HAL
open science

Dynamique des activités humaines en mer côtière. Application à la mer d'Iroise

Matthieu Le Tixerant

To cite this version:

Matthieu Le Tixerant. Dynamique des activités humaines en mer côtière. Application à la mer d'Iroise. Géographie. Université de Bretagne occidentale - Brest, 2004. Français. NNT : . tel-00010788

HAL Id: tel-00010788

https://theses.hal.science/tel-00010788

Submitted on 26 Oct 2005

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.

UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE

INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPEEN DE LA MER
Laboratoire Géomer (LETG UMR 6554 CNRS)

THESE

Discipline : Géographie

Présentée par :
Matthieu Le Tixerant

DYNAMIQUE DES ACTIVITES HUMAINES EN MER COTIERE

APPLICATION A LA MER D'IROISE

Sous la direction de :
François Cuq† et **Françoise Gourmelon** (Géomer LETG UMR 6554 CNRS)

Soutenue le 4 juin 2004 devant la commission d'examen composée de :

Jean BONCOEUR	Professeur à l'Université de Bretagne Occidentale
Jean Pierre CORLAY	Professeur émérite à l'Université de Nantes
Marie Christine CORMIER-SALEM	Directrice de recherche à l'IRD
Guy FONTENELLE	Professeur à l'ENSAR
Françoise GOURMELON	Chargée de recherche au CNRS (HDR)
Gérard VERON	Chercheur à l'Ifremer

UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE

INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPEEN DE LA MER
Laboratoire Géomer (LETG UMR 6554 CNRS)

THESE

Discipline : Géographie

Présentée par :
Matthieu Le Tixerant

DYNAMIQUE DES ACTIVITES HUMAINES EN MER COTIERE

APPLICATION A LA MER D'IROISE

Sous la direction de :
François Cuq† et **Françoise Gourmelon** (Géomer UMR 6554 CNRS)

Iwan Le Berre, tuteur (Géomer UMR 6554 CNRS)
Gérard Véron, tuteur (LRH Ifremer Brest)

Cette thèse a fait l'objet d'une convention de collaboration entre le laboratoire Géomer (LETG UMR 6554 CNRS) et le Laboratoire des Ressources Halieutiques de l'Ifremer (Centre de Brest).
Référence : CONTRAT N° 01 / 2 210 600 Y
Titre : Collaboration pour l'étude des usages maritimes en Finistère

Remerciements

Ces remerciements ne peuvent que débuter par un hommage à François Cuq qui, de part ses qualités humaines et de chercheur, avait su me communiquer l'enthousiasme et l'énergie pour me lancer dans cette aventure. Françoise Gourmelon a bien voulu reprendre la direction de cette thèse malgré des circonstances difficiles aussi bien du point de vue psychologique que pratique. Je lui en suis très reconnaissant et l'en remercie également tout particulièrement.

Ce travail de recherche n'aurait pu se faire sans le soutien de l'équipe du laboratoire Géomer. Je tiens à remercier plus particulièrement : Jaqueline Giraudet pour son aide à la réalisation de la majorité des schémas et des cartes de cette thèse, ainsi que Mathias Rouan, musicien dans l'âme, mais sans qui le développement informatique de la méthode n'aurait pu se faire. De même, je dois remercier mes « aînés » : Cyril Tissot, qui s'est comporté comme un véritable frère franc-comtois et Iwan Le Berre, qui est décidément un grand « coach ».

Je tiens également à remercier chaleureusement Gérard Véron du LRH de l'Ifremer qui s'est toujours montré attentif et disponible pour m'aider à avancer dans mon travail. Doivent également être remerciés à l'Ifremer : Daniel Latruite, Pierre Arzel, Michael Drogou, Sylvain Bermell, Spyros Fifa, Claude Augris et Michel Paillard.

Que soient également remerciés la mission pour le parc national marin d'Iroise, le Comité Local des Pêches d'Audierne, les Affaires Maritimes de Douarnenez, la Direction Départementale de l'Equipement et la Préfecture maritime (sémaphores et CROSS-Corsen).

Enfin, il y a ceux et celles qui m'ont accompagné et soutenu durant cette belle vie de thésard : la famille bien sûr, qui même éloignée, a su me faire parvenir des vibrations positives et chaleureuses, et, les ami(e)s et compagnons de route de mes différents périples finistériens....

INTRODUCTION 4

PREMIERE PARTIE : CADRE GENERAL DE RECHERCHE 7

1 L'ESPACE DE REFERENCE 7
1-1 LITTORAL ET ZONE COTIERE 7
1-2 BANDE COTIERE 9
1-3 MER COTIERE 12

2 LES ACTIVITES HUMAINES EN MER COTIERE 15
2-1 LES NOTIONS D'USAGE ET D'ACTIVITE 15
2-2 DE NOMBREUSES ACTIVITES DANS UN MILIEU FRAGILE 17
2-2-1 Les impacts sur le milieu 17
2-2-2 Les conflits 19

3 LA GESTION INTEGREE DE LA ZONE COTIERE 22
3-1 LE CONCEPT DE GESTION INTEGREE DE LA ZONE COTIERE 23
3-1-1 Le cadre théorique : la démarche systémique 23
3-1-2 Application du principe d'intégration au système « zone côtière » 24
3-1-3 Définition de la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) 25
3-2 UNE VOLONTE POLITIQUE GENERALE 25
3-2-1 Au niveau international 25
3-2-2 Au niveau européen 26
3-2-3 Au niveau national 28
3-3 LES DIFFICULTES DE MISE EN ŒUVRE PRATIQUE DE LA GIZC 31
3-4 LA NECESSAIRE PRISE EN COMPTE DES USAGES 32

4 MODELISATION DU DEROULEMENT DES ACTIVITES HUMAINES EN MER COTIERE 34
4-1 DEFINITIONS 34
4-2 LES PRINCIPALES APPROCHES DE MODELISATION 35
4-2-1 L'approche géosystémique 35
4-2-2 L'approche économiste 36
4-3 LA MODELISATION MULTI-AGENTS 38
4-4 LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) 43
4-5 LES SIG COTIERS 46
4-5-1 Principaux intérêts 47
4-5-3 L'information de référence en zone côtière 48
4-5-5 Applications 52
4-6 LE COUPLAGE MODELES / SIG 54

5 CONCLUSION 58

DEUXIEME PARTIE : APPROCHE METHODOLOGIQUE 59

1 LA PLATE-FORME DE MODELISATION DAHU 59
1-1 LES PRINCIPES FONDATEURS 60
1-1-1 Placer l'Homme au cœur du système 60
1-1-2 Favoriser une approche globale 61
1-1-3 Favoriser une approche déterministe 63
1-2 LA DEMARCHE CONCEPTUELLE 64
1-2-1 Une étape indispensable 64
1-2-2 Principales caractéristiques 65
1-3 LA PHASE DE SIMULATION 68
1-4 UNE PLATE-FORME GENERIQUE BASEE SUR DES MODULES DISTINCTS 70

2 LA DEMARCHE CONCEPTUELLE (MODULE ACTIVITES MARINES) 74
2-1 TYPOLOGIE DES ACTIVITES HUMAINES EN MER COTIERE 75
2-2 LES FILTRES SPATIO-TEMPORELS 77
2-2-1 Le filtre « contraintes environnementales » 77
2-2-2 Le filtre «contraintes réglementaires » 78
2-2-3 Le filtre « contraintes socio-économiques » 79
2-4 LE TERRITOIRE DE PRATIQUE POTENTIELLE 80
2-5 LE CALENDRIER DE PRATIQUE POTENTIELLE 83
2-6 LES STATISTIQUES 86

3 LE SIMULATEUR (MODULE ACTIVITES MARINES) 87
3-1 PREPARATION DES DONNEES D'ENTREE (PRE-PROCESSEUR) 89
3-2 SIMULATION (PROCESSEUR) 90
3-3 EXPLOITATION DES RESULTATS AU SEIN D'UN SIG (POST-PROCESSEUR) 91

4 CONCLUSION 93

TROISIEME PARTIE : APPLICATIONS EN MER D'IROISE 95

1 CONTEXTE GENERAL 95
1-1 UN ECOSYSTEME EXCEPTIONNEL FORTEMENT ANTHROPISE 96
1-2 LA NECESSITE D'UNE GESTION INTEGREE 100
1-2-1 Des autorités compétentes multiples 100
1-2-2 Les mesures de protection du milieu 102
1-2-3 Un projet de Parc National Marin 104
1-3 UN CONTEXTE SCIENTIFIQUE PORTEUR 106
1-3-1 L'Observatoire du Domaine Côtier 107
1-3-2 L'étude sur les activités humaines en mer d'Iroise (CEDEM / Ifremer) 107
1-3-3 Le SIG « Iroise » 108

2 DEMARCHE CONCEPTUELLE **111**
2-1 INVENTAIRE ET SELECTION D'ACTIVITES 111
2-3 LA PECHE PROFESSIONNELLE 113
2-3-1 Le cadre juridique 113
2-3-2 Les informations existantes : des difficultés statistiques 117
2-3-3 Fiches de synthèse 122
2-4 LA NAVIGATION MARITIME 149
2-4-1 Le cadre juridique 149
2-4-2 Les informations existantes 151
2-4-3 Fiche de synthèse 153
2-5 LES EXTRACTIONS DE MATERIAUX 155
2-5-1 Le cadre juridique 155
2-5-2 Fiches de synthèse 155

3 QUELQUES EXEMPLES DE SIMULATION **159**
3-1 ILLUSTRATION DU DEROULEMENT D'ACTIVITES 159
3-2 SCENARIOS « EVENEMENTIELS » 165
3-2-1 Naufrage 165
3-2-2 Eoliennes en mer 168

4 VALIDATION **173**

5 CONCLUSION **174**

CONCLUSION GENERALE **175**

BIBLIOGRAPHIE **179**

TABLE DES FIGURES **194**

ANNEXES **197**

INTRODUCTION

La singularité de la zone côtière par rapport aux espaces continentaux tient à sa position unique à l'interface entre l'atmosphère, la terre et l'océan. Cette situation est à l'origine de systèmes complexes et diversifiés, généralement très productifs, qui présentent un attrait important pour les sociétés humaines. Ainsi la mer côtière, frange marine de la zone côtière, est la partie des océans la plus exploitée par l'Homme. Actuellement, elle est le siège d'une multitude d'activités : navigation commerciale, pêches professionnelles, extraction de matériaux, forages off-shore, aménagement de récifs artificiels ou d'éoliennes en mer, aquaculture marine, rejets en mer, activités de loisir (tourisme, nautisme, pêche de loisir)… Ces activités interagissent plus ou moins fortement avec le milieu et peuvent avoir des impacts importants sur le fonctionnement et la qualité du système côtier en exploitant ses ressources biologiques et minérales, en engendrant des pollutions accidentelles ou chroniques liées à un trafic maritime croissant, en y installant des infrastructures parfois lourdes et en entraînant une surfréquentation de certains sites. L'augmentation des pressions exercées sur la mer côtière provoque également des interactions fonctionnelles entre les différentes activités humaines présentes, qui peuvent devenir plus où moins conflictuelles. La mer côtière est donc un espace de plus en plus convoité, où s'exerce une multitude d'intérêts, de contraintes et d'interdépendances qui rendent sa définition complexe et sa compréhension ardue (Catanzano & Thebaud, 1995).

Dans ce contexte, l'analyse des interactions Homme/milieu et entre les différentes activités humaines apparaît comme un des objectifs majeurs de la recherche pour l'aide au développement durable des sociétés littorales (Dronkers & Vries, 1999). Dans cette perspective, il est indispensable de se concentrer sur les modes d'utilisation et d'exploitation du milieu par l'Homme et notamment sur le déroulement des activités humaines dans l'espace et dans le temps (Holligan, 1994 ; Weber, 1995). Cette approche spatio-temporelle est le préalable indispensable à l'évaluation de l'influence de l'Homme sur l'évolution des écosystèmes et à l'accès à une information permettant une vision globale du déroulement des activités humaines en mer côtière.

Dans ce cadre, le milieu marin pose des problèmes spécifiques. Sur cet espace ouvert, traditionnellement considéré comme «un espace de liberté », il est particulièrement délicat de comprendre la façon dont s'exercent les activités humaines, soumises à des contraintes naturelles fortes. Il ne peut s'établir de limites physiques fixes permettant d'attribuer un espace à une activité, et différentes activités peuvent coexister sur une même zone au même moment. La prise en compte de la dimension temporelle en est d'autant plus importante. Par ailleurs, il existe très peu d'informations structurées décrivant les activités marines de façon détaillée et permettant une vision globale de leur déroulement. Les statistiques disponibles sont souvent trop agrégées et donc inadaptées à l'objectif poursuivi et elles ne sont pas toujours reliées à des espaces géographiques et à des périodes de pratique. L'évaluation de l'impact sur le milieu est alors difficile à établir. Le milieu marin est donc un espace que l'on peut qualifier de « flou » : la compréhension des phénomènes liés aux activités humaines en est d'autant plus complexe.

La démarche proposée, en plaçant l'Homme au cœur du système, s'inscrit dans les concepts de « développement durable » et de « gestion intégrée » proposés au début des années 1970, et qui ont acquis leur vrai légitimité en 1992 lors de la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Mais, alors que la réflexion sur le concept de gestion intégrée est bien avancée et reconnue au niveau international, les méthodologies nécessaires à sa mise en œuvre sont encore en développement (Bartlett, 1999). Au niveau décisionnel, il est aujourd'hui communément admis que l'une des conditions essentielles est l'accès à une information pertinente et présentée de façon synthétique (Commission Européenne, 1999b ; UNESCO, 1997).

Dans ce domaine, le développement remarquable de la géomatique a notamment eu pour effet la diffusion d'approches de modélisation aptes à répondre à ces besoins. En effet, si l'on se réfère à l'expérience internationale, il apparaît que les principales avancées concernant la prise en compte simultanée des conditions écologiques et humaines de la zone côtière se sont fortement appuyées sur des outils scientifiques et techniques fédérateurs tels que les Systèmes d'Information Géographique (SIG) (Cuq, 2000). Ils permettent notamment d'établir un lien tangible entre les différents compartiments des systèmes étudiés en favorisant une approche pluridisciplinaire indispensable. Dans un contexte de gestion intégrée des zones côtières, l'apport des SIG est aujourd'hui indiscutable. La démarche scientifique tire profit de l'analyse systémique pluridisciplinaire rendue possible et celle du gestionnaire exploite les capacités de gestion des données notamment par la valorisation cartographique (Gourmelon, 2002). De plus, le développement actuel du couplage modèles / SIG permet de faire évoluer les Systèmes d'Information Géographique, encore trop souvent statiques dans leurs fonctions actuelles, vers des outils dynamiques de représentation, d'analyse et d'aide à la décision.

Cette thèse s'inscrit dans le programme scientifique de l'UMR 6554 *Littoral Environnement Télédétection Géomatique (LETG)* qui concerne l'analyse et la compréhension de la dynamique des systèmes complexes à l'interface entre Nature et Société, avec la zone côtière comme territoire d'étude privilégié. Plus particulièrement, ce travail est une contribution aux recherches menées sur les littoraux et les dynamiques territoriales de la mer côtière ainsi que sur les conditions de sa gestion intégrée.

Ce document s'appuie sur trois parties principales :

En première partie, sont exposés le cadre général de recherche et les concepts de « mer côtière » et de « gestion intégrée des zones côtières ». La démarche de modélisation des activités humaines est présentée ainsi que l'intérêt du couplage modèles / SIG.

En deuxième partie, est présentée la méthodologie développée dans le cadre de la plate-forme de modélisation DAHU (Dynamique des Activités HUmaines) (Cuq, 2001) qui repose sur la transcription d'une réalité complexe en un modèle vraisemblable permettant la description du déroulement d'activités humaines dans l'espace et dans le temps et leur impact sur le milieu. Le module spécifiquement dédié aux activités marines (DAHU-MAM), développé dans le cadre de cette recherche, est présenté.

La troisième partie est consacrée aux applications. La zone d'étude retenue est la mer d'Iroise qui constitue un cas concret pertinent de par les multiples activités potentiellement conflictuelles qui s'y déroulent. Après un inventaire des différentes activités présentes sur la zone, la méthode est appliquée à trois activités de type professionnel : la pêche, l'extraction de matériaux, la navigation maritime. Afin d'illustrer les apports potentiels de la plate-forme de modélisation DAHU et plus particulièrement du simulateur DAHU-MAM à la gestion intégrée de la zone côtière finistérienne, plusieurs scénarios de simulation sont proposés.

Enfin, la conclusion introduit diverses perspectives de recherche tant conceptuelles que thématiques, envisagées dans un cadre pluridisciplinaire.

PREMIERE PARTIE : CADRE GENERAL DE RECHERCHE

1 L'ESPACE DE REFERENCE

L'espace côtier est une notion difficile à appréhender (Curtil, 2001), comme l'illustre le vocabulaire particulièrement varié qui tente de le qualifier. Les termes de littoral, zone côtière, bande côtière et mer côtière sont couramment et parfois indifféremment utilisés alors qu'ils ne recouvrent pas forcément les mêmes espaces géographiques.

1-1 Littoral et zone côtière

Il est aujourd'hui communément admis que l'espace côtier englobe les territoires d'influence des milieux terrestres et marins (figure 1) (Bird, 1969 ; Carter, 1988 ; Holligan & De Boois, 1993 ; Thomas, 1972). Les termes de « zone côtière » ou « littoral » sont employés indistinctement. Cependant le terme « littoral » est plus souvent utilisé lorsque l'espace s'assimile à un linéaire (définition restreinte) alors que le terme de « zone côtière », plus englobant, fait plutôt référence à une surface (définition large). Cette zone peut s'assimiler à un système au sein duquel les facteurs de changement agissent sur des sous-systèmes naturels et anthropiques interconnectés, conduisant à des interactions négatives ou positives d'ordre environnemental, social, culturel ou économique (Fabbri, 1998).

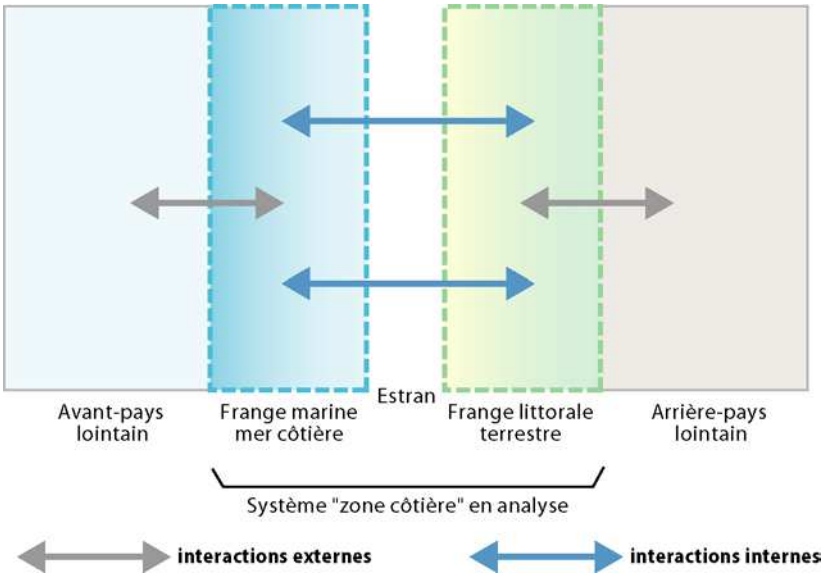


Figure 1. Cadre spatial de la zone côtière (Corlay, 2001).

Une fois admis le principe de la nécessaire association terre-mer au sein de l'espace côtier, la délimitation de l'étendue des zones d'influence de la terre sur la mer, et réciproquement, est particulièrement délicate et peut varier considérablement selon les approches et points de vue considérés. D'après l'OCDE, il s'agit d'une zone dont la géométrie varie en fonction de l'objectif de gestion qui est poursuivi : « On s'accorde à reconnaître que le terme « côtier » véhicule la notion d'interface terre/mer. Cet interface s'étend selon deux axes : l'un parallèle au rivage (axe littoral), l'autre perpendiculaire au rivage (axe terre / mer). La définition de l'axe terre/mer donne lieu à de nombreux débats. Par exemple, vers l'intérieur des terres, la zone côtière peut s'étendre à des bassins hydrographiques entiers ou simplement à la bande de terre située en bordure immédiate de la mer. Vers le large, elle peut s'étendre jusqu'à la limite du plateau continental ou à la zone économique exclusive d'un pays (…). Les limites de la zone côtière dépendent donc de l'objectif visé. Cette zone sera plus ou moins étendue vers le large ou vers l'intérieur des terres suivant le problème scientifique à résoudre et/ou l'objectif de gestion » (OCDE, 1993b).

L'objectif poursuivi par les organismes compétents sur la zone côtière consiste à définir un espace de gestion (Guichard, 1974). Dans la pratique, les décideurs sélectionnent généralement le cadre spatial le plus simple à gérer, à savoir les frontières administratives, alors que le plus souvent elles ne correspondent pas aux limites des systèmes naturels ou sociaux (Commission Européenne, 1999a). La Commission Européenne utilise le terme plus englobant de zone côtière qui est définie comme « une bande terrestre et marine dont la largeur varie en fonction de la configuration du milieu et des besoins d'aménagement » (Commission Européenne, 1995).

En ce qui concerne la frange marine de la zone côtière, deux principales approches permettent de la caractériser :

- une approche juridique qui fixe quelques limites de référence et notamment une « bande côtière »,
- une approche géographique, basée sur l'étude des usages du territoire, qui aboutit aux prémices d'un concept à géométrie variable, la « mer côtière ».

1-2 Bande côtière

Littoral et « mer côtière » ne sont devenus que très récemment objet de droit (Becet & Le Morvan, 1991). La Convention des Nations Unies sur le droit de la mer[1] du 10/12/1982 (en vigueur depuis le 16 novembre 1994) ne reconnaît que les eaux intérieures, la mer territoriale, la zone contiguë, la zone économique exclusive (ZEE) et la haute mer (figure 2) (Lucchini & Voelckel, 2000).

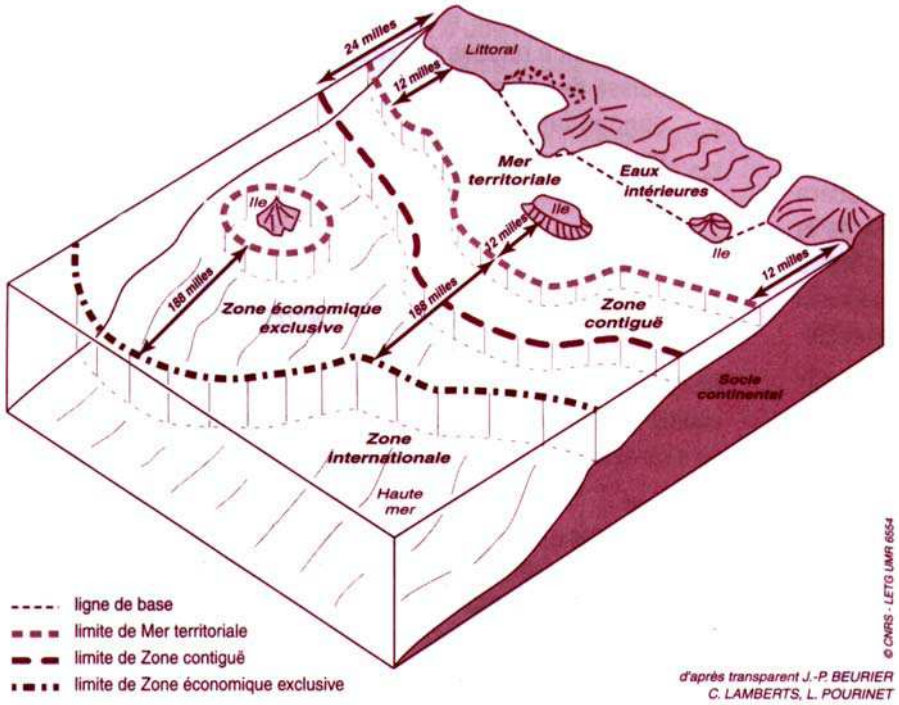


Figure 2. Les espaces maritimes de la Convention des Nations Unies sur le droit de la Mer (Beurier, 2002).

D'après cette convention, il est tentant de choisir la limite de la mer territoriale comme limite de la zone côtière en mer. Il est vrai que, replacée dans le cadre communautaire, et en considération de l'activité de pêche, le législateur confond souvent la mer côtière et les eaux territoriales. D'après Curtil (Curtil, 2001), « les caractères généraux du régime communautaire de la pêche ne plaident pas *a priori* pour la reconnaissance d'une spécificité de la pêche s'exerçant le long des côtes de l'Etat membre. La politique de conservation et de gestion des ressources de pêche conduit, en principe, à la fixation de « règles communes » sur une zone couvrant la totalité des eaux relevant de la souveraineté ou de la juridiction des Etats membres auxquelles ont « également » accès tous les navires battant pavillon d'un Etat de la Communauté Européenne. Cette politique a donc pour vocation de supprimer toute spécificité nationale. Pourtant, par certaines dispositions particulières, la Communauté Européenne tend, et de façon durable, à préciser au sein de l'espace maritime, le principe d'une « bande côtière » délimitée à l'intérieur de laquelle l'Etat membre se voit réinvesti de prérogatives déterminantes en matière de pêche ».

[1] Montégo Bay, Jamaïque

Ce sont précisément ces dispositions du droit communautaire qui suggèrent aujourd'hui l'existence d'un régime juridique spécifique de la pêche s'exerçant dans une « bande côtière » située le long des côtes de chaque Etat membre. Et il n'est pas surprenant que cette bande côtière ait un lien avec l'espace maritime placé sous la juridiction nationale impliquant l'exercice de la souveraineté de l'Etat, c'est-à-dire la mer territoriale (Curtil, 1998). La France notamment a mis en œuvre ce régime dérogatoire spécifique pour l'ensemble de ses eaux territoriales soumises à l'application du droit communautaire de la pêche.

D'après la Commission Européenne, « il est courant, dans le domaine halieutique, de limiter la zone côtière aux eaux territoriales (…) sans pour autant que cette limite corresponde à une unité biologique ou de gestion bien individualisée ». La dénomination de « bande côtière » semble être alors la plus adaptée puisque l'espace marin concerné est constitué d'une bande de largeur constante (12 milles)[2] par rapport soit à la côte, ou soit aux lignes de base. Il est alors possible de lui conférer un caractère opérationnel en fixant des limites précises (figure 3).

Limite intérieure. Dans le droit français, l'exercice de la pêche maritime est défini par l'article 1er du décret du 9 janvier 1852 comme « la capture des animaux et la récolte des végétaux marins, en mer et dans la partie des fleuves, rivières, étangs et canaux où les eaux sont salées ». En zone estuarienne, c'est donc la limite de salure des eaux qui constitue la limite amont de la zone de pêche maritime, et la limite aval de la zone de pêche fluviale. Cette limite est fixée par décret. Le premier obstacle à la navigation des bâtiments de mer, également déterminé par décret, constitue la limite amont de la navigation maritime (limite transversale de la mer). Il peut arriver que ce premier obstacle (pont, digue, port…) soit situé en amont de la limite de salure. Dans la zone « mixte » (navigation maritime et pêche fluviale), comprise dans ce cas, entre ces deux limites, les marins pêcheurs sont autorisés à exercer leur activité sous la seule réserve d'obtenir une licence de pêche fluviale (figure 3).

Limite extérieure. Le mode de calcul de l'extension de la bande côtière est identique à celui qui permet de délimiter les eaux territoriales de l'Etat. Celles-ci représentent l'espace maritime d'une largeur maximale de 12 milles, calculée à partir d'une ligne de référence qui est normalement la laisse de basse mer mais qui peut être une «ligne de base droite» dans des portions de côtes très découpées, ou comportant un chapelet d'îles[3]. En deçà de ces lignes de base, l'espace maritime qualifié *d'eaux intérieures*, qui comprend les baies, les rades et les ports, est inclus dans le territoire de l'Etat.

[2] 1 mille = 1852 mètres

[3] La ligne de fermeture des baies et des estuaires sert également de ligne de base droite, sous réserve que sa longueur n'excède pas 24 milles (un décret du 19 octobre 1967 définit «les lignes de base droites et les lignes de fermeture des baies servant à la détermination des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur des eaux territoriales»).

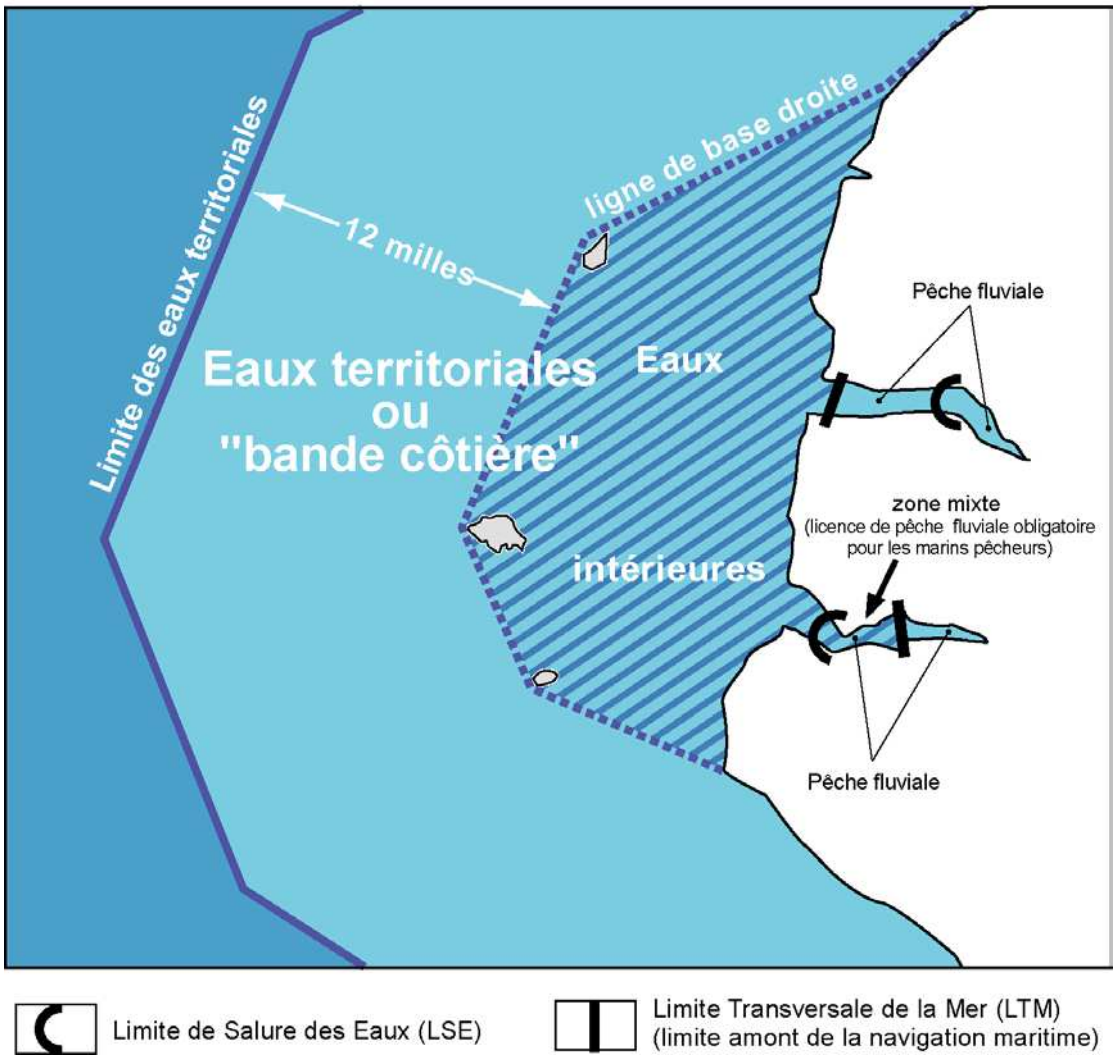


Figure 3. Représentation schématique des limites réglementaires de référence de la bande côtière.

Compte tenu de ces éléments, il pourrait donc être tentant d'assimiler « bande côtière » et « mer côtière ». Mais cette option n'est pas complètement satisfaisante dans le cadre de cette étude, car si la notion « d'eaux territoriales » est bien un concept juridique qui délimite l'espace côtier selon un tracé géométrique, elle ne tient ni compte des lois naturelles qui régissent les phénomènes écologiques ni de la réalité des zones de pratique des activités humaines. Une approche géographique, relative aux activités, montre les limites d'une délimitation trop arbitraire de la mer côtière.

1-3 Mer côtière

La méthodologie présentée dans le cadre de cette thèse s'applique à un espace marin que l'on a qualifié de « mer côtière ». Pourtant ce concept est ambigu et ne fait pas l'objet d'une définition précise et reconnue. Pourquoi donc privilégier le terme de « mer côtière » ?

La mer côtière constitue un concept émergeant en géographie qui caractérise un « *objet géographique en construction* » (Corlay, 2002). Elle fait référence à un espace maritime bordant les côtes et constitue donc la frange marine de la zone côtière. Mais si cette notion revient souvent dans l'analyse et l'aménagement des littoraux et de leur marge marine, la mer côtière ne possède pas de limites précises, uniques et homogènes. Cette notion géographique n'est paradoxalement pas délimitée.

En fait, les approches et conceptions varient en fonction des disciplines (droit, économie, sociologie, biologie…) et selon les usages que l'on entend prendre en considération. Suivant la région ou la discipline considérée, l'étendue de la mer côtière est variable. Par exemple, en chimie marine, les limites de la mer côtière peuvent être assimilées aux limites d'influence des eaux fluviales ou aux limites du plateau continental (Waeles, 2003). Ce qui ne correspond pas forcément à la vision et à l'appréhension de la mer côtière d'un patron pêcheur pratiquant une pêche côtière artisanale très localisée.

L'approche géographique se veut fonctionnelle et vise à cerner la notion de « mer côtière » en s'intéressant aux usages anthropiques du territoire. Cette référence au territoire, à l'espace socialisé, renvoie implicitement à la distinction entre plusieurs types d'utilisation des mers côtières. Sa proximité avec la terre en fait le support de nombreuses activités spécifiquement côtières telles que des activités côtières « par nature »(baignade, aquaculture, loisirs nautiques…) et des activités côtières du point de vue juridique (pêche et navigation côtière qui conduisent toutes les deux à des limites très imprécises quant à l'étendue de la mer côtière… (cf encadré ci-après)). La mer côtière est aussi le passage obligé de l'ensemble des activités océaniques (navigation maritime, pêche hauturière…) et peut être utilisée comme réceptacle des rejets telluriques et de la pollution venant du large.

La notion administrative de pêche côtière (Pennanguer *et al.*, 2001)**.**

Près de 80 % des activités de la flotte de pêche française s'exercent dans les eaux proches du littoral (Bolopion *et al.*, 2000). Il n'existe pas de définition simple de la pêche côtière. En France, trois titres de navigation peuvent être utilisés pour qualifier la pêche côtière.

- Est réputée *petite pêche (PP)* la navigation de pêche pratiquée par tout navire ne s'absentant du port que pour une durée inférieure ou égale à 24 heures.
- Est réputée *pêche côtière (PC)* la navigation de pêche pratiquée par tout navire ne s'absentant du port que pour une durée inférieure ou égale à 96 heures, mais supérieure à 24 heures.
- Est réputée *conchyliculture-petite pêche (CPP)* la navigation pratiquée par des embarcations ne s'absentant du port que pour une durée inférieure ou égale à 24 heures, affectée à la pêche et à l'exploitation de parcelles concédées sur le Domaine Public Maritime[4].

En matière d'aide au renouvellement et à la modernisation de la flotte, sont considérés comme relevant de la flotte de *pêche côtière* les navires armés à la pêche dont la longueur hors tout est inférieure à :

- 16 mètres lorsqu'ils sont immatriculés dans les ports des régions littorales de la Manche, de la mer du Nord et de l'Atlantique ;
- 18 mètres lorsqu'ils sont immatriculés dans les ports des régions littorales de la Méditerranée ;
- 12 mètres lorsqu'ils sont immatriculés dans les ports des régions de l'outre-mer.

Deux définitions administratives de la pêche côtière coexistent donc et sont fondées sur des critères différents (et pas nécessairement convergents) : la première définition se réfère à la longueur des marées, la seconde fait appel à la longueur des navires. Aucune de ces deux définitions ne fait référence au paramètre spatial de l'activité. Il est donc impossible d'établir une correspondance simple entre ces définitions administratives et une zone où se déroulerait la pêche côtière.

A chaque usage, à chaque approche scientifique, à chaque problématique spécifique, correspondent des échelles spatio-temporelles et des niveaux d'analyse privilégiés et, donc, autant de définitions pertinentes de la mer côtière (Cormier-Salem, 2001). La mer côtière serait donc la surface et le volume où s'exercent des activités attachées à la côte proche et où se diffusent durablement et profondément des influences terrestres de nature diverse (Guillaume, 2002).

[4] D'après la loi n° 63-1178 relative au domaine public maritime (JORF du 29 novembre 1963, http://www.legifrance.gouv.fr), sont incorporés, sous réserve des droits des tiers, au domaine public maritime :

- le sol et le sous-sol de la mer territoriale (…) ;
- les lais et relais futurs, et, sous réserve des dispositions contraires d'actes de concession, les terrains qui seront artificiellement soustraits à l'action du flot.

L'approche géographique se distingue donc de l'approche juridique à prétention universaliste. Il est vrai que, si la limite des 12 milles correspond bien à une zone juridiquement définie, elle constitue rarement une frontière délimitant les pratiques. De nombreuses activités peuvent se dérouler aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur de la bande côtière. Les limites de la mer côtière sont donc floues, instables, variables et dépendent du territoire considéré. D'après Trouillet (Trouillet, 2003), la mer côtière possède une structuration spatiale complexe qu'il convient de décrypter : « l'analyse de cet ensemble territorial passe d'abord par une lecture cartographique des usages et des caractéristiques du milieu (…). Il s'agit de cartographier les zones d'activités susceptibles de participer à la structuration de l'ensemble territorial. C'est par un repérage de leurs combinaisons, que l'on pourra à l'aide d'une modélisation graphique, décrypter des éléments de la structuration de la mer côtière ».

Il y aurait donc une véritable « géodiversité » des mers côtières qui suppose des échelles d'analyse variées et des mesures de gestion adaptées (Brigand, 2001).

L'objectif de cette thèse est de proposer une méthodologie générique et transposable visant à décrire le déroulement d'activités humaines sur un site donné. Le choix de la zone d'étude pertinente ou de l'espace de gestion cohérent doit pouvoir être opéré avec un certain degré de souplesse suivant les objectifs poursuivis, les caractéristiques du milieu, les usages, les données disponibles... Il serait donc réducteur de limiter les possibilités d'analyse par une ligne virtuelle préalablement fixée. Le terme associé à la méthodologie proposée doit donc refléter un espace à géométrie variable suivant la région et la problématique posées. Ce qui correspond bien à la notion de « mer côtière » qui résiste finalement à toute tentative d'enfermement géographique (Becet & Le Morvan, 1991).

2 LES ACTIVITES HUMAINES EN MER COTIERE

2-1 Les notions d'usage et d'activité

Les termes « usage[5] » et « activité humaine » sont couramment et souvent utilisés indifféremment dans la littérature traitant de la gestion intégrée des zones côtières. Pourtant, ils recouvrent des notions différentes.

Selon Brunet (Brunet *et al.*, 1993), le terme usage comporte deux sens :

- « Les principaux usages de l'espace, qui fondent les espaces géographiques, sont l'appropriation, l'exploitation, l'habitation, la communication et la gestion. »
- « L'importance de la complexité des pratiques spatiales a amené les sociétés à établir très tôt des usages du territoire, des lois d'usage et des droits d'usage qui ont longtemps été appliqués dans les sociétés agraires et pastorales. »

Les deux définitions ont en commun le fait qu'un usage apparaît comme « la manifestation spatiale d'une fonction » (Corlay, 2001). Il constitue un mode d'utilisation du territoire qui génère un espace résultant d'un projet d'exploitation et/ou de gestion des ressources du milieu. Par exemple, l'exploitation des ressources minérales est un des usages de la mer côtière. De même que l'instauration de zones dédiées à la conservation peut être considérée comme tel.

A chaque usage du territoire[6] correspond un ensemble d'activités humaines. D'après George & Verger, le terme « activité » désigne « les formes de participation à la production et d'impulsion de la production, activités professionnelles d'une population active, activités agricoles, industrielles, commerciales, culturelles d'une ville ou d'une région » (George & Verger, 2000). Il s'agit avant tout d'activités économiques qui visent à satisfaire les besoins par la production et l'échange de biens et de services[7]. Appliqué à la mer côtière, il nous semble cohérent d'adopter une définition plus large qui peut concerner également des activités non productives de biens et de service (activités de loisir). Les exemples d'activités humaines en mer côtière sont nombreux. Dans le cas de l'usage « exploitation des ressources vivantes », les activités de pêche côtière comptent parmi les exemples les plus significatifs.

[5] Nous nous intéressons uniquement aux usages anthropiques du milieu.

[6] Le territoire est défini comme un espace géographique qualifié par une appartenance juridique ou par une spécificité naturelle ou culturelle impliquant la reconnaissance de limites (George & Verger, 2000). Selon Brunet (Brunet, 1992) le territoire correspond à un espace géographique « approprié, avec sentiment ou conscience de son appropriation ». Il résulte de la projection, sur un espace donné, des structures spécifiques à un groupe humain. Le territoire inclut donc le mode de gestion de cet espace ainsi que la perception des différents acteurs et utilisateurs.

[7] Petit Robert (1993).

Les activités humaines peuvent être elles-mêmes divisées en sous-activités (figure 4).
Le terme de « sous-activité » désigne une partie d'un groupe d'activité possédant des caractéristiques communes.

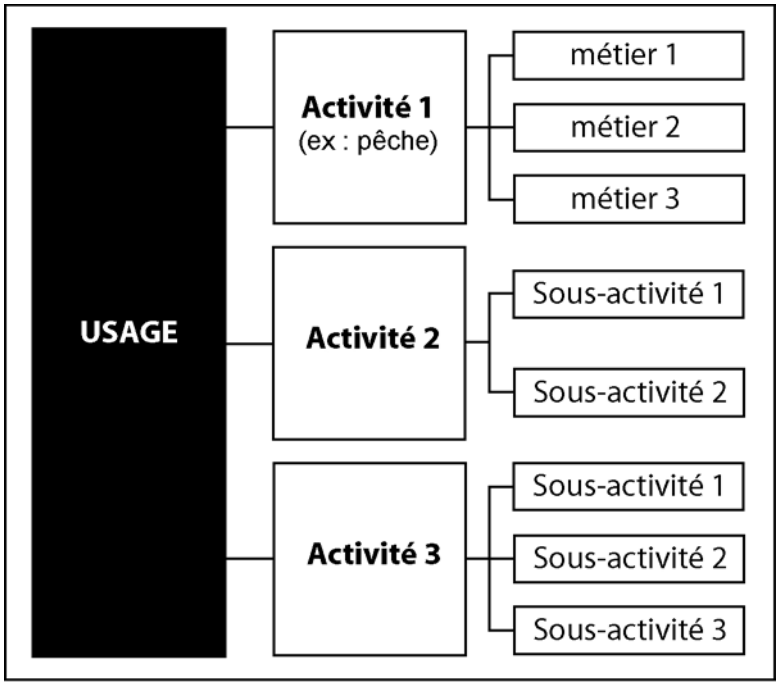


Figure 4. Structuration hiérarchique : usage / activités / sous-activités.

La notion de « métier »

Dans l'activité de pêche, le métier est considéré comme une sous-activité qui correspond à « la mise en œuvre d'un engin de pêche sur une ou plusieurs espèces cibles dans une zone et pendant une période donnée » (Talidec *et al.*, 1999).
Les métiers sont donc des sous-activités de l'activité de pêche, elle même partie intégrante de l'usage « exploitation des ressources vivantes ». Par exemple, l'activité de pêche au filet se compose de différents métiers dont le filet grandes mailles à crustacés, le filet grandes mailles à poissons, le filet petites mailles...

Au sein de cette hiérarchie, usage / activité / sous-activité (métier), il est possible d'aller plus loin en faisant intervenir la notion de « pratique[8] ». La pratique dépend directement de l'individu ou éventuellement d'un groupement d'individu exerçant une activité. Elle est propre à une personne et fait référence à une manière habituelle d'agir[9]. Ainsi, au sein d'un groupe de pêcheurs pratiquant le même métier, les pratiques de pêche seront différentes selon les patrons-pêcheurs.

[8] A distinguer de la « mise en pratique » d'une activité
[9] Petit Robert, 1993

2-2 De nombreuses activités dans un milieu fragile

A l'interface entre la terre et la mer, la zone côtière est très convoitée et l'exploitation des ressources et des espaces ne cesse de s'y développer. Comme le souligne l'Organisation des Nations Unies[10], plus de la moitié de la population mondiale vit à moins de 60 km d'une côte, et cette proportion pourrait atteindre les trois quarts en 2020. Progressivement, le nombre d'usages et d'usagers a donc tendance à augmenter. Si certaines activités traditionnelles sont devenues marginales, comme par exemple la récolte du sel sur les marais salants, d'autres se sont maintenues ou ont augmenté à l'image des activités de loisirs (Brigand, 2001). Le « besoin de littoral », qui s'exprime par une forte concurrence entre les activités, conduit à une partition inévitable de l'espace qui se spécialise et se compartimente selon les types d'usages. Ces besoins vont croissants, tant pour les activités portuaires et industrielles que pour les activités de pêche et aquacoles et, de plus en plus, pour le tourisme et les activités de loisirs (Commission Européenne, 1999a). Ainsi, les formes et l'intensité d'occupation et d'exploitation des espaces côtiers se sont multipliées au cours des trente dernières années (Catanzano & Thebaud, 1995).
La frange marine de la zone côtière n'échappe pas à cette tendance. Du fait de sa position privilégiée, la mer côtière a toujours été le siège de nombreuses activités humaines. Dans le cas de la pêche, alors que la mer couvre 73 % de la surface du globe, plus de 90 % de la pêche mondiale s'effectue dans les eaux côtières (profondeur inférieure à 200 mètres) dont la superficie ne dépasse pas 7 % de l'étendue totale des mers (Mauvais, 1997). La mer côtière apparaît actuellement comme un front pionnier où la demande sociale en espaces et en ressources de toute nature croît au fil du temps ; elle représente un milieu en voie de socialisation rapide sous l'effet de la multiplication des usages (Corlay, 2001). L'utilisation de la mer côtière, qui s'est extraordinairement développée depuis trente ans, tend même à devenir permanente (Trouillet, 2003) et les empreintes matérielles se banalisent (aquaculture, éoliennes, aménagements portuaires, forages, rejets en mer….).

Les différentes formes d'occupation de l'espace et d'exploitation du milieu par l'Homme créent un jeu complexe d'interactions menant à des conflits entre usagers et à la dégradation de l'environnement.

2-2-1 Les impacts sur le milieu

La dégradation des milieux littoraux est une conséquence des pressions anthropiques de plus en plus considérables qui s'exercent sur la frange côtière. Pourtant, le développement économique de cette zone dépend étroitement de sa qualité : celle des eaux comme celle des fonds, des écosystèmes et des paysages (Mauvais, 1997)…

[10] http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/index.htm

Ainsi, dans les années 1990, les principaux problèmes environnementaux engendrés par la pression anthropique sur le littoral atlantique ont été identifiés (Mauvais & Goarnisson, 1997) (tableau 1).

Critères de qualité du milieu	**Exemples de perturbations dues aux activités humaines**	
Qualité de l'eau	Rejets agricoles	Les rejets d'origine agricole sont susceptibles d'entraîner une eutrophisation marine côtière via la production d'une biomasse algale excessive entraînant des conséquences néfastes pour l'environnement : déséquilibre au point de vue de la biodiversité, et hypoxie qui résulte de la dégradation de cet excès de matière organique… (Ménesguen, 2001).
	Rejets urbains	Dans les stations balnéaires, où la population peut être multipliée par dix pendant les mois d'été, les stations sont souvent incapables de faire face aux exigences sanitaires. La qualité des eaux de baignade s'en ressent inévitablement (Miossec, 1998c).
	Rejets portuaires	Dans les ports de plaisance, outre les conditions sanitaires qui n'y sont pas toujours excellentes, des pollutions par le plomb accompagnent l'usage de peintures protégeant la coque des bateaux contre algues et coquillages…(Troadec & Le Goff, 1997).
Etat de la ressource vivante	Avec la densification des échanges maritimes, l'introduction d'espèces nouvelles dans l'écosystème voit sa fréquence augmenter. La crépidule, par exemple, prolifère en de nombreux secteurs du littoral de la Manche et de l'Atlantique et peut avoir un impact fort sur les activités de conchyliculture et de pêche côtière par les modifications qu'elle engendre sur le milieu (Chauvaud *et al.*, 2003).	
Etat de la ressource non-vivante	Les aménagements portuaires ou de protection contre la mer, situés au niveau du trait de côte peuvent entraîner des impacts importants sur la qualité et la dynamique sédimentaire des estrans en accentuant l'érosion côtière en certains points du littoral (Paskoff, 1995).	
Etat du paysage	L'intensification de l'urbanisation littorale, et notamment la dissémination du bâti le long de la côte, peut entraîner une dégradation des paysages côtiers (phénomènes de mitage, dégradation des dunes, comblement des marais…) (DATAR, 1993).	

Tableau 1. Principaux types d'impacts en mer côtière.

2-2-2 Les conflits

Si la mer côtière est d'abord le lieu de prédilection de la petite pêche professionnelle et des cultures marines, de nouvelles activités s'y développent actuellement. Ces activités peuvent être concurrentielles et entraîner des conflits d'usage. Comme le montre la figure 5, les conflits potentiels en zone côtière sont nombreux et divers.

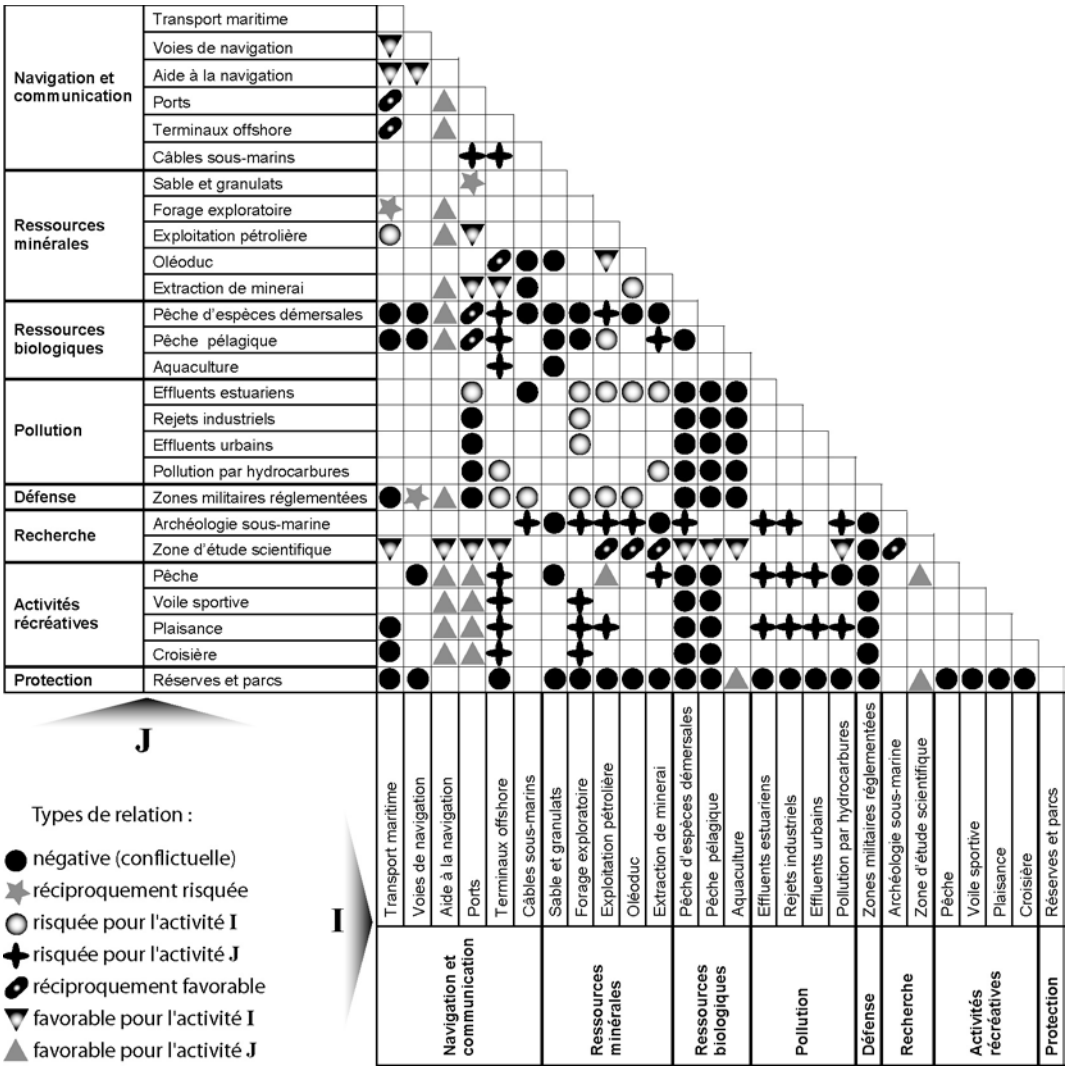


Figure 5. Interactions entre activités humaines en zone côtière méditerranéenne (Vallega A., 1992)

Les différents types de conflits liés au déroulement de ces activités sur un espace côtier restreint peuvent être synthétisés comme suit (tableau 2).

Source du conflit	Exemple de conflit engendré
Gestion sectorielle	Pratique de deux activités concurrentielles autorisée sur une même zone pendant une même période
Usages poursuivant des objectif différents	Exploitation de la ressource / Protection de la ressource
Concurrence autour de l'exploitation d'une même ressource	Pêche professionnelle / Pêche de loisir Mammifères marins / Pêche professionnelle
Interactions spatio-temporelles	Arts dormants / Arts traînants Activité d'extraction de matériaux / Pêche professionnelle

Tableau 2. Typologie des conflits en mer côtière (Johnson & Pollnac, 1989).

En France, dans le cadre de la loi d'orientation sur la pêche maritime et les cultures marines votée en 1997[11], plusieurs rapports ont été réalisés sur les activités en mer côtière. Le plus récent date de 1999 et concerne l'exercice de la pêche dans la zone côtière française (Bolopion *et al.*, 2000). Il souligne le caractère structurant de la pêche côtière dans l'économie locale et soutient donc le principe de son maintien en tant qu'activité économique à part entière. A cet égard, il fait apparaître les divers conflits d'usage et préconise de les régler, dans le cadre d'une politique de gestion intégrée fondée sur la concertation et l'implication des acteurs. Dans le prolongement de ce rapport, le Comité interministériel de la mer du 27 juin 2000 a décidé de confier à un parlementaire une mission d'étude afin de proposer des outils visant à mieux maîtriser ces conflits d'usage (Dupilet, 2000). Elle montre que la pêche professionnelle, longtemps prépondérante voire exclusive est actuellement confrontée à des activités concurrentes (tableau 3). Par exemple, les ressources halieutiques côtières peuvent être exploitées par une pêche de plaisance et sportive en plein essor (Duchene, 2003). La pêche professionnelle peut être également affectée par l'augmentation des zones d'extraction de granulats et l'exploitation du maërl ou le développement de câbles sous-marins de télécommunication (Sarazin & Monbrison, 2002).

[11] Loi n°97-1051 du 18 novembre 1997 d'orientation sur la pêche et les cultures marines

	Autres activités	Principaux risques de conflit
Pêche professionnelle	Extraction des granulats	Concurrence en termes d'occupation de l'espace. Incidence des extractions sur la qualité du milieu (turbidité) et sur les ressources halieutiques (poissons plats, coquille Saint-Jacques).
	Eoliennes en mer	Concurrence en termes d'occupation de l'espace. Les impacts des éoliennes sur le milieu marin (faune) sont encore très peu connus.
	Rejet des matériaux de dragage	Atteinte à la qualité du milieu (turbidité, contamination) et donc aux ressources halieutiques.
	Câbles sous-marins	Occupation de l'espace qui interdit les activités halieutiques mettant en œuvre des engins opérant sur le fond ou à proximité du fond.
	Espaces protégés	Contraintes éventuelles pour les activités halieutiques.
	Plaisance	Cohabitations dans les ports. Concurrence dans l'exercice de la pêche.
	Aquaculture	Concurrence en termes d'occupation de l'espace. Concurrence pour l'exercice de certaines pêches très proches du littoral et/ou estuariennes. Concurrence pour l'accès au marché.
	Circulation maritime	Concurrence en termes d'occupation de l'espace dans les zones à fort trafic (dispositif de séparation du trafic). Respect de règles de circulation (sens de la navigation) par les pêcheurs. Utilisation de filets de subsurface dans une voie de circulation.

Tableau 3. Tableau récapitulatif des principaux conflits significatifs entre la pêche professionnelle et les autres activités de la mer côtière (Dupilet, 2000).

Ainsi, outre les impacts que peuvent avoir les activités humaines sur la qualité de l'environnement côtier, elles peuvent également générer des conflits préjudiciables au développement harmonieux des sociétés littorales. La compréhension de ces différentes interactions est particulièrement complexe et implique des modes de gestion adaptés.

3 LA GESTION INTEGREE DE LA ZONE COTIERE

La prise de conscience du rôle de l'Homme dans la dégradation de certains milieux réaffirme actuellement l'intérêt des concepts de « développement durable » et de « gestion intégrée » proposés au début des années 1970 par la Convention de Ramsar et *l'US Coastal Zone Management Act*.

Sur le plan international, le développement durable (ou soutenable) a acquis sa vrai légitimité lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement qui s'est tenue en 1992 à Rio de Janeiro. Le développement est durable s'il est conçu de manière à assurer la pérennité du bénéfice pour les générations futures (extrait du « rapport Bruntland »)[12]. Il vise à favoriser un état d'harmonie entre les êtres humains et entre l'Homme et la nature et désigne un processus de développement qui met l'accent sur le fait que l'utilisation des ressources doit s'inscrire dans une perspective à la fois de durabilité écologique, de viabilité économique et d'équité sociale à long terme. Ce concept ne doit donc pas être perçu uniquement en terme de préservation des milieux mais doit privilégier la recherche d'une co-viabilité à long-terme des écosystèmes et des modes de vie dont ils sont les supports (Weber, 1995). Cela implique une approche intégrée qui doit réconcilier les trois dimensions sociétale, économique et environnementale (figure 6).

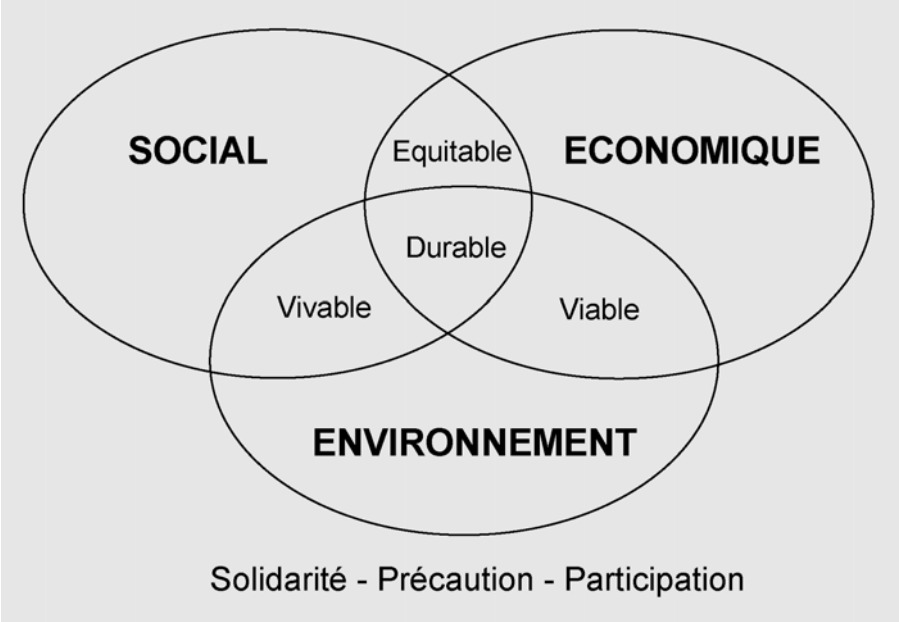


Figure 6. Triptyque du développement durable (Rouxel & Rist, 2000).

[12] http://www.agora21.org/index.html

3-1 Le Concept de gestion intégrée de la zone côtière

Concernant la zone côtière, la gestion intégrée est fondée sur le fait que l'interdépendance étroite des activités et des ressources rend les approches sectorielles insuffisantes dans un contexte où la pression humaine ne cesse d'augmenter. Pour fournir des réponses à la hauteur de la complexité des problèmes, il importe d'adopter une démarche qui permette de mettre en relation les ressources côtières, leurs usages et les impacts des activités sur l'environnement, l'économie et la société (Minster *et al.*, 2002).

3-1-1 Le cadre théorique : la démarche systémique

La notion d'intégration pénètre de plus en plus le discours scientifique et le champ d'action de nombreuses disciplines, surtout dans le domaine de l'analyse spatiale à objectif environnemental ou territorial (Corlay, 1998). L'intégration appliquée à l'analyse et à la gestion du territoire se substitue à une approche restée trop longtemps sectorielle pour privilégier au contraire une vision globale mettant en valeur l'interdépendance entre les différents éléments du système. Cette approche s'inspire directement des principes fondamentaux de la démarche systémique. A la fin des années 1970, la science des systèmes se développe (Durand, 1979 ; Le Moigne, 1978 ; Walliser, 1977). Un système possède les propriétés suivantes (Poussin, 1987) :

- *l'organisation*, définie par l'agencement des relations entre les éléments qui composent le système ;
- *la totalité*, c'est-à-dire qu'un système est plus que la somme des éléments constitutifs du système (holisme) ;
- *l'interaction* entre ses éléments, qui dépasse les relations du type cause-effet ;
- *la complexité*, qu'il est nécessaire de conserver même si nous sommes incapables d'en saisir toute la richesse.

La théorie des systèmes a donc pour objet la modélisation des phénomènes complexes en mettant l'accent sur les relations entre les divers composants d'un tout (Brunet *et al.*, 1993 ; Small & Witherick, 1989). La systémique considère qu'un système est composé d'un ensemble de sous-systèmes plus ou moins interdépendants, ce qui implique que toute modification d'un sous-système ou toute impulsion de son environnement (un événement) se transmet, en général, à l'ensemble des sous-systèmes à partir de son point d'origine (Heylighen, 1992 ; Popper, 1981).

Le comportement du système global est donc moins dépendant des propriétés intrinsèques des sous-systèmes que de leur réseau de liaison (Prelaz-Droux, 1995). Un système s'assimile donc à une unité non séparable constituée de composantes en interaction.

L'analyse systémique est souvent considérée comme un outil pour l'action. Mais ses exigences de clarté dans la définition des objectifs et la présentation des hypothèses de travail en font aussi un instrument de connaissance scientifique. En privilégiant l'étude des interactions, la systémique est par essence non disciplinaire ou plutôt trans-disciplinaire. L'analyse d'un système se situe donc souvent à l'interface de plusieurs disciplines, surtout lorsque l'objet d'étude est le territoire.

3-1-2 Application du principe d'intégration au système « zone côtière »

Plus encore peut-être que les politiques strictement « terrestres », les politiques conduites en zone côtière nécessitent à tous les points de vue une approche intégrée de gestion. L'intégration recouvre différents aspects dont les trois principaux sont présentés dans le tableau 4.

Type d'intégration	Conséquences
Intégration sectorielle	Mise en cohérence des différentes politiques sectorielles / Favoriser les approches pluridisciplinaires et la coopération entre scientifiques et gestionnaires.
Intégration verticale	Mise en cohérence des politiques locales, régionales, nationales et internationales.
Intégration spatiale	Favoriser les approches territoriales et l'intégration terre-mer : la gestion des zones côtières ne peut plus se faire en considérant séparément chaque côté de l'interface terre-mer.

Tableau 4. Les différents types d'intégration et leurs conséquences (Cicin-Sain & Knetch, 1998).

3-1-3 Définition de la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC)

La mise en œuvre de cette approche intégrée a donc conduit à proposer un processus de Gestion Intégrée de la Zone Côtière (GIZC). Il implique une manière de penser le territoire et d'agir sur lui en favorisant un développement harmonieux et reposant sur le maintien d'un équilibre dynamique à long terme entre les ressources du milieu et leur usage par les sociétés humaines. Parmi les nombreuses définitions proposées pour qualifier la gestion intégrée de la zone côtière, nous retiendrons la suivante : « Processus dynamique qui réunit gouvernements et sociétés, sciences et décideurs, intérêts publics et privés en vue de la protection et du développement des systèmes côtiers. La GIZC vise à optimiser les choix à long terme privilégiant un usage raisonné des ressources » (Cicin-Sain & Knetch, 1998).

Pour aboutir, ce processus doit s'appuyer sur une volonté politique claire et affirmée.

3-2 Une volonté politique générale

L'émergence des préoccupations environnementales constatée à l'échelle planétaire depuis le début des années 1970 s'est traduit, à des degrés divers et sous des formes variées, par une volonté politique aussi bien au niveau international que national en faveur d'une gestion intégrée des zones côtières dans un objectif de développement durable.

3-2-1 Au niveau international

Plusieurs pays ont déjà pris des initiatives dans le sens d'une GIZC. Les pays anglo-saxons, et particulièrement les Etats-Unis, ont été les premiers à systématiser l'approche participative qui caractérise l'ensemble du processus de GIZC (cf encadré ci-après).

Le Coastal Zone Management Act

Le Congrès américain a défini, à partir de 1972, un ensemble d'objectifs allant dans le sens d'un développement durable de sa zone côtière. Les Etats ont été chargés de proposer des programmes de gestion visant à :

- une utilisation raisonnée des ressources naturelles,
- accorder une attention particulière aux valeurs écologiques, culturelles, historiques, esthétiques comme aux besoins de développement économique,
- préparer des plans de gestion spécifiques aux zones à risques (inondations…),
- développer la participation de tous : citoyens, autorités compétentes, professionnels,
- encourager la coordination des divers acteurs et autorités compétentes dans un même objectif de gestion.

