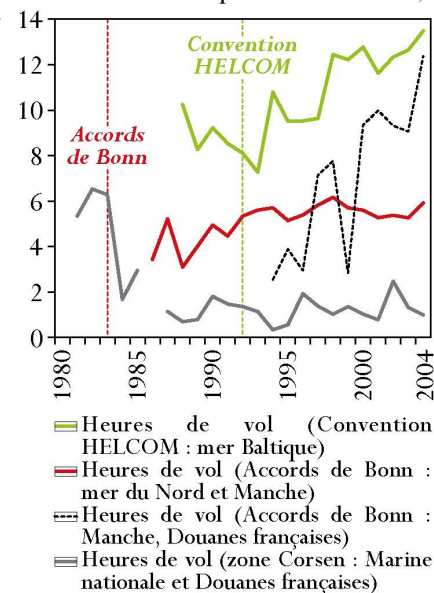


Figure b. Surveillance aérienne antipollution (nombre d'heures de vol normalisées par milliers de km²)



Sources de la figure b : mer Baltique (HELCOM [1990, 1994, 2001-2005]), mer du Nord et Manche (BONN [1987-2005]), pointe de Bretagne (CROSS Corsen [1983-2005]).

L'action des Etats côtiers en terme de surveillance et d'organisation de la circulation maritime

L'autre action des Etats côtiers (et du Port) a été la mise en oeuvre de voies de circulation (DST) puis le développement de Système de Service du Trafic maritime (STM)⁵⁰⁴. Si c'est durant les quarante dernières années que les progrès les plus considérables ont été réalisés en la matière, l'idée d'organiser la circulation en Manche n'est, toutefois, pas nouvelle puisque la nécessité de baliser cet espace pour canaliser les flux de navires fut envisagée dès 1857 (COCKCROFT, 1981).

Pour rendre compte de l'évolution de ce phénomène au large de la Bretagne, nous avons synthétisé l'ensemble des mesures et des améliorations apportées à l'organisation et au suivi du trafic des années 1970 à 2004 (Figure n°3. 15a/b/c). Le premier dispositif de séparation du trafic est institué en 1973. Il est constitué de deux voies, une montante et une descendante, et il ne fait pas l'objet de surveillance particulière jusqu'en 1978, année durant laquelle est créé « Ouessant Contrôle », un centre de suivi du trafic basé sur l'île d'Ouessant (vigie du Stif).

C'est également à cette époque que les premiers remorqueurs de haute mer (*Abeille Flandre* et *Abeille Languedoc*) sont mis en service pour compléter le dispositif de sauvetage et d'assistance maritime des autorités maritimes françaises. L'*Abeille Flandre*, qui intervient en Manche occidentale, a effectué 717 opérations en 20 ans dont 218 assistances à des navires (16 pétroliers) et 205 escortes (QUIVILLIC, 2004). Selon QUIVILLIC (2004), « le tonnage global de produits polluants ayant épargné la côte bretonne par la mise en service de l'*Abeille Flandre* est d'environ 2 500 000 tonnes dont 250 000 tonnes de combustibles de navires (fioul) ». Il est toutefois abusif d'attribuer uniquement le succès de ces interventions à ce remorqueur de haute mer, l'organisation et le suivi de la circulation au large d'Ouessant ayant considérablement été améliorés durant cette période. Les diverses modifications apportées au DST, et notamment l'éloignement des voies de circulation des rivages de la pointe de Bretagne, ont augmenté le temps de dérive des navires en avarie, laissant ainsi plus de marge de manœuvre à l'*Abeille Flandre*.

L'optimisation du suivi des navires a également contribué à un plus grand respect des règles de circulation. COCKROFT (1983) souligne ainsi que l'organisation de la circulation en basse mer du Nord et en Manche a incontestablement réduit le nombre de collisions entre la fin des années 1950 et la décennie 1980. Nous n'avons pu vérifier si cette amélioration s'est poursuivie durant les 20 années suivantes en Manche occidentale, mais le nombre d'infractions (aux règles de routes définies par COLREG 72) recensées par navire détecté a, en tous cas, considérablement diminué (Figure n°3. 15c). On constate aussi que la mise en oeuvre du STM (Service du Trafic Maritime) s'est traduite par l'augmentation du pourcentage de navires identifiés (par rapport au nombre total de navires détectés) (Figure n°3. 15b). Enfin, l'évolution constatée en terme d'organisation et de suivi du trafic au large d'Ouessant n'est pas une situation isolée car la grande majorité des endroits où un fort trafic existe ont été pourvus de systèmes similaires durant les années 1970.

Pour estimer l'influence de la plus grande observance aux normes définies par la convention COLREG 72 sur les rejets accidentels de pétroliers, nous avons utilisé l'évolution du taux d'infraction à COLREG au large d'Ouessant en faisant l'hypothèse que cet indicateur est représentatif de l'amélioration générale de l'organisation de la circulation maritime dans les mers régionales d'Europe du Nord-Ouest (golfe de Gascogne, Manche, mer d'Irlande et mer du Nord).

⁵⁰⁴ L'objet du STM (VTS : Vessel Traffic Service) est d'augmenter le niveau de sécurité maritime et de protection de l'environnement dans une zone strictement délimitée en fournissant des recommandations et des informations sur les conditions de navigation aux navires qui s'en approchent ou la traversent. L'ajout de ce service de diffusion d'informations s'est révélé nécessaire car les DST sont des outils de réduction des risques considérés comme trop passifs (FILIPOWICZ, 2004).

Figure n°3. 15a/b/c. Evolution de l'organisation et de la surveillance de la circulation maritime au large de l'île d'Ouessant

Figure a. Evolution de l'organisation de la circulation maritime au large d'Ouessant

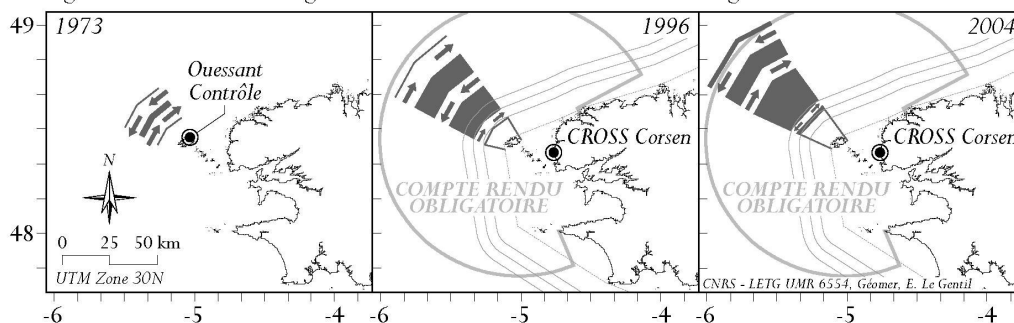


Figure b. Evolution de la surveillance de la circulation (moyens nautiques et aériens) et du trafic identifié

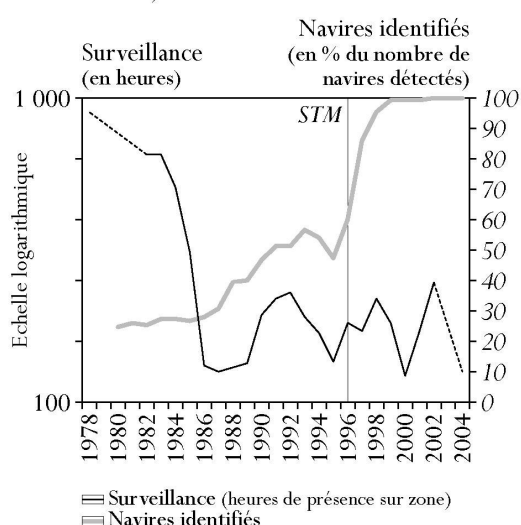
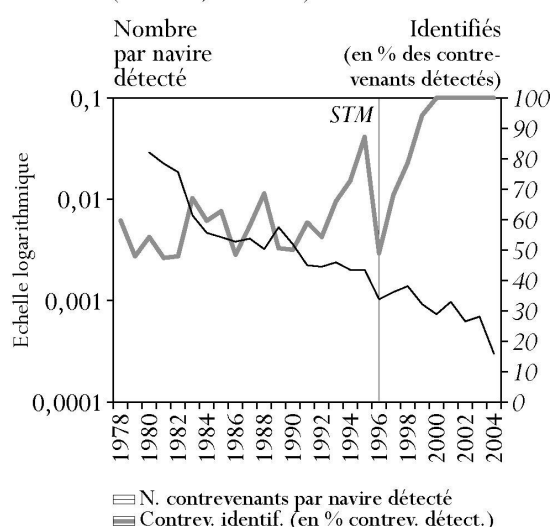


Figure c. Evolution du nombre de contrevenants à COLREG 72 (détectés, identifiés)



Evolution de l'organisation de la circulation au large d'Ouessant et évolution des missions du CROSS Corsen

- 1973. Mise en oeuvre du premier Dispositif de Séparation du Trafic (DST à 2 voies).
- 1978. Surveillance du DST depuis "Ouessant contrôle" (sémaphore du Stiff sur l'île d'Ouessant)
- 1979. Modification du DST (passage à trois voies).
- 1981 (avril). Mise en service de la tour radar du Stiff.
- 1982 (octobre). Mise en service du **CROSS Corsen** (pointe de Corsen) dont les missions sont :
 - surveillance du trafic (détection et, si possible, identification des navires) ;
 - détection des situations potentiellement dangereuses ;
 - diffusion de l'information nautique : bulletins météorologiques, bulletins réguliers (AVURNAV [Avis URgents aux NAVigateurs] et BMS [Bulletins Météorologiques Spéciaux, vents > à force 7]) et, occasionnellement, bulletins supplémentaires (le temps d'un danger pour la navigation).
- 1982. Système de compte rendu de mouvement "MAREP" (MAnche REPort) : facultatif (mais recommandé) pour les navires transportant des hydrocarbures et d'autres matières dangereuses (rail montant ouest).
- 1990. Automatisation du décompte des navires détectés (STAR [Système de Traitement et d'Archivage des données Radar]).
- 1995. Mise en oeuvre du système "NAVTEX International" dans le cadre du SMDSM (Système Mondial de Détresse et de Sécurité en Mer) : diffusion des renseignements nautiques [avis aux navigateurs, bulletins météo, etc.] en zone NAVAREA 2 [rayon de 300 Mn autour d'Ouessant]).
- 1996 (30 novembre). Mise en service du Service du Trafic Maritime (STM) "OUESSREP" (OUESSant REPort) : procédure de compte rendu obligatoire pour les navires de plus de 300 tjb.
- 1996. Bulletins météorologiques côtiers (VHF) : BMS et bulletins réguliers (zone Corsen).
- 1997 (30 janvier). Système de comptes rendus de mouvement SURNNAV (12 Mn) et SURNNAV Avarie (50 Mn).
- 1997/1999. Diffusion (à titre expérimental dès 1997) de bulletins météorologiques large (VHF) : BMS et bulletins réguliers (zones Atlantique et Manche).
- 2001 (1er janvier). Mise en oeuvre du système "NAVTEX national" dans le cadre du SMDSM.
- 2003 (1er mai). Mise en oeuvre du nouveau DST : report des voies vers le large et modification du sens de la circulation.

Sources : KERDILES (1979), COCKCROFT (1981), CROSS Corsen (1982-2004), SHOM (1976, 2000, 2004)

2. Evolutions des rejets d'hydrocarbures des navires aux échelles mondiale, régionale et locale : tendances observées et éléments d'explication

Selon MITCHELL (2003), les difficultés pour évaluer l'effectivité des accords multilatéraux sont nombreuses. La première difficulté est de trouver des données permettant de construire un indicateur reflétant l'effectivité (potentielle) des mesures mises en œuvre. Cette difficulté soulève deux questions distinctes : celle de l'adéquation des mesures élaborées vis-à-vis des objectifs recherchés et celle de l'adéquation de l'indicateur utilisé vis-à-vis de ce qu'il est censé mesurer (cohérence spatio-temporelle⁵⁰⁵, contraintes d'observation, etc.). La deuxième difficulté a trait aux accords récemment négociés et mis en œuvre (5-10 ans) dont l'effectivité n'est généralement pas observable à l'issue d'un laps de temps aussi court. Les mesures les plus récentes ont donc été écartées de cette étude (code ISM de l'OMI, paquets *Erika* à l'échelle de l'Union Européenne, etc.). Enfin, la troisième difficulté est relative au lien de causalité existant entre les mesures mises en œuvre et l'évolution observée. Celle-ci est-elle (totalement, partiellement) le fait des normes élaborées et/ou de facteurs exogènes (contexte économique, avancées technologiques, etc.) ? Il est, là encore, souvent peu évident de hiérarchiser l'influence des unes et des autres.

MITCHELL (2003) ajoute, par ailleurs, que le succès des accords multilatéraux n'est généralement observable qu'en terme de réduction mineure – les mesures adoptées sont le résultat d'un consensus entre acteurs dont les intérêts respectifs divergent parfois considérablement et, au regard, des très fortes pressions exercées sur l'environnement, il s'agit de normes *a minima* – et qu'il faut donc juger le succès de tels instruments sur la base de ce qui se serait passé s'ils n'avaient pas été mis en œuvre plutôt que sur ce qui s'est passé depuis l'instauration de la dite convention⁵⁰⁶. Cette dernière recommandation est, toutefois, problématique car elle suppose l'emploi d'hypothèses souvent invérifiables pour reconstituer une évolution qui ne s'est pas produite. Nous allons voir, cependant, que le recours à des postulats parfois critiquables ne s'inscrit pas dans ce champ unique.

Il faut enfin préciser que les mesures dont l'effectivité est évaluée sont celles que nous supposons comme étant les plus adaptées aux fins recherchées (diminution des rejets). Cette hypothèse pourrait être discutée. Toutefois, étant donné l'ancienneté des mesures retenues⁵⁰⁷, il existe un consensus à l'échelle de la communauté internationale vis-à-vis de leur effectivité potentielle. Dans le cas contraire, elles n'auraient d'ailleurs jamais été adoptées.

Dans la première section, nous évoquons les tendances observées à l'échelle mondiale et discutons de l'influence de plusieurs conventions (OILPOL 54, MARPOL 73/78, SOLAS 74, etc.) et des innovations technologiques des navires. Dans la deuxième section, nous présentons les résultats obtenus aux échelles régionale et locale à l'aide d'autres indicateurs et exposons quelques éléments d'explication (évolution du niveau d'observance des normes élaborées au niveau international, influence du contexte économique du transport maritime, influence des contextes régionaux et locaux).

21. Evolution mondiale

Pour mesurer l'ampleur des rejets d'hydrocarbures à l'océan provenant des navires, deux types d'approches sont utilisés. La première catégorie regroupe les méthodes directes, c'est-à-dire celles qui reposent sur des observations *in situ* (signalements ou observations aériennes des hydrocarbures en mer ou bio-indicateurs [oiseaux mazoutés par exemple]). Ce sont les méthodes utilisées dans le cadre

⁵⁰⁵ L'effectivité de mesures mises en œuvre à l'échelle mondiale doit, en toute logique, être mesurée à l'échelle mondiale. Si la démarche semble évidente, elle est toutefois particulièrement difficile à réaliser pour des raisons diverses : absence contrôle des normes de rejets autorisés et/ou de signalement systématique des déversements en haute mer et dans certaines régions du monde (grande instabilité politique : Afrique de l'Ouest par exemple), etc.

⁵⁰⁶ Comparaison d'un état postérieur à un état de référence, le dernier étant, par ailleurs, souvent inexistant.

⁵⁰⁷ Pour la réduction des rejets opérationnels : stations portuaires de réception des déchets et résidus, normes de rejets autorisés, normes d'équipement et de construction des navires, etc. Pour la réduction des rejets accidentels : normes définies dans le cadre des conventions COLREG 72, SOLAS 74, STCW 78, ILO 147, MARPOL 73/78, etc.

de ce travail pour évaluer l'évolution des rejets (accidentels et opérationnels) des navires aux échelles régionale et locale. Les signalements de rejets sont également les données les plus utilisées à l'échelle mondiale pour évaluer le nombre de rejets et le volume d'hydrocarbures déversés à l'occasion d'avaries de natures diverses. La deuxième méthode, qualifiée de méthode indirecte (*topdown*), est la plus souvent⁵⁰⁸ employée, à l'échelle mondiale, pour évaluer les rejets opérationnels des navires sur la base des caractéristiques des flottes de navires⁵⁰⁹ et d'après leur comportement (préssumé) en terme de respect de la réglementation (observance des normes d'équipement, de rejets, etc.).

La plupart des auteurs qui ont tenté d'estimer l'effectivité des convention OILPOL 54 et MARPOL 73/78 ont eu recours à l'une ou l'autre de ces méthodes selon les circonstances de déversements étudiées (accidentels ou opérationnels). Nous allons présenter rapidement les évolutions observées, discuter de l'influence des innovations technologiques de l'industrie maritime et de l'effectivité des conventions OILPOL 54 et MARPOL 73/78, et évoquer les difficultés rencontrées d'un point de vue méthodologique.

211. L'évolution des rejets accidentels des navires : vers un consensus ?

Evolution générale

Les signalements de rejets accidentels reposent, partiellement, sur la « bonne foi » des opérateurs de l'industrie maritime. En effet, bien que cette procédure soit obligatoire depuis 1983 (convention MARPOL 73/78), rien ne permet d'affirmer que tous les déversements sont recensés, surtout s'ils sont peu volumineux et situés loin des côtes. Toutefois, en ne considérant que les rejets situés au-dessus d'un volume minimum (qui, rappelons-le, varie selon les auteurs), on peut raisonnablement évaluer des tendances sur de longues périodes et, ce faisant, estimer l'effectivité de MARPOL 73/78, la seule convention qui s'intéresse aux rejets d'hydrocarbures provoqués par des accidents de navire.

Toutes les estimations dont nous avons connaissance indiquent que les rejets accidentels de pétroliers ont diminué, en nombre et en volume, entre les années 1970 et les années 2000 et ce, quel que soit le volume minimum à partir duquel les événements polluants sont comptabilisés (Tableau n°3. 15).

Tableau n°3. 15. Evolution des rejets accidentels des transporteurs d'hydrocarbures (pétroliers⁵¹⁰ et barges) à l'échelle mondiale

| Auteurs | Période | Volume minimum | Nombre de rejets | Tendance ^d | |
|-------------------------------------|-----------|------------------|------------------|-----------------------|-----------|
| | | | | Nombre | Volume |
| ANDERSON & LABELLE (2000) | 1974-1999 | ≥ 136 t. | 278 | Réduction | Réduction |
| VIETES <i>et al.</i> (2004) | 1970-2002 | ≥ 700 t. | 410 ^a | Réduction | Réduction |
| ITOPF (2005) | 1970-2004 | ≥ 7 t./ ≥ 700 t. | 1 692/442 | Réduction | Réduction |
| BURGHERR (2007) | 1970-2004 | ≥ 700 t. | 531 | Réduction | Réduction |
| DEVANNEY (CTX) (2006a) ^b | 1965-2005 | Aucun | N. p. | N. p. | Réduction |
| GESAMP (2007) ^c | 1968-1999 | ≥ 34 t. | 917 | Réduction | Réduction |

N. p. : non précisée.

^aLe nombre total de rejets accidentels indiqué par VIEITES *et al.* (2004) correspond à la période 1960-2002 mais les tendances (nombre et volume) évaluées par ces auteurs correspondent à la période 1970-2002.

^bJusqu'au 20/03/2005.

^cD'après les données de l'OSIR.

^dLes tendances indiquées sont celles qui sont explicitement formulées par les auteurs.

Cette diminution correspond à une réduction du nombre de pertes totales de pétroliers (≥ 100 TJB, LLOYD'S Register, divers numéros⁵¹¹) et du nombre d'avaries (sérieuses⁵¹²) des navires-citernes durant les dernières décennies (INTERTANKO [*Tanker Facts*, divers numéros, navires-citernes ≥ 10 000 TPL, 1978-2004] ; ELIOPOULO & PAPANIKOLAOU, 2007 [navires-citernes ≥ 80 000 TPL,

⁵⁰⁸ A l'exception de PLANT (1997) qui utilise cette méthode à l'échelle européenne.

⁵⁰⁹ Consommation de fioul lourd, motorisation (puissance chevaux, etc.), taille des navires, volumes d'hydrocarbures transportés par segment pour les pétroliers, etc.

⁵¹⁰ Pétroliers inclus.

⁵¹¹ Pour la période 1976-2003, le nombre de pertes totales de pétroliers (≥ 100 TJB) s'est réduit de 23 % par an en moyenne et le volume des pertes totales (en TJB) de 45 % par an en moyenne (calculé d'après les données du LLOYD'S Register, divers numéros).

⁵¹² Collisions, contacts, échouements, incendies et explosions, avaries structurelles et autres types.

1978-2003]). Cette évolution est donc logique si l'on considère le rejet comme l'un des aboutissements possibles (avec les décès des membres d'équipage) de l'événement de mer, et il est évident, dans ce contexte, que le plus sûr moyen de réduire les déversements est encore de diminuer la fréquence des événements qui en sont à l'origine. La question de l'influence de la convention MARPOL 73/78 est, en revanche, plus difficile à estimer, la baisse du nombre de rejets observés ayant commencé avant la mise en oeuvre de cette convention (Figure n°3. 16). En terme de volume, la situation est encore moins claire, et il est difficile de se prononcer sur l'effectivité de certaines mesures très médiatisées comme le système double-coques⁵¹³. L'évolution observée est certainement liée, pour partie, à d'autres variables. On peut, par exemple, supposer que la mise en oeuvre des mesures élaborées dans le cadre des conventions COLREG 72 (1978), SOLAS 74 (1980) et STCW 78 (1983), toutes trois destinées à améliorer la sécurité maritime, a joué un rôle significatif. La diminution générale de l'activité du transport maritime d'hydrocarbures durant les années 1980 peut également partiellement expliquer cette diminution, la réduction de la flotte navigante entraînant celle des avaries (HAY *et al.*, 2008). Enfin, le *OPA Act* de 1990 (1994), la généralisation du contrôle par l'Etat du port et l'augmentation des inspections *vetting* (industrie pétrolière : années 1990) ont très probablement augmenté le niveau de conformité de la flotte pétrolière. Dans ce contexte, si les mesures prévues par la convention MARPOL 73/78 ne sont pas les initiatrices de la réduction amorcée durant les années 1970, on peut supposer que le contrôle grandissant de leur mise en oeuvre a, durant les décennies suivantes, certainement favorisé la poursuite de cette tendance.

Figure n°3. 16a/b. Evolution des rejets accidentels d'hydrocarbures signalés par catégorie de navires à l'échelle mondiale de la fin des années 1960 aux années 2000

Figure a. Evolution du nombre de rejets accidentels signalés en fonction du type de navires ("pétroliers, barges" et "autres navires")

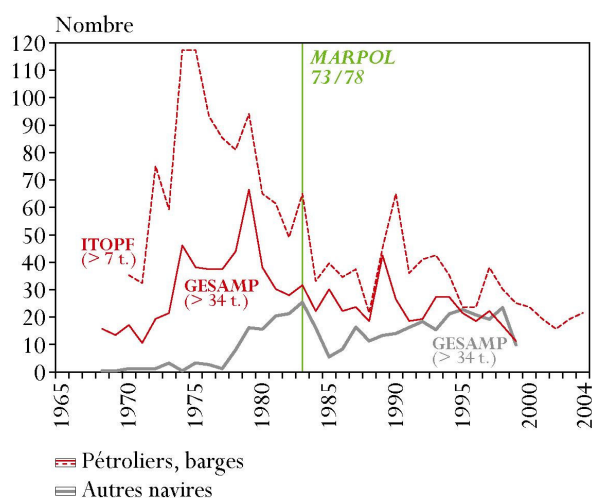
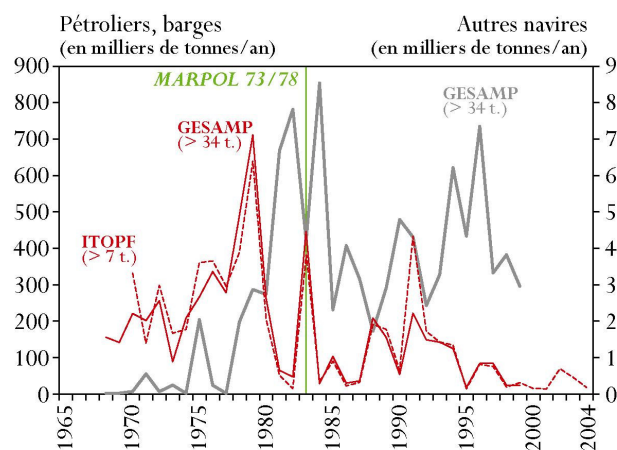


Figure b. Evolution du volume des rejets accidentels en fonction du type de navires ("pétroliers, barges" et "autres navires")



Sources : ITOPE (2005), GESAMP (2007)

En ce qui concerne les rejets accidentels des autres navires, nous disposons seulement des évaluations de BERTRAND (2000) et du GESAMP (2007). D'après ces sources, il n'y a pas d'évolution très notable de la fin des années 1960 à la fin des années 1990 (GESAMP : Figure n°3. 16) et il est difficile de dire si ces rejets augmentent ou diminuent réellement (en nombre et en volume). Les statistiques du

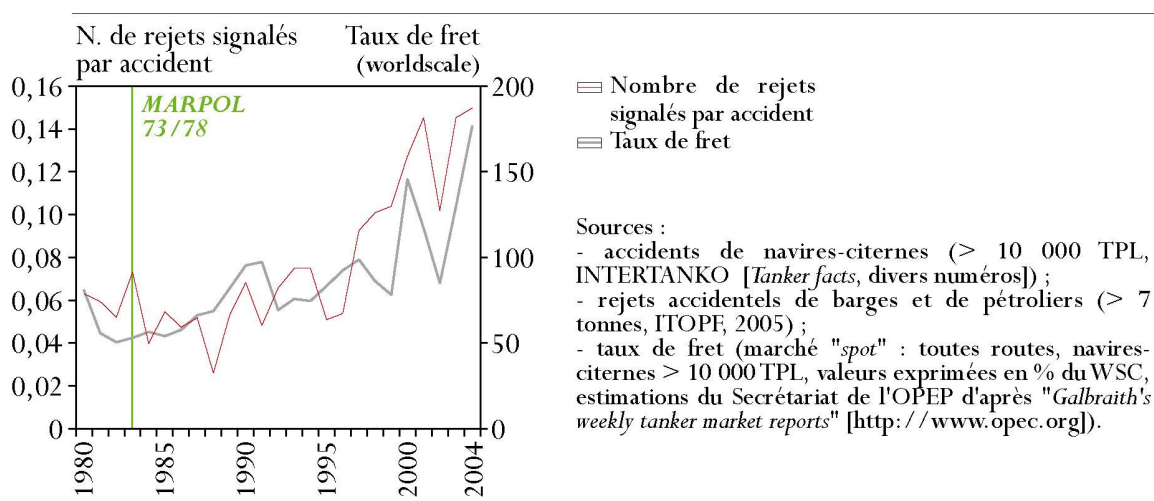
⁵¹³ PAPANIKOLAOU *et al.* (2006) font quasiment l'apologie de cette mesure dans un article très vivement critiqué, à juste titre, par DEVANNEY (2006b). Ces auteurs, en comparant les nombres et les volumes de rejets par type de navire (double-coques et autres navires, 1978-2003), concluent que les pétroliers double-coques polluent moins que les autres types de navire. Le premier problème, c'est que les échantillons qu'ils comparent sont constitués d'un nombre d'individus très différent et qu'aucun test statistique n'est employé pour vérifier la significativité des différences observées (ou alors les résultats des tests pratiqués ne sont pas mentionnés). Le deuxième problème, c'est que leur analyse ne prend en compte que les *Aframax* et que de très volumineux rejets provoqués par d'autres types de pétroliers (dont un double fond : *Aegean Sea*) sont ainsi écartés de leur analyse (DEVANNEY, 2006b). Cela ne signifie pas pour autant que l'emploi du système double-coques est inutile mais seulement que l'on ne peut considérer que son emploi systématique a amélioré la situation en terme de volume déversé, une seule mesure ne pouvant d'ailleurs résoudre à elle seule un problème aussi récurrent durant les dernières décennies. Il est, enfin, très certainement un peu tôt encore pour dire si cette nouvelle norme de construction, au regard des coûts supplémentaires qu'elle suscite (construction, maintenance) et des effets pervers associés (difficultés pour le déséchouement, etc.), est véritablement efficace.

LLOYD'S Register indiquent, pour la même période, une diminution du nombre de pertes totales des catégories de navires correspondantes (≥ 100 TJB, LLOYD'S Register, divers numéros)⁵¹⁴, ce qui laisse penser que la stagnation observée en nombre de rejets recensés et l'augmentation des volumes déversés sont peut-être dues à un report plus systématique des rejets de ces navires à partir des années 1980. Ce n'est qu'une hypothèse puisque les déversements accidentels ne sont pas seulement le produit des naufrages mais de l'ensemble des avaries. Elle est toutefois vraisemblable au regard de l'évolution des signalements des rejets de pétroliers.

Procédure de signalement obligatoire (MARPOL 73/78) : le signalement des rejets accidentels de pétroliers est-il systématique ?

Nous signalons au début de cette section que le report des rejets, bien qu'obligatoire, n'est très certainement pas systématique, d'autant plus si les rejets sont situés loin des rivages et qu'ils sont peu volumineux⁵¹⁵. Nous avons tenté de vérifier cette hypothèse pour la flotte de navires-citernes⁵¹⁶ en étudiant l'évolution du nombre de rejets signalés par avarie. Nous faisons l'hypothèse que, si tous les rejets résultant d'accidents sont signalés depuis l'instauration de la procédure de compte rendu obligatoire en 1983, alors le nombre de rejets par avarie de navire-citerne devrait être assez stable entre 1983 et 2004⁵¹⁷ (ou en diminution si l'efficacité du système double coques est, par exemple, avérée). L'évolution observée est inverse ce qui semble indiquer qu'à nombre constant d'avarie, les navires sont plus polluants (ils signalent plus de rejets) durant la période 1995-2004 que lors des années 1980-1994 (Figure n°3. 17).

Figure n°3. 17. Relation entre l'évolution des taux de fret pétroliers et le nombre de rejets signalés par accident de navire-citerne à l'échelle mondiale (1980-2004)



La forte relation linéaire existant entre le nombre de rejets signalés par accident et les taux de fret pétrolier (1983-2004 : $r = 0,7865$, $P < 0,01$) est également intéressante. Lorsque les taux de fret sont bas, le nombre de rejets signalés par avarie de navire est faible et la situation s'inverse lorsque les taux

⁵¹⁴ Le nombre de pertes totales s'est réduit à un rythme annuel moyen de 4 % par an et leur volume (en TJB) de 7 % par an (valeurs calculées d'après les données du LLOYD'S Register, divers numéros, navires ≥ 100 TJB [vraquiers, porte-conteneurs, navires de pêche, transporteurs de passagers et transporteurs de marchandises diverses]).

⁵¹⁵ Et donc peu susceptibles d'atteindre massivement les rivages, les hydrocarbures déversés étant, pour la plupart, dispersés avant.

⁵¹⁶ La flotte de navires-citernes est la seule catégorie de navire pour laquelle nous disposons de données sur les rejets accidentels et les avaries signalées.

⁵¹⁷ Avant de pouvoir calculer cet indicateur, il faut d'abord s'assurer que les données utilisées, qui proviennent de sources différentes, se recouvrent. Il semble que cela soit le cas, la forte relation linéaire existant entre le nombre d'accidents de navires-citernes et le nombre de rejets signalés par des barges et des pétroliers (1983-2004 : $r = 0,8196$, $P < 0,01$) nous autorise à penser que la très grande majorité des déversements accidentels (≥ 7 tonnes) recensés par l'ITOPF (2005) sont, pour une très large part, le résultat des avaries de navires-citernes ($\geq 10\ 000$ TPL) recensées par l'INTERTANKO (*Tanker facts*, divers numéros). L'hypothèse de stabilité du nombre de rejet par avarie de navire-citerne tout au long de la période est également réaliste puisque accidents et rejets connaissent une évolution très similaire entre 1983 et 2004 (les deux courbes suivent des variations identiques). Enfin, on suppose que les proportions de rejets et d'accidents signalés (par rapport au nombre réel d'événements) sont similaires sur l'ensemble de la période.

de fret sont élevés⁵¹⁸ (Figure n°3. 17). L'évolution du contexte réglementaire ne peut totalement expliquer cette évolution. On peut supposer, dans ces conditions, que les navires signalent tout simplement moins de rejets lorsque les taux de fret sont faibles⁵¹⁹, c'est-à-dire qu'ils se conforment moins à la procédure de compte-rendu obligatoire instituée par MARPOL 73/78. Ce phénomène est compréhensible car, lorsque le prix du transport est faible, la flotte est composée de davantage de navires dont le niveau de maintenance est faible et dont les équipages sont moins bien formés (compression des coûts de maintenance et de main-d'œuvre pour dégager un revenu d'exploitation). Si la dépendance entre la qualité de l'offre de transport⁵²⁰ et le signalement de rejets est très plausible, elle ne remet pas en cause, pour autant, la réduction des rejets accidentels de pétroliers des années 1980 à nos jours. Au contraire, l'amélioration du niveau de signalement dans les années 1990 maximise la réduction des rejets accidentels de pétroliers évoquées entre les années 1980 et 2004, les déversements résultant d'avaries étant certainement plus importants dans les années 1980 que ce que l'on constate d'après les données disponibles⁵²¹.

Conclusion

Au final, le consensus existant autour de l'évolution des déversements accidentels de pétroliers est très certainement le signe d'une réduction réelle des rejets, la dépendance entre taux de fret et taux de signalement contribuant d'ailleurs à minimiser la diminution observée d'après les informations disponibles. La situation est plus confuse en ce qui concerne les rejets accidentels des autres navires et il est difficile de dire si la stagnation du nombre de déversements signalés est le fait d'un report plus systématique de ce type d'événement durant les années 1990. L'augmentation des volumes déversés par ces catégories de navires est peut-être aussi le fait de l'accroissement de leur tonnage (des soutes plus volumineuses se traduisant par des rejets plus volumineux), cette évolution technologique annihilant, partiellement, l'effet des mesures normatives mises en oeuvre durant la même période.

212. Un sujet plus polémique : le cas des rejets opérationnels des navires

La problématique de l'ampleur des volumes d'hydrocarbures déversés lors de rejets opérationnels refait régulièrement surface, très souvent à la suite d'une nouvelle « marée noire » (*Erika*, *Prestige*, etc.). Les auteurs qui évaluent l'ampleur de ces déversements utilisent des méthodes indirectes (« *top down* ») car ils ne disposent pas d'observations *in situ* pour estimer l'ampleur des rejets opérationnels des navires à l'échelle mondiale. Ils estiment le potentiel polluant des différentes flottes de navires sur la base de leurs caractéristiques et pondèrent ensuite (généralement) les valeurs obtenues par un taux de conformité. Si les caractéristiques des flottes de navire sont facilement disponibles et que l'estimation de leur potentiel polluant (taux de production de déchets et résidus) ne pose pas de difficultés particulières, la question de l'observance des obligations définies par la réglementation internationale est plus délicate. La conformité recouvre trois aspects différents :

- (i) la conformité des navires en terme d'équipements ;
- (ii) le respect des normes de rejets autorisés ;
- (iii) et le respect des ports vis-à-vis de leurs obligations en terme de mise à disposition d'installations de réception pour les déchets et les résidus d'hydrocarbures des navires.

A l'échelle mondiale, le premier aspect est assez bien renseigné, le deuxième beaucoup moins et le troisième très mal. Les auteurs qui se livrent à ce type d'estimation sont donc dans l'obligation d'émettre des hypothèses plus ou moins réalistes sur chacun de ces aspects et vont parfois jusqu'à ignorer une ou plusieurs de ces variables. Les rejets opérationnels recouvrent deux types distincts de

⁵¹⁸ On aurait pu penser l'inverse. La détérioration des conditions d'exploitation des navires durant ces périodes favorisant l'émergence d'avaries plus dommageables et donc plus polluantes.

⁵¹⁹ Surtout si les rejets sont peu volumineux et qu'ils sont situés en haute mer (c'est-à-dire loin des rivages et donc peu perceptibles).