Ce programme qui a concerné 99% du littoral des Etats-Unis est relayé depuis 1990 par d'autres programmes, concernant des espaces d'intérêt majeur ou plus spécifiquement la qualité des eaux côtières.

Mais l'élan est principalement donné par la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (Rio de Janeiro, 1992). Parmi les nombreux documents produits, le chapitre 17 de l'agenda 21 concerne la protection des océans et de toutes les mers, y compris les mers fermées et semi-fermées, et les zones côtières. Le but affiché est la protection, l'usage rationnel et la préservation de la ressource vivante dans une perspective d'exploitation durable. L'un des thèmes de ce chapitre concerne en particulier la gestion intégrée et le développement durable des zones côtières et marines, y compris de la zone économique exclusive. Les principales recommandations sont les suivantes :

- « intégrer dans les processus décisionnels toutes les parties en cause, de manière à promouvoir la compatibilité et l'équilibre entre les différentes politiques et actions de gestion ;
- recenser les utilisations actuelles et prévues des zones côtières et leurs interactions ;
- concentrer l'attention sur des questions bien précises relatives à la gestion des côtes ;
- prendre les mesures préventives et les précautions voulues dans la planification et l'exécution des projets, y compris l'évaluation préalable et l'observation systématique des incidences de grands projets ;
- promouvoir l'élaboration et l'application de méthodes pour mieux comprendre l'impact des activités humaines sur le milieu (pollution, érosion marine, perte des ressources, destruction d'habitats…) ;
- permettre, dans la mesure du possible, aux particuliers, aux groupes et aux organismes intéressés d'accéder à l'information pertinente et offrir des possibilités de consultation et de participation à la planification et à la prise de décisions aux niveaux appropriés ».

En adhérant, les Etats côtiers proclament leur attachement à une gestion intégrée et à la mise en valeur durable des zones côtières et de l'environnement marin relevant de leur juridiction nationale. Néanmoins L'Agenda 21 est avant tout un document politique qui a pour ambition de susciter le débat. Il pose des principes plus qu'il ne propose de solutions précises pour les mettre en vigueur. De nombreuses organisations internationales (UNESCO, Commission Océanographie Intergouvernementale…) se sont engagées à promouvoir les principes de précaution et de développement durable que sous-tend cet engagement.

3-2-2 Au niveau européen

Un programme de démonstration sur l'Aménagement Intégré des Zones Côtières (AIZC) a été initié en 1996 (Commission Européenne, 1999a). Il s'articulait autour de 35 projets locaux ou régionaux possédant un objectif d'AIZC, d'une série d'analyses thématiques et de travaux de recherche, complétés par des rencontres régulières avec un groupe composé d'experts nationaux et de représentants des administrations locales, des partenaires socio-économiques et d'ONG, et de multiples contacts avec d'autres opérateurs extérieurs.

Le programme de démonstration visait à évaluer l'hypothèse selon laquelle la dégradation permanente et la gestion inadéquate de nombreuses zones côtières européennes sont imputables à des problèmes liés à :

- une information incomplète ou inadéquate, tant en ce qui concerne l'état des zones côtières que l'impact des activités humaines ;
- une concertation insuffisante entre les différents niveaux et secteurs administratifs, et leurs actions respectives ;
- une participation et une consultation insuffisantes des acteurs concernés.

Ce programme a abouti à une proposition de recommandation (mai 2002) de la Commission Européenne sur la mise en œuvre de la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC), à destination du Conseil et Parlement européens. Cette recommandation invite les Etats membres, dans le cadre de la stratégie européenne de développement durable et du sixième programme d'action communautaire pour l'environnement, à suivre les principes d'une gestion intégrée des zones côtières, c'est-à-dire :

- une perspective globale élargie (thématique et géographique) qui tienne compte de l'interdépendance et de la disparité des systèmes naturels et des activités humaines qui influent sur les zones côtières ;
- une perspective à long terme qui tienne compte du principe de précaution et des besoins des générations actuelles et futures ;
- une gestion adaptative[13] (Holling, 1978) mise en place dans le cadre d'un processus graduel qui permette des ajustements en fonction de l'évolution des problèmes et des connaissances ;
- la prise en compte des spécificités locales et de la grande diversité des zones côtières européennes de façon à répondre à leurs besoins concrets par des solutions spécifiques et des mesures souples ;
- la mise à profit des processus naturels et le respect de la capacité d'absorption des écosystèmes, ce qui rendra les activités humaines plus respectueuses de l'environnement, plus responsables sur le plan social et plus saines économiquement à long terme ;
- l'association de toutes les parties intéressées (partenaires économiques et sociaux, organisations représentants les résidents, ONG…) au processus de gestion, par exemple au moyen d'accords et sur la base de responsabilités partagées ;
- le soutien et la participation des instances administratives compétentes au niveau national, régional et local, entre lesquelles des liens adéquats devraient être établis ou maintenus en vue d'améliorer la coordination des différentes politiques existantes ;
- l'utilisation conjointe de plusieurs instruments visant à favoriser la cohérence entre les objectifs des politiques sectorielles et entre l'aménagement et la gestion.

[13] Ce concept vise à recourir à des pratiques de gestion souples et adaptées, qui impliquent un suivi de leur impact sur le long terme et l'adaptation des méthodes aux résultats obtenus.

3-2-3 Au niveau national

Depuis la fin des années 1960, c'est l'Etat qui définit le cadre d'une politique de gestion du littoral (Bonnot, 1995 ; Minster *et al.*, 2002 ; Miossec, 1998a). En novembre 1973, le gouvernement français publie un rapport (rapport Piquard) qui constitue une première prise de conscience de la nécessité d'une gestion intégrée du littoral français. Il fait de nombreuses propositions dont la mise en œuvre des Schémas d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer (SAUM).

- **Les Schémas d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer (SAUM)**

Les SAUM sont nés de la volonté de planifier les utilisations du littoral, et du constat de l'inadaptation des documents d'urbanisme existants à légiférer l'aménagement en milieu marin (Le Dizet, 1985). Dès 1973, quatre SAUM expérimentaux étaient initiés : la rade de Brest, le golfe du Morbihan, les pertuis Charentais et la rade de Hyère. Quatre autres étaient lancés avant l'achèvement des premiers : le bassin d'Arcachon (1975), la côte picarde (1976), estuaire de la Seine (1976), la baie de Saint-Brieuc (1978). Leurs objectifs visaient à valoriser les aptitudes du milieu en recherchant la plus grande comptabilité entre les diverses activités existantes, et à définir des zones d'utilisation privilégiées pour chaque activité (Baclet & Le Roy, 1980). Il s'agissait donc de planifier les activités de l'espace maritime et du littoral afin de résoudre ou d'éviter les conflits, tout en protégeant les milieux (Le Berre, 1999). Mais les SAUM n'ont jamais été mis en place de façon officielle et ont été remplacés par les SMVM.

- **Les Schémas de Mise en Valeur de la MER (SMVM)**

Les SMVM ont été institués par la loi du 7 janvier 1983, complétée par l'article 18 de la loi littoral du 3 janvier 1986. Leur contenu et la procédure de leur élaboration ont été précisés par un décret du 5 décembre 1986. Ils sont élaborés sous l'autorité du préfet (de la région ou du département, selon le périmètre) et ils sont approuvés par décrets en Conseil d'Etat.

Les SMVM constituent des outils privilégiés de gestion intégrée du littoral comme le rappelle la loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire du 25 juin 1999. Ces schémas ont pour vocation d'harmoniser les différentes utilisations de la mer et du littoral, grâce notamment à une approche mer-terre (Lannuzel, 1997). La préservation des espaces à haute valeur patrimoniale et le développement des activités liées à la mer sont parmi les éléments déterminants de ces schémas[14].

[14] L'article 3 du décret du 5/12/1986 montre que le SMVM porte sur la mer et le milieu marin plus que sur la terre

En définissant les conditions de la compatibilité entre les différents usages de l'espace maritime et littoral, les SMVM doivent assurer la cohérence de la protection et de l'aménagement sur des territoires qui constituent des unités géographiques de gestion pertinentes. En principe, le SMVM doit faire l'objet d'une concertation qui permet de le présenter comme un véritable essai de gestion des conflits d'usage de l'espace littoral et marin.

L'expérience de ces dix dernières années montre un bilan mitigé. Onze schémas ont été annoncés à ce jour[15] parmi lesquels :

- un schéma a été approuvé le 20 avril 1995 (étang de Thau ; (Hérault)) ;
- deux schémas sont en phase d'élaboration : le littoral charentais (Charente-Maritime) et le bassin d'Arcachon (Gironde) ;
- sept schémas sont en projet : le golfe de Saint-Tropez (Var), la Camargue (Bouches du Rhône), le Trégor-Goëlo, (Côtes-d'Armor), la baie de Saint-Brieuc (Côtes-d'Armor), la rade de Lorient (Morbihan), la baie de Lannion (Côtes-d'Armor), le golfe du Morbihan (Morbihan) ;
- le schéma de la baie de Bourgneuf (Loire-Atlantique-Vendée) est actuellement en phase d'attente.

A l'heure actuelle, seul le SMVM de l'étang de Thau possède donc un caractère officiel. Les autres ont plus de difficultés à aboutir, tant les désaccords semblent forts entre les différents protagonistes (Miossec, 1998b ; Pinot, 1998).

- **Les contrats de Baie**

Lorsque l'objectif est la reconquête de la qualité des eaux, c'est de plus en plus souvent l'échelle du bassin versant qui est retenue. C'est dans cette optique qu'en France, un nouvel outil a été créé en 1991 par le biais d'une circulaire (du 13 mai 1991) : le contrat de Baie. Il se définit comme un programme d'actions qui vise au maintien de la qualité des eaux littorales dans un souci de préservation des écosystèmes côtiers mais également de développement des activités économiques. Cet outil de gestion concerne donc moins directement les usages de la mer côtière que dans le SMVM.

[15] http://www.mer.equipement.gouv.fr/littoral/02_amenagement_littoral/03_schema_mise_en_valeur_mer/

En France, une Commission Environnement Littoral (CEL) a été instituée par le CIADT (Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire) en février 2001. Sa mission était de mener une réflexion sur un certain nombre de sites et d'émettre des recommandations d'amélioration pour l'aménagement et la protection du littoral en France. La CEL a choisi de mener son travail en l'appuyant sur le concept de gestion intégrée des zones côtières (GIZC). D'après la CEL, « la GIZC est un processus dynamique, continu et itératif destiné à promouvoir le développement durable des zones côtières. L'intégration porte sur les objectifs, les nombreux instruments requis pour les réaliser, les domaines d'action (secteurs et niveaux administratifs), ainsi que les espaces terrestres et marins. La GIZC est pluridisciplinaire par essence. Elle relève à la fois des dimensions environnementales, économiques et sociales. Elle couvre l'ensemble du cycle décisionnel comprenant la collecte d'informations, la planification, la prise de décisions, la gestion et le suivi de la mise en œuvre sur un territoire donné. Cette élaboration stratégique met en œuvre la démocratie participative, incluant tous les acteurs, d'un bout à l'autre du processus ».

De manière générale, la Commission Environnement Littoral (CEL) constate que, « à l'œuvre depuis plusieurs années, les initiatives de gestion intégrée comme les SMVM ou les contrats de baie, restent encore largement expérimentales, rares étant les plans d'action aboutis et mis en œuvre. Si la négociation et le lien contractuel entre acteurs sont désormais posés comme des méthodes appropriées, l'initiative reste souvent prérogative de l'Etat parce que nombre de textes ont été créés dans ce sens, mais aussi par manque de connaissance et de pratique de la part des acteurs locaux ». L'Etat, soucieux d'une meilleure prise en compte de la qualité de l'environnement, se heurte aux intérêts divergents des milieux socio-professionnels qui trouvent un appui dans le monde politique local (Miossec, 1998a).

3-3 Les difficultés de mise en œuvre pratique de la GIZC

Si l'intérêt du concept de gestion intégrée des zones côtières est désormais admis universellement par tous les acteurs concernés, il apparaît que les méthodes et outils nécessaires à sa mise en application sont encore en phase de développement (UNESCO, 2001).

Dans le cadre de programmes scientifiques internationaux, des manuels et guides méthodologiques d'aide à la mise en œuvre de la gestion intégrée de la zone côtière ont été publiés (Clark, 1995 ; UNEP, 1995 ; UNESCO, 1997 ; UNESCO, 2001). Ils décrivent les aspects généraux et les processus de GIZC en insistant sur le rôle de l'opérateur de la GIZC qui doit être à la fois animateur et stratège, en pratiquant la synthèse, la présentation claire d'informations complexe, en contribuant à résoudre les conflits, à élaborer, gérer et évaluer des programmes interdisciplinaires, d'information et d'éducation, et en facilitant la participation du publique (UNESCO, 2001). Comme le montre la figure 7, l'information est un point-clé du processus de GIZC. Pour une gestion optimale et pérenne de l'information nécessaire aux décideurs, il faut des outils adaptés, regroupés sous l'appellation de Système d'Information (SI).

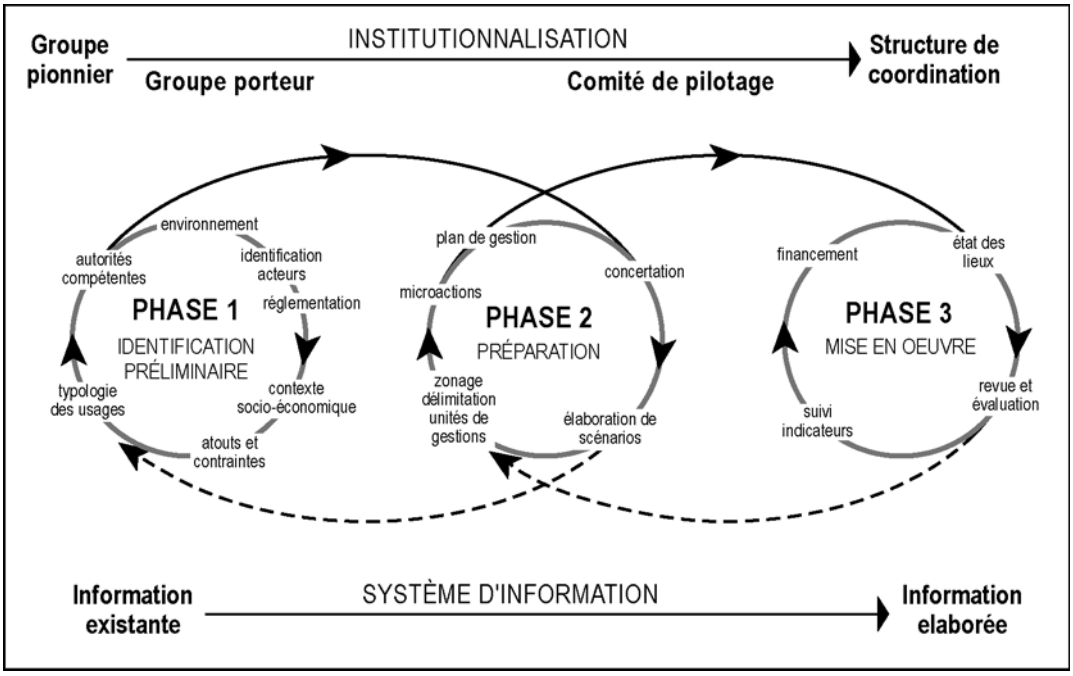


Figure 7. Enchaînement des étapes de planification de la GIZC (Salm *et al.*, 2000).

Sur le plan de la recherche, on constate une réelle difficulté à développer l'ouverture thématique nécessaire, en particulier en ce qui concerne le lien entre les sciences du milieu et les sciences sociales (Barnouin & Chardy, 1998), alors que les recherches sur les milieux littoraux doivent prendre en compte la complexité de l'ensemble des composantes des systèmes côtiers et s'effectuer suivant une approche scientifique et méthodologique pluridisciplinaire (Cuq *et al.*, 2002b).

Sur le plan Institutionnel, les enseignements du programme de démonstration de la Commission Européenne sur l'aménagement intégré des zones côtières (Commission Européenne, 1999b) insistent également sur les conditions de lancement d'une GIZC et ses composantes en termes d'information et de collaboration. En effet, la GIZC requiert des informations adéquates, fiables et opportunes délivrées sous une forme adaptée à la tâche à accomplir. De plus elle implique la collaboration et la concertation de tous les acteurs concernés. Ces composantes sont intimement liées : l'information favorise une coopération et une participation éclairées, lesquelles sont des moyens de recueillir l'information.

3-4 La nécessaire prise en compte des usages

En matière de gestion intégrée de la zone côtière, les données environnementales ne peuvent être considérées isolément des logiques humaines. Une meilleure compréhension des interactions entre les activités humaines et le milieu d'une part et entre les différentes activités humaines d'autre part est indispensable (figure 8) (Cicin-Sain & Knetch, 1998).

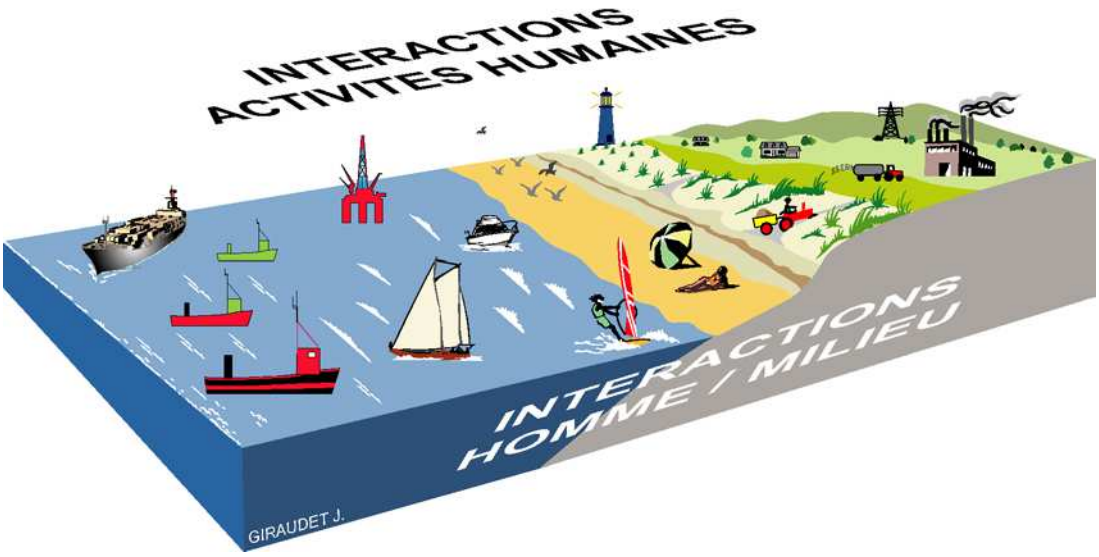


Figure 8. Principales interactions en zone côtière.

La mise en évidence du déroulement dans l'espace et dans le temps des activités humaines s'avère alors un préalable essentiel. Cet exercice est particulièrement délicat à réaliser en milieu marin où le déroulement des activités humaines est difficile à circonscrire.

- le milieu marin est un espace ouvert, traditionnellement considéré comme « un espace de liberté » ;
- les activités humaines peuvent y exploiter trois types de support : la surface, la masse d'eau, le fond ;
- dans la majorité des cas, il n'existe pas de limites physiques fixes permettant d'attribuer un espace à une activité. Elles sont donc remplacées par des limites « virtuelles » réglementaires ou informelles ;
- en mer, l'impact des activités humaines est souvent invisible à l'œil nu (sauf dans des cas exceptionnels comme les pollutions marines accidentelles par les hydrocarbures) ;
- la notion de propriété privée n'existe pas en mer. L'espace marin est donc plus partagé que possédé (Allain *et al.*, 2000), plus traversé qu'habité ;
- différents types d'usage peuvent coexister simultanément sur un même espace d'où l'importance de la prise en compte de la dimension temporelle. Contrairement aux activités terrestres qui ont plutôt tendance à être séparées dans l'espace, les différentes activités marines utilisent souvent un même espace, d'où un risque élevé de conflits potentiels.

Le milieu marin est donc un espace que l'on peut qualifier de « flou ». La compréhension du déroulement des activités humaines en est d'autant plus complexe. Il existe actuellement très peu d'informations structurées décrivant les activités de façon détaillée. Les données, quand elles sont disponibles, sont généralement difficilement accessibles et éparpillées entre les différents acteurs du territoire. De plus, dans la plupart des cas, les données existantes ne sont pas mises en relation avec les espaces et les périodes concernés par les activités. En dehors de quelques activités particulièrement encadrées (exploitation de goémon, extraction de granulats), les statistiques disponibles sont souvent difficiles à relier à une mesure précise de l'impact sur le milieu.

Afin d'améliorer la connaissance du système « mer côtière », il est donc nécessaire de décrire les usages anthropiques du milieu et d'analyser leur déroulement spatio-temporel en adoptant une démarche de modélisation.

4 MODELISATION DU DEROULEMENT DES ACTIVITES HUMAINES EN MER COTIERE

4-1 Définitions

En général, la modélisation est rendue nécessaire par la complexité des problèmes abordés et par la multiplicité des champs disciplinaires traversés (Weber, 1995). Modéliser ou simuler, c'est développer des méthodes et des techniques qui permettent de représenter des événements et des processus du monde réel (Godard & Legay, 1992). Un modèle n'est pas autre chose que la traduction en termes formels d'une certaine représentation de la réalité étudiée (Boncoeur *et al.*, 1999).

La modélisation est une représentation simplifiée d'un processus ou d'un système contenant les éléments essentiels d'un ensemble complexe ainsi que les relations entre ces différents éléments (Prelaz-Droux, 1995). Les modèles permettent donc d'analyser une situation complexe et/ou servent à communiquer les résultats. Ils constituent ainsi un instrument dans la production de connaissances pour l'aide à l'analyse et à la communication. Mais un modèle n'est pas seulement indispensable au transfert des connaissances et des compétences. Il peut aussi permettre de constituer des outils de simulation du réel grâce auxquels il devient possible d'élaborer, de concevoir et de tester des "solutions" sans avoir nécessairement besoin d'effectuer des mesures et des observations sur le terrain (Pantazis & Donnay, 1996). La simulation permet de déterminer les conséquences d'hypothèses, le fonctionnement d'un système, de façon purement virtuelle[16]. La simulation est très utilisée par les disciplines concernées par l'environnement car elle conduit à une meilleure compréhension des processus et/ou permet de prévoir leurs déroulements et leurs conséquences (Abler *et al.*, 1972).

Que ce soit à des fins cognitives ou pour rendre opérationnelles des connaissances pour l'aide à la décision, la modélisation et la simulation sont actuellement des approches de plus en plus utilisées (Doco, 2000 ; Pavé, 1997). Elles représentent en particulier un moyen de dialogue entre les disciplines et un complément indispensable à l'observation et à l'expérimentation (Dronkers & Vries, 1999).

[16] http://www.linux-france.org/prj/jargonf/general/bgfrm.html

4-2 Les principales approches de modélisation

Il existe une grande diversité d'approches de modélisation et de types de modèles mis en œuvre dans le domaine de l'environnement. Dans tous les cas, la démarche méthodologique adoptée doit s'adapter au problème scientifique posé et éventuellement aux applications qui pourraient en découler (Pavé, 1997).

L'étude des usages d'un territoire recouvre beaucoup de complexité du fait d'une forte valeur symbolique et de la présence de nombreux acteurs. Le but d'une démarche de modélisation est d'appréhender cette complexité pour conduire à une meilleure compréhension du territoire et de ses usages (Soudoplatoff, 1996).

Au regard de la complexité des phénomènes qu'ils décrivent, les systèmes dédiés à l'environnement sont majoritairement axés sur la description de concepts précis et bien individualisés (Margalef, 1968). Ils réduisent souvent l'analyse systémique à une signification biocentrique (Bouché, 1990) ne prenant pas en compte la dimension anthropique. Les principaux modèles plaçant l'homme au cœur du système résultent d'approches géosystémique et économique.

4-2-1 L'approche géosystémique

Le géosystème n'est pas une création récente. Ce concept a pris corps en différentes circonstances et sous des formes variées dans le courant des années 1960. Il est étroitement associé aux différentes tentatives, théoriques et pratiques, mises en œuvre pour appréhender le milieu dit « naturel » dans sa globalité (Beroutchachvili & Bertrand, 1978). D'inspiration systémique, le géosystème se différencie nettement de l'écosystème[17] du fait de sa territorialisation et de son anthropisation. Le géosystème se définit comme une combinaison territoriale bien délimitée dans laquelle interagissent des éléments abiotiques (roche, air, eau), des éléments biotiques (animaux et végétaux) et des éléments anthropiques. L'impact des sociétés humaines est considéré, *a priori*, comme faisant partie, à part entière, du système et non comme un élément extérieur et perturbateur, introduit, *a posteriori*, dans le fonctionnement général du système (Bertrand & Bertrand, 2000).

L'approche géosystémique intègre donc la dimension humaine en tant qu'élément de l'écosystème et identifie les interactions Homme/milieu à la notion d'impact. L'objectif poursuivi se fonde sur la compréhension du rôle des activités humaines sur l'évolution des territoires. En géographie, ce type de démarche de modélisation s'oriente le plus souvent vers des approches chargées d'étudier la réponse et l'évolution des paysages à l'impact des pratiques économiques. Pour exemple, les équipes de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) et de l'ENSSAA (Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agronomiques Appliquées) ont proposé un modèle d'interprétation du paysage sous l'influence de pratiques agricoles (Soulard, 1999).

[17] Ecosystème : ensemble structuré, constitué d'une biocénose et d'un biotope.

Ce type d'approche qui propose une description relativement figée des interactions Homme/milieu, est difficilement applicable au milieu marin. En effet, bien qu'il soit possible d'observer des modifications des fonds sous-marins dues à l'impact des activités humaines, le processus de perception de ce type de paysage est beaucoup plus long, puisque les éléments fondamentaux ne sont pas immédiatement visibles (Pinot, 2002).

4-2-2 L'approche économiste

Depuis une dizaine d'années, on assiste à une multiplication des approches économistes qui se réclament, à des degrés divers, du développement durable (Willinger, 1997). Les modèles économiques destinés à formaliser l'échelle des interactions entre la biosphère et les sociétés humaines reposent souvent sur la notion de capacité de charge (Arrow *et al.*, 1995). Ces modèles visent à évaluer le seuil critique de perturbation du milieu naturel au regard du développement économique et à déterminer des niveaux de rentabilité financière en tenant compte du rapport entre la valeur ajoutée et les ressources disponibles.

On peut citer l'exemple du modèle Pression-Etat-Réponse (PER) utilisé par les groupes de travail sur l'état de l'environnement de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE). Les pressions exercées par les activités humaines sur l'environnement sont assimilées à un processus de fragilisation des ressources naturelles. Ce modèle aboutit à la proposition d'indices de soutenabilité du développement dont la finalité vise à proposer un cadre juridico-économique cohérent dans une perspective de développement durable (OCDE, 1993a).

Dans le domaine de l'aménagement des pêcheries, il existe une importante tradition de modélisation, dite « bioéconomique », qui associe une représentation de la dynamique des populations marines exploitées à une représentation du comportement et des résultats économiques des pêcheurs (Hannesson, 1993). Par exemple, un modèle de ce type a été développé par le CEDEM[18] et l'Ifremer dans le cadre du programme AMURE[19]. Sa thématique était celle de l'adaptation des institutions régissant l'accès aux ressources et écosystèmes marins et côtiers, dans un contexte de fragilité croissante provoquée par une pression anthropique de plus en plus forte (Boncoeur *et al.*, 1999). Une modélisation des activités de pêche professionnelle et des résultats économiques concernant les flottilles de la Manche occidentale ont été notamment proposés (figure 9).

[18] Centre de Droit et d'Economie de la MER (UBO)
[19] Aménagement des Usages des Ressources et des Ecosystèmes marins

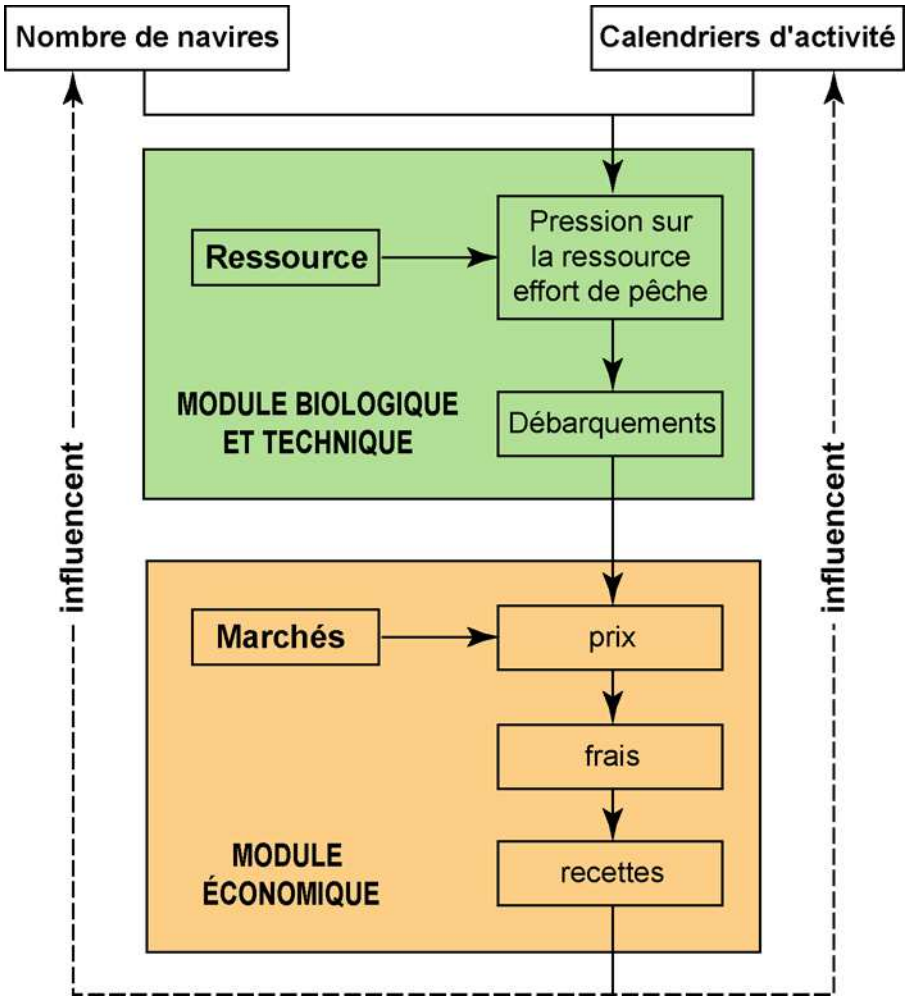


Figure 9. Schéma simplifié de la structure d'un modèle « bioéconomique » dans un objectif de gestion des pêches.

Le modèle se compose de deux modules interconnectés :

- le module biologique et technique a pour objet de modéliser les captures à partir des caractéristiques naturelles des stocks halieutiques et de la pression exercée sur ces stocks par l'activité des pêcheurs ;
- Le module économique transforme les débarquements en recettes, et calcule les coûts à partir des caractéristiques et de l'activité des navires. La mise en relation des recettes et des coûts permet de déterminer les performances économiques des navires, dont les niveaux sont susceptibles de rétroagir sur l'activité des pêcheurs et donc sur les captures et les stocks.

Dans un contexte de développement durable, les approches économistes sont particulièrement intéressantes car elles permettent la prise en compte des contraintes économiques susceptibles d'affecter le fonctionnement des activités humaines, et donc leur déroulement dans un territoire donné. Mais si cette approche est essentielle, elle ne sélectionne que quelques unes des nombreuses questions soulevées par le développement durable (Schubert & Zagamé, 1998). En effet, aborder un problème sous l'angle du développement durable, c'est aussi s'interroger sur la multi-dimensionnalité des processus à l'œuvre, sur l'interaction des échelles de temps et d'espace ainsi que sur le contexte multi-acteurs et multi-institutions dans lequel se pose concrètement la plupart des problèmes d'environnement et de développement (Levarlet, 2001).

Comme le souligne Weill (Weill, 1997) « si l'on veut maîtriser l'ensemble des problèmes d'environnement, on se rend compte aisément de la nécessité de mobiliser un grand nombre de disciplines et de les faire interagir entre elles ».

4-3 La modélisation Multi-Agents

La simulation, mise en œuvre à l'aide d'outils informatiques, s'appuie toujours sur une théorie, c'est-à-dire une description abstraite de certains aspects de la réalité. Généralement, cette description est donnée sous la forme de relations mathématiques entre des variables représentant les grandeurs physiques mesurables dans la réalité (Ferber, 1995). Récemment, l'harmonisation des processus d'analyse et notamment des modèles conceptuels a ouvert la voie à de nouvelles approches basées sur la théorie de l'intelligence artificielle dont l'objectif est de simuler des agents[20] autonomes et évolutifs en situation d'interaction mutuelle et avec un environnement préalablement modélisé (Bousquet & Gautier, 1999 ; Weiss, 1999). Différentes approches de simulation utilisent des modèles à partir d'automates cellulaires (Batty *et al.*, 1999) ou des modèles agents (Batty & Jiang, 2000), avec les simplifications qui en découlent en terme de comportement. Les automates cellulaires sont notamment utilisés pour des simulations environnementales et urbaines qui mettent en œuvre des processus de diffusion spatiale comme la propagation des feux de forêts, le fonctionnement des écosystèmes ou l'évolution des structures urbaines (White, 1998). Les approches agents sont particulièrement efficaces pour modéliser des systèmes complexes et sont de plus en plus utilisées dans les champs de l'environnement (Blasco, 1997) et de la gestion des territoires (Ferrand N, 1998).

[20] Un agent est une entité physique ou informatique qui est capable de percevoir et d'agir sur son environnement, qui ne dispose que d'une représentation partielle de son environnement (et parfois aucune), qui peut communiquer avec d'autres agents, qui poursuit un objectif individuel, qui possède des compétences et qui peut éventuellement se reproduire. Son comportement final est la conséquence de ses objectifs, de sa perception, de ses compétences et des communications qu'il peut avoir avec les autres agents (Ferber, 1995).

Actuellement, les apports de ces méthodes, et notamment les Systèmes Multi-Agents (SMA), semblent en mesure de proposer de nouvelles alternatives à la modélisation des activités humaines (Cuq F., 2000).

- **Principes de fonctionnement**

D'après Ferber (1997), « les systèmes multi-agents apportent une solution radicalement nouvelle au concept même de modèle et de simulation dans les sciences de l'environnement, en offrant la possibilité de représenter directement les individus, leurs comportements et leurs interactions. La simulation multi-agents est fondée sur l'hypothèse qu'il est possible de représenter le comportement d'un individu par un processus informatique, c'est-à-dire par un élément de programme disposant de sa propre autonomie opératoire. Chaque individu peut être alors représenté informatiquement sous la forme d'un agent, c'est-à-dire d'un processus informatique autonome, capable de percevoir et de réagir aux transformations de l'environnement, son comportement étant défini pour toutes les phases de son évolution (…) avec tous les détails nécessaires ».

Pour modéliser des phénomènes complexes, les systèmes multi-agents proposent donc de représenter le comportement d'individus du monde observé sous la forme d'agents (Bousquet, 1997). Les agents peuvent être plus ou moins complexes. Il existe des agents très simples qui agissent par simples réponses à des stimulis (agents réactifs) (Drogoul & Ferber, 1994). D'autres agents sont plus complexes et peuvent avoir des buts, une représentation partielle de leur environnement, des possibilités de raisonnement ou une mémoire (agents cognitifs) (Doran *et al.*, 1994). Dans tous les cas, la modélisation multi-agents s'intéresse à l'émergence de comportements globaux, à partir d'interactions locales (communications, influences, négociations).

Lorsqu'une simulation est lancée, les agents interrogent les bases de connaissances et interagissent donc avec un environnement préalablement modélisé. Elaborer un système multi-agents revient à reproduire un monde artificiel ressemblant au monde observé en ce sens qu'il est composé de différents agents, de façon à y mener diverses expériences. Chaque agent est représenté par une entité informatique dotée d'une autonomie, capable d'agir localement en réponse à des stimulis et de se représenter son environnement (figure 10).

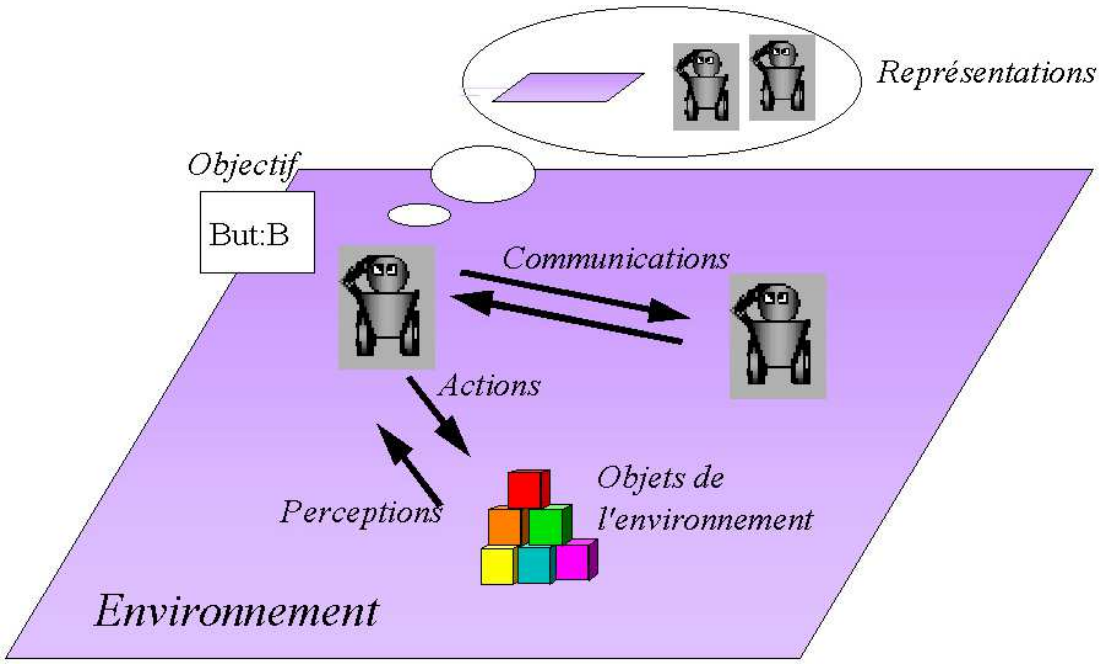


Figure 10. Principes de fonctionnement d'un SMA (Ferber, 1997).

- **Les plates-formes existantes**

Les plates-formes multi-agents sont souvent conçues pour être génériques et donc dédiées à des applications diverses. L'exemple de la plate-forme « Swarm »[21] développée aux Etats-Unis (Minar *et al.*, 1996) reflète clairement cette tendance.
En France, les environnements les plus connus sont MadKit[22] (Ferber & Gutknecht, 1998) et CORMAS[23] (Bousquet *et al.*, 1998). La plate-forme CORMAS (Common-pool Ressources and Multiagent Systems) a notamment été exploitée pour des projets d'aide à la gestion des ressources renouvelables et plus généralement pour la modélisation des interactions entre les sociétés et leur environnement.

L'intérêt principal de ces plates-formes réside dans leur capacité d'adaptation à des applications très diversifiées en raison d'une grande souplesse dans la spécification des caractéristiques individuelles des agents. Leur inconvénient majeur est que l'utilisation d'un espace virtuel de simulation représente un handicap important qui réduit les possibilités de validation (Tissot, 2003).

[21] http://www.swarm.org
[22] http://www.madkit.org/madkit/doc/index.php3
[23] http://cormas.cirad.fr/index.htm

- **Exemples d'applications**

De nombreux systèmes multi-agents sont opérationnels pour modéliser les interactions et les représentations dans différents cas de gestion de ressources renouvelables, de l'espace et de biens en propriété commune. Plusieurs objectifs sont sous-jacents à la réalisation de ces modèles depuis la compréhension du comportement du système jusqu'à la prévision d'états ultérieurs (Troitzsch, 1997).

Le simulateur SimDelta a été utilisé pour synthétiser les connaissances d'un ensemble de spécialistes (halieutes, écologues, pédologues, biologistes, anthropologues, etc.) ayant travaillé pendant plusieurs années sur l'étude du système de pêche du delta central du Niger au Mali (Cambier, 1994). Ce simulateur est à l'origine de la plate-forme CORMAS (Cambier *et al.*, 1992). Il permet de simuler en même temps la dynamique de population des poissons, en tenant compte des nombreux facteurs biologiques et physiques qui peuvent l'affecter et la prise de décision des pêcheurs. La technique employée met en présence trois types d'agents : les biotopes qui représentent des portions d'environnement, les poissons qui ont un comportement plutôt réactif et les pêcheurs qui sont des agents cognitifs. Deux types de simulation ont été réalisés avec le modèle SimDelta :

- l'étude de la dynamique des poissons en fonction de l'effort de pêche. Ce type de simulation a permis de montrer les limites du système de pêche ;
- le comportement des pêcheurs en fonction de l'état de la ressource renouvelable. Cette modélisation a permis de comprendre l'impact de la pêche sur la dynamique des poissons.

Les SMA peuvent également être utilisés pour l'aide à la négociation et la concertation. En effet, la gestion du territoire met en relation de multiples acteurs ayant une rationalité propre. Suite au recueil de l'expertise de chacun des acteurs en interaction dans une situation donnée, les SMA peuvent être utilisés pour simuler l'évolution du système en fonction de choix de gestion ou pour faire apparaître des configurations correspondant à des contraintes librement négociées et consenties par l'ensemble des acteurs (Montbel *et al.*, 1999). Ainsi, pour la gestion des conflits territoriaux, des outils conçus selon une approche multi-agents ont été développés. Ils s'appuient sur des modèles de représentation permettant d'illustrer et d'aider à résorber partiellement les conflits, en facilitant la participation des acteurs.

On peut citer, dans ce domaine, le projet SMAALA (Ferrand N., 1997) qui vise à élaborer des processus d'expertise conduisant à des propositions d'aménagement pour des infrastructures linéaires (câbles, canalisations). Durant les phases d'étude préliminaire, il s'agit de prendre en compte les contraintes environnementales et structurelles ainsi qu'un modèle des décisions d'acteurs, permettant d'explorer différents points de vue sur le projet.

Dans le modèle multi-agents correspondant, l'environnement est décrit par des cartes de sensibilité issues de l'expertise préliminaire. Les agents (de type réactif) représentent individuellement une partie de l'infrastructure linéaire (par exemple un pylône pour une ligne électrique) et sont définis par leur position dans l'espace. Chaque agent interagit avec l'environnement pour minimiser l'impact local, et avec les autres agents pour respecter les contraintes structurelles (courbure). La recherche des aménagements de moindre impact s'appuie sur le modèle de décision d'un acteur cible. Après initialisation, le SMA atteint un état stable satisfaisant au mieux les différentes contraintes en jeu. Par exploration systématique des décisions possibles, des solutions engendrant le minimum de conflits peuvent être déterminées.

4-4 Les Systèmes d'Information Géographique (SIG)

Le développement des simulations numériques, avec la montée en puissance des ressources informatiques, renforce sans cesse leur potentiel et permet d'élargir leur champ d'application et le nombre d'utilisateurs. En particulier, les traitements géométriques utilisés par un grand nombre de modèles de simulation s'en trouvent ainsi facilités. Du géométrique au géographique, le pas est vite franchi, nous plongeant rapidement vers le domaine des SIG, puis vers les sciences qui utilisent l'espace géographique et le territoire comme champ d'étude et d'expérimentation de phénomènes réels (Claramunt & Lardon, 2000).

- **Définitions**

La géomatique qualifie « l'ensemble des méthodes et techniques de l'informatique appliquées aux moyens d'acquisition, de traitement et de représentation visuelle des données géoréférencées, c'est à dire qui sont reliées à une localisation sur la Terre dans un système de référence[24]. Elle a pour objet la gestion des données à référence spatiale et fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion » (Roche S., 1997). La géomatique fournit non seulement les moyens d'acquisition de données numériques localisées (géodésie, photogrammétrie, télédétection), mais aussi les outils de gestion, d'analyse et de représentation de l'information géographique (Gourmelon, 2003). Dans ce contexte, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) représentent la synthèse des progrès réalisés dans le traitement numérique de l'information géographique, puisqu'ils permettent de replacer dans un cadre cohérent les données géoréférencées acquises par différentes méthodes géomatiques, de les analyser et de les cartographier (Denegre & Salgé, 1996).

[24] Glossaire de cartographie, Comité Français de Cartographie (1990) ; Glossaire des termes officiels de la télédétection aérospatiale, COMITAS ; SFTP, 1988.

Les technologies de l'information peuvent largement favoriser l'analyse des systèmes complexes grâce à des outils puissants de gestion et d'exploitation des données les plus diverses. Ces systèmes peuvent être regroupés sous le terme générique de Systèmes d'Information (SI). Leur but est de fournir de l'information pour améliorer la compréhension des phénomènes et faciliter la prise de décision (Bergeron, 1993). Dans ce contexte, la géomatique vise notamment à développer des SIG adaptés aux besoins d'un ensemble d'utilisateurs qui ont des projets relatifs à la gestion, l'aménagement et la planification du territoire, et qui de ce fait ont des décisions à prendre (Prelaz-Droux, 1995).

Selon la définition officielle[25], les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont assimilés à « un ensemble coordonné d'opérations généralement informatisées destinées à produire et à utiliser une information géographique sur un même territoire. Ce dispositif vise particulièrement à combiner au mieux les différentes ressources accessibles : bases de données, savoir-faire, capacité de traitement qui lui sont demandées. Il apporte ainsi un appui essentiel dans la prise de décision des responsables d'un organisme ».

- **Composantes et fonctions d'un SIG**

Opérationnels depuis près de 30 ans, période au cours de laquelle ils se sont perfectionnés et adaptés aux besoins d'un public toujours plus diversifié, les SIG reposent sur la mise en œuvre de quatre composantes : matériel, logiciels, base de données et ressources humaines (figure 11).

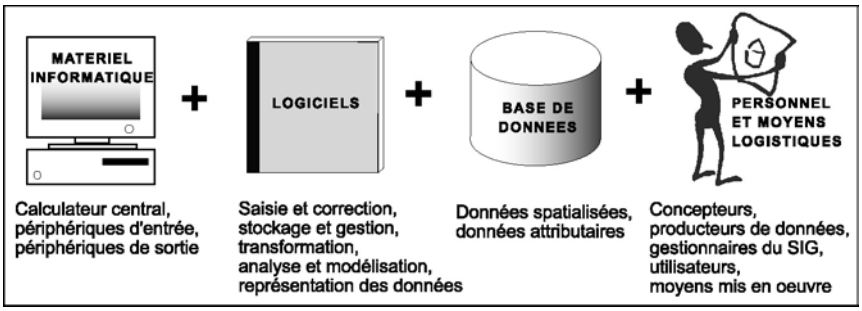


Figure 11. Les éléments constitutifs d'un SIG (ESRI, 1990).

[25] Définition officielle AFNOR, Z 13-150, EDIGEO, norme concernant l'échange de données informatisées dans le domaine de l'information géographique, 1992.

Les SIG sont utilisés pour traiter simultanément plusieurs aspects d'un même espace et pour expliciter les relations et les organisations spatiales quels que soient les objets impliqués (Cheylan *et al.*, 1993). Les cinq fonctions d'un SIG sont :

- l'acquisition de données dans une Base d'Information Géographique cohérente du point de vue géométrique et sémantique ;
- l'intégration des informations sous la forme de couches thématiques impliquant une mise en cohérence géométrique et sémantique ;
- l'archivage et donc l'accessibilité aisée à l'ensemble des information de la base soit par affichage à l'écran des couches thématiques, soit par un accès direct aux tables attributaires des fichiers numériques ;
- l'analyse des informations par l'usage de paramètres et d'opérateurs spatiaux permettant de produire une information inédite ;
- l'affichage et la visualisation des résultats obtenus sous diverses formes : tableaux, rapports, cartes ou consultation à l'écran.

Les SIG permettent ainsi de mobiliser sur une plate-forme unique des informations de sources variées en des temps d'accès limité, de procurer une aide à la conception de cartes répondant à des besoins spécifiques et de gagner du temps dans la production d'une information utile à la prise de décision par une automatisation possible des chaînes de traitement (Gourmelon & Le Berre, 2001).

Les domaines d'application des SIG concernent l'ensemble des activités où interviennent des données localisées : la gestion et l'aménagement du territoire, la protection de l'environnement, la gestion des ressources, les études d'impact, le suivi des phénomènes dynamiques (Maguire *et al.*, 1991).

- **Données et informations**

L'analyse et la gestion du territoire implique une tâche importante de structuration, de transformation et de communication des données afin d'en extraire une information nécessaire à une prise de décision éclairée (Moore *et al.*, 1999).

Une donnée est le résultat brut de la mesure ou de l'observation du monde réel (NCGIA, 1992).

Une information résulte du traitement d'un ensemble de données dans le but d'en dégager des indications synthétiques. Elle peut être de nature qualitative ou quantitative. La mise à disposition d'informations à caractère synthétique constitue l'apport principal des Systèmes d'Information dans les processus d'aide à la décision (Prelaz-Droux, 1995).

La distinction entre les notions de donnée et d'information est essentielle car elle explique les raisons pour lesquelles, en dépit de l'abondance toujours croissante des données, il n'existe, en pratique, que très peu d'informations réellement utilisables à des fins de gestion (Furness, 1994). Or les données brutes ne deviennent des informations utiles qu'après avoir été analysées et transformées sous une forme que les décideurs pourront comprendre et exploiter (Napoli, 2001 ; Pantazis & Donnay, 1996) (figure 12).

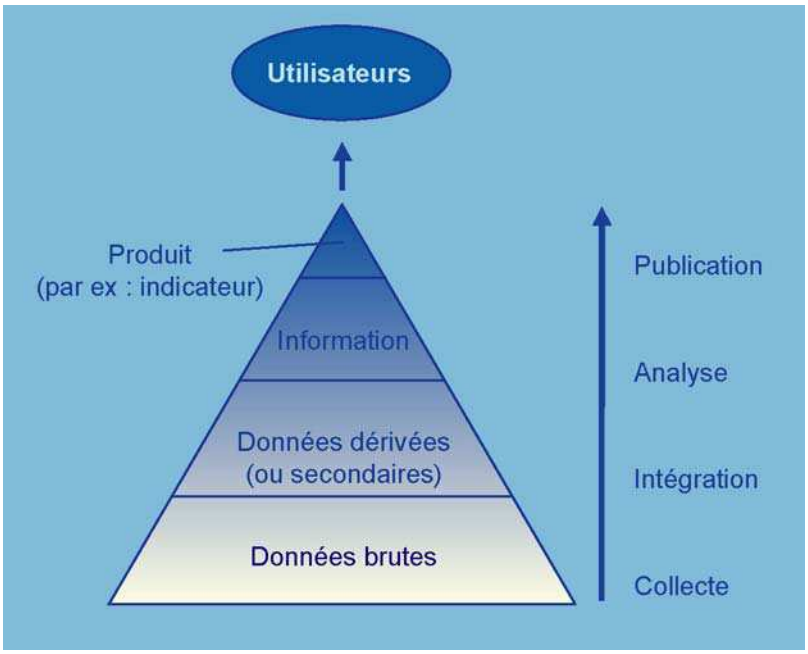


Figure 12. La pyramide de l'information (Reynolds & Busby, 1996).

4-5 Les SIG côtiers

Ce n'est que depuis une dizaine d'années que des SIG côtiers sont développés (Valavanis, 2002 ; Wright, 1999) alors que leurs fonctionnalités ne sont pas toujours adaptées à cet espace aux caractéristiques spécifiques (Goodchild, 2000). Néanmoins, même dans leur état de développement actuel, ils peuvent contribuer efficacement à la gestion intégrée des zones côtières (Bartlett, 1999).

En effet, si l'on se réfère à l'expérience scientifique internationale dans le domaine de l'aide à la gestion intégrée en zone côtière (Bartlett, 1993 ; Canessa, 1998 ; Cuq, 2000 ; Furness & Bartlett, 2003 ; Ricketts, 1992 ; Vallega, 2003), il apparaît que les principales avancées concernant la prise en compte simultanée des conditions écologiques et humaines se sont fortement appuyées sur des outils scientifiques et techniques fédérateurs tels que les Systèmes d'Information Géographique (SIG) (Cuq *et al.*, 2002b).

De même, les enseignements du programme de démonstration de la Commission Européenne sur l'aménagement intégré des zones côtières préconisent l'utilisation de technologies adéquates de production de l'information et notamment des SIG (Commission Européenne, 1999b), alors que le rapport « Dupilet » (Dupilet, 2000) conseille d'activer la réalisation d'un SIG côtier comme outil de travail indispensable pour une gestion intégrée de la zone côtière française.

4-5-1 Principaux intérêts

Les SIG côtiers ont un rôle important à jouer en tant que systèmes d'intégration de données de nature et de source variées. Ainsi ils permettent d'intégrer des données de télédétection (Van Zuidam *et al.*, 1998) et/ou de géodésie spatiale (GPS), particulièrement utiles en milieu marin.

Dans le cas du développement d'un SIG côtier, la première étape consiste à mettre en forme des données variées dans des Bases d'Information Géographique (BIG) cohérentes (Le Berre *et al.*, 2001). La réflexion sémantique (concernant le choix des couches thématiques et de leurs attributs, des typologies, de la qualité des données) et technique (choix des outils, structuration de la base de données, spécification des jeux de données) peut faire appel à une démarche classique de modélisation de la BIG (modélisation conceptuelle, logique, informatique) (Laurini & Thompson, 1992).

En outre, les SIG côtiers impliquent l'adoption de standards concernant les typologies, les référentiels géographiques, les métadonnées descriptives, qui garantissent non seulement la conformité des bases d'information développées, mais aussi la compatibilité de l'information entre les utilisateurs (Bartlett, 1999).

Les SIG servent traditionnellement à communiquer une information synthétique et rapidement accessible sous forme de cartes notamment. L'émergence des techniques multimédias et de l'Internet devrait conduire à un formidable essor de la communication par la mise à disposition de cartes, d'atlas et de bases d'information géographique vers tous les publics (Dwyer *et al.*, 2003 ; Longhorn, 1999).

Ces dernières années, de nombreuses applications ont été développées. Avant d'en présenter quelques exemples appliqués aux activités humaines en mer côtière, il est nécessaire de faire le point sur les données et informations de référence disponibles actuellement sur le milieu côtier.

4-5-3 L'information de référence en zone côtière

La question des données de référence se pose actuellement alors qu'émergent de nombreux serveurs de fichiers, des systèmes de catalogage des données et la mise en ligne d'informations diverses sur tous les milieux, dans le cadre d'observatoires ou de systèmes de gestion du territoire (Robin, 2002a).
En France, selon le Conseil National de l'Information Géographique (CNIG), les données de référence sont définies comme « l'ensemble des informations permettant à chaque utilisateur d'associer des données de différentes origines et de positionner dans l'espace ses informations propres. Ces données ne répondent à aucun besoin applicatif particulier mais doivent au contraire, être communes au maximum d'applications de façon à permettre la manipulation et la combinaison des informations de toutes origines qui leur sont rattachées » (CNIG, 1998).

La mise à disposition d'une information de référence adaptée aux caractéristiques de la zone côtière est cruciale.

- **Un milieu mal connu**

Considérablement plus étendus et plus complexes, les écosystèmes marins sont souvent moins bien connus que leurs homologues terrestres. En effet, les systèmes marins restent difficiles à étudier, notamment en raison de leur caractère dynamique qui implique d'importantes contraintes techniques pour l'acquisition des données (Le Berre *et al.*, 2001). En conséquence, le recueil des données ne peut souvent être mené que localement et à faible fréquence (Lucas, 1999), ce qui se répercute sur la qualité des données en termes de densité, de couverture spatiale, d'exhaustivité ou d'actualité (Li *et al.*, 2000). En France, à l'exception d'une partie de la réglementation, peu d'informations géographiques numériques décrivant les usages anthropiques en milieu marin sont actuellement disponibles (Gourmelon & Le Berre, 2001).

- **La multiplicité des acteurs**

La multiplicité des acteurs est une autre spécificité des zones côtières. L'acquisition et la gestion des données sont du ressort de plusieurs organismes scientifiques et institutionnels organisés de manière sectorielle, et qui interviennent souvent de façon disjointe sur les domaines terrestres et maritimes. Cette situation est à l'origine d'un véritable « puzzle de données » (Sherin *et al.*, 1999) dont la disponibilité, la qualité et le format ne répondent pas toujours aux attentes des utilisateurs. Sur le littoral français, très peu de données sont rapidement disponibles et directement exploitables dans un objectif opérationnel de gestion (Petit, 1999). Elles relèvent de nombreux acteurs (CNIG, 2002) : administrations centrales et services déconcentrés de l'Etat (Equipement, Agriculture, Environnement, Intérieur, Défense, Industrie, Finances, Douanes), établissements publics (IGN, SHOM, BRGM, Ifremer, IFEN…), services techniques de l'Equipement (CETMEF, CETE), collectivités territoriales régionales et départementales, agences et observatoires, divers organisations professionnelles et associations.

- **De nombreuses limites**

Appliquer les SIG aux zones côtières implique d'être en mesure de prendre en considération un nombre important de limites et de frontières (Bartlett, 1999). En situation d'interface entre la terre, la mer et l'atmosphère les zones côtières sont difficiles à représenter formellement (Fowler *et al.*, 2000 ; Lamacchia & Bartlett, 2003 ; Lockwood & Fowler, 1999). Selon les disciplines (géographie, océanographie, biologie, écologie, économie, droit…) ou les acteurs concernés (politiques, gestionnaires, usagers…), il existe une multitude de limites à prendre en compte pour caractériser la zone côtière (tableau 5).

Types de limites	Exemples
Géographiques	Trait de côte Limites du plateau continental Ligne de crête supratidale
Hydrologiques	Laisse de pleine mer Laisse de basse mer Limite de salure des eaux
Biologiques	Faciès biosédimentaire sous-marin Champ d'algues Zones fréquentées par des espèces protégées
Réglementaires	Limites administratives Zones de navigation réglementée Zones de pêche réglementée Espaces protégés
Utilitaires	Zones de pêche Bassins de plaisance Limites historiques
Perceptives	Limites paysagères

Tableau 5. Multiplicité des limites en zone côtière (Lamacchia & Bartlett, 2003).

- **La juxtaposition des référentiels terrestres et marins**

Les données de la frange terrestre ne sont pas toujours compatibles, du point de vue géographique, avec les références marines. Sur le littoral français, l'absence actuelle de continuité entre les deux sources d'information de référence produites respectivement par l'IGN (terre) et le SHOM (mer) est liée au fait que les niveaux altimétriques et les limites physiographiques sont différents. Pourtant, cette compatibilité est indispensable pour la cohérence de l'information géographique en zone côtière (CNIG, 2002).

Dans ce contexte, l'analyse et la gestion de la zone côtière impliquent la disponibilité d'informations géographiques définies de manière spécifique par rapport aux données nationales de référence (CNIG, 2002). A ce sujet, plusieurs initiatives ont déjà été entreprises au niveau national :

- l'étude SHOM-Ifremer[26] sur les données de référence en milieu littoral qui dresse un inventaire des données disponibles sur le domaine marin ;
- la décision du CIADT (février 2000) de créer un SIG interministériel littoral et en particulier de commander à l'IGN une orthophotographie[27] spécifique sur ce territoire.

Ces initiatives soulignent le rôle essentiel de l'information dans le processus de gestion intégrée de la zone côtière et la nécessité de l'inscrire dans une vision partagée par les acteurs du littoral. Dans ce contexte, et pour mener à bien la réflexion sur la définition des données de références spécifiques aux zones côtières, un Groupe de Travail Littoral (GTL) a été constitué en mai 2000 par le CNIG[28]. Il propose notamment la réalisation d'un référentiel géographique sur la zone littorale qui rassemble les données à l'interface terre-mer. Une liste de 94 données de référence, classées en 12 thématiques et 3 domaines a été établie (tableau 6).

Domaines	Thématiques
Caractérisation de la zone côtière : physique, biologique, écologique	Géographie de la zone côtière
	Faune et Flore
	Qualité (physique, chimique, biologique) des eaux et sédiments
	Hydrodynamique côtière
Activités humaines et usages	Objets remarquables
	Occupation anthropique de la zone côtière
Administration, conservation, réglementation et aménagement de la zone côtière	Limites parcellaires
	Limites administratives
	Conservation des patrimoines
	Sauvetage, sécurité
	Zones maritimes de restrictions
	Zonages d'aménagement et de gestion de la zone côtière

Tableau 6. Classification des données géographiques de référence sur le domaine littoral (CNIG, 2002).

[26] (http://www.ifremer.fr/delao/francais/infogeo/ig1/gtshom/index.htm),
[27] Image photographique sur laquelle ont été corrigées les déformations dues au relief du terrain, à l'inclinaison de l'axe de prise de vue et à la distorsion de l'objectif (*Dictionnaires des termes officiels.* Journal Officiel de la République Française, 1991)
[28] (http://www.cnig.gouv.fr

- **Des limites floues**

Si les limites permettant de caractériser la zone côtière sont nombreuses, elles peuvent également être qualifiées de « floues ».

Dans le cadre de la réflexion menée par le GTL, il apparaît qu'il est difficile d'établir précisément une frontière de référence entre la terre et la mer. Suivant les approches, et en fonction des utilisateurs potentiels, diverses lignes de côte sont recensées (figure 13). Elles sont classées en deux catégories (Robin, 2002c) :

- les lignes constatées ou directement observables telles que la ligne de rivage instantanée, la ligne d'humectation de l'estran, la ligne de végétation intertidale, la limite amont du rivage de la mer, l'ados de plage, la ligne de crête supratidale et la ligne exceptionnelle des eaux ;
- les lignes calculées telles que le trait de côte, la laisse de pleine mer, la laisse de basse mer, le calcul des niveaux moyens, les surcôtes et les niveaux extrêmes, les limites généralisées de la mer (limite de salure des eaux…) et les lignes de base.

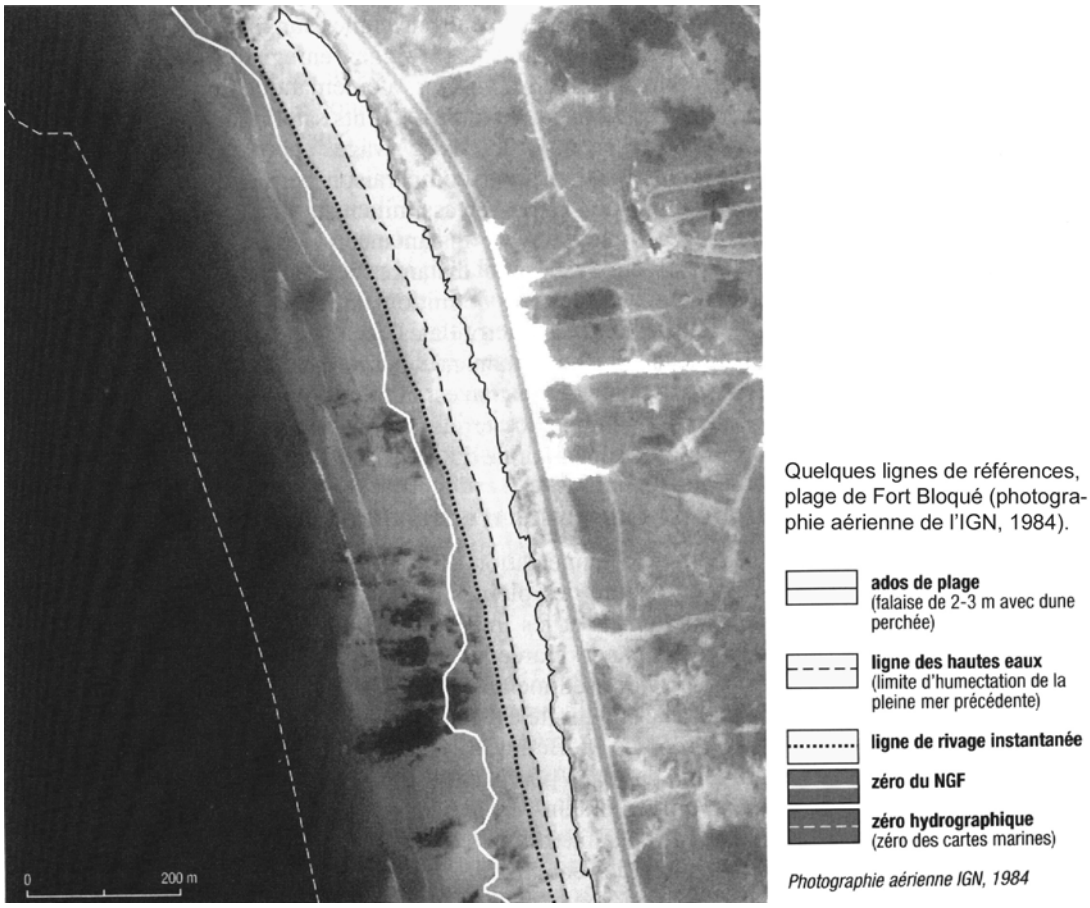


Figure 13. Quelques lignes de référence pour la définition du trait de côte (Robin, 2002c).

Difficile donc de se prononcer sur la définition d'une unique ligne de référence ! De ce fait, il peut être plus pertinent d'analyser le trait de côte comme une « zone de transition » (Lamacchia & Bartlett, 2003) aux limites variables…

La représentation spatiale de la réglementation des usages répond à un besoin essentiel des gestionnaires et des utilisateurs du milieu. Dans le domaine juridique, contrairement à leurs homologues terrestres, les limites réglementaires en mer (eaux territoriales, ligne de base…) ne possèdent pas de support physique fixe. Sur le terrain, elles restent des limites virtuelles et invisibles.
Ces lignes sont issues de calculs mathématiques réalisés à partir de données de référence qui ne sont pas toujours clairement définies dans les textes. En effet, la description des zones réglementées dans les textes juridiques est parfois imprécise et oblige souvent l'utilisateur à interpréter au mieux les informations dont il dispose (Le Corre, 1998). Les difficultés rencontrées sont liées à une grande diversité et souvent une imprécision des modes de délimitations utilisés au sein des textes juridiques et à l'absence de données de références communes (Fowler *et al.*, 2000 ; Guillaumont & Durand, 2000 ; Palmer & Pruett, 1999).

Plus que sur le domaine terrestre, les limites précisément délimitées en mer côtière sont rares et n'existent souvent qu'en théorie. La nature dynamique de l'espace côtier, les nombreuses limites à prendre en compte, ainsi que les difficultés et le coût associés à la collecte des données en mer font qu'aujourd'hui encore, malgré un effort certain de la part d'organismes producteurs de données, la composante marine de l'espace côtier reste difficile à appréhender (Gourmelon, 2003).

4-5-5 Applications

Concernant spécifiquement les activités humaines en mer côtière, les SIG sont essentiellement utilisés à des fins réglementaires et de gestion (tableau 7).

Domaine	Thème
Réglementation	Cartographie des limites réglementaires internationales, cartographie de mesures de gestion, délimitations maritimes et extension du plateau continental, confection d'Atlas…
Exemples : 1. Un projet développé par la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) aux Etats-Unis avait pour objectif l'intégration des réglementations à composante territoriale au sein d'un SIG afin d'analyser la projection spatiale des contraintes réglementaires sur un espace marin et de les communiquer *via* Internet[29] dans un objectif d'aide à la gestion (Fowler *et al.*, 2000). 2. A la demande du Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins de Bretagne, et suite au programme européen de recherche (VALFEZ), un SIG a été élaboré dans l'optique de cartographier le système de gestion des pêches maritimes dans les eaux territoriales au large de la Bretagne, de mettre à jour facilement l'information et de la communiquer sous une forme synthétique et accessible (cartes interactives sur CD-Rom) (Pennanguer *et al.*, 2003).	
Gestion des pêches	Gestion des flottilles de pêche, évaluation des ressources, sélection de sites, gestion de l'aquaculture, récifs artificiels…
Exemples : 1. Le Système d'Information Halieutique mis en place par l'Ifremer permet de disposer d'une vision globale de la répartition spatiale des flottilles et des captures à l'échelle de l'océan atlantique nord (Talidec *et al.*, 1999). 2. Un SIG a été élaboré sur une zone marine au large de la Floride dans un objectif de gestion de la pêche : aide à la réalisation d'enquêtes auprès des pêcheurs, délimitation des principaux habitats, étude du comportements des poissons, évaluation de l'impact des pêches sur le milieu, proposition de stratégies de gestion (Franklin *et al.*, 2002). 3. Au large du Brésil, un système de contrôle des pêches hauturières (RASTRO) est proposé grâce à l'intégration d'un SIG embarqué sur les navires et la communication de leur position et de leur activité en temps réel sur le Web (Cabral *et al.*, 2003).	
Gestion des risques	Risques d'inondation, risques de pollution…
Exemple : Suite au naufrage du chimiquier « Ievoli Sun » dans la Manche, l'Ifremer a mis en place un SIG côtier pour communiquer (*via* Internet notamment) l'information géographique maritime dans un objectif d'aide à la gestion de la crise (Loubersac *et al.*, 2001).	
Aide à la navigation	Aide à la navigation, cartes électroniques, sécurité maritime et organisation des secours, gestion des systèmes de surveillance, optimisation des flux dans les transports maritimes…
Exemple : L'ECDIS (Electronic Chart Display and Information Systems) est un système de visualisation des cartes électroniques mis en place par le SHOM[30]. Il est basé sur un SIG qui exploite des données structurées selon des règles bien particulières. L'ECDIS constitue un système expert reconnu depuis peu comme l'équivalent légal de la carte marine (Parvillers, 2002).	

Tableau 7. Principaux types de SIG côtiers appliqués aux activités humaines.

[29] http://www.csc.noaa.gov/oceangis
[30] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (France)

Dans la majorité des cas, ces SIG ne concernent qu'un aspect du déroulement des activités en mer (ex : réglementation) ou qu'un type d'activité (ex : pêche). Pour la mise en œuvre de SIG destinés à une vision globale du territoire, une des principales difficultés rencontrées est l'intégration de données relatives aux activités humaines (Bosser *et al.*, 2001 ; Fedra & Abdel-Rehim, 2003). De plus, ces SIG sont trop souvent statiques pour une prise en compte et une représentation réaliste du déroulement des activités en mer ; d'où leur nécessaire couplage avec des modèles dynamiques.

4-6 Le couplage modèles / SIG

Les SIG actuels sont essentiellement basés sur une vision bi-dimensionnelle et atemporelle de l'espace géographique. Ce mode de représentation est peu adapté à l'étude des processus de transformation et de diffusion qui surviennent dans les espaces géographiques. Le couplage SIG / modèles est un des défis que doit relever la géomatique pour faire évoluer les SIG vers des outils dynamiques d'analyse et de représentation du monde réel (Claramunt & Lardon, 2000) ; le but étant de décrire des processus tels que les déplacements, de gérer des historiques, de mettre en évidence des évolutions et de proposer des scénarios prospectifs.

Cette évolution récente résulte autant du besoin d'intégration de la dimension spatiale dans les plates-formes de modélisation (Tissot, 2003) que de la nécessité de la prise en compte du temps dans les SIG (Boehlen *et al.*, 1999 ; Cheylan *et al.*, 1994 ; Fauvet *et al.*, 1998 ; Gayte *et al.*, 1997 ; Langran, 1993). Mais si les SIG actuels ont fait une première avancée en permettant d'élargir leurs dimensions spatiales et thématiques à la composante temporelle, la représentation de phénomènes complexes n'est pas encore résolue et constitue un objectif important pour la recherche (Lardon *et al.*, 1997).

- **Principes du couplage**

L'objectif principal du couplage est de replacer les modèles dans un référentiel commun : l'espace géographique. De ce fait, les SIG constituent des plates-formes permettant de coupler différents modèles grâce à leur capacité d'échange et de mise en relation des données :

- les modèles étant aptes à fournir des séries temporelles de données issues de simulation ;
- les SIG permettant de gérer et d'analyser les relations spatiales entre les objets.

La relation modèle / SIG peut être de deux types (Pouliot *et al.*, 1998) :

- soit l'information géographique est utilisée dans l'étalonnage des modèles afin de garantir un forçage spatial pertinent des données en entrée de modèle. Le SIG sert alors de base de données géographique de référence pour la mise en œuvre de simulations ;
- soit l'information géographique intervient dans la phase de validation et de représentation en gérant les séries de données nécessaires à l'analyse et l'évolution du système étudié. Le SIG est alors utilisé comme outil de visualisation des résultats de simulation.

Les SIG sont donc aptes à gérer des données géoréférencées en entrée du modèle (calibration) comme en sortie (représentation des résultats) (figure 14).

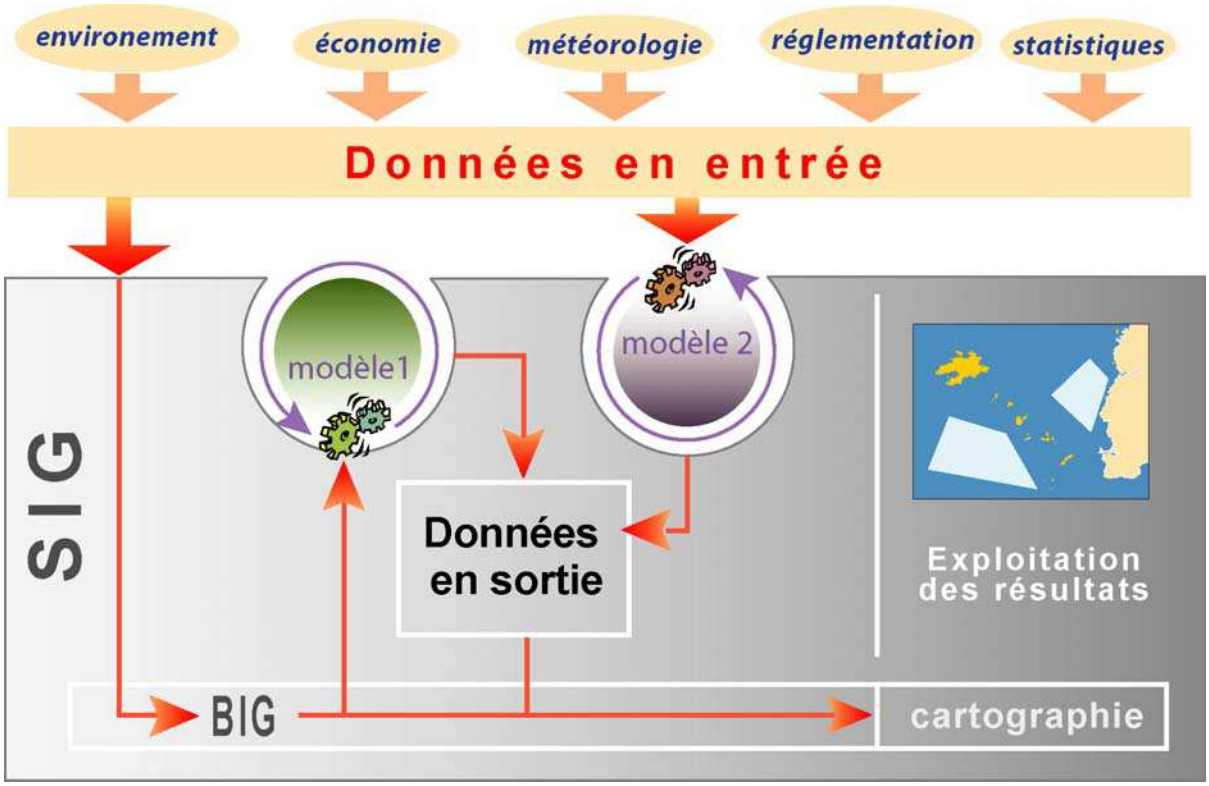


Figure 14. Le SIG comme plate-forme d'intégration et de calibrage de modèles et de données de nature et d'origine diverses.

- **Exemples de couplage**

Les tentatives de couplage modèles / SIG dédiées aux applications marines sont de plus en plus nombreuses. Elles peuvent concerner, par exemple, la lutte antipollution ou la gestion des pêches. Le couplage de modèles avec des SMA se développe également, notamment pour l'aide à la navigation maritime.

Dans le domaine de la lutte antipollution marine, l'apport du couplage modèles/SIG peut être significatif. Au moment de l'intervention, les SIG peuvent permettre la communication de l'information spatiale sous forme de cartes notamment en vue de réaliser des plans d'urgence spécifiques (Krishman, 1995). Alors que la modélisation hydrodynamique, généralement utilisée pour calculer les courants de marée, les hauteurs d'eau, les transports sédimentaires et les concentrations en éléments solubles ou en suspension, peut être mise en œuvre pour un suivi en temps réel du déplacement de la pollution (Howlett, 1997). En synergie avec un SIG, la modélisation permet de simuler efficacement les dynamiques spatio-temporelles des masses d'eau et de mettre en évidence les secteurs à risque (Loubersac *et al.*, 1999).

En halieutique, on peut citer le cas du simulateur SHADYS (Simulateur Halieutique de Dynamiques Spatiales) (Maury & Gascuel, 1999) qui est un outil voué à la représentation des processus spatio-temporels en jeu dans la dynamique des pêcheries. Il met en relation trois entités : l'environnement, les populations de poissons et la flottille de pêche. SHADYS est fondé sur des mécanismes simples, réalistes et clairement identifiés (sélection de l'habitat, diffusion d'une population de poissons, stratégies de recherche développées par les pêcheurs...) mis en oeuvre grâce au couplage de modèles numériques et d'un SIG. Il constitue donc un laboratoire virtuel qui permet de tester différents scénarios pour évaluer, par exemple, les effets à court terme de la mise en place d'une réserve marine sur la population de poissons et donc sur les stratégies des pêcheurs.

Le couplage des SIG avec les Systèmes Multi-Agents (SMA) se développe actuellement afin de doter les SMA d'une meilleure représentativité spatio-temporelle et ouvrir de nouvelles perspectives à la validation des résultats de simulation (Bonin & Le Page, 2000). Ainsi, plusieurs modèles multi-agents comme ForPast (Lardon *et al.*, 1998) ou Biomass (Guerrin *et al.*, 1999) ont été interfacés avec un SIG afin de s'appuyer sur un espace vraisemblable d'une réalité donnée plutôt que sur un référentiel spatial virtuel. L'analyse géographique alimente la modélisation et la simulation dans le SMA qui, en retour, permet de mieux comprendre les processus spatiaux.

Concernant la mer, l'Institut de Recherche de l'Ecole Navale (IRENav) développe actuellement un axe de recherche sur les systèmes multi-agents appliqués à la simulation de la navigation maritime[31]. L'objectif est d'étendre les fonctionnalités des logiciels ECDIS *(Electronic Chart Display and Information Systems)* sur le plan fonctionnel en s'appuyant notamment sur les étapes suivantes :

- exploitation d'un SIG qui permette de représenter l'environnement de navigation ;
- modélisation explicite des règles de navigation au sein d'un système logiciel automatisé ;
- développement d'un modèle multi-agents de traitement, de simulation et de visualisation de navigations concurrentes en temps réel.

En effet, dans le contexte actuel d'accroissement du trafic maritime, il existe un réel besoin d'outils de gestion des concurrences, d'anticipation et d'aide à la navigation permettant de prévoir les risques de collisions et d'échouage en tenant compte des contraintes que subissent les navires (vents, courant, marées...) et en calculant les trajectoires probables des navires. Afin de modéliser la trajectoire des navires et les différentes entités de l'environnement marin avec lesquelles les navires interagissent, les systèmes multi-agents se sont avérés des outils adéquats. Un outil de simulation de ce type, appelé TRANS (Tractable Role-based Agent for concurrent navigation System), est actuellement développé par l'IRENav (Fournier S. *et al.*, 2003).

Ainsi, il existe actuellement un potentiel de recherche autour des questions de couplage et de combinaison de modèles, qui repose sur une démarche interdisciplinaire entre informaticiens et thématiciens, et qui nécessite dans un premiers temps, de définir les systèmes de représentation, les modèles conceptuels et l'environnement opératoire commun aux différents types de modèles[32].

[31] http://www.ecole-navale.fr/fr/irenav/groupes/sig/thematique/simulation/multiagent.html
[32] D'après le thème de recherche n°2 du GDR SIGMA Cassini (http://cassini.univ-lr.fr/index.html)

5 CONCLUSION

La mer côtière est un espace fragile de plus en plus convoité qui représente un enjeu majeur pour le développement harmonieux des sociétés littorales. Il est donc essentiel de porter une attention particulière à cet espace marin et notamment aux activités humaines qui s'y déroulent.

Le besoin d'en favoriser une gestion intégrée dans un objectif de développement durable est affirmé par les nombreux programmes développés sur la zone côtière. Ils insistent plus particulièrement sur la nécessité de disposer d'informations adaptées afin d'en favoriser une approche globale, pluridisciplinaire et intersectorielle. La carence en matière d'informations relatives aux activités humaines est souvent soulignée. La compréhension de l'impact des activités sur le milieu implique, en premier lieu, de décrire leur déroulement dans le temps et dans l'espace.

Pour répondre à cet objectif, et contribuer à analyser le système « mer côtière », il faut pouvoir être en mesure de gérer une masse considérable de données d'origine et de nature diverses. C'est dans ce sens qu'une démarche de modélisation s'est imposée dans cette étude. Reposant sur des principes théoriques bien définis, et se focalisant sur les activités humaines, la méthodologie proposée vise à :

- intégrer des données de nature et d'origine diverses dans une plate-forme cohérente afin de produire une information permettant de mieux comprendre le déroulement des activités humaines en mer côtière ;
- simuler le déroulement des activités humaines en mer côtière suivant divers scénarios ;
- communiquer une information synthétique accessible à tous et adaptée à une gestion concertée.

DEUXIEME PARTIE : APPROCHE METHODOLOGIQUE

La méthodologie présentée vise à proposer une description dynamique du déroulement d'activités humaines en mer côtière. Elle s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre d'une plate-forme générique de modélisation DAHU (Dynamique des Activités Humaines) qui s'articule autour de deux modules : DAHU-MAL (Module Activités Littorales) et DAHU-MAM (Module Activités Marines). Ce dernier module a été développé dans le cadre de ce travail de recherche et fait donc l'objet d'une présentation approfondie.

1 LA PLATE-FORME DE MODELISATION DAHU

Dans le contexte d'un changement climatique global, et face à l'évolution des sociétés humaines, l'observation du domaine côtier représente un enjeu majeur (Cuq & Bourcier, 2002a). Le deuxième congrès international de l'IGPB (*International Geosphere Biosphere Program*) réuni à Yokohama (9-13 juin 1999) a notamment recommandé le développement de suivis scientifiques des modifications physiques, chimiques, biologiques ainsi que des usages anthropiques du milieu dans la perspective de modéliser les changements à long terme de l'environnement côtier sous l'influence des activités humaines et du climat. Ce type d'approche est actuellement mis en œuvre par la communauté scientifique relevant des Sciences de l'Environnement et s'est traduit depuis plusieurs années par la mise en place d'observatoires. On peut citer le programme américain *Long Term Environmental research* (LTER) qui s'appuie sur 24 structures, et en France, les Observatoires des Sciences de l'Univers (OSU) et les Observatoires de Recherche en Environnement (ORE).

Le laboratoire Géomer participe à la mise en œuvre d'un Observatoire du Domaine Côtier (ODC) pluridisciplinaire à l'Institut Universitaire Européen de la Mer[33]. Son objectif est d'identifier la part respective du climat et des usages anthropiques dans l'évolution du milieu. Dans cette perspective, il est nécessaire de définir les bases méthodologiques d'une démarche de modélisation des changements à long terme de l'environnement côtier sous l'influence des activités humaines et du climat (Cuq & Bourcier, 2002a). C'est dans ce contexte scientifique pluridisciplinaire que la plate-forme de modélisation « Dynamique des Activités HUmaines (DAHU) » a été élaborée au sein du laboratoire Géomer (Cuq, 2001 ; Le Tixerant, 2002a ; Leroy, 2001 ; Rouan, 2001 ; Tissot, 2003). Elle repose sur la transcription d'un environnement complexe en un modèle de réalité permettant la description du déroulement d'activités humaines dans l'espace et dans le temps et de leur impact sur le milieu.

[33] http://www.univ-brest.fr/IUEM/

Cette plate-forme se place dans une démarche transversale fondée sur une approche multi-agents couplée avec un SIG. Sa mise en œuvre est fondée sur :

- une phase d'analyse conceptuelle d'une réalité complexe visant à construire un modèle de réalité pertinent. Cette étape fournit la matière première indispensable à la phase suivante en produisant des éléments sous la forme d'entités et de relations exploitables par les applications géomatiques ;
- une phase de simulation qui consiste à intégrer les informations préalablement mises en forme au sein du simulateur de la Dynamique des Activités Humaines (DAHU).

Avant de décrire la démarche proprement dite, nous nous attacherons à définir les principes fondateurs de la méthode adoptée.

1-1 Les principes fondateurs

Les travaux scientifiques menés dans le cadre du programme « Environnement Vie et Société » (PEVS) du CNRS ont montré tout l'intérêt de la modélisation dans la compréhension des phénomènes d'origine anthropique (Billen *et al.*, 1997 ; Dervieux & Picon, 2000 ; Galtié & Trabaud, 2000 ; Meral *et al.*, 1997). Ils démontrent un réel besoin des Sciences de l'Homme en matière d'outils d'aide à la modélisation. En effet, la principale limite des développements actuels dans la compréhension des interactions Homme/milieu est due à la difficulté de prendre en compte la variabilité de l'influence anthropique sur les milieux naturels (Tissot, 2003) et d'en avoir une vision globale. La démarche adoptée propose donc de mener une réflexion transversale permettant de placer l'Homme au cœur du système et d'intégrer les dimensions spatiales et temporelles afin d'aboutir à une description dynamique du déroulement des activités en favorisant une approche déterministe.

1-1-1 Placer l'Homme au cœur du système

Quand on étudie des territoires intensément anthropisés, l'action de l'Homme doit impérativement être prise en compte dans l'évolution des milieux. De même, il est impensable de gérer ces territoires en faisant abstraction des usages et des acteurs locaux (Beuret & Pennanguer, 2002). L'intérêt de la communauté scientifique pour les pratiques anthropiques a profondément évolué, passant de l'analyse de l'individu en tant qu'entité autonome à celle de l'acteur humain en tant qu'élément de l'écosystème (Bousquet *et al.*, 1996).

Récemment, la notion « d'environnement de l'Homme » a orienté les recherches autour des interrelations entre biologie, écologie, sciences de la nature, sciences économiques et sociales. D'où la naissance du concept d'anthroposystème qui est fondé sur l'analyse de la structure du fonctionnement des systèmes complexes où interfèrent et interagissent des processus et des dynamiques naturelles et sociales (Lévêque, 2001).

Cette démarche repose notamment sur la compréhension des interactions entre les sociétés humaines et le milieu qu'elles exploitent. Cet objectif implique une bonne connaissance du milieu mais également la mise en œuvre d'une démarche plus conceptuelle basée sur la description du déroulement des activités humaines et leur interdépendance avec leurs territoires d'influence. Une approche fondée sur les interactions Homme/milieu est de ce fait indissociable d'une collaboration entre les Sciences de l'Homme et les différentes disciplines attachées à l'étude des écosystèmes.

1-1-2 Favoriser une approche globale

L'environnement, et notamment la description du territoire, reste encore enfermé dans des systèmes de référence disciplinaires ou sectoriels peu ou mal adaptés (Bertrand & Bertrand, 2000). Chaque domaine, et donc chaque acteur, peut en donner sa vision dans son propre référentiel spatio-temporel (Chevalier, 1994) alors que la promotion du développement durable place le territoire au croisement de différents systèmes (écologique, social, économique, politique) qui doivent impérativement être considérés dans leur globalité et leurs interactions pour en dégager une fusion adaptée aux exigences d'une approche intégrée et opérationnelle (Carbonel, 1991). Il est donc essentiel de s'appliquer à modéliser le fonctionnement et le comportement du territoire dans son ensemble, plutôt que d'analyser et d'évaluer l'impact d'une action isolée sur l'environnement ou de répondre aux besoins d'un secteur d'activité précis (Prelaz-Droux, 1995).

Si une approche pluridisciplinaire apparaît alors essentielle, elle doit aussi pouvoir s'appuyer sur des supports intégrateurs mettant en valeur l'interdépendance entre les différents éléments du système. En effet, la mise en œuvre d'un objectif de gestion intégrée doit s'élaborer dans un référentiel spatio-temporel cohérent englobant toutes les thématiques considérées ; ce qui implique de disposer d'un support intégrateur, non seulement pour décrire les objectifs de planification mais également pour contribuer à structurer les bases d'information en influant directement sur les choix d'architecture qui président à leur élaboration (De Sède *et al.*, 1993).

- **Le territoire comme élément intégrateur**

Le premier référentiel pouvant agir comme support intégrateur est le territoire. Il représente en effet le support commun à l'ensemble des phénomènes environnementaux et des activités humaines présentes (De Sede & Theriault, 1996). L'objectif poursuivi consiste donc à observer le déroulement simultané des activités au sein d'un même espace géographique et non d'aboutir à une vision sectorielle des différentes zones de pratique. C'est pourquoi, la démarche de modélisation doit s'appuyer sur les notions d'espace, de territoire, d'usages et sur les perceptions qu'en ont les acteurs concernés. Elle doit permettre de refléter le fonctionnement global du territoire afin d'en décrire ses différents états, ainsi que les causes de son évolution.

La démarche de modélisation constitue alors une représentation conceptuelle de la problématique territoriale, dans laquelle s'incarnent les différentes logiques d'acteurs et les différentes dynamiques socio-spatiales (Roche V. & Batton-Hubert, 1998).

La pratique actuelle contourne généralement le problème en proposant des démarches de modélisation pour aider à la gestion des données internes à une institution (administration, collectivité locale, organisation professionnelle) (Prelaz-Droux, 1995). Dans ce cas, la démarche de modélisation tend à refléter le fonctionnement de l'institution elle-même, plutôt que le territoire dans sa globalité.

- **Le temps comme élément intégrateur**

Le second référentiel pouvant agir comme support intégrateur est le temps. Globalisant et neutre, le temps transcende les clivages car il inscrit tous les éléments dans un mouvement commun et soumet l'environnement à l'épreuve d'une temporalité pluridisciplinaire (Bertrand & Bertrand, 2000). Au même titre que le territoire, il peut représenter un référentiel commun à l'ensemble des phénomènes environnementaux et des activités humaines présentes dans un espace donné. L'objectif poursuivi consiste à observer le déroulement simultané des activités durant une période définie et non d'aboutir à une description des différents calendriers de pratique de manière indépendante. D'où la nécessité de prendre en compte le facteur temps en développant le concept « d'état » de l'environnement (Bertrand & Bertrand, 2000) et l'observation d'évolution sur des périodes plus longues.

Etre capable de décrire un état de l'environnement à un instant t en fonction des différents paramètres entrant en jeu implique d'être en mesure de combiner des phénomènes évoluant à des rythmes et à des échelles de temps différents (Claramunt & Theriault, 1995). De même qu'on gère la dimension spatiale des données avec une certaine précision géométrique, la dimension temporelle doit être gérée avec une certaine résolution. Il existe trois modes principaux d'évolution des phénomènes (Pornon, 1998) :

- le mode statique (échelle séculaire ou millénaire) concerne des phénomènes qui, à l'échelle humaine ou historique, sont thématiquement et spatialement constants (par exemple, les phénomènes géologiques) ;
- le mode lent (échelle annuelle) correspond à une évolution progressive. Il nécessite un nombre restreint d'états temporels. Par exemple, la réglementation évolue généralement selon ce mode, à un rythme annuel ;
- le mode dynamique (échelle journalière) qui caractérise, par exemple, les processus météorologiques.

Les temporalités des contraintes (environnementales, réglementaires, météorologiques…) influençant la pratique des activités sont donc très variables mais elles ont toutes une influence plus ou moins directe sur leur déroulement. Ainsi, pour obtenir un état des activités présentes en mer à un instant t, il faut être en mesure de prendre en compte ces différentes temporalités.

En fonction des données disponibles, la plate-forme DAHU est conçue pour permettre de comprendre la façon dont les activités évoluent au cours du temps en gérant des historiques et en étant en mesure de proposer des scénarios prospectifs.

1-1-3 Favoriser une approche déterministe

Il est illusoire de disposer de modèles permettant de décrire l'ensemble des comportements humains, des mécanismes de décisions et d'évolution des rapports de force au sein d'une société. Le comportement des sociétés humaines est très difficilement prévisible à long terme car les paramètres susceptibles de le faire évoluer sont excessivement nombreux et aléatoires. L'homme est irréductible à une équation ou à un traitement de signes (Zaoual, 2000). L'approche non-déterministe s'avère donc peu adaptée à la mise en œuvre de modèles, plus encore dans le domaine des Sciences Humaines où aucun algorithme n'est en mesure de rendre compte de la complexité des comportements, de la décision et des rapports de force qui expliquent les actions humaines (Tissot, 2003).

La modélisation de l'utilisation anthropique du milieu ne peut être opérée qu'à l'aide de modèles quantitatifs fournissant des résultats vraisemblables, dans la mesure où la recherche du réalisme en matière de modélisation des comportements humains est peu crédible (Cuq, 2000). Dans ce sens, il apparaît nécessaire, dans un premier temps, d'envisager la modélisation des activités humaines en isolant la part la plus déterministe de leur déroulement et de leur impact sur le milieu. Si l'on considère que les différents usages du milieu par l'Homme peuvent être décrits de façon précise dans le temps et dans l'espace et que ces utilisations sont relativement stables à court et moyen termes, il devient alors possible d'envisager la modélisation des interactions entre les activités humaines et le milieu.

Une démarche de modélisation du déroulement des activités humaines semble donc possible à condition de s'appuyer sur des hypothèses et des objectifs clairement définis. L'objectif est d'aboutir à une modélisation « vraisemblable » de la réalité en se basant sur les principes suivants :

- adopter une approche discrétisée dans le temps en considérant que les pratiques humaines évoluent par paliers successifs et que, pour un laps de temps relativement court, les changements sont peu significatifs ;
- sélectionner les activités les plus déterministes. Dans notre cas, les activités professionnelles sont privilégiées car elles reposent généralement sur des modes de fonctionnement standardisés pouvant être décrits de manière archétypique[34]. Ce constat valide l'hypothèse d'une approche quasi-déterministe ;
- sélectionner les activités qui sont susceptibles d'avoir un impact sur le milieu. Ce principe est lié au précédent puisque les activités ayant le plus d'impact sur l'environnement sont généralement les plus intensives (pêche industrielle, exploitation des ressources minérales, navigation commerciale…).

[34] Modèle invariant commun à un groupe d'activités

1-2 La démarche conceptuelle

La première étape correspond à la phase d'analyse conceptuelle du réel qui aboutit à la création d'un modèle de réalité pertinent au regard des objectifs poursuivis. Elle s'appuie sur la représentation des phénomènes et des processus par le biais d'entités et de relations, en décrivant leurs caractéristiques thématiques, spatiales et temporelles (Prelaz-Droux, 1995).

1-2-1 Une étape indispensable

Comme le souligne Cuq (Cuq, 2000), « une bonne décision en matière de gestion de l'environnement côtier doit aboutir, à partir d'une connaissance détaillée des interactions à court, moyen et long terme, à améliorer globalement l'état du système dans la perspective de l'entretien des ressources renouvelables et du développement durable des sociétés humaines. A partir de ce principe, on peut définir les conditions initiales nécessaires à la description du modèle de réalité que l'on veut construire. Son élaboration repose sur une prise en compte précise du système étudié, des relations entre ses différents compartiments et des processus dynamiques qui le structurent. Cette description doit s'appuyer sur une analyse de la pertinence des échelles spatiales et temporelles qui permettront de décrire le fonctionnement du système. Les systèmes côtiers sont généralement très complexes et leur situation à l'interface entre l'océan, la terre et l'atmosphère impose la prise en compte d'un modèle de réalité très élaboré. La définition d'un modèle de réalité pertinent pour la gestion intégrée des zones côtières doit prendre en compte des échelles spatiales variées, du local au global, et des durées allant du court au long terme, en préservant un lien fonctionnel entre ces différentes échelles spatiales et temporelles et en adaptant le niveau de détail et la précision des informations au niveau d'analyse souhaité ». Ce modèle de réalité conditionne l'explication des relations entre les entités qui composent le système et donc la forme et la nature des données qui doivent être collectées. Sa mise en œuvre repose sur le choix de formalismes communs pour la description des composantes naturelles et anthropiques (Cuq *et al.*, 2001).

Ainsi, véritable schéma simplifié du fonctionnement du système étudié, le modèle de réalité constitue le préalable indispensable à l'identification des entités constitutives de la base de connaissance[35] et des relations qui les associent.

[35] Une base de connaissance contient l'ensemble des clefs et informations nécessaires à la résolution d'un problème posé : ressources humaines, compétences diverses, données numériques, données analogiques… Dans notre cas, elle fait appel à des connaissances utiles dans le cadre de l'analyse et de la gestion du territoire.

Actuellement, la plupart des travaux scientifiques concernant l'environnement n'accordent que peu d'importance à la démarche d'analyse conceptuelle permettant de formaliser les données à acquérir, les tâches à réaliser, les méthodes de résolution de problème à appliquer lors de la conduite du projet (Cuq & Bourcier, 2002a ; Pornon, 1993). Pourtant, les insatisfactions liées à l'exploitation des SIG sont souvent associées à des insuffisances dans l'analyse conceptuelle et méthodologique lors des étapes initiales de définition de l'architecture du système et dans la coordination globale des projets (De Sede & Theriault, 1996). Dans le cadre de la mise en œuvre de la plate-forme DAHU, une attention particulière a donc été portée à cette phase méthodologique.

1-2-2 Principales caractéristiques

Les principales contributions scientifiques traitant de la modélisation des interactions Homme/milieu insistent sur la difficulté d'intégration des dimensions spatiales et temporelles dans les approches proposées (Cheylan *et al.*, 1994 ; Claramunt *et al.*, 1999 ; Legay, 2000 ; Parent *et al.*, 1999). Pourtant, la mise en cohérence d'un vaste ensemble de données hétérogènes relatives aux activités humaines de la zone côtière implique de les caractériser par rapport aux aspects fondamentaux qui nous permettent de les appréhender, soit l'espace et le temps (Theriault, 1994). Pour y parvenir, la démarche proposée par la plate-forme DAHU se base sur le fait que le déroulement des activités humaines est conditionné par de nombreuses contraintes de nature et d'origine diverses. Les principaux types de contraintes sont dus :

- aux caractéristiques environnementales,
- aux variations climatiques à long terme et aux conditions météorologiques à court terme,
- au contexte institutionnel et juridique,
- aux conditions socio-économiques.

Des contraintes culturelles pourraient également être prises en compte. Ainsi, au sein de certaines sociétés traditionnelles, des contraintes spirituelles influencent parfois fortement les pratiques, comme c'est le cas dans l'archipel des Bijagos (Guinée Bissau) où des sites à caractère sacré interdisent la pratique de certaines activités (Cuq *et al.*, 2001).

Pour mettre en évidence le déroulement des activités et leur impact sur le milieu, il est donc nécessaire de disposer d'une méthode permettant l'intégration de ces différentes contraintes. Dans DAHU, chaque contrainte de pratique est identifiée par un filtre spatio-temporel (figure 15). Ainsi pour chaque contrainte, il est nécessaire d'identifier parmi les données initiales, celles qui ont une influence sur le déroulement et l'intensité de la pratique.

La prise en compte simultanée de ces différents filtres conduit à ébaucher le déroulement des activités dans le temps et dans l'espace. Considérant que les activités humaines ne peuvent être décrites qu'en termes de probabilité de présence ou d'absence, il est donc possible d'établir pour chaque activité (figure 15) :

- un **Territoire de Pratique Potentielle (TPP)**. Il permet d'identifier les zones où sont susceptibles de se pratiquer les activités humaines en fonction des contraintes qui conditionnent spatialement leur déroulement ;

- un **Calendrier de Pratique Potentielle (CPP)**. Il permet d'identifier des périodes au cours desquelles sont susceptibles de se pratiquer les activités humaines en fonction des contraintes qui conditionnent temporellement leur déroulement.

L'autre spécificité de ce prototype est de baser l'ensemble de la démarche de modélisation sur la description technique d'activités humaines. Le choix des archétypes est réalisé à partir d'une typologie détaillée des différentes activités présentes sur le territoire étudié (figure 15). L'objectif n'est pas de formaliser une représentation du déroulement d'activités virtuelles sur un territoire théorique mais bien de proposer un outil descriptif fondé sur le dépouillement de données existantes.

Par ailleurs, le système de modélisation proposé ne doit pas répondre aux besoins d'un seul secteur d'activité mais a pour vocation de décrire le déroulement simultané de différentes activités sur le territoire et en permettre ainsi une vision globale. Une approche commune est donc adoptée pour toutes les activités. C'est à cette condition que la démarche de modélisation peut favoriser la communication et la concertation entre les différents acteurs du territoire.

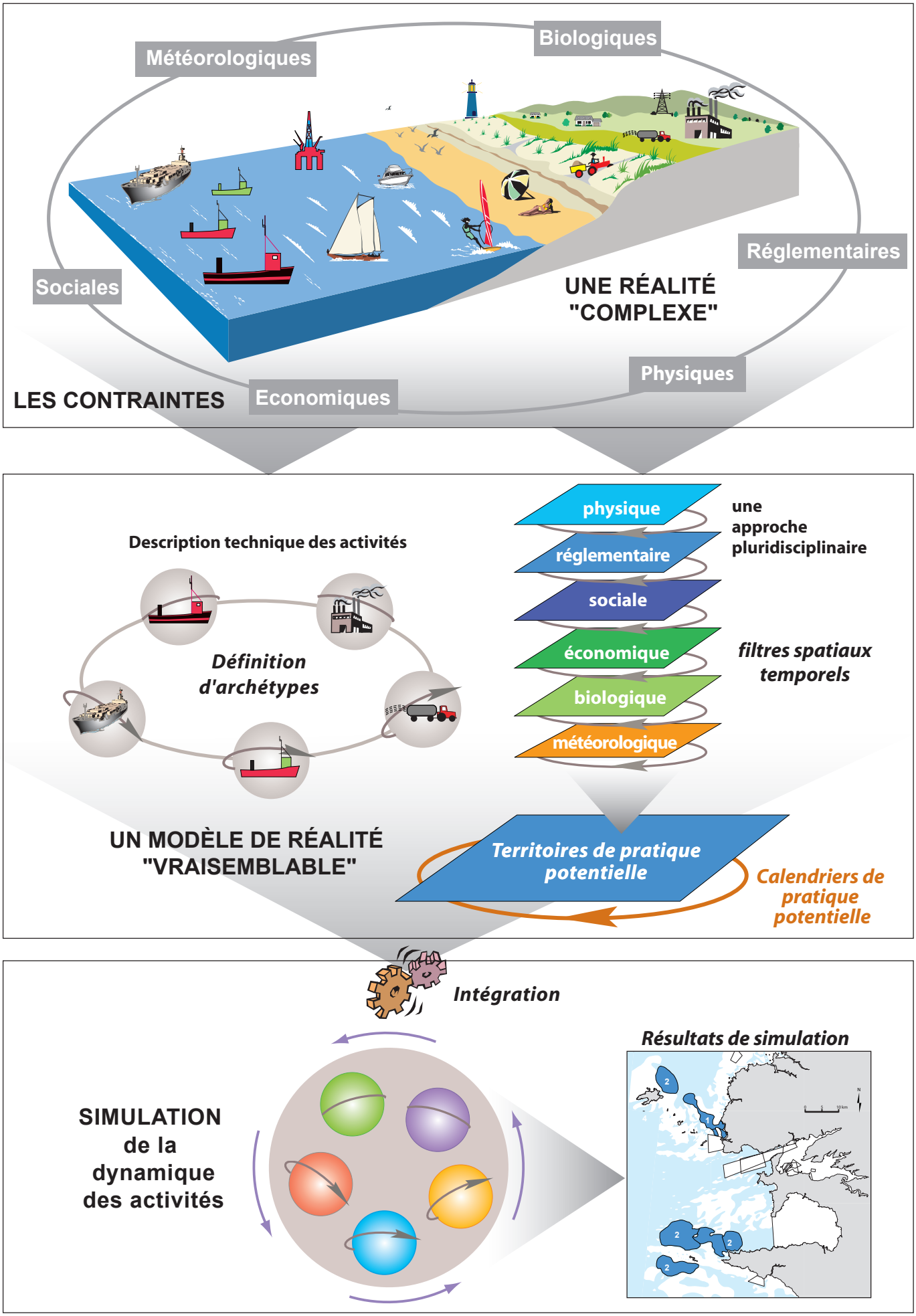


Figure 15. Démarche conceptuelle de la plate-forme DAHU, en préalable à la phase de simulation.

1-3 La phase de simulation

La mise en œuvre du simulateur dépend de la capacité du modèle de données à mettre en relation les entités définies par le modèle de réalité précédemment décrit. Pour nous assister dans le développement du simulateur, un partenariat avec le laboratoire d'informatique L3I de l'Université de la Rochelle a été mis en place dans le cadre du PEVS (Programme Environnement Vie et Société) du CNRS et du programme SIG (CNRS/IGN). Cette collaboration entre des thématiciens et des informaticiens qui offre une bonne complémentarité d'approche, a conduit au développement du simulateur DAHU dont l'objectif était de décrire le fonctionnement et la distribution spatio-temporelle d'agents représentatifs d'activités à fort impact environnemental.

Dans sa conception, le simulateur est doté d'une architecture s'inspirant directement d'un Système Multi-Agents (SMA). En effet, chaque activité de la réalité est représentée par un agent autonome capable de réagir à un environnement vraisemblable préalablement modélisé. La différence avec les SMA classiques réside dans le fait que, dans sa phase actuelle de développement, les agents[36] de DAHU ne sont pas en relation et ne peuvent donc pas interagir entre eux.

Le simulateur DAHU suit un schéma classique de fonctionnement : préparation des données d'entrée, simulation et exploitation des résultats. Le système est interfacé avec un SIG dont il dépend à la fois pour la mise en forme des données d'initialisation (pré-processeur) et pour l'exploitation des résultats en sortie (post-processeur). Globalement, le système est constitué de trois sous-systèmes (figure 16) :

- le pré-processeur permet de préparer l'ensemble des données de forçage du modèle *via* le SIG notamment ;

- le processeur est chargé de réaliser les simulations en tenant compte des contraintes influant sur le déroulement des pratiques (préalablement mises en forme par le pré-processeur) ;

- le post-processeur exploite les résultats en sortie de modèle, notamment par des restitutions cartographiques *via* le SIG.

[36] Un agent est une entité physique ou informatique qui est capable de percevoir et d'agir sur son environnement, qui ne dispose que d'une représentation partielle de son environnement (et parfois aucune), qui peut communiquer avec d'autres agents, qui poursuit un objectif individuel, qui possède des compétences et qui peut éventuellement se reproduire. Son comportement final est la conséquence de ses objectifs, de sa perception, de ses compétences et des communications qu'ils peut avoir avec les autres agents (Ferber, 1995).

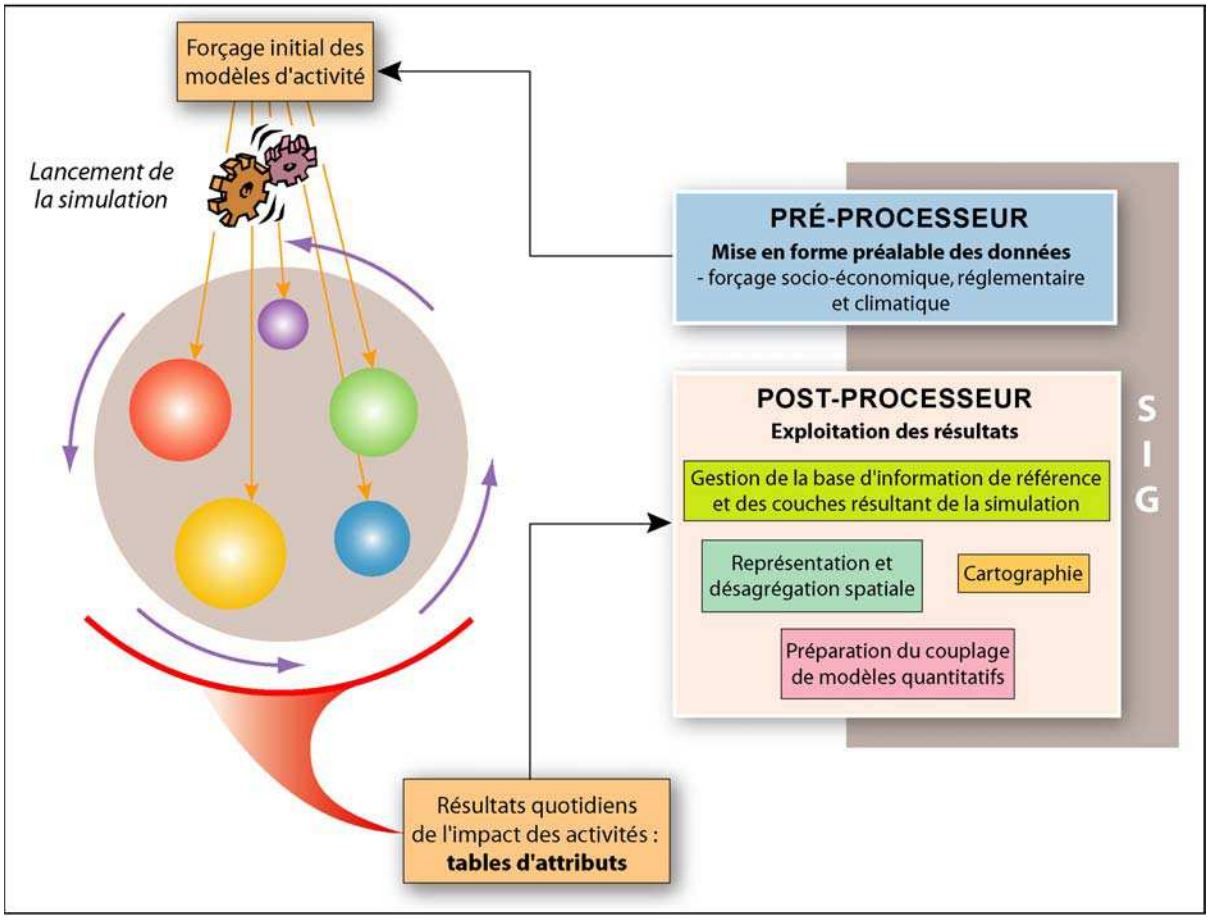


Figure 16. Fonctionnement global du simulateur DAHU (Cuq, 2001).

Le simulateur DAHU a fait l'objet d'une spécification en UML et a été implémenté en langage orienté-objet (C++) (Rouan, 2001). L'interface homme-machine de DAHU a été développée à l'aide de Map Object 2.1 (ESRI) (Annexe 1).

1-4 Une plate-forme générique basée sur des modules distincts

En choisissant de s'intéresser aux zones côtières et donc aux activités marines et terrestres, l'approche proposée par le prototype DAHU devait s'affranchir des spécificités inhérentes aux différents types d'activité. Une méthodologie unique a été adoptée de manière à garantir la réussite de la démarche. La plate-forme DAHU dépasse en ce sens les objectifs d'un modèle orienté objet classique en fournissant un cadre conceptuel générique capable de modéliser conjointement des processus dissemblables et transposables à d'autres types de milieux (Tissot, 2003). A son stade actuel, DAHU a été développé sur deux ensembles d'activités dédiés aux usages terrestres et marins (figure 17) :

- DAHU-MAL (Module Activités littorales) (Tissot, 2003),
- DAHU-MAM (Module Activités Marines) développé dans le cadre de cette recherche (Le Tixerant *et al.*, 2003b).

Cette séparation se justifie afin de disposer d'un cadre spatial cohérent pour chacune des pratiques ; le découpage administratif à terre (commune, POS…) n'ayant pas d'équivalent en mer. Chaque ensemble donne donc lieu à une approche descriptive différente, en raison de la spécificité des territoires de pratique et de la nature des données disponibles.

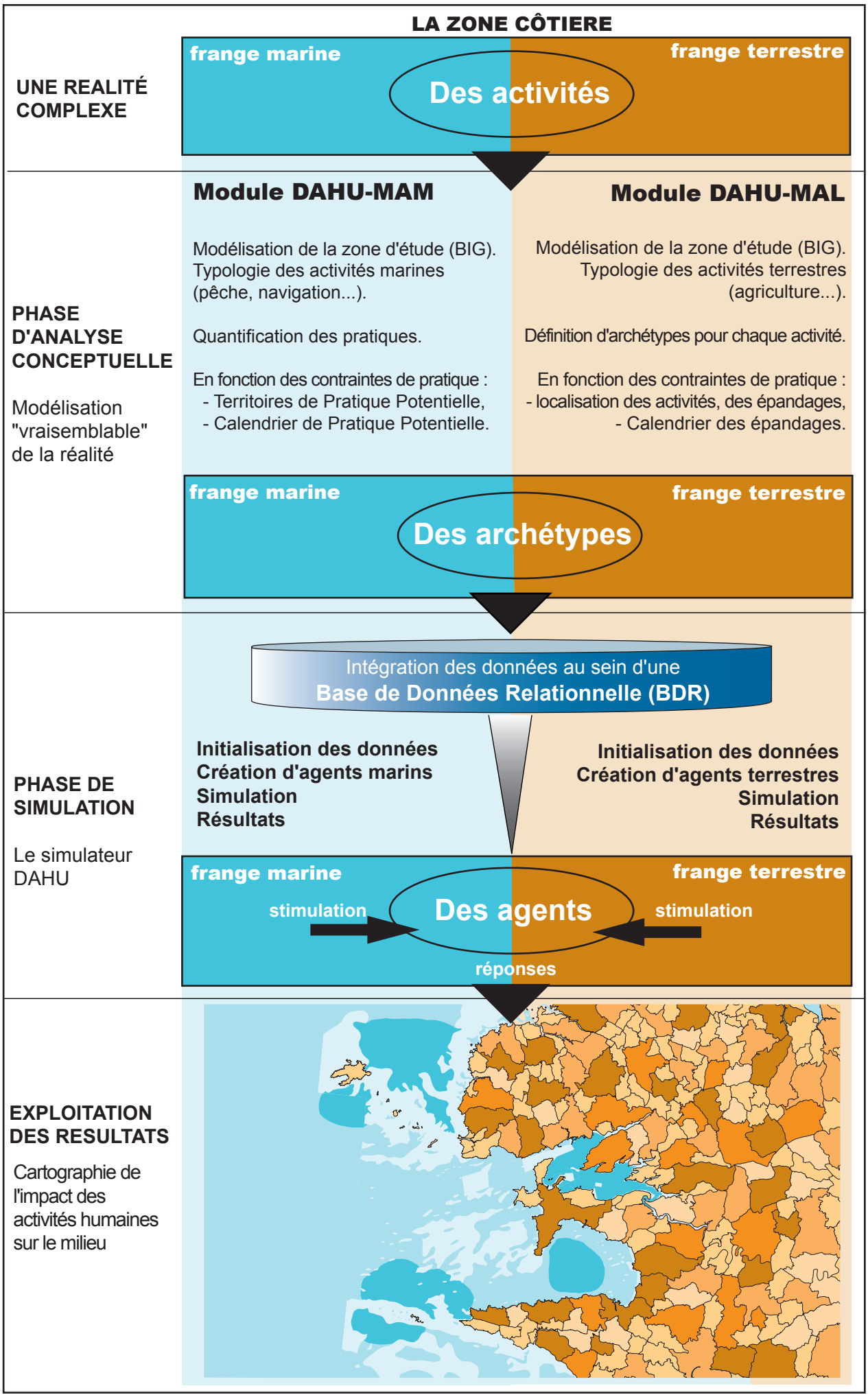


Figure 17. Les deux modules constituant la plate-forme de modélisation DAHU.

- **le module DAHU-MAL**

Le contexte finistérien donne une image assez représentative des interactions que l'on peut rencontrer en zone côtière. La juxtaposition d'activités agricoles à fort impact environnemental (élevage porcin et aviaire) y constitue un perturbateur incontestable de la qualité du milieu terrestre et marin. Le Module Activités Littorales (MAL) a donc été développé au sein de la plate-forme DAHU pour modéliser la variabilité de l'impact des activités d'élevage intensif à l'échelle du département du Finistère. La méthodologie proposée repose sur la constitution de modèles de réalité simulant le fonctionnement des activités d'élevage intensif et les pratiques de fertilisation qui leur sont associées (Tissot, 2003).

La démarche conceptuelle repose sur :

- la construction d'archétypes permettant de décrire le déroulement des activités hors-sols à partir d'une typologie des pratiques d'élevage intensif. Ce premier niveau de spécification aboutit à la formalisation d'une série d'agents intégrés au prototype DAHU-MAL ;
- la définition d'un territoire et d'un calendrier de pratique potentielle des épandages à partir de différents filtres réglementaires, socio-économiques et climatiques représente la seconde étape du processus.

Ces éléments permettent de définir des variables de forçage intégrées au simulateur et plus généralement d'évaluer l'impact des activités à différents niveaux d'échelle. Plus précisément, les calculs effectués par le prototype DAHU-MAL ont pour finalité de mettre en relation le fonctionnement des activités d'élevage intensif et l'ensemble des contraintes spatio-temporelles fixant la variabilité des émissions d'effluents organiques (figure 18).

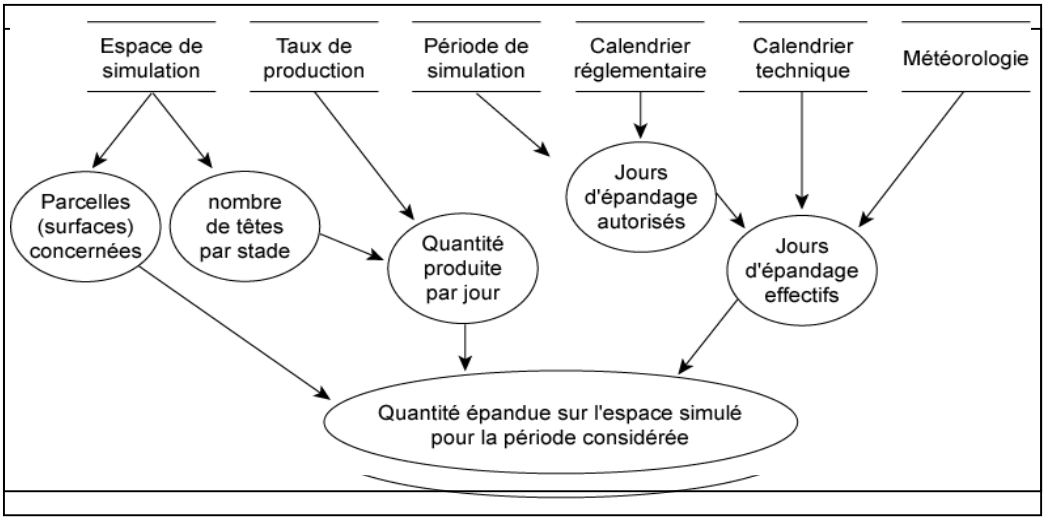


Figure 18. Diagramme de dépendance entre les différents paramètres de simulation de DAHU-MAL (Tissot, 2003).

En termes de résultats thématiques, Les différentes simulations réalisées ont notamment montré l'influence considérable des contraintes socio-juridiques et météorologiques dans le déroulement des pratiques d'épandage (figure 19).

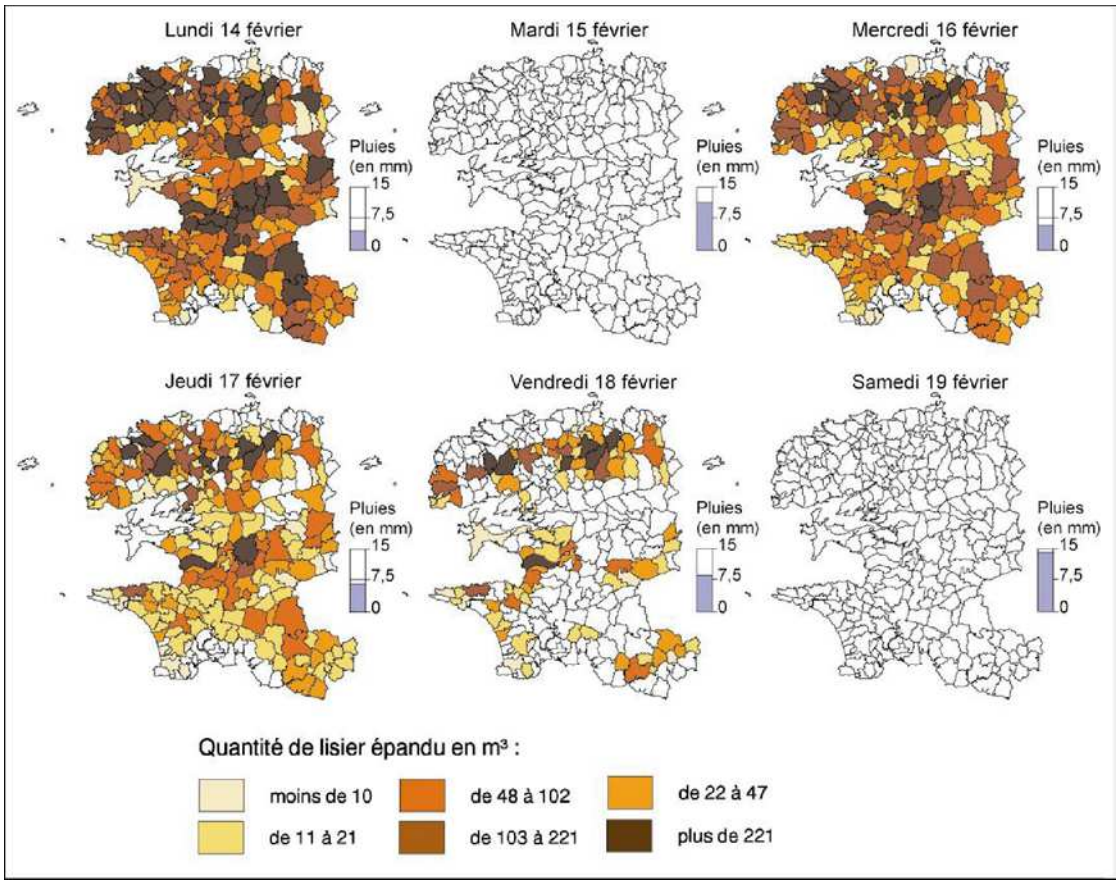


Figure 19. Variabilité journalière des épandages à l'échelon communal dans le département du Finistère en 2000 (Tissot, 2003).

Chaque carte indique le bilan journalier des épandages de lisier de porcs (à l'échelon communal dans le département du Finistère) calculé par le prototype DAHU-MAL mettant en évidence l'influence du climat dans la répartition spatiale et temporelle des émissions d'effluents d'élevage. Cette variabilité est liée aux conditions réglementaires fixant les droits d'épandage pour les éleveurs hors-sol. Les textes juridiques intègrent en effet une clause interdisant les campagnes de fertilisation à base de lisier lorsque les précipitations journalières dépassent un certain seuil. Cette contrainte explique l'absence d'épandage le 15 février. Lorsqu'un tel épisode se produit, il est généralement suivi d'une reprise plus intensive des amendements en raison de la nécessité pour l'éleveur de vider les stocks de matière organique accumulés durant les périodes d'interdiction (16 février).

2 LA DEMARCHE CONCEPTUELLE (MODULE ACTIVITES MARINES)

Du point de vue théorique, l'étude des systèmes complexes repose avant tout sur une description de la réalité que l'on étudie, de ses composantes dynamiques et de leurs relations. Sur la base d'une approche systémique classique, on peut ainsi proposer des modèles à partir desquels pourront être émises les hypothèses de recherche et de gestion. L'étude des variations spatio-temporelles des systèmes apparaît à cet égard comme un préalable indispensable à l'évaluation de l'impact de l'Homme sur le milieu.

En ce qui concerne les activités humaines, les principaux problèmes rencontrés résident dans la production d'une information pertinente décrivant leur déroulement dans le temps et dans l'espace (Gautier, 2000). Cette étape implique une bonne connaissance du territoire et des pratiques, des ressources et des acteurs qui les gèrent et repose en grande partie sur des travaux d'enquêtes et des observations de terrain. Cependant, étant donné la complexité des systèmes étudiés, il est également nécessaire de proposer, en lien direct avec le terrain, une méthode se basant sur l'analyse et l'exploitation des nombreuses données existantes. Souvent hétérogènes, et éparpillées entre différents acteurs, leur exploitation implique une méthodologie permettant de les structurer, de les intégrer au sein d'un référentiel unique et de les analyser de façon à produire une information inédite. Grâce à cette première approche méthodologique, les données complémentaires acquises par la suite pourront d'autant mieux être intégrées et exploitées.

Dans cette thèse, la démarche vise à exploiter des données existantes afin d'aboutir à des informations permettant de répondre à trois types de questions :

- **Où et quand** les activités sont-elles susceptibles de se dérouler ?
- **Combien ?** Il s'agit d'associer aux données spatio-temporelles des données statistiques (nombre de navires, types de navires, débarquements) afin d'être en mesure de quantifier les activités.

Mais, en préalable, un inventaire des différentes activités présentes sur la zone d'étude doit être effectué à partir duquel une typologie des activités humaines peut être proposée.

2-1 Typologie des activités humaines en mer côtière

Diverses typologies des activités en zone côtière ont été proposées par différents auteurs (tableau 8). Elles varient selon les approches et sont plus ou moins complètes du fait qu'elles peuvent concerner à la fois les franges marines et terrestres de la zone côtière (Pido & Chua, 1992 ; Sorensen & McCreary, 1990) ou uniquement la mer côtière (Anonyme, 1991 ; Couper, 1983 ; Vallega, 1992).

Modèle de Couper (1983)	Modèle de Sorensen et McCreary (1990)	Modèle de Pido et Chua (1992)	Modèle de Vallega (1992)	Anonyme (Hawaï) (1991)
1. Navigation et communication 2. Ressources minérales et énergétiques 3. Ressources biologiques 4. Receptacle de déchets et pollutions 5. Loisirs 6. Recherche 7. Qualité de l'environnement marin	1. Pêches 2. Zones naturelles protégée 3. Ressource en eau 4. Loisirs 5. Tourisme 6. Ports 7. Energie 8. Naufrage de navires transportant des matières dangereuses 9. Industries 10. Agriculture 11. Aquaculture	1. Agriculture 2. Pêches et aquaculture 3. Infrastructure 4. Exploitation minière 5. Ports 6. Industries 7. Tourisme 8. Urbanisation 9. Forêts 10. Navigation	1. Ports 2. Navigation 3. Pipelines 4. Câbles 5. Trafique aérien 6. Ressources biologiques 7. Hydrocarbures 8. Ressources renouvelables métalliques 9. Energies renouvelables 10. Défense 11. Loisirs 12. Aménagements de front de mer 13. Réceptacle de déchets 14. Recherche 15. Archéologie 16. Protection de la nature	1. Recherche 2. Loisir 3. Ports 4. Pêches 5. Protection des écosystèmes marins 6. Protection contre l'érosion côtière 7. Gestion des déchets 8. Aquaculture 9. Energie 10. Protection des mammifères marins

Tableau 8. Exemples de modèles de classification des usages en zone côtière (Vallega, 1996).

En 1998, une typologie complète des principaux usages et activités de la zone côtière est proposée à partir d'une synthèse exhaustive des travaux antérieurs réalisés sur ce thème (Cicin-Sain & Knetch, 1998). La typologie des activités humaines en mer côtière présentée ci-après (figure 20) s'en inspire directement. Plutôt qu'une simple liste, les activités humaines y sont recensées et structurées en fonction de leur mode d'utilisation du milieu.

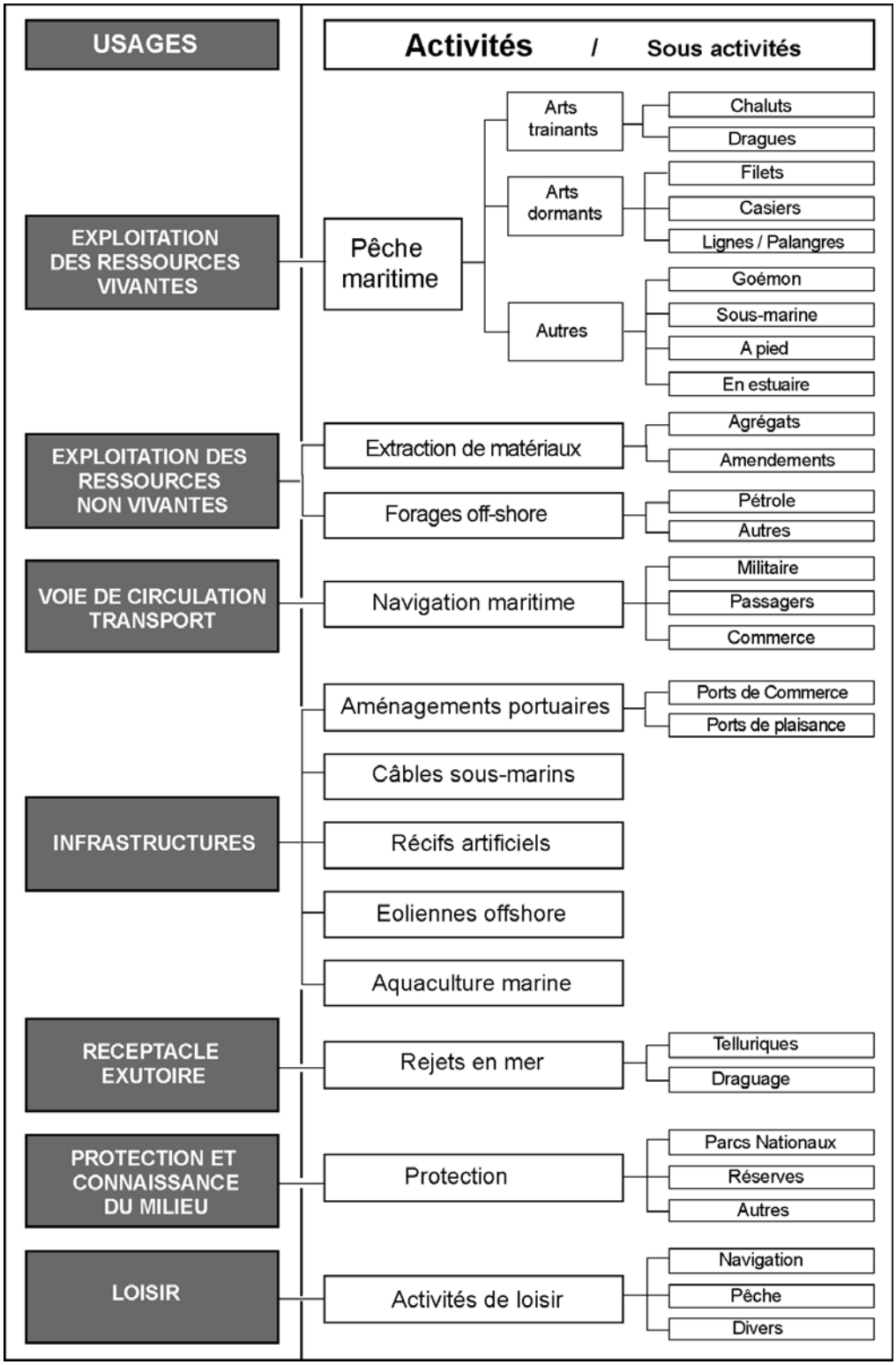


Figure 20. Proposition de typologie des activités humaines en mer côtière (Cicin-Sain & Knetch, 1998).

2-2 Les filtres spatio-temporels

Les activités humaines en mer côtière sont soumises à diverses conditions ou contraintes qui influent plus ou moins directement sur leur déroulement. Il s'agit principalement des conditions environnementales, réglementaires et socio-économiques.

2-2-1 Le filtre « contraintes environnementales »

- **Les contraintes physiques**

Les activités humaines en mer côtière doivent s'adapter aux contraintes physiques du milieu : hydrologie, bathymétrie, géomorphologie sous-marine, marées et courants associés…

Par exemple, la bathymétrie et l'hydrologie ont une influence déterminante sur la navigation maritime. Les bateaux à fort tirant d'eau n'ont pas accès à certaines zones de la mer côtière. Dans le domaine halieutique, la pratique de métiers utilisant des engins traînés sur le fond (le chalut de fond ou la drague à coquillage) est improbable sur les fonds rocheux.