⁵²⁰ Si l'on suppose, comme BEURRIER (2005), que l'augmentation des taux de fret durant la dernière décennie assainit l'offre de transport (un prix du transport élevé correspondant à plus de navires mieux entretenus, davantage d'équipages mieux formés, etc. que lorsqu'il est faible).

⁵²¹ Si l'on considère que cette relation fonctionne dans un sens, on peut également supposer qu'elle fonctionne dans l'autre, c'est-à-dire qu'une détérioration du marché du transport maritime (diminution des échanges en cas de récession économique mondiale, par exemple), provoquerait la baisse des taux de fret et diminuerait également le nombre de rejets signalés. Dans ces conditions, si le nombre de rejets signalés reste constant, la stagnation serait très certainement illusoire car elle masquerait une augmentation des déversements par effet de moindre signalement. Ce ne sont toutefois que des hypothèses.

rejets, les déchets provenant de la salle des machines (tous navires) et les résidus de cargaisons (pétroliers uniquement). Le calcul de leur volume respectif est réalisé d'après des méthodes différentes.

Pour donner un aperçu de ce phénomène, nous avons procédé à une synthèse des estimations réalisées sur ce sujet.

L'intérêt de cette démarche est triple :

- (i) montrer l'évolution de ces apports durant les quatre dernières décennies ;
- (ii) souligner les différences observées selon les méthodes et, surtout, les hypothèses de conformité employées ;
- (iii) et discuter de l'effectivité des conventions OILPOL 54, MARPOL 73/78 et le rôle des innovations technologiques en matière de réduction de production de résidus de cargaison.

Les résidus de cargaison des pétroliers

Le calcul des résidus de cargaison des pétroliers se fait généralement sur la base d'un pourcentage du volume total d'hydrocarbures contenu dans les citernes des navires. La production de résidus équivaut donc un taux, variable suivant les auteurs, les époques et les produits pétroliers considérés. Au milieu des années 1950, les résidus de cargaison correspondent à 1 % (TENDRON, 1962). Cette valeur est de 0,5 % dans les années 1960 (BROCKIS, 1967). En 1979, BERTRAND (1979) cite des taux compris entre 0,3 % et 1,2 % de la cargaison « selon que le pétrole transporté est lourd ou paraffineux » et, durant les années 1980, la valeur retenue par l'OMI est de 0,35 % (OMI, 1990 *in* GESAMP, 1993). Enfin, pour l'année 1999, le NAS/NRC (2003) estime ce taux à 0,02 % pour les transporteurs de produits pétroliers légers non équipés de ballasts séparés (navires pré-MARPOL), tandis que pour les navires post-MARPOL, une autre méthode est employée⁵²². Selon ces informations, la production de résidus a donc été divisée par 50 entre 1955 et 1999 et cette diminution est due à l'évolution des équipements des navires-citernes, des innovations destinées à réduire la production des résidus de cargaison générés durant le voyage du navire (LOT, COW et SBT notamment)⁵²³. Nous ne saurions discuter la validité des taux employés suivant les époques, mais l'on peut, en revanche, préciser que deux de ces innovations sont des réponses de l'industrie maritime (LOT, COW) au durcissement de la réglementation et que leur emploi a été encouragé par de nombreux Etats car ces technologies permettaient de réduire les déversements en mer sans que ces pays aient, pour autant, besoin d'équiper leur infrastructures portuaires en coûteuses stations de réception des résidus pétroliers (MITCHELL, 1994ab).

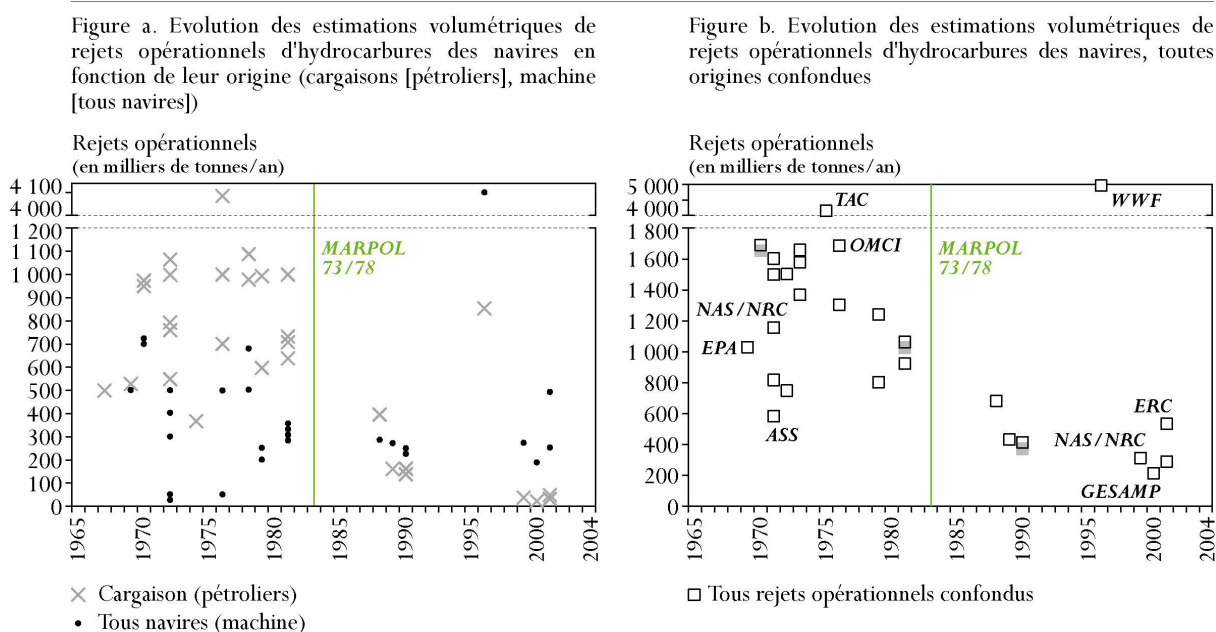
En 1965, les compagnies pétrolières rapportent que 60 % du tonnage mondial sont équipés du LOT (chargement sur résidus) et que 18 % l'envisagent (M'GONIGLE & ZACHER, 1979). En 1974, BOESCH *et al.* (1974) évoquent un taux d'utilisation de 86 % pour l'ensemble de la flotte pétrolière et le NAS/NRC, dans son rapport de 1973, estime que 80 % des navires-citernes en sont équipés. Cette méthode, créée par la compagnie Shell dans les années 1960, est donc rapidement adoptée par une grande majorité de la flotte pétrolière. Paradoxalement, l'efficacité de cet équipement fait polémique. Le NAS/NRC (1973) estime que le système LOT fonctionne correctement dans 90 % des cas, mais M'GONIGLE & ZACHER (1979), d'après des entretiens menés auprès d'experts gouvernementaux et des responsables de l'industrie maritime, estiment cette hypothèse extrêmement optimiste et évoquent des études internes à l'industrie pétrolière où il est fait mention d'un taux d'efficacité de seulement 50 % en 1971 et 1972. A la controverse autour de l'efficacité de cette méthode s'ajoute le fait que les raffineries refusent souvent les pétroles livrés dans ces conditions car le mélange de la cargaison avec des résidus altère la qualité de la marchandise. Selon BERTRAND (d'après les résultats de HOLDSWORTH, 1976 *in* BERTRAND, 1979), la méthode du lavage des citernes au brut (Crude Oil Washing : COW) semble plus efficace et l'élimination complète des rejets opérationnels des pétroliers semble passer par l'utilisation simultanée du COW (institutionnalisée en 1983) et des ballasts séparés (SBT) (BERTRAND, 1979). L'emploi du SBT est d'ailleurs supporté par les Etats-Unis dès 1973 car,

⁵²² Le NAS/NRC calcule dans ce cas précis les rejets et non plus la production potentielle de résidus (voir appendice E de l'étude du NAS/NRC, 2003).

⁵²³ LOT (Load On Top : chargement sur résidus), COW (Crude Oil Washing : lavage des citernes au pétrole brut), SBT (Segregated Ballast Tank : ballasts séparés).

au-delà des motivations environnementales, ce pays voit dans cette mesure⁵²⁴ un moyen de relancer son industrie de la construction navale. La Suède, la Norvège et la Grèce y sont également favorables (MITCHELL, 1994ab). Les compagnies pétrolières et les transporteurs indépendants sont contre l'emploi de cette technique en raison des surcoûts générés et lui préfèrent le lavage au pétrole brut (COW), une technique qui est nettement moins coûteuse en terme d'installation et de maintenance. Disponible dès la fin des années 1960, le COW devient également très attractif durant les années 1970 en raison de l'envolée des prix du brut à la suite des chocs pétroliers de 1973 et de 1979. Selon MITCHELL (1994b), 99 % des pétroliers sont équipés du SBT et/ou du COW durant les années 1990. La capacité de ces méthodes à réduire la production de résidus de cargaison est indéniable et explique, pour une large part, les diminutions observées des années 1960 à nos jours (résidus de cargaison : Figure n°3. 18a et Tableau n°3. 16).

Figure n°3. 18.a/b. Evolution des rejets opérationnels d'hydrocarbures des années 1960 aux années 2000



CNRS - LETG UMR 6554, Géomer, E. Le Gentil

Sources diverses : voir tableau n° 3.16

Les déchets machine de l'ensemble des navires

Les déversements d'hydrocarbures provenant des salles des machines recouvrent deux types de produits : les eaux de cale et les boues d'hydrocarbures. Les études menées à l'échelle mondiale sur la production des boues d'hydrocarbures s'appuient, généralement, sur la consommation mondiale de fioul lourd à laquelle s'ajoutent parfois d'autres critères tels que la puissance des moteurs de propulsion (chevaux-vapeur), le temps passé en mer, etc. (NAS/NRC, 2003), et ce, pour chacune des catégories de navires retenues. Les valeurs produites par cette approche sont exprimées en tonnes d'hydrocarbures. Pour estimer le volume du mélange eau/hydrocarbures généré dans les cales, différentes méthodes sont appliquées⁵²⁵ et le volume net d'hydrocarbures est généralement évalué d'après la teneur supposée en hydrocarbures de ces mélanges. Ces deux valeurs sont ensuite additionnées (teneur en hydrocarbures du mélange eau/hydrocarbures des eaux de cale et volume de boues) pour estimer le volume total de déchets d'hydrocarbures produit par la tranche des machines. Ce volume ne correspond pas cependant à ce qui est rejeté en mer. Les navires sont pourvus

⁵²⁴ Tout comme la double-coque.

⁵²⁵ Le NAS/NRC applique un taux de production d'eaux mazouteuses égal à 0,94 litres/1 000 chevaux-vapeur/jour de navigation pour la flotte commerciale de plus de 100 tjb (NAS/NRC, 2003), tandis que PLANT (1997) estime, sur la base d'autres études, que la teneur en hydrocarbures des eaux de cale est égale à 5 % du volume total des boues produit par les navires. Chaque auteur utilise généralement sa propre méthode.

d'équipements (incinérateur, etc.) qui réduisent le volume des déchets durant les voyages effectués⁵²⁶ et ils en détruisent donc une partie en même temps qu'ils en produisent de nouveaux. On ne peut également pas supposer, pour cette raison, que les vidanges effectuées en mer correspondent à la différence entre la production de déchets des navires et les volumes récoltés dans les stations portuaires (PLANT, 1997 ; EMARC, 1997 ; NAS/NRC, 2003).

Les différentes évaluations des déversements en mer de déchets produits dans la tranche des machines par tous les navires donnent des valeurs fort différentes selon les études consultées pour des périodes très proches. Les différentes méthodes utilisées ne sont pas la seule raison de la diversité des résultats produits par ces différentes études. Il faut y ajouter des hypothèses de conformité totalement opposées. Le meilleur exemple en terme de méthode et d'hypothèse divergentes est très certainement la différence observée entre l'étude de LAURENT *et al.* (2003) et celles du NAS/NRC (2003) et du GESAMP (2007). Derrière un titre accrocheur⁵²⁷, les auteurs du rapport de la WWF se livrent à une extrapolation mondiale fondée sur les résultats d'une évaluation réalisée à l'échelle européenne en faisant l'hypothèse que les volumes d'hydrocarbures estimés déversés sont proportionnels à l'intensité du trafic maritime. Ils évaluent les volumes rejetés pour l'ensemble du globe d'après l'évaluation régionale effectuée par PLANT (1997), en multipliant le résultat le plus pessimiste de cet auteur par 3,4 environ, soit un volume déversé de 4 100 milliers de tonnes en 1996 (LAURENT *et al.*, 2003). Cette valeur correspond à 15-20 fois les volumes d'hydrocarbures rejetés par tous les navires tels qu'ils ont été évalués d'après le NAS/NRC (NAS/NRC, 2003) et le GESAMP (2007).

Au-delà des différences méthodologiques, cette divergence est due aux taux de conformité employés pour pondérer les volumes produits par les compartiments machines. Alors que le NAS/NRC (2003) utilise le taux d'observance de la flotte mondiale aux obligations définies par MARPOL 73/78 et que le GESAMP justifie l'emploi d'un taux équivalent d'après les statistiques récentes des inspections effectuées dans le cadre du contrôle par les Etats du port (taux de conformité des navires d'environ 90-95 % dans les deux cas), le travail de la WWF s'appuie sur un taux de réception portuaire des déchets mazoutaux estimé par PLANT (1997) sur la base d'études menées dans quelques ports de la mer du Nord (Rotterdam, etc.). Si le travail de la WWF est critiquable sur de nombreux aspects⁵²⁸, il a néanmoins le mérite de susciter le débat quant à l'observance des obligations définies par la convention MARPOL 73/78 pour les Etats du port. L'adoption par l'Union européenne de la directive 2000/59 CE destinée à améliorer la disponibilité et l'utilisation des installations de réception portuaires pour les déchets d'exploitation des navires et les résidus de cargaison (ports de plaisance et marinas inclus) peut également être interprétée comme le signe du manquement des ports à leurs obligations.

Un taux d'observance s'attachant seulement à décrire la conformité de la flotte mondiale n'est, semble-t-il, pas suffisant et ce n'est d'ailleurs pas parce que les navires sont conformes, dans leur très grande majorité, aux spécificités techniques définies par MARPOL 73/78 qu'ils respectent pour autant les normes de rejets autorisées. Il existe peu d'information sur les stations portuaires de réception des déchets et résidus à l'échelle mondiale, et ce constat, effectué par l'OCDE (2001b) et le CIRCA (2001, *in* GESAMP, 2007) pour les années 1990, explique certainement l'effectivité réduite de MARPOL 73/78 en la matière. La situation dépeinte par des officiers de la marine marchande française en mars 2000 et juillet 2001 (AFCAN⁵²⁹) dans les ports du golfe Persique n'est d'ailleurs pas très rassurante de ce point de vue.

Il semble, au regard de toutes ces informations, que le débat est loin d'être clos si l'on veut évaluer les effets de la réglementation antipollution à l'échelle mondiale d'après les estimations indirectes. Selon PEET (1994), trop peu de données statistiques existent dans les années 1990 et les hypothèses formulées sont très souvent invérifiables. Plus généralement, les études menées sur les rejets « machine » de l'ensemble des navires de commerce des années 1960 à nos jours ne traduisent pas une

⁵²⁶ Il faut préciser à ce sujet que pour brûler 800 litres de résidus, environ 300 litres de gasoil sont nécessaires pour faire fonctionner l'incinérateur à bord d'un navire (ARDILLON, 2004). L'efficacité de ce type d'équipement est donc limitée. On substitue à la pollution marine (en cas d'actes délictueux) une pollution atmosphérique également préjudiciable pour l'environnement.

⁵²⁷ « 2003 : 20 *Prestige* souilleront la Méditerranée cette année ».

⁵²⁸ PLANT (1997) utilise dans son évaluation européenne trois scénarios de récupération (74 %, 11 % et 3 %), les plus pessimistes étant calibrés sur les résultats d'études portuaires évoquées ci-dessus. Ce sont les taux les plus pessimistes que la WWF utilise dans son étude.

⁵²⁹ Un officier de marine marchande, dans un dossier de l'AFCAN, donne plusieurs exemples de refus manifestes des résidus de cargaison de pétroliers (*slop*) au Koweït, à Bahreïn, Jubail et Ulsan, ou d'absence d'installation prévues pour cette opération à Sri Racha, Singapour, etc. durant les années 2000 et 2001 (AFCAN, http://www.afcan.org/dossiers_techniques/slops.htm).

diminution aussi notable que celle des déversements des résidus de cargaison produits par les pétroliers.

Tableau n°3. 16. Synthèse de la littérature recensée sur l'évaluation des rejets opérationnels des navires à l'échelle mondiale (en milliers de tonnes)

| Année(s) de l'estimation/ Année de publication | Auteur(s) | Rejets opérationnels | | |
|---|---|---------------------------|---------------------------|-------|
| | | Pétroliers (cargaison) | Tous navires (machine) | Total |
| 1955/1962 | TENDRON | 2950 | – | – |
| 1967/1967 | BROCKIS | 500 | – | – |
| 1969-1970/1970 ^a | EPA ^j | 530 | 500 | 1 030 |
| ?/1970 ^a | MIT ^k | 960 | 720 | 1 680 |
| 1970/1971 ^b | PORICELLI <i>et al.</i> | 967 | 700 | 1 667 |
| ?/1971 ^a | ASS ^l | 551 | 31 | 582 |
| ?/1971 ^a | NAS ^m | 1 000 | 500 | 1 500 |
| 1971/1973 ^c | CHARTER & PORICELLI | 756 | 403 | 1 159 |
| 1971/1971 ^a | NORWEGIAN SHIPPING ASSOCIATION | – | – | 1 604 |
| ?/1971 ^a | HOLDSWORTH | 790 | 27 | 817 |
| ?/1972 ^a | JEFFREY | 700 | 50 | 750 |
| 1972/1973 ^a | BRUMMAGE | 1 000 | 500 | 1 500 |
| ?/1973 ^a | CHARTER <i>et al.</i> | 1 070 | 300 | 1 370 |
| 1973-1978/1979 ^a | OMCI ^o | – | – | 1 690 |
| 1973-1977/1979 ^a | TAC ^p | – | – | 4 154 |
| 1973/2004 | BHATIA & DINWOODIE | 980 | 680 | 1 660 |
| 1973/1975 ^d | NAS/NRC ⁿ | 1 080 | 500 | 1 580 |
| ?/1976 ^a | WARDLEY & SMITH | 1 000 | 300 | 1 300 |
| 1972-1976/1976 ^a | GROSSLING | 370 | – | – |
| 1973-1978/1979 ^c | McKENZIE (TAC) | 4 088 | – | – |
| 1979/1980 ^f | DOUGLAS & GRANT | 994 | 249 | 1 243 |
| 1979/1981 ^g | KORNBERG | 600 | 200 | 800 |
| 1981/2004 | BHATIA & DINWOODIE | 635 | 290 | 925 |
| 1981/1983 ^g | BAKER | 710 | 340 | 1 050 |
| 1981/1985 ^h | NAS/NRC | 730 | 320 | 1 050 |
| 1988/1990 ^h | BLAKE | 398 | 283 | 681 |
| 1990/2004 | BHATIA & DINWOODIE | 145 | 227 | 372 |
| ?/1989 ^h | USCG ^r | 162 | 272 | 434 |
| 1990/1993 ^g | NAS/NRC et GESAMP ^s | 159 | 253 | 412 |
| 1996/2003 | LAURENT <i>et al.</i> (WWF ^t) | 850 | 4 100 | 4 950 |
| 1999/2003 | NAS/NRC | 36 | 272 | 309 |
| 2000/2007 | GESAMP | 19 | 189 | 208 |
| 2001/2004 | BHATIA & DINWOODIE | 36 | 250 | 286 |
| 2001/2004 | ETKIN (ERC ^u) | 33 | 493 | 526 |

^aIn BERTRAND, 1979

^bIn BOESCH *et al.*, 1974

^cIn TRAVERS & LUNEY, 1976

^dIn TEAGUE *et al.*, 1975

^eIn KNAP *et al.*, 1980

^fIn OMI, 1998

^gIn GESAMP, 1993

^hIn BERTRAND, 2000

ⁱIn EMARC, 1997

^jEnvironmental Protection Agency (EPA)

^kMassachusetts Institute of Technology (MIT)

^lAlcan Shipping Services (ASS)

^mU.S. National Academy of Sciences (NAS)

ⁿNational Research Council (NRC)

^oOrganisation Maritime Consultative Internationale (OMCI)

^pTanker Advisory Center (TAC)

^rUnited States Coast Guards (USCG)

^sGroup of Experts on the Scientific Aspects of Marine environmental Protection (GESAMP)

^tWorld Wide Fund for nature (WWF)

^uEnvironmental Research Consultants (ERC)

214. Conclusion

Si les diminutions des rejets accidentels et opérationnels des pétroliers semblent indiscutables des années 1980 à nos jours, l'évolution des déversements accidentels des autres catégories de navires et celle des rejets opérationnels de l'ensemble de la flotte (compartiments machine) sont plus incertaines. La convention OILPOL fut inefficace pour des raisons très simples. Les procès verbaux devaient être adressés au navire en infraction par l'Etat du pavillon, ce qui était rarement le cas, surtout lorsqu'il s'agissait de pavillons économiques. Il n'existait pas, en outre, de contrôle par l'Etat du port et donc aucun moyen de s'assurer de la conformité des navires aux normes prévues par la réglementation internationale. Enfin, l'expérience montra que le contrôle du respect des normes de rejets autorisés (définies pour des bandes côtières variant de 50 à 100 milles) n'était réel que jusqu'à 3 milles nautiques des rivages. Les violations des obligations définies par OIPOL 54 étaient donc la règle (IMCO, 1964 *in* MITCHELL, 1994a).

Le constat de la relative ineffectivité des instruments adoptés à l'occasion de MARPOL 73/78 pour réduire les rejets opérationnels fut également souligné par plusieurs auteurs (GESAMP⁵³⁰, 1993 ; MITCHELL, 1994b ; PEET, 1994). Selon MITCHELL (1994b), la Convention Marpol 73/78 constitue à la fois un échec au niveau du respect des normes de rejets autorisés et une réussite du point de vue de la conformité des équipements requis. S'il est évident que l'emploi de nouveaux équipements à bord des navires a participé de la diminution du potentiel polluant des compartiments machine (ODME, séparateurs, etc.), l'augmentation de la flotte et de la dimension des unités de commerce a également peut-être partiellement annihilé l'effet des mesures adoptées. Les méthodes d'évaluation indirectes utilisées pour apprécier les effets de la réglementation internationale sont également très imparfaites du fait de l'emploi d'hypothèses de conformité difficilement vérifiables et l'on a parfois le sentiment que l'OMI se félicite du succès des politiques de réduction des risques de pollutions mises en œuvres (OMI, 1998a) sans pour autant disposer d'indicateurs qui fassent l'objet d'un véritable consensus. PEET (1994) conclut d'ailleurs un article sur la difficulté de mesurer l'effectivité de MARPOL 73/78 par cette phrase : « one cannot conclude that MARPOL 73/78 is successful if that conclusion is based on the assumption that MARPOL 73/78 is successful », cet auteur précisant toutefois que les hypothèses de conformité émises par l'OMI et le NAS/NRC peuvent être exactes mais que la possibilité d'un optimisme exacerbé n'est pas non plus exclue. On peut en tous cas supposer, comme MITCHELL (2003) le préconise, que la situation actuelle serait certainement pire encore si le cadre réglementaire international n'existait pas.

Il est intéressant, au regard de ces incertitudes, d'estimer à l'échelle régionale l'évolution de l'ensemble de ces rejets à l'aide d'autres indicateurs.

22. Evolutions locales et régionales

Dans cette section, nous présentons les tendances observées en terme de rejets opérationnels et accidentels des navires en divers endroits des mers régionales d'Europe du Nord-Ouest. Nous n'avons pu procéder à l'estimation de ces évolutions à l'échelle de l'ensemble des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale en raison du manque d'homogénéité des informations produites dans le cadre de ce travail. L'évolution des rejets opérationnels des navires a été évaluée sur la base du nombre d'observations aériennes de déversements mineurs par heure de vol normalisée et des taux de mazoutage des oiseaux en divers endroits. Celle des rejets accidentels a été menée à l'échelle des eaux marines du nord-ouest européen. Après la présentation des tendances observées, nous évoquons l'effectivité des différentes mesures évoquées précédemment et les incidences du contexte économique du transport maritime et des caractéristiques régionales et locales sur les évolutions observées.

⁵³⁰ GESAMP : Groupe of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution. Ce groupe d'experts a été constitué sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies (ONU) et leurs travaux ont donné lieu à la publication, en 1993, d'un rapport sur les effets des pollutions induites par les hydrocarbures et les produits chimiques (GESAMP, 1993).

211. Méthodologie

Normalisation des données

Avant de procéder à l'évaluation des tendances de rejets observés, nous avons dû normaliser les données utilisées en raison de leur très forte variabilité d'une année sur l'autre et pour rendre constante la variance des erreurs. C'est également une condition nécessaire pour que le test statistique employé ait un sens (le test de Fisher [F] est utilisé pour tester l'hypothèse d'indépendance [H_0]), d'autant plus que nous ne rentrons pas, dans le cas présent, dans le cadre de la théorie asymptotique en raison du faible nombre d'années considérées (généralement inférieur à 20). La méthode de normalisation employée dépend de la relation suspectée entre l'écart-type résiduel et la réponse Y (AZAIS & BARDET, 2005). Le choix des méthodes s'est fait sur la base des méthodes employées pour des données similaires (ou dont les caractéristiques sont semblables) dans la littérature disponible.

Pour les observations aériennes d'hydrocarbures (nombre de rejets mineurs par heure de vol normalisée) et les rejets accidentels de pétroliers (rejets ≥ 50 tonnes [$\pm 10\%$]), la normalisation (transformation a [Ta]) est effectuée de la manière suivante (d'après AZAIS & BARDET [2005], McCUNE & GRACE [2002] in LARSEN *et al.* [2007]) :

$$Ta = \frac{2}{\pi} \left(\arcsin \left[\sqrt{y} \right] \right)$$

où y correspond à la variable considérée (nombre ou volume des rejets accidentels de pétroliers ou nombre d'observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures par heure de vol normalisée).

Pour les oiseaux mazoutés, étant donné que nous utilisons les données de CAMPHUYSEN (2005a), nous avons repris la méthode employée par cet auteur. La normalisation (transformation b [Tb]) des taux de mazoutage est effectuée de la manière suivante (d'après CAMPHUYSEN, 1998) :

$$Tb = \log \left(\frac{y}{1-y} \right)$$

où y correspond aux taux de mazoutage dérivé des BBS effectuées chaque année.

Tendance

La tendance a été évaluée d'après des régressions linéaire ou polynomiale (méthode des moindres carrés), l'objectif étant de trouver le meilleur ajustement possible pour ensuite pouvoir tester la significativité statistique de la tendance observée à l'échelle de la période et de l'espace considéré.

Pour ce faire, nous procédons à un test de Fisher (F)⁵³¹ (AZAIS & BARDET, 2005). Il consiste à tester l'hypothèse d'indépendance H_0 entre les valeurs de X et de Y . Si H_0 est rejetée, c'est-à-dire que la pente de la régression (linéaire ou polynomiale) diffère de 0 ($H_0 \neq 0$), alors la significativité statistique de la tendance est dite :

- (i) très significative si $P < 0,01$ (***)⁵³² ;
- (ii) significative si $0,01 < P < 0,05$ (**) ;
- (iii) peu significative si $0,05 < P < 0,1$ (*).

P est la probabilité associée au test de Fisher (F), c'est-à-dire la probabilité de considérer une tendance comme significative alors qu'elle ne l'est pas. Des coefficients $< 0,05$ indiquent, par exemple, qu'ils sont significativement différents de 0 (rejet de l'hypothèse d'indépendance H_0) au niveau de confiance de 95 %. Le coefficient de détermination (r^2) associé à la régression exprime la qualité de l'ajustement, c'est-à-dire le pourcentage de variance expliqué par la régression de Y en X . Ce coefficient varie entre 0 et 1. Plus il est proche de 1 et plus la droite ou la courbe d'ajustement est représentative de la tendance temporelle (s'il en existe une).

⁵³¹ Ce test est indépendant du nombre de régresseurs *a contrario* du coefficient de détermination qui est sensible au nombre de régresseurs employés (régression polynomiale d'ordre 2) (AZAIS & BARDET, 2005). Ce dernier indique cependant une information complémentaire (pourcentage de variance expliqué par l'ajustement) et il est, à ce titre, également indiqué.

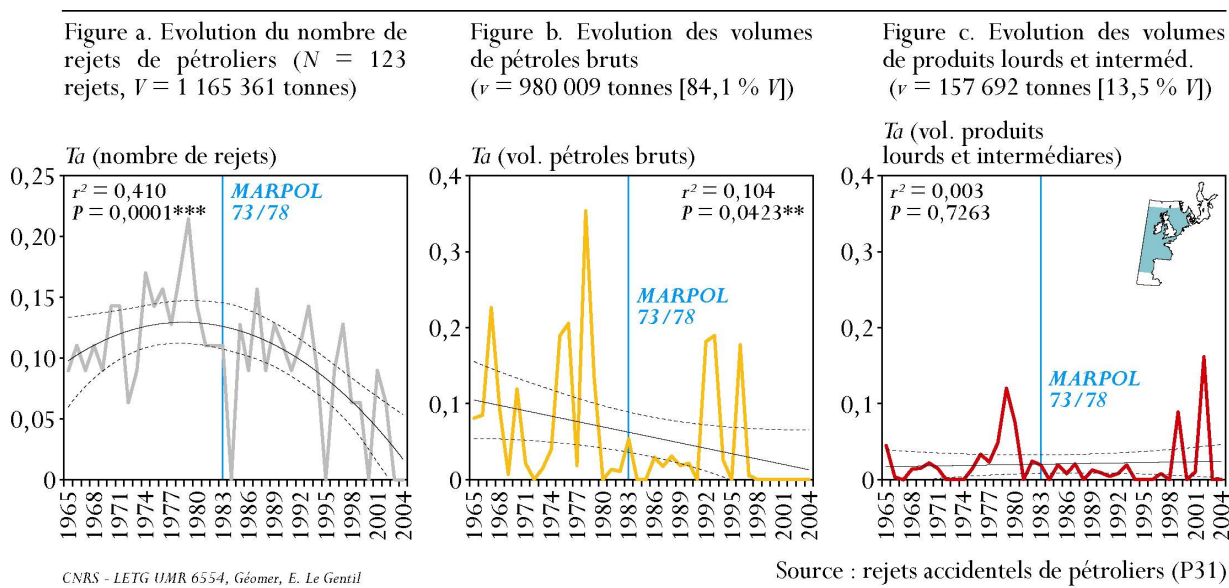
⁵³² Des signets figurent à côté de la probabilité associée à la valeur du test dans les tableaux et graphiques pour en faciliter la lecture.

212. Evolution des rejets accidentels de pétroliers dans les eaux marines de l'Europe du Nord-Ouest (1965-2004)

Pour évaluer la tendance des rejets accidentels, nous n'avons considéré que les avaries de pétroliers qui sont survenues dans les eaux marines d'Europe du Nord-Ouest (rejets ≥ 50 tonnes). Cet espace a été retenu car il semble que nous ne disposions d'informations homogènes qu'à cette échelle. La très grande amplitude des variations observées lorsque l'on considère l'ensemble des rejets et/ou des types de navires à l'échelle de l'ensemble des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale laisse supposer qu'il n'est pas possible d'estimer de tendances réalistes. La zone finalement retenue correspond, en outre, à la zone définie par le LLOYD'S et sera donc utile ultérieurement pour comparer l'évolution des rejets à celles des avaries de pétroliers pour la même période⁵³³.

En terme de rejets accidentels, on assiste à une augmentation régulière des rejets accidentels de 1965 jusqu'au début des années 1980. La période suivante est marquée par une importante réduction des rejets, notamment à partir du début des années 1990. La tendance est similaire lorsque l'on considère les volumes de pétrole brut déversés. Par contre, cette tendance à la diminution n'existe pas pour les volumes de fioul rejeté. D'après ces seules informations, MARPOL 73/78 semble donc effective, d'autant plus si l'on considère l'évolution des volumes d'hydrocarbures transitant en Manche (35 578 000 tonnes en 1986 [BESNARD, 1987] ; 115 millions de tonnes en 2001 [CEPPOL, 2002]), un espace que l'on peut raisonnablement considérer comme représentatif de l'évolution générale des mouvements d'hydrocarbures par voie maritime en Europe du Nord-Ouest du fait de l'origine ou de la destination des navires en transit dans cet espace (voir chapitre 1, partie 2). L'absence de tendance observée pour les déversements de fioul lourd correspond en revanche à une augmentation sensible du trafic de ce type de marchandises dans le même espace. Ce trafic, évalué à environ 5 millions de tonnes par an en 1986 (5 120 327 tonnes : BESNARD, 1987), est trois fois plus important à la fin des années 1990 et au début des années 2000 (CEPPOL, 2002). Ce fait, conjugué à la vétusté des navires employés pour effectuer son transport, explique très certainement l'absence de tendance observée.

Figure n°3. 19. Evolutions du nombre de rejets accidentels (a : régression polynomiale [ordre 2]) et des volumes de pétroles bruts (b : régression linéaire) et de « produits lourds et intermédiaires » (c : régression linéaire) déversés en mer par des pétroliers en Europe du Nord-Ouest
(rejets ≥ 50 tonnes [± 10 %], 1965-2004, données normalisées)



⁵³³ Le LLOYD's (BD LMIS) comptabilise les avaries des navires de plus de 100 TJB depuis 1978 mais ces informations n'ont pu être acquises dans le cadre de ce travail en raison de leur coût.

Tableau n°3. 17. Relations entre l'évolution des rejets accidentels de pétroliers signalés dans les eaux marines d'Europe du Nord-Ouest et les taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale (Etats du pavillon) (1985-2004, coefficients de corrélation linéaire de Bravais-Pearson [r])

| | MARPOL 73/78 | SOLAS 74 | STCW 78 | ILO 147 |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| N. rej. acc. (Ta) | -0,5877 (0,0064)*** | -0,6872 (0,0008)*** | - 0,5585 (0,0105)** | -0,0707 (0,7669) |
| V. rej. acc. (Ta) | 0,1568 (0,5091) | 0,0737 (0,7575) | 0,2025 (0,3920) | -0,0386 (0,8718) |

Variables :

- N. rej. acc. (Ta) : nombre annuel de rejets accidentels de pétroliers ≥ 50 tonnes.
- V. rej. acc (Ta) : volume annuel cumulé des rejets accidentels de pétroliers ≥ 50 tonnes.
- MARPOL 73/78 : taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale de pétroliers (valeurs exprimées en % du TPL) aux normes définies par la Convention MARPOL 73/78 (annexe 1) (amendements inclus).
- SOLAS 74 : taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale de pétroliers (valeurs exprimées en % du TPL) aux normes définies par la Convention SOLAS de 1974 (amendements inclus).
- STCW 78 : taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale de pétroliers (valeurs exprimées en % du TPL) aux normes définies par la Convention STCW de 1978 et son protocole de 1995 (amendements inclus).
- ILO 147 : taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale de pétroliers (valeurs exprimées en % du TPL) aux normes définies par la Convention ILO 147 de 1976 (protocole de 1996 inclus).

Tableau n°3. 18. Relations entre l'évolution des rejets accidentels de pétroliers signalés dans les eaux marines d'Europe du Nord-Ouest et le contrôle du respect des normes par les Etats du port et les Etats côtiers (1985-2004, coefficients de corrélation linéaire de Bravais-Pearson [r])

| | Etat côtier (COLREG 72) | Etat du port | | |
|-------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| | | MOU 1b | MOU 2a | MOU 2b |
| N. rej. acc. (Ta) | 0,5773 (0,0077)*** | 0,4104 (0,0723)* | -0,5720 (0,0084)*** | -0,5283 (0,0167)** |
| V. rej. acc. (Ta) | -0,0659 (0,7825) | 0,2957 (0,2057) | 0,0440 (0,8537) | 0,0730 (0,7598) |

Variables :

- N. rej. acc. (Ta) : nombre annuel de rejets accidentels de pétroliers ≥ 50 tonnes.
- V. rej. acc (Ta) : volume annuel cumulé des rejets accidentels de pétroliers ≥ 50 tonnes.
- COLREG 72 : taux d'observance estimé sur la base du nombre de navires en infraction aux règles de circulation définies par la Convention COLREG de 1972 dans le DST « Ouessant Trafic » (valeurs exprimées en nombre d'infraction pour 100 navires détectés).
- MOU 1b : nombre de déficiences MARPOL 73/78 (annexe 1) relevées par navire-citerne inspecté.
- MOU 2a : nombre total de déficiences relevées par navire inspecté (tous types de navires).
- MOU 2b : nombre total de détentions (tous types de déficiences) pour 100 navires inspectés (tous types de navires).