- **Les contraintes biologiques**

Dans le cas de l'exploitation d'une ressource vivante, il est également indispensable de synthétiser les connaissances acquises sur sa biologie pour mieux comprendre les modes d'exploitation.

Par exemple, dans le cas de la pêche à la ligne traînante, la pratique est impossible durant les périodes de frai. Les poissons ont alors d'autres soucis que la nourriture…

- **Les contraintes météorologiques**

En milieu marin, la météorologie est une contrainte très forte qui agit directement sur le déroulement des activités. Les principaux paramètres sont le vent (force et direction), la houle (hauteur, période, direction), l'état de la mer (résultant de la houle et du vent), la température.

Ainsi, durant les périodes de tempête, la plupart des pratiques est impossible. Même les navires de taille importante peuvent être contraints de rejoindre des zones de mouillage protégées. Des coefficients de marée élevés peuvent entraîner des courants trop forts pour la pratique d'activités telles que la pêche au filet ou au casier (les bouées de repérage des filets coulent, du goémon peut s'accumuler dans les filets).
De même, des températures trop basses peuvent interdire la pratique de la pêche à la coquille St-Jacques car elles meurent sur le pont du bateau et sont donc inaptes à la vente.

2-2-2 Le filtre «contraintes réglementaires »

En milieu marin, il est particulièrement important de pouvoir accéder aux contraintes réglementaires et d'analyser leurs répercussions dans l'espace et dans le temps sur les activités humaines. Il est en effet difficile de comprendre leur déroulement si l'on fait abstraction du cadre réglementaire dans lequel elles s'inscrivent (Catanzano & Thebaud, 1995). La réglementation encadre les activités, notamment en termes d'extension géographique, de période et d'intensité. Dans la majorité des cas, il n'existe effectivement pas de limites physiques fixes permettant d'attribuer un espace à une activité. Elles sont remplacées par des limites virtuelles de type réglementaire.

A titre d'exemple**,** on peut citer le cas de la pêche à la coquille St-Jacques dans la bande côtière française. La capture de la coquille St-Jacques, à titre professionnel, n'est autorisée qu'au moyen de dragues dont les caractéristiques réglementaires sont définies par arrêté ministériel. Outre la réglementation liée directement aux caractéristiques de l'engin, au poids maximum autorisé et à la taille des captures, leur emploi est limité dans des zones réglementairement définies : les gisements classés. A l'intérieur de chaque gisement, une réglementation spécifique s'applique qui implique notamment la définition de périodes de pratique et, pour le pêcheur, de disposer d'une autorisation administrative sous la forme d'une licence de pêche. Ainsi, dans le cas d'une activité très encadrée telle que la pêche à la drague, sans même s'intéresser directement aux pratiques, la réglementation permet d'identifier des zones et des périodes de pêche ainsi que le nombre de navires susceptibles de pratiquer.

La réglementation revêt donc, en milieu marin, une importance particulière et constitue un filtre pertinent pour identifier les zones et périodes concernées par le déroulement d'une activité. Cela est d'autant plus vrai pour des activités artisanales telles que la pêche côtière, difficile à appréhender directement, en raison du peu d'informations descriptives disponibles, de la grande diversité des métiers pratiqués et de la dispersion des flottilles[37] le long du littoral (Bolopion *et al.*, 2000).

La complexité du cadre réglementaire et l'abondance des textes juridiques justifient la mise en place d'une analyse particulière. Dans le cadre de cette thèse, il nous a donc semblé utile de réaliser une étude plus approfondie sur la construction du filtre « réglementation ». Nous avons notamment choisi de détailler la méthodologie ayant pour objet de représenter de façon synthétique et spatialisée les diverses dispositions réglementaires conduisant à l'établissement de zones et de périodes à accès interdit ou restreint pour les activités humaines en mer (Le Tixerant, 2002b ; Le Tixerant *et al.*, 2003a). Pour mener à bien ce travail, un partenariat scientifique a été établi avec le CEDEM[38]. Dans un premier temps l'exercice a concerné les activités halieutiques dans la bande côtière française. L'intégralité de la méthodologie adoptée et les principaux résultats obtenus sont présentés en annexe (Annexe 2).

---

[37] Une flottille se définit comme un ensemble de navires adoptant des stratégies de pêche similaires, c'est-à-dire pratiquant le même métier ou la même combinaison de métiers.

[38] Centre de Droit et d'Economie de la Mer (Université de Bretagne Occidentale)

2-2-3 Le filtre « contraintes socio-économiques »

Le déroulement des activités humaines dans le temps et dans l'espace, et donc leur impact sur le milieu, dépend aussi du contexte socio-économique dans lequel elles évoluent. Ce paramètre est particulièrement délicat à intégrer dans la mesure où il dépasse souvent très largement la zone étudiée. Dans un premier temps, des périodes et/ou des zones de pratique économiquement non rentables peuvent cependant être identifiées.

Par exemple, dans le cas de l'exploitation d'une ressource biologique ou minérale, il peut exister des zones où la ressource est certes présente mais où la pratique n'est pas rentable du fait de l'éloignement ou de la faible accessibilité de la zone. Il n'y aura donc pas ou très peu de pratique sur la zone considérée.

La prise en compte simultanée de ces différents filtres spatio-temporels doit donc permettre de circonscrire le déroulement des activités et d'aboutir à des zones et à des périodes de pratique potentielle.

Afin d'affiner l'information, et quand les données sont disponibles, il est également possible d'intégrer les zones et périodes de « pratique probable » identifiées comme étant réellement exploitées par les activités humaines. En effet, il existe au sein des zones de pratique potentielle des espaces où la probabilité de présence des activités est plus importante. Ce filtre « pratique probable » constitue donc l'information ultime pour la description du déroulement des activités en mer côtière.
Pour y avoir accès, un travail en concertation étroite avec les professionnels est alors essentiel surtout quand il s'agit d'activités artisanales comme la pêche côtière pour lesquelles il existe de nombreux « codes de pratique » qui permettent une organisation informelle de l'accès à la ressource. A l'extrême, certaines pratiques ont parfois intérêt à être tenues secrètes…

2-4 Le Territoire de Pratique Potentielle

Pour chaque activité, il est possible d'établir un Territoire[39] de Pratique Potentielle (TPP). Il constitue la mise en évidence de zones où est susceptible de se pratiquer l'activité humaine en fonction des contraintes qui conditionnent spatialement son déroulement.

Le Territoire de Pratique Potentielle d'une activité est déterminé grâce à la projection spatiale des contraintes de pratique et la superposition des différents filtres spatiaux ainsi obtenus. Pour un site donné, les territoires de pratique peuvent varier, se combiner et se superposer en fonction des activités analysées.

- **La projection spatiale des contraintes**

Pour chaque activité, les principales contraintes ayant une influence sur le déroulement spatial de l'activité sont considérées. La spatialisation des conditions de pratique est effectuée par l'intégration des contraintes sous forme de couches au sein d'une Base d'Information Géographique (BIG) exploitée par un SIG (figure 21). La BIG est structurée de manière cohérente à partir de la classification proposée en phase d'inventaire et complétée par les données environnementales disponibles.

- **La prise en compte simultanée des filtres spatiaux**

Les fonctions d'analyse spatiale du SIG permettent de superposer les différentes couches de la BIG pour aboutir à une couche unique prenant en compte la totalité des conditions de pratique. Cette couche finale, qui est constituée de polygones codées indiquant si l'activité modélisée est susceptible de se dérouler ou pas, décrit le Territoire de Pratique Potentielle de l'activité (figure 21).

[39] Rappel : Le territoire est défini comme un espace géographique qualifié par une appartenance juridique ou par une spécificité naturelle ou culturelle impliquant la reconnaissance de limites (George P. & Verger F., 2000). Selon Brunet (1992), le territoire correspond à un espace géographique « approprié, avec sentiment ou conscience de son appropriation ». Il résulte de la projection, sur un espace donné, des structures spécifiques à un groupe humain. Le territoire inclut donc le mode de gestion de cet espace ainsi que la perception des différents acteurs et utilisateurs. L'espace géographique exploité par un groupe d'activités humaines constitue donc bien un territoire.

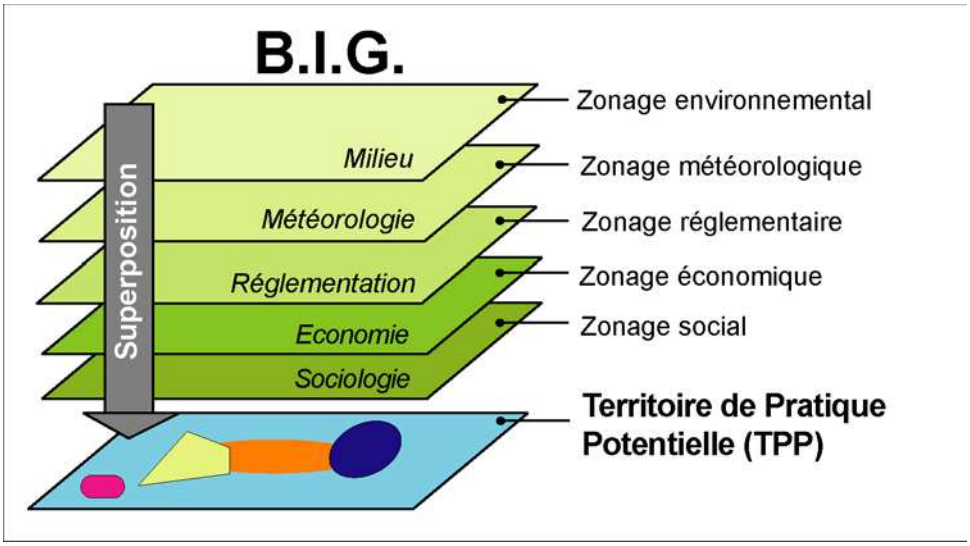


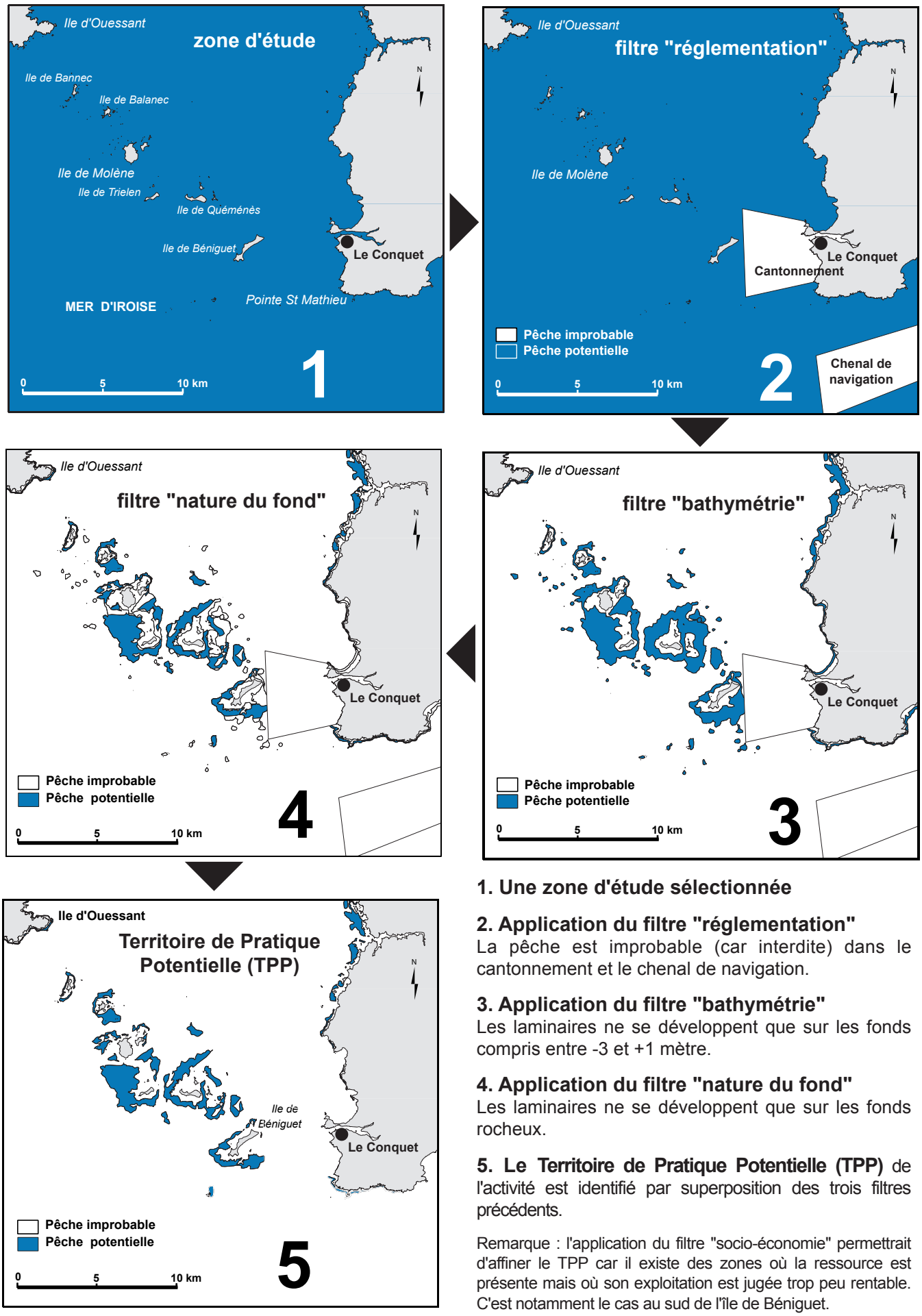
Figure 21. Méthode de construction d'un Territoire de Pratique Potentielle (TPP).

La couche d'information géographique obtenue intègre de nombreux éléments mis en relation. Le TPP constitue un espace plurithématique puisqu'il est déterminé par la mise en relation de plusieurs thèmes habituellement étudiés séparément (Caron & Roche, 2001). On aboutit ainsi à une information inédite élaborée à partir de multiples données d'origines diverses.

Dans le cas des activités en milieu marin, cette première phase de la modélisation est primordiale car, si les activités terrestres peuvent être décrites à partir de limites administratives fixes (limites communales par exemple), il n'existe pas d'espace fonctionnel analogue en mer. Un territoire de pratique doit être élaboré pour chaque activité marine à partir des différents filtres présentés précédemment. Cette étape est intéressante car elle offre une ouverture spécifique à la description d'activités sur des territoires pour lesquels il n'existe pas ou peu de référentiel administratif.

- **Exemple**

L'exemple choisi pour illustrer cette notion de TPP concerne l'activité de pêche au goémon dans l'archipel de Molène (figure 22). L'exploitation embarquée se limite principalement à l'espèce *Laminaria digitata.* L'engin de pêche utilisé est le « scoubidou », crochet rotatif disposé à l'extrémité d'une grue hydraulique qui enroule et arrache l'algue (Arzel, 1998).



1. Une zone d'étude sélectionnée

2. Application du filtre "réglementation"
La pêche est improbable (car interdite) dans le cantonnement et le chenal de navigation.

3. Application du filtre "bathymétrie"
Les laminaires ne se développent que sur les fonds compris entre -3 et +1 mètre.

4. Application du filtre "nature du fond"
Les laminaires ne se développent que sur les fonds rocheux.

5. Le Territoire de Pratique Potentielle (TPP) de l'activité est identifié par superposition des trois filtres précédents.

Remarque : l'application du filtre "socio-économie" permettrait d'affiner le TPP car il existe des zones où la ressource est présente mais où son exploitation est jugée trop peu rentable. C'est notamment le cas au sud de l'île de Béniguet.

Figure 22. Construction d'un Territoire de Pratique Potentielle pour la pêche à *Laminaria digitata* dans l'archipel de Molène.

2-5 Le Calendrier de Pratique Potentielle

De même que pour l'approche spatiale, il est possible pour chaque activité de définir des périodes d'exercice grâce à la prise en compte des différentes contraintes de pratique (milieu, météorologie, réglementation…). Le Calendrier de Pratique Potentielle (CPP) met en évidence les périodes pendant lesquelles l'activité humaine est susceptible de se pratiquer en fonction des contraintes influant sur son déroulement dans le temps.

Le Calendrier de Pratique Potentielle d'une activité est déterminé grâce à la projection dans le temps des contraintes de pratique et à la superposition des différents filtres temporels ainsi obtenus.

- **La projection temporelle des contraintes**

Pour chaque activité, et sur un cycle d'une année, les principales contraintes ayant une influence sur son déroulement temporel sont considérées ; chaque contrainte constituant un filtre temporel à prendre en compte[40] (figure 23).

- **La superposition des filtres temporels**

La superposition de ces filtres temporels, pour une activité donnée, est ensuite réalisée (figure 23). Pour que la pratique soit possible, il est nécessaire que toutes les conditions favorables soient réunies. En revanche, il suffit d'une seule condition défavorable pour rendre impossible la pratique de l'activité. Ainsi, sur un cycle d'une année, il est possible d'identifier des périodes pendant lesquelles la pratique est potentielle ou improbable.

[40] Dans la pratique, chaque filtre est intégré au sein d'une base de données sous forme d'une table attributaire codée suivant une logique booléenne (pratique potentielle (1) ou pratique probable (0)).

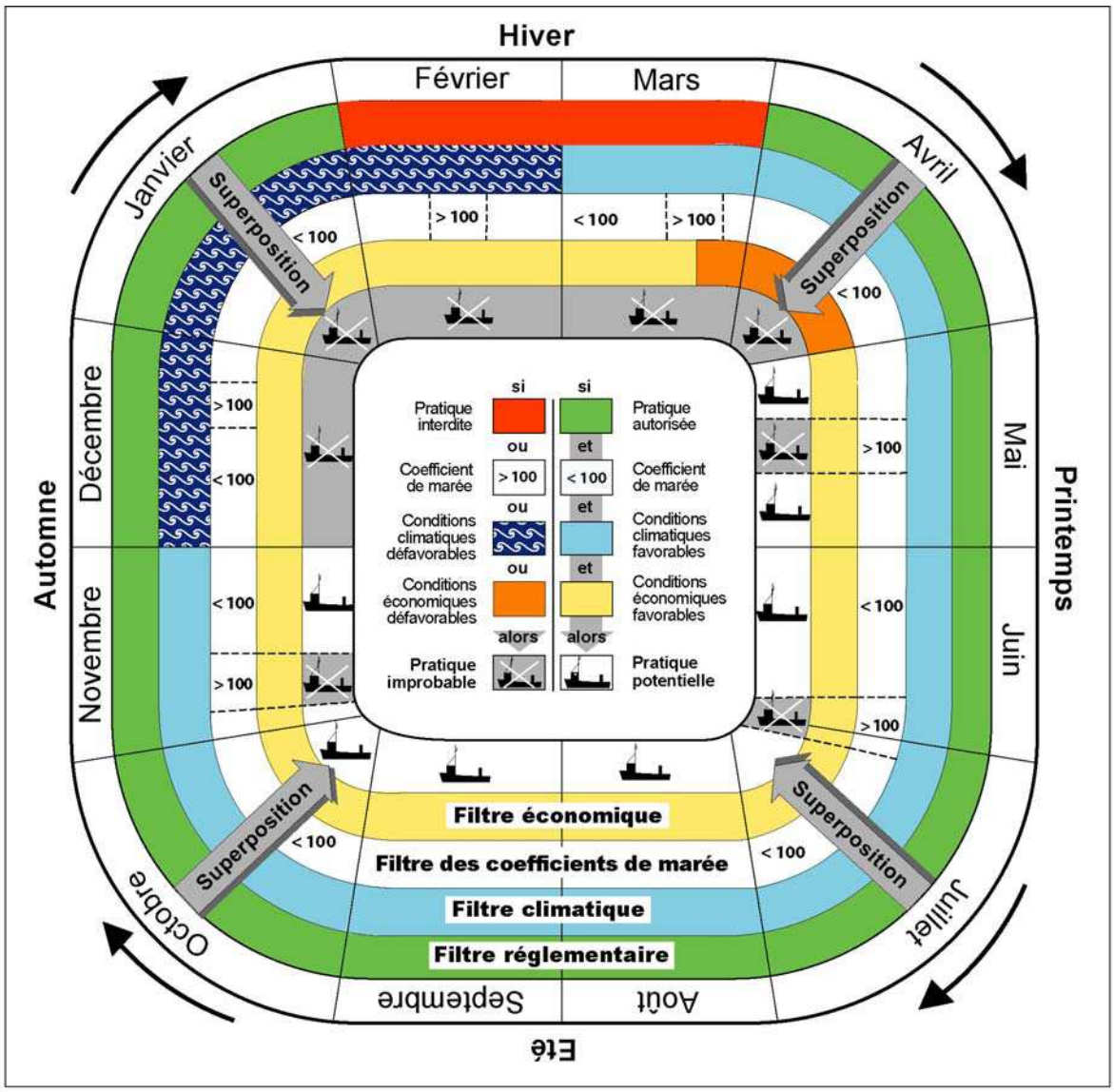


Figure 23. Superposition des différents filtres temporels pour aboutir à un Calendrier de Pratique Potentielle (CPP).

Dans ce cas théorique, les filtres temporels utilisés sont :
- un filtre réglementaire (pratique interdite en février et mars)
- un filtre climatique (pratique improbable de décembre à janvier)
- un filtre lié aux coefficients de marée (pratique improbabe si les coefficients sont > 100)
- un filtre lié aux conditions socio-économiques (pratique improbable de fin mars à fin avril)

La superposition des différents filtres permet donc d'identifier des périodes de pratique potentielle et des périodes de pratique improbable.
Au début du mois de juin, la pratique est potentielle. En effet, la totalité des conditions de pratique est favorable au déroulement de l'activité.
En revanche, la pratique est improbable les mois de décembre janvier et février du fait des conditions climatiques défavorables. Il en est de même à la fin du mois de mars du fait des conditions économiques. Au milieu du mois de mai, ce sont les coefficients de marée qui rendent improbable la pratique de l'activité.

- **Exemple**

L'exemple choisi pour illustrer cette notion de CPP concerne également le métier du scoubidou à Laminaria digitata et porte sur les quatre premières semaines de mai. Dans le secteur d'Audierne, la pratique de cette activité est essentiellement déterminée par la superposition de trois filtres : réglementaire, météorologique et des coefficients de marée (figure 24)

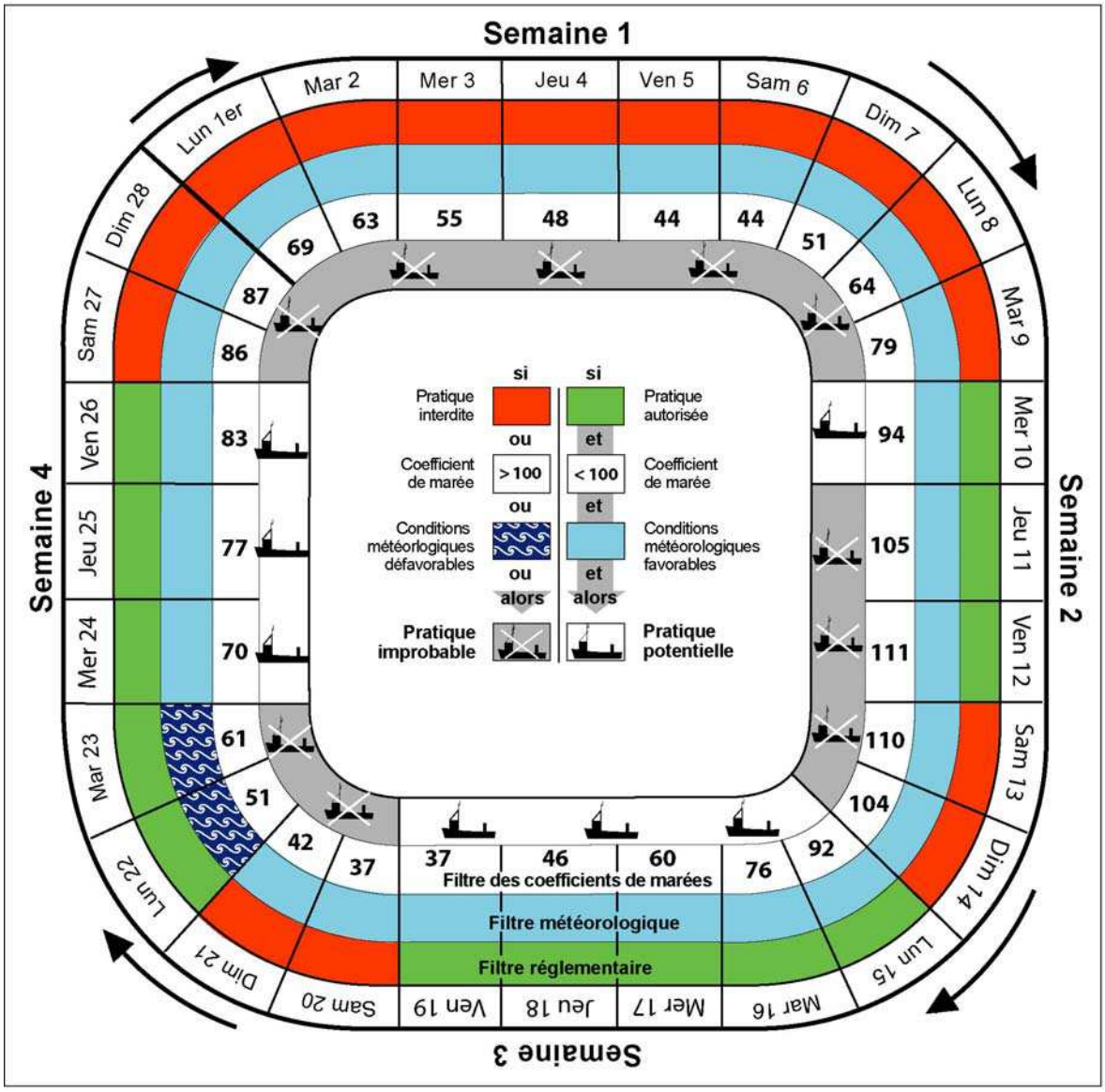


Figure 24. Définition du calendrier de pratique potentielle de la pêche à *Laminaria digitata* au cours des 4 premières semaines de mai (secteur d'Audierne, année 2000).

- la pêche est interdite avant le 9 mai ainsi que les dimanches et les jours fériés,
- du 11 au 14 mai, les coefficients de marée sont supérieurs à 100, rendant improbable la pratique de l'activité,
- les conditions météorologiques sont mauvaises (tempête) le 22 et 23 mai interdisant également la pratique de l'activité.

Dans ce cas, sur une période de 28 jours, la pratique n'est possible que durant 9 jours.

Remarque : les données météorologiques sont issues de la "climathèque" de Météo France (http://climatheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWeb/index.jsp).

2-6 Les statistiques

Une fois les zones et les périodes de pratique potentielle identifiées, il est intéressant d'y associer des données statistiques permettant de quantifier les activités. Ce type d'information est essentiel, par exemple, pour mettre en évidence des flux (flux de navigation) ou évaluer un degré de pression sur le milieu (nombre de navires de pêche présents sur une zone et pendant une période donnée). Ce type d'information est donc essentiel à prendre en compte dans un objectif de gestion intégrée.

Concernant la mer côtière, ces informations peuvent être obtenues :

- auprès des organismes en charge de la gestion et la surveillance de la mer côtière (ex : Affaires maritimes, Préfecture maritime, autorités portuaires…) qui peuvent disposer de bases de données sur le trafic en mer (nombre de navires, caractéristiques des navires, marchandise transportée, tonnage...) ;
- auprès des organisations professionnelles telles que les Comités locaux et régionaux des pêches ;
- auprès des organismes scientifiques en charge du suivi et de l'étude des activités en mer qui peuvent disposer de bases de données ou produire des rapports de synthèse concernant les activités en mer ;
- par la réglementation qui peut, pour certaines activités, limiter le nombre de navires autorisés à pratiquer dans une zone donnée (nombre de licences, quotas...).

A ce stade de la méthodologie, les différentes informations produites (TPP, CPP, statistiques) ne sont pas mises en relation. La prochaine étape consiste donc les connecter afin d'être en mesure de simuler la dynamique des activités humaines en mer côtière.

3 LE SIMULATEUR (MODULE ACTIVITES MARINES)

Cette étape méthodologique est réalisée par le simulateur DAHU-MAM (Module Activités Marines). Le principe général de la méthode adoptée est présentée en figure 25.

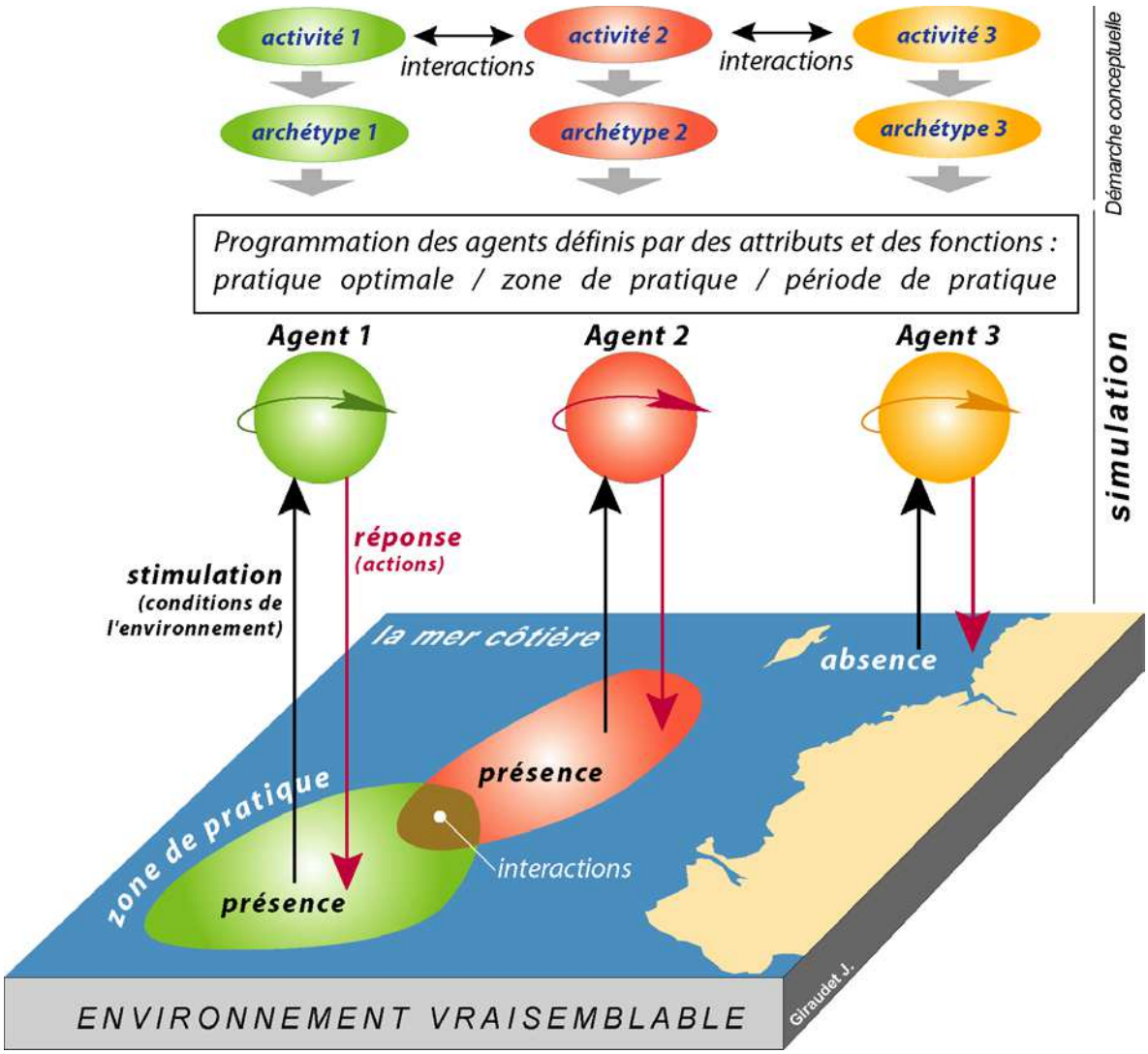


Figure 25. Représentation schématique du principe de fonctionnement de DAHU-MAM.

Du point de vue de son fonctionnement, DAHU-MAM s'appuie sur 3 modules : un pré-processeur, un processeur et un post-processeur (figure 26). Le système dépend du SIG à la fois pour le calibrage des données en entrée (pré-proceseur) et pour l'exploitation des résultats en sortie (post-processeur).

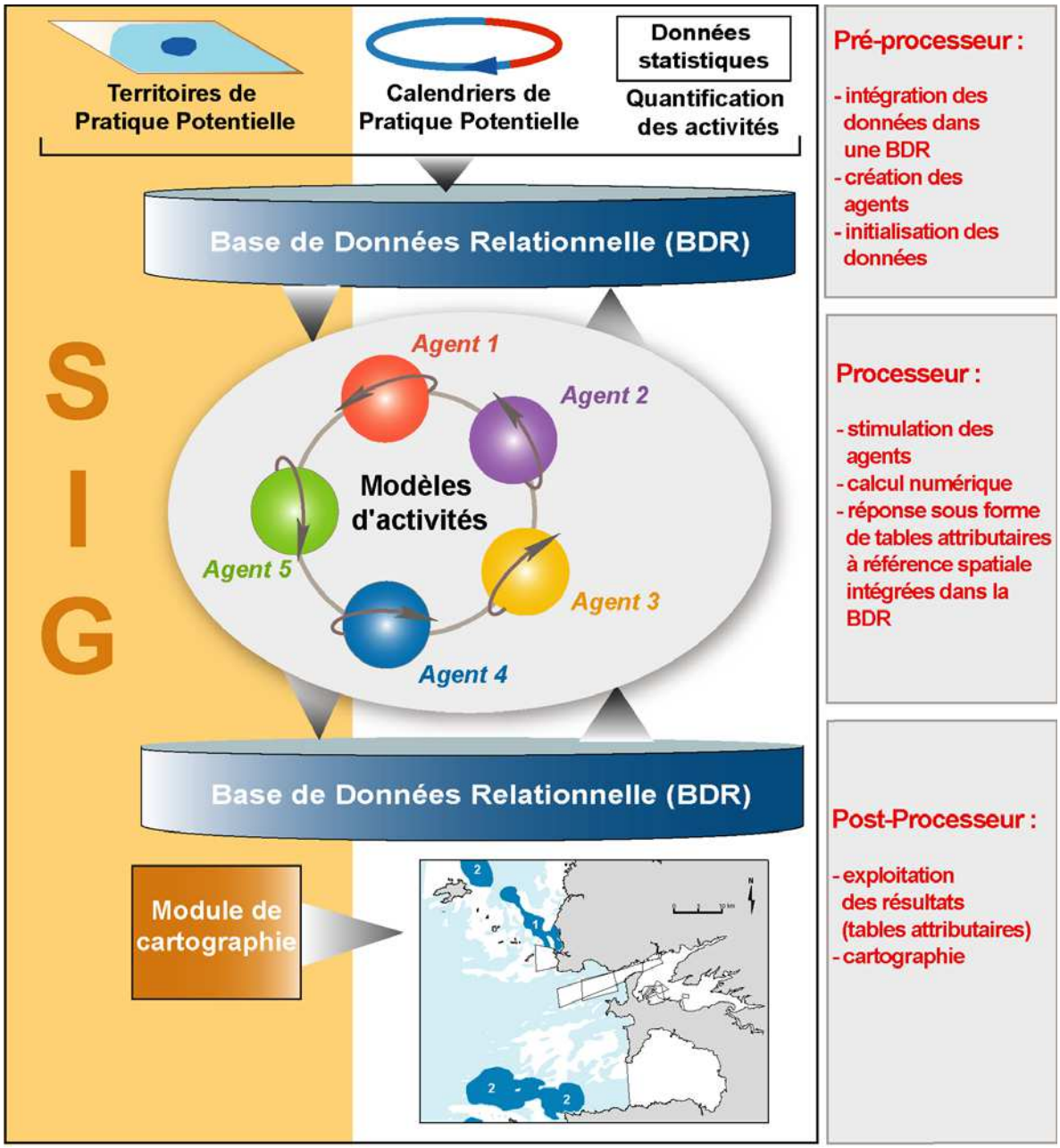


Figure 26. Schéma général de fonctionnement du simulateur DAHU-MAM.

3-1 Préparation des données d'entrée (pré-processeur)

Les données en entrée du simulateur sont préalablement mises en forme à l'aide d'un pré-processeur qui harmonise et initialise les données brutes issues de l'analyse conceptuelle afin qu'elles soient exploitables. Cette opération comprend deux étapes.

- Les informations spatiales (TPP), temporelles (CPP) et statistiques sont intégrées au sein d'une Base de Données Relationnelle (BDR) (figure 27).

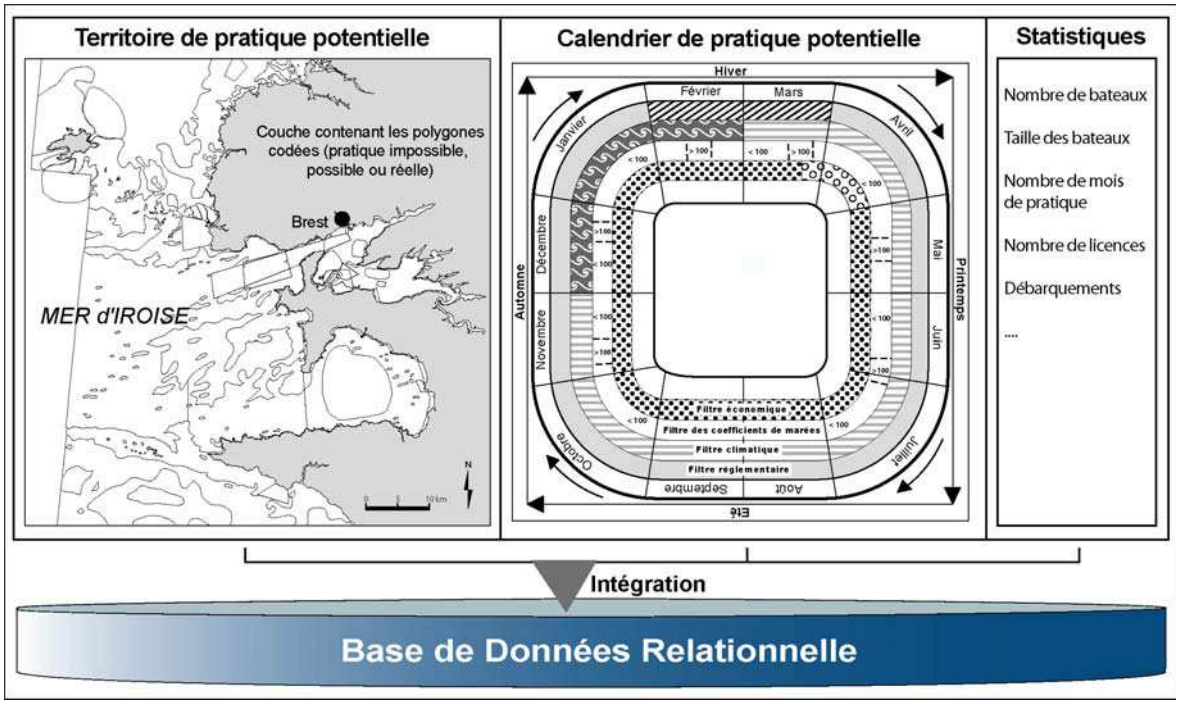


Figure 27. Intégration des données issues de l'analyse conceptuelle au sein d'une Base de Données Relationnelle (BDR)

- Ensuite, l'utilisateur sélectionne les paramètres de simulation, à savoir les activités et la période de simulation. Cette action, va engendrer la création des agents correspondants. Pour chaque agent, les paramètres nécessaires à la simulation (stratégies, territoires de pratique, calendriers de pratique, données statistiques, conditions météorologiques sur la période) sont initialisés. Le système est optimisé pour sélectionner uniquement les données nécessaires à la requête de l'utilisateur. Une itération[41] quotidienne fournit les données en fonction des différents paramètres de simulation choisis. A ce stade, chaque activité est représentée virtuellement sous la forme d'un agent autonome.

L'unité temporelle pertinente choisie doit permettre d'éviter toute donnée inutile, sans pour autant masquer les aspects essentiels ou significatifs du phénomène (Claramunt & Theriault, 1995 ; Pornon, 1998). Dans le cas de DAHU-MAM, l'unité temporelle pertinente sélectionnée est la journée.

[41] Une itération est une séquence d'instruction (boucle de calcul) destinée à être exécutée plusieurs fois (sur un pas de temps quotidien dans notre cas).

La principale raison de ce choix est que les données initiales sont fournies à un pas de temps jamais inférieur à 24 heures. Cependant, il pourrait être intéressant de choisir un pas de temps horaire pour certaines activités de la mer côtière pour la prise en compte des heures de marée ou de la météorologie par exemple.

3-2 Simulation (Processeur)

Au sein du processeur, l'agent autonome défini précédemment réagit (présence/absence), pour la période de simulation choisie (année, jour), et en fonction des conditions de pratique (milieu, météorologie, réglementation, socio-économie) selon un principe de stimuli / réponse (figure 28). Autrement dit, les agents sont d'abord stimulés par la perception des conditions de l'environnement, puis réagissent suivant un comportement réflexe pré-défini, et exécute une réponse qui constitue le résultat de simulation.

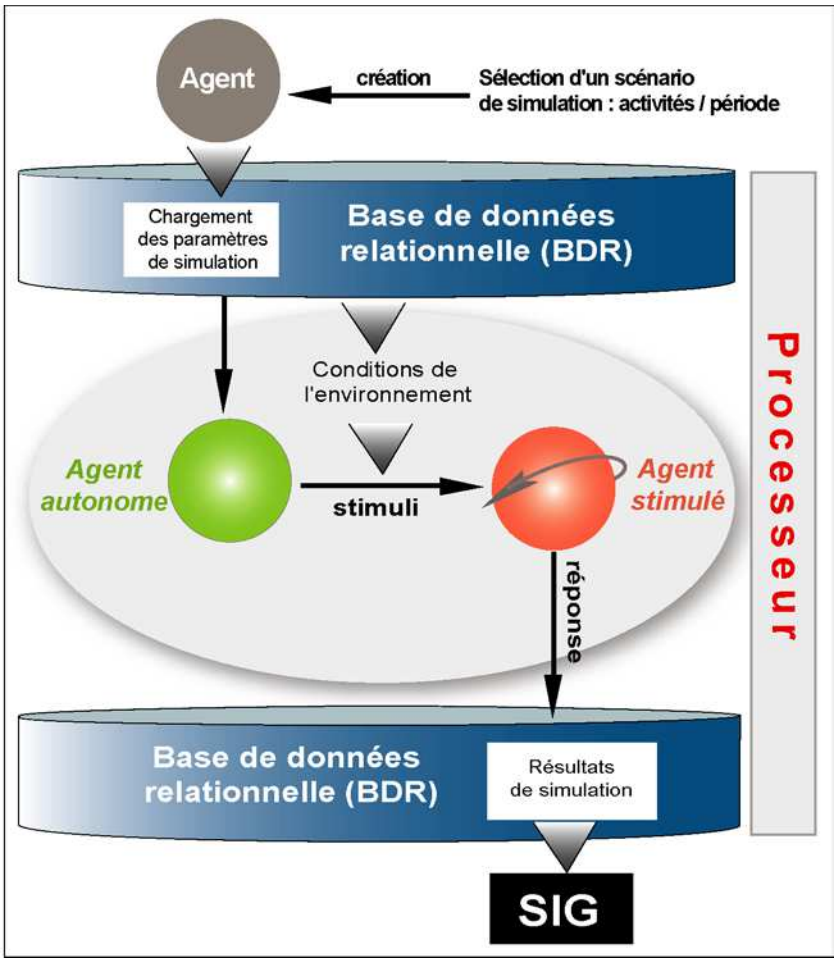


Figure 28. Principes de fonctionnement du processeur.

La réponse des agents se présente sous la forme de tables attributaires qui contiennent les variables permettant de quantifier et de qualifier le déroulement des activités simulées. Ces tables sont intégrées dans la Base de Données Relationnelle (BDR) et sont structurées en référence à la couche d'information géographique correspondant aux territoires de pratique potentielle. Elles sont donc directement exploitables par le SIG. Ce mode de fonctionnement illustre le fait que le contexte spatial agit comme principale

donnée de calibrage du modèle et signifie que l'espace de déroulement des activités peut évoluer en fonction des contraintes de pratique (météorologie, réglementation...).

3-3 Exploitation des résultats au sein d'un SIG (Post-processeur)

Le SIG intervient à ce niveau pour l'archivage, la représentation et éventuellement l'analyse spatiale des résultats de simulation. Ainsi, suite à une phase de simulation, les résultats obtenus se présentent sous la forme de cartes interactives[42] qui synthétisent les informations permettant de mettre en évidence le déroulement des activités, c'est-à-dire, le territoire de pratique potentielle auquel sont associées les conditions météorologiques, les contraintes réglementaires ainsi que les données statistiques permettant d'évaluer un « degré de pression » sur le milieu.

En fonction des contraintes susceptibles d'agir sur l'activité, deux types de présentation de résultats de simulation sont prévues :
- à l'échelle d'une année ou plus (contraintes environnementales et réglementaires),
- à une échelle journalière (contraintes météorologiques).

Dans le premier cas, l'information proposée permet de fournir une vision globale du déroulement des activités quel que soit le moment de l'année. Généralement, les deux principales contraintes à prendre en compte sont le milieu et la réglementation (tableau 9).

Type d'Information disponible	Fonctionnalités du simulateur
Contraintes réglementaires	Affichage de la carte des zones réglementaires (à accès interdit ou restreint) pour l'activité simulée. A chaque zone réglementaire est associée un lien permettant d'avoir accès à la référence du texte juridique et à une synthèse de son contenu.
Territoire de Pratique Potentielle Annuel (TPPA)	Affichage du territoire où l'activité est susceptible de se dérouler à un moment de l'année (TPPA). Affichage des données statistiques associées aux zones de pratique.
Calendrier de Pratique Potentielle Annuel (CPPA)	Affichage d'une représentation schématique du CPPA peut être affichée. Remarque : Au cas où le calendrier réglementaire varie en fonction des zones de pratique, un calendrier réglementaire est établi pour chaque zone.
Simulation de plusieurs activités simultanément	Affichage simultané des différentes cartes obtenues avec possibilité de superposition des thèmes associés et donc d'analyse des interactions spatiales entre les activités.
Simulation à différentes échelles spatiales	Utilisation de l'outil « zoom » sur un espace particulier au sein de la zone d'étude .

Tableau 9. Principales fonctionnalités de DAHU-MAM (simulation à l'échelle annuelle).

[42] Car il est possible d'avoir accès à diverses informations (réglementation, statistiques, conditions météorologiques) en cliquant sur les polygones contenus dans les cartes

Dans le second cas, l'information proposée permet de fournir une vision du déroulement des activités le jour de simulation sélectionné (tableau 10). Ce type de simulation implique de prendre en compte la totalité des variables temporelles (météorologie, réglementation, socio-économie). A cette échelle, la météorologie joue un rôle prépondérant.

Type d'Information disponible	**Fonctionnalités du simulateur**
Territoire de Pratique Potentielle Journalier (TPPJ)	Affichage du territoire de pratique potentielle le jour de simulation sélectionné. Affichage des conditions météorologiques. Affichage des données statistiques. Si aucune pratique n'est constatée alors que les conditions météorologiques sont bonnes, se référer à la réglementation (échelle annuelle). Sous certaines conditions météorologiques, seuls les bateaux de grande taille peuvent sortir (voir les données statistiques)
Simulation simultanée de plusieurs activités	Affichage simultané des différentes cartes obtenues avec possibilité de superposition des thèmes associés et donc d'analyse des interactions spatio-temporelles entre les activités.
Simulation à différentes échelles spatiales	Utilisation de l'outil « zoom » sur un espace particulier au sein de la zone d'étude .

Tableau 10. Principales fonctionnalités de DAHU-MAM (simulation à l'échelle journalière).

4 CONCLUSION

La conception d'un modèle de réalité reposant sur la prise en compte des interactions entre les usages et le milieu est la condition du développement d'un système d'aide à la gestion intégrée des zones côtières (Cuq, 2000). Cette étape essentielle est réalisée, dans le cadre de la plate-forme de modélisation DAHU (figure 29), lors de la démarche conceptuelle qui permet une mise en forme préalable des données et fournit les bases d'un modèle de réalité vraisemblable du déroulement d'activités humaines en milieu marin :

- en fonction des différentes contraintes de pratique, une modélisation spatio-temporelle du déroulement des activités est réalisée sous la forme de territoires et de calendriers de pratique potentielle ;
- l'évaluation de l'impact sur le milieu est envisagée grâce à la prise en compte des données statistiques quantifiant les activités humaines.

Le simulateur DAHU-MAM permet la mise en relation des données fournies par la démarche conceptuelle. Dans sa conception, il présente certaines spécificités par rapport aux systèmes existants. DAHU-MAM considère le contexte spatial comme une contrainte de simulation et non pas seulement comme un support (Cuq & Bourcier, 2002a). Ce principe signifie que l'espace de simulation n'est pas une donnée fixe mais comme un élément pouvant évoluer en fonction des activités et des contraintes de pratique (milieu, météorologie, réglementation…). Par ailleurs, le couplage avec un SIG qui intervient aussi bien à l'entrée du modèle qu'en sortie pour l'exploitation des résultats, permet d'obtenir une description optimale du déroulement des activités dans l'espace et engendre des possibilités d'analyse spatiale. Si la prise en compte du facteur temps est le propre d'un système de simulation, DAHU-MAM permet l'intégration de contraintes naturelles et/ou anthropiques évoluant à des échelles et sur des pas de temps parfois très différents.

Actuellement, le système est élaboré pour fournir une description quotidienne du déroulement simultané d'activités humaines en mer côtière au cours de l'année. A différentes échelles spatio-temporelles, il est notamment possible de quantifier et de préciser le lieu et la période pendant lesquels les activités sont susceptibles de se dérouler et donc d'envisager divers scénarios de gestion.

De manière à tester l'approche méthodologique adoptée pour la plate-forme DAHU-MAM, une application est développée sur le site de la mer d'Iroise.

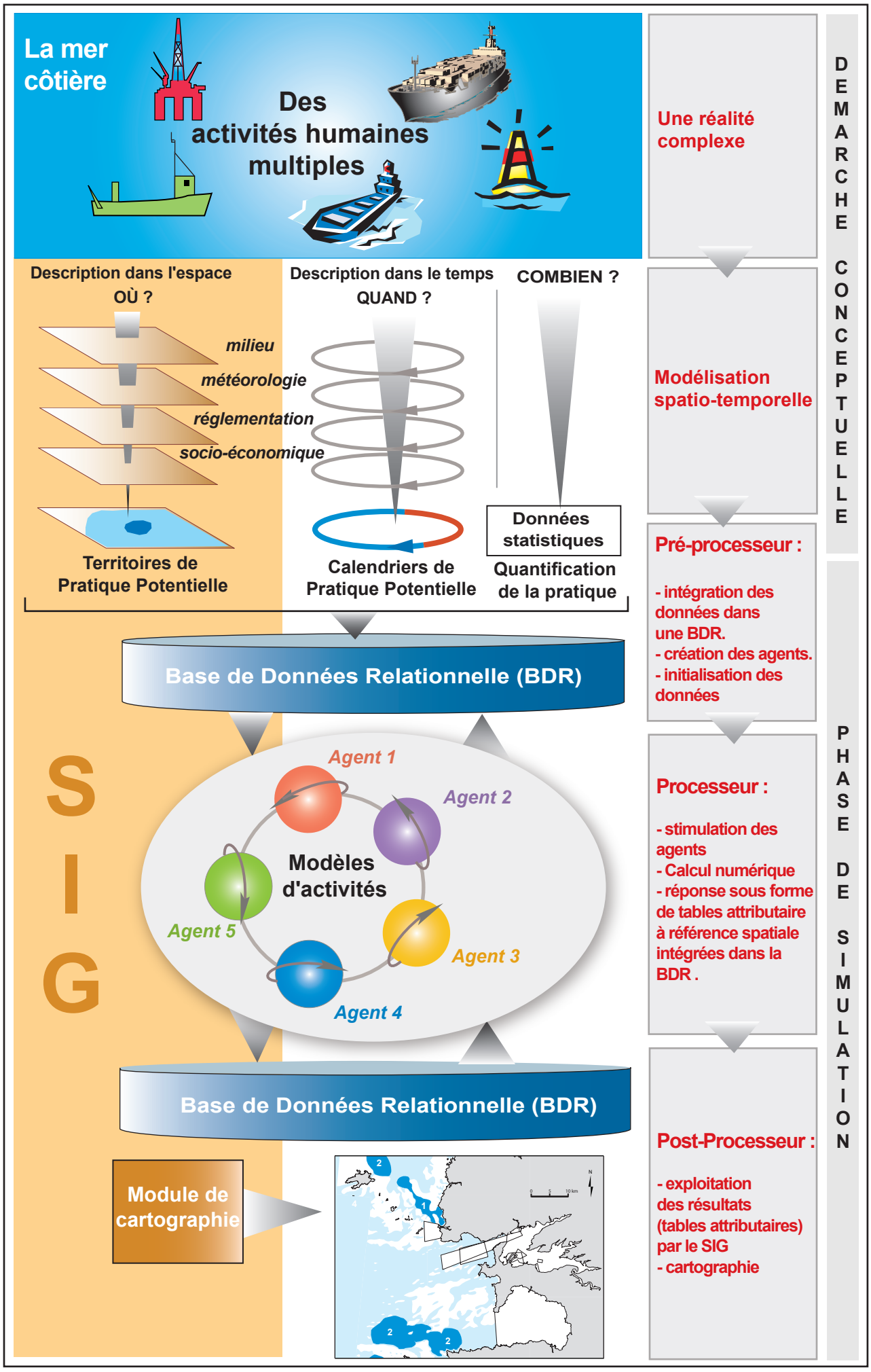


Figure 29. La plate-forme de modélisation DAHU-MAM ; schéma récapitulatif.

TROISIEME PARTIE : APPLICATIONS EN MER D'IROISE

La recherche finalisée se doit de partir, non de cadres disciplinaires, mais de problèmes concrets, qu'elle reformule en objets de recherche (Weber, 1995). Même si la méthodologie proposée se veut généraliste et applicable à différents types de zone côtière, il est donc important de s'appuyer sur un cas concret pour alimenter notre réflexion ; le but étant de mener deux approches (théorique et pratique) de façon conjointe et interactive afin qu'elles s'enrichissent mutuellement.

1 CONTEXTE GENERAL

Située à la pointe du Finistère (France), la mer d'Iroise est limitée au nord par l'île d'Ouessant et l'archipel de Molène, au sud par l'île et la chaussée de Sein. A l'ouest, elle ne s'étend pas au delà du méridien de l'île d'Ouessant et à l'est, elle communique avec la rade de Brest et la baie de Douarnenez qui sont intégrées à notre zone d'étude (figure 30).

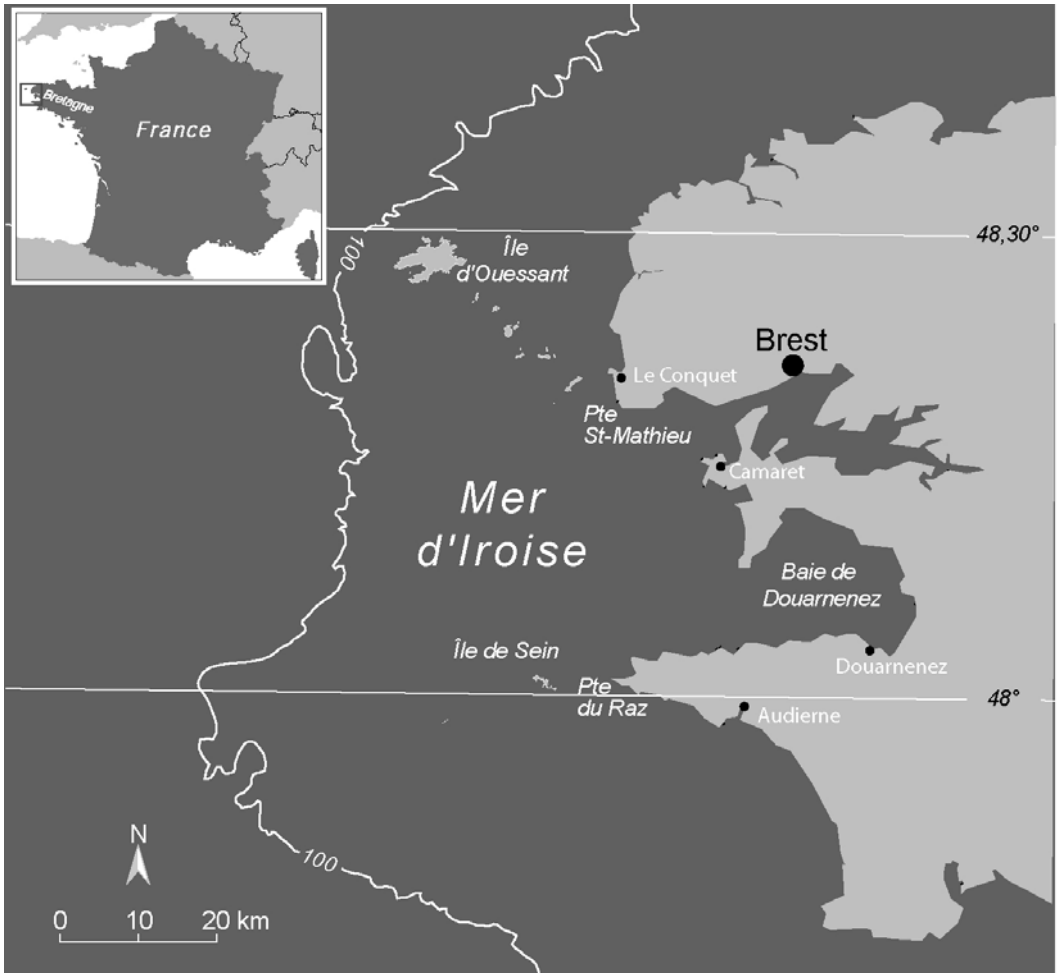


Figure 30. La mer d'Iroise / Carte de situation.

Trois motifs principaux ont justifié le choix de ce site d'étude :

- la mer d'Iroise constitue un écosystème marin d'une grande richesse écologique où de multiples activités potentiellement concurrentes se côtoient et interagissent avec le milieu ;

- une gestion intégrée de l'ensemble de la zone est nécessaire pour assurer son développement durable ;

- un contexte scientifique porteur avec notamment l'Observatoire du Domaine Côtier mis en œuvre à l'IUEM et les travaux réalisés par le CEDEM et l'Ifremer sur les activités halieutiques et récréatives en mer d'Iroise. Cette étude s'inscrit également dans la suite logique des recherches menées par le laboratoire Géomer qui ont permis la constitution de Bases d'Information Géographique sur ce site.

1-1 Un écosystème exceptionnel fortement anthropisé

- **Un écosystème exceptionnel**

La mer d'Iroise est reconnue comme un espace marin d'une grande richesse écologique (Le Duff *et al.*, 1999).

Elle est caractérisée par des fonds de faible profondeur qui s'abaissent soit progressivement soit sous forme de tombants abruptes (sur les pourtours des îles d'Ouessant et de Sein) pour atteindre l'isobathe des 100 mètres vers le large. L'Iroise est soumise à l'action de la houle, générée au large par les vents, et à des courants de marées qui comptent parmi les plus forts d'Europe. Les fonds sous-marins sont d'une grande diversité : des fonds rocheux, et une mosaïque de fonds sédimentaires allant des vases sableuses aux graviers en passant par des sables grossiers et envasés. La diversité des substrats, leur présence à différentes profondeurs, dans un secteur où l'hydrodynamisme varie considérablement d'un endroit à un autre, sont autant de paramètres qui viennent multiplier les habitats marins rencontrés en mer d'Iroise (figure 31).

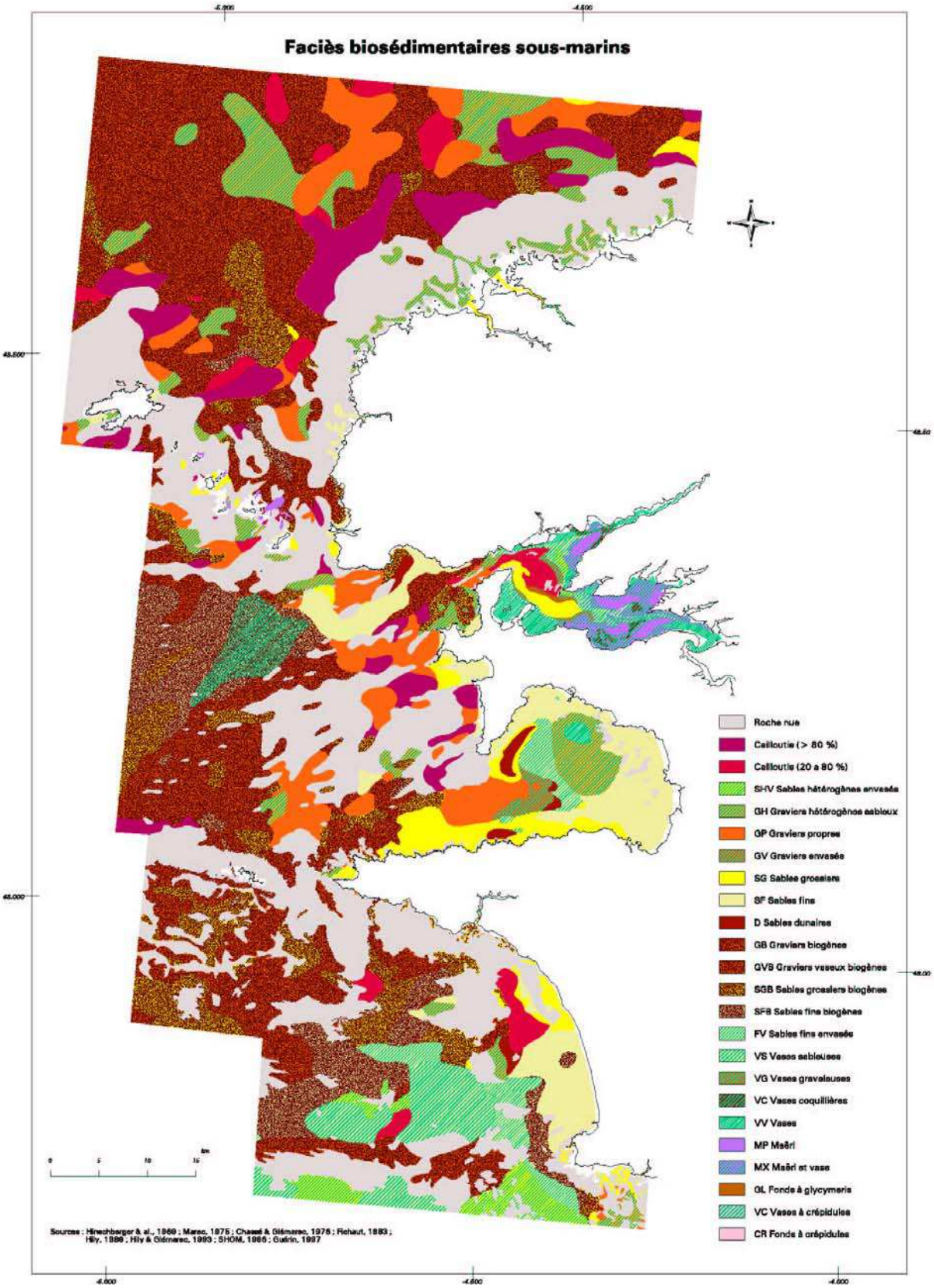


Figure 31. Faciès bio-sédimentaire sous-marins de la mer d'Iroise (Le Berre, 1999).

La flore marine de l'Iroise est caractérisée par sa richesse et notamment par l'étendue des vastes champs d'algues du plateau molénais et de la chaussée de Sein. Le premier est le principal lieu de récolte des algues en France.

La faune y est également très riche. Tous les grands crustacés français sont présents : étrille, langouste rouge, homard, araignée et tourteau. Avec 126 espèces de poissons recensées, l'Iroise possède la quasi-totalité de la faune ichtyologique de la façade atlantique française et de la Manche. Les espèces pélagiques sont représentées, entre autres, par la sardine et le maquereau, mais également par des espèces plus rares comme le poisson lune ou le requin pèlerin qui fréquentent l'Iroise durant l'été. On y recense également 107 espèces vivant au voisinage du fond. Ce groupe renferme de nombreuses espèces commerciales dont le lieu jaune, le bar et les raies et surtout une diversité exceptionnelle de poissons plats.

En outre, la zone d'étude est fréquentée par de nombreuses colonies d'oiseaux marins et par des populations de mammifères marins. Emblématiques de l'Iroise, leur présence est le témoin d'un écosystème en bon état de conservation.

Par sa diversité, sa productivité et sa complexité naturelle, la mer d'Iroise est représentative des écosystèmes des côtes Manche-Atlantique (Le Duff *et al.*, 1999). Ses caractéristiques lui permettent d'assurer un rôle essentiel en tant que :

- zone refuge jouant un rôle de conservatoire naturel de la faune et de la flore marines des côtes Manche/Atlantiques françaises ;
- zone source permettant de sauvegarder les potentialités de restauration et de recolonisation de secteurs côtiers dégradés de l'Europe occidentale.
- zone témoin à la charnière de grands ensembles hydrologiques et biogéographiques, l'Iroise constitue un site idéal pour observer les changements climatiques globaux à moyen et long terme ;
- zone modèle, espace privilégié pour la recherche et d'un grand intérêt pédagogique pour l'information et l'éducation du public.

- **Un contexte muti-usage**

La mer d'Iroise est également caractérisée par une multitude d'activités anthropiques (ADEUPa *et al.*, 1999a ; ADEUPa *et al.*, 1999b ; Boncoeur *et al.*, 2002 ; Boncoeur *et al.*, 2000) (figure 32).

De ce fait, elle est représentative des différents usages et des problèmes de gestion propres à ce type de côte (Le Goaziou, 1999) : pêche professionnelle, navigation maritime, mouillage et transit de navires de commerce, exercices militaires, accueil de sous-marins nucléaires, extraction de matériaux, rejets en mer, navigation de plaisance, pêche de loisir…

Figure 32. De gauche à droite et de haut en bas : Extraction de granulats, pêche professionnelle, pêche récréative et trafic maritime dans le rail d'Ouessant (Mission-PNMI, 2003).

La production halieutique de l'Iroise représente environ 15 % de la production bretonne de crustacés et 80 % de la production d'algues marines (ADEUPa *et al.*, 1999a). L'importance de cette production est l'expression de la richesse de l'environnement naturel.

Si la pêche professionnelle (ou commerciale) embarquée est l'activité traditionnelle par excellence de la mer d'Iroise, la circulation maritime, sur sa bordure extérieure est particulièrement intense. 50 000 navires y transitent chaque année dans des conditions souvent très difficiles et exposent donc le littoral à un risque accru d'accidents et de pollutions (CROSS-Corsen, 2000).

La juxtaposition de ces nombreuses activités humaines peut fragiliser l'équilibre de cet écosystème remarquable. De plus, les risques de conflits d'usage sont multiples, justifiant la mise en œuvre d'une gestion intégrée.

1-2 La nécessité d'une gestion intégrée

La mer d'Iroise est actuellement gérée par de multiples autorités compétentes. De plus, elle constitue une zone d'intérêt patrimonial reconnu où s'exercent de nombreux dispositifs de connaissance et de préservation.

1-2-1 Des autorités compétentes multiples

Dans un objectif de gestion intégrée, il est indispensable de recenser les principales autorités compétentes sur le site d'étude (Commission Européenne, 1999b). Les autorités compétentes sont les organes qui détiennent le pouvoir de police, c'est à dire notamment, le pouvoir d'édicter des normes juridiques (pouvoir réglementaire). Les réglementations applicables aux espaces, aux ressources, aux activités qui s'exercent dans la bande côtière sont issues d'autorités diverses, communautaires, nationales ou locales (tableau 11).

Autorités	Police générale et spéciales	Exploitation D.P.M.	Autres compétences
Préfet maritime de l'Atlantique	Le préfet maritime anime et coordonne l'action en mer des administrations d'Etat et la mise en œuvre de leurs moyens.		
	Investi du pouvoir de police générale, le préfet a autorité dans tous les domaines où s'exerce l'action de l'Etat en mer : maintien de l'ordre public, réglementation de la circulation maritime, sauvegarde des personnes et des biens, protection de l'environnement, trafics illicites, police des activités nautiques au-delà de la bande des 300 m.		Sauvetage en mer (CROSS CORSEN) Information nautique Opération de déminage
Préfet de région Bretagne	Police des pêches	Réglementation des pêches et des cultures marines	Parc Naturel Régional
Préfet du Finistère	Police des mines, carrières, extractions Police des ports d'intérêt national	Gestion et conservation du D.P.M. Autorisation d'exploitation de cultures marines. Autorisation domaniale d'extraction de matériaux Autorisation d'exploitation de carrières	Service des phares et balises Service de pilotage Prescription, élaboration, gestion des SMVM Création des mouillages collectifs
Président du Conseil Général du Finistère	Police des ports départementaux		
Maires des communes littorales	Police de la baignade, des activités nautiques (dans les 300 m de la laisse de basse mer) Police des ports communaux		Approbation des P.L.U. (qui s'appliquent en mer)

Tableau 11. Principales autorités compétentes en mer d'Iroise (Becet & Le Morvan, 1991).

Comme le souligne le tableau 11, aux termes du *décret n° 2004-112 du 6 février 2004,* le pouvoir de police administrative générale en mer appartient au préfet maritime (le préfet maritime compétent en mer d'Iroise est celui de l'Atlantique). Les pouvoirs dévolus au préfet maritime ne font cependant pas obstacle à l'exercice des compétences attribuées de façon spéciale à une autre autorité réglementaire (Mission-PNMI, 2000). Parmi les autres autorités, une des principales est le préfet du département, compétente dans le domaine des extractions de matériaux notamment (décret n° 82-635 du 21 juillet 1982). Le préfet de région est essentiellement chargé de la réglementation des pêches (*décrets n° 90-94 du 25 janvier 1990, 90-618 du 11 juillet 1990 et 90-719 du 9 août 1990*).

Par ailleurs, ces administrations centrales compétentes disposent, sous l'autorité des préfets, de multiples organes d'exécution au niveau régional et local. Dans cet ensemble, deux services extérieurs, le service des Affaires Maritimes d'une part (Directions régionales et départementales des Affaires Maritimes de Bretagne et du Finistère), le service de l'Equipement (Directions régionales et départementales de Bretagne et du Finistère) d'autre part, occupent une place prépondérante (Becet & Le Morvan, 1991). De plus, les autorités compétentes et leurs collaborateurs directs ont également pour interlocuteur une multitude d'intervenants publics ou privés de nature juridique diversifiée qui jouent un rôle influent. Par exemple, les comités de l'organisation interprofessionnelle des pêches maritimes et des élevages marins disposent d'un fort pouvoir d'initiative en matière de réglementation des pêches dans la bande côtière (Loi 91-411 du 2 mai 1991).

La multiplicité des autorités compétentes exerçant leur pouvoir dans la bande côtière et la diversité des régimes juridiques qui y sont applicables forment un ensemble particulièrement complexe. Le partage des responsabilités peut engendrer diverses réglementations, des chevauchements d'autorité, des incompatibilités entre les règlements ainsi que leur non-application (Guillaumont & Durand, 2000). Alors que le préfet de région réglemente la pêche, le préfet de département autorise les extractions de matériaux, tandis que le préfet maritime exerce son autorité sur la circulation maritime et assure l'ordre public au sens large (Le Goaziou, 1996). C'est ainsi que par exemple, en mer d'Iroise, la pêche à pied professionnelle aux tellines est autorisée par la Direction des Affaires Maritimes dans l'anse de Dinan (Presqu'île de Crozon) alors que l'extraction de sable y est également autorisée par la Direction Départementale de l'Equipement. Or, la pratique de ces deux activités peut aboutir à une situation potentiellement conflictuelle…

Il semble donc aujourd'hui nécessaire de renforcer les fonctions d'arbitrage, de coordination et de régulation en mer d'Iroise.

1-2-2 Les mesures de protection du milieu

Une mosaïque d'outils de gestion et de protection s'applique à la mer d'Iroise (Sabourin & Pennanguer, 2003) (tableau 12).

Certaines sont sans effet juridique particulier (réserve de biosphère) mais désignent l'Iroise comme présentant un véritable intérêt patrimonial ou environnemental. Il existe cependant un ensemble de mesures « actives » en vigueur :

- mesures de lutte contre les pollutions marines accidentelles (Arrêté Préfectoral Commun n° 02/97 (Brest) du 30/01/97, réglementant la navigation aux approches des côtes françaises de la mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique en vue de prévenir les pollutions marines accidentelles),

- lutte contre les rejets tant à partir de la terre que des navires (Loi n° 76-599 du 07/07/76 (modifiée) relative à la prévention et à la répression de la pollution marine par les opérations d'immersion effectuées par les navires),

- réglementation de la chasse sur le domaine public maritime (Décret n°75-293 du 21/04/75 (modifié) fixant les règles d'exploitation de la chasse sur le domaine public maritime),

- protection des espèces : des listes d'espèces animales et végétales protégées existent (interdiction de pêche et de chasse),

- protection des sites : les sites classés (loi du 2 mai 1930) font l'objet de mesures de protection en mer comme à terre.

Nom	Représentation spatiale	Effet de la désignation
Réserve de Biosphère Iroise	Espace marin autour des îles d'Ouessant et Molène jusqu'à l'isobathe des 20 mètres.	Il ne s'agit pas d'une mesure réglementaire mais d'un label UNESCO. Elle permet de favoriser et coordonner des actions de protection et de gestion des territoires.
Parc Naturel Régional d'Armorique	Il s'étend en mer autour des îles habitées et des communes littorales adhérentes, jusqu'à l'isobathe des 30 mètres (Décret n°97-835 du 10 septembre 1997 portant renouvellement de classement du parc régional d'Armorique). La superficie maritime du PNRA est de 60 000 ha.	Le parc naturel régional est régi par sa charte. Elle comporte un plan et un rapport déterminant les mesures qui seront applicables sur le territoire du parc ou sur certaines zones. L'Etat et les collectivités locales adhérentes à la charte appliquent ses orientations et ses mesures.
Sites classés Sites inscrits	Mode de protection largement utilisé sur le littoral de l'Iroise. Il s'étend sur une portion de la mer et du DPM, notamment autour des îles et de la presqu'île de Crozon.	Le classement a pour objectif principal de maintenir les lieux en l'état mais ne permet pas une gestion active d'un milieu naturel. L'inscription d'un site ne constitue donc pas une mesure de protection forte.
Réserve de chasse du D.P.M.	Sur 47 réserves de ce type dans le département, 7 sont situées en Iroise en bordure littorale des îles et du continent (trois secteurs autour des îlots de l'archipel de Molène et de Ouessant, un secteur autour de la presqu'île de Crozon et un secteur dans le Cap Sizun).	Les réserves de chasse du domaine public maritime sont des espaces marins où la chasse est interdite en tout temps pour une durée de 6 ans minimum.
Zones de protection spéciales (Natura 2000)	Elles concernent des espaces marins dans l'Archipel de Molène, autour du Cap Sizun et en rade de Brest.	Les ZPS sont vouées à la protection des habitats des espèces d'oiseaux menacés à l'échelle de l'Europe.
Zones spéciales de conservation (Natura 2000)	Elles concernent des espaces marins autour du Cap Sizun, de l'île de Sein, de la Presqu'île de Crozon, de l'Archipel de molène, de la Pointe de Corsen et du Conquet.	Elles ont pour vocation la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune (hors oiseaux) et de la flore sauvage.

Tableau 12. Mesures de protection existantes en mer d'Iroise.

Les îles de Trielen, Balaneg et Banneg sont classées en réserve naturelle (Décret n°92-1157 du 12/10/92 portant création de la réserve naturelle d'Iroise) mais elle concerne uniquement le domaine terrestre.

1-2-3 Un projet de Parc National Marin

La création des premiers parcs nationaux résulte en France d'une loi datant de 1960. Il s'agit d'une procédure de classement de territoires souvent peu anthropisés et voués à la protection et à la gestion d'un patrimoine naturel présentant un « intérêt spécial qu'il importe de préserver contre tout effet de dégradation naturelle et de soustraire à toute intervention artificielle susceptible d'en altérer l'aspect, la composition et l'évolution ». De fait, en France, les parcs nationaux sont généralement implantés sur des espaces terrestres, relativement préservés de l'influence anthropique, dont la fréquentation et les activités peuvent être gérées grâce à différentes contraintes juridiques, foncières ou d'accessibilité (Defossez & Vanderbecken, 1997). Ces principes sont difficilement transposables à un milieu ouvert et fortement anthropisé tel que la mer d'Iroise.

Pourtant, dans la perspective de mettre en œuvre une gestion globale de la mer d'Iroise, la création d'un parc national marin a été proposée en 1989 lors de l'inauguration de la réserve de biosphère (Sabourin & Pennanguer, 2003). Le projet de création du Parc National Marin d'Iroise a été officialisé par le Ministère de l'Environnement en 1996 avec la mise en place d'une Mission chargée du dossier de création du futur parc par un comité de pilotage. Ce comité de pilotage, présidé par le Préfet maritime de l'Atlantique et le Préfet du Finistère est nommé par arrêté préfectoral. Il est composé des élus nationaux territorialement compétents (députés), d'élus locaux pour un tiers des membres, d'usagers et de structures socioprofessionnelles de la société civile (pêcheurs professionnels, plaisanciers, plongeurs, associations de protection de l'environnement) pour un autre tiers et enfin de services de l'état pour le tiers restant. Il fixe les grandes orientations et valide les propositions de la mission. Ce comité de pilotage préfigure dans les grandes lignes la composition d'un conseil d'administration de parc national.

En septembre 2001, suite à une phase de « consultation pour avis », un arrêté de prise en considération du Premier ministre stipule que : *« Le projet de parc national en mer d'Iroise en ce qu'il permet une protection pérenne d'un patrimoine naturel exceptionnel et le développement d'activités humaines compatibles avec cette préservation est pris en considération ».* Le périmètre (figure 33) et les grands principes de gestion sont dès lors validés par le comité de pilotage, ce qui autorise à engager la phase d'enquête publique.

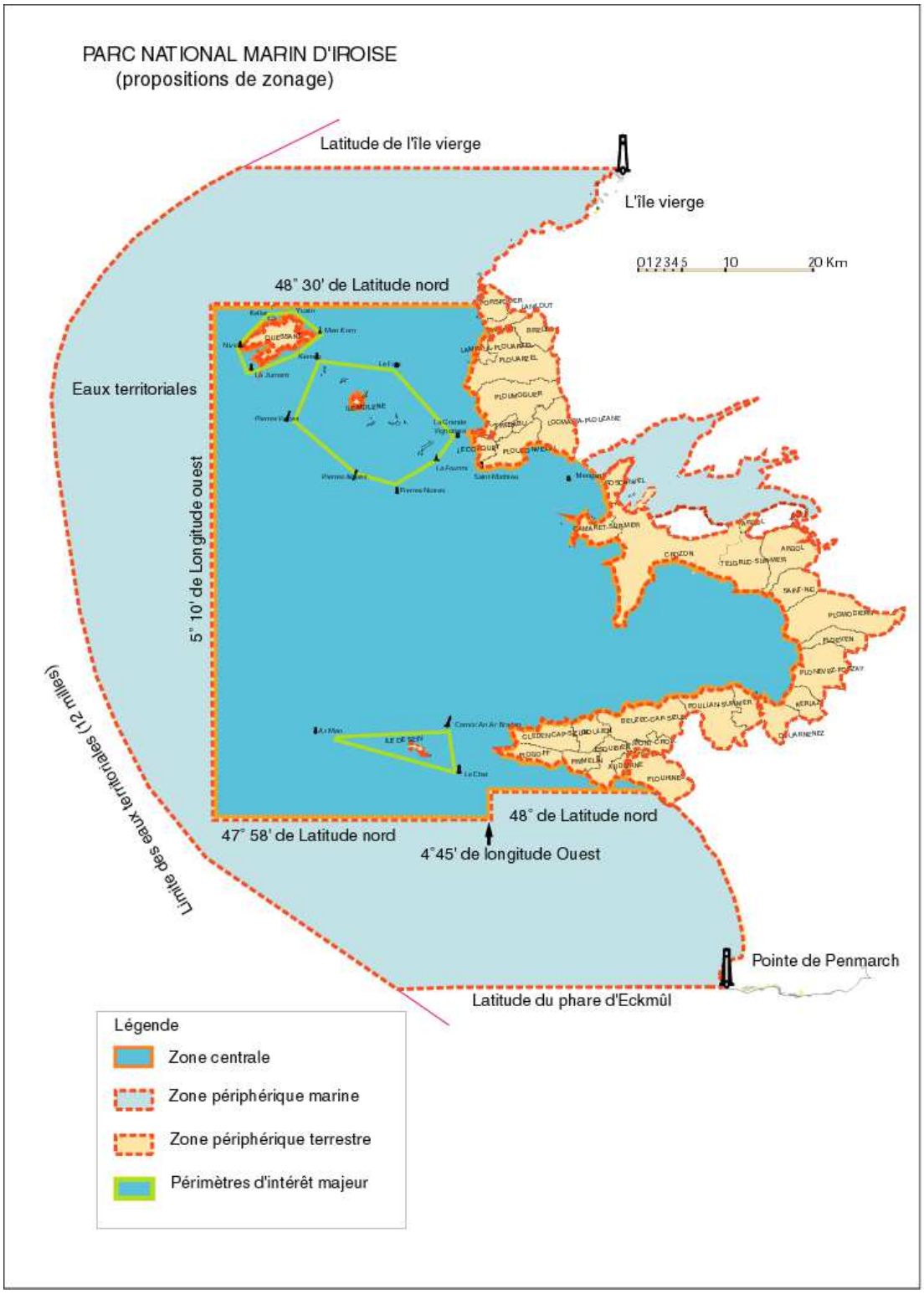


Figure 33. Proposition de zonage du projet PNMI (Mission-PNMI, 2003).

Dès Janvier 2002, le comité de pilotage valide les propositions de la mission pour une méthode de travail permettant d'élaborer d'une part **un projet de territoire** et d'autre part **un projet d'organisation** (Mission-PNMI, 2003). Le projet de territoire constituera le document support qui expliquera les objectifs du parc. Un projet d'organisation en découlera pour envisager les mesures de gestion afin de réaliser les objectifs du projet de territoire.

Cette méthode, qui prévoit la création de groupes de travail animés par la mission, est conforme au souhait de construire ce projet de territoire avec les acteurs locaux. Ces groupes formulent des propositions pour alimenter le projet de territoire et le projet d'organisation. Compte tenu du bilan établi par les premiers travaux des groupes de travail, des demandes exprimées par les élus, des orientations données par la Ministre de l'Ecologie et du Développement Durable, une consultation complémentaire a été entreprise depuis mai 2003. L'objectif fixé par la Ministre est de faire en sorte *« qu'un parc national en mer d'Iroise puisse être un lieu de concertation et de décision maîtrisé par les acteurs locaux, pour assurer une gestion intégrée de ce territoire marin d'exception, et non une source de contraintes notamment réglementaires, déconnectées des enjeux et du projet de territoire. Se fondant sur des données scientifiques objectives et transparentes, le parc national devra répondre à la double vocation de préservation du patrimoine naturel et de participation au développement durable de ce territoire, en contribuant à la bonne intégration environnementale des activités traditionnelles existantes ou au développement de nouvelles activités respectueuses de l'environnement ».*

Les projets de territoire et d'organisation qui résulteront des réflexions des groupes de travail seront soumis à l'enquête publique.

Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de disposer de connaissances sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes mais aussi sur le déroulement des activités humaines. Actuellement, la phase de consultation complémentaire doit permettre à la Mission d'affiner le projet de territoire et notamment de favoriser une meilleure connaissance des usages et activités de la mer d'Iroise. Dans une optique de gestion, l'analyse de la compréhension des usages, c'est-à-dire la connaissance de la façon dont le milieu est utilisé par l'homme, est essentielle.

1-3 Un contexte scientifique porteur

Les caractéristiques naturelles remarquables de l'Iroise, couplées à une augmentation de la pression anthropique dont elle fait l'objet, impliquent une demande croissante en termes de connaissances et de produits synthétiques d'aide à la gestion (Gourmelon, 2003). Depuis plusieurs décennies, ce constat a entraîné la mise en place de multiples recherches à l'origine notamment de la création d'un Observatoire du Domaine Côtier de l'Iroise.

1-3-1 L'Observatoire du Domaine Côtier[43]

L'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), composante de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), a été créé en mai 1997. Il a pour objectif général de comprendre et de modéliser le système couplé atmosphère-océan-géosphère-biosphère de la planète Terre afin de comprendre son évolution passée et actuelle en fonction des fluctuations climatiques et anthropiques. Ce projet qui implique une démarche résolument pluridisciplinaire a justifié la création d'un Observatoire du Domaine Côtier (ODC) dont l'objectif est d'analyser la dynamique du changement à long terme de l'environnement côtier sous l'influence du climat et des activités humaines (Tréguer, 2001). Pour cette analyse, la pointe occidentale du Finistère, et notamment la mer d'Iroise, bénéficie d'une position privilégiée. En effet, sa zone côtière est directement exposée aux influences climatiques atlantiques et elle est le siège de nombreux usages aux impacts divers. Actuellement, l'ODC assure l'acquisition de séries d'observations qui sont stockées par un Système d'Information pour l'Environnement Côtier (SIEC).

1-3-2 L'étude sur les activités humaines en mer d'Iroise (CEDEM / Ifremer)

Les caractéristiques de l'environnement naturel de la mer d'Iroise constituent un facteur d'attraction pour diverses activités marchandes et non marchandes, qui, en retour, exercent sur lui une pression susceptible de mettre en cause son équilibre. Ce constat est à l'origine d'un projet de recherche[44] portant plus précisément sur « les activités halieutiques et activités récréatives dans le cadre d'une espace à protéger : le cas du Parc National de la Mer d'Iroise » (Boncoeur *et al.*, 2002 ; Boncoeur *et al.*, 2000). Il associe des biologistes (Ifremer) et des économistes (UBO-CEDEM et Ifremer). Plus précisément, ce projet vise à :

- établir un état des activités halieutiques et récréatives en mer d'Iroise, mettant en évidence à la fois leur poids économique et leur interactions avec l'écosystème. Une base de données halieutiques spécifique à la mer d'Iroise a d'ores et déjà été créée,
- préciser les conséquences que pourrait entraîner pour ces activités la mise en place d'une aire marine protégée dans la zone,
- étudier les mécanismes incitatifs susceptibles d'améliorer la compatibilité des comportements des acteurs avec les objectifs de protection environnementale.

[43] D'après le rapport final pour le programme PEVS du CNRS.
[44] Cofinancé par les Programme National « Environnement Côtier » (PNEC), le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (programme « Espace protégés ») et le Conseil Régional de Bretagne

1-3-3 Le SIG « Iroise »

Un SIG consacré à la mer d'Iroise est mis en œuvre depuis une dizaine d'années au laboratoire Géomer (UMR 6554 LETG CNRS), composante de l'IUEM. Il bénéficie des ressources logicielles, matérielles et humaines de cette unité de recherche et contient deux Bases d'Information Géographique. *SIGOuessant,* mise en oeuvre en 1990, traite des milieux insulaires et intertidaux de la Réserve de la Biosphère de la Mer d'Iroise (Gourmelon *et al.*, 1995). Créée en 1995, *Iroise* rassemble des données disponibles sur le littoral finistérien, notamment auprès des producteurs officiels (SHOM, IGN, Ifremer, IFEN…) (Le Berre, 1999). L'organisation générale de ces BIG s'articule autour de deux référentiels (terrestre et marin), en trois domaines géographiques (terrestre, intertidal et marin) eux-mêmes traités en trois thèmes (milieu physique, patrimoine écologique, usages) (figure 34).

Iroise fourni le support de l'information géographique exploitée dans le cadre de cette thèse.

En milieu marin, les données géographiques de référence sont fournies par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) qui assure l'acquisition, le traitement et la communication de données pour des applications essentiellement liées à la sécurité de la navigation (réglementation notamment) et aux besoins de la Défense Nationale. Mais les données acquises par cet établissement concernent également des paramètres tels que le trait de côte, la bathymétrie, les courants, les marées, la sédimentologie...

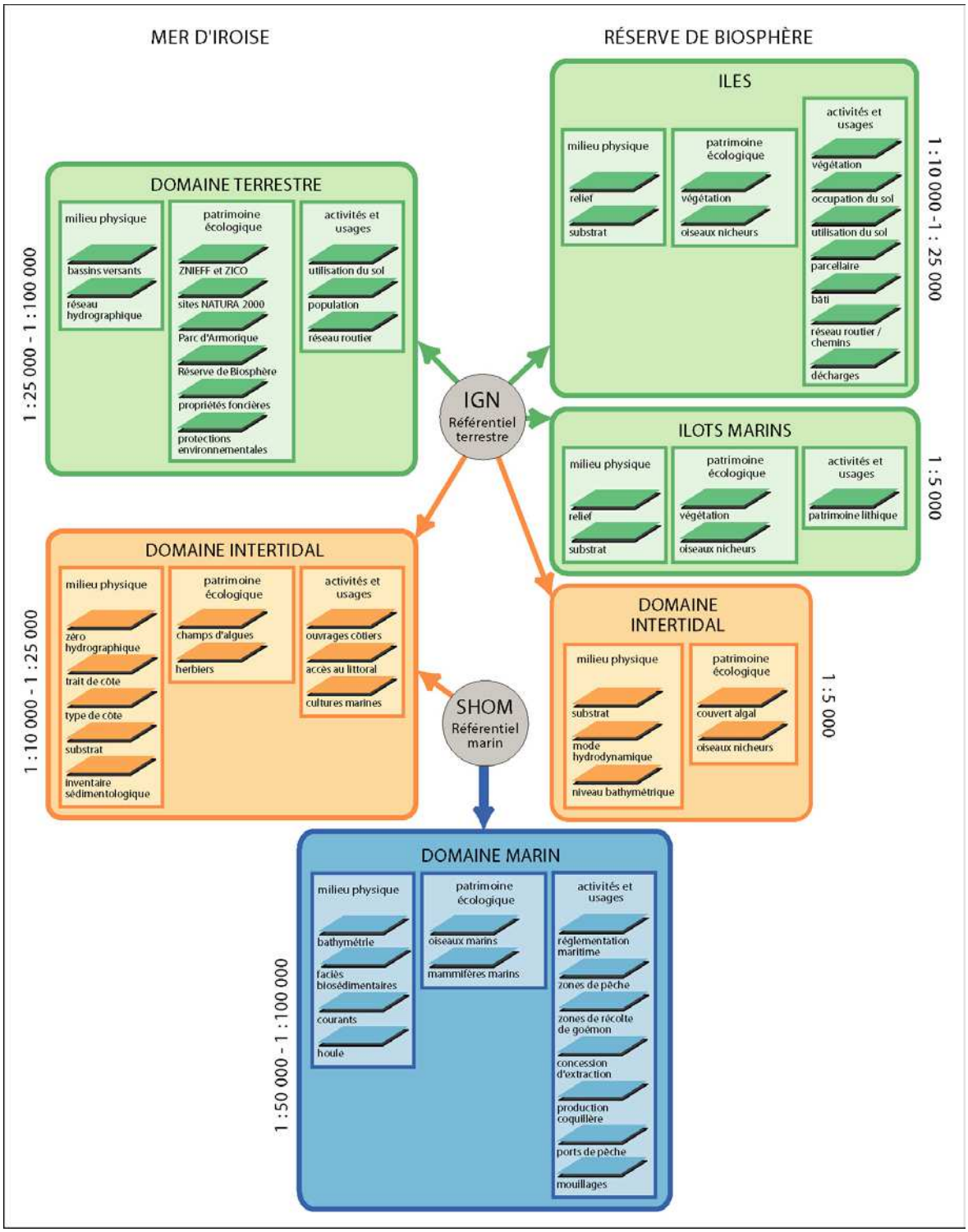


Figure 34. L'organisation de l'information géographique dans le SIG consacré à la mer d'Iroise (Gourmelon & Le Berre, 2001).

Les données de la BIG qui décrivent l'espace maritime proviennent donc pour beaucoup de l'intégration de données numériques produite par le SHOM (trait de côte, sondes bathymétriques, réglementation (BDSigma), courants de marée) mais aussi de la numérisation de données analogiques existantes (cartes sédimentologiques des côtes de France, textes juridiques…) ou de données collectées sur le terrain (ouvrages côtiers, nature du littoral). Néanmoins, pour répondre aux besoins de la présente étude, la BIG *Iroise* a été enrichie sur les thèmes concernant les usages anthropiques du milieu (tableau 13).

Domaine	Thème	Couches thématiques		Sources des données
Domaine marin	Milieu physique	Bathymétrie		SHOM BDBS
		Nature sédimentologique des fonds		UBO/CNRS ; SHOM ; IFREMER
		Courants de marée		SHOM Atlas numérique
		Faciès biosédimentaire		UBO / CNRS
	Patrimoine écologique	Oiseaux marins		SEPNB
		Mammifères marins		Océanopolis
	Usages / activités	Ports et mouillages		DDAM
		Chenaux d'accès aux ports		SHOM
		Zones militaires		SHOM
		Câbles sous-marins		SHOM
		Cantonnements		SHOM
		Sites aquacoles		DDAM
		Protection	Réserve de Biosphère	DIREN
			Parc Naturel Régional	DIREN
			Réserve de chasse	DIREN
			ZNIEFF / ZICO	DIREN
		Pêche professionnelle	**Chaluts**	UBO/CNRS ; IFREMER
			Dragues	UBO/CNRS ; IFREMER
			Filets	UBO/CNRS ; IFREMER
			Casiers	UBO/CNRS ; IFREMER
			Lignes	UBO/CNRS ; IFREMER
			Palangres	UBO/CNRS ; IFREMER
			Goémon	UBO/CNRS ; IFREMER
			Pêche sous-marine	UBO/CNRS ; IFREMER
		Extraction de matériaux		DDE
		Navigation maritime		SHOM

Tableau 13. Structuration de la BIG-Iroise (domaine marin uniquement).

2 DEMARCHE CONCEPTUELLE

2-1 Inventaire et sélection d'activités

En mer d'Iroise, six usages principaux ont été recensés et se décomposent en différentes activités et sous-activités[45] (figure 35).

Il est vite apparu que l'analyse de l'ensemble des activités humaines présentes en mer d'Iroise n'était pas envisageable dans le cadre de cette thèse. Nous avons donc choisi de sélectionner en priorité les activités de type professionnel car :

- Elles reposent généralement sur des processus de type intensif et standardisé pouvant être décrits de manière quasi-archétypique. Ce constat valide l'hypothèse d'une approche quasi-déterministe.
- Elles sont susceptibles d'interagir fortement avec le milieu et avec les autres activités.

Nous avons convenu, dans un premier temps, de nous focaliser sur trois activités :

- les principaux métiers de pêche professionnelle pratiqués sur la zone,
- la navigation maritime et plus particulièrement le transport de matières dangereuses,
- les extractions de matériaux en mer.

Ainsi, pour chaque activité modélisée, il sera réalisé :

- Une description générale de l'activité et des différents types de sous-activités s'il y a lieu.
- Une présentation du cadre juridique de l'activité.
- Un état des lieux des sources de données et d'informations existantes.
- Une modélisation spatio-temporelle de l'activité dont l'objectif est de mettre en évidence son déroulement en fonction des contraintes de pratique. Une présentation synthétique sous forme de fiches est proposée pour chaque activité. Il en résulte l'élaboration :
    - du Territoire de Pratique Potentielle (TPP)
    - du Calendrier de Pratique Potentielle (CPP)

[45] un usage constitue un mode d'utilisation du territoire qui génère un espace résultant d'un projet d'exploitation et/ou de gestion des ressources du milieu

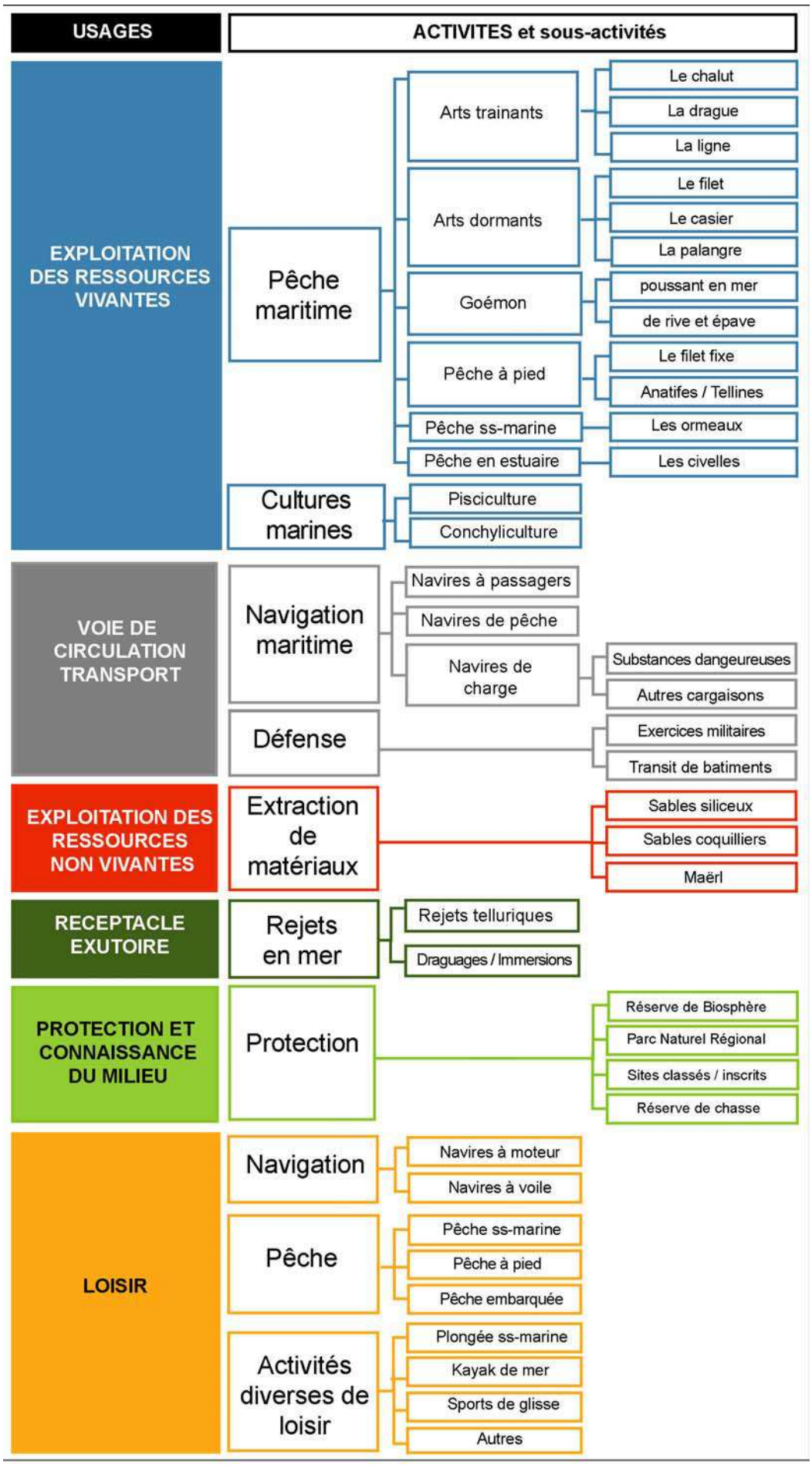


Figure 35. Proposition de typologie des activités humaines présentes en mer d'Iroise.

2-3 la pêche professionnelle

La pêche professionnelle « côtière » est l'usage traditionnel de la mer d'Iroise. C'est une activité à la fois homogène et variée. Elle se compose de nombreux métiers potentiellement conflictuels, mais qui jouent un rôle économique et social structurant sur le littoral.

Les incidences des activités halieutiques sur les écosystèmes sont nombreuses et variées. On distingue classiquement les effets directs et les effets indirects (Boncoeur *et al.*, 2000) :
Les effets directs :
- mortalités par pêche qui contribuent à la diminution du niveau des populations marines et à la modification de leur composition démographique, y compris pour les espèces qui font l'objet de rejets en mer,
- modification mécanique des fonds marins par certaines techniques de pêche (Arts traînants) d'où des impacts notables sur les organismes benthiques,
- perturbation pour diverses espèces d'oiseaux et de mammifères marins par captures d'individus d'espèces non ciblées : par exemple enchevêtrement dans les filets.

Les effets indirects découlent directement des effets directs :
- modification des chaînes alimentaires,
- altération des capacités de renouvellement des espèces commerciales,
- destruction de sites importants pour le développement des œufs, des larves ou des formes juvéniles.

2-3-1 Le cadre juridique

Les activités de pêche professionnelle en mer d'Iroise sont soumises au cadre juridique global qui s'applique dans la bande côtière française (DRAM, 1999). Comme indiqué dans la méthodologie, la réglementation des pêches professionnelles est produite par plusieurs autorités compétentes à des niveaux divers.

L'Union européenne détient une compétence exclusive en matière de conservation et de gestion des ressources halieutiques. L'exercice de la pêche maritime est, en France, soumise aux règles de la Politique commune de la pêche (PCP) qui concerne :
- la conservation des ressources ;
- les structures (flottilles et équipements à terre) ;
- l'organisation commune des marchés ;
- la politique extérieure (accords de pêche avec des Etats tiers).

L'objectif du régime communautaire de la pêche et de l'aquaculture issu du règlement n° 3760/92 est de prévoir une exploitation rationnelle et responsable sur une base durable des ressources halieutiques disponibles. Afin d'y parvenir, est institué un dispositif réglementaire comportant notamment :

- un système de limitation et de répartition des captures concernant certaines espèces (fixation de totaux admissibles de captures -TAC- répartis en quotas pour chaque Etat membre) ;
- un système de limitation de l'effort de pêche ;
- des mesures (techniques) relatives à des restrictions ou des interdictions de pêche dans certaines zones au cours de certaines périodes, des spécifications concernant les engins de pêche (interdictions, maillages minimaux, etc…), la définition de taux de prises accessoires, la définition de tailles minimales de capture.

La politique commune de la pêche établit le principe de l'égal accès de tous les navires battant pavillon d'un Etat membre à la zone de pêche communautaire (ensemble des eaux placées sous la souveraineté et la juridiction des Etats membres). Ce principe est cependant tempéré par l'instauration d'un régime dérogatoire et transitoire autorisant chaque Etat membre à réserver, à ses propres navires, l'accès à sa bande côtière.

L'exclusivité de sa compétence ne peut empêcher l'Union de déléguer aux Etats membres des pouvoirs afin de réglementer des stocks strictement locaux et de renforcer, le cas échéant, les mesures de gestion et de conservation communautaires vis à vis de leurs propres ressortissants.

L'Etat peut également, par délégation « implicite » réglementer en lieu et place de l'Union Européenne, lorsque celle-ci a omis d'intervenir dans certaines zones ou pour certaines activités. La France prend ainsi des mesures concernant notamment, les cultures marines, la pêche à pied, la pêche de plaisance, la récolte des végétaux marins.

L'Etat est également chargé de mettre en œuvre certaines dispositions communautaires (régime des licences et attribution du PPS). Enfin, l'Etat conserve un rôle essentiel en matière de contrôle et détient, à titre exclusif, le pouvoir de sanction.

En droit interne, le texte de base relatif à l'exercice de la pêche maritime est le décret-loi du 9 janvier 1852 (modifié en dernier lieu par la loi n°97-1051 du 18 novembre 1997 d'orientation sur la pêche maritime et les cultures marines) dont les textes d'application fixent la réglementation nationale complétant le dispositif communautaire, en ce qui concerne notamment :

- la limitation des périodes et des zones de pêche, allant jusqu'à l'interdiction, en particulier à l'intérieur de la bande des 3 milles (les zones interdites sont appelées réserves ou cantonnements),
- la réglementation de la pêche des stocks locaux, notamment des coquillages (principalement coquilles Saint-Jacques, moules, autres petits bivalves). Le mode principal d'aménagement consistant en un système de licences délivrées annuellement par les comités régionaux des pêches,
- la réglementation de certains engins de pêche (en particulier, l'interdiction des chaluts dans la bande des 3 milles, assortie de nombreuses dérogations),
- la réglementation de la pêche à pied,
- la détermination de la taille ou du poids minimum des captures.

Les préfets de région exercent une compétence de droit commun en matière de pêche maritime. Le décret n°90-94 du 25 janvier 1990 investit le préfet de région de la compétence pour prendre différentes mesures d'application relatives à la réglementation nationale de la pêche maritime. Cette autorité administrative est également compétente pour rendre obligatoires les délibérations des comités régionaux des pêches maritimes prises en matière de conservation et de gestion des ressources en vertu de la loi du 2 mai 1991 relative à l'organisation interprofessionnelle des pêches maritimes et des élevages marins.

Outre ces mesures qui concernent directement la gestion des ressources halieutiques, l'espace marin est également régi par diverses mesures réglementaires liées à la navigation et à la sécurité en mer, aux activités militaires, à la présence de réseaux de communication et de zones aquacoles… Ces mesures impliquent évidemment des interdictions ou des restrictions pour les activités de pêche et doivent de ce fait impérativement être prises en compte pour la description de leur déroulement.

Le tableau 14 décrit de façon synthétique la répartition des compétences entre les diverses autorités intervenant dans la gestion des pêches professionnelles dans les eaux territoriales françaises :

ORIGINE	NIVEAU DÉCISIONNEL	ELEMENTS CONSTITUTIFS DE LA REGLEMENTATION	TEXTES DE RÉFÉRENCE
Union Européenne	Conseil	La pêche maritime s'exerce conformément aux règlements communautaires, notamment ceux relatifs au régime de conservation et de gestion des ressources : • quotas nationaux de captures • filets et conditions d'utilisation : maillage, ciblage, caractéristiques des engins • zonages • tailles minimales des organismes marins • méthodes de pêche.	R (CE) 850/98 du 30/03/98 R (CE) 894/97 du 29104/97 R (CE) 3760/92 du 20/12/92
État	Parlement Premier ministre Ministre chargé de la Pêche	La réglementation communautaire n'est pas exclusive de mesures nationales lorsque la pêche s'exerce dans les eaux ou par les activités qui ne relèvent pas du champ d'application de cette réglementation. L'Etat prend des dispositions générales concernant : • Les cultures marines • La pêche à pied • La pêche de loisir • La récolte des végétaux marins En outre, chaque État dispose de pouvoirs : • pour réglementer certains stocks locaux : toutes mesures de conservation. • pour renforcer ou compléter à l'égard de ses propres ressortissants, les dispositions communautaires. • pour exercer le contrôle et les poursuites des éventuelles infractions dans ses eaux territoriales et sa ZEE.	DL du 09/01/1852 Loi 97-1051 du 18/11/97 D 83-228 du 22/03/83 D 89-1018 du 22/12/89 D 90-94 du 25/01/90 D 90-95 du 25/01/90 D 90-618 du 11/07/90 D 90-719 du 09/08/90 D 92-335 du 30/03/92 D 93-33 du 08/01/93 D 2001-426 du 11/05/01
	Préfets de Région	Mesures locales d'application concernant l'exercice de la pêche maritime, notamment : • caractéristiques des navires autorisés à pêcher dans certaines zones • utilisation et pose des engins de pêche • périodes : fermetures temporaires • instauration de quotas • attribution de licences • réglementation de la pêche de loisir	D 82-635 du 21/07/82 D 90-94 du 25/01/90 D 90-95 du 25/01/90 D 82-635 du 21/07/82 D 90-719 du 09/08/90 D 90-618 du 11/09/90 D 2001-426 du 11/05/01
	Préfets de Département	• Gestion du DPM et des SMVM • Concession de cultures marines • Pêche à l'intérieur des ports • Pêche aux filets fixes dans la zone de balancement des marées • Détermination des points de débarquement • Exploration et exploitation des ressources du plateau continental	D 82-635 du 21/07/82 D 86-1252 du 05/12/86 D 83-228 du 22/03/83 D 90-94 du 25/01/90 D 90-95 du 25/01/90 A du 13/10/99 D 71-360 du 06/05/71
	Préfets maritimes	Police administrative générale et spéciale en mer. Pouvoir de coordination de l'État en mer.	D 78-272 du 09/03/78 D 94-589 du 15/07/94

Signification des sigles : R (CE) = règlement des Communautés européennes ; DL = Décret-loi ; D = décret ; A = arrêté ; DPM = domaine public maritime ; SMVM = schéma de mise en valeur de la mer.

Tableau 14. Autorités compétentes en matière de pêche professionnelle dans la bande côtière française (Pennanguer *et al.*, 2002).

ORIGINE	NIVEAU DÉCISIONNEL	ELEMENTS CONSTITUTIFS DE LA REGLEMENTATION	TEXTES DE RÉFÉRENCE
Collectivités territoriales	Conseils généraux	Police dans les ports départementaux Délimitation	Articles L. 311-1 et s. du code des ports maritimes Article R. 613-1 du code des ports maritimes
	Communes	Police dans les ports communaux Délimitation	Articles L. 311-1 et s. du code des ports maritimes Article R. 613-1 du code des ports maritimes
Organisation inter-professionnelle des pêches maritimes et des élevages marins	Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CNPMEM)	Les délibérations adoptées par le comité national peuvent être rendues obligatoires par le ministre en charge de la pêche maritime. Ces délibérations portent notamment sur : • la limitation de l'accès à une ressource (licences…) • la limitation du volume des captures (quotas) de certaines espèces • l'exploitation rationnelle de le ressource de pêche (zonage, engins) • les condition de récolte des végétaux marins • la compatibilité entre les métiers	Loi 91-411 du 02/05/91 D 91-1276 du 19/12/91 D 92-335 du 30/03/92
	Comités Régionaux des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPEM)	Les délibérations adoptées par le comité national peuvent être rendues obligatoires par le préfet de région compétent. Ces délibérations portent notamment sur : • la limitation de l'accès à une ressource (licences…) • la limitation du volume des captures (quotas) de certaines espèces • l'exploitation rationnelle de la ressource de pêche (zonage, engins) • les conditions de récolte des végétaux marins • la compatibilité entre les métiers Les comités régionaux sont en outre chargés d'appliquer les délibérations du comité national.	Loi 91-411 du 02/05/91 D 91-1276 du 19/12/91 D 92-335 du 30/03/92
	Comités Locaux des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CLPMEM)	Les comités locaux sont chargés d'exprimer des avis et de faire des propositions aux comités régionaux. Ils sont en outre chargés d'appliquer les délibérations du comité national et des comités régionaux	Loi 91-411 du 02/05/91 D 91-1276 du 19/12/91 D 92-335 du 30/03/92 D 92-376 du 01/04/92

Signification des sigles : RCE = règlement des Communautés européennes ; DL = Décret-loi ; D = décret ; DPM = domaine public maritime ; SMVM = schéma de mise en valeur de la mer.

Tableau 14 (suite). Autorités compétentes en matière de pêche professionnelle dans la bande côtière française (Pennanguer *et al.*, 2002).

2-3-2 Les informations existantes : des difficultés statistiques

Une bonne gestion des pêches implique de disposer de données sur l'état des ressources, sur les activités de pêche, la structure des flottilles, les zones de pêche, les infrastructures portuaires, le marché des produits de la mer… Or le secteur des pêches françaises, et particulièrement celui des pêches côtières est mal connu (Marini, 1998).

La pêche côtière est le fait de nombreuses unités dispersées tout au long du littoral dont les activités très variées ne sont pas systématiquement recensées dès lors que les débarquements se font souvent en dehors des criées. Le manque de données fiables fait qu'il est encore aujourd'hui difficile d'avoir une vision globale de ce secteur qui se caractérise par une grande diversité des métiers, des espèces ciblées, des points de débarquement, des réglementations… C'est ainsi que l'activité (production, effort de pêche et métiers pratiqués, sans parler des données économiques et sociales) de bon nombre de navires de petite taille n'est pas connue (Bolopion *et al.*, 2000). C'est le cas dans les quartiers riverains de l'Iroise où la flotte de pêche est composée à 80 % de navires de moins de 12 mètres (contre 67 % à l'échelle régionale).

De plus, la production des statistiques officielles de pêche relève en France de l'administration des Affaires Maritimes. Ces statistiques concernent les navires, l'emploi et les débarquements. Dans le cas des petits navires tels que ceux qui exercent en mer d'Iroise, les informations (stratégies de pêche, production, chiffre d'affaire…) sur les flottilles restent très difficilement accessibles ou sont même inexistantes. Quand elles existent, elles ne sont pas systématiquement reliées à des périodes et des zones de pratique, et sont de ce fait inaptes à décrire la pression de pêche sur un site.

Dans le cas de l'Iroise, le système national des statistiques de pêche ne permet donc pas d'obtenir une information exhaustive, ni même un échantillon représentatif de l'activité des navires de pêche du secteur étudié. Une méthodologie d'observation des activités des pêcheurs professionnels a donc été mise en place par l'Ifremer (Boncoeur *et al.*, 2000). Elle vise, pour chaque métier recensé, à :

- établir un calendrier de pêche sur une base mensuelle,
- identifier les principales zones de pêche (une base de données spatialisées sous forme de rectangles ou sous-rectangles statistiques a notamment été constituée) et préciser si le navire a pêché à l'intérieur ou à l'extérieur des 12 milles,
- estimer l'effort de pêche (nombre de navires, caractéristiques et mode d'utilisation des engins).

Ces données sont obtenues en s'appuyant sur des enquêtes. Deux campagnes ont été réalisées en 1996 et 2000 par l'IFREMER et avec le concours des Affaires Maritimes. Pour ces deux années, l'activité de chaque navire actif à la pêche a été reconstituée mensuellement. Cette thèse exploite essentiellement ces données issues de travaux d'enquêtes et qui reposent donc sur un système de type déclaratif.

- **La flottille étudiée**

L'objectif était d'extraire de la base de données spatialisées de l'Ifremer des informations sur le déroulement des activités halieutiques dans un périmètre aussi proche que possible de notre zone d'étude (figure 36). Les navires ayant pratiqué dans les rectangles statistiques retenus (26^E4, 26^E5, 25^E4 et 25^E5) mais au delà des 12 milles ont été supprimés de la base. Les statistiques obtenues sont donc relatives à la zone géographique présentée en figure 36. Cette zone est plus étendue que le site d'étude sélectionné. Les statistiques obtenues sont donc en général plus surestimées que sous-estimées.

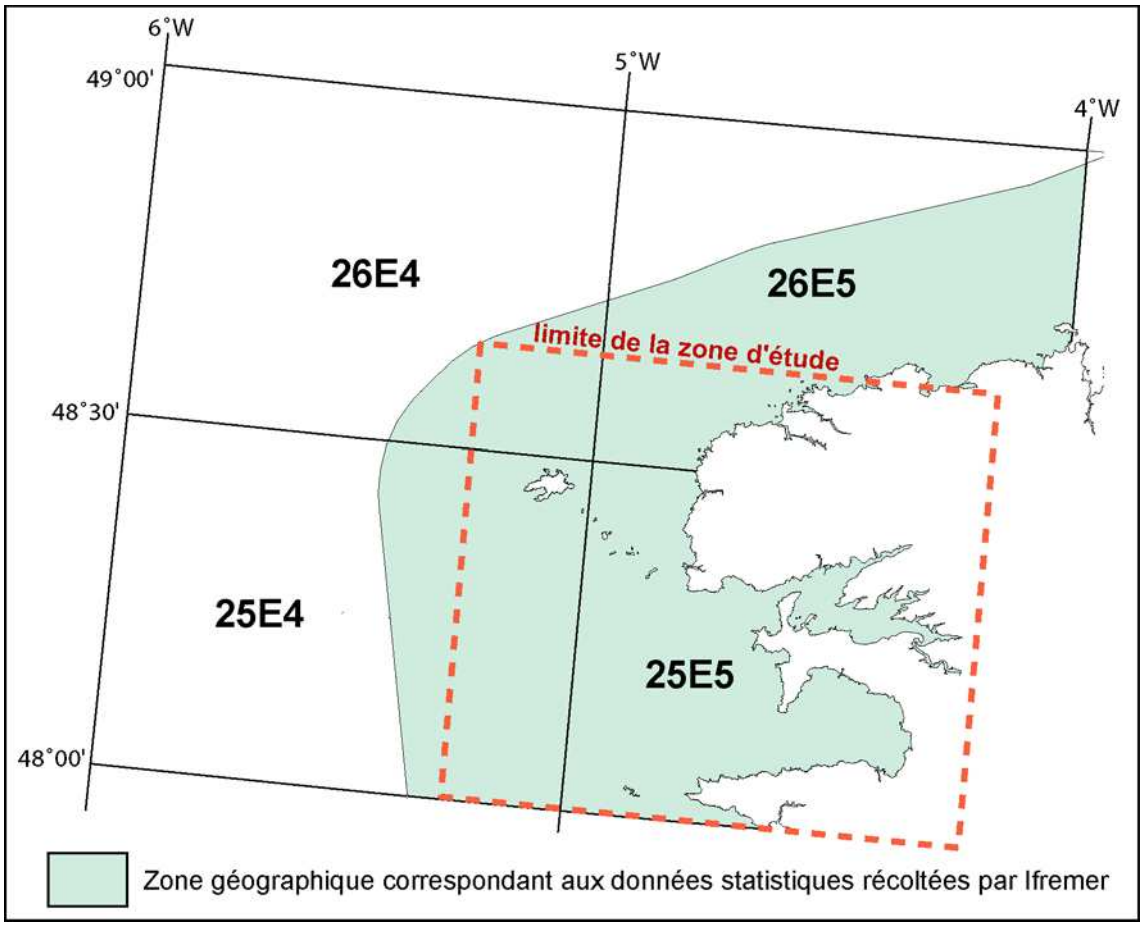


Figure 36. Carrés statistiques et zone d'étude.

- **Typologie des activités de pêche professionnelle en mer d'Iroise**

La typologie proposée est structurée autour de deux grands types d'activités[46] (figure 37) :
- les engins actifs (ou arts traînants) qui se déplacent pour capturer l'espèce recherchée,
- les engins passifs (ou arts dormants) qui sont statiques (l'espèce vient se prendre dans l'engin).

Les activités de récolte du goémon et quelques autres activités sont classées à part.

[46] D'après la Classification Statistique Internationale Type des Engins de Pêche (C.S.I.T.E.P)

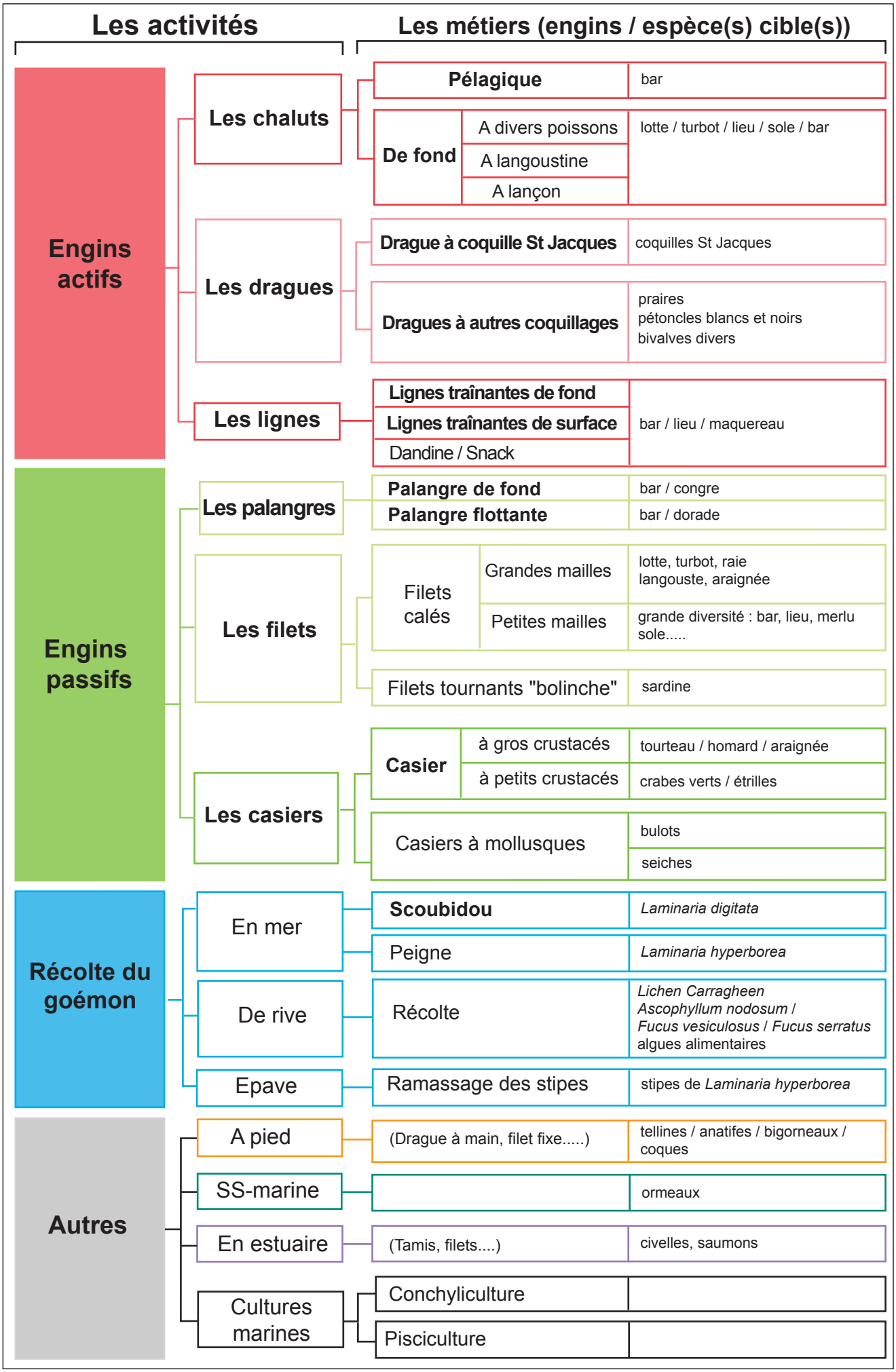


Figure 37. Typologie des pêches professionnelles en mer d'Iroise.

- **Principales caractéristiques de la flotte de pêche en mer d'Iroise**

La flotte de pêche exerçant en 2000 en mer d'Iroise est composée de 344 navires provenant essentiellement des quartiers riverains (Brest, Camaret, Douarnenez, Audierne) (Boncoeur *et al.*, 2002). En 2000, le quartier de Brest (avec 153 navires actifs en mer d'Iroise) représente 45 % des navires actifs dans la zone (48 % en 1996) et 98 % (95 % en 1996) des navires immatriculés à Brest travaillent au moins en partie en mer d'Iroise.

Caractéristiques des navires. Globalement, il s'agit d'une flotte de petite pêche artisanale d'une longueur moyenne de 11,69 mètres (10,20 en 1996). Dans les quartiers riverains de l'Iroise (Brest, Camaret, Douarnenez, Audierne), 80 % des navires ont une longueur inférieure à 12 mètres ; ce qui laisse présager un degré d'inféodation important à la mer côtière. L'essentiel de la flotte est constitué de navires de moins de 16 mètres, ce qui est classique dans la mer territoriale de Manche Atlantique. Cependant, quelques navires hauturiers d'une taille de 16 à 25 mètres, principalement issus de quartiers non riverains, font des incursions régulières dans la mer d'Iroise.

Distribution spatiale globale. La flotte n'est pas distribuée de manière uniforme dans les quatre rectangles statistiques de la mer d'Iroise. Les rectangles côtiers sont les plus fréquentés, avec respectivement 179 navires (233 en 1996) et 94 navires (120 en 1996). Ce sont les navires les plus grands qui fréquentent les zones du large.

Distribution temporelle globale. Le nombre de navires actifs en mer semble assez stable tout au long de l'année. En 2000 (comme en 1996), le calcul du taux de fréquentation de la mer d'Iroise par navire souligne que de nombreux navires issus des quartiers riverains sont dépendants de cette zone de pêche, tandis que la présence de navires de quartiers extérieurs est le plus souvent occasionnelle.

La flotte de pêche active en Iroise pratique en moyenne 2,1 métiers[47] dans l'année (2,2 en 1996). Une majorité de la flotte pratique donc 2 métiers et plus. C'est la caractéristique des flottilles côtières ayant un rayon d'action limité. On peut distinguer neuf métiers principaux en mer d'Iroise, ce qui souligne la diversité de l'activité dans la zone (Tableau 15).

[47] La notion de métier correspond à la mise en œuvre d'un engin de pêche sur une ou plusieurs espèces cibles sur une zone donnée et pendant une période donnée.

Métiers		Nombre de navire		Nombre de mois d'activité	
		1996	2000	1996	2000
Métiers principaux	Filet grandes mailles à poissons	106	74	688	637
	Filet petites mailles à poissons	107	97	470	569
	Lignes à poissons	74	60	874	488
	Casier à grands crustacés	104	63	693	365
	Palangres à poissons	86	58	640	406
	Drague à coquilles Saint Jacques	95	83	430	386
	Drague à autres coquillages	66	59	329	257
	Scoubidou à *Laminaria digitata*	49	42	307	197
	Chalutage de fond	29	43	148	180
Métiers secondaires	Filet grandes mailles à Crustacés	/	14	/	77
	Senne (ou bolinche) à poissons pélagiques	12	10	En moyenne 3 mois / an	
	Casier à seiche	/	16	/	43

Tableau 15. Tableau récapitulatif des principaux métiers pratiqués en Iroise en 1996 et 2000 (Boncoeur *et al.*, 2002 ; Boncoeur *et al.*, 2000).

2-3-3 Fiches de synthèse

Des fiches de synthèse, synthétisant les principales contraintes influençant la pratique des activités, sont réalisées pour 17 métiers de la mer d'Iroise. A chaque fiche de synthèse correspond la cartographie du Territoire de Pratique Potentielle (TPP) et une représentation schématique du Calendrier de Pratique Potentielle. Les fiches sont classées suivant la typologie des activités de la mer d'Iroise présentée précédemment (figure 37).

Fiche de synthèse n°1 : Activité de pêche au chalut

Les métiers

Engins		Espèces cibles
Chalut de fond	A divers poissons A langoustine A lançon	Divers poissons : lotte / turbot / lieu / sol / bar / seiche Langoustine Lançon
Chalut pélagique		Divers poissons

Dans la zone d'étude, le chalutage de fond domine tandis que le chalutage pélagique semble être moins pratiqué. Néanmoins, par rapport aux autres activités (filets, casiers, lignes), le chalutage de fond reste une activité secondaire. Ce qui est une originalité importante de la zone côtière considérée. De plus, la majorité des navires n'est pas strictement inféodée à cette zone. Les grands chalutiers (de plus de 15 mètres) sont très peu présents sur la zone d'étude qui n'est pas suffisamment rentable pour eux (influence des fonds rocheux notamment). Ils passent dans la zone (en y faisant éventuellement un trait de chalut) mais il ne s'agit pas de leur lieu d'activité principal.

- ## Le chalut de fond

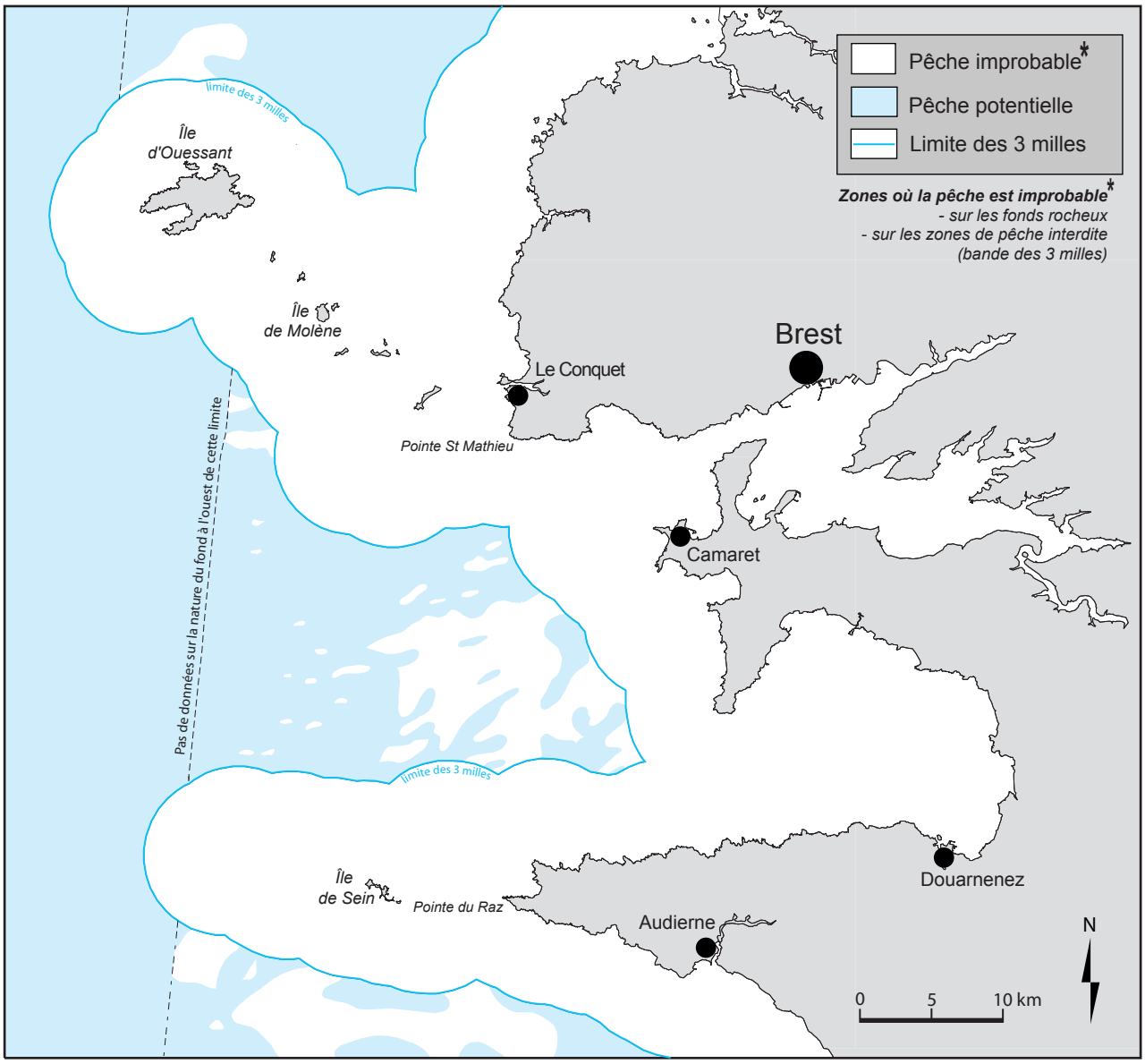
Conditions de pratique	Observations
Milieu	Pêche impossible sur **les plateaux rocheux** (Bien qu'il y ait de nouveaux gréments de chalut permettant de pêcher sur les plateaux rocheux)
Météorologie	Pas de pêche si l'état de la mer est supérieur à « mer forte »
Réglementation	Le chalutage de fond ne fait pas l'objet d'une réglementation spécifique (à noter cependant que les chaluts de fond en bœuf sont interdits dans les eaux territoriales de la DRAM Bretagne (AD n°4 du 29/01/79) et donc dans la zone considérée).
	Zones à accès interdit : Zones militaires / cantonnements / chenal d'accès au port de Brest / zones où présence de câbles sous-marins / bande littorale des 3 milles : le chalutage y est interdit sauf pour la pêche au lançon pour appât (D 90.94 du 25/01/90).
Autres	Accords de cohabitations chalutiers-fileyeurs

- ## Le chalut pélagique

Conditions de pratique	Observations
Milieu	La pêche est interdite sur les plateaux rocheux (Article 4 du A 152 du 02/11/78)
Météorologie	Pas de pêche si l'état de la mer est supérieur à « mer forte »
Réglementation	**Le chalutage pélagique** est fortement restreint dans la zone considérée et fait l'objet d'une réglementation spécifique (AD 152 du 02/11/78).
	Zones à accès interdit : Zones militaires / cantonnements / Chenal d'accès au port de Brest / bande des 3 milles (D 90.94 du 25/01/90) / plateaux rocheux (Article 4 du A 152 du 02/11/78)
Autres	Accords de cohabitations chalutiers-fileyeurs Le chalutage pélagique semble être très peu pratiqué sur la zone d'étude. A noter cependant l'intrusion frauduleuse de quelques chalutiers pélagiques ciblant le bar dans la partie nord de la mer d'Iroise.