Tableau n°3. 19 . Relations entre l'évolution des rejets accidentels de pétroliers signalés dans les eaux marines d'Europe du Nord-Ouest et quelques indicateurs représentatifs du marché des hydrocarbures (1985-2004, coefficients de corrélation linéaire de Bravais-Pearson [r])

| | Taux de fret | | Immatriculation (FOC) | Importations d'hydrocarbures en Europe |
|-------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|--|
| | Golfe Persique/Europe NW | Méditerranée/Europe NW | | |
| N. rej. acc. (Ta) | -0,6311 (0,0028)*** | -0,6585 (0,0016)*** | -0,3421 (0,1398) | -0,6517 (0,0019)*** |
| V. rej. acc. (Ta) | -0,3677 (0,1107) | -0,1230 (0,6054) | 0,1943 (0,4117) | 0,0990 (0,6781) |

Variables :

- N. rej. acc. (Ta) : nombre annuel de rejets accidentels de pétroliers ≥ 50 tonnes.
- V. rej. acc (Ta) : volume annuel cumulé des rejets accidentels de pétroliers ≥ 50 tonnes.
- Taux de fret (marché « spot ») : routes « golfe Persique/Europe du Nord-Ouest » et « Méditerranée/Europe du Nord-Ouest » : estimations du Secrétariat de l'OPEP d'après « Galbraith's weekly tanker market reports » (<http://www.opec.org>) (valeurs exprimées en \$ US/baril).
- Immatriculation (FOC) : évolution de la flotte pétrolière mondiale immatriculée dans des « registres économiques » (FOC : Flag of Convenience) (valeurs exprimées en % du TPL).
- Importations d'hydrocarbures : volume annuel en tonnes (BP, 2006).

Nous avons également testé diverses hypothèses concernant l'influence des contextes normatifs (observance et mise en oeuvre) et socio-économique (immatriculation, coût du transport, volume des

importations d'hydrocarbures) sur l'évolution des rejets accidentels observée entre 1985 et 2004 (test de corrélation linéaire de Bravais-Pearson [r]⁵³⁴). Malgré l'apparente relation entre l'accroissement du taux de conformité de MARPOL 73/78 et la diminution des rejets, rien ne permet *a priori* de dire si cette évolution est le résultat de sa mise en oeuvre.

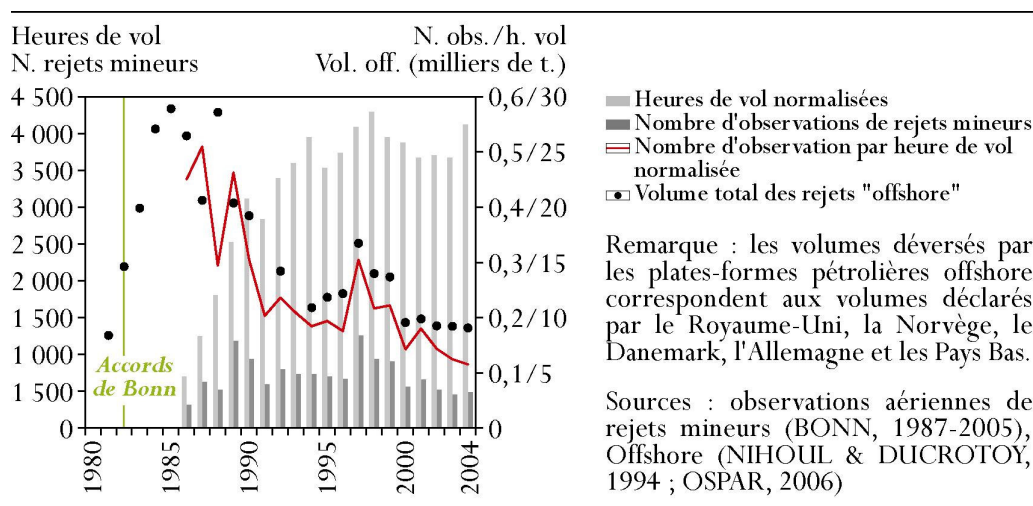
L'évolution de l'observance (hypothétique) de la flotte pétrolière à la convention SOLAS a autant contribué à la réduction observée que MARPOL 73/78. Les taux de conformité de ces deux conventions internationales sont très statistiquement inversement corrélés à l'évolution des rejets accidentels de pétroliers. Autre fait remarquable, l'influence des taux de fret est également manifeste, leur augmentation se traduisant par une diminution des rejets. On peut penser que le coût du transport étant de plus en plus élevé, les navires les plus vétustes ont été sortis de ce marché car les chargeurs ont vis-à-vis des transporteurs des exigences plus grandes en terme de sécurité. Ce résultat tend à confirmer l'influence du contexte socio-économique en terme d'accidentologie à l'échelle régionale.

213. Evolution des rejets opérationnels des navires en différents endroits (1960-2004)

Evolution générale depuis l'entrée en vigueur de la Convention MARPOL 73/78 (normes de rejets et stations portuaires de réception)

L'évolution des rejets opérationnels d'hydrocarbures des navires a été réalisée en divers endroits. Si l'on peut utiliser les informations communiquées par le Secrétariat des accords de Bonn pour estimer l'évolution générale des rejets mineurs d'hydrocarbures en Manche et (surtout) en mer du Nord, l'intérêt de ces informations semble plus discutable pour cerner l'évolution de l'usage du rejet opérationnel. Les données que cet organisme produit, lorsqu'elles sont considérées dans leur totalité, montrent une tendance similaire à celle des volumes d'hydrocarbures déversés par les plates-formes pétrolières au cours de la même période (données OSPAR : Figure n°3. 20).

Figure n°3. 20. Evolution des observations aériennes de rejets mineurs par heure de vol (1986-2004 : zone des accords de Bonn) et des volumes déversés par l'industrie pétrolière offshore en mer du Nord (1981-2004)



Il est donc difficile, dans ce cas précis, de juger d'une éventuelle diminution des rejets opérationnels des navires à l'échelle de cette espace, la concordance évoquée ci-dessus laissant plutôt supposer que la réduction globale observée est (au moins pour partie) liée à l'amélioration des pratiques de l'industrie pétrolière offshore, la conformité de ces installations aux normes de déversements autorisés étant plus facile à surveiller car ces plates-formes, *a contrario* des navires, sont immobiles. Nous avons donc préféré étudier l'évolution des rejets opérationnels plus localement, généralement dans des

⁵³⁴ Pour tester l'hypothèse d'une relation linéaire entre deux variables, nous avons utilisé le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson (r) parce qu'il est signé et indique en cela le sens de la relation. Une relation statistiquement significative n'induit pas pour autant une relation de cause à effet.

secteurs situés près d'importantes routes maritimes, pour mieux cerner l'évolution de cette pratique, le recours à deux indicateurs distincts (taux de mazoutage et nombre d'observations de rejets mineurs par heure de vol) permettant de relativiser, si nécessaire, les tendances observées.

Les évolutions observées d'après les taux de mazoutage des guillemots de Troil (*Uria aalge*) sont diverses selon les endroits considérées (1983-2003). Dans la partie orientale de la mer du Nord (Danemark et Pays-Bas), les rejets mineurs d'hydrocarbures ont diminué. On peut supposer que cette tendance est également représentative de l'évolution des déversements opérationnels des navires en raison de la proximité des littoraux de ces deux pays (et de l'orientation des vents dominants) avec la principale route maritime de cette mer régionale. En revanche, dans la partie occidentale de la mer du Nord (Royaume-Uni), il n'y a pas, d'après ces informations, d'évolutions très notables. Les taux de mazoutage, très faibles à Orkneys, diminuent peu entre 1983 et 2003 tandis qu'ils stagnent, voire augmentent légèrement dans l'ouest de la basse mer du Nord. Enfin, en Manche, la situation est similaire, les taux de mazoutage demeurant à des niveaux élevés depuis la mise en oeuvre de la convention MARPOL 73/78 (Figure n°3. 21a).

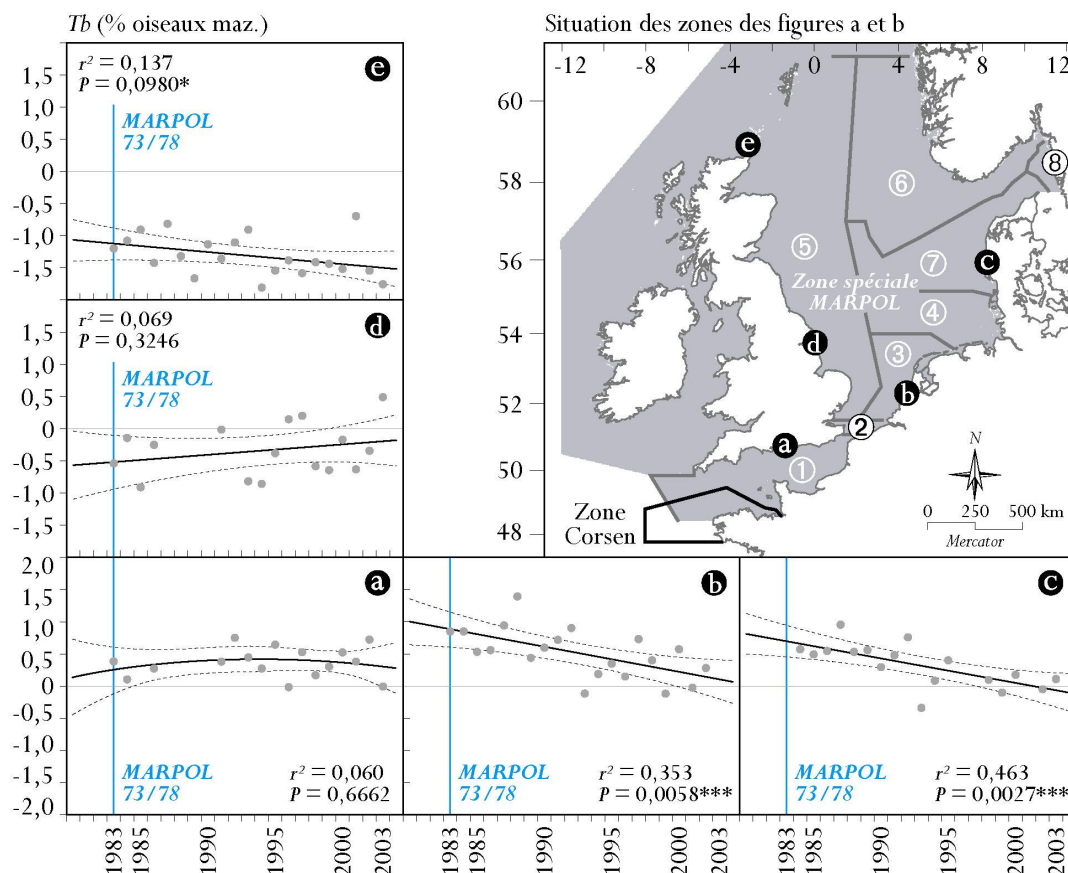
L'évolution du nombre de rejets mineurs par heure de vol normalisée est difficilement comparable avec celle des taux de mazoutage car les espaces concernés par ces deux indicateurs ne se recouvrent pas totalement, ce qui est également le cas des tendances observées. D'après ces informations, on assiste à une diminution significative des rejets mineurs d'hydrocarbures, durant les quinze dernières années, qu'à proximité des littoraux allemands et anglais, les autres eaux marines étant toujours aussi affectées par ce phénomène. La période retenue (1992-2004) est toutefois trop réduite pour tirer des conclusions d'après ces seules informations.

Nous nous sommes également intéressés aux effets de la mise en oeuvre récente de la « zone spéciale » MARPOL dans les eaux nord-ouest européennes et à la possibilité d'une augmentation des rejets en périphérie, et, plus particulièrement, dans les eaux marines situées à proximité de la pointe de la Bretagne. Pour se faire une idée réaliste de ces évolutions, nous avons mené le même type d'évaluation au large de la pointe de Bretagne sur une période plus longue (1988-2004). Nous n'avons considéré que les observations aériennes d'hydrocarbures effectuées par les douanes françaises et la Marine nationale dans la zone de compétence du CROSS Corsen. Le choix d'un secteur géographiquement si limité se justifie au regard de la présence du DST « Ouessant Trafic » car la majorité des navires entrant en Manche transitent dans cet espace et celui-ci fait l'objet, pour cette raison, d'une surveillance régulière depuis le milieu des années 1980. Nous n'avons pris en compte que la période 1988-2004 en raison de la stabilité des observations de rejets mineurs.

Alors que l'ensemble des détections augmente (tous types d'observations confondus) à l'échelle de la Manche occidentale/nord Gascogne, on constate une très légère diminution du nombre d'observations par heure de vol dans ce secteur (Figure n°3. 22a/b), mais cette tendance n'est pas statistiquement significative. Ces résultats, au regard du maintien de taux de mazoutage élevé en Manche des années 1980 à nos jours, semblent confirmer la « politique du repoussoir » évoquée dans la section précédente, l'interdiction totale d'une pratique dans un espace strictement défini provoquant son maintien, voire son augmentation, dans les zones situées en périphérie. Cette tendance n'est pas cependant très nette, mais ces résultats montrent qu'il ne suffit pas d'interdire ces rejets dans les zones les plus sensibles pour que l'on assiste à une diminution significative. D'autres conditions, comme l'homogénéisation de l'effort de surveillance, l'adéquation des stations portuaires de réception des déchets et résidus mazouteux aux besoins des navires et l'emploi de mesures incitatives d'un point de vue économique, sont également nécessaires.

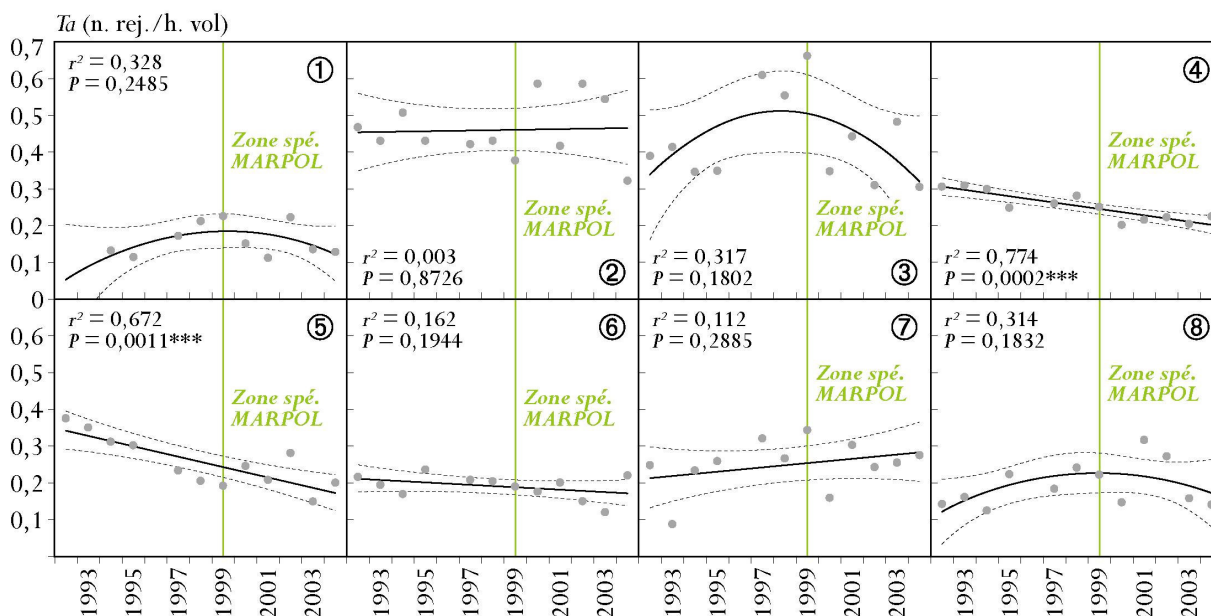
Figure n°3. 21a/b. Evolution des rejets mineurs d'hydrocarbures en Europe du Nord-Ouest
(taux de mazoutage [1983-2003] et observations aériennes [1992-2004])

Figure a. Evolution du % d'oiseaux mazoutés (guillemots de Troïl [*Uria aalge*]) depuis l'entrée en vigueur de la convention MARPOL 73/78 (1983-2003)



Source : réalisé d'après les données de CAMPHUYSEN (2005a)

Figure b. Effets supposés de la mise en oeuvre de la zone spéciale MARPOL au regard de l'évolution des observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures par heure de vol (1992-2004)



Source : réalisé d'après les données du secrétariat des Accords de Bonn (BONN, 1992-2005)

CNRS - LETG UMR 6554, Grégoire, E. Le Genil

Figure n°3. 22a/b/c. Evolution des observations de rejets mineurs d'hydrocarbures en Manche occidentale/nord Gascogne (ZEE française, toutes observations confondues : 1974-2004) et dans la zone de compte rendu du CROSS Corsen (observations aériennes : 1988-2004)

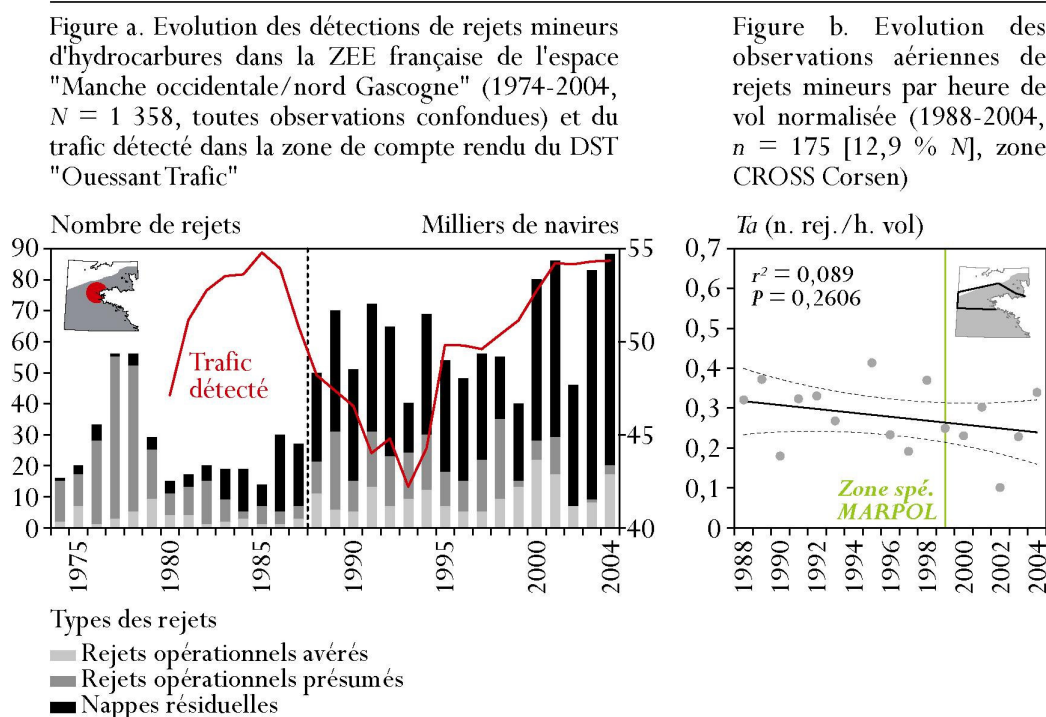
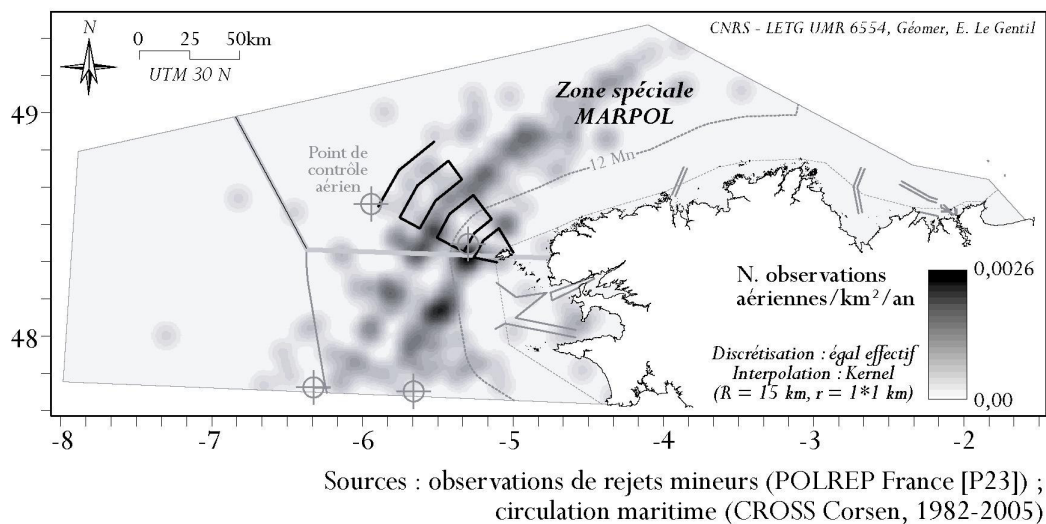


Figure c. Répartition des observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures utilisés dans la figure b (1988-2004, n = 175, zone de compétence du CROSS Corsen)



Lorsque l'on considère le contexte qui a accompagné cette diminution, on constate que ni les contrôles du Paris MOU, ni le taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale à MARPOL 73/78, ont contribué à réduire le nombre de rejets observés au large de la Bretagne.

La situation est, en revanche, totalement différente lorsque l'on considère l'évolution du même phénomène en mer du Nord (eaux marines néerlandaises) où l'amélioration de l'observance de la flotte mondiale aux normes définies par MARPOL 73/78 semble jouer un rôle important. L'action de l'Etat du port a, de façon très surprenante, joué un rôle plus secondaire, tandis que l'augmentation de la surveillance aérienne n'a, semble-t-il, pas été suivie d'effets manifestes. Les phénomènes les plus intéressants sont l'influence des taux de fret et de l'immatriculation des navires.

Tableau n°3. 20. Relations entre l'évolution des rejets mineurs observés dans la zone de compétence du CROSS Corsen et l'évolution des contextes normatifs et socio-économiques du transport maritime
(1988-2004, coefficients de corrélation linéaire de Bravais-Pearson [*r*])

| | Contexte normatif | | | Contexte socio-économique | | |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | MARPOL 73/78 | Etat du port | | Taux de fret (BFI/BDI) | Immatriculation (FOC) | Circulation (navires) |
| | | MOU 1a | MOU 2b | | | |
| N. rej/h. vol (<i>Ta</i>) | -0,2349 (0,3641) ^a | -0,3216 (0,2081) | -0,1472 (0,5728) | 0,2247 (0,3858) | -3028 (0,2374) | -0,2557 (0,3219) |

^aLa valeur indiquée entre parenthèse est la probabilité associée (*P*) au coefficient de corrélation linéaire (*r*). Un signet figure à côté de la valeur de (*P*) si la relation observée est statistiquement significative ($[P < 0,01]$ *** : très significative / $[0,01 < P < 0,05]$ ** : significative / $[0,05 < P < 0,1]$ * : peu significative).

Variables :

- N. rej/h. vol (*Ta*) : nombre d'observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures par heure de vol (normalisée) à l'intérieur de la zone de compétence du CROSS Corsen (ZEE et eaux territoriales incluses).
- MARPOL 73/78 : taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale (valeurs exprimées en % du TPL pour tous les navires à l'exception des pétroliers⁵³⁵) aux normes définies par la Convention MARPOL 73/78 (annexe 1).
- MOU 1a : nombre de déficiences MARPOL 73/78 (annexe 1) relevées par navire inspecté (tous types de navires) dans le cadre du contrôle par l'Etat du port.
- MOU 2b : nombre total de détentions (tous types de déficiences) pour 100 navires inspectés (tous types de navires).
- Taux de fret (BFI/BDI [Baltic Freight Index/Baltic Dry Index]) : (<http://www.baltic-exchange.com>).
- Immatriculation (FOC) : évolution de la flotte mondiale immatriculée dans des « registres économiques » (FOC : Flag of Convenience) (valeurs exprimées en % du TPL pour tous les navires à l'exception des pétroliers).
- Circulation (navires) : nombre de navires détectés dans/ou à proximité du DST "Ouessant Trafic".

Tableau n°3. 21. Relations entre l'évolution de divers indicateurs de rejets mineurs dans les eaux marines riveraines des Pays-Bas et l'évolution des contextes normatifs et socio-économiques du transport maritime
(1986-2002, coefficients de corrélation linéaire de Bravais-Pearson [*r*])

| | Contexte normatif | | | | Contexte socio-économique | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| | MARPOL 73/78 | Etat du port | | Etat côtier (surveillance aérienne) | Taux de fret (BFI/BDI) | Immatriculation (FOC) |
| | | MOU 1a | MOU 2b | | | |
| N. rej/h. vol (<i>Ta</i>) | -0,6991 (0,0018)*** ^a | -0,4438 (0,0743)* | -0,5841 (0,0138)** | – | -0,5002 (0,0409)** | -4625 (0,0616)* |
| Taux de mazoutage (<i>Tb</i>) | -0,6397 (0,0057)*** | -0,5564 (0,0204)** | -0,5182 (0,0331)** | -0,2924 (0,2547) | 0,0741 (0,7775) | -0,5394 (0,0254)** |

Variables :

- N. rej/h. vol (*Ta*) : nombre d'observations aériennes de rejets mineurs d'hydrocarbures par heure de vol (normalisée) à l'intérieur de la zone de compétence du CROSS Corsen (ZEE et eaux territoriales incluses).
- Taux de mazoutage (*Tb*) : pourcentage de guillemots de Troil (*Uria aalge*) ramassés sur les littoraux néerlandais.
- MARPOL 73/78 : voir tableau précédent.
- MOU 1a et MOU 2b : voir tableau précédent.
- Surveillance aérienne : heures de vol effectuées par les autorités maritimes néerlandaises dans le cadre des accords de Bonn.
- Taux de fret (BFI/BDI [Baltic Freight Index/Baltic Dry Index]) : voir tableau précédent.
- Immatriculation (FOC) : voir tableau précédent.

La relation inversée entre l'évolution de la libre immatriculation de la flotte mondiale et les taux de mazoutage ne doit en aucun cas légitimer le recours à des pavillons économiques. D'une part, ce n'est pas parce que les rejets opérationnels diminuent vraisemblablement dans les eaux marines environnantes et que, simultanément, la libre immatriculation augmente (jusqu'à la fin des années 1990), que ce processus n'a aucune incidence sur le maintien de cette pratique. Nous préférons y voir les résultats de la disponibilité grandissante des stations portuaires de réception des déchets et résidus d'hydrocarbures en mer du Nord, et, surtout, l'efficacité du contrôle par l'Etat du port (MOU 1b : nombre de déficiences MARPOL 73/78 [annexe 1] relevées par navire inspecté) car le ciblage des navires à contrôler en priorité est basé, pour partie, sur un indicateur prenant en compte le registre d'immatriculation des navires (« *Target factor* »). D'autre part, au-delà de la représentativité limitée de l'indice utilisé pour caractériser l'évolution du phénomène de la libre immatriculation (basé sur le TPL des navires et non sur leur nombre), il n'est pas certain que cet indicateur soit de toute manière très pertinent. Nous avons évoqué dans la partie 2 le brouillage des genres en la matière, des registres

⁵³⁵ Les pétroliers sont exclus car le taux d'observance (hypothétique) est exprimé en % du TPL et la capacité d'emport importante de cette flotte lui donnerait un poids démesuré dans le taux d'observance s'il était appliqué à tous les navires. Cet indicateur n'est pas, dans tous les cas, le plus adéquat et il faudrait, dans l'idéal, calculer le taux sur la base du nombre de navires (information non disponible) et non d'après leur TPL.

nationaux ayant parfois des taux d'accidents (ALDERTON & WINCHESTER, 2002a) ou des taux de déficiences (Paris MOU : VALLAT, 2007) bien plus élevés que des registres économiques, notamment les plus anciens (Libéria par exemple). Enfin, le registre d'un navire ne présume pas (totalement) du niveau de compétence et de la sensibilité de l'équipage vis-à-vis de la protection de l'environnement. C'est très certainement d'ailleurs un élément important qu'il est, par contre, difficile de prendre en compte. On peut, en effet, supposer que le maintien (relatif) du rejet volontaire est, partiellement, le résultat du renouvellement continu des gens de mer, les plus demandés étant très souvent originaires des pays les plus pauvres où les formations maritimes, lorsqu'elles existent, sont très certainement de moins bon niveau que dans les pays qui forment des marins depuis plusieurs décennies.

Conclusion

Pour conclure, nous avons hiérarchisé l'ensemble des facteurs identifiés comme influençant le niveau des rejets d'hydrocarbures des navires. Au-delà de l'effectivité de MARPOL 73/78 (taux d'observance hypothétique de la flotte mondiale), on remarque que d'autres variables sont particulièrement importantes. L'évolution du taux de conformité de la flotte à la convention SOLAS 74 a participé de la réduction des rejets accidentels, mais le facteur le plus intéressant est, à notre avis, le rôle des taux de fret pétrolier. Cet élément est également présent lorsque l'on considère les facteurs qui ont influencé la récurrence des rejets opérationnels. L'incidence des coûts du transport est importante à considérer car certains auteurs, qui assimilent le système réglementaire au principal déterminant de la régulation des risques dans l'industrie maritime, remarquent aussi que les pratiques orientées vers plus de sécurité sont faiblement valorisées par les marchés du transport maritime (LASSAGNE, 2004 ; CHANTELAUVE, 2006), et l'on peut, dans ce contexte, légitimement s'interroger sur la pertinence de l'emploi unique d'outils normatifs de type « *command and control* ». Peut-être que la mise en oeuvre d'incitations économiques, dont la nature reste à définir, pourrait, en complément des règles existantes, contribuer à diminuer encore l'occurrence de ces événements, qu'ils soient opérationnels ou accidentels. L'assurance maritime a très certainement un rôle à jouer en la matière, l'augmentation des primes d'assurance des navires sous-normes pouvant inciter les transporteurs à ne plus les exploiter (VILADRICH-GRAU, 2003 ; BEURIER, 2004).

Tableau n°3. 22. Synthèse des facteurs qui ont contribué à diminuer le nombre de rejets d'hydrocarbures des navires durant ces vingt dernières années

| | | Rejets accidentels de pétroliers (1985-2004, $N \geq 50$ tonnes) ^a | Rejets opérationnels (1986-2002) ^b | |
|-------------------|-------------------------|--|---|----------------|
| | | | Taux de mazoutage | N. rej./H. vol |
| Etats du pavillon | MARPOL 73/78 | *** | *** | *** |
| | SOLAS 74 | *** | | |
| | STCW 78 | ** | | |
| Etats côtiers | COLREG 72 | *** | | |
| Etats du port | MOU 1a/1b (déficiences) | * | ** | * |
| | MOU 2 (détentions) | ** | ** | ** |
| Cont. socio-éco. | Taux de fret | *** | Aucun effet | ** |

^aEaux marines d'Europe du Nord-Ouest.

^bBasse mer du Nord (eaux marines néerlandaises).

Les signets indiquent la significativité statistique de la relation observée :

*** = très significative ($P < 0,01$) ; ** = significative ($0,01 < P < 0,05$) ; * = peu significative ($0,05 < P < 0,1$).

Ces résultats sont à considérer avec précaution car plusieurs limites atténuent considérablement leur portée, notamment pour les rejets opérationnels. L'effectivité de MARPOL 73/78 concernant les déversements effectués dans le cadre des opérations courantes d'exploitation des navires est difficile à estimer d'après la surveillance aérienne des rejets mineurs car l'évolution des technologies d'observation atténue l'intérêt de cet indicateur à court et à moyen terme. Les taux de mazoutage des alcidés sont, de notre point de vue, plus intéressants car ils couvrent des périodes plus longues et, surtout, les protocoles utilisés par les ornithologues depuis une trentaine d'années sont demeurés inchangés (voir partie 1, chapitre 1). Les tendances observées localement avec l'emploi de ce bio-

indicateur ne sont toutefois pas très nettes et il est difficile de se prononcer sur l'existence d'une diminution générale de ces vidanges dans les mers régionales d'Europe du Nord-Ouest entre les années 1980 et 2000. Tous les travaux portant sur les rejets d'hydrocarbures (observés ou signalés en mer) et sur les taux de mazoutage (tous oiseaux confondus) au Portugal (GUEDES SOARES & SEBASTIAO, 2002 [nombre de déversements majeurs et mineurs] ; TEIXEIRA, 1986 ; GRANADEIRO & SILVA, 1992 ; GRANADEIRO *et al.*, 1997 [taux de mazoutage]) ne montrent pas, par exemple, de diminutions notables des événements polluants, une situation finalement assez similaire à celle observée en Bretagne (taux de mazoutage [alcidés] : THOMAS, 1981 ; CADIOU, 1995, 1996).

Outre les effets (mitigés) du renforcement de la mise en oeuvre du cadre réglementaire existant, les autres facteurs pouvant potentiellement expliquer les évolutions observées demeurent difficiles à appréhender. Beaucoup d'éléments n'ont pu, en effet, être pris en compte, notamment le renforcement généralisé des amendes à l'encontre des auteurs d'infractions à MARPOL 73/78 et la question de la disponibilité et de l'adéquation des stations portuaires de réception des déchets et résidus d'hydrocarbures aux besoins des navires. Le maintien du rejet opérationnel à des niveaux élevés dans les espaces périphériques atlantiques est à considérer au regard de ces éléments. L'offre de stations portuaires, que nous avons peu évoqué, est un aspect essentiel. Les ports d'Europe du Nord-Ouest étaient peu équipés dans les années 1960. Selon MOIGN (1962), seuls les ports de Brest et du Havre étaient pourvus d'installations de ce genre en France et la situation n'était guère meilleure aux Pays Bas où le niveau d'équipement en stations portuaires était d'environ 5 ou 6 unités. En revanche, au Royaume-Uni, une vingtaine de stations existaient déjà (MOIGN, 1962). Au milieu des années 1980, l'OMI commença à recenser les installations existantes et, selon les informations disponibles, loin d'être exhaustives, il semble que les ports étaient encore peu équipés et que la situation ne s'améliora pas jusqu'à la fin des années 1990 (CARPENTER, 2005). La situation est, en revanche, assez différente au début du 21^{ème} siècle⁵³⁶, notamment en mer du Nord (CARPENTER & MCGILL, 2005) et en mer Baltique (HELCOM, site Internet), ce que semble confirmer les faibles taux de mazoutage observés durant les dernières années dans ces deux mers régionales (LARSON & TYDEN, 2005 ; LARSEN *et al.*, 2007 ; CAMPHUYSEN, 2005a). Le problème majeur aujourd'hui n'est plus d'ailleurs celui de l'existence des stations portuaires, la majeure partie des grands ports en sont pourvus⁵³⁷, mais plutôt celui de l'adéquation de ces installations aux contraintes commerciales des navires. FLEET & REINEKING (2000) ont montré que la gratuité pratiquée dans les ports allemands de la mer du Nord, au milieu des années 1990, s'est traduite par une diminution des taux de mazoutage des oiseaux marins et des observations de nappes d'hydrocarbures dans les eaux marines environnantes, preuve, s'il en est, de l'efficacité de ce genre de mesure. Ce dispositif fut toutefois abandonné au bout de trois années au motif que c'était la collectivité qui supportait les coûts et non les transporteurs (CARPENTER, 2005), une situation paradoxale alors que le principe du pollueur-payeur devenait la règle.

Au final, si les rejets opérationnels des navires ont très certainement diminué en mer du Nord et en mer Baltique durant les cinquante dernières années (SKOV, 1991 ; CAMPHUYSEN, 1998 ; SEYS *et al.*, 2002a), cette tendance est moins observable dans les régions périphériques atlantiques, et l'on peut sans doute attribuer ce phénomène au déficit d'homogénéité spatio-temporelle des mesures mises en oeuvre (stations portuaires, surveillance aérienne, contrôle des navires par les Etats du port), un déficit attribuable, pour partie, à la perception limitée de ce type de vidanges dans des mers particulièrement agitées (partie 2, chapitre 3). On remarque également que si la réduction du nombre d'événements polluants accidentels est manifeste en Europe du Nord-Ouest, d'autres mers régionales connaissent une augmentation des accidents de pétroliers et des déversements consécutifs (1995-2003, mer noire et Méditerranée orientale : COKACAR, 2008). Si l'emploi de mesures régionales est donc nécessaire car elles produisent des effets positifs, il ne faut pas pour autant négliger la problématique du transfert des risques vers des régions périphériques.