Pêche au chalut de fond

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

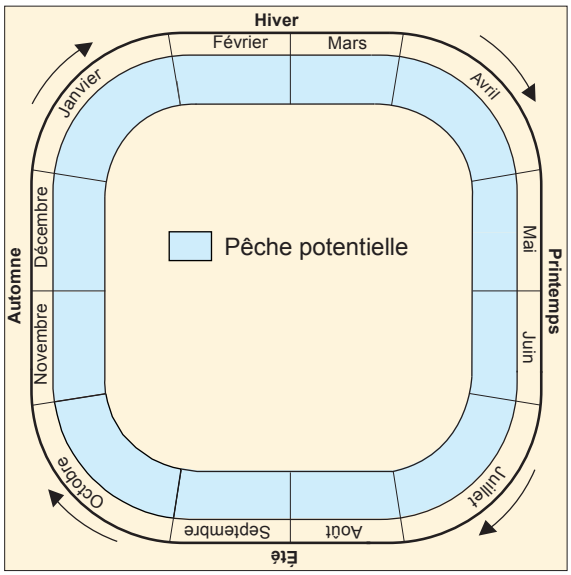
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises
(*seuil "mer forte" dépassé*)

La pêche se pratique tout au long de l'année.
Les accords de cohabitation avec les fileyeurs peuvent entraîner l'arrêt de la pêche dans certaines zones lorsque les coefficients de marée sont inférieurs à 75.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

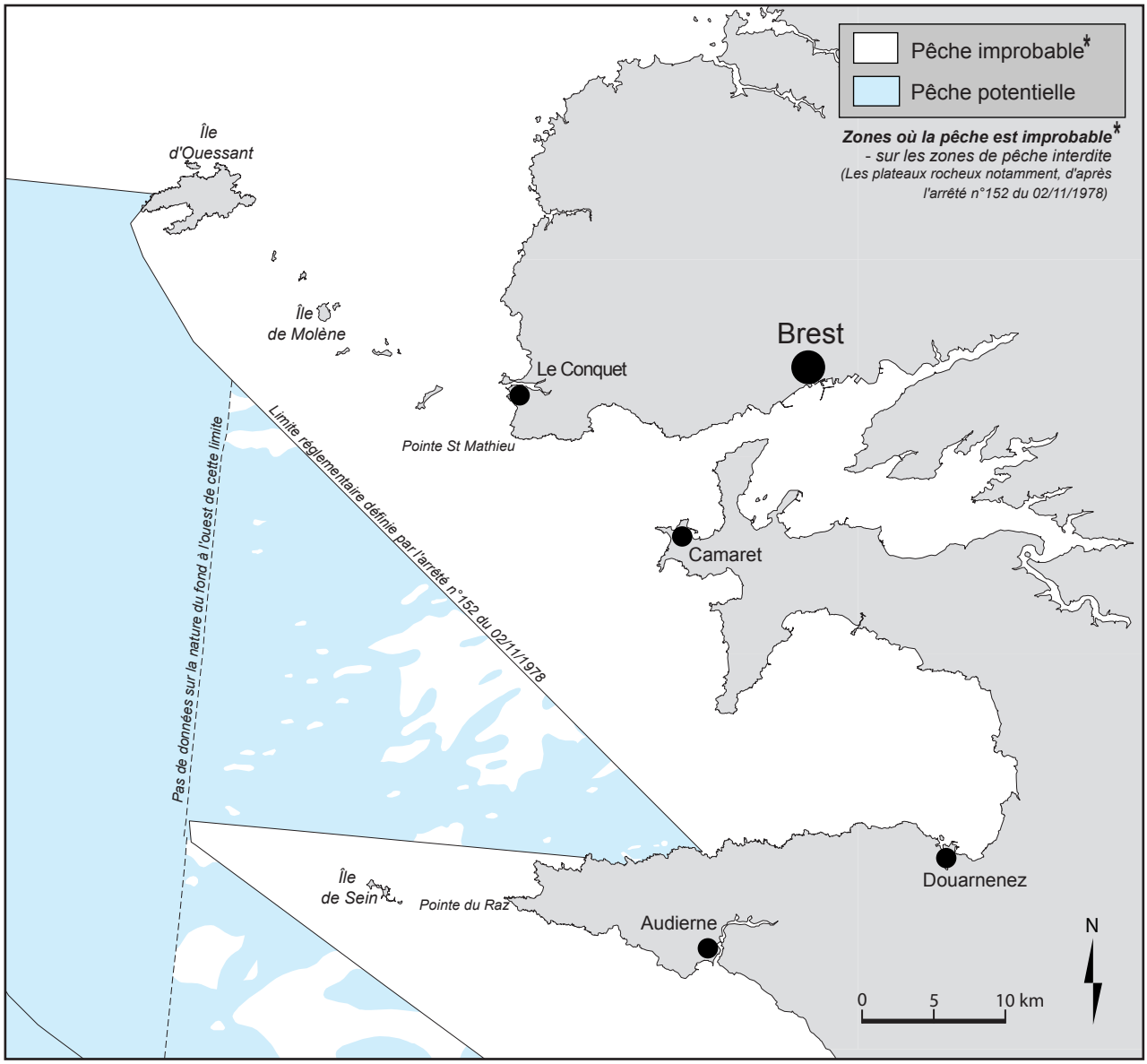
1996	2000
29	43



Source : Ifremer (LRH Brest)

Pêche au chalut de pélagique

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

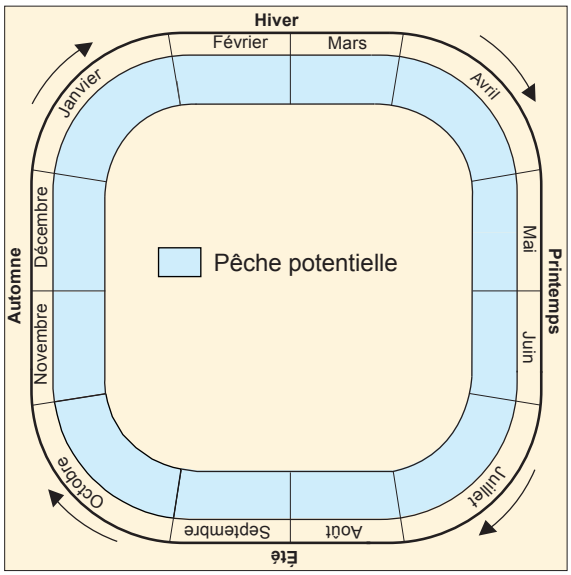
Périodes où la pêche est improbable :

- Lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises (seuil "mer forte" dépassé)
- De nuit (Article 2 du A 152 du 02/11/78)
- De jour, elle n'est possible que pour la capture des poissons bleus tels que le maquereau, le sprat, l'anchois, la sardine et le hareng (Article 3 du A 152 du 02/11/78)

Ce type de pêche semble peu pratiqué sur la zone.
Les accords de cohabitation avec les fileyeurs peuvent entraîner l'arrêt de la pêche dans certaines zones lorsque les coefficients de marée sont inférieurs à 75.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

1996	2000
<10	<10



Source : Ifremer (LRH Brest)

Fiche de synthèse n°2: Activité de pêche à la drague

Les coquillages sont pêchés à l'aide d'engins spécifiques : les dragues. Les navires traînent une à deux dragues par une profondeur de 10 à 70 mètres qui permettent de racler le fond et d'en extraire les coquillages. Après quelques minutes de « trait », la drague est remontée à bord et les coquillages sont triés sur le pont.

Les métiers

Engins	Espèces cibles
Drague à Coquille St-Jacques	**Coquille St-Jacques**
Dragues à autres coquillages	**Praire**
	Pétoncle blanc (Vanneau) Pétoncle noir (très peu présent sur la zone depuis 1996)
Autres	Amande de mer (actuellement en augmentation) Oursin

- ## La drague à la Coquille St-Jacques

Conditions de pratiques	Observations	
Milieu	**Pêche impossible sur les plateaux rocheux.** La coquille St-Jacques vit entre 5 et 40 mètres de profondeur sur des **fonds meubles** de maërl, de sable ou de vase.	
Météorologie	**Etat de la mer : Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé.** *En Iroise, les professionnels se trouvent souvent dans l'impossibilité de pêcher en sécurité. Ce qui pourrait expliquer le désengagement observé depuis quelques années au profit de zones beaucoup plus productives comme la baie de St-Brieuc.* **Direction du vent** : elle peut avoir une influence en rade de Brest. **Température : Pas de pêche si la température est < 0**	
Réglementation	**Zones à accès interdit** : Zones militaires / Chenal d'accès au port de Brest / Cantonnements Les principaux gisements naturels sont administrativement classés :	
	Gisement de Brest / Camaret	Arrêté n°400/2000 du 22/11/2000 portant création de la licence de pêche aux coquilles St-Jacques, aux praires et aux pétoncles dans le secteur de Brest / Camaret : **75 licences** pour la saison 2000 / 2001. Pêche autorisée à partir du 02 octobre pour la campagne 2000 / 2001. Pêche interdite à partir du 15 mars pour la campagne 2000 / 2001.
	Gisement de Douarnenez	Arrêté n°229/98 du 13/11/1998 portant création de la licence de pêche aux coquilles St-Jacques, et aux pétoncles sur le gisement de Douarnenez : **25 licences** pour la saison 2000 / 2001. Pêche autorisée à partir du 05 novembre pour la campagne 2000 / 2001. Pêche interdite à partir du 15 mai pour la campagne 2000 / 2001.
	Gisement mer d'Iroise	Arrêté n°136/95 sur la pêche à la coquille St-Jacques en mer d'Iroise : **Pas de licence obligatoire.** Pêche autorisée du 30 septembre au 15 mai.
Autres	L'exploitation de la coquille St-Jacques se fait essentiellement dans la partie ouest de la rade. Les coquilliers sont en général des navires polyvalents. En fin de saison, les coquilliers goémoniers partent sur la côte nord pour leurs travaux d'entretien avant de se concentrer à l'Aber Ildut pour commencer la saison du goémon. Les autres navires (selon leur métier annexe) doivent également faire des travaux pendant quelques semaines. Visiblement, il y a eu peu de navires à pêcher sur les bancs d'Iroise en 2000 car il est plus rentable pour eux de pêcher en baie de St Brieuc, sauf en début et fin de saison alors que le gisement de St-Brieuc n'est pas ouvert.	

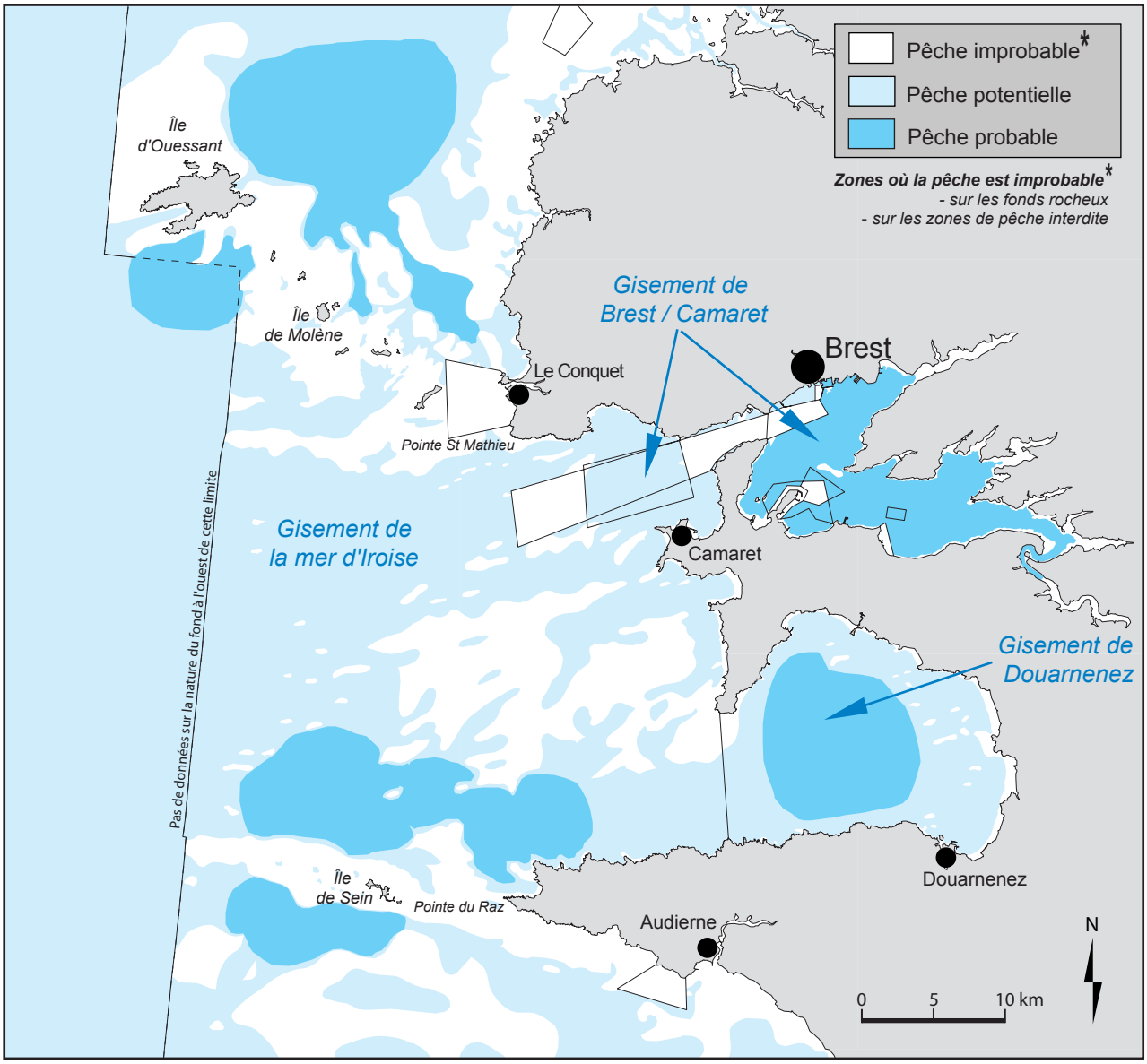
- **La drague à autres coquillages (pétoncles, praires et amandes de mer)**

La pêche des petits bivalves est une activité saisonnière. Dans la zone considérée, elle est étroitement liée aux gisements naturels de praires et de pétoncles. La pêche des praires en rade de Brest notamment est une des activités les plus attractives économiquement. Les pêcheries font l'objet d'une gestion particulièrement encadrée rendue nécessaire par les techniques évolutives des navires et leur capacité de capture souvent supérieure aux taux de renouvellement des stocks disponibles.

<table>
<tr><th>Conditions de pratiques</th><th colspan="2">Observations</th></tr>
<tr><td>Milieu</td><td colspan="2">Pêche impossible sur les plateaux rocheux
Le pétoncle blanc vit sur les fonds de sable fin à grossier jusqu'à plus de 100 m de profondeur. La praire vit dans les milieux sableux ou de graviers fins jusqu'à 100 m de profondeur</td></tr>
<tr><td>Météorologie</td><td colspan="2">Etat de la mer : Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé. En Iroise, les professionnels se trouvent souvent dans l'impossibilité de pêcher en sécurité. Ce qui pourrait expliquer le désistement observé en Iroise depuis quelques années pour aller exploiter des zones beaucoup plus productives comme la baie de St-Brieuc.
Direction du vent : elle peut avoir une influence en rade de Brest.
Température : Pas de pêche si la température est < 0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Réglementation</td><td colspan="2">Zones à accès interdit : Zones militaires / Chenal d'accès au port de Brest / Cantonnements.
Les principaux gisements naturels sont administrativement classés :</td></tr>
<tr><td>Gisement de Brest / Camaret</td><td>Arrêté n°400/2000 du 22/11/2000 portant création de la licence de pêche aux coquilles Saint-Jacques, aux praires et aux pétoncles dans le secteur de Brest / Camaret :
75 licences pour la saison 2000 / 2001.
Pêche autorisée à partir du 02 octobre pour la campagne 2000 / 2001.
Pêche interdite à partir du 15 mars pour la campagne 2000 / 2001.</td></tr>
<tr><td>Gisement de Douarnenez</td><td>Arrêté n°229/98 du 13/11/1998 portant création de la licence de pêche aux coquilles Saint-Jacques, et aux pétoncles sur le gisement de Douarnenez :
25 licences pour la saison 2000 / 2001.
Pêche autorisée à partir du 05 novembre pour la campagne 2000 / 2001.
Pêche interdite à partir du 15 mai pour la campagne 2000 / 2001.</td></tr>
<tr><td>Autres</td><td colspan="2">La praire est positionnée plutôt dans l'Est de la rade.
Le pétoncle blanc (dont la répartition coïncide le plus avec celle de la coquille St-Jacques) est une espèce accessoire qui a un cycle de vie très court (2 ans). Les gisements peuvent donc apparaître puis disparaître très rapidement (cas du gisement de Camaret).
Le pétoncle noir (en raréfaction) était la quasi-exclusivité des petits bateaux de Plougastel (qui ne ciblaient pas autre chose).</td></tr>
</table>

Drague à coquille St-Jacques

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

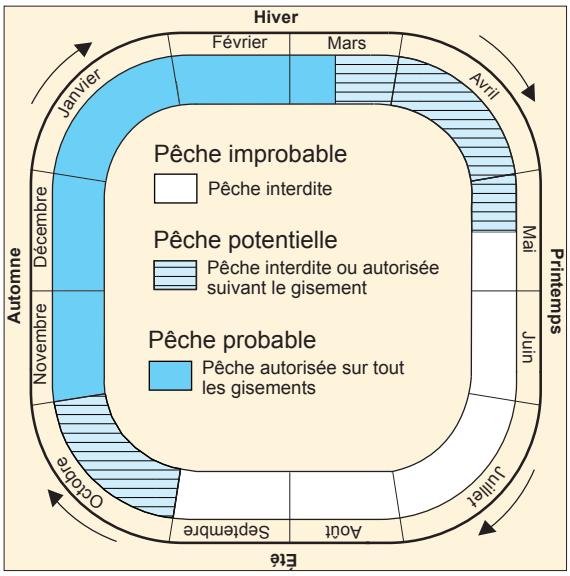
Périodes où la pêche est improbable :

- durant les périodes de pêche interdite
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

Pêche surtout pratiquée de novembre à mars. Le mois d'avril est souvent mis à profit pour la préparation des bateaux à la pêche au goémon durant la période estivale. Pour 2000 / 2001, peu de pêche sur les bancs d'Iroise sauf peut être en début et fin de saison.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

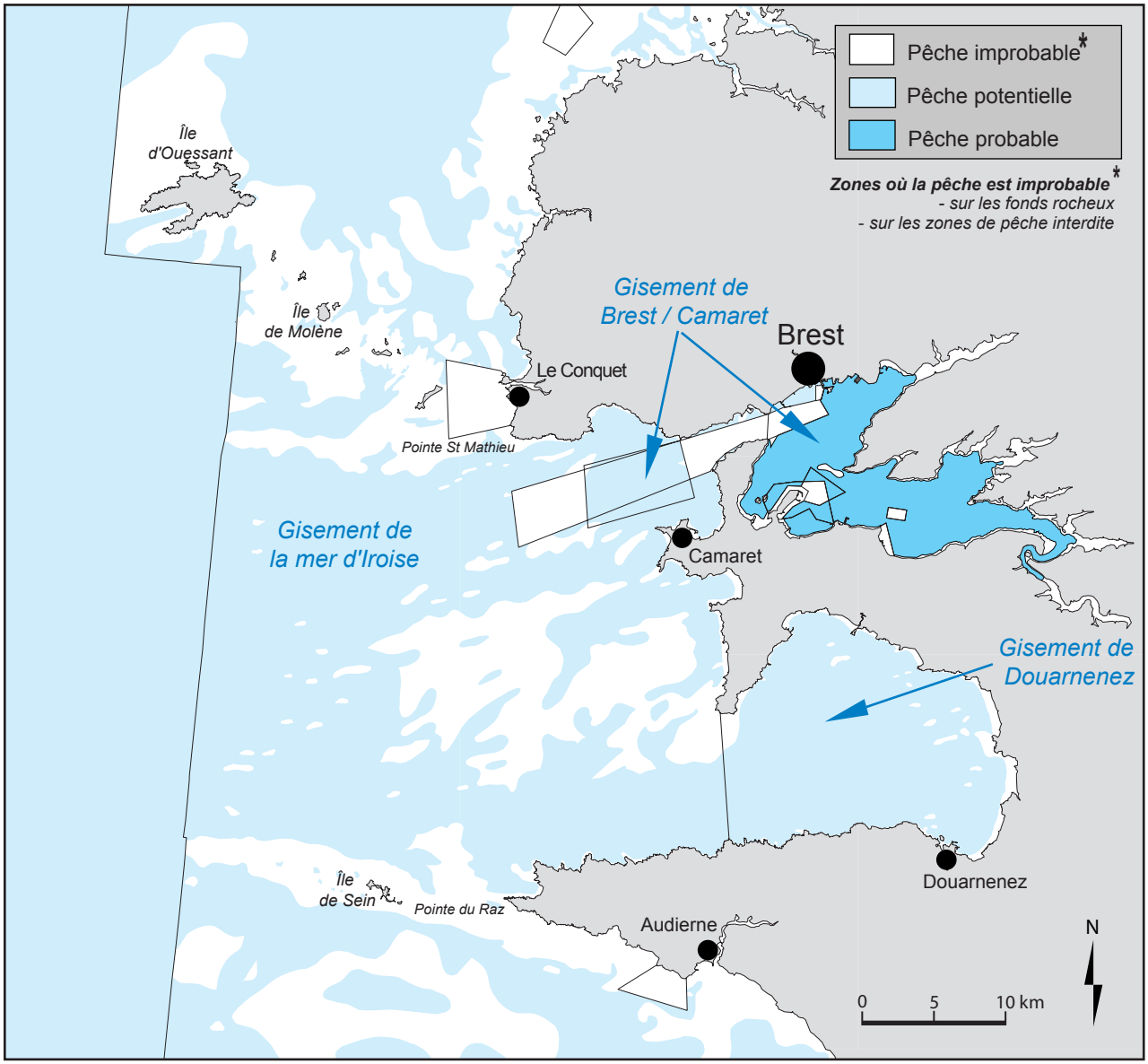
	1996	2000
Rade de Brest	60	60
Hors Rade de Brest	< 10	< 10



Source : Ifremer (LRH Brest)

Drague à praire

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

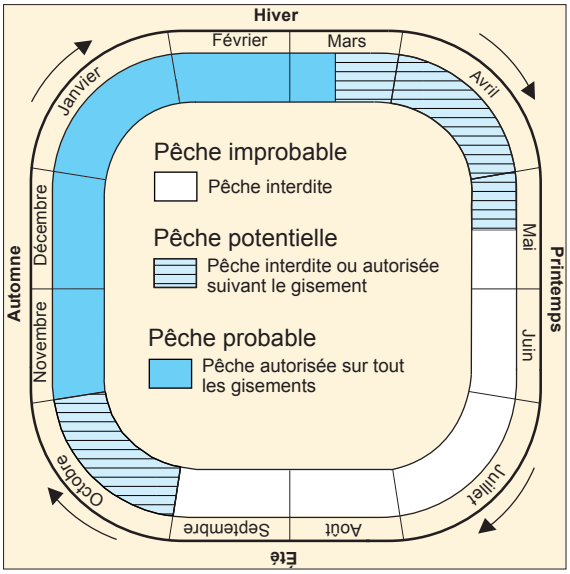
Périodes où la pêche est improbable :

- durant les périodes de pêche interdite
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises (*seuil "mer forte" dépassé)*

Pêche surtout pratiquée de novembre à mars. Le mois d'avril est souvent mis à profit pour la préparation des bateaux à la pêche au goémon durant la période estivale. Pour 2000 / 2001, peu de pêche sur les bancs d'Iroise sauf peut être en début et fin de saison.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

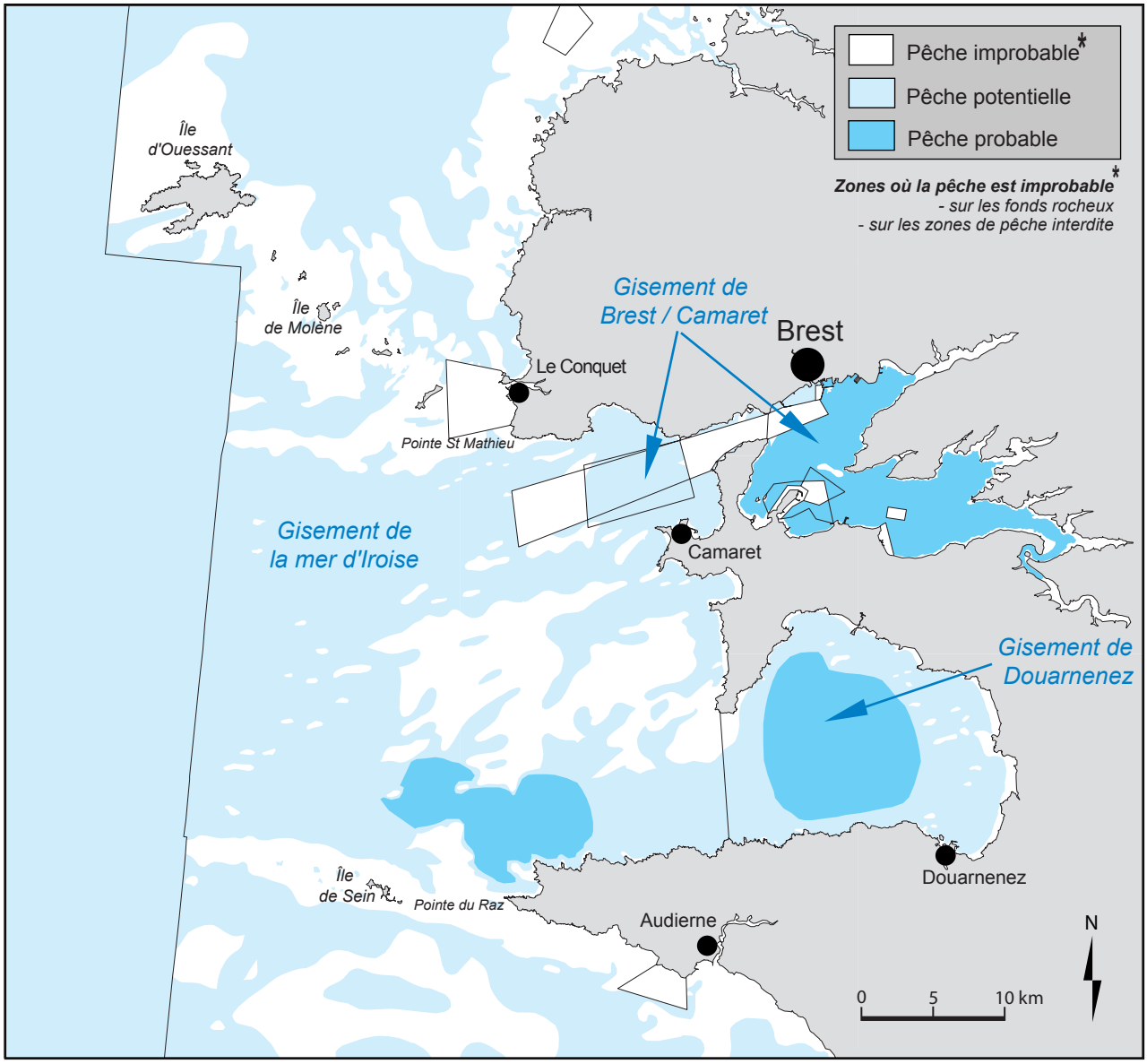
	1996	2000
Rade de Brest	60	60
Hors Rade de Brest	< 10	< 10



Source : Ifremer (LRH Brest)

Drague à pétoncle blanc (vanneau)

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

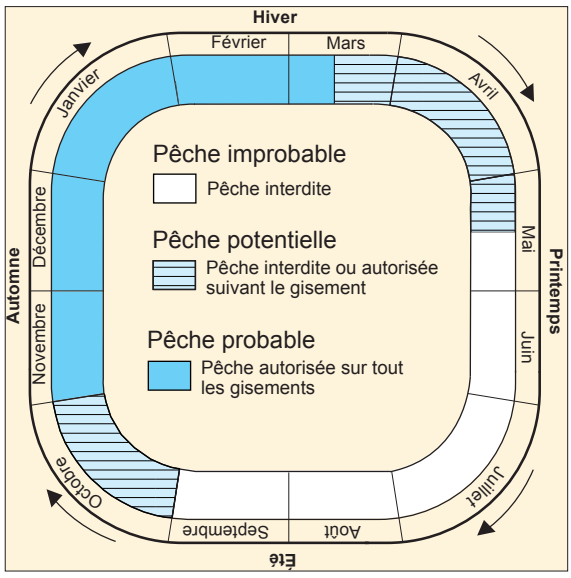
Périodes où la pêche est improbable :

- durant les périodes de pêche interdite
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

Pêche surtout pratiquée de novembre à mars. Le mois d'avril est souvent mis à profit pour la préparation des bateaux à la pêche au goémon durant la période estivale. Pour 2000 / 2001, peu de pêche sur les bancs d'Iroise sauf peut être en début et fin de saison.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

	1996	2000
Rade de Brest	60	60
Hors Rade de Brest	< 10	< 10



Source : Ifremer (LRH Brest)

Fiche de synthèse n°3 : Activité de pêche à la ligne traînante

Les métiers

Les engins	Les espèces cibles
Ligne traînante de surface	**Bar** / Lieu / maquereau
Ligne traînante de fond	**Bar** / Lieu / maquereau
Ligne traînante de fond (appât vivant)	**Bar** / Lieu / maquereau
Dandine / Snack	Bar / Lieu / maquereau

Pour tous les métiers :
- pas de pêche entre le 1er novembre et le 15 décembre (le poisson ne réagit pas à l'appât)
- pas de pêche entre le 15 février et le 15 mars (période de frai : le poisson ne réagit pas à l'appât)

- **Ligne traînante de fond (bar)**

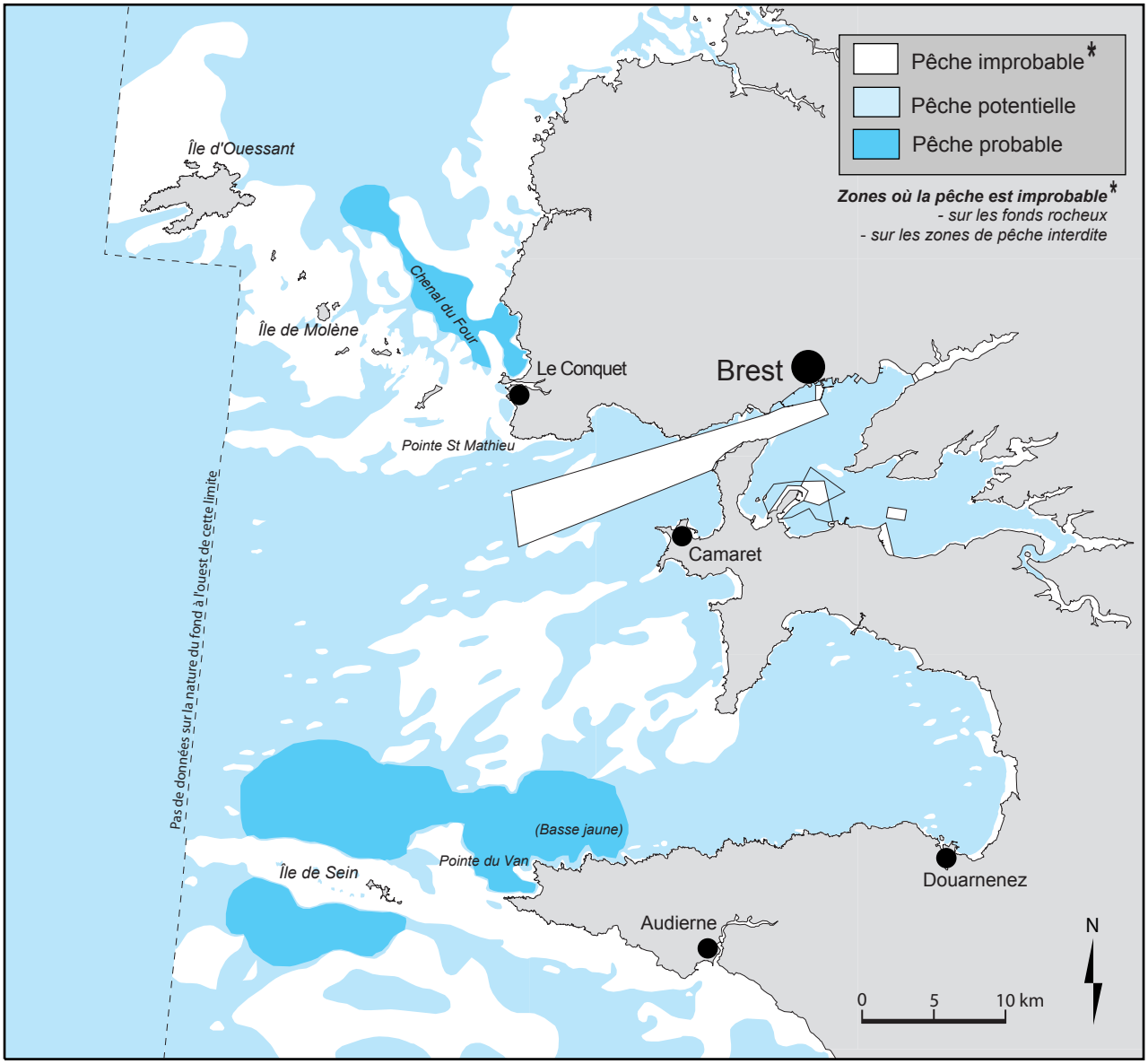
Conditions de pratiques	Observations
Milieu	Du 15 décembre au 15 janvier : pratique au-dessus des fonds durs de laminaires Du 15 janvier au 15 mars : pratique au-dessus des fonds sableux (accumulation dunaire)
Météorologie	Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé
Réglementation	Pêche interdite : Zones militaires / Chenaux d'accès aux ports
Autres	

- **Ligne traînante de surface (bar)**

Conditions de pratiques	Observations
Milieu	**Zones à fort courant :** - Chaussée de Sein (1,5 milles dans l'ouest à partir du phare d'Armen), - Chaussée de Keller, - Raz de Sein (pointe du Raz)
Météorologie	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé**
Réglementation	Pêche interdite : Zones militaires / Chenaux d'accès aux ports
Autres	La pêche se déroule du 15 avril au 15 octobre (surtout juin, juillet et août)

Ligne traînante de fond à bar (fonds sableux)

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

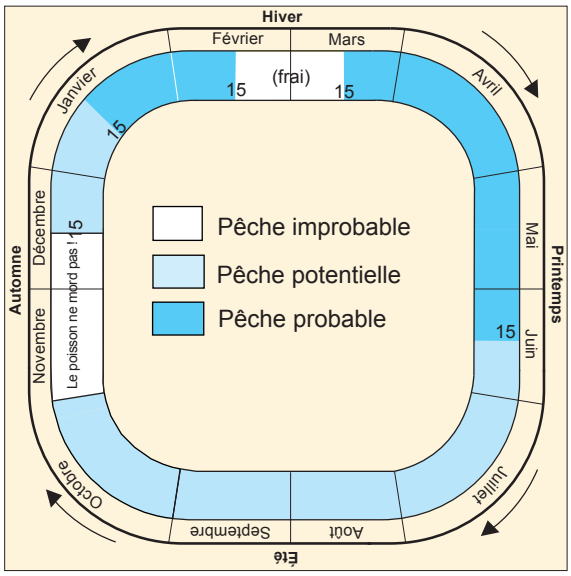
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque le poisson ne mord pas (période de frai)
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises (*seuil "mer forte" dépassé*)

La pêche est principalement pratiquée sur :
- le banc de l'Ila (seuil chaussée de Sein),
- le banc de Talou (nord de Sein),
- la pointe du Van / Base jaune,
- le chenal du Four.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

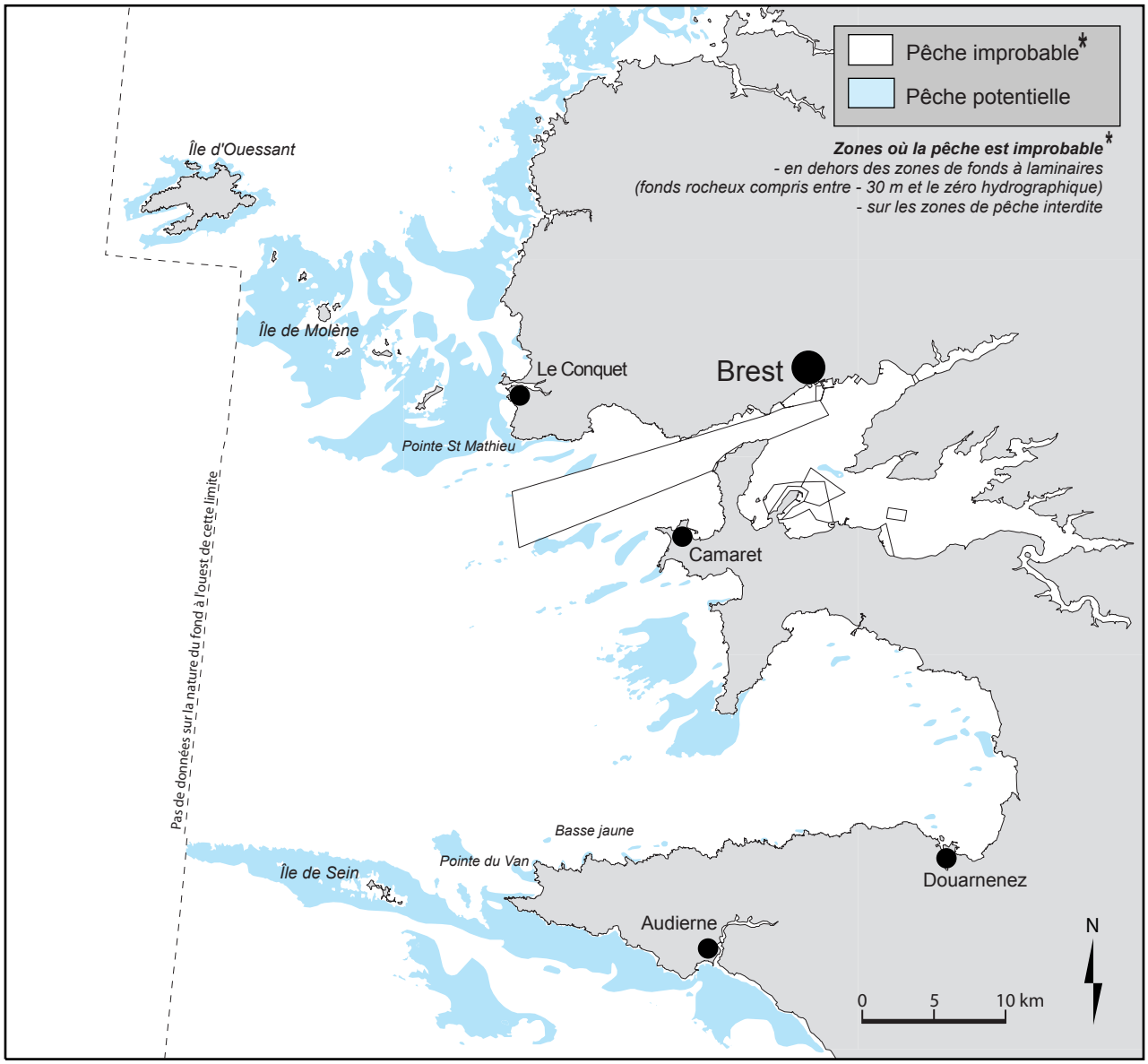
1996	2000
74	60



Source : Ifremer (LRH Brest)

Ligne traînante de fond à bar (fonds rocheux)

Territoire de pratique potentielle

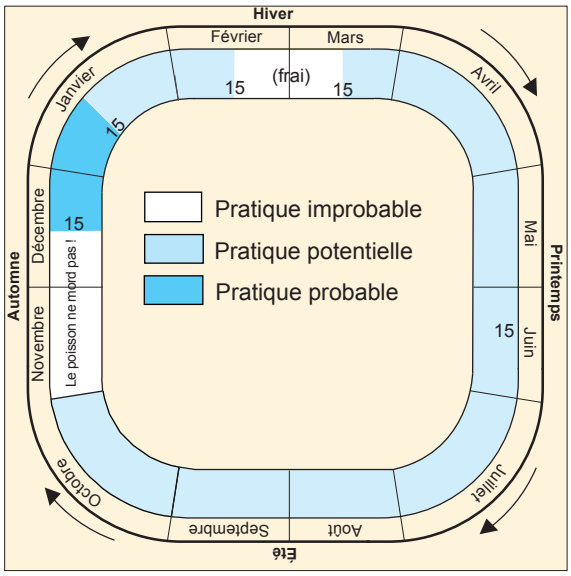


Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque le poisson ne mord pas (période de frai)
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*



Nombre de navires susceptibles d'être présents :

1996	2000
74	60

Source : Ifremer (LRH Brest)

Ligne traînante de surface

Territoire de pratique potentielle

Pêche improbable*
Pêche potentielle
Pêche probable

Zones où la pêche est improbable*
- sur les zones de pêche interdite

Chaussée de Keller
Île d'Ouessant
Île de Molène
Le Conquet
Pointe St Mathieu
Brest
Camaret
Chaussée de Sein
Île de Sein
Pointe du Raz
Audierne
Douarnenez
N
0 5 10 km

Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

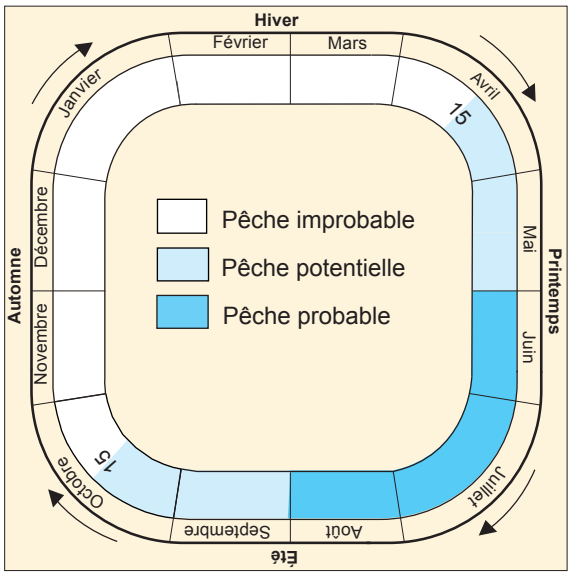
Calendrier de pratique potentielle

Périodes où la pêche est improbable :

- en hiver lorsque d'autres types de pêche à la ligne sont pratiqués
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

1996	2000
74	60



Source : Ifremer (LRH Brest)

Fiche de synthèse n°4 : Pêche au filet en mer d'Iroise

Les métiers

Les engins		Espèces cibles
Filets calés au fond	Grandes mailles à poissons	Lotte / raie / turbot/ / merlu / lieu jaune
	Grandes mailles à crustacés	Langouste / araignées
	Petites mailles	Lieu, soles, rougets, raies, bar, merlan Grande diversité d'espèces (on peut considérer que le Lieu est la principale espèce cible).
Senne (ou bolinche)		Poissons pélagiques

La force des courants lors des marées de vives eaux ne permet pas de pratiquer cette activité durant ces périodes (les bouées de repérage des filets coulent et des algues peuvent s'accumuler dans les filets)

- ## Filet grandes mailles à poissons (lotte)

Conditions de pratiques	Observations
Milieu	**En Iroise, ce type de pêche ne se pratique peu au dessus de – 30 mètres** La lotte vit sur les fonds sableux ou vaseux (**fonds meubles**)
Météorologie	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé** **Pêche en période de mortes eaux (Pas de pêche si coef > 80).**
Réglementation	**Pêche interdite** : zones militaires / chenal d'accès au port de Brest / cantonnements
Autres	Accords de cohabitations chalutiers-fileyeurs

- ## Filet grandes mailles à poissons (raie)

Conditions de pratiques	Observations
Milieu	La raie vit sur les fonds sableux ou vaseux (**fonds meubles**) Pêche plutôt pratiquée en rade de Brest et en baie de Douarnenez (à proximité de la côte).
Météorologie	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé** **Pêche en période de mortes eaux (Pas de pêche si coef > 80).**
Réglementation	**Pêche interdite** : zones militaires / chenal d'accès au port de Brest / cantonnements
Autres	Accords de cohabitations chalutiers-fileyeurs

- ## Filet grandes mailles à crustacés (langouste)

Conditions de pratiques	Observations
Milieu	**Pêche rarement pratiquée au dessus de – 30 m** La langouste fréquente particulièrement **les substrats rocheux**, avec algues et cavités obscures.
Météorologie	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé** **Pêche en période de mortes eaux (Pas de pêche si coef > 80)**
Réglementation	**Pêche interdite** : zones militaires / chenal d'accès au port de Brest / cantonnements
Autres	Accords de cohabitations chalutiers-fileyeurs La pêche se pratique surtout autour de l'île d'Ouessant , au voisinage de la fosse d'Ouessant et sur la chaussée de Sein.

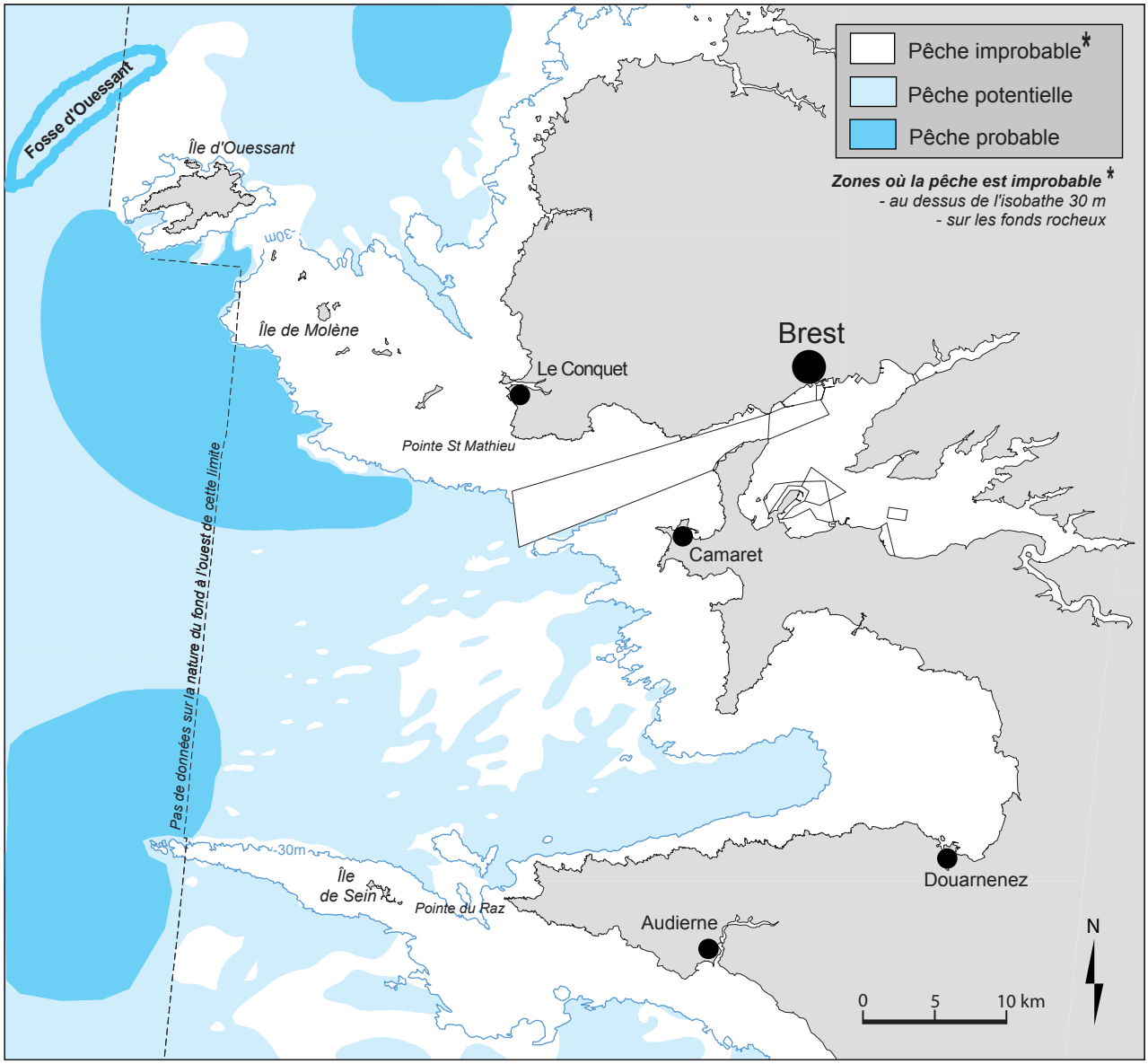
- ## Filet petites mailles

Les filets à petites mailles sont dits « pêche tout » et servent à assurer la diversité des espèces pêchées. On peut cependant considérer que les principales espèces cibles sont le bar, le lieu, le merlu, les autres gadidés, la sole et, à un degré moindre, le rouget et le mulet. Le déroulement de ce métier est donc particulièrement difficile à circonscrire (dans l'espace notamment).

Conditions de pratiques	Observations	
Milieu	Pas de pêche sur les **plateaux rocheux.** **Pêche en période de mortes eaux** (Pas de pêche si le coef > 80).	
Météorologie	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé**	
Réglementation	**Pêche interdite** : Zones militaires / chenal d'accès au port de Brest / Cantonnements	
	Rade de Brest	Arrêté n°318/97 portant création et fixant les conditions d'attribution de la licence de pêche aux filets en rade de Brest : Le Comité régional peut fixer pour chaque campagne : - un contingent de licences **(30 licences en 2000)** - des dates d'ouverture et de fermeture - des conditions et quotas de pêche Pour l'exercice de la pêche dans le cadre de la présente délibération, la longueur des filets quel que soit leur type est limitée à un total de 3 km par navire.
	Baie de Douarnenez	Arrêté n°52/99 portant sur l'accord de cohabitation entre ligneurs et fileyeurs en baie de Douarnenez : Dans le secteur défini à l'article 1 (cf. carte), l'usage des filets, palangres et filets tournants est interdit du 1er décembre au 15 février de chaque année.
	Mer d'Iroise	Arrêté n°64/00 portant sur la réglementation de l'usage des filets en mer d'Iroise pour l'année 2000 : Dans le périmètre défini à l'article 1 (cf carte), la longueur totale des filets trémails dits « filets à soles » d'un maillage compris entre 100 mm et 120 mm est limitée à 2 km par homme embarqué ou à 3 km lorsque le navire est armé par 1 seul homme.
Autres	Accords de cohabitations chalutiers-fileyeurs Se pratique plutôt à proximité de la côte	

Filet grandes mailles à poissons (lotte)

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

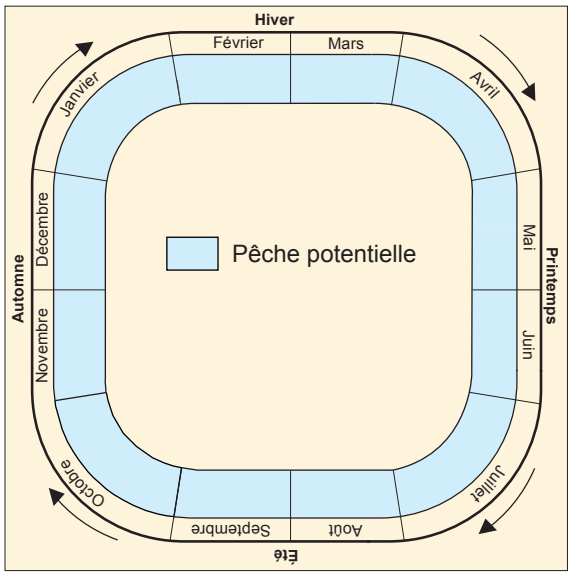
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les coefficients de marée sont > 75
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

La pêche se pratique tout au long de l'année

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

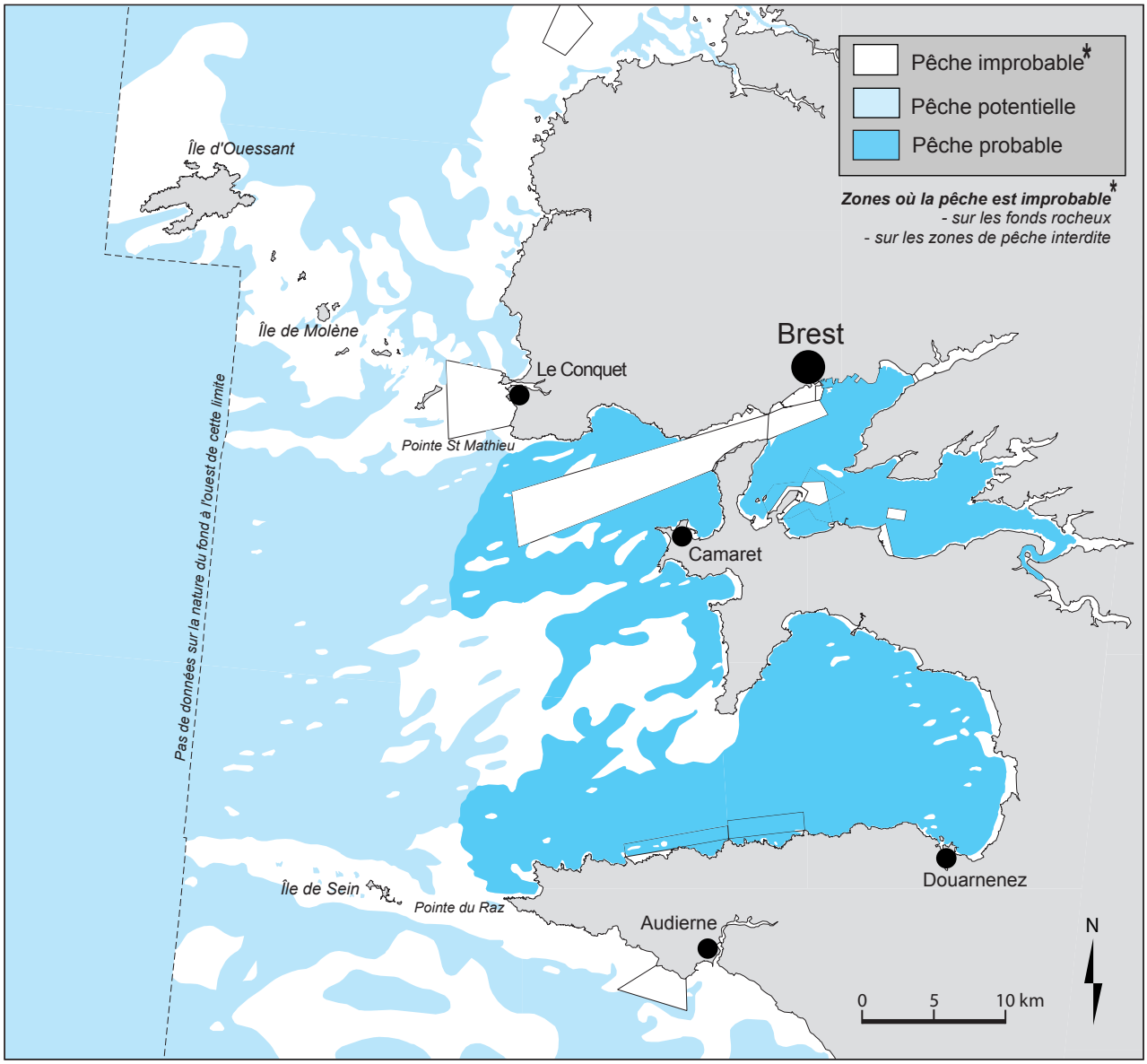
1996	2000
106	74



Source : Ifremer (LRH Brest)

Filet grandes mailles à poissons (raie)

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

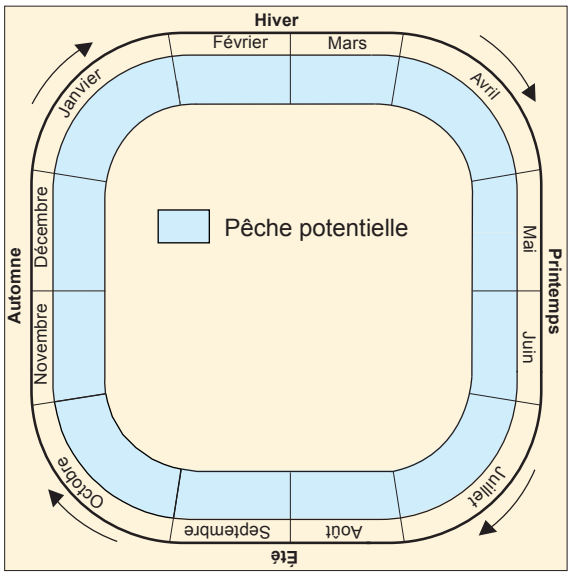
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les coefficients de marée sont > 75
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

La pêche se pratique tout au long de l'année (en baie de Douarnenez, la pêche est réduite en hiver).
Les accords de cohabitation avec les chalutiers peuvent entraîner l'arrêt de la pêche dans les zones réservées au chalutage

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

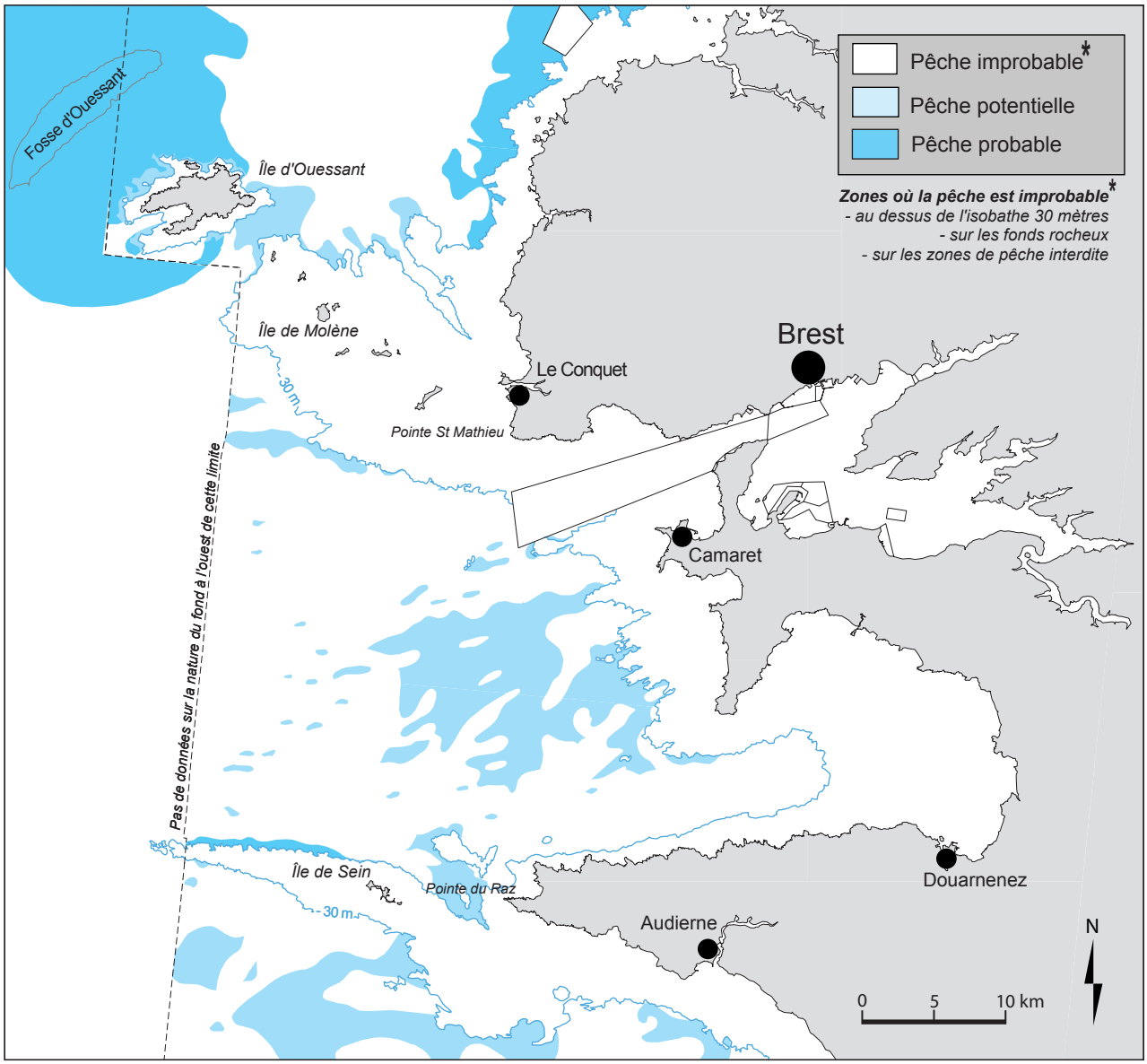
1996	2000
106	74



Source : Ifremer (LRH Brest)

Filet grandes mailles à langouste

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

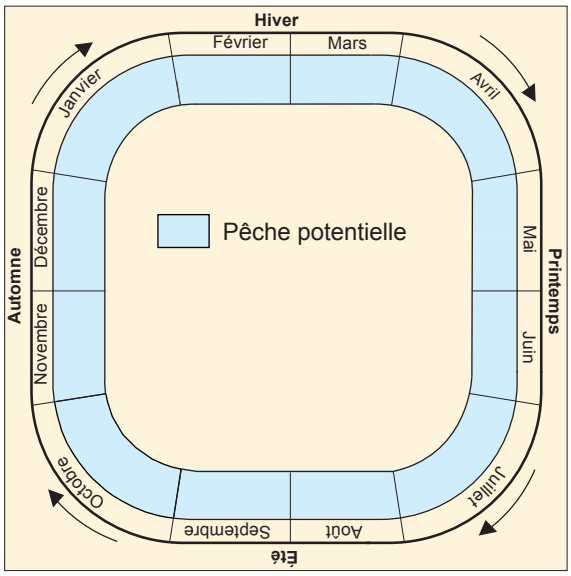
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les coefficients de marée sont > 75
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

La pêche se pratique tout au long de l'année.
Les accords de cohabitation avec les chalutiers peuvent entraîner l'arrêt de la pêche dans certaines zones réservées au chalutage.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

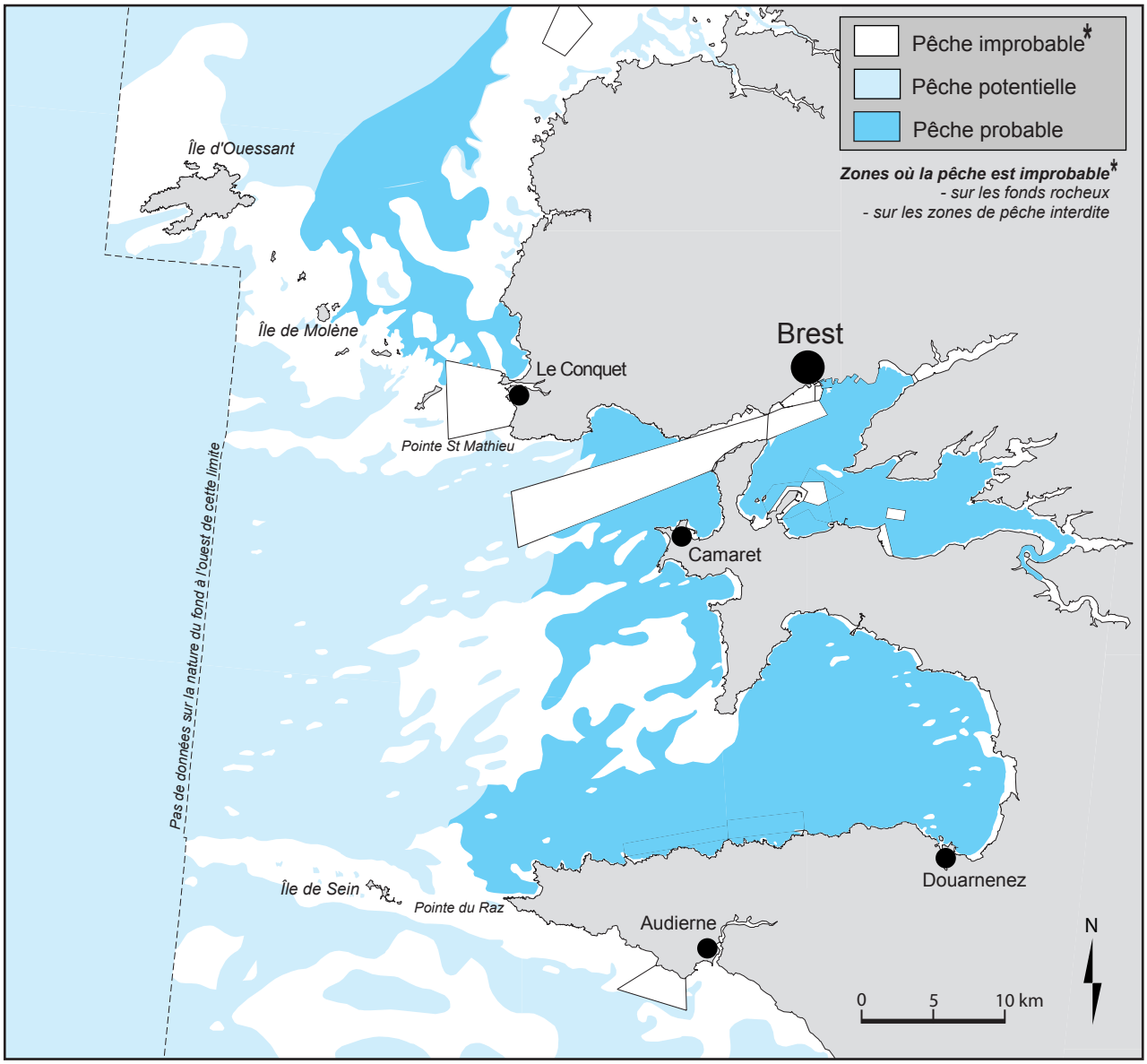
1996	2000
/	14



Source : Ifremer (LRH Brest)

Filet petites mailles

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

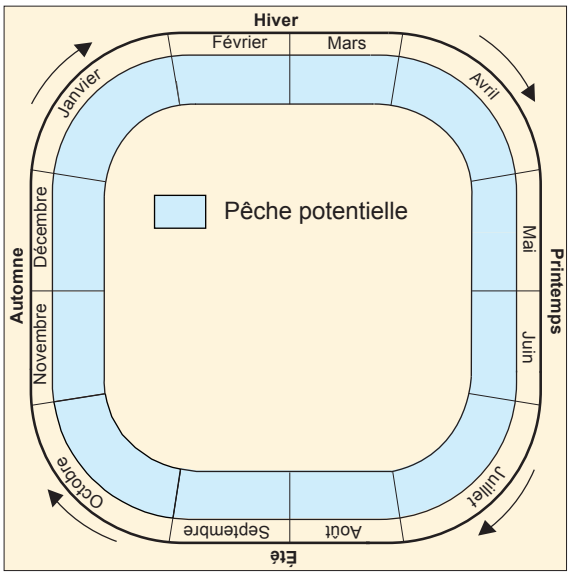
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les coefficients de marée sont > 75
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

La pêche se pratique tout au long de l'année.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

1996	2000
107	97



Source : Ifremer (LRH Brest)

Fiche de synthèse n°5 : Activité de pêche au casier

Les casiers sont des engins de pêche fixes dont différents modèles sont utilisés pour la capture de plusieurs espèces de crustacés et de mollusques. En mer d'Iroise, la pêche au casier est essentiellement dévolue aux grands crustacés avec le tourteau comme principale espèce cible, le homard et l'araignée comme prises accessoires. Une activité plus modeste est consacrée aux mollusques, bulot, et de manière saisonnière à la seiche. Le plus souvent, l'activité du casier est associée à celle du filet.