⁵³⁶ A l'exception de quelques pays (France, Belgique, Finlande, Irlande, Italie, Portugal et Slovaquie) qui ont été mis en demeure, en octobre 2005, de se conformer rapidement à la directive 2000/59 CE (une directive qui reprend et renforce les dispositions de MARPOL 73/78 en terme d'offre et d'adéquation des stations portuaires de réception des déchets et résidus mazouteux aux besoins des navires (EUR-LEX : <http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do>).

⁵³⁷ De nombreux ports de petites dimensions ne sont pas toujours équipés pour recevoir les boues d'hydrocarbures (espace machine des navires).

Conclusion générale

L'objectif principal de ce travail de recherche était d'évaluer les effets de la mise en oeuvre, à l'échelle régionale, des normes définies dans le cadre du système international de prévention des pollutions par des navires des années 1960 à nos jours (en Manche/Gascogne et dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale). Pour y parvenir, nous avons évalué l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets d'hydrocarbures en divers endroits et à différentes époques (déversements opérationnels et accidentels) pour pouvoir apprécier, *in fine*, l'effectivité des mesures élaborées pour réduire ces types d'événements polluants.

L'analyse du contexte environnant aux échelles régionale et locale nous a permis de mieux comprendre les caractéristiques des rejets et leurs dynamiques d'émergence (causes directes), et il nous a également semblé utile d'exposer l'évolution générale du contexte socio-économique du transport maritime (causes profondes : échelle mondiale) en raison de ses incidences sur les conditions d'exploitation des navires et des conséquences induites en terme d'accidentologie et de rejets opérationnels (volontaires).

L'originalité de cette étude recouvre plusieurs aspects :

- (i) l'approche régionale nous permet de considérer simultanément les rejets opérationnels et accidentels, deux types d'événements dont les causes directes diffèrent mais dont les causes profondes, la source (navire) et l'aboutissement (pollution) sont similaires ;
- (ii) l'examen des évolutions de leurs répartitions spatio-temporelles se base sur l'étude d'un nombre d'événements très important (plusieurs milliers) et l'emploi d'indicateurs divers (rejets signalés volontairement, observations de déversements par heure de vol et taux de mazoutage) ; il permet de confirmer ou de relativiser les évolutions soulignées dans les études antérieures (pour des périodes et/ou des échelles spatiales différentes où similaires) ;
- (iii) l'observance des normes définies dans le cadre de la réglementation internationale n'est pas seulement considérée qu'au regard des Etats du pavillon (dont l'action détermine, pour partie, la qualité de la flotte commerciale), le rôle des Etats côtiers et des Etats du port, en terme de respect de leurs obligations (surveillance de la conformité des navires en mer et dans les ports, services portuaires), étant également essentiel ;
- (iv) enfin, considérant que la proximité spatio-temporelle entre l'établissement (et la mise en oeuvre) des normes et les évolutions des déversements observés n'est pas suffisante pour juger de l'effectivité de la réglementation internationale (le lien de causalité [linéaire] entre norme et rejets n'est pas forcément évident), nous testons l'influence d'autres variables, notamment socio-économiques, sur les évolutions régionales mises en valeur.

Ce travail, s'il est original, présente toutefois bien des limites. Avant de les présenter et de souligner l'utilité de travaux complémentaires, nous résumons l'ensemble des résultats obtenus.

Nous avons présenté, dans la première partie de cette thèse, les données et méthodes les plus couramment employées dans la littérature scientifique pour estimer l'exposition des eaux marines et des littoraux aux déversements d'hydrocarbures. Après avoir souligné les avantages et les limites des méthodes employées, nous montrons l'intérêt de l'approche régionale et de la prise en compte du contexte environnant (transport maritime, contexte hydroclimatique et accidentologie) dans ce type d'analyse, pour expliquer, à la fois, les caractéristiques des événements polluants (volume, nombre, etc.) et pour mieux comprendre leurs circonstances d'émergence aux échelles régionale et locale.

Les notions de rejets opérationnel et accidentel sont ensuite précisément définies et les méthodes mises en oeuvre et les sources consultées pour établir les listes de rejets signalés sont évoquées. Nous insistons sur les principales difficultés rencontrées pour renseigner les attributs jugés fondamentaux au

regard des objectifs de ce travail, puis nous concluons cette première partie sur les procédures élaborées pour homogénéiser les données acquises (production d'information et structure des banques de données) et exposons les principales techniques de traitement statistique et géographique utilisées. Au final, la littérature scientifique consultée permet de justifier les choix méthodologiques opérés pour évaluer l'exposition des eaux marines et des littoraux aux rejets d'hydrocarbures accidentels et opérationnels des navires, et l'ensemble des informations produites dans ce contexte permet d'envisager à la fois, l'étude des facteurs de leur répartition, leurs dynamiques d'émergence ainsi que l'évolution des déversements d'hydrocarbures dans le temps et en différents endroits.

L'objectif de la seconde partie était de caractériser l'ampleur et les conditions d'apparition des rejets mineurs et majeurs d'hydrocarbures autour de la Bretagne (Manche occidentale/nord Gascogne) et ce, au regard de la situation observée dans les mers régionales environnantes (espace atlantique [bassin Ibérique, mer Celtique], mer du Nord et mer Baltique). L'approche comparative nous a été particulièrement utile pour souligner la forte singularité de l'espace Manche/Gascogne et, plus particulièrement, l'influence des facteurs d'exposition sur les caractéristiques des déversements polluants recensés (fréquence, volume, etc.). Les influences conjuguées de la géographie du transport maritime (principales routes maritimes et configuration du réseau portuaire : mer du Nord) et du cadre hydroclimatique sont également perceptibles sur leur répartition.

Les propos de VIGARIE (1979) concernant l'entrée de la Manche, qu'il qualifiait en 1979 de « plus puissant carrefour maritime du monde », sont encore totalement d'actualité. L'étude du trafic observé dans la zone de compte rendu obligatoire du DST « Ouessant Trafic » (2000-2003) nous a permis de montrer, à la fois, la forte intensité de la circulation et le gigantisme des navires qui transitent dans cet espace (en comparaison du profil de la flotte mondiale). Ce phénomène, associé à un contexte hydroclimatique particulier (hauteurs moyennes des vagues et vents moyens supérieurs aux valeurs moyennes des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale, visibilité souvent réduite) et à la configuration avancée des côtes bretonnes, expliquent, en partie, la récurrence des déversements accidentels très volumineux en Manche/Gascogne durant les quatre dernières décennies (1965-2004, rejets ≥ 50 tonnes). Ce particularisme régional s'estompe néanmoins lorsque l'on considère l'ensemble des accidents de navire entre 1999 et 2003 (navires ≥ 100 TJB) qui ne sont ni plus nombreux, ni plus dommageables, que dans les mers régionales avoisinantes (mer du Nord et mer Baltique). Il existe toutefois de forts contrastes localement, les événements de mer se concentrant surtout près des avancées du littoral (Bretagne, Cornouailles anglaise, cap Finistère). Les accidents de pétroliers semblent également surreprésentés au large de la pointe de Bretagne en comparaison des autres espaces étudiés.

Le particularisme régional évoqué ci-dessus a également des répercussions sur l'exposition (littorale et marine) de l'espace Manche/Gascogne aux rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures des navires. Alors que la forte intensité de la circulation maritime transitant dans cet espace laisse supposer que le nombre de rejets opérationnels des navires y est élevé, les observations aériennes d'hydrocarbures (nombre de rejets par heure de vol) montre, paradoxalement, la situation inverse, une perception toutefois contredite lorsque l'on mesure l'ampleur de ce phénomène d'après les pourcentages d'oiseaux mazoutés, les taux étant quasiment équivalents à ceux relevés sur les littoraux les plus pollués de la mer du Nord (1998-2001). Il semble que la différence constatée entre ces deux espaces est due davantage à la capacité des eaux marines voisines des côtes bretonnes à dégrader rapidement des déversements d'hydrocarbures majoritairement composés de produits légers qu'à une pratique moins répandue du rejet opérationnel dans cette région. Il semble donc que l'exposition réelle de la Manche et du golfe de Gascogne aux entrants mineurs et chroniques d'hydrocarbures est certainement sous-évaluée et, qu'en terme d'indicateur, les taux de mazoutage des alcidés sont plus représentatifs, à moyen et long terme⁵³⁸, de l'ampleur des vidanges des navires que les observations aériennes des autorités maritimes, et ce, d'autant plus que certaines informations essentielles (les plans de vol, par exemple) ne sont pas accessibles. Enfin, l'orientation des rivages bretons vis-à-vis des vents dominants renforce considérablement l'exposition de cette région littorale aux échouements d'hydrocarbures.

⁵³⁸ Il faut plusieurs années de mesure (cinq années semblent être un minimum acceptable) pour qu'un taux de mazoutage puisse être considéré comme représentatif en raison de leur grande variabilité interannuelle en certains endroits.

L'étude des circonstances d'introduction des hydrocarbures à l'océan depuis des navires est également intéressante. 85-90 % des rejets opérationnels observés durant la période 1974-2004 en Manche occidentale/nord Gascogne semblent être volontaires. Nous ne saurions dire, en revanche, s'il s'agit, dans ce cas précis, d'une spécificité locale, ou si la proportion de déversements délibérés est du même ordre de grandeur dans les eaux marines avoisinantes. L'hypothèse selon laquelle les équipages des navires de commerce profiteraient de conditions météorologiques dégradées pour vidanger n'a pu, par exemple, être vérifiée. Si l'influence du mauvais temps, en ces termes, n'est pas confirmée, elle l'est, par contre, du point de vue des circonstances de rejets accidentels. Les échouements et les avaries structurelles (pertes totales) sont ainsi plus fréquents en Manche/Gascogne qu'en mer du Nord ou en mer Baltique. La récurrence élevée de ces événements de mer, généralement considérés comme étant à l'origine des plus volumineux déversements, explique en grande partie l'ampleur des volumes d'hydrocarbures introduits au large des côtes de Bretagne.

Enfin, pour ne pas se limiter à l'analyse des circonstances des événements polluants accidentels qui ne sont, rappelons-le, que l'aboutissement d'événements initiaux (conditions météorologiques, défauts de maintenance, conditions de travail, etc.), nous avons voulu également déterminer les causes directes d'avarie et discerner plus particulièrement les facteurs internes et externes au navire et en étudier les effets de conjugaison. Pour y parvenir, 45 événements polluants, les mieux renseignés, ont été retenus. A l'exception de la présence fréquente du mauvais temps et du fait que la majorité des accidents sont le produit de facteurs divers, l'intérêt de cette étude s'est toutefois révélé limité en raison notamment de la difficulté à créer des jeux de données homogènes (grande asymétrie d'information selon les événements considérés). Il ressort de cette analyse que chaque événement polluant est très singulier, que leurs causes sont souvent multiples et qu'à l'exception de quelques cas très bien renseignés, il est difficile d'évoquer une cause déterminante.

Le but de la troisième partie était de présenter l'évolution des rejets polluants des navires afin d'évaluer l'efficacité des mesures mises en oeuvre pour réduire l'ampleur de ce phénomène (nombre et volume). Considérant que les raisons d'autant d'événements polluants (accidentels et opérationnels) dans les mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale sont également à rechercher dans l'évolution des conditions socio-économiques du transport maritime, nous procédons à une description de l'évolution de l'industrie maritime à l'échelle mondiale et soulignons les conséquences induites en termes d'exploitation des navires et de conditions de travail des gens de mer. Au-delà de l'intérêt d'examiner ce que nous considérons comme les « causes profondes » des déversements, cette démarche nous a également semblé nécessaire pour resituer les normes édictées afin d'encadrer cette activité, les mesures élaborées par la Communauté internationale étant le produit d'un consensus entre les divers acteurs confrontés à cette problématique. Il faut, à ce titre, évoquer l'omniprésence des principales puissances maritimes (flottes [immatriculation et surtout propriété], construction navale, etc.) derrière les normes établies, pour des raisons environnementales du fait de la pression sociétale grandissante dans ces pays, mais également pour des raisons commerciales, ces deux logiques n'étant d'ailleurs pas nécessairement antinomiques. Plus généralement, l'économie de marché est, à la fois, un cadre extrêmement puissant en termes de prise de décisions publiques et le principal déterminant de la qualité générale de la flotte mondiale.

Les réponses apportées par la Communauté internationale sont souvent similaires d'une époque sur l'autre, et la mise en oeuvre et l'amélioration des normes élaborées ne progressent surtout qu'à coup d'événement polluant. Il semble, en somme, qu'à la frénésie normative caractéristique des cinq dernières décennies correspondent des difficultés à la conformité. Ce processus est toutefois logique car il s'agit d'abord, pour la Communauté internationale, de construire un corps de règles, et peu d'attention est donc portée, dans ces conditions, à sa mise en oeuvre. Le contrôle du respect des normes est une préoccupation plus tardive (notamment pour ce qui concerne les obligations des Etats du port) et les effets de la réglementation internationale, en matière de prévention des pollutions des navires, ne sont finalement ressentis qu'au début des années 1990 à l'échelle mondiale. L'évolution des conditions du transport maritime est un facteur important de l'effectivité « relative » des normes internationales car les acteurs de cette industrie, évoluant sur des marchés toujours plus concurrentiels, ont recours à toutes sortes de stratégies pour échapper, autant que ce peut, à leurs obligations et réduire les coûts d'exploitation des navires. Le processus de dépavillonnement massif qui concerne la flotte mondiale à partir des années 1970 limite, par exemple, la progression de son taux d'observance

(hypothétique) aux conventions majeures de l'OMI et de l'OIT. On peut également supposer que l'internationalisation du marché de l'emploi maritime, dont la logique générale est de recruter des marins des pays les plus pauvres pour rogner toujours un peu plus sur les coûts de main-d'oeuvre, a aussi des effets sur le maintien, à des niveaux élevés, de certaines pratiques anti-environnementales (rejets volontaires, par exemple). Au-delà de la question du niveau de formation des marins, un sujet essentiel en terme de sécurité maritime, il semble logique que la protection de l'environnement ne soit pas la première des préoccupations des gens de mer employés dans des conditions pour le moins critiquables dès lors que leurs besoins fondamentaux (nourriture, logement, couverture sociale, etc.) ne sont pas (pleinement) satisfaits.

Dans ce contexte, les effets de la réglementation internationale sont diversement appréciables en terme de réduction des rejets d'hydrocarbures des navires. Pour les pétroliers, si la diminution des déversements accidentels est incontestable quelle que soit l'échelle considérée (échelle mondiale et mers régionales d'Europe du Nord-Ouest), on ne peut pas toutefois l'attribuer totalement aux mesures normatives mises en oeuvre. Alors que le contexte socio-économique a eu des effets délétères sur l'évolution des conditions d'exploitation des navires et de travail des gens de mer, force est de constater que le retentissement de certains événements polluants sur le marché des taux de fret (*Erika* et *Prestige*, par exemple) a également assaini l'offre de transport (l'élévation du prix du transport a réduit le nombre de navires vétustes) et a contribué à diminuer le nombre de déversements, et ce de manière d'autant plus significative que leur signalement volontaire (et obligatoire) est, semble-t-il, plus élevé ces dernières années que lors des décennies précédentes. On peut, en revanche, supposer qu'une diminution des taux de fret peut (éventuellement) produire, dans les années à venir, l'effet inverse (moindre signalement des rejets, plus de navires sous-normes et certainement plus d'accidents). L'effectivité des instruments juridiques élaborés par la Communauté internationale peut sembler, dans ce contexte, assez limitée, l'économie de marché produisant, sous certaines conditions, des améliorations comparables en terme de sécurité maritime, et la maîtrise des coûts de transport⁵³⁹ peut alors raisonnablement être considérée comme une mesure incitant (économiquement parlant) les acteurs de l'industrie maritime à adopter des comportements plus vertueux. Il est toutefois évident que des incitations de ce type ne sauraient se suffire à elle-même, la diminution des rejets accidentels de pétroliers n'étant pas seulement, d'ailleurs, le résultat de ce processus puisque cette tendance fut amorcée bien avant l'envolée du *Worldscale* (taux de fret pétroliers) à la fin des années 1990, l'évolution des taux de fret ne faisant que conforter une amélioration déjà en cours. L'élaboration et la mise en oeuvre d'un cadre normatif international ont produit, dans le cas de la flotte pétrolière, des améliorations incontestables en terme de sécurité maritime même si elles sont apparues tardivement (près d'une dizaine d'années après l'entrée en vigueur des principales conventions de l'OMI). L'augmentation du contrôle des normes d'équipement et des conditions d'exploitation des navires (inspections *vetting*, MOU), qu'il faut associer à la grande attention portée par la Communauté internationale à cette catégorie de navires⁵⁴⁰, a, de notre point de vue, et avant toute autre facteur, le plus contribué à cette amélioration et l'on peut légitimement se demander s'il ne faudrait pas, pour la pérenniser davantage, se concentrer surtout sur la surveillance du respect des normes existantes (MARPOL 73/78, STCW 78, ILO 147, etc.)⁵⁴¹, plutôt que d'envisager, à la suite de chaque pollution très dommageable, la création de nouvelles mesures (techniques notamment). Le contrôle du respect des normes internationales relatives aux conditions de vie et de travail des gens de mer à bord des navires doit d'ailleurs, à ce titre, faire l'objet d'une attention particulière, et l'on ne peut que se féliciter des initiatives récentes du Paris MOU en ce sens⁵⁴². Il faut enfin souligner que l'adéquation des réponses formulées par la Communauté internationale à la problématique des événements polluants accidentels ne peut être totale, en raison de la difficulté de cerner les causes les plus

⁵³⁹ Par maîtrise des coûts du transport, nous évoquons ici la réduction de la volatilité des taux de fret et leur maintien à des niveaux acceptables, c'est-à-dire en mesure d'assurer des niveaux de maintenance élevés pour les navires et garantissant l'emploi de tous les gens de mer dans des conditions décentes.

⁵⁴⁰ La grande attention portée par la Communauté internationale à la flotte pétrolière résulte de l'ampleur des dommages induits lors de certains rejets accidentels. La comparaison de l'évolution des pertes totales de pétroliers avec celles d'autres segments de la flotte mondiale est de ce point de vue intéressante. Les naufrages de vraquiers n'ont, par exemple, pas véritablement diminué durant les trois dernières décennies et c'est, selon l'OCDE (2001b), parce que cette catégorie de navires a fait l'objet de moins d'attention.

⁵⁴¹ On peut, par exemple, supposer que si les taux de contrôle portuaires étaient plus homogènes (niveau par le haut) à l'échelle des infrastructures portuaires et des principales régions maritimes, l'amélioration de la qualité de la flotte navigante serait déjà considérable. Plus que de nouvelles normes, il nous semble que ce sont surtout les moyens de leur mise en oeuvre qui font défaut.

⁵⁴² On peut aussi, d'un autre point de vue, considérer ces préoccupations comme tardives et insuffisantes.

courantes d'avaries, mais aussi parce que certaines régions littorales sont plus exposées que d'autres aux événements de mer très dommageables. A ce titre (peu envié), la pointe de Bretagne connaîtra encore certainement d'autres événements polluants accidentels de grande ampleur, qu'il s'agisse d'hydrocarbures ou d'autres produits, ce qui ne signifiera pas pour autant que le cadre normatif international est inadapté mais, tout simplement, que le risque de pollution fait partie intégrante de cet espace et qu'il ne saurait être réduit totalement dès lors que des navires chargés de produits polluants transitent à proximité (Manche).

Si l'effectivité de la réglementation internationale est sensible dans le cas des rejets accidentels de pétroliers, la situation est, semble-t-il, assez similaire lorsque l'on considère les déversements opérationnels (résidus de cargaison) de cette catégorie de navires en raison des facteurs évoqués ci-dessus (taux de conformité [hypothétique] élevé aux normes définies par MARPOL 73/78⁵⁴³ et améliorations technologiques relatives au traitement et à la production des résidus de cargaison à bord des navires et développées dès les années 1960 par l'industrie pétrolière). HEUBECK (1987) et VAUK *et al.* (1989) soulignaient d'ailleurs que les hydrocarbures prélevés sur le plumage des oiseaux mazoutés en mer du Nord étaient essentiellement constitués, à la fin des années 1980, de boues provenant des compartiments machines. La dominance de ces déchets d'hydrocarbures est également soulignée par d'autres auteurs pour les décennies suivantes (DAHLMANN *et al.*, 1994) dans cette mer régionale. La situation semble également similaire en Manche occidentale/nord Gascogne où environ 90 % des rejets opérationnels avérés (1974-2004) proviennent, semble-t-il, des compartiments machines des navires (LE GENTIL, 2006). On peut supposer, dans ces conditions, que la très grande majorité des nappes d'hydrocarbures observées dans ces régions durant les années 1990-2000 sont des déversements de ce type.

Il est, dans le cas des déchets mazouteux provenant des compartiments machines de l'ensemble des navires, plus délicat d'évoquer une diminution générale et significative des déversements. A l'échelle mondiale, les différentes estimations des volumes déversés (effectuées à l'aide de méthodes indirectes [*top down*]) souffrent de lacunes considérables (absence d'hypothèses de conformité concernant les infrastructures portuaires notamment), et il nous paraît critiquable, sur cette base unique, d'estimer l'effectivité de la convention MARPOL 73/78. A l'échelle régionale, CAMPHUYSEN (1998) met en valeur une baisse statistiquement significative des taux de mazoutage des guillemots de Troïl des années 1950 à 1998 sur les littoraux néerlandais, mais cette tendance est difficilement extrapolable à l'ensemble de la mer du Nord. Les résultats des estimations effectuées dans le cadre de ce travail, qui concernent des périodes plus réduites (taux de mazoutage [1983-2003], nombre de rejets par heure de vol [1992-2004]), montrent ainsi que les évolutions observées localement, quel que soit l'indicateur employé, divergent considérablement selon les sites considérés. Toutefois, dans l'hypothèse que la grande majorité des rejets sont effectués à proximité des ports les plus fréquentés, les diminutions observées (taux de mazoutage notamment) à proximité des ports du *Northern Range* peuvent être interprétées comme le signe d'une réduction de ce type d'entrant d'hydrocarbures (en volume) à l'océan, d'autant plus qu'il s'agit d'espaces très surveillés et que les infrastructures portuaires sont, pour la plupart, en conformité avec leurs obligations en terme de provision d'installations de réception des déchets et résidus mazouteux. L'évolution des rejets observés dans les eaux marines situées aux environs de la pointe de Bretagne, est plus difficilement interprétable. Nous ne disposons par, pour cet espace, de taux de mazoutage pour l'ensemble de la période 1983-2003, et l'évolution des rejets détectés (par heure de vol) dans le cadre de la surveillance aérienne effectuée par les autorités maritimes françaises (1988-2004) ne traduit pas de diminution statistiquement significative. L'amélioration des moyens d'observation conjuguée aux récents déversements accidentels des pétroliers *Erika* et *Prestige*⁵⁴⁴ peut expliquer l'absence de tendance observée. On peut également se risquer à une autre explication (complémentaire ou exclusive) au regard des évolutions des taux de mazoutage (guillemots de Troïl, littoraux anglais : 1983-2003) et des observations d'hydrocarbures (par heure de vol, autorités maritimes françaises⁵⁴⁵ : 1992-2004) relevées en Manche centrale, leurs

⁵⁴³ Le taux de conformité élevé de cette flotte est également confirmé par les résultats des contrôles menés par l'Etat du port (1985-2004). On peut supposer que, dans ce contexte, la grande attention portée à cette catégorie de navire a également participé de la réduction des rejets opérationnels provenant des citernes de cargaison.

⁵⁴⁴ Bien que nous ayons éliminé les observations de nappes provenant de ces navires accidentés pour apprécier l'évolution des observations de rejets opérationnels des navires, il est probable que certaines aient été comptabilisées.

⁵⁴⁵ Surveillance aérienne antipollution exercée dans le cadre des accords de Bonn.

maintiens à des niveaux élevés, quels que soient l'indicateur et la période considérée, témoignant du report de l'usage du rejet opérationnel volontaire en périphérie des secteurs les plus surveillés (mer du Nord : zone spéciale MARPOL 73/78 depuis août 1999). Si ce fait est avéré, il faudrait parler, plutôt que de politique de réduction des risques de pollution, de « politique du repoussoir », l'interdiction d'un usage se traduisant par son maintien dans les zones adjacentes malgré les efforts déployés pour le juguler.

Pour conclure, il est utile de faire quelques remarques concernant les difficultés rencontrées pour apprécier les effets des normes élaborées pour réduire les usages préjudiciables à l'environnement. Si nous sommes convaincu que le renforcement du contrôle du respect des règles définies est d'une absolue nécessité, et que, pour assurer davantage d'observance, la responsabilisation des acteurs du transport maritime, *via* l'usage (récent) de la sanction financière ou des fonds d'indemnisation, ne figure pas au rang d'artifice, il nous semble aussi que la question de l'adéquation des réponses formulées vis-à-vis des problèmes qu'elles sont censées résoudre est insuffisamment posée, notamment parce que les crises consécutives aux événements polluants de grande ampleur suscitent trop souvent de la précipitation et, qu'une fois ces événements terminés, la problématique de la sécurité maritime (en dehors des préoccupations technicistes) s'évanouit aussi vite qu'elle s'est (brutalement) imposée. Aux normes existantes, nous pensons ainsi que les mesures élaborées à l'avenir devraient être notamment plus incitatives, économiquement parlant, étant donné l'influence de ce facteur en terme de rejets polluants. Si la nécessité du renforcement de la sécurité maritime est très souvent évoquée, si les règles sont nombreuses et si l'arsenal technologique ne cesse d'évoluer, nous avons aussi pu constater qu'il existe finalement peu d'informations⁵⁴⁶ pour appréhender les manifestations du « trop peu » de sécurité souvent évoqué. Les rejets accidentels recouvrent, par exemple, au moins deux événements distincts, l'accident et le rejet, et si le dernier est assez bien renseigné pour peu qu'il soit suffisamment volumineux, le premier l'est déjà beaucoup moins (fréquence, sévérité, circonstances, causes). La problématique des rejets opérationnels des navires est assez similaire. Nous n'avons, dans ce contexte, pas de véritables recommandations à faire, tellement il nous semble déjà difficile d'esquisser un simple constat en l'état actuel des connaissances et des informations disponibles. Ce travail suscite d'ailleurs bien plus de questions qu'il n'apporte de réponses. Toutefois, s'il ne fallait souligner qu'une évidence, c'est la nécessité de réaliser davantage d'études régionales et locales, convaincus que nous sommes qu'il s'agit là d'un préalable indispensable pour mieux appréhender les dynamiques du complexe cindynogène du transport maritime et plus généralement, les effets des interactions entre local et global. Parmi les prolongements envisagés à ce travail de recherche, il nous semble notamment intéressant de procéder rapidement à l'inventaire des avaries de navires qui se sont produites dans la zone de compétence du CROSS Corsen (Manche occidentale/nord Gascogne) des années 1980 à nos jours⁵⁴⁷, comme effectué pour les rejets opérationnels, afin d'étudier les influences conjuguées de l'évolution des conditions d'exploitation des navires (*via* les taux de fret par exemple, etc.) et du contexte local sur l'accidentologie pour évaluer, sur des bases plus objectives que les informations disponibles dans les rapports d'activité de cet organisme, l'efficacité des moyens mis en oeuvre localement pour diminuer la fréquence de ce type d'événements. Il nous semble, en effet, que c'est à partir de l'étude de l'ensemble des dysfonctionnements mineurs des navires (les avaries les moins dommageables, par exemple), au regard des contraintes ordinaires du transport maritime (locales, régionales et mondiales), que l'on pourra véritablement apprécier l'effectivité du cadre normatif international de la sécurité maritime et ses ajustements locaux.

⁵⁴⁶ Et lorsqu'elle existe, elle est difficilement accessible pour des raisons de coût notamment.

⁵⁴⁷ Ce travail n'a pu être effectué dans le cadre de cette thèse en raison du volume considérable d'information à récolter. C'est plus d'une centaine d'événements de ce type qui se produisent chaque année dans cette zone si l'on considère tous les types d'embarcations.

Bibliographie

A

- ACOPS, 1988, 1989, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. *Annual survey of reported discharge attribute to vessels and offshore oil and gas installation operating in the United-Kingdom pollution control zone*. Advisory Committee On Protection of the Sea, Londres. (<http://www.mca.gov.uk/>).
- Adshead, J. & Tinline, K., 2003. Striking the balance in accidental marine oil-pollution incidents. *Water law*, 14(3): 141-149.
- Affaires maritimes, 1970. *La flotte de commerce mondiale, les principales puissances maritimes*. Ecole d'administration des Affaires maritimes de Bordeaux, Edition novembre 1970.
- Akten, N., 2006. Shipping accidents: a serious threat for marine environment. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 12: 269-304.
- Alderton T. & Winchester N., 2002a. Globalisation and de-regulation in the maritime industry. *Marine Policy*, 26: 35-43.
- Alderton T. & Winchester N., 2002b. Flag state and safety. *Maritime Policy & Management*, 29(2): 151-162.
- Alderton T. & Winchester N., 2002c. Regulation, representation and the flag market. *Journal for Maritime Research*, septembre 2002, (<http://www.jmr.nmm.ac.uk/>).
- Alençon, (d') S., 1998. *Les pavillons bis en Europe*. Mémoire pour le DESS Droit Maritime et des Transports, Faculté de droit et de science politique d'Aix-Marseille. (junon.u-3mrs.fr/ad210w00/memoires/m98alse.html).
- Anderson C. M. & Lear E. M., 1994. *MMS Worldwide tanker spill database: an overview*. Minerals Management Service, Branch of Environmental Operations and Analysis, OCS report, MMS 94-0002: January 1994.
- Anderson C. M. & LaBelle R. P., 2000. Update of comparative occurrence rates for offshore oil spills. *Spill Science and Technology Bulletin*, 6(5/6) : 303-321.
- André, S. & Rousseau, C., 2000. Accident de l'*Erika* : interventions à terre. *Bulletin d'Information du Cedre*, 14 : 8-22.
- Andrews, R., 2002. *Association of AIS and radar data*. MCA Research Project 456 : 20 December 2002.
- Anonyme, 1997. Controversy over the *Nakhodka* oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 34(4) : 225.
- Anonyme, 2005. L'accidentologie maritime. *Académie de Marine, Communications et mémoires*, 2 : 11-24.
- Anonyme, 2007. Human error in shipping *in* human reliability and error in transportation Systems. Springer Series in Reliability Engineering, Springer London: 91-103.
- Ardillon, H., 2004. Gestion des résidus de machine. 10^{ème} Journée d'information du Cedre. *La gestion des déchets : des marées noires aux rejets opérationnels* - 21 octobre 2004, Institut océanographique, Paris.

- Aubert, V. & Arner O., 1958. On the social structure of the ship. *Acta Sociologica*, 3: 200-219.
- Audétat, M., 2004. *La négociation des risques technologiques. Expertise et controverse publique dans les cas des biotechnologies et du climat*. Thèse de doctorat. Faculté environnement naturel, architectural et construit, Institut du développement territorial, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
- Azais, J.-M. & Bardet, J.-M., 2005. *Le modèle linéaire par l'exemple : régression, analyse de la variance et plans d'expériences illustrés avec R, SAS et Splus*. Dunod (Ed). Collection Sciences Sup : Paris 2005.
- B**
- Bahé S., 2008. *Les pollutions maritimes accidentelles en France : risques, planification et gestion de crise*. Thèse de doctorat. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne/Université de Bretagne Occidentale, Ecole Pratique des Hautes Etudes/Institut Universitaire Européen de la Mer.
- Balkas T. I., Salihoglu I., Gaines A. F., Sunay M. & Matthews J., 1982. Characterization of floating and sinking tar balls in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 13(6) : 202-205.
- Barron M. G., Podrabsky T., Ogle S. & Ricker R. W., 1999. Are aromatic hydrocarbons the primary determinant of petroleum toxicity to aquatic organisms? *Aquatic Toxicology*, 46: 253-268.
- Barton J. R., 1999. Flags of convenience : geoeconomics and regulatory minimisation. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 90 (2) : 142-155.
- Bastien Ventura C., Girin M. & Raoul-Duval J., 2005. *Marées Noires et environnement*. Institut Océanographique, Paris.
- Bazin M. & Pérouse J.-F., 2004. Dardanelles et Bosphore. Les détroits turcs aujourd'hui. *Cahiers de Géographie du Québec*, 48(135) : 311-334.
- Beller M., Chauvel A. & Simandoux P., 1999. The Challenge of North Sea Oil and Gas. *Oil & Gas Science and Technology, Revue de l'IFP*, 54 (1): 105-123.
- Bentz, G., 2001. *Les oiseaux du bord de mer*. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Editions Ouest-France.
- Berne, S., Brossier, R., Fontanel, A., D'Ozouville, L., Serriere, J. & Wadsworth, A., 1978. Télédétection des pollutions par hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Actes du colloque : *Premières observations sur la pollution par les hydrocarbures*, Brest, 7 juin 1978 : 5-9.
- Berthou, P. (Dir.), 2002. *La Synthèse des Pêcheries 2002 - Flotte Mer du Nord - Manche – Atlantique*. IFREMER.
- Bertrand, A. R., 1979. Les principaux accidents de déversements pétroliers en mer et la banque de données de l'Institut Français du Pétrole sur les accidents de navires (1955-1979). *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 34(3) : 483-541.
- Bertrand, A. R., 2000. *Transport maritime et pollution accidentelle par le pétrole : faits et chiffres, 1951-1999*. Editions Technip, Paris.
- Besnard, 1987. Le trafic en Manche. *Séminaire sur l'évaluation du risque de pollution accidentelle lié au transport maritime de substances dangereuses*. Recueil des conférences, 25-27 mars 1987, CEDRE : 87-113.
- Bessemoulin, P., 2002. Les tempêtes en France. *Annales des Mines*, 10 : 9-14.
- Beurier, J.-P., 2004. La sécurité maritime et la protection de l'environnement : évolutions et limites. *D.M.F*, Février 2004, 645 : 99.

- Bhatia, R. & Dinwoodie, J., 2004. Daily oil losses in shipping crude oil. Measuring crude oil loss rates in daily North Sea shipping operations. *Energy policy*, 32 (6): 811-822.
- BIMCO/ISF, 1995, 2000, 2005. *Manpower Update. The worldwide demand for and supply of seafarers*. Warwick Institute for Employment Research.
- Binghay, V. C., 2005. Ensuring Occupational Health and Safety for Overseas Filipino Seafarers. *8th ISLSSL Regional Congress, Taipei, Taiwan, invited paper* : 149-164. (<http://www.airroc.org.tw/ISLSSL2005/program/invited.asp>).
- Blackman, R. A. A. & Law, R. J., 1980a. The *Elini V* oil spill: Fate and effects of the oil over the first twelve months – Part I: Oil in waters and sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 11: 199-204.
- Blackman, R. A. A. & Law, R. J., 1980b. The *Elini V* oil spill: Fate and effects of the oil over the first twelve months – Part II: Biological effects. *Marine Pollution Bulletin*, 11: 217-220.
- Blackman, R. A. A. & Law, R. J., 1981. The *Eleni V* oil spill: return to normal conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 12: 126-130.
- Bloor, M., 2003. Problems of global governance: port-state control and ILO conventions. *SIRC Symposium Proceedings*, 19 September 2003: 9-23.
- Boesch, D. F., Hershner, C. H. & Milgram, J. H., 1974. *Oil spills and the marine environment*. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts.
- Boin A. & McConnell A., 2007. Preparing for critical infrastructure breakdowns: the limits of crisis management and the need for resilience. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 15(1): 50-59.
- Boisson P., 1998. *Politiques et droit de la sécurité maritime*. Bureau VERITAS.
- Bonn (Accords de), 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004a, 2005. *Rapports annuels sur la surveillance aérienne*. Accords de Bonn, La Haye.
- Bonn (Accords de), 2004b. *Guide pratique de la surveillance aérienne*. Accords de Bonn, La Haye.
- Bonnieux, F. & Rainelli, P., 1982. Oil spills and tourism: case study of the Amoco Cadiz. In *The cost of oil spills*, OECD, Paris : 150-163.
- Booth, M., 2008. Fatalities at sea : the good and the bad news. *The Sea*, The SIRC Column, july-august 2008: 4.
- Bosch, X., 2006. Spain's Prestige Oil Spill Resurfaces. *Science*, 314(5807):1861.
- Bouder, F., 2004. Dialogue social et modèle de la tolérabilité du risque. *The IPTS Report - Numéro 82 - mars 2004 : Perspectives sur la communication en temps de crise et la communication du risque*. 82 : (<http://www.jrc.es/home/report/french/articles/vol82/SCI16F826.htm>).
- Bouloubassi I., Méjanelle L., Pete R., Fillaux J., Lorre A. & Point V., 2006. PAH transport by sinking particles in the open Mediterranean Sea: A 1 year sediment trap study. *Marine Pollution Bulletin*, 52 : 560-571.
- Bourg, D. & Ermine, J.-L., 2000. Les risques technologiques. Un essai de typologie. *Les Cahiers du Projet*, Paris, Sciences-Po.
- Bourne, W. R. P., 1979. The *Christos Bitas* affair. *Marine Pollution Bulletin*, 10: 122-123.
- Boy de La Tour (du), X., 2004. *Le pétrole - Au-delà du mythe*. Editions Technip, Paris.
- Boy, D., 2007. La perception des risques. *Les dossiers de la Recherche*. 26 : 8-9.
- BP, 2006. *BP Statistical Review of World Energy June 2006*. British Petroleum. (<http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>).

- Burger, A. E., 1993. Estimating the mortality of seabirds following oil spills: effects of spill volume. *Marine Pollution Bulletin*, 26: 140-143.
- Brockis, G. J., 1967. Preventing oil pollution at sea. *Helgoländer wissenschaftliche, Meeresuntersuchungen*, 16(4): 296-305.
- Brooks R., 2002. Liability and organizational choice : Theory and evidence from the oil shipping industry. *Journal of Law & Economics*, XLV: 91-125.
- Brunet, R., Ferras, R. & Théry, H., 1992. *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique*. RECLUS-La Documentation française, 2^{ème} édition revue, janvier 1993.
- Brunet, S., 2007. *Société du risque : quelle réponse politique ?* L'Harmattan, Questions contemporaines.
- Burgherr, P., Hirschberg, S. & Hardegger, P., 2006. *Severe accident database ENSAD*. PSI Annual Report 2006, Part Technology Transfer, PSI Scientific Report 2005, 3 (Energy and environment, English), Paul Scherrer Institut, Villigen, Switzerland: 78-79.
- Burgherr P., 2007. In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global spill trends from all sources. *Journal of Hazardous Materials*, 140(1-2): 245-256.
- Burns K. A., Villeneuve J.-P., Anderlin V. C. & Fowler S. W., 1982. Survey of tar, hydrocarbon and metal pollution in the coastal waters of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, 13(7): 240-247.
- Burrows P., Rowley C. & Owen D., 1974. Torrey Canyon: a case study in accidental pollution. *Scottish Journal of political Economy*, 21(3): 237-258.
- Butler J. N, Wells P. G., Johnson S. & Manock J. J., 1998. Beach tar on bermuda: Recent observations and implications for global monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 36(6): 458-463.

C

- Cabioc'h, F., 1997. La pollution du *Katja*. *Bulletin d'information du CEDRE*, 10 : 13.
- Cabioc'h, F., 2000. *Neutralisation des hydrocarbures et produits chimiques contenus dans des épaves immergées. Estimation des quantités en jeu*. CEDRE, Document de travail.
- Cadiou, B., 1995. Bilan du recensement des oiseaux échoués 25-26 février 1995. *BL SEPNB*, 69.
- Cadiou, B., 1996. Bilan du recensement des oiseaux échoués 25-26 février 1996. *BL SEPNB*, 76.
- Cadiou, B., Chenesseau, D. & Joslain, H. 2003. *Marée noire de l'Erika. Contribution à l'étude de l'impact sur l'avifaune. Bilan national des échouages et de la mortalité des oiseaux (BNEMO)*. Rapport Bretagne Vivante-SEPNB, LPO Loire-Atlantique, Observatoire des marées noires, DIREN Bretagne.
- Cadiou, B., Riffaut, L., McCoy, K. D., Cabelguen, J., Fortin, M., Gélinaud, G., Le Roch, A., Tirard, C. & Boulinier T., 2004. Ecological impact of the " Erika" oil spill: Determination of the geographic origin of the affected common guillemots. *Aquatic Living Resource*. 17: 369-377.
- Cadiou, B., 2005. Il y a cinq ans, plus de 70 000 oiseaux marins mourraient englués... Et pourtant... *Revue de l'association Bretagne Vivante SEPNB*, 9 : 7-10.
- Calvez, M., 2007. L'analyse culturelle de Mary Douglas : une contribution à la sociologie des institutions. *SociologieS, Théories et recherches*. (<http://sociologies.revues.org/document522.html>).
- Camphuysen, C. J., 1998. Beached Bird Surveys indicate decline in chronic oil pollution in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 36(7): 519-526.

- Camphuysen, C. J., 2005a. *North Sea Pilot Project on Ecological Quality Objectives*, Issue 4. Seabirds, EcoQO element (f): Oiled-guillemot-EcoQO. Final version, January 2005. CSR Consultancy, Oosterend, Texel.
- Camphuysen, C. J. 2005b. The Tricolor oil spill: an incident that should have been prevented. *Atlantic Seabirds*, 6(3): 81-84.
- Camphuysen, C. J. & Van Franeker, J. A., 1998. *The value of Beached Birds Surveys in monitoring marine oil pollution*. Technisch rapport Vogelbescherming 10, Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- Camphuysen, C. J. & Heubeck M., 2001. Marine oil pollution and Beach bird surveys: the development of a sensitive monitoring instrument. *Environmental Pollution*, 112: 443-461.
- Camphuysen, C. J. & Leopold, M. F., 2004. The Tricolor oil spill: characteristics of seabirds found oiled in The Netherlands. *Atlantic Seabirds*, 6(3): 109-128.
- Camphuysen, C. J., Fleet D. M., Reineking B. & Skov H., 2005a. Oil Pollution and Seabirds. *Wadden Sea Ecosystem*, 19: 115-124.
- Camphuysen C. J., Chardine, J., Frederiksen, M. & Nunes, M., 2005b. *Review of the impacts of recent major oil spills on seabirds*. Report of the Working Group on Seabird Ecology, Texel, 29 March – 1 April 2005. Oceanography Committee, ICES CM 2005/C:05, Ref. ACME+E, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark.
- Carpenter, A., 2005. *The reduction of ship-generated waste in the north sea: a contemporary analysis*. Thèse de doctorat, Université de Leeds : janvier 2005.
- Carpenter, A. & Macgill, S. M., 2005. The EU Directive on port reception facilities for ship-generated waste and cargo residues: The results of a second survey on the provision and uptake of facilities in North Sea ports. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1541-1547.
- Carpenter, A., 2006. The Bonn Agreement Aerial Surveillance programme : Trends in North Sea oil pollution 1986-2004. *Marine Pollution Bulletin*, 54(2) : 149-163.
- Carro, N., Cobas, J. & Maneiro, J., 2006. Distribution of aliphatic compounds in bivalve mollusks from Galicia after Prestige oil spill : Spatial and temporal trends. *Environmental Research*, 100 : 339-348.
- Carroué, L., 2000. Ces espaces hors la loi du transport maritime. *Le Monde diplomatique*, Février 2000 : 24.
- Carson, R. T., Mitchell, R. C., Hanemann, M., Kopp, R. J., Presser, S. & Rudd, P. A., 2003. Contingent valuation and lost passive use: damages from the Exxon Valdez oil spill. *Environmental and Resources Economics*, 25: 257-286
- Carter L., 1978. *Amoco Cadiz* incident point up the elusive goal of tanker safety. *Science*, 200: 514-516.
- Carter, H. R., 2003. Oil and California's seabirds: an overview. *Marine Ornithology*, 31: 1-7.
- CEDRE, 1999. Bulletin du 12 au 19 août 1999 de l'OSIR (Oil Spill Intelligence Report), Journal du CEDRE n°51, nouvelles d'août 1999.
- CEDRE, 2003. *Guide de révision des plans Polmar-Terre*. Brest, Rapport CEDRE - DTMPL (<http://www.cedre.fr/polmar/revision.htm>)
- CEDRE, 2004. *L'observation aérienne des pollutions pétrolières en mer - Guide opérationnel*. Brest : Cedre, 2004.
- CEDRE, 2006. *Reconnaissance de sites pollués par les hydrocarbures – Guide opérationnel sur l'évaluation de la pollution du littoral*. Brest : Cedre, 2006.
- CEDRE, 2007. *Dépollution de l'épave du Peter Sif*. Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentation sur les pollutions accidentelles des eaux, rapport de synthèse.

- CEPPOL, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002. *Trafic maritime de substances dangereuses et d'hydrocarbures au large des côtes françaises de la Manche*. Rapport semestriel. Commission d'études pratiques de lutte antipollution, Ministère de la Défense.
- CEPPOL, 2001, 2002, 2003. *Analyse statistique des incidents et accidents de navigation signalés par les navires de commerce transitant au large des côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche*. Commission d'études pratiques de lutte antipollution, région maritime Atlantique.
- Chang, E. K. M., Lee, S. & Swanson, K. L., 2002. Storm Track Dynamics. *Journal of Climate*, 15: 2163-2183.
- Chantelaube, G., 2006. *Evaluation des risques et réglementation de la sécurité : cas du secteur maritime - tendances et applications*. Thèse de Doctorat, Institut National Des Sciences Appliquées de Lyon.
- Chassé, C. & Morvan, D., 1978. Six mois après la marée noire de l'Amoco Cadiz, bilan provisoire de l'impact écologique. *Penn ar Bed*, 11(93) : 311-338.
- Chaumette P., 1999. Le contrôle des navires par les Etats riverains. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, (35) : 55-72.
- Chaumette, P., 2007. Améliorer les conditions de travail et les régimes sociaux dans le secteur maritime européen. *La dimension sociale d'une politique maritime européenne*, Actes de la journée de débats organisée par le Conseil régional de Bretagne, Rennes, 9 mars 2007 : 23-24.
- Chauvat, G. & Reaut, J.-P., 1995. *Statistiques descriptives*. Hachette Supérieur, Les Fondamentaux.
- Chevalier, J.-M., 2006. Energie et pétrole : tensions et turbulence. *Liaison Énergie Francophonie, Le Pétrole : vit-on un troisième choc ?* Institut de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie, 1er trimestre 2006, 70 : 7-12.
- Chevalier, J.-M., Dessus, B. & Radanne, P., 2007. Les déterminants du marché pétrolier et les solutions pour demain. *Economie Politique*, 33 : 8-37.
- Christodoulou-Varotsi, I., 2003. Port State Control of Labour and Social Conditions : Measures Which Can be Taken by Port States in Keeping With International Law (A study for the International Labour Office). *Annuaire de Droit Maritime et Océanique*, 21 : 251-285.
- Claden, C., 2000. Lessons of the wreckage and of the salvage attempts of the Erika. *From the Nakhodka to the Erika: Exchange of experience in the at-sea response to offshore oil spills by passing ship*. Brest, France: 6-7 July 2000: 41-59.
- Claden, C., 2002. Propositions au législateur pour améliorer la protection de l'environnement suite à un incident en mer. *Conférence Sécurité maritime et protection de l'environnement. Evolution et perspectives*. Brest, 11-13 mars 2002.
- Clarkson Research, 2004. *The Tramp shipping market*. Clarkson Research Studies : April 2004.
- Clayton, P., 2005. *GMES OCEANIDES: Report on data issues and assessment of capacity for long-term routine oil spill monitoring*. QinetiQ, Contract EVK2-CT-2002-00177.
- Clouet, A. G., 2000. *Dictionnaire technique maritime (français/anglais)*. La Maison du Dictionnaire : Paris 2000.
- CMI, 2006. *CMI Yearbook 2005-2006*. Comité Maritime International, Belgique : Anvers, 2006.
- CNUCED, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006. *Etude sur les transports maritimes*. Rapport du secrétariat de la CNUCED, Nations Unies, New York et Genève.
- Cockcroft, A. N., 1981. Routing in the English Channel. *The Journal of Navigation*, 34(3) : 392-413.

- Cockcroft, A. N., 1983. The effectiveness of ship routing off North West Europe. *The Journal of Navigation*, 36(3) : 462-467.
- Coindet, S., 2006. Les naufrages sur l'île de Sein au XVIII^e siècle : une lente évolution vers le sauvetage. *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, 113(1) : 87-109.
- Cokacar, T., 2008. The eastern Mediterranean-Black Sea system with high oil spill risk. In W.F. Davidson, K. Lee and A. Cogswell (eds), *Oil Spill Response: A global Perspective*, Springer Science: 327-340.
- Colcomb, K., Rymell, M. & Lewis, A., 2006. Very heavy fuel oils: risk analysis of their transport in UK waters. In: Volckaert, A. et al. (Ed.) (2006). *Marine Incidents Management Cluster (MIMAC): Research in the framework of the BELSPO Supporting Actions – SPSDII. MIMAC 2006: International Conference on Marine Incidents Management, Brugge, Belgium, 19-20 October 2006. VLIZ Special Publication*, 34: 40-51
- Cole, K. A., 1971. *Navigation par gros temps*. Editions de la mer, Paris, 3^{ème} édition.
- Comtois, C. & Wang, J., 2003. Géopolitique et transport. Nouvelles perspectives stratégiques dans le détroit de Taïwan. *Revue Etudes Internationales*, 34(2): 213-227.
- Commission OSPAR, 2000. *Bilan de santé 2000*. Commission OSPAR, Londres.
- Couper, A. D., Burger Jun., W. & Abdelgalil, S., 1977. Shipping control and the changing use of marine space. *Maritime Policy & Management*, 4(6): 409-423.
- Couper, P., 2000. Implications of maritime globalisation for the crews of merchant ships. *Journal for Maritime Research*, (<http://www.jmr.nmm.ac.uk/>).
- Corvez, P., 2007. *Dictionnaire des mots nés de la mer*. Douarnenez : Chasse-marée.
- Cot J.-F., 2004. Problématique des zones refuges pour navires en difficulté. Méthodologie de choix, Applications retrospectives. *JST*: 111-116.
- Couliou, J.-C. & Le Bouëdec, G., 2004. *Les ports du Ponant, l'Atlantique de Brest à Bayonne*. Palantines (éditions) : janvier 2004.
- CROSS Corsen, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. *Bilan d'activité*. Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage, Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer.
- CROSS Gris Nez, 2005. *Bilan d'activité*. Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage, Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer.
- D
- Daddario, E.Q., De Simone, D.V., Bassil, L.E., Gray, W.O., Greenberg, E.V.C., Jones, C.O., Katsouros, M.H., Keith, V.F., McKenzie, A., Porricelli, J.D., Townsend, H.S. & Walters, R.S., 1975. *Oil transportation by tankers: an analysis of marine pollution and safety measures*.
- Dahlmann, G., Timm, D., Averbeck, C., Camphuysen, C.J., Skov, H. & Durinck, J., 1994. Oiled seabirds : comparative investigations on oiled seabirds and oiled beaches in the Netherland, Denmark and Germany (1990-1993). *Marine Pollution Bulletin*, 28: 305-310.
- Danish Maritime Authority, 2006. *Facts about shipping 2006*. Ministry of Economics and Business Affairs, Danish Maritime Authority : September 2006
- Darbra, R. M., Crawford, J. F. E., Haley, C. W. & Morrison, R. J., 2007. Safety culture and hazard risk perception of Australian and New Zealand maritime pilots. *Marine Policy*, 31: 736-745.

- Dare, S. C. & Lewison, G. R. G., 1980. The recent casualty record in the Dover Strait. *The Journal of Navigation*, 33(2): 192-198.
- Daudin, G., 2003. La logistique de la mondialisation. *Revue de l'OFCE*, 87 : 409-435.
- Dauphiné, A., 2001. *Risques et catastrophes. Observer, Spatialiser, Comprendre, Gérer*. Armand Colin, U Géographie, 288 p.
- Dauvin, J. C. (ed.), 1997. *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives*. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie, Service du Patrimoine Naturel / IEGB / MNHN, Paris : 376 p.
- De Luca, G., Furesi, A., Leardi, R., Micera, G., Panzanelli, A., Piu, P. C. & Sanna, G., 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons assessment in the sediments of the Porto Torres Harbor, Northern Sardinia, Italy. *Marine Chemistry*, 86 : 15-32.
- Debout, G., 1980. Dénombrement d'oiseaux échoués sur les côtes de Normandie, 1974-1980. *Le Cormoran*, 22: 147-150.
- Debrot, A. O., Braqshaw J. E. & Tiel A. B., 1995. Tar contamination on beaches in Curaçao, Netherlands Antilles. *Marine Pollution Bulletin*, 30(11): 689-693.
- Décamps, H., 2007. La vulnérabilité des systèmes socioécologiques aux événements extrêmes : exposition, sensibilité, résilience. *Natures Sciences Sociétés*, 15 : 48-52.
- Declercq, J.-P., 2003. Relations professionnelles et conditions de travail dans la marine marchande internationale. (http://www.afacan.org/dossiers_securite/cond_trav.html).
- Dee Boersma, P., 1987. Penguins Oiled in Argentina. *Science*, 236 (4798): 135.
- Delache, X. & Ehard-Cassegrain, A., 2001. Erika : éléments d'évaluation des dommages. *Les données de l'environnement de l'IFEN*, 68 : 1-4
- Depoid, H., 2004. *Impact en Bretagne des nouvelles demandes touristiques*. Région Bretagne, Conseil économique et social : janvier 2004.
- Désaunay, Y. & Guérault, D., 2004. Impact écologique à long terme sur les nourricières côtières, in Y.-F. Pouchus & J.-P. Beurrier, *Les conséquences du naufrage de l'Erika*. Presses Universitaires de Rennes : 63-86.
- Detjen, M., 2006. The Western European PSSA : Testing a unique international concept to protect imperilled marine ecosystems. *Marine Policy*, 30: 442-453
- Devanney, J. & Stewart R., 1974. Bayesian analysis of oil spill statistics. *Marine Technology*, October 1974: 365-382.
- Devanney, J., 2006a. *The tankship tromeury : the impending disasters in tankers*. The CTX Press, Second edition, 2006.
- Devanney, J., 2006b. Critique of the POP&C Project. (<http://www.ctx.org>).
- Devanney, J., 2006c. Uses and abuses of ship casualty data. (<http://www.ctx.org>).
- Devouche, A., 2007. Questions réglementaires, sécurité maritime, gens de mer. *La dimension sociale d'une politique maritime européenne*, Actes de la journée de débats organisée par le Conseil régional de Bretagne, Rennes, 9 mars 2007 : 25-32.
- Dixon, T. & Dixon, T. 1971. The Panther Affair. *Marine Pollution Bulletin*, 2(7): 107-108.
- Dixon, T. & Dixon, T. 1971. Olympic Alliance oil spillage. *Marine Pollution Bulletin*, 7(5): 86-89.
- Dobler, J. P., 1994. The requirement for the publication of detailed global marine casualties statistics. *Maritime Policy & Management*, 21(1): 45-60.
- DTMPL, 2004. *La plaisance en quelques chiffres (1^{er} septembre 2002-31 août 2003)*. Direction du Transport Maritime, des Ports et du Littoral, Bureau de la plaisance et des activités

nautiques, Département des systèmes d'information des Affaires maritimes et des gens de mer.

- Duda, A.M. & Sherman, K., 2002. A new imperative for improving management of large marine ecosystems. *Ocean and Coastal Management*, 45: 797-833.
- Dujardin, B., 2000. De la fortune de mer, regards sur la sécurité maritime. *La Revue Maritime*, 452 : 1-12.
- Dujardin, B., 2003. De l'emploi des navigants au commerce international du XX^e au XXI^e siècle. *La Revue Maritime*, 466 : 1-10.
- Dumolard, P., Dubus, N. & Charleux, L., 2003. *Statistiques appliquées à la Géographie*. Belin, Atouts Géographie : novembre 2003.

E

- Eagle, G. A., Green, A. & Williams, J., 1979. Tar ball concentrations in the ocean around the Cape of Good Hope before and after a major oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 10: 321-325.
- EEA, 2006. *The changing faces of Europe's coastal areas*. European Environment Agency, EEA Report N° 6/2006, Copenhagen, 2006.
- Eide, M. S., Endresen, O., Bret, P. O., Ervik, J. L. & Røang, K., 2007. Intelligent ship traffic monitoring for oil spill prevention: Risk based decision support building on AIS. *Marine Pollution Bulletin*, 54(2):145-148.
- Eliopoulou, E. & Papanikolaou, A., 2007. Casualty analysis of large tankers. *J Mar Sci Technol.*, 12: 240-250
- Ellis, N., 2004. Fatigue: what's known and what's being done, *The Sea*, November/December 2004, 172 : 4-5.
- Ellis, N., 2007. Accident and incident data. *SIRC Symposium Proceedings*, 4-5 July 2007: 81-112
- Emarc, 1997. *Marpol rules and ship generated wastes*. The Emarc project, final report for publication, European Commission, Transport RTD programme of the 4th Framework Programme.
- Eriksen, T., Høye, G., Narheim, B. & Meland B.J., 2006. Maritime traffic monitoring using a space-based AIS receiver. *Acta Astronautica*, 58: 537-549
- Escoffier, B. & Pages, J., 1997. *Initiation aux traitements statistiques - Méthodes, méthodologies*. Presses Universitaires de Rennes, Didact Statistique, Para universitaire : janvier 1997.
- Estival, B., 2002. *Idées claires sur les marées noires*. Editions du Gerfaut.
- Etkin, D. S., 1997. *Oil spills from vessels (1960-1995). An international historical perspective*. Cutter Information Corp. Arlington (Massachusetts).
- Etkin, D. S., 2004. *Operational oil spillage from vessels*. US Coast Guard. Oil Spill Prevention, Preparedness, and Response program, Appendix B-3 of Broad Risk Assessment Project DTCG23-00-F-MER313: B5-B11.
- European Commission, 2002. *Advice on the costs to fuel producers and price premia likely to result from a reduction in the level of sulphur in marine fuels marketed in the EU*. Study C.1/01/2002, Contract ENV.C1/SER/2001/0063, Directorate General Environment, Final Report.
- Eyre, J. L., 1989. A ship's flag - who cares ? *Maritime Policy & Management*, 16(3): 179-187

F

- Fabre, F., Klose, A. & Salvarini, R., 1988. *COST 301 Shore-based marine navigation aids systems*. Main report, Commission of the European Communities, Directorate-General Transport, Directorate-General Science, Research and Development. Luxembourg : 1988.
- Fattal, P., 2006. *Sensibilité et vulnérabilité des côtes aux pollutions par hydrocarbures*. Habilitation à diriger des recherches (volume de synthèse), Université de Nantes, Unité Mixte de Recherche (UMR) 6554 LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique).
- Fearnleys. *Fearnleys Review 2004*, Annual report: march 2005.
- Febvre, A., 1999. Pollutions estivales. *Bulletin d'information du Cedre*, 13 : 24-25.
- Fernandes, M. B., Sicre, M.-A., Boireau, A. & Tronczynski, J., 1997. Polyaromatic hydrocarbon (PAH) distributions in the Seine River and its estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 34(11): 857-867.
- Ferraro, G., Bernardini, A., David, M., Meyer-Roux, S., Muellenhoff, O., Perkovic, M., Tarchi, D. & Topouzelis, K., 2007. Towards an operational use of space imagery for oil pollution monitoring in the Mediterranean basin : A demonstration in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 54 : 403-422.
- Fichaut, B. & Poncet, F., 2001. Les Opérations de nettoyage des marées noires : approche raisonnable ou hygiénisme ? *Penn ar Bed*, 182: 1-12.
- Filipowick, W., 2004. Vessel Traffic Control Problems. *The Journal of Navigation*, 57: 15-24.
- FIPOL, 2005. *Rapport annuel 2004*. Fonds International d'Indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures.
- Fitch, R., Riding, J. & Fitch, J., 2005. *Maritime Traffic Survey, The Hebrides and St Kilda*. Marine and Risk Consultants Limited (MARICO), MSA 10\09\171, 03NR344/G : July 2005.
- Forsythe, W., Breen, C., Calaghan, C. & McConkey, R., 2000. Historic storms and shipwrecks in Ireland : a preliminary surey of severe synoptic conditions as a casual factor in underwater archaeology. *The International Journal of Nautical Archaeology*, 29(2) : 247-259.
- Forsyth, C. J., 1991. Factors affecting tanker safety. *Maritime Policy & Management*, 18(4): 313-319.
- Fortin, A. C., 2002. L'industrie maritime mondial : panorama des mutations. *ISEMAR, Note de synthèse n° 48*, octobre 2002.
- Foley, F. M., 1972. Ship navigation-The means and the end. *The Journal of Navigation*, 25(3): 305-318.
- Fowler, T. G. & Sørsgård, E., 2000. Modeling Ship Transportation Risk. *Risk Analysis*, 20 (2): 225-244.
- Fraser, G. S., Ellis, J. & Hussain, L., 2008. An international comparison of governmental disclosure of hydrocarbon spills from offshore oil and gas installations. *Marine Pollution Bulletin*, 56 : 9-13.
- Furness, R. W. & Camphuysen, K. C. J., 1997. Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 726-737.

G

- Gade, M. & Alpers, W., 1999. Using ERS-2 SAR images for routine observation of marine pollution in European coastal waters. *The Science of the Total Environment*, 237-238: 441-448.

- Garcia-Borboroglu, P., Boersma, P. D., Ruoppolo, V., Reyes, V., Rebstock, G. A., Griot, K., Heredia, S. R., Adornes, A. C. & Da Silva, R. P., 2006. Chronic oil pollution harms Magellanic penguins in the southwest Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 52: 193-198.
- Gardaix, J. & Da Ros, E., 2005. Problèmes et enjeux de la marée noire du Prestige : l'exemple du risque de marée noire et de ses conséquences sur la Côte Aquitaine. *Travaux Laboratoire Géographie Physique Appliquée*, Bordeaux, mai 2005, (23) : 27-48.
- Garrod, B. & Whitmarsh, D., 1995. The economics of marine pollution control. *Marine Pollution Bulletin*, 31(6): 365-371.
- Gerstenberg, H., 2002. Cost elements with a soul. *Proceedings of International Association of Maritime Economists*, International Conference, Panama, 13-15 novembre.
- GESAMP, 1993. *Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment*. IMO/FAO/UNESCO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Expert on the Scientific Aspects of Marine Pollution, GESAMP Report and Studies n° 50.
- GESAMP, 2007. *Estimates of oil entering the marine environment from sea-based activities*. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, GESAMP Report and Studies n° 75.
- Girin, M., 2000. Circumstances and interest of a *Nakhodka-Erika* exchange of experience seminar. From the *Nakhodka to the Erika* : exchange of experience in at sea response to offshore oil spills by passing ships. Brest, France, 6-7 July 2000.
- Girin, M. 2004. European experience in response to potentially polluting shipwrecks. *Marine Technology Society Journal*, 38(3): 21-25.
- GLAUKI, 2005. *Aids to Navigation Review*. The General Lighthouse Authorities of the United Kingdom and Ireland, (<http://www.trinityhouse.co.uk/review/>).
- Goodlad, J., 1996. Effects of the *Braer* oil spill on the Shetland seafood industry. *The Science of the Total Environment*, 186: 127-133.
- Goodman, R., 2003. Tar balls: the end state. *Spill Science & Technology Bulletin*, 8(2): 117-121.
- Goodwin, E. M., 1972. Traffic distribution and collision rate/size correlations derived from Dover Straits survey data. *The Journal of Navigation*, 25(3) : 370-374.
- Goss, R., 1994. Safety at sea. *Journal of Transport Economics and Policy*, 28 (1): 99-110.
- Goulielmos, A. M., 2001. Maritime Safety : facts and proposals for the European OPA. *Disaster Prevention and Management*, 4 (10): 278-285.
- Granadeiro, J. P. & Silva, M. A., 1992. Beached bird surveys in Portugal, 1990/91. *Sula*, 6(1): 22-27.
- Granadeiro, J. P., Silva, M. A., Fernandes, C. & Reis, A., 1997. Beached Bird Surveys in Portugal 1990-1996. *Ardeola*, 44(1): 9-17.
- Grandbois, M., 1986. Le droit pénal de l'environnement : une garantie d'impunité ? *Criminologie*, 21(1) : 58-81.
- Grossmann, H., Otto, A., Stiller, S. & Wedemeier, J., 2007. Growth potential for maritime trade and ports in Europe. *Intereconomics*, (July/August): 226-232.
- Guedes Soares, C. & Teixeira, P., 2001. Risk Assessment in Maritime Transportation. *Reliability Engineering and System Safety*, 74(3) : 299-311.
- Guedes Soares, C. & Sebastiao, P., 2002. Risk of oil spill pollution off the Portuguese coast. In C.A., Brebbia (Ed), *Risk Analysis III*, WIT Press, Southampton : 337-345.

- Guerra-Garcia, J. M. & Garcia-Gomez, J. C., 2005. Assessing pollution levels in sediments of a harbours with two opposing entrances. Environmental implications. *Journal of Environmental Management*, 77 (1) : 1-11.
- Guillaume, J., 2005a. Risques et problématiques géographiques. *Cahiers Nantais*, 64 : 1-2.
- Guillaume, J., 2005b. *Les routes maritimes, leurs traces et leurs marques*. Festival International de Géographie, « *Le monde en réseaux. Lieux visibles, liens invisibles* », Saint-Dié, 30 septembre-2 octobre 2005.
- Gundlach, E. R. & Hayes, M. O., 1977. The Urquiola Oil Spill, La Coruna, Spain: case history and discussion of methods of control and clean-up. *Marine Pollution Bulletin*, 8 : 132-136.
- Gupta, R. S. & Kureishy, T. W. 1981. Present State of Oil Pollution in the Northern Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 12(9) : 295-301.

H

- Haahtela, I., 1970. Oil spill in Finland. *Marine Pollution Bulletin*, 1: 19-20.
- Hajduch, G., Leilde, P. & Kerbaol, V., 2006. Ship detection on ENVISAT ASAR Data: results, limitation and perspectives. In *Proceeding of SEESAR 2006: Advances in SAR oceanography from ENVISAT and ERS*, ESA-ESRIN, 23-26 January 2006, Frascati, Italy.
- Hampton, S. & Zafonte, M. 2005. Factors influencing beached bird collection during the Luckenbach 2001/02 oil spill. *Marine Ornithology*, 34: 109–113.
- Handmer, J. W., Dovers, S. R., 1996. A Typology of Resilience: Rethinking Institutions for Sustainable Development. *Industrial & Environmental Crisis Quarterly*, 9 (4): 482-511.
- Harms-Ringdahl, L., 2004. Relationships between accident investigations, risk analysis and safety management. *Journal of Hazardous Materials*, 111: 13-24.
- Hassellhov, I. M., 2007. *Pre-study of ship wreck assessment and remediation*. The Alliance for Global Sustainability. AGS office at Chalmers, Göteborg ISBN: 978-91-976534-4-2
- Hawkins, S. J., Gibbs, P. E., Pope, N. D., Burt, G. R., Chesman, B. S., Bray, S., Proud, S. V., Spence, S. K., Southward, A. J. & Langston, W. J., 2002. Recovery of polluted ecosystems: the case for long-term studies. *Marine Environmental Research*, 54: 215-222.
- Hayakawa, K., Nomura, M., Nakagawa, T., Oguri, S., Kawanishi, T., Toriba, A., Kizu, R., Sakaguchi, T. & Tamiya, E., 2006. Damage to and recovery of coastlines polluted with C-heavy oil spilled from the Nakhodka. *Water Research*, 40: 981-989.
- Hay, J., Thébaud, O., Pérez Agundez, J.A., Cariou, P., 2008. *Marées noires. Enjeux économiques*. Editions Quae.
- Hay, J., 2006. Analyse économique du régime international CLC/Fipol comme instrument de prévention des marées noires. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, Brest (France).
- Hayes, M. O., 1996. An exposure index for oiled shorelines. *Spill Science & Technology Bulletin*, 3(3): 139-147.
- HELCOM, 1990. *Second Periodic Assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1984-1988*. Baltic sea Environment Proceedings, Baltic Marine Environment Protection Commission, n° 35A, n° 35B.
- HELCOM, 1994. *Intergovernmental activities in the framework of the Helsinki commission: 1974-1994*. Baltic sea Environment Proceedings, Baltic Marine Environment Protection Commission, n° 56.

- HELCOM, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. HELCOM report on illegal discharges observed during aerial surveillance, *Baltic Marine Environment Protection Commission*.
- Hershey, R., 1988. The primacy of the master and its consequences. *Maritime Policy & Management*, 15(2): 141-146.
- Heubeck M., 1987. The Shetland beached bird survey, 1979-1986. *Bird Study*, 34: 97-106.
- Heubeck M., 1991. Oil pollution around Orkney and Shetland, 1976–1983. *Sula*, 5: 6-11.
- Heubeck, M., Camphuysen, C. J., Bao, R., Humple, D., Sandoval, A., Cadiou, B., Bräger, S. & Thomas, T. 2003. Assessing the impact of major oil spills on seabird populations. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 900-902.
- Heubeck, M., 2006. The Shetland beached bird survey, 1979-2004. *Marine Ornithology* 34: 123–127
- Hollnagel, E. & Amalberti, R., 2001. The Emperor's New Clothes, or whatever happened to *human error* ? Invited keynote presentation at *4th International Workshop on Human Error, Safety and System Development*. Linköping, June 11-12, 2001.
- Hooke, N. 1997. *Maritime Casualties 1963-1997*. Second Edition. Lloyd's Maritime Information Services. LLP Limited, London.
- Horck, J., 2006. *A mixed crew complement. A maritime safety challenge and its impact on maritime education and training*. Malmö Studies in Educational Sciences: Licentiate Dissertation, Series 2006: 3.
- Horn, M. H., Teal, J. M. & Backus, R. H., 1970. Petroleum Lumps on the Surface of the Sea. *Science*, 168(3928) : 245-246.
- Hornus, H., Le Berre, A., Roussel, P., Allais, V., Hamon, J.-Y., Levy J.-F., Bosc, R. & Graillet, A., 2003. *Navires en difficulté et recours aux lieux de refuge*. Service de l'Inspection Générale de l'Environnement, Inspection Générale des services des Affaires maritimes, Conseil général des Ponts et chaussées, Rapport n° 2003-0031-02 : juin 2003.
- Hottois, G., 2007. Le risque universel est une vue de l'esprit. *Les dossiers de la Recherche*, 26 : 6-7.
- Houtte, S. & Bretagnole, V., 2002. *Identification des zones prioritaires de conservation pour les oiseaux marins hivernant au large des côtes atlantiques françaises (prospections aériennes) : facteurs océanographiques impliqués dans la répartition spatio-temporelle et l'abondance des communautés*. Programme ROMER AVION « Recherche et suivi des oiseaux marins en mer », rapport de fin de programme (2000-2002) : novembre 2002.
- Hughes, T., 1998. Vessel Traffic Services (VTS) : Are We Ready For The New Millenium ? *Journal of Navigation*, 51(3):404-420.
- Hummels, D., 1999. Have International Transportation Costs Declined ? *mimeo*, Purdue University. (<http://www.mgmt.purdue.edu/faculty/hummelsd>).
- Hyppolite-Manigat, M., 1972. *La lutte internationale contre la pollution des eaux marines*. Notes et études documentaires, n° 3 903-3 904, La documentation française, Paris : juin 1972.

I

- ICONS, 2000. *Ships, slaves and competition*. International Commission On Shipping, Australie.
- ICES, 2002. *Report of the Working Group on Seabird Ecology*. International Council for the Exploration of the Sea, Oceanography Committee, ICES CM 2002 /C:04.
- IETM, 1996. *L'affrètement maritime*. CELSE Editeur du transport et de la logistique, Collection maritime.

- IEA, 2006. *World Energy Outlook 2005*. International Energy Agency.
- Iiliffe, T.M. & Knap, A.H., 1979. The fate of stranded pelagic tar on a Bermuda beach. *Marine Pollution Bulletin*, 10: 203-205.
- INTERTANKO, 1992, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006. *Tanker Facts*. International Tanker Owners.
- ISL, 2006. Public Financing and charging practices of seaports in the EU. *European Commission Directorate-General for Energy and Transport*. Maritime and inland waterway transport; intermodality, Short Sea Shipping, Inland Waterways, and Ports. Institute of Shipping Economics and Logistics, Final report, Bremen: June 2006.
- ITOPF, 2004, 2005, 2006. *Accidental tanker oil spills statistics*. International Tanker Owners Pollution Federation Ltd, London (UK).