Les métiers

Engins		Espèces cibles
Casiers à crustacés	Grands crustacés	**Tourteau** (Araignée)
	Petits crustacés	Crabes verts / Etrilles
Casiers à mollusques		**Seiches**

• Pêche au casier des grands crustacés (tourteau)

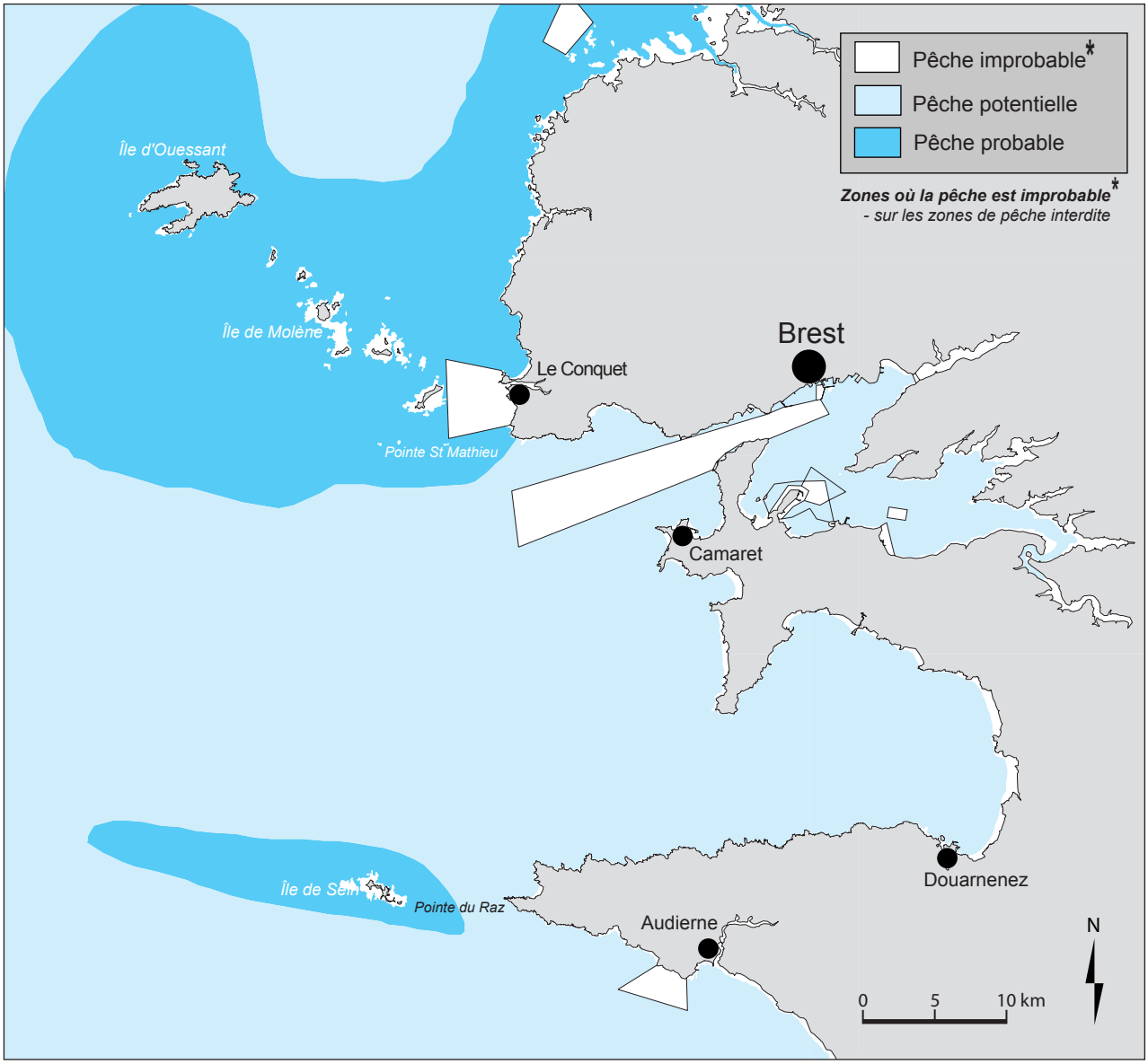
Conditions de pratiques	Observations
Milieu	**Nature du fond** : fonds rocheux et/ou sableux **Pêche en période de mortes eaux** (En période de vives eaux, les bouées de repérage des filières coulent).
Météorologie	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé.** Les vents de terre sont réputés peu favorables (rendements faibles). La houle favorise la pêche des tourteaux (meilleurs rendements).
Réglementation	Il est créé une licence de pêche des crustacés dans les eaux relevant du CRPM de Bretagne (Arrêté n°126/2001 du 19 avril 2001).
	Zones à accès interdit : Zones militaires / Cantonnements / Chenaux d'accès aux ports
Autres	La pêche au tourteau est pratiquée toute l'année mais surtout de mai à novembre. Il est difficile d'identifier les zones de pêche car le tourteau est présent partout. Il semble que la pratique se situe surtout dans l'Archipel de Molène et sur la chaussée de Sein. Les navires sortent à la journée en période de mortes eaux et s'arrêtent en période de vives eaux. Les casiers sont immergés en mortes eaux et relevés « par moitié » un jour sur deux. Ils sont ramenés à terre ou dans des zones sans courant pendant les périodes de vives eaux.

• Pêche au casier de la seiche

Conditions de pratiques	Observations
Milieu	La seiche fréquente le large l'hiver et migre à la côte au printemps où elle se reproduit dans les baies et les zones sableuses. **Marées (courants) : Pêche en période de mortes-eaux** (En période de vives eaux, les bouées de repérage des filières coulent).
Météorologie	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé.**
Réglementation	**Zones à accès interdit :** zones militaires / Cantonnements / Chenaux d'accès aux ports
Autres	Pêche pratiquée de février à juin. Surtout pratiquée en mars, avril et mai.

Casier à grands crustacés

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

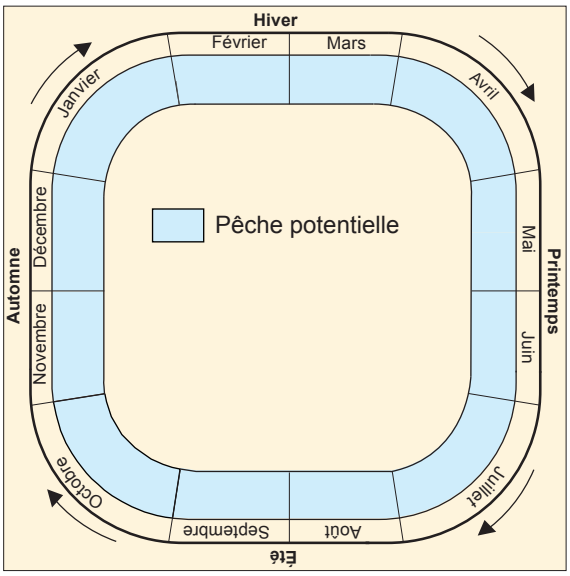
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les coefficients de marée sont > 75
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

La pêche se pratique tout au long de l'année.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

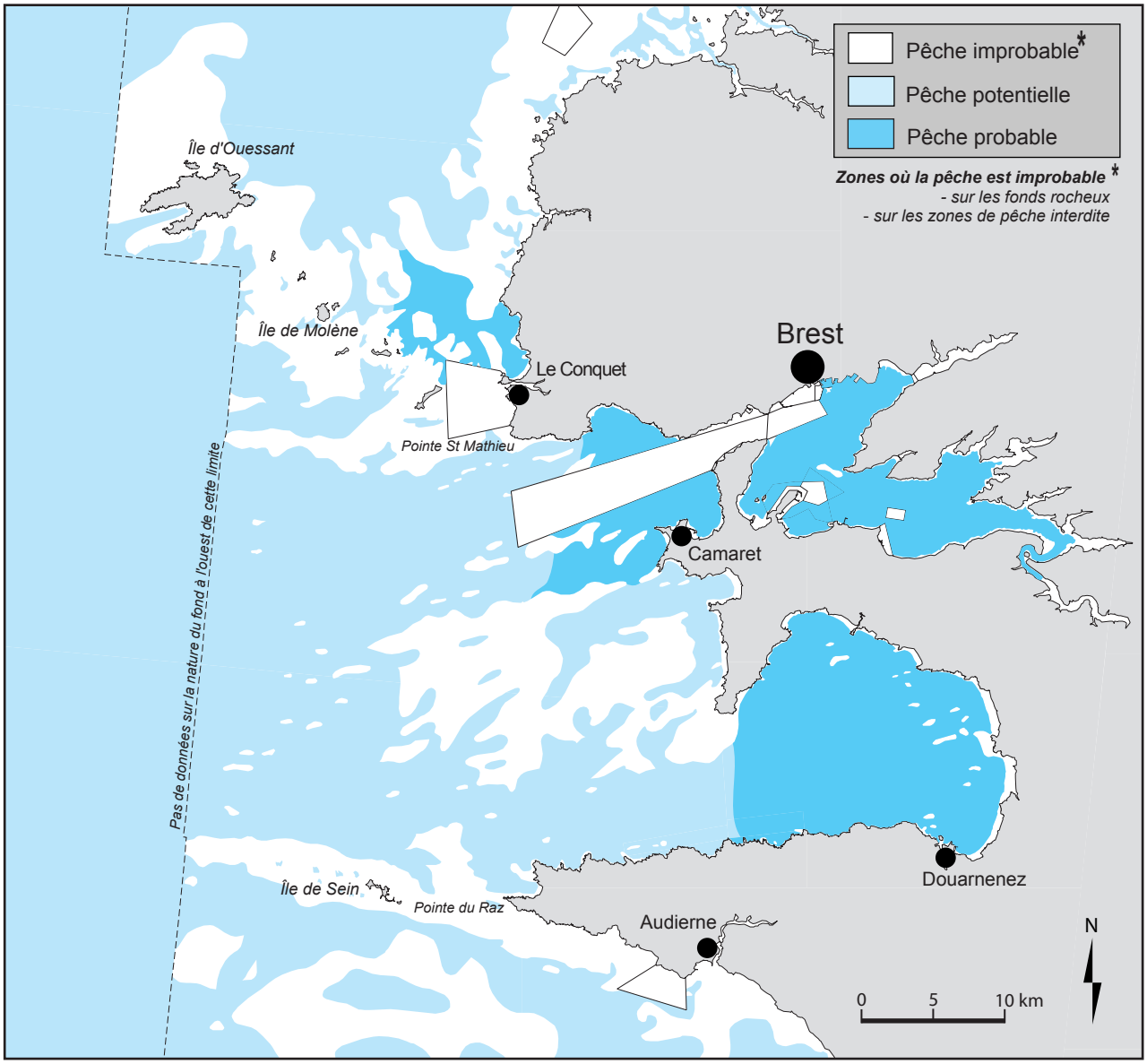
1996	2000
104	63



Source : Ifremer (LRH Brest)

Casier à seiche

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

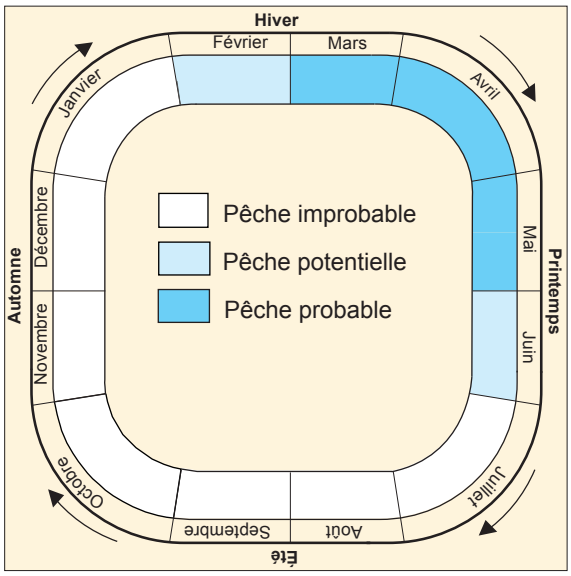
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les coefficients de marée sont > 75
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

La pêche se pratique tout au long de l'année.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

1996	2000
/	16



Source : Ifremer (LRH Brest)

Fiche de synthèse n°6 : Activité de pêche à la palangre

Les métiers

Engins	Espèces cibles
Palangre de fond	Bar / congre
Palangre flottante	Bar / dorade

- ## Palangre de fond

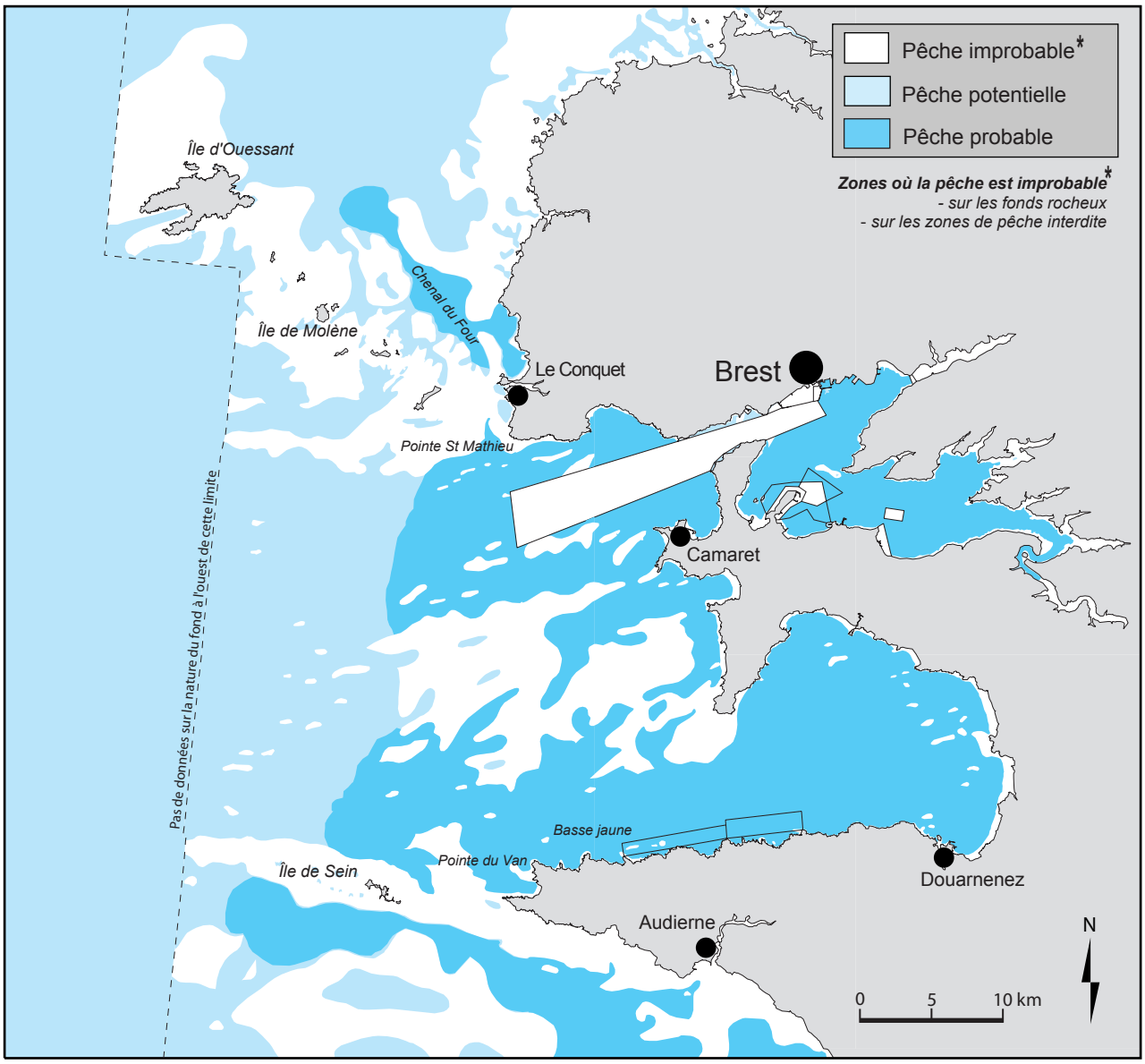
Conditions de pratiques	Observations
Milieu	Pêche pratiquée sur les **fonds sableux**
Météorologie	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé.**
Réglementation	En Baie de Douarnenez (cf carte), l'usage des palangres et filets tournants est interdit du 01 decembre au 15 février de chaque année dans une zone réglementairement délimitée.
	Zones à accès interdit : Zones militaires / Chenaux d'accès aux ports
Autres	La pêche à la palangre dépend beaucoup de la disponibilité de l'appât (le lançon).

- ## Palangre flottante

Conditions de pratiques	Observations
Milieu	Pêche pratiquée **au-dessus des plateaux rocheux**
Météorologie	**Pas de pêche si « seuil mer forte » est dépassé.**
Réglementation	En Baie de Douarnenez (cf carte), l'usage des palangres et filets tournants est interdit du 01 decembre au 15 février de chaque année dans une zone réglementairement délimitée.
	Zones à accès interdit : Zones militaires / Chenaux d'accès aux ports
Autres	La pêche à la palangre dépend beaucoup de la disponibilité de l'appât (le lançon).

Palangre de fond

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

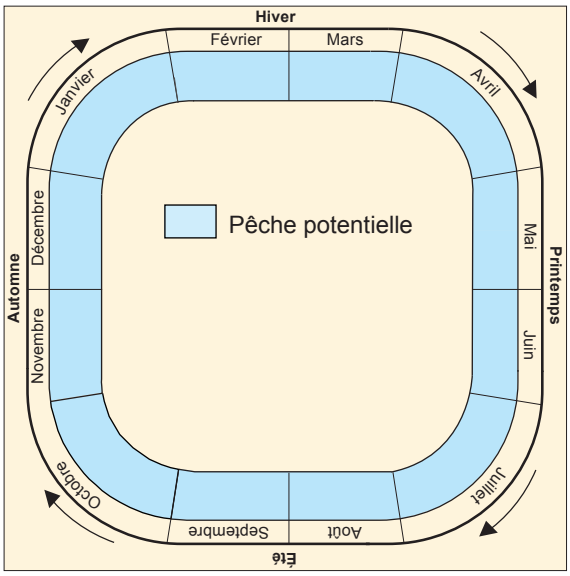
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises
(*seuil "mer forte" dépassé*)

Ce type de pêche dépend beaucoup de la disponibilité en appât (le lançon).
A noter les zones réglementées en baie de Douarnenez : l'usage des palangres est interdit du 01 décembre au 15 février de chaque année.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

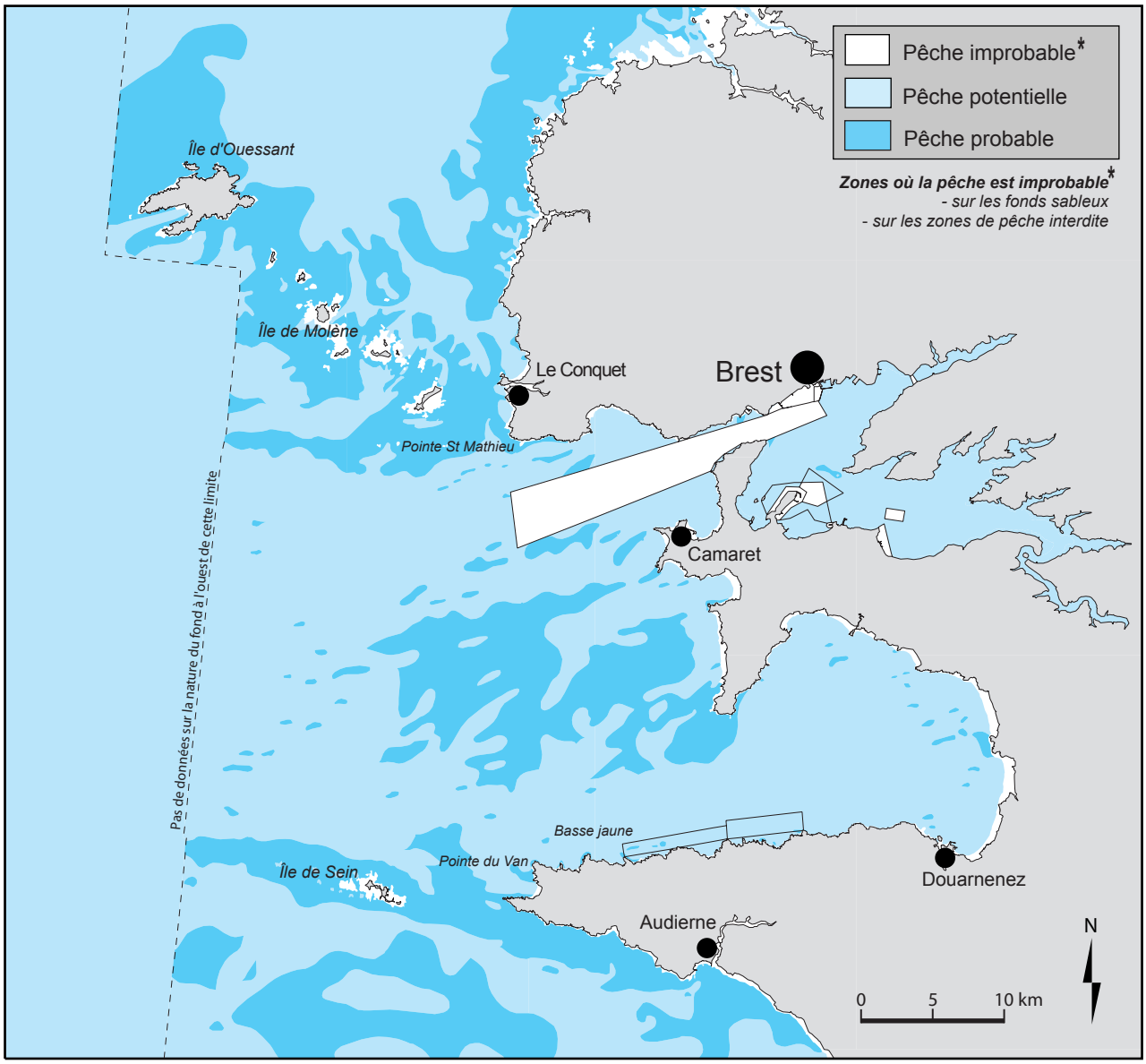
1996	2000
74	60



Source : Ifremer (LRH Brest)

Palangre flottante

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

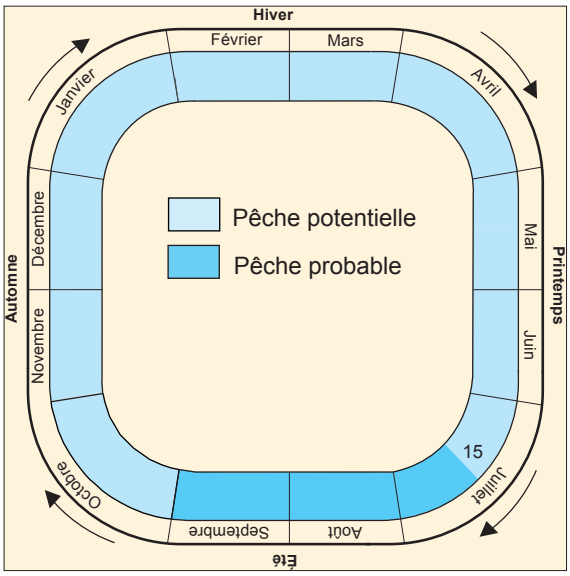
Périodes où la pêche est improbable :

- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises
  (seuil "mer forte" dépassé)

Ce type de pêche dépend beaucoup de la disponibilité en appât (le lançon).
A noter les zones réglementées en baie de Douarnenez : l'usage des palangres est interdit du 01 décembre au 15 février de chaque année.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

1996	2000
86	58



Source : Ifremer (LRH Brest)

Fiche de synthèse n° 7 : activité de pêche au goémon

La mer d'Iroise est réputée pour ses champs d'algues. L'exploitation embarquée se limite aux laminaires et se concentre principalement sur l'espèce *Laminaria digitata.* Elle cible également, de façon expérimentale, *Laminaria hyperborea*. Les engins de pêche à partir des navires sont, d'une part le scoubidou (crochet rotatif disposé à l'extrémité d'une grue hydraulique et qui enroule et arrache l'algue) et d'autre part le peigne, traîné par le navire et utilisé pour la pêche de *L. Hyperborea.*

Les métiers

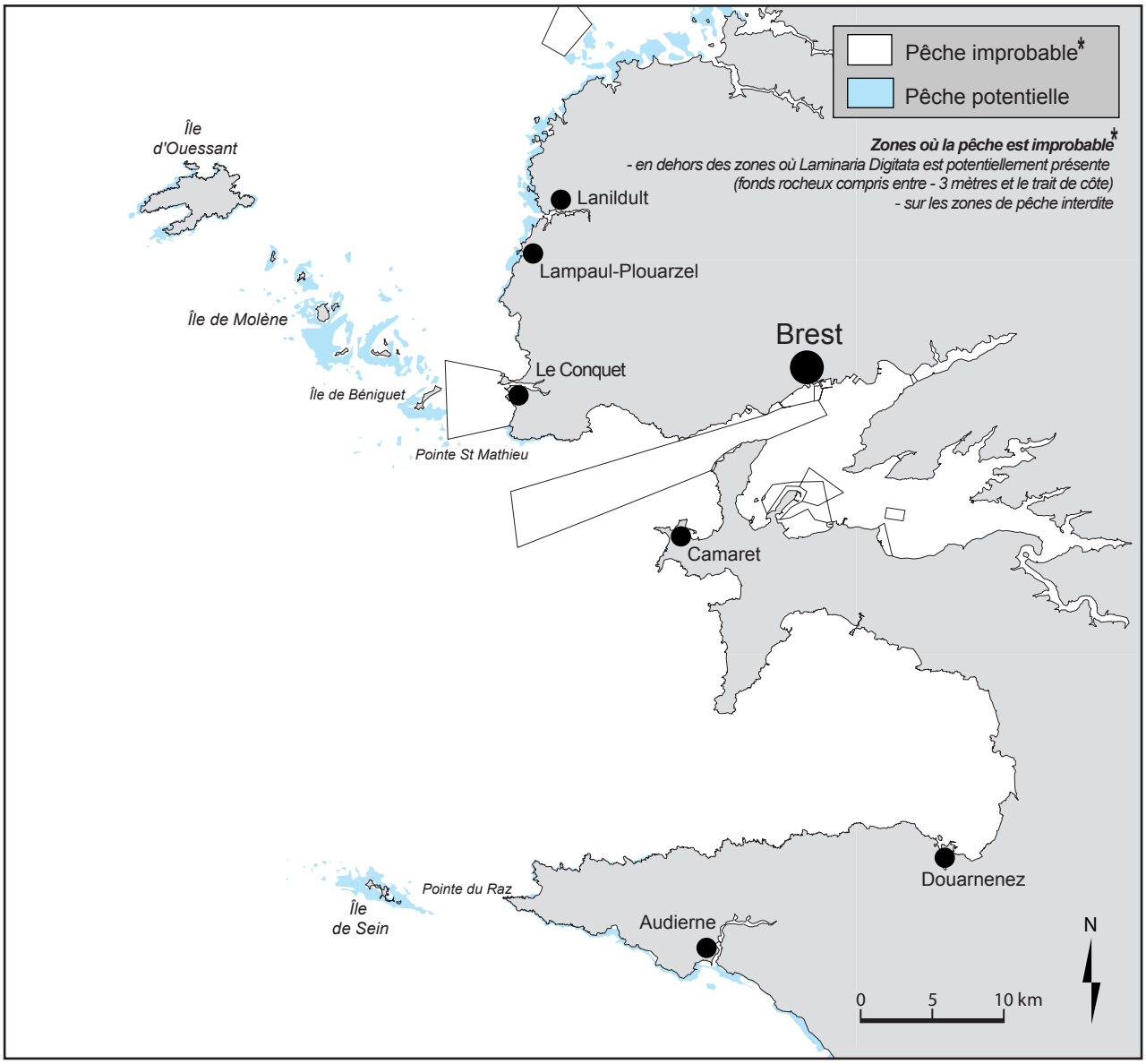
Engins		**Espèces cibles**
Pêche au goémon en mer	**Scoubidou**	***Laminaria digitata***
	Peigne	*Laminaria hyperborea*
Pêche au goémon de rive		*Lichens carragheen / Ascophyllum nodosum / Fucus vesiculosus* / *Fucus serratus* / algues alimentaires
Pêche au goémon épave		Stipes de *Laminaria hyperborea*

- **Scoubidou à *Laminaria digitata***

Conditions de pratiques	**Observations**
Le milieu	*Laminaria digitata* se développe à des profondeurs **de +1 à –3 m** *Laminaria digitata* se développe sur des **substrats rocheux** (roche, blocs et galets)
La météo	**Pas de pêche si le seuil « mer forte » est dépassé**.
La réglementation	Pêche autorisée **du 9 mai au 24 octobre en 2000** (variable selon les années). **Pêche interdite les samedi, dimanche et jours fériés**. Les premières semaines de la campagne peuvent faire l'objet d'une réglementation plus contraignante visant à améliorer la productivité globale. Licence « algues marines *Laminaria digitata* » obligatoire (65 en 2000) sur toute la zone Une seule sortie (donc une livraison) autorisée par jour.
	Zones interdites : Zones militaires / Chenaux d'accès aux ports / Cantonnements
Le socio-économique	Zones où *Laminaria digitata* est certes présente mais en association avec trop d'algues sans intérêt. C'est le cas, en particulier des abords de l'île de Beniguet, qui sont faiblement sollicités par la récolte.

Scoubidou à *Laminaria Digitata*

Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

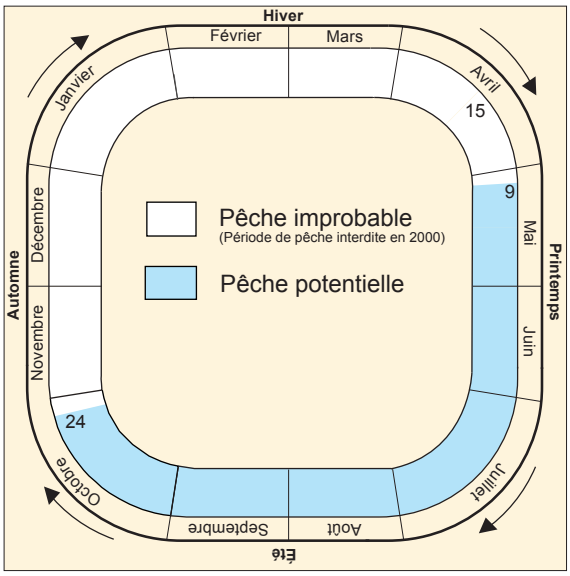
Périodes où la pêche est improbable :

- durant les périodes de pêche interdite
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises
  (*seuil "mer forte" dépassé*)

Durant les périodes où la pratique est autorisée, la pêche est interdite de nuit, les samedis, dimanches et jours fériés.
Les premières semaines de la campagne peuvent faire l'objet d'une réglementation plus contraignante visant à améliorer la productivité globale.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

1996	2000
49	42



Source : Ifremer (LRH Brest)

2-4 La navigation maritime

Le site d'étude est caractérisé par une circulation maritime intense en bordure de sa limite extérieure. Le rail d'Ouessant est un dispositif de séparation du trafic maritime où le trafic est particulièrement intense (50 000 navires / an) et s'effectue souvent dans des conditions météorologiques très dures. Sur le littoral, sont implantés le port de commerce de Brest et des ports militaires importants (arsenal de Brest, Lanvéoc-Poulmic et l'île longue).

Les deux principaux impacts de la navigation maritime commerciale sur le milieu marin sont les dégazages en mer et les naufrages.

2-4-1 Le cadre juridique

Les activités liées à la navigation maritime font l'objet de plusieurs types de réglementations (DDAM, 2000) :

- la police des ports concerne essentiellement les règles de mouvements et de séjour dans les ports mais également d'autres thèmes associés comme la prévention de la pollution, la prévention des sinistres et la réglementation du domaine public ;
- la police des épaves maritimes : Il s'agit notamment de mettre fin au danger constitué par la présence d'une épave ;
- la réglementation technique de la sécurité des navires relève de la compétence de l'Etat (centres de sécurité des navires de Brest et Concarneau relevant du directeur régional des Affaires Maritimes) et est liée dans beaucoup de cas aux engagements de la France auprès de l'Organisation Maritime Internationale ;
- la circulation maritime.

Parmi ces différents domaines, il est évident que la réglementation relative à la circulation maritime est particulièrement importante à prendre en compte si l'on veut en comprendre le déroulement. Les règles générales de navigation en Iroise sont celles du règlement international pour prévenir les abordages en mer (RIPAM 1972). Etant donné les conditions de navigation particulièrement difficiles en Iroise, la circulation maritime y est très réglementée notamment en ce qui concerne les navires de commerce transportant des matières dangereuses. Des zones de circulation maritime réglementée qui assurent la sécurité de la navigation et du transport maritime côtier sont notamment définies (tableau 16).

Zone	Texte	Eléments constitutifs de la réglementation
Mer d'Iroise	Arrêté préfectoral commun n° 02/97 Brest et n° 03/97 Cherbourg, réglementant la navigation aux approches des côtés françaises de la mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique en vue de prévenir les pollutions marines accidentelles,	Les navires d'un tonnage supérieur à 1600 TJB, transportant des hydrocarbures ou substances considérées comme dangereuses, doivent se tenir en permanence à au moins 7 milles des côtes.
Dispositif de Séparation du Trafic (DST) d'Ouessant[48]	Arrêté n° 84/93 modifié par l'Arrêté n° 111/96 du 24 octobre 1996, réglementant la navigation dans le dispositif de séparation, du trafic d'Ouessant (…)	Le capitaine de tout navire dont le tonnage est supérieur à 300 TJB est tenu de se signaler à l'entrée d'une zone circulaire de 35 milles de rayon centrée sur l'Ile d'Ouessant (tour radar du Stiff). La voie montante Est du DST est interdite : - Aux navires citernes transportant des hydrocarbures - Aux navires transportant en vrac des substances classées dans les catégories « A » et « B » (matières dangeureuses), - Aux navires transportant des matières fissibles ou irradiées. L'accès à la zone de navigation côtière associée au DST est très restreinte et notamment interdite aux navires transportant des marchandises.
Chenaux et passages : - du Fromveur - du Four, - de la Helle - du Raz de Sein	Arrêté n° 84/93 modifié par l'Arrêté n° 111/96 du 24 octobre 1996, réglementant la navigation dans (…) les chenaux et passages du Fromveur, du Four, de la Helle et du Raz de Sein.	L'accès à ces chenaux et passages est très restreint. Ils sont interdits aux navires transportant des matières dangereuses. De plus, les navires d'un tonnage supérieur à 1600 tjb autorisés à emprunter ces chenaux doivent le faire avec des conditions bien particulières : de jour, visibilité supérieure à 2 milles, coefficient de marée inférieur à 90, vent inférieur à 30 nœuds et respecter des mesures complémentaires de sécurité à bord.
Eaux intérieures	Arrêté n°54/84 du 31 juillet 1984	La circulation et le stationnement des navires étrangers dans les eaux intérieures de la deuxième région maritime s'applique aux navires ne battant pas pavillon français et d'une longueur hors-tout égale ou supérieure à 25 mètres. Cependant lorsque la protection de l'environnement le justifie, les dispositions de l'arrêté peuvent être étendues à des navires de moins de 25 mètres. Ainsi, dans les eaux intérieures, ces navires ne sont autorisés à circuler que dans les cas suivants : - pour se rendre dans un port ou pour quitter un port - en cas de mauvais temps, d'avarie ou autres cas assimilables à la force majeure, après en avoir informé l'autorité maritime
Goulet de Brest	Arrêté n° 10/83 délimitant les zones du goulet et de l'avant goulet et par l'arrêté n°007 / 93 réglementant la circulation et le mouillage dans la rade de Brest et ses abords.	Zone interdite au mouillage et à la pêche

Tableau 16. Réglementation de la circulation maritime en mer d'Iroise.

[48] Remarque : Le DST a été modifié en 2003 par l'Arrêté n°2003/11 réglementant la navigation dans le dispositif de séparation du trafic d'Ouessant, la zone de navigation côtière associée, et les chenaux et passages du Fromveur, du Four, de la Helle et du Raz de Sein.

2-4-2 Les informations existantes

Les informations sur le trafic maritime en mer d'Iroise ont été recueillies auprès de deux principaux acteurs en charge de la surveillance du trafic maritime :

- le Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage (CROSS) situé à la Pointe de Corsen (nord du Conquet) et dont les missions principales sont : la coordination des opérations de recherche et de sauvetage, la surveillance de la navigation, des pollutions et des pêches maritimes ;
- les sémaphores de la Pointe St Mathieu et du Cap de la Chèvre en charge de la surveillance de la navigation à proximité de la côte.

Sur le territoire étudié, les informations disponibles concernent principalement trois zones.

- **Le Dispositif de Séparation du Trafic (DST) d'Ouessant**

Depuis 1999, les informations relatives au trafic maritime font l'objet d'une saisie dans une base de données commune aux trois CROSS de la Manche (CROSS Griz-Nez, CROSS Jobourg et CROSS Corsen). Le CROSS Corsen compte parmi ses missions la surveillance de la navigation au large d'Ouessant, contribuant ainsi de façon déterminante à la sécurité de la navigation dans cette zone particulièrement dangereuse. En moyenne, 4000 à 5000 navires croisent chaque mois au large d'Ouessant. Le trafic semble à peu près constant tout au long de l'année (tableau 17).

Type de navire	Nombre de navires par an	Nombre de navire par jour	Tonnage transporté par an
Tout type de navire (détecté)	**52 702**	**144**	**/**
Transport d'hydrocarbures	**1792**	**5**	**109 928 990**
Transport de gaz	**1904**	**5**	**8 024 964**
Transport d'autres cargaisons dangeureuses	**15 151**	**41**	**20 018 849**

Tableau 17. Nombre de navires, type des navires et tonnages transportés au large d'Ouessant (CROSS-Corsen, 2000).

- **Les chenaux et passages du Fromveur, du Four, de la Helle et du Raz de Sein.**

L'accès à ces chenaux est fortement réglementé pour les navires d'un tonnage supérieur à 1600 TJB. En 2000, 311 autorisations d'accès aux chenaux (pour 252 navires différents) ont été attribuées. Les types de navire ayant transités *via* ces chenaux et passages sont très divers : sabliers, cargos, tankers légers, remorqueurs, navires militaires étrangers, navires de pêche (de plus de 34 mètres), grands voiliers…

- **Les chenaux d'accès à la rade de Brest et la baie de Douarnenez**

Les données ont été recueillies auprès des vigies de St Mathieu (tableau 18) et du Cap de la Chèvre (tableau 19). Les navires transitant devant les vigies sont systématiquement repérés (position, direction…), identifiés (type de navire : guerre, commerce ou plaisance) et répertoriés.

BILAN 1996-2000	Type de navire			
Mois	**Guerre**	**Commerce**	**Plaisance (identifié)**	**Plaisance (non identifié)**
JANVIER	176	129	247	114
FEVRIER	208	112	287	105
MARS	302	122	402	102
AVRIL	275	117	439	134
MAI	303	125	634	170
JUIN	260	129	679	268
JUILLET	219	113	2161	395
AOUT	146	115	859	705
SEPTEMBRE	289	134	355	260
OCTOBRE	263	140	272	216
NOVEMBRE	233	143	247	130
DECEMBRE	165	132	220	128
TOTAL :	**2838**	**1511**	**6802**	**2726**
Nombre moyen de navires **par mois**	**237**	**126**	**567**	**227**

Tableau 18. Tableau récapitulant les mouvements de navires enregistrés par la vigie St Mathieu. Moyennes pour les années 1996 à 2000.

BILAN 1995-2000	Type de navire			
Mois	**Guerre**	**Commerce**	**Plaisance (identifié)**	**Plaisance (non identifié)**
JANVIER	42	60	67	40
FEVRIER	44	50	70	44
MARS	51	22	98	59
AVRIL	54	59	100	65
MAI	63	30	139	127
JUIN	54	31	222	143
JUILLET	49	23	790	562
AOUT	21	21	496	296
SEPTEMBRE	58	37	128	128
OCTOBRE	69	46	77	62
NOVEMBRE	69	56	69	41
DECEMBRE	34	49	79	40
TOTAL :	**607**	**484**	**2335**	**1606**
Nombre moyen de navires **par mois**	**51**	**40**	**195**	**134**

Tableau 19. Tableau récapitulatif des mouvements de navires enregistrés par la vigie du Cap de la Chèvre. Moyennes pour les années 1996 à 2000.

2-4-3 Fiche de synthèse

Fiche de synthèse n° 8 : Navigation maritime

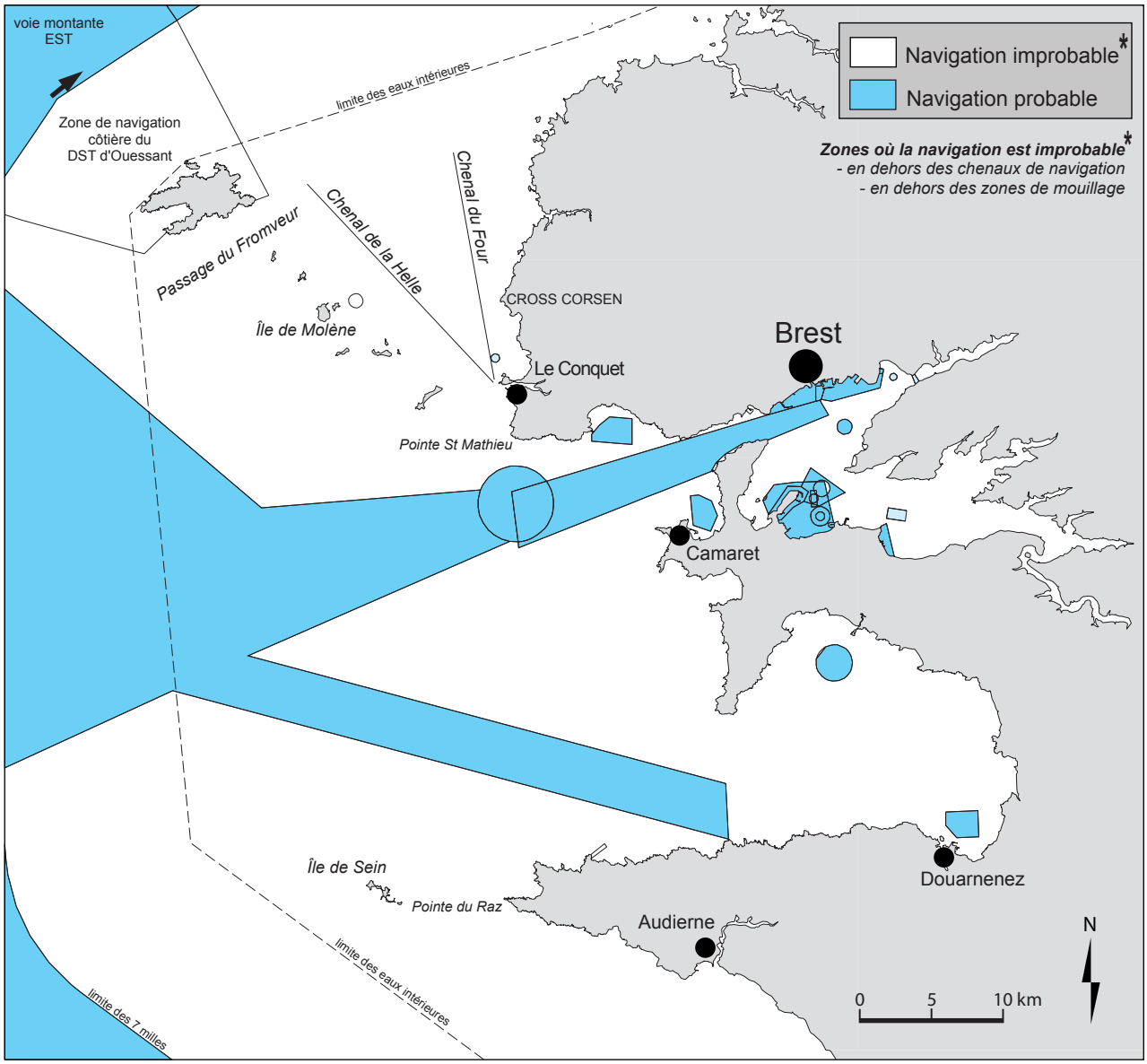
- **Navigation commerciale (tonnage > 1600 TJB et transportant des matières dangereuses)**

Conditions de pratiques	Observations
Le milieu	Le milieu sert uniquement de support. Il n'y a pas d'exploitation de ressources. Ce n'est donc pas une variable contraignante.
La météo	Elle ne représente pas un réel facteur limitant pour ce type de navigation. La pratique est possible quasiment quelles que soient les conditions météorologiques.
La réglementation	Elle est le principal facteur limitant la pratique.
Arrêté préfectoral commun n° 02/97 Brest et n° 03/97 Cherbourg, réglementant la navigation aux **approches des côtes françaises** de la mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique en vue de prévenir les pollutions marines accidentelles	Les navires d'un tonnage supérieur à 1600 TJB[49], transportant des hydrocarbures ou substances considérées comme dangereuses, doivent se tenir en permanence à au moins 7 milles des côtes.
Arrêté n° 84/93 modifié par l'Arrêté n° 111/96 du 24 octobre 1996, réglementant la navigation dans le **dispositif de séparation, du trafic d'Ouessant**, la zone de navigation côtière associée, et les chenaux et passages du Fromveur, du Four, de la Helle et du Raz de Sein.	Sont interdites aux navires transportant des matières dangereuses : La voie montante Est (carte) du DST, La zone de navigation côtière associée au DST, les chenaux et passages du Fromveur, du Four, de la Helle et du Raz de Sein.
Arrêté n°54/84 du 31 juillet 1984 réglementant l'**accès**, la circulation et le stationnement des navires étrangers dans **les eaux intérieures** de la deuxième région maritime s'applique aux navires ne battant pas pavillon français et d'une longueur hors-tout égale ou supérieure à 25 mètres.	Ainsi, dans les eaux intérieures, ces navires ne sont autorisés à circuler que dans les cas suivants : - pour se rendre dans un port ou pour quitter un port - en cas de mauvais temps, d'avarie ou autres cas assimilables à la force majeure, après en avoir informé l'autorité maritime
Arrêté n° 10/83 délimitant les **zones du goulet** et de l'avant goulet interdites aux mouillages et à la pêche et l'arrêté n°007 / 93 réglementant la circulation et le mouillage dans la **rade de Brest** et ses abords.	Dans la zone du goulet, hormis les cas de force majeure ou de situation mettant en cause la sécurité du navire ou de son personnel, et en dehors des postes prévus et réservés aux navires marchands en attente, le mouillage est interdit.
Autres	Les conditions économiques influencent sûrement beaucoup la pratique, notamment en ce qui concerne la nature des produits transportés (suivant le cours des prix).

[49] Tonne de Jauge Brute

Navigation commerciale (matières dangereuses)

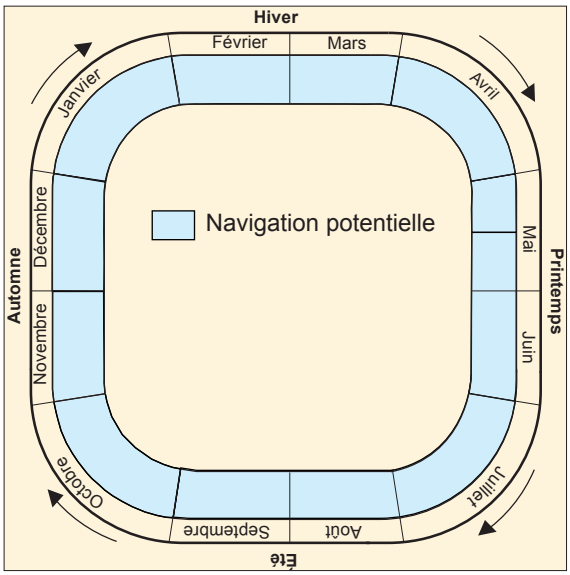
Territoire de pratique potentielle



Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

La navigation commerciale se pratique tout au long de l'année et est peu dépendante des conditions météorologiques. Cependant, lors des périodes de tempête, certains navires viennent s'abriter dans les zones de mouillage de la baie de Douarnenez.



2-5 Les extractions de matériaux

L'exploitation des ressources minérales en mer d'Iroise est une activité ancienne qui connaît un fort déclin depuis les années 1960 (la flottille des sabliers comptait alors une trentaine d'unités). En 1999, on ne recense plus que deux bateaux spécialisés dans l'extraction de matériaux (ADEUPa *et al.*, 1999a). Cet usage repose sur deux grandes catégories d'activités : l'exploitation en mer, pratiquée par des sociétés spécialisées à partir de navires, et l'exploitation sur l'estran réalisée par les agriculteurs. Nous nous intéresserons ici uniquement au cas de l'exploitation en mer de deux types de matériaux :

- L'extraction des sables siliceux, utilisés dans le secteur du bâtiment et des travaux publics.
- L'extraction des matériaux calcaires (sables coquilliers et maërl), utilisés principalement pour l'amendement des sols. Le maërl peut également être utilisé pour d'autres applications industrielles (alimentation animale, filtration des eaux).

L'impact de ces activités sur l'environnement concerne pour l'essentiel la turbidité de l'eau, la morphologie du fond (surtout dans le cas des sédiments grossiers), ainsi que les peuplements benthiques (Boncoeur *et al.*, 2000). A l'extérieur du périmètre d'étude, le cas du gisement de maërl des Glénan indique que les impacts engendrés peuvent être à l'origine de conflits entre les extracteurs et les pêcheurs.

2-5-1 Le cadre juridique

Les activités d'extraction de matériaux sont particulièrement encadrées. Elles ne sont notamment autorisées que dans des zones réglementairement déterminées.

L'extraction des sables siliceux est soumise aux dispositions du Code minier, de la loi n°76-646 du 16 juillet 1976 et du décret n° 80-470 du 18 juin 1980 pris pour son application. Pour pouvoir exploiter, l'entrepreneur doit obtenir, un titre minier (instruction DRIRE), une autorisation domaniale (DDE / SMFA) et un arrêté préfectoral de travaux.

Jusqu'à la loi du 18 novembre 1997, l'extraction des matériaux calcaires relevait des articles L 28 et R 53 du code du domaine de l'Etat, c'est à dire du régime des autorisations domaniales délivrées par le préfet (DDE/SMFA). Dans l'attente des textes d'applications de la loi de 1997 pour ce qui concerne les amendements marins, le régime des autorisations domaniales continue de s'appliquer.
Les sables coquilliers sont exploités sur deux sites à l'entrée de la rade de Brest (Petit Minou) et au large de l'île de Sein (banc de Kafarnao). Le maërl est exploité sur un site : le banc des Pourceaux situé dans l'archipel de Molène au nord ouest de l'île de Lédénez-Quéménes.

2-5-2 Fiches de synthèse

Fiche de synthèse n 9 : Activité d'extraction de matériaux

Les activités

Zone	Ressources cibles
Exploitation en mer	**Maërl**
	Sables coquilliers (Trez)
	Sables Siliceux
Exploitation sur le littoral	Sables coquilliers

- **Extraction de maërl**

Conditions de pratiques	Observations	
Le milieu	La pratique de l'activité est déjà très circonscrite dans l'espace par les contraintes réglementaires. Il n'est donc pas pertinent, dans le cadre de cette étude, de prendre en compte les contraintes environnementales.	
La météo	Pratique impossible si la mer est agitée et en période de vives eaux.	
La réglementation	Les conditions réglementaires sont prépondérantes puisque la pratique de l'activité n'est autorisée que dans un gisement réglementairement délimité : le gisement des « pourceaux ».	
	Gisement des « pourceaux »	Arrêté n°2001-0107 du 18 janvier 2001 portant autorisation d'extraction de maerl dans le gisement des « POURCEAUX ». L'autorisation d'extraire est accordée pour une durée de deux ans à compter du 01 janvier 2001 Bénéficiaire : SARL QUEMENEUR Le volume total annuel extrait n'exédera pas 10 000 m3. Les extractions sont opérées par un navire équipé d'une benne d'une capacité de 300 m3.
Autres	Seuls 2 680 m3 (3 618 tonnes), soit 3 % de la production finistérienne et moins de 1 % de la production bretonne, proviennent du banc des Pourceaux[50]. La pratique en mer dépend fortement de la demande de matériaux à terre.	

[50] Sources : Direction Départementale de l'Equipement du Finistère.

- **Extraction de sables coquilliers (Trez)**

Conditions de pratiques	Observations	
Le milieu	La pratique de l'activité est déjà très circonscrite dans l'espace par les contraintes réglementaires. Il n'est donc pas pertinent, dans le cadre de cette étude, de prendre en compte variables dues au milieu.	
La météo	Pratique impossible si la mer est agitée et en période de vives eaux.	
La réglementation	Les conditions réglementaires sont prépondérantes puisque la pratique de l'activité n'est autorisée que dans des gisements réglementairement délimités.	
	Gisement du « Petit minou »	Arrêté n°2001-0108 du 18 janvier 2001 portant autorisation d'extraction de trez dans le gisement du « petit minou ». Par conditions météorologiques défavorables, l'autorisation est reportée exceptionnellement sur le gisement du Grand Minou. L'armement SARL QUEMENEUR est autorisé à extraire : - pour l'année 2001 : 33 000 m3 - pour l'année 2002 : 33 000m3 Les extractions seront opérées par les navires suivants : - le « Penfoul » d'une capacité de 300 m3 - le « falleron » d'une capacité de 200 m3
	Gisement de « Kafarnao »	Arrêté n°2001-0026 du 9 janvier 2001 portant autorisation d'extraction d'amendements calcaires dans le gisement de Kafarnao pour l'année 2001.Les extractions seront opérées par des navires à benne preneuse à compter du 1er janvier 2001 jusqu'au 31 décembre 2001. L'extraction peut se poursuivre de nuit Un quota d'extraction de 30 000 m3 d'amendements calcaires (coquilles brisées) est attribué à une société spécialisée.
Autres	La production s'élevait à 26 700 m3 (soit environ 36 000 tonnes) en 2000, soit 11 % de la production régionale[51]. La pratique en mer dépend fortement de la demande de matériaux à terre	

- **Extraction de sables siliceux**

Conditions de pratiques	Observations
Le milieu	La pratique de l'activité est déjà très circonscrite dans l'espace par les contraintes réglementaires. Il n'est donc pas pertinent, dans le cadre de cette étude, de prendre en compte variables dues au milieu.
La météo	Pratique impossible si la mer est agitée et en période de vives eaux.
La réglementation	Les conditions réglementaires sont prépondérantes puisque la pratique de l'activité n'est autorisée que dans des gisements réglementairement délimités. Des titres miniers et des autorisations domaniales sont attribués pour trois sites : Gisement de l'Aber Benoît (cf carte) Gisement de l'Aber Idult (cf carte) Gisement du plateau des Fourches (cf carte)
Le socio-économique	La production en Iroise est de 16 000 m3 (soit 24 000 tonnes) de sables siliceux en 2000, pour un quota annuel actuellement autorisé de 80 000 m3[52]. La pratique en mer dépend fortement de la demande de matériaux à terre

[51] Source : Direction Départementale de l'Equipement du Finistère.
[52] Source : Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche-Bretagne.

Extraction de matériaux en mer

Territoire de pratique potentielle

Aber Benoît
Gisements de sables siliceux
Extraction improbable *
Extraction potentielle
* *Zones où la pêche est improbable - en dehors des gisements*
Île d'Ouessant
Gisement des "Pourceaux" (Maerl)
Aber Idult
Plateau des Fourches
Lampaul-Plouarzel
Île de Molène
Brest
Le Conquet
Pointe St Mathieu
Gisements du "Petit minou" (sables coquilliers)
Camaret
Douarnenez
Île de Sein
Pointe du Raz
Audierne
N
0 5 10 km
Gisement de "Kafarnao" (sables coquilliers)

Sources de l'information géographique : SHOM / Géomer (BIG Iroise)

Calendrier de pratique potentielle

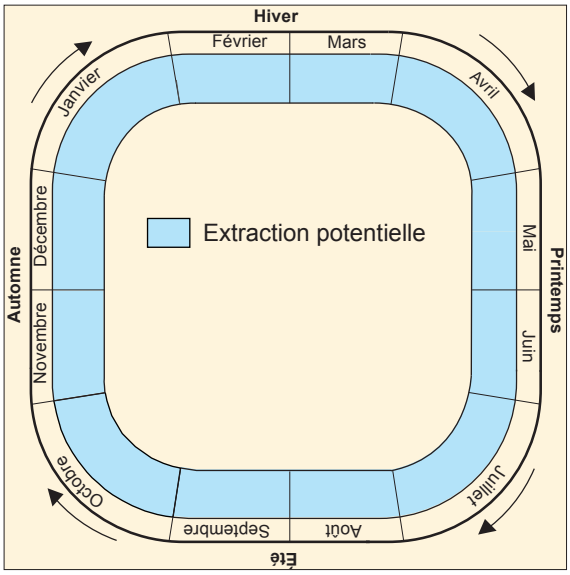
Périodes où l'extraction est improbable :

- lorsque les coefficients de marée sont > 75
- lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises *(seuil "mer forte" dépassé)*

La pratique en mer dépend surtout de la demande en matériaux à terre.

Nombre de navires susceptibles d'être présents :

1996	2000
2	2



3 QUELQUES EXEMPLES DE SIMULATION

Afin d'illustrer les possibilités d'application et de mise en valeur de la méthode, quelques scénarios de simulation sont proposés dans un objectif d'aide à la gestion de la zone côtière finistérienne.

Les premiers scénarios ont pour objectif de tester DAHU-MAM dans l'illustration du déroulement des activités et notamment dans la mise en évidence de conflits potentiels entre activités.
Des scénarios complémentaires traitent d'événements qui pourraient survenir en mer d'Iroise et engendrer des impacts sur le déroulement des activités présentes.

3-1 Illustration du déroulement d'activités

DAHU-MAM permet l'observation du déroulement d'activités pour une période donnée en fonction de différentes contraintes de pratique. Le premier exemple porte sur une unique activité : la drague à coquilles St-Jacques (figure 38). Les résultats cartographiques montrent qu'en fonction des conditions réglementaires et météorologiques, la répartition spatiale et l'intensité du déroulement de cette activité peut varier considérablement au cours de l'année.

Le même type de simulation pourrait être appliqué à la simulation du déroulement vraisemblable à court terme d'une ou plusieurs activités en intégrant les prévisions météorologiques. Ce type d'information serait, par exemple, utile aux autorités en charge de la gestion et surveillance en mer (Affaires maritimes) qui pourraient alors d'autant mieux organiser et planifier leurs opérations sur le terrain.

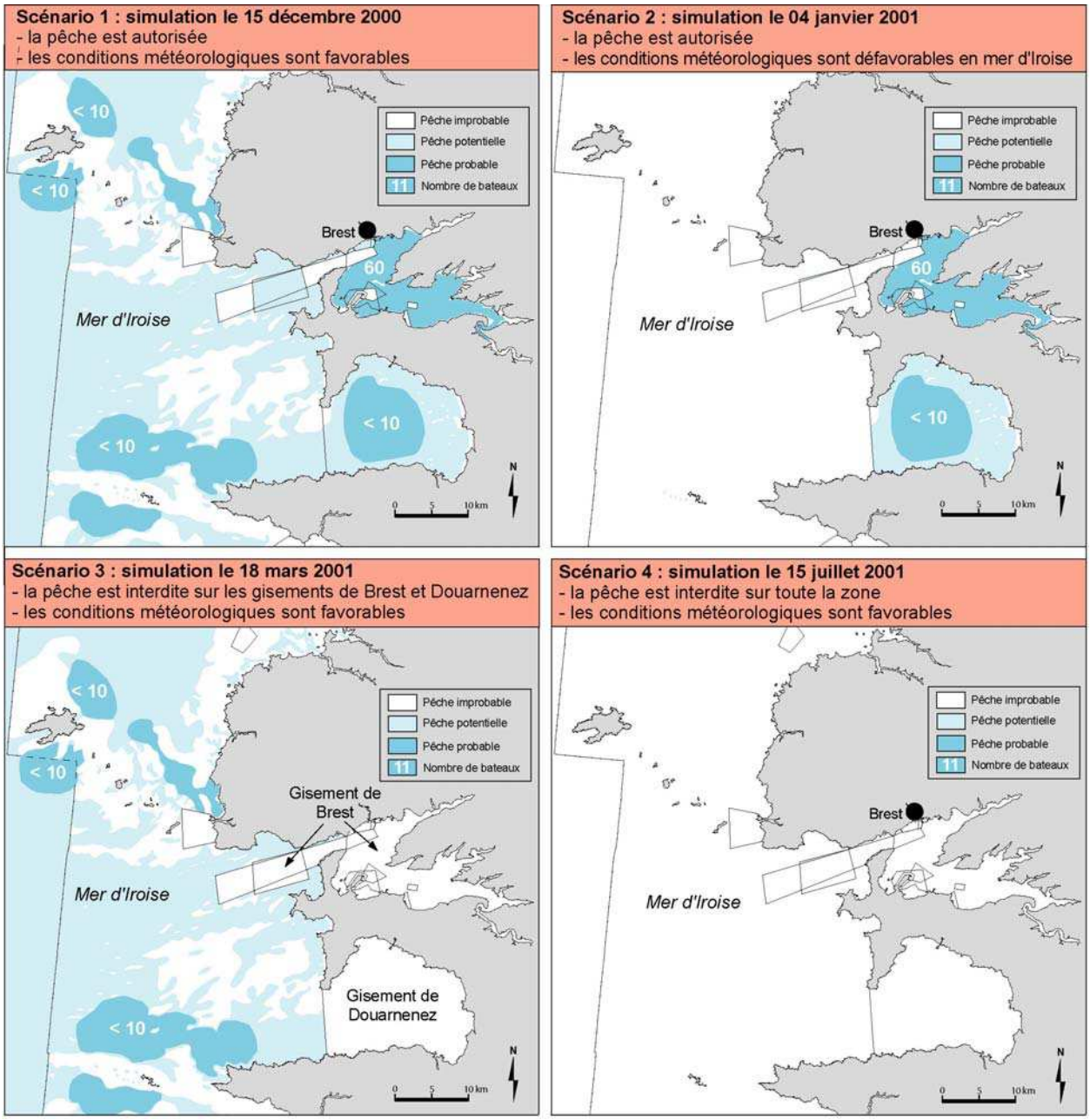


Figure 38. Simulation du déroulement d'une activité de pêche pour la saison 2000/2001. Exemple de la drague à la coquille St-Jacques.

Le même type de simulation peut s'appliquer à plusieurs activités ayant des déroulements distincts dans le temps et dans l'espace ou inversement. Dans le premier cas, les interactions entre activités peuvent être positives (activités complémentaires). Dans le second cas, elles sont susceptibles d'être négatives et d'engendrer des conflits d'usage.

- **Un exemple d'interaction positive**

En mer d'Iroise, les goémoniers qui ont une activité essentiellement estivale, doivent exercer une seconde activité en hiver. Alors que l'activité complémentaire hivernale était traditionnellement de type agricole, depuis une vingtaine d'année ce rôle tend à être joué par la pêche. La principale activité hivernale des goémoniers est aujourd'hui le dragage des coquillages (coquilles St-Jacques, pétoncles et praires) en rade de Brest (Boncoeur *et al.*, 1999). Les principales raisons de l'intérêt des goémoniers pour la pêche coquillère sont les suivantes :

- il est techniquement possible d'utiliser le même navire pour les deux métiers
- les calendriers des deux métiers sont complémentaires (figure 39) : alors que la récolte du goémon est une activité estivale, le dragage des coquilles St-Jacques en rade de Brest se déroule essentiellement l'hiver (de novembre à mars). Les pêcheurs peuvent mettre à profit les mois d'avril et octobre pour préparer leur navire en vue de l'activité suivante.
- en hiver, la rade de Brest est une zone abritée qui convient bien aux navires de petite taille
- Grâce à un programme de repeuplement lancé dans les années 80, la pêche coquillière en rade de Brest offre un intérêt croissant pour les goémoniers en vue de rentabiliser l'investissement réalisé dans leur navire.
- le marché des algues et celui des coquilles St-Jacques sont très différents et non corrélés, ce qui peut être considéré comme un facteur de sécurité sur le plan financier (Boncoeur *et al.*, 1997). Ces deux pêcheries, tout en étant biologiquement et écologiquement bien distinctes, n'en sont donc pas moins étroitement interdépendantes pour des raisons économiques (Kervarec *et al.*, 1999).