J

- Jain, V., 2001. Les "Minimum standards" de STCW 95 sont-ils suffisants pour le nouvel environnement maritime ? Document présenté à la conférence sur une "Navigation sûre au 21ème siècle" à l'Université de Brême, 2001 (<http://www.afcan.org/>).
- Jaremin, B., Kotulak, E., Starnawska, M. & Tomaszunas, S., 1996. Causes and circumstances of deaths of polish seafarers during sea voyages. *J Travel Med*, 3: 91-95.
- Jeanneret, H., Chantereau, S. & Ratiskol, G., 2002. La limitation des conséquences sur les ressources naturelles exploitées: la gestion des zones conchylicoles dans la pollution de l'Erika. Les journées du Cedre, *L'impact environnemental d'une pollution accidentelle des eaux*, 17 octobre 2002, Paris.
- Johnson, D. R. & Weatley, J. H. W., 1972. Marine traffic in the English Channel and Dover Strait. *The Journal of Navigation*, 25(3): 383-387.
- Jolly, G. W., Mangin, A., Cauneau, F., Calatuyud, M., Barale, V., Snaith, H., Rud, O., Ishii, M., Gade, M., Renondo, J. M. & Platinov, A., 1999. *The Clean Seas Project*. Final Report of the European Project ENV4-CT96-0334, DG XIII D.
- Jurgen Peters, H., 1993. *The Maritime Transport Crisis*. World Bank, Discussion Paper.

K

- Kahveci, E., 1999. *Fast turnaround ships and their impact on crews*. Seafarers International Research Centre (SIRC), Cardiff University.
- Kaiser, M. J., 2007. World offshore energy loss statistics. *Energy Policy*, 35 : 3496-3525.
- Kantin, R., 1996. Pollution du Sea Empress au Pays de Galles. *Bulletin d'information du CEDRE*, 7 : 4-10.
- Kasperson, R. E., Kasperson, J. X., 1996. The social amplification and attenuation of risk , *AAPSS Anals*, 545: 95-105.
- Kavussanos, M. G., Visvikis, I. D., 2006. Shipping freight derivatives : a survey of recent evidence. *Maritime Policy and Management*, 33(3): 233-255.
- Kavussanos M. G., 2003. Time varying risks among segments of the tanker freight markets. *Maritime Economics & Logistics*, 5: 227-250.

- Keramitsoglou, I., Cartalis, C. & Kiranoudis, C. T., 2006. Automatic identification of oil spills on satellite images. *Environmental Modelling and Software*, 21 : 640-652.
- Kerdiles, 1979. La surveillance du trafic au large d'Ouessant par la Marine nationale. Actes de colloque *La pollution marine par les hydrocarbures*, Brest, 28-30 mars 1979: 57-68.
- King, J., 1995. An Inquiry into the causes of shipwrecks : its implications for the prevention of pollution. *Marine Policy*, 19(6): 469-475.
- King, J., 1999. New directions in shipbuilding policy. *Marine Policy*, 23(3): 191-205.
- Kingston, P. F., 2002. Long-term environmental impact of oil spills. *Spill Science & technology Bulletin*, 7(1-2): 53-61.
- Kirchsteiger, C., 1999. Trends in accidents, disasters and risk sources in Europe. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 12 : 7-17.
- Klippfel, J., 1976. *Prévoir le temps par les dictons marins. Et savoir lire les signes du ciel*. Arthaud, Collection "Mer": Paris, 1976.
- Knap, A. H., Iliffe, T. M. & Butler, J. N., 1980. Has the amount of tar in the open ocean changed in the past decade ? *Marine Pollution Bulletin*, 11: 161-164.
- Koyama, J., Uno, S. & Johno, K., 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination and recovery characteristics in some organisms after the *Nakhodka* oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 1054-1061.
- Kurochkin, A. 1993. Late winter beached bird survey in Latvia. *Acta Ornithologica Lituanica*, 7-8: 74-77.

L

- Lacaze, J.-C., 1980. *La pollution pétrolière en milieu marin, de la toxicologie à l'écologie*. Editions Masson, Collection Ecologie appliquée et sciences de l'environnement, Paris.
- Lacaze J.C., 1996. *La pollution des mers*. Coll. Dominos, Flammarion, Paris.
- Lacoste, R., Terrassier, N. & Uguen, M., 2000. Comprendre Erika, qualité et logique économique. *ISEMAR, Note de synthèse n° 23*, février 2000.
- Lacoste, R., 2004. Les stratégies des grands armements pétroliers. *ISEMAR, Note de synthèse n° 64*, avril 2004.
- Lacoste, R., 2007a. Les nouvelles échelles du transport maritime. *ISEMAR, Note de synthèse n° 91*, janvier 2007.
- Lacoste, R., 2007b. Couverture des risques et marché maritime. *ISEMAR, Note de synthèse n° 96*, juin 2007.
- Lacoste, R. & Tourret, P., 2007. 1997 - 2007 : d'un monde à un autre. *ISEMAR, Note de Synthèse n° 100*, décembre 2007.
- Lagadec, P., 1981. *Le Risque technologique majeur. Politique, risque et processus de développement*. Pergamon Press, Paris-Oxford.
- Lagadec, P. & Guilhou, X., 2001. Les conditions de survenue des crises graves. In *Conditions et mécanismes de production des défaillances, accidents et crises*. Actes de la seconde séance du Séminaire "Le risque de défaillance et son contrôle par les individus et les organisations dans les activités à hauts risques", sous la direction de René Amalberti, Catherine Fuchs et Claude Gilbert, CNRS, Maison des Sciences de l'Homme : juin 2002.

- Lahousse, P. & Piédanna, V., 2000. *L'outil statistique en Géographie. Tome II : l'analyse bivariable*. Armand Colin/HER, Paris : 1999.
- Lamb, H., 1991. *Historic storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe*. Cambridge University Press: 1991.
- Lane T., 2001. Study looks at mixed nationality crews. *The Sea*, The SIRC Column, march-avril 2001: 4.
- Larsen, J. N., Durinck, J. & Skov, H., 2007. Trends in chronic marine oil pollution in Danish waters assessed using 22 years of beached bird surveys. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1333-1340.
- Larsson, K. & Tydén, L., 2005. Effects of oil spills on wintering Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* at Hoburgs bank in central Baltic Sea between 1996/97 and 2003/04. *Ornis Svecica*, 15: 161-171.
- Lassagne, M., 2004. *Management des risques, stratégies d'entreprises et réglementation : le cas de l'industrie maritime*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et métiers, Centre de Paris.
- Lasserre, F., 2003. Avant propos. Numéro spécial sur les détroits. *Revue Etudes Internationales*, 34(2): 189-194.
- Lasserre, F., 2004a. Les détroits maritimes. Réflexion sur des enjeux stratégiques majeurs. *Cahiers de Géographie du Québec*, 48(135) : 279-286.
- Lasserre, F., 2004b. Les détroits arctiques canadiens et russes. Souveraineté et développement de nouvelles routes maritimes. *Cahiers de Géographie du Québec*, 48(135) : 397-425.
- Lasserre, J.-C., 2003. Le Pas-de-Calais et le détroit de Gibraltar. Quels enjeux géopolitiques ? *Revue Études internationales*, 34(2) : 195-212.
- Laubier, L., 1991. Les marées noires - conséquences à long terme. *La Recherche*, 233: 814-823.
- Laubier, L., Le Moigne, M., Flammarion, P., Thybaud, E. & Cossa, D., 2004. Foreword: The monitoring programme of the ecological and ecotoxicological consequences of the « Erika » oil spill. *Aquatic Living Resources*, 17(3): 239-242.
- Laurent, E. N., Castellanet, F. & Debas, L., 2003. *2003 : 20 Prestige souilleront la Méditerranée cette année ! Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée*, World Wide life Foundation (WWF).
- Law, R.J., Dawes, V.J., Woodhead, R.J. & Matthiessen, P., 1997. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in seawater around England and Wales. *Marine Pollution Bulletin*, 34(5): 306-322.
- Law, R.J. & Campbell, J.A., 1998. The effects of oil and chemical spillage at sea. *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, 12: 245-249.
- Le Carrer, O., 2006. *Océans de papier*. Editions Glénat, Grenoble : octobre 2006.
- Lee, R. F. & Page, D. S., 1997. Petroleum Hydrocarbons and their effects in subtidal regions after oil spills. *Marine Pollution Bulletin*, 34(11): 928-940.
- Lee, K., Stoffyn-Egli, P., Tremblay, G. H., Owens, E. H., Sergy, G. A., Guénette, C. C. & Prince, R. C., 2003. Oil-mineral aggregate formation on oiled beaches: Natural attenuation and sediment relocation. *Spill Science & Technology Bulletin*, 8(3): 285-296.
- Le Franc, J. M., 2002. *La sécurité maritime en Europe*. Rapport fait au nom de la Commission des Affaires économiques, de l'Environnement et du Territoire sur la proposition de résolution (n° 645) de MM. Guy Lengagne et Didier Quentin, rapporteurs de la Délégation pour l'Union Européenne sur la sécurité maritime en Europe (COM [2002] 780 final / E 2186, COM [2003] 001 final / E 2201).

- Le Gentil, E., 2006. Les effets des accidents sur la mise en oeuvre de la convention Marpol 73/78 (annexe 1) et l'évolution des rejets opérationnels d'hydrocarbures des navires au large de la Bretagne. *Norvois*, 198 (1) : 49-62.
- Le Moing, G., 2005. *Et l'Océan fut leur tombe, naufrages et catastrophes maritimes du XX^e siècle*. Marines éditions, Rennes : juin 2005.
- Lemasson, L., 1999. *Vents et tempêtes sur le littoral de l'ouest de la France : variabilité, variation et conséquences morphologiques*. Thèse de doctorat. Université de Haute-Bretagne, Rennes 2, manuscrit + 1 annexe.
- Le Prestre, P. & Martimort-Asso, B., 2004. *Les questions soulevées par le système de gouvernance internationale*. Institut du développement durable et des relations internationales, version préliminaire, Paris : juin 2004.
- Le Roy, D. Volckaert, A., Vermoote, S., De Wachter, B., Maes, F., Coene, J. & Calewaert, J.B., 2006. *Risk analysis of marine activities in the Belgium part of the North Sea (RAMA)*. Research in the framework of the BELSPO global change, ecosystems and biodiversity – SPSDII. Final Report. Belgium Science Policy: Brussels.
- Leschine, T. M., 2002. Oil spill and the social amplification and attenuation of risk. *Spill Science and Technology Bulletin*, 7(1-2) : 63-73.
- Li, K. X., 1998. Seamen's accidental deaths worldwide : a new approach. *Maritime Policy & Management*, 25(2): 149-155.
- Li, K. X. & Wonham, J., 1999a. Who is safe and who is at risk: a study of 20-year-record on accident total loss in different flags. *Maritime Policy & Management*, 26(2) : 137-144.
- Li, K. X. & Wonham, J., 1999b. Who mans the world fleet? A follow-up to the BIMCO/ISF manpower survey. *Maritime Policy & Management*, 26(3): 295-303.
- Li, K. X. & Wonham, J., 1999c. A method for estimating world maritime employment. *Transportation Research, Part E: Logistics and Transportation Review* 35E.3:183-189.
- Li, K. X. & Zheng, H., 2008. Enforcement of law by the Port State Control (PSC). *Maritime Policy & Management*, 35(1) : 61-71.
- Liu, P. C., 2007. A chronology of freaque wave encounters. *Geofzika*, 24(1) : 57-70.
- Liu, X. & Wirtz, K. W., 2006. Total oil spill costs and compensations. *Maritime Policy and Management*, 33(1): 49-60.
- Llácer, F.J.M., 2003. Open registers: past, present and future. *Marine Policy*, 27: 513-523.
- Llorente, A., 2007. L'accueil des marins dans les ports, la dimension sociale d'une politique maritime européenne. *Actes de la journée de débats organisée par le Conseil régional de Bretagne*, Rennes, 9 mars 2007 : 42-43.
- Lloyd's Register, 1958, 1992, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. *World Fleet Statistical Tables*. London.
- Lloyd's Register, 1958, 1990, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000. *World Casualty Statistics*. London.
- Loiseau, J., 2000. Réglementation et sécurité à bord des navires, le point de vue du capitaine. *Hydro sup'marine*, Le Havre, séminaire du 27 avril 2000, (<http://www.afcan.org>).
- Lomas, O., 1989. The prosecution of marine oil pollution offences and the practice of insuring against fines. *Journal of Environmental Law*, 1: 48-64.
- Loureiro, M. L., Ribas, A., López, E. & Ojea, E., 2006. Estimated costs and admissible claims linked to the *Prestige* oil spill. *Ecological Economics*, 59(1): 48-63.
- Lu, J., 2003. Marine oil spill detection, statistics and mapping with ERS SAR imagery in Southeast Asia. *International Journal of Remote Sensing*, 24(15): 3013-3032.

Lucas, Z. & MacGregor, C., 2006. Characterization and source of oil contamination on the beaches and seabird corpses, Sable Island, Nova Scotia, 1996-2005. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 778-789.

Lutzhoft M., Thorslund B., Kircher A. & Gillberg M., 2007. *Fatigue at sea, a field study in swedish shipping*. VTI Rapport 586A, rapport final, 4 annexes : septembre 2007.

M

M'Gonigle, R.M. & Zacher, M.W., 1979. *Pollution, Politics, and International Law : Tankers at Sea*. Berkeley, CA: Univ. Of Calif. Press.

MacDonald, R. 2005. Criminalisation in shipping. *Seaways*, march 2005 : 5-7.

Maddison, A., 2003. *Growth Accounts, Technological Change, and the Role of Energy in Western Growth*. In *Economia e Energia*, secc.XIII-XVIII, Istituto Internazionale di Storia Economica "F. Datini" Prato, Le Monnier, Florence.

MAIB, 2004. *MAIB Bridge Watchkeeping Safety Study*. Marine Accident Investigation Branch (MAIB), (www.maib.gov.uk).

Maljean-Dubois, S. & Richard, V., 2004. *Mécanismes internationaux de suivi et de mise en oeuvre des conventions internationales de protection de l'environnement*. Institut du développement durable et des relations internationales. Version préliminaire, Paris : novembre 2004.

Mansell, J. N. K., 2007. *An analysis of flag state responsibility from an historical perspective : delegation or derogation ?* Thèse de doctorat, Université de Wollongong, Center for Maritime Policy, Faculty of Law.

Manson, M., 2003. Civil liability for oil pollution damage : examining the evolving scope for environmental compensation in the international regime. *Marine Policy*, 27 : 1-12.

Marcadon J., 1998. Les routes maritimes, les flux de marchandises et de passagers à travers l'Océan Atlantique. *Historiens et Géographes*, 363 : 207-215.

Marcadon, 2004. Géoéconomie des détroits danois. *Cahiers de Géographie du Québec*, 48(135) : 289-310

Marcadon, J., 2005. Les grandes routes maritimes. *Questions internationales, Mer et océans*, 14 : 40-48.

Marchand, J.-P., 1975. Contribution à l'étude des fortes tempêtes d'Ouest sur la façade atlantique de l'Europe du Nord-Ouest. *Norois*, 86 : 259-274.

Marchand, M., 1998. Pollutions d'origine maritime le long des côtes françaises. Bulletin d'information du CEDRE, 12 : 12-13.

Marchand, M. & Caprais, M.-P., 1981. Suivi de la pollution de l'Amoco Cadiz dans l'eau de mer et les sédiments marins. In *Amoco Cadiz : Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures*, CNEXO.

Marei, N., 2008. Enjeux maritimes et portuaires du détroit de Gibraltar. *ISEMAR, note de synthèse n° 105*.

Marinho de Bastos, S., 2004. The need for a European Union approach to accident investigations. *Journal of Hazardous Materials*, 111: 1-5.

Marques, C. & Rabuteau, Y., 2006. La répression de la pollution due aux rejets opérationnels des navires : un contentieux technique et économique, in Cudennec A. (ed.), *Le droit pénal et la mer*, Presses Universitaires de Rennes : 43-57.

- Marriot, P. B., 1993. *Report of the Chief Inspector of Marine Accidents into the engine failure and subsequent grounding of the motor tanker Braer at Garth Ness, Shetland on 5 January 1993*. Marine Accident Investigation Branch, Department of Transport, 9 December 1993, rapport final + 2 annexes.
- Marriot, P. B., 1997. *Report of the Chief Inspector of Marine Accidents into the grounding and subsequent salvage of the tanker Sea Empress at Milford Haven between 15 and 21 February 1996*. Marine Accident Investigation Branch, Department of Transport, 27 March 1997, rapport final + 6 annexes.
- Martinez de Oses, F. X. & Castells, M., 2008. Heavy Weather in European Short Sea Shipping : Its Influence on Selected Routes. *The Journal of Navigation*, 61 : 165-176.
- Martini, M. & Patrouno, R., 2005. Oil pollution risk assessment and preparedness in the east mediterranean. *International Oil Spill Conference 2005* (http://www.itopf.com/_assets/documents/iosc2005martini.pdf).
- Masseau, D., 2003. *Analyse des conséquences de la catastrophe de l'Erika sur l'économie touristique en Bretagne, Pays de la Loire et Poitou-Charentes*. Livre blanc, tome II, Observatoire National du Tourisme.
- Maurer, B., 2008. Re-regulating offshore finance ? *Geography Compass*, 2(1): 155-175.
- Meissner, W., 1989. Alkowate (Alcidae) na zatoce Gdanskiej w latach 1980-1987. *Notatki Orn*, 30: 13-28.
- Meissner, W., 1992. Decline in strandings of oiled seabirds in Gdansk Bay, Poland. *Sula*, 6: 102-105.
- MEHRA's, 1999. *Historical oil spill statistics*. Appendix 3, Safetec. App. Rev., 1.
- Merlin, F., Guyomarch, J. & Jezequel, R., 2000. Le fuel de l'Erika : évolution physico-chimique et dégradation, in Beurrier J.-P. & Pouchus Y.-F. (ed.), *Les conséquences du naufrage de l'Erika. Risques, environnement, société, réhabilitation*, Presses Universitaires de Rennes : 35-46.
- Michel, J., Etkin, D.S., Gilbert, T., Urban, R., Waldron, J. & Blocksidge, C.T., 2005. *Potentially Polluting Wrecks in Marine Waters*. 2005 International Oil Spill Conference. Issue Paper.
- Mikelis, N., 2005. Tanker safety record at all-time high. *Lloyd's List*, Thursday September 29 2005: 5.
- Mitchell R.B., 2003. International Environmental Agreements: a survey of their features, formation, and effects. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 28: 429-461.
- Mitchell, R.B., 1994a. Heterogeneities at Two Levels: States, Non-State Actors and Intentional Oil Pollution. *Journal of Theoretical Politics*, 6(4): 625-653.
- Mitchell, R.B., 1994b . *Intentional oil pollution at sea, environmental policy and treaty compliance*. M.I.T. Press, Cambridge, Massachussets.
- Moign, A., 1962. La station de dégazage du port de Brest. *Penn Ar Bed*, 3(29) : 192-196
- Monfils, R., Gilbert, T. & Nawadra, S., 2006. Sunken WWII shipwrecks of the Pacific and East Asia: The need for regional collaboration to address the potential marine pollution threat. *Ocean & Coastal Management*, 49: 779-788.
- Monnat, J-Y., 1979. Les oiseaux marins, indicateurs de pollutions pétrolières. Actes de colloque international, *La pollution marine par les hydrocarbures*, Brest, 28-30 mars 1979 : 145-158.
- Motte, R., 2002. Safe navigation, ship loss and applications of technology. *The Journal of Navigation*, 49(1): 36-44.
- Morales-Caselles, C., Kalman, J., Riba, I. & DelValls, T.A., 2007. Comparing sediment quality in Spanish littoral areas affected by acute (*Prestige*, 2002) and chronic (Bay of Algeciras) oil spills. *Environmental Pollution*, 146: 233-240.

Mounier, J., 1982. Brouillards d'été sur les côtes septentrionales de la Bretagne. *Norois*, 116 : 547-559.

N

Naquet-Radiguet, 2000. A propos et autour de l'Erika. *Actes de la 18^{ème} conférence maritime de l'Atlantique* : 18-20.

Narcisse, N., 2007. Crise médiatique et responsabilité de l'entreprise dans l'espace public. *Communication & langages*, 151 : 125-132.

NAS/NRC, 2003. *Oil in the Sea III*. National Academy of Sciences, National Research Council, National Academy Press, Washington DC.

National Transportation Safety Board, 1990. *Grounding of U.S. tankship Exxon Valdez on Bligh Reef, Prince William Sound near Valdez, Alaska, March 04 1989*. NTSB/ MAR-90/04, Washington D.C.

Nevins, H.M. & Carter, H.R., 2003. Age and sex of Common Murres *Uria aalge* recovered during the 1997-98 Point Reyes Tarball Incidents in central California. *Marine Ornithology*, 31: 51-58.

Newson, D. W., 1986. Hydrographic contribution to safety at sea. *The Journal of Navigation*, 39(1): 17-33.

Nielsen, D. & Roberts, S., 1999. Fatalities among the world's merchant seafarers (1990-1994). *Marine Policy*, 23(1): 71-80.

Nihoul, C. & Ducrotoy, J.P., 1994. Impact of oil on the marine environment: policy of the Paris commission on operational discharges from the offshore industry. *Marine Pollution Bulletin*, 29(6-12): 323-329.

Nikula, P. & Tynkkynen, V.-P., 2007. *Risks in oil transportation in the Gulf of Finland. Not a question of if – But when*. Working Paper n° 7, Aleksanteri Institute, University of Helsinki, Nordregio, Nordic Centre for Spatial Development.

NOAA, 1992. *Oil Spill case histories 1967-1991. Summaries of significant U.S. and International Spills*. NOAA, Hazardous materials Response and Assessment Division (HMRAD), Report n° 92-11, Seattle, Washington.

NOAA, 2000. Tarballs. *Oil Spill Fact Sheet*. NOAA, NOS, Office of Response and Restoration.

O

O'hara, P.D. & Morgan, K.H., 2006. Do low rates of oiled carcass recovery in beached bird surveys indicate low rates of ship-source oil spills ? *Marine Ornithology*, 34: 133-140.

Olsson, O., Nilsson, T. & Fransson, T., 2000. *Long-term study of mortality in the common guillemot in the Baltic Sea: analysis of 80 years of ringing data*. Swedish Environmental Protection Agency, Report 5057.

O'rouke, D. & Conolly, S., 2003. Just oil ? The distribution of environmental and social impacts of oil production and consumption. *Annual Review of Environment and Resources*, 28: 587-617.

OCDE, 1973. *Les transports maritimes, 1973*. Comité des Transports Maritimes, Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Paris.

- OCDE, 2001a. *The cost to users of substandard shipping*. Organisation for Economics and Co-operation Development, Maritime Transport Committee, SSY Consultancy and Research Ltd: January 2001.
- OCDE, 2001b. *Regulatory issues in international marine transport*. Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Directorate for Science, Technology and Industry, Division of Transport: January 2001.
- OCDE, 2003a. *Offre et formation de personnel maritime*. Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Comité des transports maritimes, Precious Associated Limited : janvier 2003.
- OCDE, 2003b. *Cost savings stemming from non-compliance with international environment regulations in the maritime sector*. Organisation for Economics and Co-operation Development, Maritime Transport Committee: January 2003.
- OIT, 2001. *Conséquences des changements structurels survenus dans le secteur maritime sur les conditions de vie et de travail des gens de mer*. Organisation Internationale du Travail, rapport soumis aux fins de discussion à la 29^e session de la Commission paritaire maritime : Genève.
- OIT, 2002. *Réunion d'experts sur les conditions de vie des gens de mer à bord des navires immatriculés sur les registres internationaux*. Bureau International du Travail : Genève.
- OMC, 2006. *Statistiques du commerce international 2006*. Organisation Mondiale du Commerce.
- OMI, 1998a. *Marpol a 25 ans*. Reflets de l'OMI, Organisation Maritime Internationale : octobre 1998.
- OMI, 1998b. *L'OMI et la sécurité de la navigation*. Organisation Maritime Internationale : janvier 1998.
- OMI, 1999. *Casualty Statistics and investigations, very serious and serious casualties for the year 1998*. International Maritime Organisation (IMO), FSI.3/Circ. 1 : 29 October 1999.
- OMI, 2001. *Casualty Statistics and investigations, very serious and serious casualties for the year 1999*. International Maritime Organisation (IMO), FSI.3/Circ. 2 : 30 January 2001.
- OMI, 2002. *Casualty Statistics and investigations, very serious and serious casualties for the year 2000*. International Maritime Organisation (IMO), FSI.3/Circ. 3 : 18 March 2002.
- OMI, 2004a. *Casualty Statistics and investigations, very serious and serious casualties for the year 2001*. International Maritime Organisation (IMO), FSI.3/Circ. 4 : 10 February 2004.
- OMI, 2004b. *Casualty analyses considered and approved by the sub-committee on flag state implementation at its tenth and eleventh sessions in 2002 and 2003*. International Maritime Organisation (IMO).
- OMI, 2005a. *Casualty Statistics and investigations, very serious and serious casualties for the year 2002*. International Maritime Organisation (IMO), FSI.3/Circ. 5 : 23 February 2005.
- OMI, 2005b. *Casualty Statistics and investigations, very serious and serious casualties for the year 2003*. International Maritime Organisation (IMO), FSI.3/Circ. 6 : 23 February 2005.
- OMI, 2006. *Status of multilateral conventions and instruments in respect of which the international maritime organization or its secretary-general performs depositary or other functions as at 31 december 2005*. International Maritime Organisation (IMO), London, J/9193.
- OSPAR, 1996. *Joint Assessment Monitoring Program (JAMP) guidelines on standard methodology for the use of oiled beached birds as indicators of marine oil pollution*. Reference No. 1995-6. OSPAR Commission : London.
- OSPAR, 2006. *OSPAR report on discharges, spills and emissions from offshore oil and gas installations in 2004*. OSPAR Commission : London.
- Oudet, L., 1972. The economics of traffic circulation. *The Journal of Navigation*, 25(3) : 60-66.

- Oudot, J., 2000. Biodégradabilité du fuel de l'Erika. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Série 3, Sciences de la vie, 323(11) : 945-950
- Owen, J., 1999. The environmental management of oil tanker routes in UK waters. *Marine Policy*, 23(4-5): 289-306.
- Owens, E. H., Mauseth, G. S., Martin, C. A., Lamarche, A. & Brown, J., 2002. Tar ball frequency data and analytical results from a long-term beach monitoring program. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 770-780.
- Ozturk, B., Guven, K. C., Nesimigil, F., Cumali, S. & Dede, A., 2006. Oil pollution in the surface water of the Aegean Sea. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 12: 201-212.

P

- Papanikolaou, A., Eliopoulou, E., Mikelis, N., Aksu, S. & Delautre, S., 2006. Casualty analysis of tankers. *Learning from Marine Incidents III*, London, UK, 2006: The Royal Institution of Naval Architects.
- Paris MOU, 2001a, 2002a, 2003a, 2004a. *Blue Book*. Secretariat Paris Memorandum of Understanding on Port State Control.
- Paris MOU, 1998, 1999, 2000, 2001b, 2002b, 2003b, 2004b, 2005. *Annual Report*. Secretariat Paris Memorandum of Understanding on Port State Control.
- Patraiko, D., 2006. Fatigue onboard, raising awareness: The Nautical Institute reporting plan. *Seaways*, march 2006: 4-6.
- Peet, G., 1994. International co-operation to prevent oil spills at sea : not quite the success it should be. In Helge Ole Bergesen and Georg Parmann (eds.), *Green Globe Yearbook of International Co-operation on Environment and Development 1994* (Oxford: Oxford University Press): 41-54.
- Pelot, R., Plummer, L., 2008. Spatial analysis of traffic and risks in the coastal zone. *Journal of Coastal Conservation*, 11: 201-207.
- Peretti-watel, P., 2003. Risque et innovation : un point de vue sociologique. *Innovations*, 2(18) : 59-72.
- Peretti-watel, P., 2007. *Sociologie du risque*. Armand Colin, Collection U, Paris.
- Peterson R., Mountfort G., Hollom P.A.D. & Géroutet P., 1994. *Guide des oiseaux de France et d'Europe*. Editions Delachaut et niestlé, Les guides du naturaliste, Paris : 1994.
- Pilot Charts, 2002. *Atlas of Pilot Charts: North Atlantic Ocean*. NVPUB106, Defense Mapping Agency Publication.
- Pinot, J.-P., 2000. Essai de synthèse sur le naufrage de l'Erika, ses causes et ses conséquences, pour servir de base aux discussions de l'UMR 6554-LETG. *Cahiers nantais*, 59 : 23-28.
- Piniella, F., Rasero, J.C. & Aragones, J., 2005. Maritime safety control instruments in the era of globalisation. *Journal of Maritime Research*, 2(2) : 19-39.
- Plant, G., 1997. *The EMARC Project. MARPOL Rules and ship generated waste*. European Commission, Directorate-General for Transport Directorate Development of Transport Policy; Research and Development VII-E. Project Funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme. PROJECT WA-95-SC.097.

- Poupon, E., 2004. Le problème spécifique de la gestion des algues polluées, un poids pour les communes. 10^{ème} Journée d'information du Cedre, *La gestion des déchets - Des marées noires aux rejets opérationnels*, 21 octobre 2004, Institut océanographique, Paris.
- Poupeville, L., 2004. Le déploiement des VTS et des CROSS de la Manche. *Journées scientifiques et techniques du CETMEF (JST 2004)*, 7-9 décembre 2004 : 51-52.
- PREMAR, 2004. *Plan POLMAR/Mer Atlantique*. Préfecture maritime de l'Atlantique, Division Action de l'Etat en mer.
- Priou, J.-M., 1963. *Les transports en Europe*. PUF, Que sais-je, n° 1 053.
- Pritchard, S. Z., 1987. *Oil pollution Control*. UK: Croom Helm Ltd.
- Propeck-Zimmerman, E., Ravenel, L. & Saint-Gérand, T., 2002. Cartographie des risques technologiques majeurs : nouvelles perspectives avec les SIG. *Mappe Monde*, 1(65) : 17-21.
- Q
- Quivillic, C., 2004. Les Abeilles international. JST 2004, *Journées scientifiques et techniques du CETMEF (JST 2004)*, 7-9 décembre 2004 : 103-106.
- R
- Ramade, F., 2003. A quand la fin des marées noires ? *L'écologiste*, 4(1) : 7-8.
- Rameau, J. C. (dir.), Bissardon & M., Guibal, L., 2000. *Corinne biotopes, Types d'habitats français : habitats littoraux et halophiles*. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF), G.I.P. Atelier technique des espaces naturels.
- Ramussen, J., 1990. Human error and the problem of causality in analysis accident. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 327: 449-462.
- Rasmussen, N., 1994. Le transport maritime international. *Les Cahiers du CETAI*, CETAI/HEC Montréal.
- REMPEC, 2004. *Liste des alertes et des accidents en Méditerranée*. Centre régional méditerranéen pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine accidentelle, Système régional d'information, partie C, fascicule 2.
- Reyt, P., 2002. Nous et les autres : l'égalité face au risque. *Cahiers de Géographie du Québec*, 46(127) : 7-24.
- Ricking, M. & Schulz, H.-M., 2002. PAH-profiles in sediment cores from Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 44 : 565-570.
- Rimmer, P.J., 2003. Les détroits de Malacca et de Singapour. Etats côtiers et Etats utilisateurs. *Revue Etudes Internationales*, 34(2): 227-253.
- Rivière, P., 2003. La situation de l'emploi maritime au commerce. *La Revue Maritime*, 466 : 1-6.
- Roberts, S. & Marlow, P.B., 2002. Casualties in dry bulk shipping (1963-1996). *Marine Policy*, 26: 437-450.
- Roberts, S., 2008. Fatal work-related accidents in UK merchant shipping from 1919 to 2005. *Occupational Medicine*, 58(2): 129-137.

- Roberts, J., Tsamenyi, M., Workman, T. & Johnson, L., 2005. The Western European PSSA proposal : a 'politically sensitive sea area'. *Marine Policy*, 29 : 431-440.
- Rodrigue, J.-P., 2004. Straits, passages and Chokepoints. A maritime geostrategy of petroleum distribution. *Cahiers de Géographie du Québec*, 48(135) : 357-374.
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C. & Slack, B., 2006. *The geography of transport system*. Routledge Taylor and Francis Books: Londres.
- Roed-Larsen, S., Valvisto, T., Harms-Ringdahl, L. & Kirchsteiger, C., 2004. Accident investigation practices in Europe – main responses from a recent study of accidents in industry and transport. *Journal of Hazardous Materials*, 111: 7-12.
- Roletto, J., Mortenson, J., Harrald, I., Hall, J. & Grella, L., 2003. Beached bird surveys and chronic oil pollution in Central California. *Marine Ornithology*, 31: 21-28.
- Romero, G. C., Harvey, G. R. & Atwood, D. K. 1981. Stranded tar on Florida beaches : september 1979-October 1980. *Marine Pollution Bulletin*, 12(8) :180-184.
- Rosenthal, W., Lehner, S., Dankert, H., Guenther, H., Hessner, K., Horstmann, J., Niedermeier, A., Nieto-Borge, J.-C., Schulz-Stellenfleth, J. & Reichert, K., 2003. Detection of extreme single waves and wave statistics. *Proceedings of MAXWAVE Final Meeting* October 8-10, 2003, Geneva, Switzerland.
- Rousseau, C., 2003. Accident du *Prestige*, cap Finistère (Galice) 13 novembre 2002, les premières opérations. *Bulletin d'information du CEDRE*, 18 : 15-21.
- Roux, M., 1998. Géographie des vagues. *Atlas Atlantique permanent, Espace Atlantique, émergences et caractères* : décembre 1998.
- Roy, D., 2006. Pollution en mer par rejets illicites d'hydrocarbures : trois arrêts de la Cour d'appel de Rennes. *Revue Juridique de l'Environnement*, 3 : 265-287.
- S
- Salaün, Y., 2006. Les épaves de l'île de Ré. *Bulletin d'information du CEDRE n° 21*. Le traitement des épaves potentiellement polluantes : 8-9.
- Scanlon, J., 2001. Increasingly intolerable boundaries : future control of environmental pollution. *Journal of Hazardous Materials*, 86 : 121-133.
- Schallier, R., 1998. De problematiek van olieverontreiniging door schepen in de Belgische belangzone van de Noordzee: bevindingen na vijf jaar toezicht vanuit de lucht. *Water*, 98: 17-20.
- Schroh, K., 2000. The stranding of *MV Pallas* off the German coast close to the isle of Amrum. In Girin M. (Ed.), *From the Nakhodka to the Erika: Exchange of Experience in at-sea response to offshore oil spills by passing ships*. Conference Proceedings of Cedre, Brest, 6-7 July 2000: 143-146.
- Seillan, H., 2007. Analysons les bonnes pratiques. *Les dossiers de la Recherche*, 26 : 36-37.
- Sen Gupta, R. & Kureishi, T.W., 1981. Present state of oil pollution in the northern Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 12(9) : 295-301.
- Serra-Sogas, N., O'Hara, P., Canessa, R., Keller, P. & Pelot, R., 2008. Visualization of spatial patterns and temporal trends for aerial surveillance of illegal oil discharges in western Canadian marine waters. *Marine Pollution Bulletin*, 56(5): 825-833.
- Serry, A., 2006. *La réorganisation portuaire de la Baltique orientale, l'émergence d'une nouvelle région en Europe*. Thèse de doctorat, Université du Havre, Centre interdisciplinaire de recherche en transports et affaires internationales, FRE IDEES 2 795 CNRS.

- Seyer, G., 2005. Le *vetting*, un instrument de sécurité maritime. *ISEMAR, Note de synthèse n° 78*.
- Seys, J., Offringa, H., Meire, P., Van Waeyenberge, J. & Kuijken, E., 2002a. Long-term changes in oil pollution off the Belgian coast : evidence from beached bird monitoring, *Belgian Journal of Zoology*, 132(2): 111-118.
- Seys, J., Offringa, H., Van Waeyenberge, J., Meire, P. & Kuijken, E., 2002b. An evaluation of beached bird monitoring approaches. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 322-333.
- Shaw, D.G. & Mapes, G.A., 1979. Surface circulation and the distribution of pelagic tar and plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 10: 160-162.
- Shea, I.P., 2005. *The organisational culture of a ship: a description and some possible effects it has on accidents and lessons for seafaring leadership*. Thèse de doctorat, Université de Tasmanie : février 2005.
- Sheail, J., 2007. Torrey Canyon : The Political Dimension. *Journal of Contemporary History*, 42(3): 485-504.
- SHOM, 2000. *Courants de marée et hauteurs d'eau - La Manche*. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Brest.
- SHOM, 2002. *Courants de marée et hauteurs d'eau - Golfe de Gascogne*. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Brest.
- SHOM, 2003. *Météorologie maritime*. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Météo France, Brest.
- Silvestre, D., 1997. Les rejets illicites d'hydrocarbures par les navires : preuves et conséquences en cas de pollution. *Bulletin d'information du CEDRE*, 10 : 5.
- Simecek-Beatty, D., Clemente-Colon, P., 2004. Locating a sunken vessel using SAR imagery: detection of oil spilled from the SS Jacob Luckenbach. *International Journal of Remote Sensing*, 25(11): 2233-2241.
- Skov, H., Danielsen, F. & Durinck, J., 1989. Dead seabirds along European coasts, 1987 and 1988. *Sula*, 3(1): 9-19.
- Skov, H., 1991. Trends in the oil contamination of the seabirds in the north sea. *Sula*, 5: 22-23.
- Slack, B. & McCalla, R., 2003. Le canal de Panama à un carrefour géopolitique, réalités commerciales et environnement. *Revue Etudes Internationales*, 34(2): 253-262.
- Slovic, P., 1987. Perception of risk. *Science*, 236: 280-285.
- Smith, J.E.(ed.), 1968. *Torrey Canyon pollution and marine life*. Report of the Plymouth Laboratory of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- Smith, A., 2007. *Adequate crewing and seafarers' fatigue : the international perspective*. Centre for Occupational and Health Psychology, Cardiff University.
- Smouts, M-C., 2002. Un trou noir dans la mondialisation : le risque environnemental global. *VII^e congrès de l'Association Française de Science Politique (AFSP)*, Lille, 18-21 septembre 2002.
- Soclo, H.H., Garrigues, PH. & Ewald, M., 2000. Origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in coastal marine sediments: case studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) areas. *Marine Pollution Bulletin*, 40(5): 387-396.
- Squire, D., 2003. The Hazards of navigating the Dover straits (Pas-de-Calais) Traffic Separation Scheme. *The Journal of Navigation*, 56: 195-210.
- Stanley, W.R., 1978. Some Geographic Trends in World Shipping. *GeoJournal*, 2(2): 147-161.

- Stranding, 1979. L'importance des sociétés de protection de la nature. Le rôle de la RSPB en Grande-Bretagne. Actes de colloques, *La pollution marine par les hydrocarbures*, Brest, 28-30 mars 1979:199-201.
- Suarez de Vivero, J.L. & Rodriguez Mateos, J.C., 2004. New factors in ocean governance. From economic to security-based boundaries. *Marine Policy*, 28: 185-188.
- Stopford, M., 1996. *The Oil Tanker Industry, The Last 25 Years in Review*. London : Clarkson Research.
- Stopford, M. 1997. *Maritime Economics*. Second Edition. Abingdon, Oxford, Routledge.
- Stopford, M., 2006. The tanker market: back to the future. *INTERTANKO Singapore Event*. 30rd March 2006.

T

- Tabeaud, M., 2006. Les tempêtes en Atlantique Nord et le changement climatique : un état de la question. In *Du continent au bassin versant, théories et pratiques en géographie physique, hommages au Professeur Alain Godard*, Presses Universitaires Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand (France) : 383-390.
- Tarabeux, X., 2006. *La répression des pollutions par rejets volontaires d'hydrocarbures : les outils juridiques*. Conférence Maritime de l'Atlantique, 14 décembre 2006.
- Teixeira, A. M., 1986. Winter mortality of seabirds on the portuguese coast. *NATO ASI Series, G 12*: 409-419.
- Tendron, G., 1962. La pollution des mers par les hydrocarbures et la contamination de la flore et de la faune marines. *Penn Ar Bed*, 3(29) : 173-182.
- Tenold, S., 2007. Norway's interwar tanker expansion – A reappraisal. *Scandinavian Economic History Review*, 55(3): 244-261.
- Thanopoulo, 2000. From internationalism to globalisation, trends in modern shipping. *Journal of Maritime Research (JMR)*, February 2000, (<http://www.jmr.nmm.ac.uk>).
- Tharakan, G. G. & Psaraftis, H. N., 1981. A critical review of oil spill risk analysis. *IEE*, MIT, Cambridge, Mass 02139 : 933-938.
- Thia-Eng, C., Gorre, I.R.L., Ross, S.A., Bernad, S.R., Gervacio, B. & Ebarvia, M.C., 2000. The Malacca straits. *Marine Pollution Bulletin*, 41(1-6): 160-178.
- Thomas, A., 1981. Recensements d'oiseaux marins échoués en Bretagne. Bilan de 1978 à 1980. *Penn ar Bed*, 104 : 15-29.
- Thomas, M., 2005. Improving access to health care. *The sea*, jul-aug 05, 182: 4.
- Thorpe, S. A., 1995. Vertical dispersion of oil droplets in strong winds: the *Braer* oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 30(11): 756-758.
- Tiercelin, C., Marchand, M. & Rousseau, C., 2000. Accident de l'*Erika*, golfe de Gascogne, 12 décembre 1999. *Bulletin d'Information du CEDRE*, 13 : 10-19.
- Tierney, K. J., 1999. Toward a critical Sociology of Risk. *Sociological Forum*, 14: 215-242.
- Titz, M.A., 1989. Port state control versus marine environmental pollution. *Maritime Policy & Management*, 16(3) : 189-211.
- Tkalich, P. & Chan, E.S., 2002. Vertical mixing of oil droplets by breaking waves. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 1219-1229.

- Toffoli, A., Lefevre, J.-M., Monbaliu, J., Savina, H. & Bitner-gregersen, E., 2003. Freak Waves : Clues for Prediction in Ship Accidents ? *Proceeding of the 13th International Offshore and Polar Engineering Conference*, 25-30 May 2003, Honolulu, Hawaii (USA) : 23-29.
- Torre, L. J., 2004. La Embarrancada del *Aegean Sea* en La Coruña. *El Castanazo. Revista General de Marina de Junio de 2004*. (http://www.grijalvo.com/Batracius/Batracius_Aegean_Sea.htm).
- Torun, A. & Düzgün, S., 2006. Using Spatial Data Mining Techniques to Reveal Vulnerability of People and Places Due to Oil Transportation and Accidents: A Case Study of Istanbul Strait. *Proceedings of the ISPRS Vienna 2006 Symposium*. International Society of Photogrammetry and Remote sensing, Technical Commission II. Vienna, Austria, 12- 16 July 2006.
- Touret, G., Guibert, J-L., Drevet, D., Parizot, B. & Halna du Fretay, Y., 2000. *Rapport d'enquête sur le naufrage de l'Erika survenu au large de la Bretagne le 12 décembre 1999*. Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement (METL), Bureau Enquêtes Accidents-mer (BEA mer), Inspection Générale des Services des Affaires Maritimes (IGSAM), Commission Permanente d'Enquêtes sur les événements de Mer (CPEM), rapport final + 8 annexes.
- Touret, G., Verlet, G., Drevet, D., Parizot, B., Goussot, C., Sangnier, A., Auffret, Y. & De Marcellus, A., 2003. *Perte totale suite à une avarie de coque du pétrolier bahaméen Prestige survenu dans l'ouest de la Galice (13-19 novembre 2002). Contribution provisoire au rapport d'enquête technique*. Partie principale, 2^{ème} édition actualisée au 28 novembre 2003, Bureau Enquêtes Accidents-mer (BEA mer), Inspection générale des services des Affaires maritimes, Secrétariat d'Etat au Transport et à la Mer, rapport final + 5 annexes.
- Tronczynski, J., Munsch, C., Héas-Moisan, K., Guiot, N., Truquet, I., Olivier, N., Men & S., Furaut, A., 2004. Contamination of the Bay of Biscay by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) following the T/V *Erika* oil spill. *Aquatic Living Resources*, 17: 243-259.
- Tufte, L., 2004. *A methodology for developing standardized oil spill statistics, for trend analysis and identification of hot spot*. OCEANIDES, Contract number EVK2-CT-2002-00177.
- Tufte, L., Trieschmann, O., Hunsenger, T. & Barjenbruch, U., 2004. Spatial analysis and visualization of oil spill monitoring results of the North Sea and Baltic Sea. *International Symposium on Remote Sensing, Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology IV*. Ehlers, M. et al., (Ed). Proceedings of the SPIE, 5574 : 90-99.
- Tufte, L., Indregard, M., Solberg, A. & Huseby, R. B., 2005. *Oil spill monitoring guidelines and methodology to combine satellite oil spill recognition with routine airborne surveillance*. OCEANIDES, Contract number EVK2-CT-2003-00177.
- Tuovinen, P., Kostilainen, V., Hämäläinen, A., 1984. *Studies on ship casualties in the Baltic sea : 1979-1981*. Baltic sea Environment Proceedings n° 11, Helsinki University of Technology, Ship Hydrodynamics Laboratory, Otaniemi, Finland.
- Travers, W. B. & Luney, P. R., 1976. Drilling, tankers, and oil spills on the Atlantic outer continental shelf. *Science*, 194(4267): 791-796.
- Trzpit, J.-P., 1977. Les tempêtes nord-atlantiques: essai d'analyse géographique. *Norois*, 93: 33-52.
- Tsolakis, S., 2005. *Econometric analysis of bulk shipping markets. Implications for investment strategies and financial decision-making*. Thèse de doctorat, Université de Rotterdam.

U

- Ünlü, N., 2004. Particularly Sensitive Sea Areas: Past, Present, Future. *Journal of Maritime Affairs*, 3: 159-169.
- U.S. Department of Transportation, 2006. *Foreign-flag crewing practice*. A review of crewing practices in U.S.-foreign ocean cargo shipping. US Department of Transportation, Maritime Administration, Office of Financial and Rate approvals: November 2006.
- Urrutia, B., 2006. The EU regulatory action in the shipping sector : a historical perspective. *Maritime Economics & Logistics*, 8: 202-221.

V

- Vallat, F., 2003. Lettre/communiqué de l'IFM au journal Le Marin. (<http://ifm.free.fr>).
- Vallat, F., 2007. Pavillon et entreprises, la dimension sociale d'une politique maritime européenne. *Actes de la journée de débats organisée par le Conseil régional de Bretagne*, Rennes, 9 mars 2007 : 33-36.
- Vallois, P., 1999. *Le transport du pétrole par mer*. CELSE Editeur du transport et de la logistique, Collection maritime.
- Van Hooydonk, E., 2003. Ports of refuge for ships in distress : not in my front pond ? *Transport Insurance in Belgium, Spécial Lloyd*, décembre 2003 : 3-11.
- Van Staëvel, E., 2006. *La pollution sauvage*. Editions PUF, Collection Partage du savoir.
- Van Pelt, T. & Piatt, J. F., 1995. Deposition and persistence of beachcast seabird carcasses. *Marine Pollution Bulletin*, 30(12): 794-802.
- Vauk, G., Hartwig, E., Reineking, B. & Vauk-Hentzelt, E., 1989. Losses of seabirds by oil pollution at the German North Sea coast. *Topics in Marine Biology, Scient. Mar.*, 53(2-3): 749-754.
- Veiga, M.C., 2002. Has an appropriate level of preparedness for response been established following major oil spills in Europe ? A comparative case study analysis by regions. *Actes de colloque SAFER SEAS: Technical lessons learnt from the Erika incident and other oil spills*, Brest, 13-16 mars 2002, TOPIC 5 : Damage and response operations.
- Veiga, J., 2002. The vital question of shipping's image, *The Sea*, march-avril 2002: 4.
- Velonias, P. M., 1995. *Forecasting Tanker Freight Rates*. Master of Science in Ocean Systems Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- Verdier, J. W., 1922. The Interpretation of Statistics Relating to Shipping Casualties and Loss of Life at Sea. *Journal of the Royal Statistical Society*, 85(4) : 561-596.
- Veyret, Y., Beucher, S. & Reghezza, M., 2004. *Les risques*. Bréal, Collection Amphi Géographie : novembre 2004.
- Vieites, D.R., Nieto-Roman, S., Palanca, A., Ferrer, X. & Vences, M., 2004. European Atlantic: the hottest oil spill hotspot worldwide. *Naturwissenschaften*, 91 : 535-538.
- Vigarié, A., 1979. La géographie du trafic maritime aux approches de la Manche. Actes de colloque international, *La pollution marine par les hydrocarbures*, Brest, 28-30 mars 1979 : 12-19.
- Vigarié, A., 2002. *Le développement du cabotage européen. Le short sea Shipping, une solution d'avenir*. Rapports et études IFM (Institut Français de la Mer).
- Vigarié, A., 2005. Les États et la mer : une bien longue histoire. *Questions internationales, Mers et océans*, 14: 1-7.

- Viguri, J., Verdde, J. & Irabien, A., 2002. Environmental assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of the Santander Bay, Northern Spain. *Chemosphere*, 48: 157-165.
- Viladrich-Grau, M., 2003. Monitoring policies to prevent oil spills: lessons from the theoretical literature. *Marine Policy*, 27: 249-263.
- Volckaert, F. A. M., Kayens, G., Schallier, R. & Jacques, T. G., 2000. Aerial surveillance of operational oil pollution in Belgium's maritime zone of interest. *Marine Pollution Bulletin*, 40(11): 1051-1056.
- Votier, S. C., Hatchwell, B. J., Beckerman, A., McCleery, R. H., Hunter, F. M., Pellatt, J. , Trinder, M. & Birkhead, T. R., 2005. Oil pollution and climate have wide-scale impacts on seabird demographics. *Ecology Letters*, 8: 1157- 1164.
- W
- Wagenaar, W. A. & Groeneweg, J., 1987. Accidents at Sea: Multiple Causes and Impossible Consequences. *International Journal of Man-Machine Studies*, 27(5-6): 587-598.
- Wang, C. & Corbett, J. J., 2005. Geographical characterization of ship traffic and emissions. *Journal of the Transportation Research Board*, 1909: 90-99.
- Weber, J. M. & Crew, R. E., 2000. Deterrence theory and marine oil spills: do coast guard civil penalties deter pollution? *Journal of Environmental Management*, 58: 161-168.
- Weisse, R., von Storch, H. & Feser, F., 2005. Northeast Atlantic and North Sea Storminess as simulated by a regional climate model during 1958-2001 and comparison with observations. *American Meteorological Society*, 18: 465-479.
- Weisse, R., Von Storch, H. & Feser, F., 2005. Northeast Atlantic and North Sea Storminess as Simulated by a Regional Climate Model during 1958–2001 and Comparison with Observations. *Journal of Climate*, 18: 465-479.
- Wernli, H., Bader, S. & Hächler, P., 2003. Les tempêtes d'hiver. In *Événements extrêmes et changements climatiques*. Organe Consultatif sur les Changements Climatiques, Berne : 87-90.
- White, I. C. & Nichols, J. A., 1981. The cost of Oil Spills. *Marine Pollution Bulletin*, 12(11):363-367.
- Wiens, J. A. & Parker, K. R., 1995. Analyzing the effects of accidental environmental impacts: approaches and assumptions. *Ecological Applications*, 5(4): 1069-1083.
- Wiese, F. K., 2003. Sinking rates of dead birds: improving estimates of seabird mortality due to oiling. *Marine Ornithology*, 31: 65-70.
- Wiese, F. K. & Jones, I. L., 2001. Experimental support for a new drift block design to assess seabird mortality from oil pollution. *The Auk*, 118(4): 1 062-1 068.
- Wiese, F. K. & Ryan, P. C., 2003. The extent of chronic marine oil pollution in southeastern Newfoundland waters assessed through beached bird surveys 1984-1999. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 1090-1101.
- Wiese, F. K. & Robertson, G. J., 2004. Assessing seabird mortality from chronic oil discharges at sea. *Journal of Wildlife Management*, 68(3): 627-638.
- Wiese, F. K. & Elmslie, K., 2006. Underuse and misuse of data from beached bird surveys. *Marine Ornithology*, 34: 157-159.
- Williams, J. M., Tasker, M. L., Carter, I. C. & Webb, A., 1994. A method of assessing seabird vulnerability to surface pollutants. *Ibis*, 137: 147-152.

- Wong, C. S., Green, D. R. & Cretney, W. J., 1976. Distribution and source of tar on the Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 7(6): 102-105.
- Woodhead, R. J., Law, R. J. & Matthiessen, P., 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments around England and Wales, and their possible biological significance. *Marine Pollution Bulletin*, 38(9): 773-790.
- World Maritime University, 2006. *Fatigue at sea, a review of research and related literature*, VTI, the Swedish National Road and Transport Research Institute, The World Maritime University, Malmö, Sweden, april 2006.
- Wren, J., 2000. Overview of the compensation and liability regimes under the International Oil Pollution Compensation Fund (IOPC). *Spill science and Technology Bulletin*, 6(1): 45-58.
- Wu, B., 2002. Seafarers: the first global villagers? *The Sea*, The SIRC Column, may-june 2002: 4.

Y

- Yamamoto, T., Nakaoka, M., Komatsu, T., Kawai, H. & Ohwada, K., 2003. Impacts by heavy-oil spill from the Russian tanker *Nakhodka* on intertidal ecosystems: recovery of animal community. *Marine Pollution Bulletin*, 47 : 91-98.

Z

- Zakaria M. P., Okuda T. & Takada H., 2001. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) and hopanes in stranded tar-balls on the coasts of Peninsular Malaysia: Applications of biomarkers for identifying sources of oil pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12): 1357-1366.
- Zacharias, M. A. & Gregr., E. J., 2005. Sensitivity and vulnerability in marine environments: an approach to identifying Vulnerable Marine Areas. *Conservation Biology* 19(1): 86-97.
- Žydelis, R., Dagys, M. & Vaitkus, G. 2006. Beached bird surveys in Lithuania reflect of marine oil pollution and bird mortality in fishing nets. *Marine Ornithology* 34: 161-166.
- Zyglidopoulos, S. C., 2001. The impact of accidents on firms' reputation for social performance. *Business and Society*, 40(4): 416-441.

Principaux sites Internet consultés

Accords de Bonn : <http://www.bonnagreement.org/>
ACOPS : <http://www.acops.org/>
AFCAN : <http://www.afcan.org/>
CEDRE : <http://www.le-cedre.fr/>
CTX : <http://www.ctx.org>
EROCIPS : <http://www.erocips.org/>
ETC : <http://www.etc-cte.ec.gc.ca/databases/TankerSpills/Default.aspx>
EUR-LEX : <http://eur-lex.europa.eu/fr/index.htm>
EUROSTAT : <http://epp.eurostat.ee.europa.eu/portal/>
EUROSION : <http://www.euroSION.org/>
GISIS : <http://gisis.imo.org/Public/>
HELCOM : <http://www.helcom.fi/>
IFEN : <http://www.ifen.fr>
IFM : <http://ifm.free.fr/>
ITOPF : <http://www.itopf.com/>
JRC : <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>
Large Marine Ecosystems Information Portal : <http://www.lme.noaa.gov/Portal/>
MAIB : <http://www.maib.gov.uk/home/index.cfm>
MUMM : <http://www.mumm.ac.be/EN/index.php>
Nederlandse Zeevogelgroep : <http://www.mnp.nl/mnc/i-en-1254.html>
OCEANIDE : <http://oceanides.jrc.it/>
OIT : <http://www.ilo.org/global/lang--fr/index.htm>
OMI : <http://www.imo.org/>
OPEP : <http://www.opec.org/home/>
REMPEC : <http://www.rempec.org/default.asp?lang=fr>
The Baltic Exchange : <http://www.balticexchange.com/>

Annexes

Annexe n° 1 : Classification des hydrocarbures

| | | Hydrocarbures (très) légers | Hydrocarbures (moins) légers | Hydrocarbures moyens (semi-lourds) | Hydrocarbures lourds |
|-----------------------|---------|---|---|---|--|
| Produits pétroliers | | (1) (A) Essences, etc. | (3) (B) Gas oil, etc. | (3) (B) Fiouls domestiques, Marine Diesel Oil, etc. | (3) (B) Fiouls lourds, asphaltes, etc. |
| Pétroles bruts | | | (2) (B) Bruts légers | (2) (B) La plupart des bruts | (2) (B) Pétroles lourds |
| Densités | | < 0,80 | 0,80-0,85 | 0,85-0,95 | > 0,95 |
| Comportement | | Produit extrêmement volatil (évaporation et dispersion rapides) | Produit moins volatils et moins dispersants. Laissant des résidus (jusqu'à 1/3 du volume initial) après quelques jours en mer | Pas plus d'1/3 du produit déversé ne s'évapore dans les premières 24 heures | Ni évaporation, ni dispersion (du moins très réduite) |
| Effets | | Toxicité élevée à court terme | Effets par toxicité et engluement | | Effets sévères (par engluement notamment), toxicité parfois élevée |
| Actions envisageables | En mer | Ne rien faire | Confiner, récupérer et disperser | | Confiner et récupérer |
| | A terre | | Nettoyage | | Nettoyage (difficile) |

Remarques : cette classification ne vaut que pour son caractère généraliste. Il va s'en dire que certains événements ne s'inscrivent pas totalement (au niveau des effets et des actions à envisager) dans l'une ou l'autre des classes car il existe une mosaïque de situations intermédiaires. Le nettoyage, enfin, n'est efficace qu'à la condition que les techniques utilisées soient adaptées à la nature des sites pollués

Sources : d'après NOAA et ITOPI in MARCHAND, 2003

Regroupements opérés dans le cadre de ce travail

(1) Groupe 1 : produits légers = NON PERSISTANTS (A)

(2) Groupe 3 : pétroles bruts = PERSISTANTS (B)

(3) Groupe 2 : produits lourds et intermédiaires = PERSISTANTS (B)

Annexe n° 2 : Liste des hydrocarbures figurant à l'appendice 1 de l'annexe 1 de la Convention MARPOL 73/78

| Asphaltes | Hydrocarbures | Gasoils atmosphériques |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Bases pour mélanges | Huiles clarifiées | Directs |
| Asphaltes pour étanchéité | Pétroles bruts | Séparation flash |
| Bitumes directs | Mélanges contenant du pétrole brut | |
| | Gas oil moteur | Distillats paraffineux |
| Base pour carburants | Fuel-oil n°4* | Gasoil de craquage |
| Alkylats pour carburants | Fuel-oil n°5* | |
| Réformats | Fuel-oil n°6 | Carburéacteurs |
| polymères pour essence | Fuel léger** | JP-1 (Kerosine*) |
| | Fuel lourd n°1** | JP-3* |
| Essences | Fuel lourd N°2** | JP-4* |
| Condensats | Fuel direct | JP-5 (Kerosine, Heavy) |
| Carburants auto | Bitume routier | Turbo fuel |
| Essences aviation | Huile pour transformateur | Pétrole |
| | | Essence minérale (white spirit) |
| Fuel-oil n°1 (kérosine) | Produits à caractère aromatique | |
| Fuel-oil n°1D* | (à l'exclusion des huiles végétales) | |
| Fuel-oil n°2** | Huiles de graissage et huiles de base | Naphtas |
| | | |
| Fuel-oil n°2D** | Huiles minérales | Solvants légers |
| Pétroles lampants** | Huiles moteur | Solvants lourds |
| Pétroles lampants désodorisés | Huiles d'imprégnation | Coupes étroites |
| Fuels domestiques | Huiles à broche (spindle) | |
| Fuels domestiques désodorisés | Huiles turbines | |

* Suivant les spécifications américaines

** Suivant les spécifications françaises

Source : SHOM, Guide du navigateur, volume 3 : réglementations nautiques, 2000

Annexe n° 3 : Classification des registres d'immatriculation

| Classification des pavillons | Pays |
|------------------------------|--------------------------------|
| Nation maritime émergente | Albanie |
| Nation maritime émergente | Algérie |
| Nation maritime émergente | Angola |
| Nation maritime émergente | Arabie Saoudite |
| Nation maritime émergente | Azerbaïdjan |
| Nation maritime émergente | Bahreïn |
| Nation maritime émergente | Bangladesh |
| Nation maritime émergente | Bénin |
| Nation maritime émergente | Brunei Darussalam |
| Nation maritime émergente | Bulgarie |
| Nation maritime émergente | Cameroun |
| Nation maritime émergente | Cap-Vert |
| Nation maritime émergente | Chine |
| Nation maritime émergente | Colombie |
| Nation maritime émergente | Comores |
| Nation maritime émergente | Congo |
| Nation maritime émergente | Corée du Nord |
| Nation maritime émergente | Corée du sud |
| Nation maritime émergente | Costa Rica |
| Nation maritime émergente | Côte d'Ivoire |
| Nation maritime émergente | Croatie |
| Nation maritime émergente | Cuba |
| Nation maritime émergente | Djibouti |
| Nation maritime émergente | Dominique |
| Nation maritime émergente | Egypte |
| Nation maritime émergente | Emirats Arabes Unis |
| Nation maritime émergente | Equateur |
| Nation maritime émergente | Erythrée |
| Nation maritime émergente | Estonie |
| Nation maritime émergente | Ethiopie |
| Nation maritime émergente | Fidji |
| Nation maritime émergente | Gabon |
| Nation maritime émergente | Gambie |
| Nation maritime émergente | Géorgie |
| Nation maritime émergente | Ghana |
| Nation maritime émergente | Gilbert (Kiribati) |
| Nation maritime émergente | Grenade |
| Nation maritime émergente | Guatemala |
| Nation maritime émergente | Guinée |
| Nation maritime émergente | Guinée-Bissau |
| Nation maritime émergente | Guyane |
| Nation maritime émergente | Haïti |
| Nation maritime émergente | Hongrie |
| Nation maritime émergente | Inde |
| Nation maritime émergente | Indonésie |
| Nation maritime émergente | Irak |
| Nation maritime émergente | Iran (République islamique d') |
| Nation maritime émergente | Israël |
| Nation maritime émergente | Jamaïque |
| Nation maritime émergente | Jordanie |
| Nation maritime émergente | Kazakhstan |
| Nation maritime émergente | Kenya |
| Nation maritime émergente | Koweït |
| Nation maritime émergente | Laos |
| Nation maritime émergente | Lettonie |

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Nation maritime émergente | Lithuanie |
| Nation maritime émergente | Lybie |
| Nation maritime émergente | Macédoine (ex-yougoslavie) |
| Nation maritime émergente | Madagascar |
| Nation maritime émergente | Malaisie |
| Nation maritime émergente | Maldives |
| Nation maritime émergente | Maroc |
| Nation maritime émergente | Mauritanie |
| Nation maritime émergente | Micronésie (Etats fédérés de) |
| Nation maritime émergente | Montserrat |
| Nation maritime émergente | Mozambique |
| Nation maritime émergente | Namibie |
| Nation maritime émergente | Nauru |
| Nation maritime émergente | Nicaragua |
| Nation maritime émergente | Nigéria |
| Nation maritime émergente | Oman |
| Nation maritime émergente | Ouganda |
| Nation maritime émergente | Pakistan |
| Nation maritime émergente | Papouasie-Nouvelle-Guinée |
| Nation maritime émergente | Paraguay |
| Nation maritime émergente | Pérou |
| Nation maritime émergente | Pologne |
| Nation maritime émergente | Qatar |
| Nation maritime émergente | République Dominicaine |
| Nation maritime émergente | République Tchèque |
| Nation maritime émergente | Roumanie |
| Nation maritime émergente | Saint-Christophe-et-Niévès |
| Nation maritime émergente | Sainte-Hélène |
| Nation maritime émergente | Sainte-Lucie |
| Nation maritime émergente | Salomon |
| Nation maritime émergente | Salvador |
| Nation maritime émergente | Samoa |
| Nation maritime émergente | Sénégal |
| Nation maritime émergente | Seychelles |
| Nation maritime émergente | Sierra Léone |
| Nation maritime émergente | Slovaquie |
| Nation maritime émergente | Slovénie |
| Nation maritime émergente | Somalie |
| Nation maritime émergente | Soudan |
| Nation maritime émergente | Suriname |
| Nation maritime émergente | Syrie (République arabe) |
| Nation maritime émergente | Taiwan |
| Nation maritime émergente | Tanzanie (République de) |
| Nation maritime émergente | Thaïlande |
| Nation maritime émergente | Togo |
| Nation maritime émergente | Tokelau (Nouvelle Zélande) |
| Nation maritime émergente | Tonga |
| Nation maritime émergente | Trinité-et-Tobago |
| Nation maritime émergente | Tunisie |
| Nation maritime émergente | Turkmenistan |
| Nation maritime émergente | Turquie |
| Nation maritime émergente | Vietnam |
| Nation maritime émergente | Yemen |
| Nation maritime émergente | Zaire (Rép. Dém. Congo) |
| Nation maritime émergente | Zambie |

| Classification des pavillons | Pays |
|------------------------------|---------------------------------|
| Nouveau registre économique | Antilles néerlandaises |
| Nouveau registre économique | Barbades |
| Nouveau registre économique | Bélice |
| Nouveau registre économique | Birmanie |
| Nouveau registre économique | Bolivie |
| Nouveau registre économique | Caïman (Grande Bretagne) |
| Nouveau registre économique | Cambodge |
| Nouveau registre économique | Canaries (Espagne) |
| Nouveau registre économique | Cook (Nouvelle Zélande) |
| Nouveau registre économique | Gibraltar |
| Nouveau registre économique | Guinée Equatoriale |
| Nouveau registre économique | Liban |
| Nouveau registre économique | Luxembourg |
| Nouveau registre économique | Maurice |
| Nouveau registre économique | Sri Lanka |
| Nouveau registre économique | Tuvalu |
| Nouveau registre économique | Vanuatu |
| Ancien registre économique | Antigua et Barbuda |
| Ancien registre économique | Bahamas |
| Ancien registre économique | Bermudes |
| Ancien registre économique | Chypre |
| Ancien registre économique | Honduras |
| Ancien registre économique | Liberia |
| Ancien registre économique | Malte |
| Ancien registre économique | Marshall |
| Ancien registre économique | Panama |
| Ancien registre économique | Saint-Vincent et les Grenadines |

| Classification des pavillons | Pays |
|------------------------------|--|
| Registre secondaire | Anguilla (Grande Bretagne) |
| Registre secondaire | Danemark (DIS) |
| Registre secondaire | Féroé (Danemark) |
| Registre secondaire | Hong Kong (Chine) |
| Registre secondaire | Madère (Portugal) |
| Registre secondaire | Malouines |
| Registre secondaire | Man |
| Registre secondaire | Norvège (NIS) |
| Registre secondaire | Philippines |
| Registre secondaire | Sao Tomé-et-Principe |
| Registre secondaire | Singapour |
| Registre secondaire | Turks-et-Caïques (Grande Bretagne) |
| Registre secondaire | Ukraine |
| Registre secondaire | Vierges britanniques (Grande Bretagne) |
| Registre secondaire | Wallis et Futuna (France) |
| Ancienne nation maritime | Afrique du Sud |
| Ancienne nation maritime | Allemagne (RDA) |
| Ancienne nation maritime | Allemagne (RFA) |
| Ancienne nation maritime | Argentine |
| Ancienne nation maritime | Australie |
| Ancienne nation maritime | Autriche |
| Ancienne nation maritime | Belgique |
| Ancienne nation maritime | Brésil |
| Ancienne nation maritime | Canada |
| Ancienne nation maritime | Chili |
| Ancienne nation maritime | Danemark |
| Ancienne nation maritime | Espagne |

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| Ancienne nation maritime | Etats-Unis d'Amérique |
| Ancienne nation maritime | Finlande |
| Ancienne nation maritime | France |
| Ancienne nation maritime | Royaume-Uni |
| Ancienne nation maritime | Grèce |
| Ancienne nation maritime | Guyane française |
| Ancienne nation maritime | Irlande |
| Ancienne nation maritime | Islande |
| Ancienne nation maritime | Italie |
| Ancienne nation maritime | Japon |
| Ancienne nation maritime | Mexique |
| Ancienne nation maritime | Norvège |
| Ancienne nation maritime | Nouvelle-Zélande |
| Ancienne nation maritime | Pays-Bas |
| Ancienne nation maritime | Portugal |
| Ancienne nation maritime | Russie |
| Ancienne nation maritime | Suède |
| Ancienne nation maritime | Suisse |
| Ancienne nation maritime | Uruguay |
| Ancienne nation maritime | Vénézuela |

Annexe n° 4 : Caractéristiques des 45 événements polluants retenus pour l'étude des facteurs internes et externes d'avaries (≥ 45 tonnes, 1965-2004).