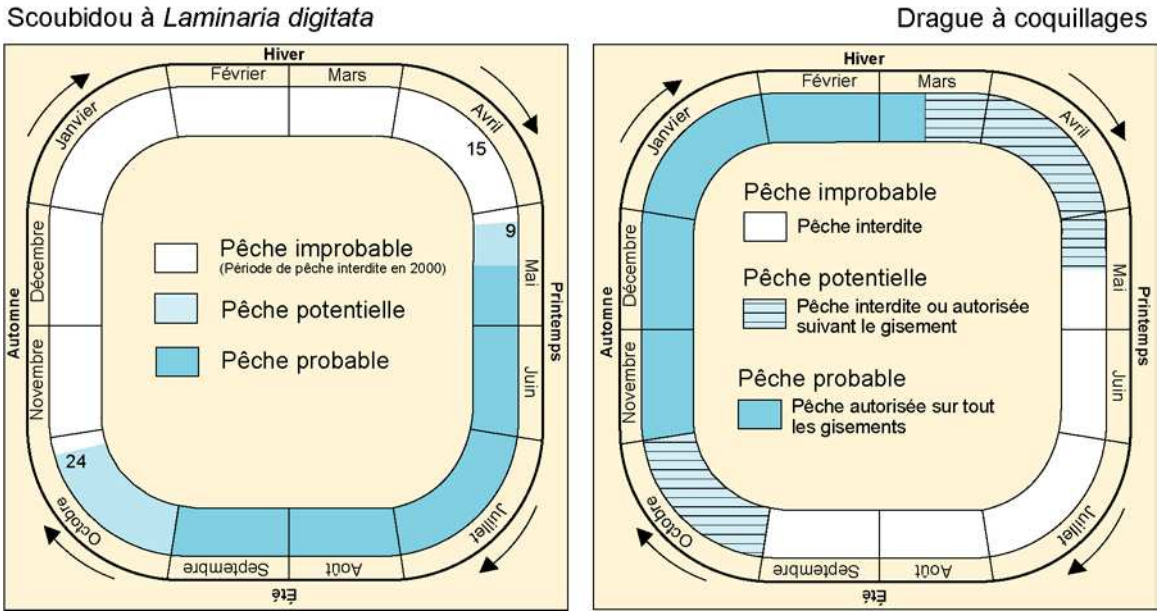


Figure 39. Calendriers de pratique potentielle de la pêche au Scoubidou *à L. Digitata* et à la drague à coquillages.

Actuellement la flottille des goémoniers-coquilliers représente une trentaine de navires dont la répartition spatiale varie suivant la saison (figure 40).

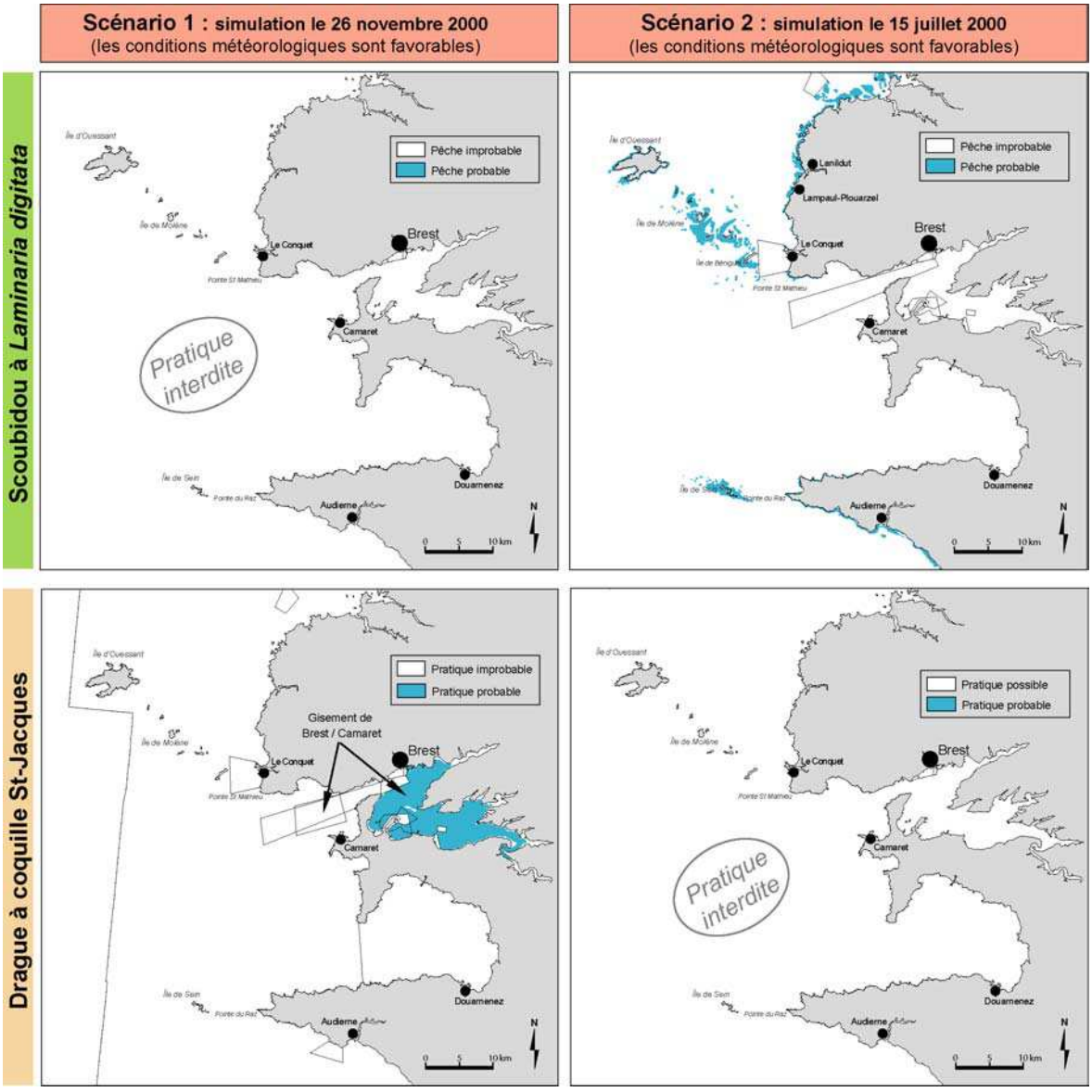


Figure 40. Simulation simultanée de la pêche au scoubidou (*Laminaria digitata)* et à la drague en rade de Brest (coquillages).

Depuis quelques années, il est également envisagé de proposer d'autres formes de diversification des activités goémonières *via* la mise en exploitation du champ de *Laminaria hyperborea.* Alors que le champ de *Laminaria digitata* est exploité à son maximum, *Laminaria hyperborea* est une espèce abondante sur l'archipel de Molène (elle est présente jusqu'à 30 mètres de fond). De plus, l'avantage de cette espèce est que son exploitation est possible en hiver. L'inconvénient est son faible taux de renouvellement (tous les 5 ans). Ce qui impliquerait de définir des zones d'exploitation variables suivant les années (système de jachère). L'ajout de cette nouvelle activité dans DAHU-MAM pourrait permettre notamment :

- d'aider à la zonation des concessions dans l'espace et dans le temps en fonction des différentes contraintes de pratique ;
- de disposer d'une mémoire de leur déroulement, en procédant à une mise à jour régulière des données. DAHU-MAM serait alors susceptible de fournir un historique du déroulement de ces activités, d'observer des évolutions et donc être à même d'évaluer leur impact sur le milieu.

- **Un exemple d'interaction négative**

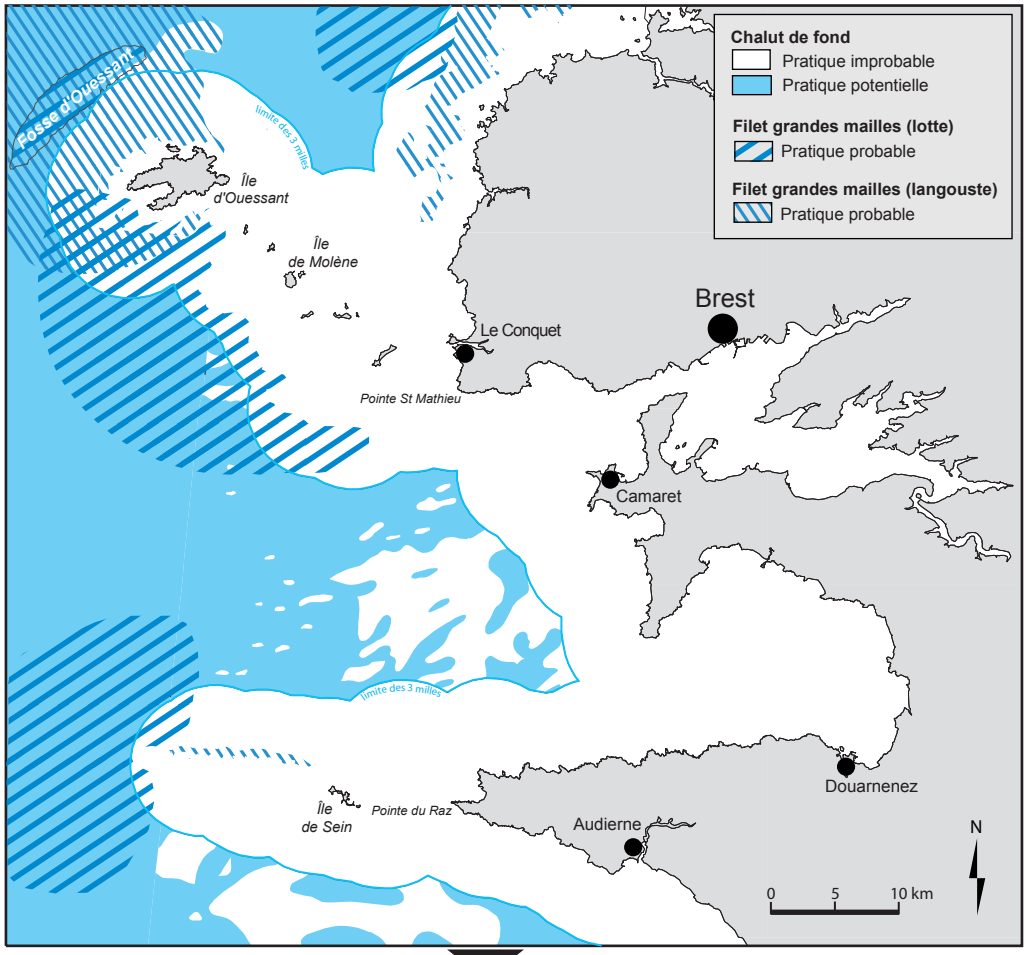
La mer côtière est le siège de deux grands types de rivalités (Couliou, 2002) :

- la première oppose les pêcheurs aux autres usagers. La question de l'occupation réelle ou supposée des zones de pêche par les engins des plaisanciers est ainsi un thème récurrent, comme celui de l'exploitation de granulats ou de maërl.
- la seconde concerne des confrontations entre différentes activités de pêche.

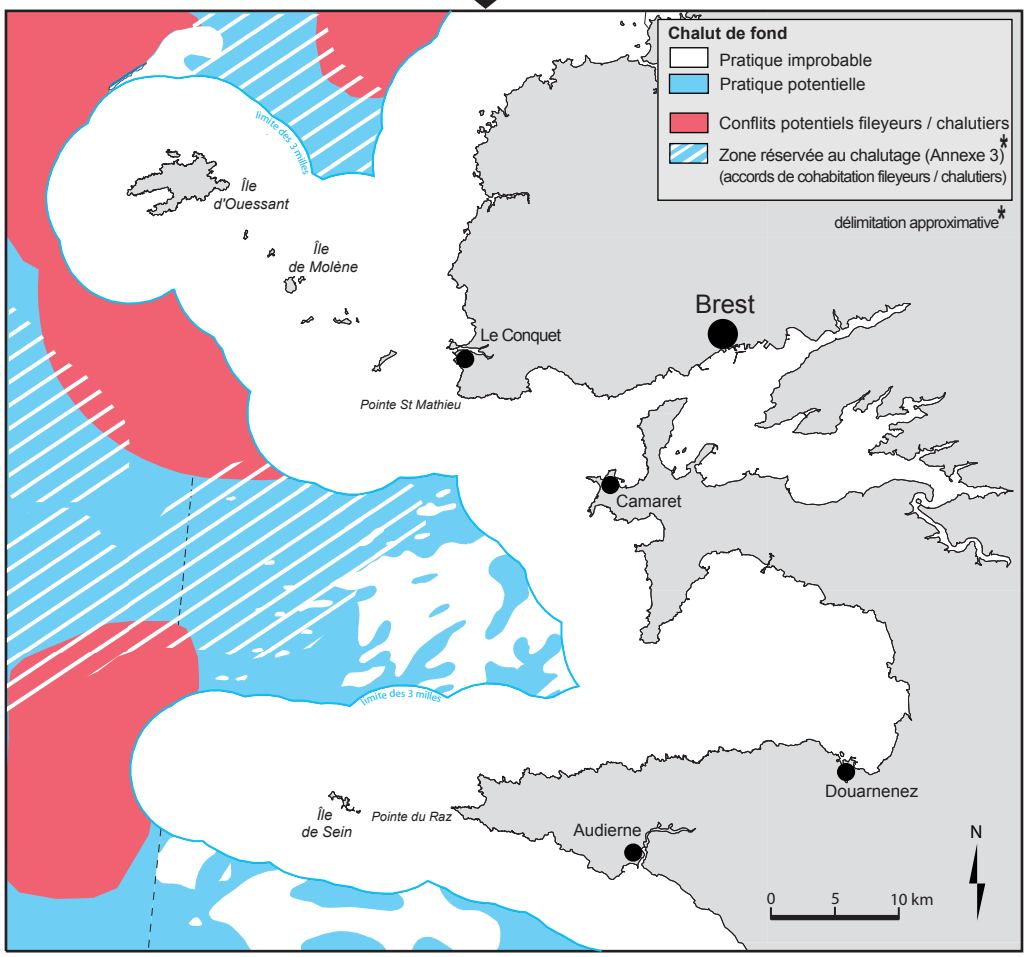
Les conflits entre pêcheurs professionnels reposent essentiellement sur les aspects liés à la ressource et/où à l'occupation de l'espace. Parmi les conflits les plus significatifs, la compétition entre arts traînants et arts dormants est majeure. Ainsi, la pratique du chalut peut engendrer la destruction des engins dormants (filets, palangres, casiers). Mais depuis quelques années, se développe une forte récrimination des chalutiers contre les arts dormants et contre les fileyeurs en particulier (Bolopion *et al.*, 2000), car les filets occupent un espace important (on cite des longueurs de 30 à 40 km voire plus) et se réservent ainsi certaines zones poissonneuses empêchant les chalutiers d'y travailler.

En mer d'Iroise, il existe bien des conflits potentiels de ce type comme l'illustre le cas du chalut de fond et du filet grandes mailles à poissons et à langoustes (figure 41).

Scénario : simulation le 26 novembre 2000
- activités simulées : chalut de fond / filet grandes mailles à poissons et à langouste
- conditions météorologiques favorables / coefficients de marée < 75



Ce résultat de simulation montre que les activités du filet et du chalut peuvent se dérouler au même moment sur des zones identiques. A l'ouest de la zone d'étude, les fonds (graviers et sables) sont propices au chalutage tandis que cet espace offre des potentialités aux fileyeurs qui doivent toutefois tenir compte des courants assez forts (notamment en période de vives eaux).



Cette carte, qui découle de la précédente, met en relief les zones de conflit potentiel entre les métiers du chalut et du filet.

Pourtant, les incidents recensés sont peu fréquents. En effet, bien qu'il n'existe pas de réglementation officielle, des accords de cohabitation informels ont été établis par les pêcheurs. Lors des périodes de mortes eaux, des zones sont réservées au chalutage et inversement (Annexe 3).
Dans l'éventualité d'une proposition d'un plan de gestion sur la zone, il serait donc essentiel de s'inspirer de ce type d'accord.

Figure 41. Simulation simultanée du chalut de fond et du filet grandes mailles à poissons et à langouste

3-2 Scénarios « événementiels »

3-2-1 Naufrage

Du fait d'une navigation maritime intense au large de la zone d'étude (DST d'Ouessant), la mer d'Iroise est particulièrement vulnérable aux aléas du trafic maritime (tableau 20).

Accident	Description
Amoco Cadiz 16/03/1978	Le 16 mars 1978, à la suite d'une avarie, le pétrolier libérien **Amoco Cadiz** s'échoue sur les roches de Portsall, dans le Nord Finistère, chargé de 227 000 tonnes de brut. L'ensemble de la cargaison s'échappe au fur et à mesure que le navire se disloque sur les brisants, polluant 360 km de littoral entre Brest et Saint Brieuc. C'est la plus grande marée noire par échouement de pétrolier jamais enregistrée dans le monde. Elle conduit le gouvernement à refondre son plan de lutte (le plan POLMAR), acquérir des stocks de matériel (les stocks POLMAR) et imposer des rails de circulation en Manche.
Gino 28/05/1979	Le 28 avril 1979, le pétrolier libérien Gino à destination du Havre et transportant 40 000 t de noir de carbone (un pétrole raffiné 1,09 fois plus lourd que l'eau) coule au large de l'Ile d'Ouessant par un épais brouillard à la suite d'une collision avec le Team Castor, un pétrolier norvégien. Environ 1 000 t de pétrole, provenant d'un réservoir endommagé, sont déversées par le Team Castor. L'épave du Gino et sa cargaison gisent par 120 m de fond. Le noir de carbone, malgré sa viscosité, se répand aux alentours, mais, sa consistance de "caramel dur" due aux températures relativement froides rend peu probable la pollution des plages bretonnes. Un sous-marin est envoyé pour surveiller l'épave et prendre des photos. Des campagnes pour surveiller le déplacement du pétrole au fond de l'eau sont conduites par la Marine Nationale pendant de nombreux mois.
Melbridge Bilbao 12/11/2001	Lundi 12 novembre 2001, le porte-conteneur Melbridge Bilbao (150 m de long, 9 650 tonnes) en route de La Havane à Rotterdam, par léger brouillard et temps calme, avec 218 conteneurs et 330 caisses à bord, devait prendre le rail montant au large d'Ouessant. Il se détourne de plusieurs milles de sa route normale, sans répondre aux appels d'alerte du CROSS Corsen, qui le voit sur son radar prendre un cap dangereux. Il s'échoue à pleine vitesse (17 noeuds) sur l'Île de Molène un peu après 7 heures du matin. Par chance, le fond est essentiellement sableux et l'échouement intervient à basse mer, en période de coefficients de marée croissants. Le remorqueur « l'abeille Flandre », rapidement sur les lieux, avec l'aide d'une équipe d'intervention de la Marine nationale, réussit à remorquer le porte-conteneur à la haute mer du début d'après midi, alors qu'il menace de dériver vers des récifs. Le Melbridge Bilbao est ensuite transféré en zone abritée, dans l'anse de Berthaume, pour inspection et mise en sécurité avant remorquage vers le port de Brest, où il sera déchargé et réparé.

Tableau 20. Exemples d'accidents liés au trafic maritime survenus en mer d'Iroise[53].

[53] http://www.le-cedre.fr/fr/accident/

L'organisation actuelle de la lutte contre la pollution marine accidentelle en France est mise en place par l'Instruction POLMAR du 4 mars 2002, applicable non seulement à la pollution par hydrocarbures mais aussi aux rejets de toute substance susceptible de porter atteinte au milieu marin. L'instruction POLMAR concerne la lutte contre la pollution du milieu marin, résultant d'un accident ou d'une avarie qui entraîne ou risque d'entraîner le déversement d'hydrocarbures ou de tout autre produit. Les mesures à prendre face à cette menace sont la prévention, la préparation à la lutte et les mesures de lutte qui visent à en limiter les conséquences. Le dispositif national fait une distinction entre la lutte contre la pollution en mer et la lutte contre la pollution à terre. L'application du Plan POLMAR mer est confiée aux Préfets Maritimes sous l'autorité du Premier Ministre. Celle du Plan Polmar-terre est confiée aux Préfets des départements concernés.

Depuis la catastrophe de l'Erika[54], un des objectifs poursuivis a été d'améliorer la coordination entre ces deux composantes. Un guide méthodologique, réalisé par le *Cedre*[55], a été rédigé en collaboration avec plusieurs ministères. Il constitue une aide destinée aux services déconcentrés travaillant à l'élaboration du plan Polmar-terre de leur département (SIDPC[56], DDE[57], DDAM[58], DIREN[59] ,et les DRIRE[60]). Parmi les documents à produire, figure un inventaire des zones sensibles ayant pour objet de définir des zones d'action prioritaire, en fonction des enjeux et des risques particuliers de pollution accidentelle. Les activités humaines susceptibles d'être présentes sur le site doivent notamment être prises en compte. En effet, lors d'un accident, suivant la nature et la quantité de la pollution, il est possible que les autorités prennent la décision d'interdire pendant une période déterminée, la pratique de la pêche sur une zone donnée. Il peut être alors très utile d'évaluer les activités qui risquent d'être directement touchées par cette mesure temporaire :

- en temps réel, pour les autorités qui doivent prendre la décision d'interdiction de pratique de la pêche (durée de l'interdiction, aide à la définition des zones de protection prioritaire) ;
- lors de la mise en place du processus d'indemnisation (identification des activités directement touchées, nombre de navires concernés, jours de pêche perdus…).

Les résultats de simulation produits par DAHU-MAM permettent d'accéder à ce type d'information. Le scénario testé est celui d'un navire s'échouant sur l'île de Molène le 5 janvier 2000 et provoquant une fermeture temporaire de la pêche pendant 30 jours sur l'ensemble de la zone d'étude (figure 42).

[54] Accident survenu le 11/12/1999 à une trentaine de milles au sud de la Pointe de Penmarc'h (Pointe du Finistère). Le littoral français a été pollué du sud de la Loire au Finistère (http://www.le-cedre.fr//)
[55] Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentation sur les Pollutions Accidentelles des Eaux
[56] Services de Protection Civile des Préfectures
[57] Directions Départementales de l'Equipement
[58] Directions Départementales des Affaires Maritimes
[59] Directions Régionales de la Recherche et de l'Environnement
[60] Directions Régionales de l'Industrie et de la Recherche

Scénario : simulation d'un naufrage le 5/01/2000 entraînant une fermeture de la zone à la pêche pendant 30 jours.
Question : quelles sont les principales activités de pêche professionnelle suceptibles d'être concernées par la période de fermeture ?

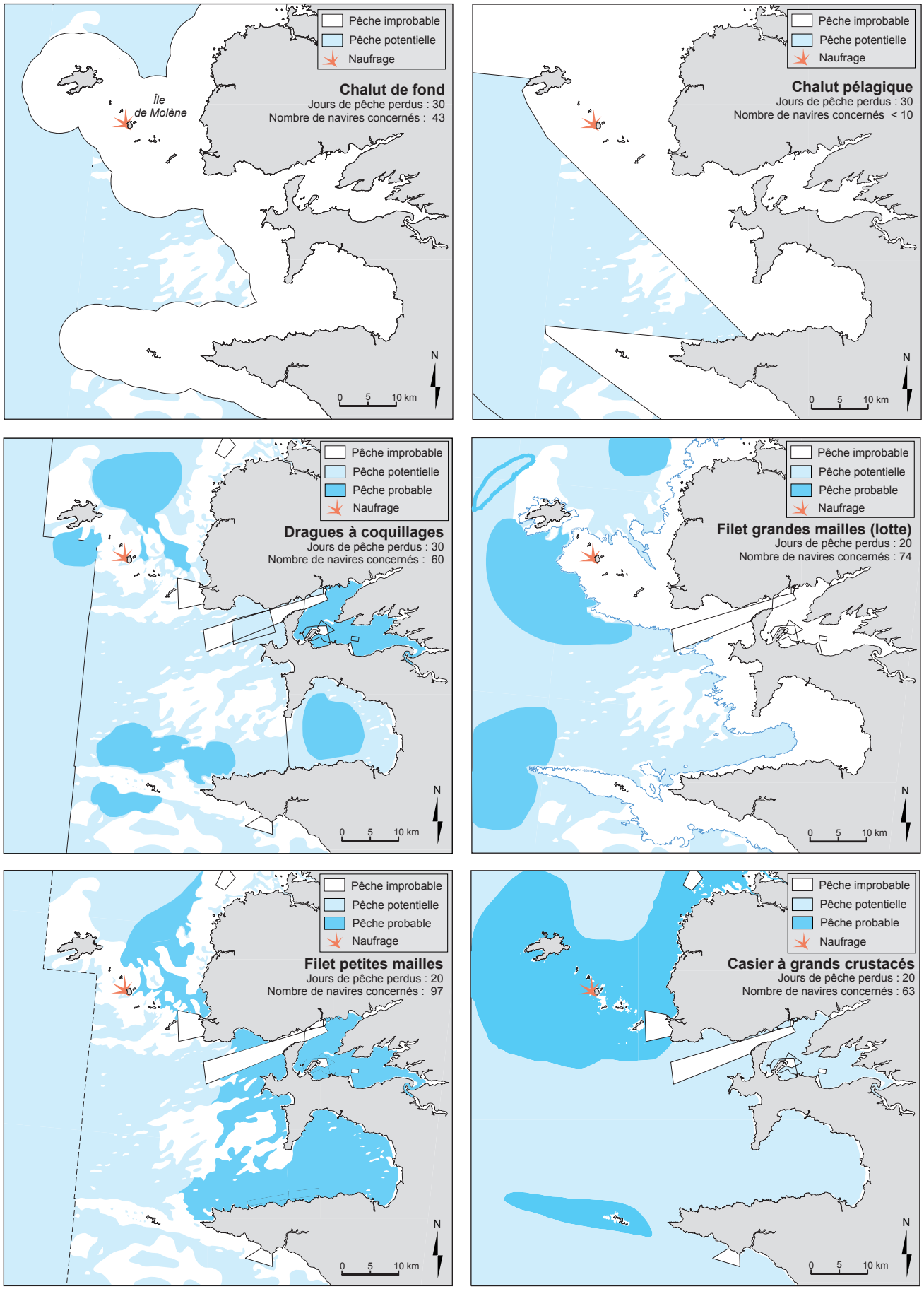


Figure 42. Activités susceptibles d'être présentes suite à un naufrage sur l'île de Molène.

3-2-2 Eoliennes en mer

Le développement des énergies renouvelables et la diversification des modes de production d'électricité figurent parmi les objectifs de la politique énergétique française (ADEME-CLAROM, 2002). Les engagements de la France en matière d'émissions de gaz à effet de serre et la directive sur les énergies renouvelables imposent en effet une politique volontariste de développement des énergies renouvelables. A cet égard, la directive européenne du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables[61], prévoit ainsi pour la France un objectif indicatif de consommation d'électricité produite à partir d'énergies renouvelables de 21 % à l'horizon 2010, contre 15 % en 1997.

Modalités du développement des énergies renouvelables
D'après le Ministère de l'Industrie (Publiée dans le JO Sénat du 28/08/2003 page 2683) :

L'arrêté sur la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) de production d'électricité, en date du 7 mars 2003, définit des objectifs pour chacune des filières de production d'électricité d'origine renouvelable à l'horizon 2007, avec un rythme compatible avec les engagements de la France en 2010. La filière éolienne doit assurer l'essentiel de la croissance du parc de production d'électricité d'origine renouvelable avec une puissance à installer de 2 000 à 6 000 MW dont 500 à 1 500 MW par des centrales éoliennes en mer.
Pour favoriser le développement de l'énergie éolienne, la loi du 10 février 2000 sur le service public de l'électricité prévoit deux dispositions. Les installations de puissance inférieure à 12 MW peuvent bénéficier de l'obligation d'achat, par EDF ou les distributeurs non nationalisés, de l'électricité produite, à un tarif incitatif défini par arrêté du 22 juin 2001. Par ailleurs des appels d'offres peuvent être lancés pour des installations de puissance supérieure à 12 MW. Mais si l'obligation d'achat devrait permettre dès 2003 d'augmenter significativement la taille du parc éolien français, cette mesure n'est pas adaptée à la réalisation de centrales éoliennes en mer dont la rentabilité nécessite une puissance supérieure à plusieurs dizaines de millions de Watts. Par conséquent, il a été décidé de recourir à la procédure d'appel d'offres sur des centrales éoliennes en mer afin de stimuler leur développement et permettre d'établir une courbe d'expérience spécifique au domaine maritime français. Les centrales en mer ne pourront avoir une puissance supérieure à 150 MW de façon à privilégier une répartition équilibrée des centrales sur l'ensemble des façades maritimes pour une bonne intégration du parc éolien en mer dans le système électrique national.

L'appel d'offres sur les éoliennes en mer, dont les conditions ont été définies et communiquées à la commission de régulation de l'énergie (CRE) en charge de la rédaction du cahier des charges, a été publié au journal officiel de la Communauté Européenne le 11 février 2004. Il doit permettre à la France, forte du second potentiel européen de production d'électricité à partir de centrales éoliennes en mer, de figurer avantageusement parmi les pays qui ont décidé de promouvoir cette filière.

[61] http://www.industrie.gouv.fr/energie/renou/directive-enr.pdf

Le cahier des charges de l'appel d'offres « centrales éoliennes en mer » décrit les pièces à produire par les candidats et notamment des notes spécifiques au niveau technique (mesure de vent, puissance de l'installation, conditions naturelles du milieu d'implantation, plan de maintenance, raccordement au réseau) mais également sur les questions environnementales (impacts de l'installation sur le milieu, bilan énergétique) et les conflits d'usage[62]. Sur ce dernier point, le candidat doit rédiger une étude d'impact dans laquelle il :

- établit la liste des usages de la zone d'implantation,
- évalue les impacts de l'installation sur chacun des usages identifiés,
- présente les démarches qu'il entend mettre en œuvre pour gérer les conflits d'usage potentiels,
- présente l'état d'avancement des démarches déjà entreprises,
- indique si la demande d'un titre domanial d'occupation du domaine public maritime a été faite,
- décrit les mesures envisagées pour supprimer, limiter et, si possible, compenser les inconvénients de l'installation vis à vis des autres usagers de la mer.

Après avoir établi la liste des usages de la zone du projet, les activités susceptibles d'être le plus affectées par ce type d'installation peuvent être classées hiérarchiquement en deux grands groupes (CA-OWEE, 2001) :

- Les activités susceptibles d'être très fortement affectées par l'implantation d'éoliennes en mer : la navigation maritime et la pêche pratiquée à l'aide d'arts traînants (figure 43). Du fait des risques de collisions, les principales voies de navigation et les chenaux d'accès aux ports sont évidemment à proscrire. La pratique des arts traînants (chalutage, drague à coquillages, lignes traînantes) est également susceptible d'être fortement dérangée par l'implantation d'éoliennes en mer. Il peut en être de même pour des activités exploitant des espaces très restreints qui correspondraient exactement à la zone d'implantation des éoliennes.
- Les activités susceptibles d'être moins affectées par l'implantation d'éoliennes en mer (figure 44) : la pêche pratiquée à l'aide d'arts dormants (filets, casiers)[63] peut être également affectée mais dans une moindre mesure que pour les engins actifs. Les autres activités telles que les extractions de matériaux, les activités de loisir (l'impact visuel peut notamment être très important) sont plus ou moins directement touchées.

[62] les conflits d'usage dont il est question désignent les activités humaines susceptibles d'entrer en concurrence avec la construction et l'exploitation d'une centrale éolienne en mer. Doivent être pris en compte, les usages liés à l'exploitation de la ressource halieutique, aux navigations commerciale et de plaisance, aux servitudes aéronautiques et radioélectriques, à la signalisation et la réglementation maritimes et à la défense nationale.

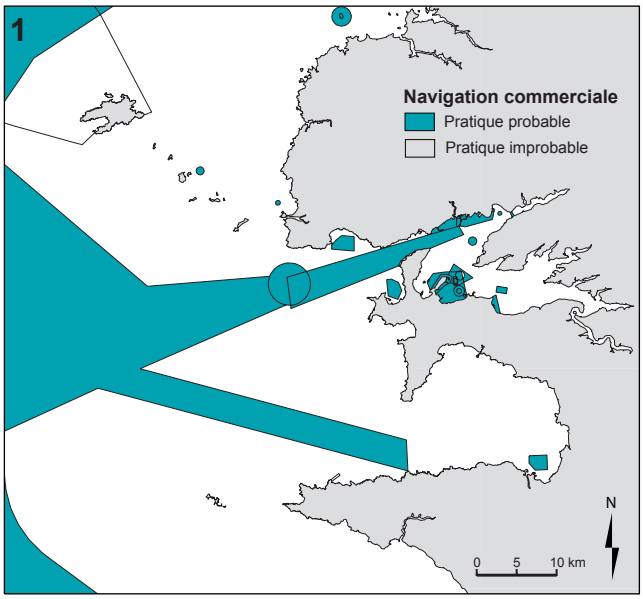
[63] Il faut noter que les fondations des éoliennes peuvent être conçues pour devenir des récifs artificiels et donc avoir éventuellement des effets bénéfiques sur la ressource

Pour aboutir à une « zone optimale d'installation », et prendre en compte les usages, il est alors indispensable d'être en mesure de superposer les différents territoires de pratique potentielle des activités humaines présentes sur la zone considérée. Un scénario de ce type, appliqué à la mer d'Iroise est proposé (figures 43 et 44). Il s'appuie sur deux étapes (correspondant aux deux groupes d'activités présentés précédemment) et tente d'identifier des zones où les risques de conflits engendrés par une telle installation seraient les plus faibles[64]…

Les différentes phases de simulation montrent que le contexte multi-usage de la mer d'Iroise est une des contraintes majeures que devrait prendre en compte un projet d'implantation d'éoliennes sur cette zone. Il faut ajouter à cela que les caractéristiques physiques de la zone (la bathymétrie notamment) ne sont pas forcément très propices à ce type d'installation. En effet, pour éviter des coûts d'installation et de maintenance trop élevés, il faudrait implanter les éoliennes à proximité de la côte pour bénéficier des faibles profondeurs (inférieures à 30 mètres) ; ce qui pourrait engendrer des impacts paysagers importants et éventuellement des nuisances sonores.

Cette approche devrait impérativement être couplée à une évaluation du poids socio-économique des activités qui pourraient être affectées par le projet afin, par exemple, d'envisager un processus d'indemnisation.

[64] Nous avons admis, pour ce scénario, que les contraintes techniques et financières n'étaient pas limitantes.

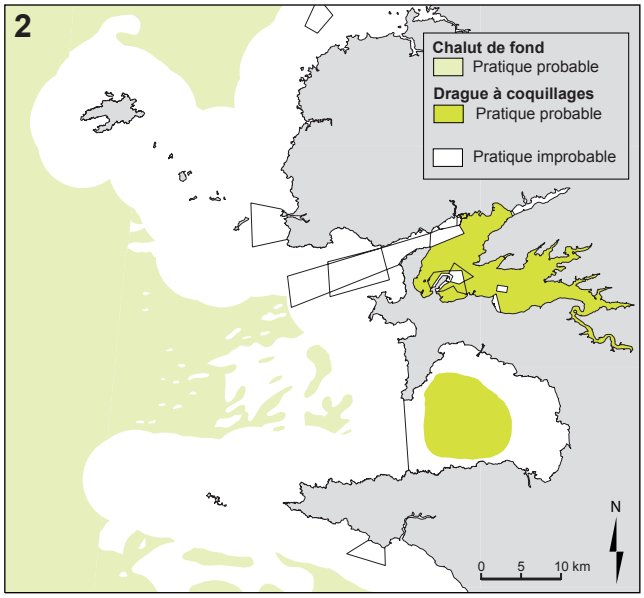


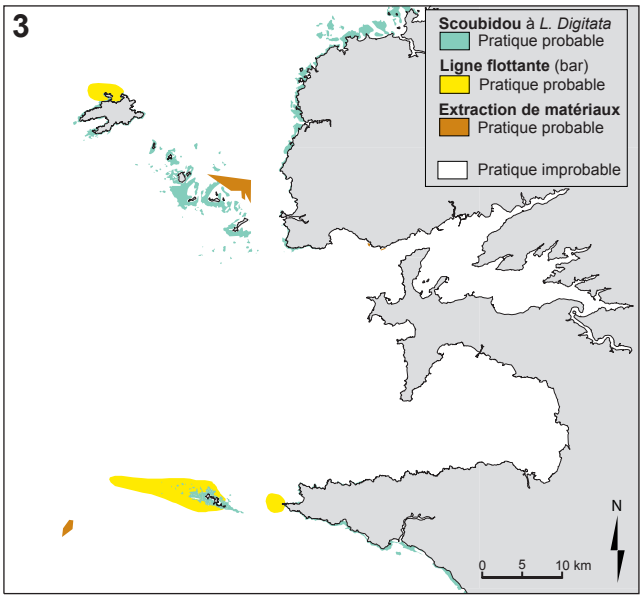
Remarque préliminaire : les secteurs abrités tels que la rade de Brest et dans une moindre mesure la baie de Douarnenez possèdent des potentiels éoliens faibles du fait de la turbulence des vents.

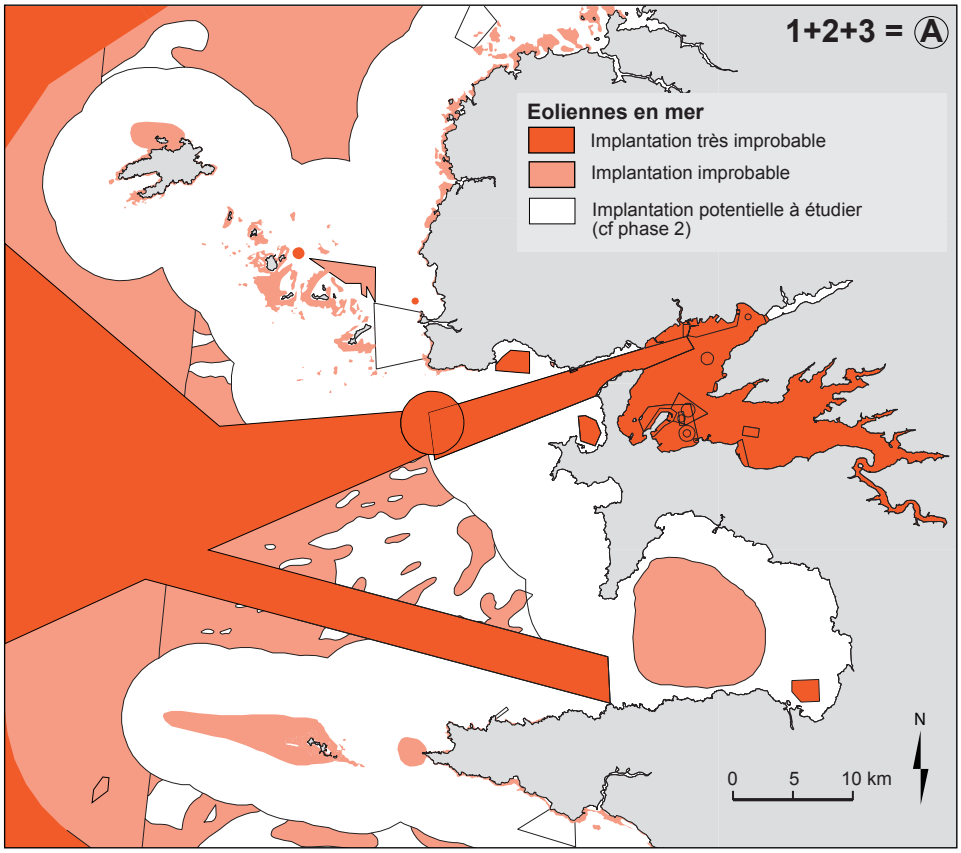
Etape 1 : les chenaux de navigation et les zones de mouillage sont à exclure en priorité.

Etape 2 : prise en compte des principales zones de pêches fréquentées par les arts traînants
Remarque : l'intensité de la pratique de la drague à coquillages a été plutôt faible en baie de Douarnenez ces dernières années.

Etape 3 : activités exploitant des espaces très localisés (principalement dans l'archipel de Molène et autour de l'île de Sein). L'implantation d'éoliennes sur ces zones pourraient donc nuire très fortement à la pratique de ces activités.







Cette première phase permet d'identifier :

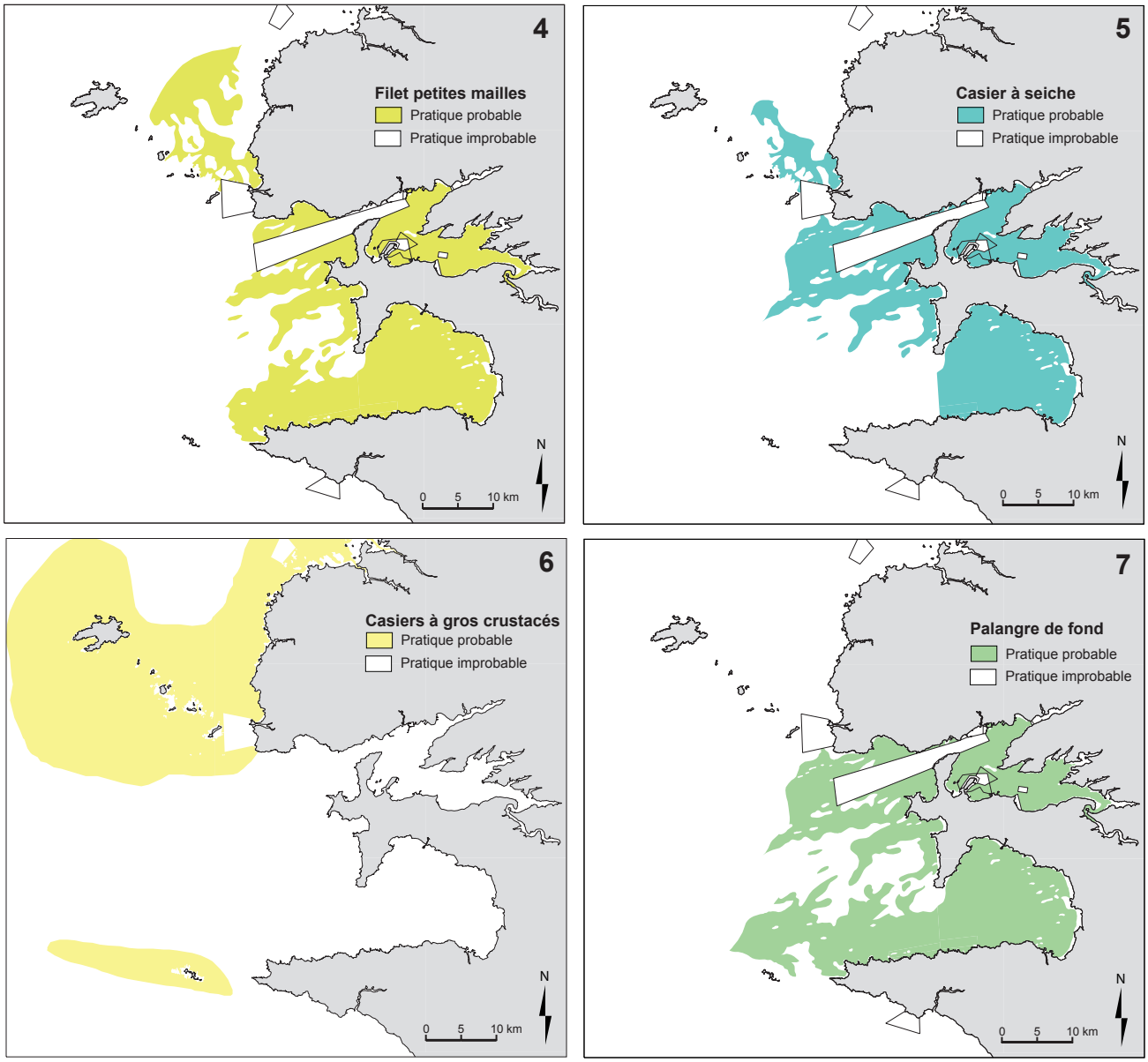
Des zones à exclure en priorité dont la rade de Brest dans son intégralité. L'implantation d'éoliennes y est très improbable.

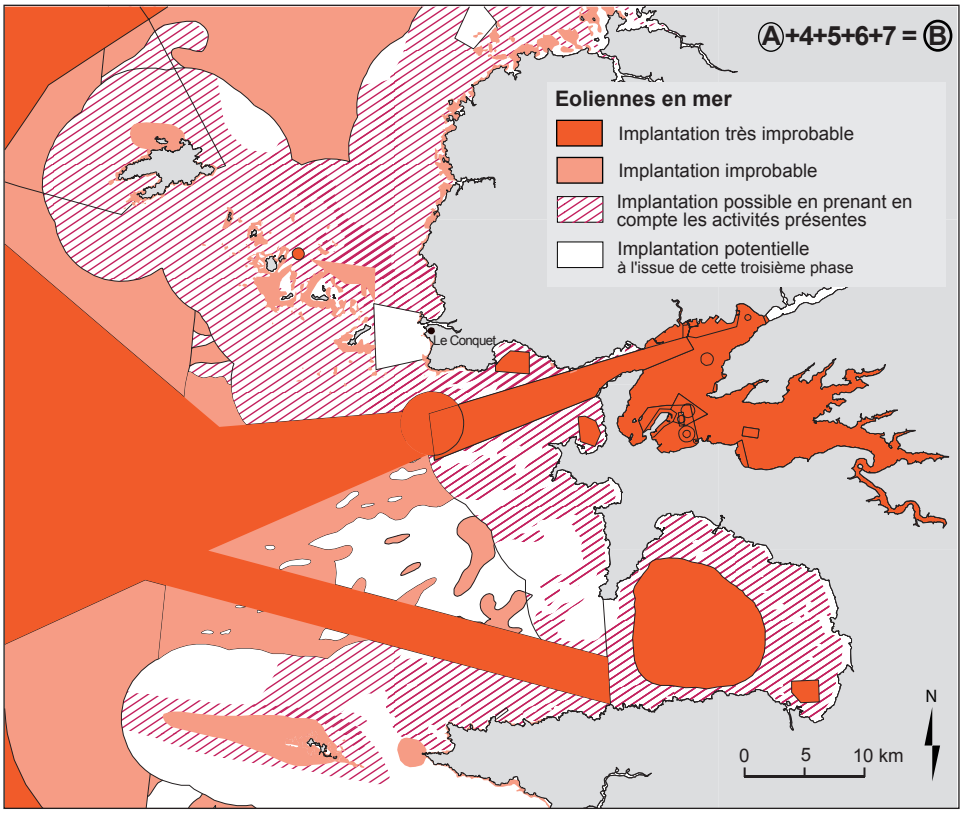
Des zones qui pourraient entraîner des conflits majeurs notamment avec les arts traînants. L'implantation d'éoliennes y est improbable.

Les espaces restants (en blanc) sont donc des sites d'implantation potentielle à étudier lors des phases ultérieures (figure 44).

Remarque : l'archipel de Molène et la chaussée de Sein font l'objet de mesures de protection (PNRA, Réserves de chasse et de faune sauvage, Réserve de Biosphère) mais également d'une fréquentation touristique importante.

Figure 43. Scénario en vue de l'implantation d'éoliennes en mer d'Iroise (Phase 1).





Les étapes 4, 5, 6 et 7 permettent de prendre en compte les arts dormants. Ces métiers sont moins susceptibles d'être dérangés par l'implantation d'éoliennes que les arts traînants. L'implantation y est donc plus facilement envisageable, via un processus de concertation notamment.

A l'issue de cette seconde phase, il reste des zones d'implantation potentielle (en blanc). Pour autant, elles ne sont pas dépourvues d'activités humaines (non prises en compte dans le cadre de ce scénario : navigation côtière, activités de loisir, petite pêche côtière...) et ne représentent donc pas forcément des sites d'implantation pertinents. C'est notamment le cas du cantonnement du Conquet traversé par les chenaux de navigation du Four et de la Helle.

Pour chaque site d'implantation potentielle, des contraintes économiques, environnementales, paysagères et techniques doivent bien sur également être intégrées au projet.

Figure 44. Scénario en vue de l'implantation d'éoliennes en mer d'Iroise (phase 2).

4 VALIDATION

La validation d'un modèle consiste à s'assurer qu'il représente effectivement ce qu'il est censé modéliser. Dans le domaine de l'environnement, il s'agit de vérifier que le modèle construit est bien une représentation vraisemblable du monde réel ; il est alors indispensable pour valider, de comparer les sorties du modèle avec des observations de la réalité (De Marsily, 1997). Dans le cas d'un modèle du type de DAHU-MAM, la confrontation des résultats de simulation avec la réalité du terrain est particulièrement délicate. En effet, pour y parvenir, il serait nécessaire de disposer d'un système permettant de localiser et d'identifier l'ensemble des activités présentes sur la zone étudiée pendant une période donnée ; ce qui n'existe pas actuellement.

Cependant, des solutions permettant une validation partielle des sorties du modèle sont envisageables.

La première est une confrontation des résultats de DAHU-MAM avec les observations réalisées par les sémaphores répartis le long de la côte. Leur mission consiste notamment à signaler et surveiller le trafic maritime sur leur territoire de compétence. Les données récoltées portent sur les mouvements quotidiens de navires (de commerce, militaires et de plaisance) observés par les vigies à proximité de la côte et pourraient donc constituer une source de validation pertinente. Le principal inconvénient de ces données est qu'elles ne correspondent pas toujours aux informations produites et aux objectifs recherchés par DAHU-MAM. En effet, elles sont essentiellement destinées à assurer la sécurité en mer et se présentent souvent sous une forme agrégée. Par exemple, la distinction entre un navire de pêche professionnelle et un plaisancier, et *a fortiori* entre les différents métiers de pêche, n'est pas forcément relevée. Cependant, il serait intéressant de collaborer avec les sémaphores pour que, au moins sur des périodes de courte durée, les données récoltées puissent être en adéquation avec un objectif de validation des résultats de DAHU-MAM.

La seconde solution envisagée s'applique plus particulièrement à la pêche professionnelle. Actuellement, l'Europe impose de plus en plus la mise en place de balises de positionnement par satellites à bord des bateaux de pêche. Les données produites seraient évidemment particulièrement intéressantes à exploiter dans le cadre d'une démarche du type DAHU-MAM en permettant de préciser les données d'entrée et de renforcer les capacités prédictives du modèle. A l'heure actuelle (depuis le 1er janvier 2004), la balise satellite est obligatoire uniquement pour les bateaux de plus de 18 mètres. En 2005, elle sera obligatoire dès 15 mètres. Prochainement, toute la pêche au large sera donc sous surveillance étroite. Pour le moment, la pêche côtière échappe à cette réglementation car la majorité des bateaux sont de longueur inférieure à 15 mètres. Si cette solution représente sûrement à terme une voie de validation très pertinente pour DAHU-MAM, elle n'est donc pas encore immédiate.

5 CONCLUSION

L'objectif de cette partie était d'appliquer à la mer d'Iroise la méthodologie élaborée dans le cadre de la plate-forme DAHU-MAM. En effet, l'intérêt patrimonial et le contexte multi-usage de cet espace marin en font un territoire d'application pertinent. De plus, la mer d'Iroise fait actuellement l'objet de nombreux travaux de recherche et d'un projet de création d'un Parc National marin dans un objectif de développement durable.

La phase d'analyse conceptuelle a permis, dans un premier temps, de réaliser une typologie des activités humaines présentes et de modéliser leur déroulement dans l'espace et dans le temps en fonction des contraintes environnementales, météorologiques, réglementaire et socio-économiques qui influencent leur déroulement. Les activités modélisées sont les principaux métiers de pêche professionnelle, la navigation commerciale (transport de matières dangereuses) et les extractions de matériaux. Pour chaque activité, il est réalisé :

- un état des lieux des sources de données et d'informations existantes ; ce qui permet notamment de souligner les éventuelles carences en la matière ;
- La mise en évidence d'un déroulement vraisemblable des activités *via* la construction de territoires et de calendriers de pratique potentielle.

L'intégration de ces informations au sein de DAHU-MAM permet une description dynamique des activités marines dans le temps et dans l'espace. Afin d'illustrer les possibilités d'application du simulateur, différents scénarios de simulation sont proposés. Ils montrent notamment l'intérêt de DAHU-MAM dans un contexte d'aide à la gestion :

- en illustrant la variabilité du déroulement des activités au cours de l'année et notamment en mettant en évidence des zones de conflits potentiels ;
- en apportant une aide à la décision suite à un évènement exceptionnel tel qu'un naufrage, ou dans le cas d'un projet pouvant modifier le déroulement des activités présentes sur la zone tel qu'un projet d'implantation d'éoliennes.

CONCLUSION GENERALE

Cette thèse avait pour objectif de contribuer à l'analyse et à la compréhension des systèmes complexes, et plus particulièrement des relations Homme/milieu au sein de la zone côtière. Dans ce contexte, une attention particulière a été portée à l'analyse des usages anthropiques de la mer côtière (partie maritime de la zone côtière). Comme en témoignent les observations et les recherches actuelles, cet espace géographique devient une préoccupation majeure du fait de la pression croissante exercée par les activités humaines sur le milieu. La nécessité de disposer d'une information permettant de comprendre le déroulement de ces activités est donc un préalable indispensable à sa gestion intégrée et au développement durable de la zone côtière.

Face à la complexité du système étudié, et à la difficulté d'appréhender les interactions entre les différents éléments qui le composent, une démarche de modélisation a été entreprise en s'appuyant sur des principes théoriques qui visent à :

- favoriser une vision globale grâce à une approche systémique et territoriale mettant en valeur l'interdépendance des éléments du système ;
- considérer que l'Homme est au cœur du système « mer côtière » ;
- adopter une démarche résolument pluridisciplinaire, justifiée par le fait que l'observation de la dynamique des activités humaines implique la prise en compte de multiples informations de sources et de natures diverses.

Cette démarche s'est concrétisée par le développement d'un module spécifiquement adapté à l'analyse des activités marines (MAM : Module Activités Marines) au sein de la plate-forme de modélisation générique DAHU (Dynamique des Activités Humaines) (Cuq, 2001 ; Le Tixerant, 2002a ; Tissot *et al.*, 2001). La mise en œuvre du prototype DAHU-MAM comporte deux étapes principales :

- une phase d'analyse conceptuelle visant à définir un modèle de réalité pertinent conditionnant les relations entre les entités qui composent le système et donc la nature des données qui doivent être collectées. Elle implique la réalisation d'une typologie des activités humaines en mer côtière et la modélisation vraisemblable de leur déroulement dans l'espace et dans le temps en fonction des contraintes environnementales, réglementaires et socio-économiques pour aboutir à la construction de territoires et de calendriers de pratique potentielle.
- une phase de simulation de la dynamique des activités fondée sur la mise en relation des informations préalablement structurées et mises en forme lors de l'analyse conceptuelle. Cette étape est réalisée grâce au couplage d'un SIG (gestion des données spatiales) et d'un modèle (gestion des données temporelles) dont l'architecture s'inspire directement d'un Système Multi-Agents (SMA).

Le développement de cette méthodologie s'est appuyé sur la zone d'étude de la mer d'Iroise, dont l'intérêt patrimonial et le contexte multi-usages en font un territoire d'application pertinent actuellement concerné par un projet de Parc National marin. La méthodologie a été appliquée aux activités humaines présentes sur ce site et en particulier à la pêche professionnelle, aux extractions de matériaux et à la navigation maritime commerciale. Actuellement, DAHU-MAM est en mesure de fournir une description quotidienne du déroulement simultané de ces activités au cours de l'année. A différentes échelles spatio-temporelles, il est possible de quantifier et de préciser le lieu et la période pendant lesquels les activités sont susceptibles de se dérouler et de mettre en évidence les interactions spatio-temporelles entre activités ainsi que leur impact potentiel sur le milieu. L'information produite est inédite, présentée de manière synthétique, et s'avère donc pertinente dans un contexte d'aide à la gestion.

Afin d'illustrer les possibilités d'application de DAHU-MAM, divers scénarios de simulation sont envisagés. Ils consistent, dans un premier temps, à mettre en relief le déroulement d'activités et notamment les zones de conflits potentiels. Les possibilités offertes par la simulation sont également testées sur deux exemples de scénarios évènementiels. Lors d'un naufrage avec déversement de matières dangereuses, DAHU-MAM montre les activités susceptibles de subir l'impact de la pollution et d'être concernées par une décision de fermeture temporaire de la zone par les autorités compétentes. Dans le cas d'un projet d'implantation d'éoliennes en mer d'Iroise, le simulateur permet de localiser les zones d'installation potentielle en évaluant les interactions négatives possibles avec les activités humaines présentes.

Un des principaux intérêt de DAHU-MAM est de permettre l'intégration, au sein d'un référentiel commun, de données multi-sources et multi-échelles issues de domaines variés et collectées auprès de divers acteurs. Son originalité réside dans le fait de favoriser une approche territoriale et d'offrir la possibilité d'intégrer des contraintes naturelles et anthropiques évoluant à des échelles et sur des pas de temps parfois très différents. Elle permet donc une vision globale et intersectorielle du déroulement des activités humaines en mer côtière et constitue un outil suffisamment développé et structuré pour faciliter l'intégration de données complémentaires afin de répondre à des applications déterminées. Actuellement, les résultats obtenus, s'ils sont pertinents du point de vue de la connaissance et de l'aide à la gestion, sont néanmoins limités par l'indisponibilité de nombreuses données qui seraient nécessaires au calibrage et à la validation du modèle. Pour y remédier, un travail au plus près de la réalité du terrain, des acteurs locaux, des organisations professionnelles et des autorités compétentes en charge de la gestion du territoire serait indispensable.

Les perspectives de recherche liées au développement de la plate-forme DAHU-MAM sont diverses tant du point de vue conceptuel que thématique. A terme, le simulateur pourrait devenir un outil opérationnel de production et de communication d'informations synthétiques relatives à différentes problématiques littorales.

Une des principales perspectives consisterait à améliorer la compréhension des interactions entre les activités humaines et le milieu. Actuellement, les risques environnementaux sont abordés en mettant en évidence la pression anthropique qui s'exerce sur l'espace et donc sur la ressource à un moment donné. Afin de préciser l'impact des activités humaines sur l'écosystème, il est prévu de mettre en relation les territoires et les calendriers de pratique avec les mesures de la qualité du milieu suivant des critères physico-chimiques et biologiques (biodiversité). A plus long terme, la démarche proposée devrait contribuer à la conception d'un modèle général décrivant les usages et la pression anthropique sur l'environnement côtier et permettrait, dans le cadre d'un observatoire pluridisciplinaire du domaine côtier, d'évaluer l'incidence relative des activités humaines et du climat dans l'évolution des milieux naturels.

DAHU-MAM est également susceptible de contribuer à l'analyse des interactions entre les différentes activités humaines. Actuellement, un des principaux intérêts de la méthode réside dans la possibilité de simuler le déroulement simultané de plusieurs activités sur un même espace. La superposition graphique des résultats de simulation permet de mettre en évidence les interactions spatio-temporelles entre les différentes activités et donc les sources potentielles de conflits d'usage relatifs à l'occupation de l'espace à un moment donné. Mais les interactions entre les activités peuvent également être liées à l'exploitation d'une ressource commune. L'intégration de ce paramètre au sein de DAHU-MAM permettrait d'observer le déroulement des activités en fonction de l'évolution de la ressource, de son accessibilité pour les activités, et des stratégies adoptées par les différents protagonistes. Il serait alors essentiel d'intégrer le facteur économique sans lequel il est difficile de comprendre l'évolution du déroulement des activités. Le couplage de DAHU-MAM avec des modèles bioéconomiques doit donc être envisagé.

L'analyse et la gestion des zones côtières ne peuvent plus se faire en considérant séparément les environnements terrestres et marins mais nécessite d'intégrer l'ensemble du système. Même en dehors des zones où la terre et la mer s'interpénètrent (estuaires, zones humides, deltas…), les interactions sont constantes (influence des activités agricoles sur la qualité des eaux côtières, rejets des eaux usées en mer, aménagement à terre d'infrastructures liées aux activités marines…). De même, les incohérences liées à une mauvaise coordination des actions des différentes autorités compétentes plaident de plus en plus pour une meilleure intégration des décisions de gestion. En l'état actuel de son développement, la plate-forme DAHU permet de simuler à la fois des activités terrestres (Module Activités Littorales) et marines (Module Activités Marines), grâce notamment à l'utilisation de données communes (zone d'étude, données de référence…). A moyen terme, DAHU a pour vocation de refléter l'organisation et le fonctionnement de la zone côtière dans sa globalité et sa diversité afin de pouvoir décrire les différents états de ce territoire, ainsi que les causes de son évolution. Le simulateur évoluerait ainsi vers un véritable système prospectif permettant d'aboutir à une vision globale du déroulement et de l'impact des activités humaines en zone côtière (Cuq, 2001).

L'un des défis posé par l'observation à long terme de l'environnement serait de pouvoir mieux comprendre l'évolution des interactions Homme/milieu. Cette approche repose sur la constitution de mémoires environnementales qui permettraient d'avoir accès à des bases de connaissances pluridisciplinaires régulièrement mises à jour (Cuq *et al.*, 2002).
Dans ce cadre, DAHU-MAM pourrait contribuer à enrichir une mémoire dédiée à l'évolution de l'impact des activités humaines sur l'environnement marin en gérant des historiques de leur déroulement ; ce qui faciliterait la conduite de scénarios prospectifs à partir de situations connues. Les informations produites seraient indispensables à l'évaluation de l'impact des activités sur le milieu mais également à la compréhension des interactions actuelles entres les activités.

Globalement, l'approfondissement de la démarche de modélisation favoriserait une meilleure compréhension de l'évolution des interactions Homme/milieu au sein du système complexe « zone côtière » en fournissant une information mettant en relief l'interdépendance entre les différents éléments et acteurs du système. DAHU-MAM pourrait donc s'avérer un outil pertinent dans le cadre d'une gestion concertée de la zone côtière en proposant, par exemple, des scénarios d'évolution du système suivant une prise de décision, et ainsi identifier les conditions d'émergence de solutions négociées et donc acceptées de tous. Plus généralement, il s'agirait de contribuer à offrir aux acteurs locaux les moyens de promouvoir des concertations sur le terrain qui pourront ensuite être relayées ou formalisées dans des outils institutionnels de gestion (Beuret & Pennanguer, 2002).

Du point de vue des territoires d'application, la mer d'Iroise constitue un site privilégié sur lequel l'approche doit être étoffée, notamment dans le cadre du projet de parc national marin qui doit non seulement assumer des objectifs de conservation mais également de développement économique. Dans l'optique d'établir un plan de gestion, la réalisation de ces deux objectifs parfois difficilement conciliables nécessite de disposer de connaissances concernant la structure et le fonctionnement des écosystèmes mais aussi sur les activités humaines présentes. La Mission Parc Marin d'Iroise est confrontée à cette problématique et tente actuellement de mieux caractériser le déroulement des activités humaines sur la zone du futur parc afin d'être en mesure de proposer un projet de territoire et d'organisation pertinent. A court terme, DAHU-MAM pourrait apporter un appui non négligeable à l'élaboration de ce projet. Dans le cas d'une création effective, DAHU-MAM pourrait s'intégrer dans un système d'information global d'aide à la gestion du parc marin.

Enfin, il serait indispensable de diversifier les champs géographiques d'application. La méthodologie pourrait être testée sur des territoires plus vastes, à l'échelle d'une façade maritime, dans l'objectif de mener une politique globale de planification côtière favorisant un développement harmonieux des sociétés littorales. Il serait également indispensable de l'adapter à des contextes géographiques différents, et notamment dans les pays du sud, où la zone côtière représente un enjeu souvent vital pour les populations locales (Le Sann, 2001).

BIBLIOGRAPHIE

Abler R., Adam J.S., Gould P., 1972. *Spatial Organization, the Geographer's View of the World*. Prentice/Hall International, Inc, London.

ADEME-CLAROM, 2002. Document de cadrage, *Séminaire ADEME-CLAROM / Etat des lieux du développement de l'éolien offshore*, Rueil-Malmaison.

ADEUPa, Portances Conseils, SAFI, 1999a. Etude économique des activités liées à la Mer d'Iroise (Activités maritimes), 65 p.

ADEUPa, Portances Conseils, SAFI, 1999b. Etude économique des activités liées à la Mer d'Iroise (Activités terrestres, activités de loisirs et professionnelles maritimes), 61 p.

Allain S., Guillaumont B., Le visage C., Loubersac L., Populus J., 2000. Données géographiques de référence en domaine littoral, rapport SHOM/Ifremer, 68 p.

Anonyme, 1991. Hawaii Coastal Zone Management Program, Hawaii Office of State Planning, Honolulu.

Arrow K., Bolin B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C., Holling C.S., Jansson B.O., Levin S., Mäler K.G., Perrings C., Pimentel D., 1995. Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment. *Science*, 268, p. 520-531.

Arzel P., 1998. *Les laminaires sur les côtes bretonnes*. Ifremer, 139 p.

Baclet G., Le Roy R., 1980. SAUM rade de Brest, Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Ministère des Transports, DDE Finistère, Brest, 197 p.

Barnouin B., Chardy P., 1998. Editorial de la lettre PIGB-PMRC. n°7.

Bartlett D., 1993. GIS and the Coastal Zone: An Annotated Bibliography. *NCGIA Report 93-9*, Santa Barbara CA: National Center for Geographical Information and Analysis (NCGIA).

Bartlett D., 1999. Working on the frontier of Science : applying GIS to the Coastal Zone, *Marine and Coastal GIS*. Taylor & Francis, p. 11-24.

Batty M., Jiang B., 2000. Multi-agent simulation: computational dynamics within GIS, *GIS and Geocomputation, Innovation in GIS*. Taylor and Francis, p. 55-71.

Batty M., Xie Y., Sun Z., 1999. Modelling urban dynamics through GIS-based cellular automata, *Computer Environment and Urban Systems*. Elsevier Sciences, p. 205-233.

Becet J.M., Le Morvan D., 1991. *Le