Liste des Figures

Introduction

Figure n° 1. Le risque de pollution maritime induit par la circulation des navires : interactions entre complexe cindynogène et système socioécologique 17

Partie 1

Figure n°1. 1. Zones d'étude retenues pour évaluer l'exposition des eaux marines et des littorales aux rejets d'hydrocarbures et caractériser l'influence du contexte environnant (transport maritime et contexte hydroclimatique) 46

Figure n°1. 2 (a/b/c). Types d'hydrocarbures susceptibles d'être déversés en mer (a : l'exemple d'un navire citerne pré-Marpol) et principales circonstances recensées de rejets accidentels (b : tous navires, Europe septentrionale et occidentale) et opérationnels (c : tous navires, Manche occidentale/nord Gascogne) 52

Partie 2

Figure n°2. 1 (a/b). Géographie de la circulation maritime en Manche occidentale/nord Gascogne 80

Figure n°2. 2. Variations mensuelles du trafic maritime dans la zone de compte rendu obligatoire du DST 82

Figure n°2. 3 (a/b). Principales caractéristiques des navires transitant dans la zone de compte rendu obligatoire du DST "Ouessant Trafic" (navires ≥ 100 TJB, année 2003) 84

Figure n°2. 4 (a/b1/b2). Trafic maritime d'hydrocarbures dans la zone de compte-rendu obligatoire du DST "Ouessant Trafic" (pétroliers en charge ≥ 100 TJB année 2003) 86

Figure n°2. 5. Principaux trajets (≥ 250 couples "provenance/destination") des navires transitant dans la zone de compte-rendu obligatoire du DST "Ouessant Trafic" (année 2003, navires ≥ 100 TJB, $n = 46\ 172$; $92,9\ %$ NI) 90

Figure n°2. 6. Principales routes maritimes et trafics portuaires de fret en Europe septentrionale et occidentale (mer Baltique, mer du Nord et espace atlantique [mer Celtique et péninsule Ibérique], années 2003-2005) 91

Figure n°2. 7. Cadre physique (7a) et conditions hydroclimatiques des mers régionales 95

Figure n°2. 8 (a/b). Variations mensuelles des accidents de navires (1999-2003) et des rejets accidentels d'hydrocarbures (1965-2004) en Europe septentrionale et occidentale 106

Figure n°2. 9 (a/b/c). Répartition des accidents de navires (1999-2003) au regard des trafics portuaires (2000-2003) (a) et des rejets accidentels d'hydrocarbures (nombre [b] et volume [c] : 1965-2004) 108

Figure n°2. 10. Zone d'étude « Manche occidentale/ golfe de Gascogne/canal Saint-George » (zone 1b) 109

Figure n°2. 11. Côtes bretonnes exposées à des échouements d'hydrocarbures résultant de rejets accidentels $\geq 10\ 000$ tonnes (naufrages du *Torrey Canyon* en 1967, de l'*Amoco Cadiz* en 1978, du *Tanio* en 1980 et de l'*Erika* en 1999) 115

Figure n°2. 12. Situation géographique des huit événements polluants étudiés 117

Figure n°2. 13. Route suivie par le pétrolier Erika durant les derniers jours précédant son naufrage 120

| | |
|---|-----|
| Figure n°2. 14a/b/c. Répartition des rejets mineurs d'hydrocarbures en Europe septentrionale et occidentale d'après les BBS (répartition des populations [a : années 1990-2000] et des pourcentages d'oiseaux mazoutés échoués sur les côtes [b : années 1980-1990]) et les observations aériennes d'hydrocarbures (c : 1998-2001)..... | 137 |
| Figure n°2. 15. Distribution mensuelle des observations de rejets mineurs d'hydrocarbures en mer Baltique, mer du Nord et en Manche/Gascogne (n = 3 126 [n = 63,7 % N]) | 142 |
| Figure n°2. 16(a/b). Fréquence des observations (fj, nombre de rejets exprimé en fréquence d'effectifs) et morphologie (surfaces et indices de forme) des rejets mineurs d'hydrocarbures en fonction de la force du vent enregistrée au moment de leur détection (n = 349 [7,1 % N]) | 143 |
| Figure n°2. 17. Procédure mise en œuvre pour classer les comptes rendus d'observation selon leur nature..... | 146 |
| Figure n°2. 18. Procédure mise en œuvre pour classer les comptes rendus d'observation selon leurs sources et circonstances (présumées/avérées) (OILPOL, POLREP et procès verbaux d'infraction : Manche occidentale/nord Gascogne, ZEE France, 1974-2004) . | 146 |
| Figure n°2. 19. Procédure de classification des observations de rejets mineurs d'hydrocarbures en rejet opérationnel (avéré, présumé ou nappe résiduelle) et de détermination des circonstances de la vidange (OILPOL, POLREP et procès verbaux d'infraction : Manche occidentale/nord Gascogne, ZEE France, 1974-2004)..... | 147 |
| Figure n°2. 20. Variations mensuelles des observations de rejets opérationnels d'hydrocarbures en Manche occidentale/ nord Gascogne..... | 149 |
| Figure n°2. 21(a/b). Circonstances (a) et comportements observés (b) lors des observations de rejets opérationnels avérés d'hydrocarbures en Manche occidentale/nord Gascogne (ZEE, France, 1974-2004)..... | 150 |
| Figure n°2. 22 (a/b). Observations de rejets mineurs d'hydrocarbures en Manche occidentale/nord Gascogne selon leurs sources présumées ou avérées..... | 151 |
| Figure n°2. 23. Exposition des littoraux bretons aux échouements mineurs d'après les échouements d'oiseaux mazoutés (1991-2004, n = 2 841 oiseaux marins vivants et mazoutés [48,8 % N] [espèces : <i>Uria aalge</i> , <i>Alca Torda</i> , <i>Fratercula artica</i> et <i>Sula bassana</i>], les oiseaux ramassés à la suite des rejets accidentels de l' <i>Erika</i> et du <i>Prestige</i> sont exclus)..... | 155 |

Partie 3

| | |
|--|-----|
| Figure n°3. 1a/b/c. Evolution de quelques composantes de l'industrie maritime mondiale .. | 163 |
| Figure n°3. 2. Evolution des principaux foyers de production et de consommation d'hydrocarbures à l'échelle mondiale (1965-2004, pétroles bruts et produits dérivés) . | 167 |
| Figure n°3. 3. Contextes énergétique et socio-économique des rejets accidentels de pétroliers | 169 |
| Figure n°3. 4. Evolution du volume de la flotte commerciale mondiale en fonction du type d'immatriculation (par principaux types de navires, en % du TPL, 1973-2004) | 177 |
| Figure n°3. 5. Répartition de l'immatriculation de la flotte mondiale à différentes périodes | 178 |
| Figure n°3. 6. Propriété réelle de la flotte mondiale..... | 179 |
| Figure n°3. 7. Taux de perte de navires des plus importants pavillons | 182 |
| Figure n°3. 8. Le marché de l'emploi maritime en 1995..... | 186 |
| Figure n°3. 9. Evolution du nombre de marins recensés par pays entre 1995 et 2005..... | 187 |
| Figure n°3. 10. Evolutions de la réglementation internationale du transport maritime en matière de sécurité maritime (au sens élargi) et des pertes totales de navires (≥ 100 TJB) à l'échelle mondiale depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale..... | 209 |

| | |
|---|-----|
| Figure n°3. 11. Taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale | 217 |
| Figure n°3. 12a/b. Typologies des Etats membres du Paris MOU en matière de contrôle par l'Etat du port..... | 219 |
| Figure n°3. 13a/b. Evolution de l'action du Paris MOU | 220 |
| Figure n°3. 14a/b. Evolution de la surveillance aérienne au regard du statut juridique des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale | 223 |
| Figure n°3. 15a/b/c. Evolution de l'organisation et de la surveillance de la circulation maritime..... | 225 |
| Figure n°3. 16a/b. Evolution des rejets accidentels d'hydrocarbures signalés par catégorie de navires à l'échelle mondiale de la fin des années 1960 aux années 2000 | 228 |
| Figure n°3. 17. Relation entre l'évolution des taux de fret pétroliers et le nombre de rejets signalés par accident de navire-citerne à l'échelle mondiale (1980-2004) | 229 |
| Figure n°3. 18.a/b. Evolution des rejets opérationnels d'hydrocarbures des années 1960 aux années 2000 | 232 |
| Figure n°3. 19. Evolutions du nombre de rejets accidentels (a : régression polynomiale [ordre 2]) et des volumes de pétroles bruts (b : régression linéaire) et de « produits lourds et intermédiaires » (c : régression linéaire) déversés en mer par des pétroliers en Europe du Nord-Ouest | 237 |
| Figure n°3. 20. Evolution des observations aériennes de rejets mineurs par heure de vol (1986-2004 : | 239 |
| Figure n°3. 21a/b. Evolution des rejets mineurs d'hydrocarbures en Europe du Nord-Ouest | 241 |
| Figure n°3. 22a/b/c. Evolution des observations de rejets mineurs d'hydrocarbures en Manche occidentale/nord Gascogne (ZEE française, toutes observations confondues : 1974-2004) et dans la zone de compte rendu du CROSS Corsen (observations aériennes : 1988-2004) | 242 |

Liste des tableaux

Partie 1

| | |
|--|----|
| Tableau n°1. 1. Quelques propriétés physico-chimiques des pétroles et produits pétroliers ... | 26 |
| Tableau n°1. 2. Processus de vieillissement et dynamiques de dérive et d'échouement d'hydrocarbures de différentes natures | 28 |
| Tableau n°1. 3. Principales sources consultées pour établir la table de données relatives aux rejets accidentels d'hydrocarbures (≥ 50 tonnes ± 10 %, Europe septentrionale et occidentale) | 55 |
| Tableau n°1. 4. Principales informations extraites des comptes-rendus de pollution | 60 |
| Tableau n°1. 5. Caractéristiques des oiseaux marins | 62 |
| Tableau n°1. 6. Types de données récoltées pour évaluer l'exposition des eaux marines et des littoraux d'Europe septentrionale et occidentale aux rejets d'hydrocarbures (mer Baltique, mer du Nord et espace atlantique [mer Celtique et bassin Ibérique]) et le contexte environnant | 70 |
| Tableau n°1. 7. Types de données récoltées pour évaluer l'exposition des eaux marines de l'espace « Manche occidentale/nord Gascogne »..... | 70 |

Partie 2

| | |
|--|-----|
| Tableau n°2. 1. Coûts saisonniers du transport des pétroles bruts sur deux grandes routes maritimes (janvier 2000- décembre 2003, marché « spot », en \$/baril)..... | 82 |
| Tableau n°2. 2. Comparaison des nombres de passages et de navires comptabilisés dans la zone de compte rendu obligatoire « Ouessant Trafic » (navires ≥ 100 TJB, année 2003) | 83 |
| Tableau n°2. 3. Comparaison des compositions des flottes mondiale et « Ouessant Trafic » .. | 85 |
| Tableau n°2. 4 (a/b). Comparaison de la composition des trafics maritimes d'hydrocarbures par segment de flotte aux échelles mondiales et locales (valeurs exprimées en % du volume d'hydrocarbures, échelle mondiale [tableau a], échelle « Ouessant Trafic » [tableau b : pétroliers < à 20 000 TPL exclus]) | 87 |
| Tableau n°2. 5. Principales provenances et/ou destinations des navires détectés dans le DST "Ouessant Trafic" (navires ≥ 100 TJB, 2003) | 89 |
| Tableau n°2. 6. Trafic observé dans quelques points de passage des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (navires de tailles diverses, années 2003, 2004 ou 2006) .. | 92 |
| Tableau n°2. 7. Caractéristiques du réseau portuaire des mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale (ports dont le trafic total est ≥ 100 000 tonnes de fret en 2004, moyennes annuelles 2002-2004) | 93 |
| Tableau n°2. 8. Rejets accidentels d'hydrocarbures ≥ 50 000 tonnes (1965-2004) | 100 |
| Tableau n°2. 9. Caractéristiques des rejets majeurs | 101 |
| Tableau n°2. 10. Nature des hydrocarbures déversés (rejets accidentels ≥ 50 tonnes [± 10 %], 1965-2004) (valeurs exprimées en % du volume total déversé [$V = 1\ 350\ 367$ tonnes] et en % du nombre de total de rejet [$N = 253$]) | 102 |
| Tableau n°2. 11. Avaries les plus communes..... | 105 |
| Tableau n°2. 12. Répartition des rejets accidentels ≥ 50 tonnes [± 10 %] par mer régionale (1965-2004) | 110 |
| Tableau n°2. 13. Répartition des accidents de navires (≥ 100 TJB) par mer régionale (1999-2003)..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Tableau n°2. 14. Distribution des événements de mer et des rejets par catégorie d'avaries et par mer régionale (valeurs exprimées en % du nombre d'accidents de navires par mer régionales,..... | 110 |
| Tableau n°2. 15. Nombre de rejets accidentels (événements de mer) par catégorie et par mer régionale | 111 |
| Tableau n°2. 16. Volumes déversés à l'occasion des rejets accidentels (événements de mer) les plus communs par mer régionale (rejets accidentels ≥ 50 tonnes [± 10 %], 1965-2004, en % du volume déversé,..... | 111 |
| Tableau n°2. 17. « Mauvais temps » | 112 |
| Tableau n°2. 18. Routes programmées, caractéristiques des navires et des hydrocarbures transportés, circonstances des événements de mer..... | 121 |
| Tableau n°2. 19. Comparaison de l'échantillon utilisé pour l'analyse des facteurs d'avaries avec..... | 125 |
| Tableau n°2. 20. Principaux facteurs d'accidents | 126 |
| Tableau n°2. 21. Caractéristiques volumétriques des rejets mineurs d'hydrocarbures | 134 |
| Tableau n°2. 22. Sources et caractéristiques par zone des données recensées dans la littérature (oiseaux marins recensées lors des BBS) pour étudier la répartition des rejets mineurs d'hydrocarbures en Europe septentrionale et occidentale (Figure n°2. 14b) | 138 |
| Tableau n°2. 23. Exposition régionale aux rejets mineurs d'hydrocarbures près des grandes routes maritimes | 140 |
| Tableau n°2. 24(a/b). Variations régionales de la morphologie des rejets mineurs d'hydrocarbures..... | 144 |
| Tableau n°2. 25. Origine des comptes rendus POLREP et OILPOL en Manche occidentale/nord Gascogne (1974-2004, ZEE France, N = 1 653) | 145 |
| Tableau n°2. 26. Valeurs moyennes des indices de formes | 147 |
| Tableau n°2. 27. Classification des rejets mineurs en fonction de la situation des navires au moment de l'observation (1974-2004, ZEE France, N = 1 358 : nappes résiduelles, rejets opérationnels avérés et présumés)..... | 147 |
| Tableau n°2. 28. Aspects des observations de rejets opérationnels avérés, présumés et des nappes résiduelles d'hydrocarbures en Manche occidentale et nord Gascogne (1974-2004, ZEE France, n = 72,4 % N) | 148 |
| Tableau n°2. 29. Répartition saisonnière des oiseaux mazoutés reçus au Centre de soins de l'île Grande (tableau a) et principales caractéristiques par espèce (tableau b) (n=2 841,[48,8 % N], 1991-2004, les oiseaux ramassés à la suite des rejets accidentels de l' <i>Erika</i> et du <i>Prestige</i> sont exclus) | 154 |

Partie 3

| | |
|---|-----|
| Tableau n°3. 1. Taux de croissance annuel moyen du commerce maritime, de la flotte et de la construction navale (1965-2004, échelle mondiale, navires ≥ 100 TJB) | 164 |
| Tableau n°3. 2. Principales caractéristiques des navires impliqués dans quelques événements polluants en Manche occidentale et dans le golfe de Gascogne..... | 166 |
| Tableau n°3. 3. Caractéristiques des rejets accidentels de pétroliers | 170 |
| Tableau n°3. 4. Caractéristiques des pétroliers accidentés..... | 170 |
| Tableau n°3. 5. Circonstances des rejets accidentels de pétroliers..... | 171 |
| Tableau n°3. 6. Evolution de la propriété de la flotte de navires citernes (1939-2004) | 172 |
| Tableau n°3. 7. Principaux pavillons (≥ 5 % n) en terme d'accidentologie..... | 181 |

| | |
|--|-----|
| Tableau n°3. 8. Principaux pavillons d'immatriculation des navires à l'origine de rejets d'hydrocarbures (toutes circonstances et toutes échelles spatio-temporelles confondues) | 182 |
| Tableau n°3. 9. Evolution du marché de l'emploi maritime | 187 |
| Tableau n°3. 10. Evolution des conditions d'exploitation des navires de commerce des années 1970 aux années 1990 | 194 |
| Tableau n°3. 11. Synthèse des évolutions de la réglementation internationale..... | 207 |
| Tableau n°3. 12. Prévention des rejets opérationnels d'hydrocarbures des pétroliers : principales mesures mentionnées dans la Convention OILPOL de 1954 | 212 |
| Tableau n°3. 13. Prévention des rejets opérationnels d'hydrocarbures des navires : principales mesures mentionnées dans l'annexe 1 de la Convention MARPOL de 1973 et son Protocole de 1978 (1983-2004)..... | 214 |
| Tableau n°3. 14. Prévention des rejets accidentels d'hydrocarbures : principales mesures mentionnées dans l'annexe 1 de la Convention MARPOL de 1973 et son Protocole de 1978 (1983-2004)..... | 215 |
| Tableau n°3. 15. Evolution des rejets accidentels des transporteurs d'hydrocarbures..... | 227 |
| Tableau n°3. 16. Synthèse de la littérature recensée sur l'évaluation des rejets opérationnels des navires à l'échelle mondiale (en milliers de tonnes)..... | 234 |
| Tableau n°3. 17. Relations entre l'évolution des rejets accidentels de pétroliers signalés dans les eaux marines d'Europe du Nord-Ouest et les taux d'observance (hypothétique) de la flotte mondiale..... | 238 |
| Tableau n°3. 18. Relations entre l'évolution des rejets accidentels de pétroliers signalés dans les eaux marines d'Europe du Nord-Ouest et le contrôle du respect des normes par les Etats du port et les Etats côtiers (1985-2004, coefficients de corrélation linéaire de Bravais-Pearson [r]) | 238 |
| Tableau n°3. 19. Relations entre l'évolution des rejets accidentels de pétroliers signalés dans les eaux marines d'Europe du Nord-Ouest et quelques indicateurs représentatifs du marché des hydrocarbures | 238 |
| Tableau n°3. 20. Relations entre l'évolution des rejets mineurs observés dans la zone de compétence du CROSS Corsen et l'évolution des contextes normatifs et socio-économiques du transport maritime | 243 |
| Tableau n°3. 21. Relations entre l'évolution de divers indicateurs de rejets mineurs dans les eaux marines riveraines des Pays-Bas et l'évolution des contextes normatifs et socio-économiques du transport maritime (1986-2002, coefficients de corrélation linéaire de Bravais-Pearson [r]) | 243 |
| Tableau n°3. 22. Synthèse des facteurs qui ont contribué à diminuer le nombre de rejets d'hydrocarbures des navires durant ces vingt dernières années..... | 244 |

Liste des planches photographiques

Partie 1

Planche photographique n°1. 1. Un chimiquier de 170 mètres en fuite dans une forte tempête37

Partie 2

Planche photographique n°2. 1(a/b/c1/c2). Quelques exemples d'accidents de navires suivis d'importants déversements d'hydrocarbures : échouement, explosion/incendie et bris du *Torrey Canyon* près des îles Sorlingues en mars 1967 (a) ; échouement, explosion/incendie et bris de l'*Aegean Sea* à l'entrée du port de La Corogne en décembre 1992 (b) ; avarie structurelle et bris du *Prestige* au large du cap Finistère en novembre 2002 (c1) et échouement consécutif d'hydrocarbures au rivage (Galice : c2)..... 101

Planche photographique n°2. 2 (a/b). Navire *Vercors* évoluant dans une tempête au large de Vigo (a : hiver 1999, sud Gascogne, vague d'environ 18-19 mètres, ≈ 60 noeuds établis) et remorquage du *Krokus* (transporteur de marchandises diverses) par le remorqueur de haute mer *Abeille Bourbon* dans du très mauvais temps au large d'Ouessant (b : hiver 2007, vagues de 10 à 15 mètres, ≈ 40 noeuds établis) 113

Planche photographique n°2. 3 (a/b/c). Un exemple récent d'obstruction à la navigation : l'épave du *Tricolor* reposant sur le fond après sa collision du 14/12/2002 avec le *Kariba* dans le détroit du Pas-de-Calais (a) ; talonnage du *Nicolas* sur l'épave du *Tricolor* le 16/12/2002 (b) ; échouement du *Vicky* sur le *Tricolor* le 01/01/2003 (c) 127

Planche photographique n°2. 4 (a/b/c/d). Quelques exemples d'avaries : (a) *Texaco Caribbean* couché sur son flanc tribord à la suite de sa collision avec le *Paracas* (Manche, 11/06/1971) ; (b) *Olympic Bravery* échoué à Ouessant à la suite d'une panne moteur (pointe de Bretagne, 24/01/1976) ; (c) *Urquiola* échoué à l'entrée du port de La Corogne (péninsule Ibérique, 12/05/1976) ; (d) Bordé tribord du *Baltic Carrier* après sa collision avec le *Tern* (mer Baltique, 29/03/2001)..... 128

Planche photographique n°2. 5 (a/b/c). Rejet opérationnel d'hydrocarbures (avéré) au large de la pointe de Bretagne (a : année non précisée), nappe résiduelle d'hydrocarbures (b : année non précisée) et résidus mazouteux mélangés à des laisses de mer sur une plage de Plouescat (c, Finistère nord, hiver 2004)..... 148

Table des annexes

| | |
|--|-----|
| Annexe n° 1 : Classification des hydrocarbures..... | 287 |
| Annexe n° 2 : Liste des hydrocarbures figurant à l'appendice 1 de l'annexe 1 de la Convention MARPOL 73/78 | 288 |
| Annexe n° 3 : Classification des registres d'immatriculation selon leur nature..... | 289 |
| Annexe n° 4 : Caractéristiques des 45 événements polluants retenus pour l'étude des facteurs internes et externes d'avaries (≥ 45 tonnes, 1965-2004)..... | 293 |

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| REMERCIEMENTS | 5 |
| ACRONYMES | 7 |
| SOMMAIRE | 9 |
| | |
| INTRODUCTION GENERALE | 13 |
| 1. CONTEXTE | 13 |
| 2. LE RISQUE DE POLLUTION PETROLIERE | 14 |
| <i>Le risque : quelques généralités</i> | 15 |
| <i>Les risques de pollution pétrolière : risque environnemental global, risque écologique ?</i> | 16 |
| <i>Risques et lutte antipollution : la place accordée aux mesures préventives</i> | 18 |
| 3. PROBLEMATIQUE, METHODOLOGIE ET ORIGINALITE DE CE TRAVAIL DE RECHERCHE | 18 |
| | |
| PARTIE 1. LES REJETS D’HYDROCARBURES : OBJECTIFS, DONNEES ET METHODES | 21 |
| | |
| CHAPITRE 1. OBJECTIFS DEFINIS AU REGARD DE LA LITTERATURE | 23 |
| 1. NOTIONS DE REJETS D’HYDROCARBURES, D’EVENEMENTS POLLUANTS ET D’EXPOSITION | 23 |
| 11. <i>Rejets accidentels et opérationnels d’hydrocarbures des navires et pollution pétrolière</i> | 24 |
| 111. Rejets accidentels | 24 |
| 112. Rejets opérationnels | 25 |
| 113. Les pollutions pétrolières | 25 |
| 12. <i>Les hydrocarbures : quelques généralités</i> | 25 |
| 121. Propriétés physico-chimiques et toxicités intrinsèques des hydrocarbures..... | 25 |
| 122. Modifications physico-chimiques et biologiques des hydrocarbures (au sens large) à la suite de leur introduction dans l’océan | 27 |
| 13. <i>Les effets des rejets d’hydrocarbures des navires : distinction entre rejets majeurs et mineurs, déversements accidentels et opérationnels</i> | 29 |
| 131. Situation du rejet et recouvrement du polluant au rivage..... | 30 |
| 132. Contamination des eaux, des organismes vivants et des sédiments | 30 |
| 133. Quelques exemples de dommages écologiques observés à l’occasion de pollutions pétrolières..... | 31 |
| 134. Quelques exemples de dommages socio-économiques observés à l’occasion de pollutions pétrolières | 33 |
| 14. <i>Définition des notions d’événement polluant et d’exposition dans cette étude</i> | 34 |
| 141. La notion d’événement polluant | 34 |
| 142. La notion d’exposition..... | 34 |
| 2. DE L’INFLUENCE DU CONTEXTE ENVIRONNANT SUR LES REJETS D’HYDROCARBURES DES NAVIRES : TRANSPORT MARITIME ET CONTEXTE HYDROCLIMATIQUE | 35 |
| 21. <i>L’influence du mauvais temps</i> | 35 |
| 211. L’influence du mauvais temps sur les conditions de détection des rejets mineurs à la surface de la mer | 35 |
| 212. L’influence du mauvais temps sur l’accidentologie des navires | 36 |
| 22. <i>L’influence du transport maritime</i> | 38 |
| 221. Géographie des routes maritimes | 38 |
| 222. Points de passage obligés et goulets d’étranglement..... | 39 |
| 223. Réseau portuaire | 39 |
| 23. <i>Conclusion</i> | 40 |
| 3. DE L’INTERET D’UN REFERENTIEL GEOGRAPHIQUE COMMUN | 40 |
| 31. <i>Méthodes d’évaluation des rejets mineurs et majeurs : un traitement distinct</i> | 41 |
| 311. Rejets accidentels : évaluation par recensement des événements signalés | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 312. Rejets mineurs : évaluation à l'aide de méthodes d'observation in situ (directes et indirectes)..... | 43 |
| 32. De l'intérêt d'appréhender simultanément rejets majeurs et mineurs et contexte environnant dans un référentiel géographique commun..... | 44 |
| | |
| CHAPITRE 2. SOURCES DE DONNEES, METHODES DE COLLECTE, DE PRODUCTION DE L'INFORMATION, DE TRAITEMENT STATISTIQUE ET GEOGRAPHIQUE..... | 49 |
| 1. REJETS : SOURCES DE DONNEES UTILISEES..... | 49 |
| 11. Définitions..... | 50 |
| 111. Evénements de mer et opérations portuaires..... | 50 |
| 112. Rejets opérationnels..... | 52 |
| 12. Données « rejets accidentels »..... | 53 |
| 121. Sources de données consultées..... | 53 |
| 122. Principales données recherchées..... | 55 |
| 123. De la difficulté d'identifier les causes (directes) d'accidents et de rejets accidentels..... | 57 |
| 13. Données « rejets mineurs » : indicateurs directs et indirects..... | 59 |
| 131. Comptes rendus obligatoires de rejets mineurs : procédures POLREP et OILPOL..... | 59 |
| 132. Oiseaux mazoutés..... | 60 |
| 2. DONNEES « CONTEXTE ENVIRONNANT » : SOURCES ET METHODES DE COLLECTE..... | 62 |
| 21. Accidentologie : étude des circonstances de rejets accidentels et d'accidents de navires..... | 62 |
| 211. Circonstances des rejets accidentels ≥ 50 tonnes (1965-2004)..... | 63 |
| 212. Circonstances des accidents de navires (navires ≥ 100 TJB) et des rejets accidentels (tous volumes) (1999-2003)..... | 63 |
| 22. Transport maritime : réseau portuaire et flux de navires et de marchandises..... | 64 |
| 221. Flux de circulation en « Manche occidentale/nord Gascogne » : données du système de compte rendu obligatoire « Ouessant Trafic » (2000-2003) et données radar des sémaphores bretons (2001-2004)..... | 65 |
| 222. Réseau portuaire en Europe septentrionale et occidentale..... | 66 |
| 23. Contexte hydroclimatique..... | 66 |
| 3. METHODES DE TRAITEMENT STATISTIQUES ET GEOGRAPHIQUE..... | 67 |
| 31. Méthodes mises en œuvre pour produire de l'information géographique..... | 67 |
| 311. « Banque de données » réalisées dans le cadre de cette étude..... | 67 |
| 312. Démarches préalables au traitement statistique des informations..... | 67 |
| 32. Méthodes de traitement statistique et de traitement géographique..... | 71 |
| 321. Traitement statistique..... | 71 |
| Modèles utilisés pour l'analyse des corrélations..... | 71 |
| 322. Traitement géographique..... | 73 |
| CONCLUSION..... | 74 |
| | |
| PARTIE 2. EXPOSITION DES EAUX MARINES ET DES LITTORAUX AUX REJETS D'HYDROCARBURES : BRETAGNE ET ESPACES ENVIRONNANTS..... | 75 |
| | |
| CHAPITRE 1. DIMENSIONS LOCALES ET REGIONALES DU CONTEXTE ENVIRONNANT : TRANSPORT MARITIME ET CADRE HYDROCLIMATIQUE..... | 77 |
| 1. LE TRAFIC MARITIME AU LARGE DE LA BRETAGNE : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES..... | 77 |
| 11. Géographie des routes maritimes en « Manche occidentale/nord Gascogne »..... | 78 |
| 12. Spécificités des flottes de navires évoluant dans la zone de compte rendu obligatoire « Ouessant Trafic »..... | 81 |
| 121. Variabilité mensuelle des passages de navires..... | 81 |
| 122. Caractéristiques des principales catégories de navires et contributions respectives à l'ensemble des passages de navires observés..... | 82 |
| 123. Caractéristiques de la flotte pétrolière et du trafic maritime d'hydrocarbures..... | 85 |
| 13. Conclusion..... | 87 |
| 2. ROUTES MARITIMES, RESEAU PORTUAIRE ET CONTEXTE HYDRO-CLIMATIQUE DES MERS REGIONALES D'EUROPE SEPTENTRIONALE ET OCCIDENTALE..... | 88 |
| 21. Intégration des flux de navires transitant par le DST « Ouessant Trafic » aux réseaux de transport maritime mondial et régional..... | 88 |
| 22. Géographie des routes maritimes et des trafics portuaires des mers régionales d'Europe occidentale et septentrionale..... | 91 |
| 221. Principales routes maritimes..... | 91 |
| 222. Trafics portuaires..... | 92 |

| | |
|--|------------|
| 223. Cadre physique et contexte hydroclimatique | 94 |
| CONCLUSION : QUELLES REPERCUSSIONS POTENTIELLES EN TERME DE POLLUTION ? | 96 |
| CHAPITRE 2. REJETS ACCIDENTELS | 99 |
| 1. CARACTERISTIQUES GENERALES DES REJETS ACCIDENTELS ET DES ACCIDENTS DE NAVIRE..... | 99 |
| 11. <i>Rejets accidentels : nombre, volume et produits déversés</i> | 99 |
| 111. Rejets accidentels \geq 50 tonnes (tous types de navires, mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale : 1965-2004) | 100 |
| 112. Rejets accidentels (tous volumes, tous types de navires, mers régionales d'Europe septentrionale et occidentale : 1999-2003) | 102 |
| 12. <i>Avaries : types et saisonnalité</i> | 102 |
| 121. Principaux types d'accidents de navires à l'origine de rejets supérieurs à 50 tonnes (1965-2004) | 103 |
| 122. Principaux types d'accidents de navires recensés sur la période récente 1999-2003..... | 104 |
| 13. <i>Distributions saisonnière et géographique de l'ensemble des événements évoqués</i> | 105 |
| 131. Distributions mensuelles des rejets accidentels supérieurs à 50 tonnes (1965-2004) et des accidents de navires supérieurs à 100 TJB (1999-2003) | 105 |
| 132. Répartition géographique des rejets accidentels supérieurs à 50 tonnes (1965-2004) et des accidents de navires supérieurs à 100 TJB (1999-2003) | 106 |
| 2. SPECIFICITES REGIONALES : « MANCHE OCCIDENTALE/GOLFE DE GASCOGNE/CANAL SAINT-GEORGE » ET POINTE DE BRETAGNE AU REGARD DES MERS ENVIRONNANTES | 109 |
| 21. <i>Différences entre mers ouvertes et mers épicontinentales d'Europe septentrionale et occidentale</i> | 109 |
| 22. « <i>Manche occidentale/golfe de Gascogne/canal Saint-George</i> » et <i>pointe de Bretagne</i> | 112 |
| 221. « Dangers » hydroclimatiques..... | 112 |
| 221. Naufrages : un fait historique ? | 114 |
| 23. <i>Conclusion</i> | 115 |
| 3. ANALYSE DE QUELQUES CAUSES D'ACCIDENT : FACTEURS TECHNIQUES, HUMAINS ET ENVIRONNEMENTAUX | 116 |
| 31. <i>Analyse des circonstances d'accident d'après l'examen de quelques événements : le rôle de l'équipage</i> | 117 |
| 311. Description des circonstances de huit événements de mer (Tableau n°2. 18) | 117 |
| 312. La responsabilité de l'équipage au regard des autres facteurs. | 122 |
| 32. <i>Analyse des causes d'accident d'après l'examen de 45 événements : facteurs internes et externes au navire</i> | 124 |
| CONCLUSION | 129 |
| CHAPITRE 3. EXPOSITION DES EAUX MARINES ET DES LITTORAUX AUX REJETS MINEURS D'HYDROCARBURES | 131 |
| 1. LES REJETS MINEURS D'HYDROCARBURES DANS LES MERS REGIONALES D'EUROPE SEPTENTRIONALE ET OCCIDENTALE..... | 131 |
| 11. <i>Caractéristiques générales : sources, volume et nature des hydrocarbures</i> | 132 |
| 111. Sources potentielles de rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures..... | 132 |
| 112. Rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures : caractéristiques générales | 133 |
| 12. <i>Distributions géographique et saisonnière</i> | 135 |
| 121. Distribution géographique des rejets mineurs d'hydrocarbures (observations aériennes [1998-2001] et BBS [années 1980-1990])..... | 135 |
| 122. Distribution mensuelle des observations aériennes de rejets mineurs (1998-2001) | 142 |
| 13. <i>Conclusion</i> | 144 |
| 2. EXPOSITION DES EAUX MARINES DE L'ESPACE « MANCHE OCCIDENTALE/NORD GASCOGNE » AUX REJETS MINEURS ET CHRONIQUES D'HYDROCARBURES ET EXPOSITION LITTORALE DE LA BRETAGNE AUX ECHOUEMENTS MINEURS ET CHRONIQUES D'HYDROCARBURES..... | 145 |
| 21. <i>Caractéristiques des rejets mineurs observés dans la ZEE Française (« Manche occidentale/nord Gascogne », 1974-2004, tous types d'observations)</i> | 145 |
| 22. <i>Expositions littorale et marine aux rejets mineurs d'hydrocarbures</i> | 150 |
| 221. Répartition géographique des rejets mineurs (2000-2004, toutes observations)..... | 150 |
| 222. La problématique des épaves (potentiellement) polluantes (1998-2004) | 152 |
| 223. Exposition des côtes bretonnes aux rejets mineurs et chroniques d'hydrocarbures (oiseaux mazoutés : 1991-2004)..... | 153 |
| CONCLUSION | 155 |

PARTIE 3. EVOLUTION DES REJETS ACCIDENTELS ET OPERATIONNELS DES NAVIRES AU REGARD DES CONTEXTES REGLEMENTAIRES ET SOCIO-ECONOMIQUES DU TRANSPORT MARITIME 157

CHAPITRE 1. EVOLUTION DES CONDITIONS DU TRANSPORT MARITIME INTERNATIONAL 159

| | |
|---|-----|
| 1. EVOLUTION DE L'INDUSTRIE MARITIME MONDIALE..... | 159 |
| 11. Principaux opérateurs commerciaux et modes d'affrètement des services de transport de marchandises régulières et de marchandises en vrac | 160 |
| 12. Evolution générale | 161 |
| 2. EVOLUTION DES CONDITIONS DU TRANSPORT MARITIME D'HYDROCARBURES ET REPERCUSSIONS EN TERME DE REJETS ACCIDENTELS..... | 165 |
| 21. Evolution du contexte énergétique au regard des caractéristiques de quelques pétroliers à l'origine de déversements volumineux en Manche occidentale/golfe de Gascogne..... | 166 |
| 22. Evolution des caractéristiques des plus volumineux rejets accidentels de pétroliers à l'échelle mondiale..... | 169 |
| 23. Quelques stratégies d'adaptation des opérateurs du transport maritime d'hydrocarbures à l'exacerbation du contexte concurrentiel | 171 |
| 3. EVOLUTION DE L'IMMATRICULATION DES NAVIRES | 174 |
| 31. Les différents types de pavillons d'immatriculation | 174 |
| 32. Evolution historique du marché de l'immatriculation..... | 176 |
| 33. Immatriculation, accidentologie et rejets d'hydrocarbures | 179 |
| 331. Immatriculation et accidentologie..... | 179 |
| 332. Immatriculation et rejets d'hydrocarbures | 181 |
| 333. L'association « libre immatriculation/avaries/rejets » : un artefact ? | 183 |
| 4. EVOLUTION DE L'EMPLOI MARITIME..... | 184 |
| 41. Evolution du marché de l'emploi maritime des années 1950 à nos jours | 184 |
| 42. Evolution des conditions d'exercice du métier de marin..... | 188 |
| 421. Multiculturalisme et émergence des marins des pays en voie de développement à bord des navires de commerce | 188 |
| 422. Les conditions de travail à bord des navires se sont-elles dégradées ? | 190 |
| 43. Répercussions des évolutions évoquées en terme de rejets d'hydrocarbures..... | 196 |
| CONCLUSION | 199 |

CHAPITRE 2. EVOLUTION DES REJETS D'HYDROCARBURES DES NAVIRES AU REGARD DES MESURES DE REGULATION MISES EN OEUVRE..... 201

| | |
|---|-----|
| 1. EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION INTERNATIONALE DU TRANSPORT MARITIME : SECURITE MARITIME, PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET PROTECTION DES GENS DE MER | 202 |
| 11. L'évolution générale des préoccupations en terme de sécurité maritime | 202 |
| 111. L'action de l'industrie maritime..... | 202 |
| 112. L'action de la Communauté internationale | 204 |
| 113. Synthèse des évolutions..... | 206 |
| 12. Prévention des pollutions..... | 209 |
| 121. Les premières tentatives d'encadrement | 210 |
| 122. La convention OILPOL de 1954 | 211 |
| 123. La convention MARPOL 73/78 | 212 |
| 124. Conclusion..... | 215 |
| 13. L'action des Etats du pavillon, des Etats côtiers et des Etats du port en terme de contrôle et de mise en oeuvre..... | 216 |
| 131. L'action de l'Etat du pavillon..... | 216 |
| 132. L'action des Etats du port : le Paris MOU | 217 |
| 133. L'action des Etats côtiers | 221 |
| 2. EVOLUTIONS DES REJETS D'HYDROCARBURES DES NAVIRES AUX ECHELLES MONDIALE, REGIONALE ET LOCALE : TENDANCES OBSERVEES ET ELEMENTS D'EXPLICATION | 226 |
| 21. Evolution mondiale | 226 |
| 211. L'évolution des rejets accidentels des navires : vers un consensus ?..... | 227 |
| 212. Un sujet plus polémique : le cas des rejets opérationnels des navires | 230 |
| 214. Conclusion..... | 235 |
| 22. Evolutions locales et régionales | 235 |

| | |
|--|------------|
| 211. Méthodologie..... | 236 |
| 212. Evolution des rejets accidentels de pétroliers dans les eaux marines de l'Europe du Nord-Ouest (1965-2004)..... | 237 |
| 213. Evolution des rejets opérationnels des navires en différents endroits (1960-2004)..... | 239 |
| CONCLUSION | 244 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 247 |
| BIBLIOGRAPHIE | 253 |
| ANNEXES | 285 |
| LISTE DES FIGURES..... | 295 |
| LISTE DES TABLEAUX | 298 |
| LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES..... | 301 |
| TABLE DES ANNEXES..... | 302 |
| TABLE DES MATIERES..... | 303 |

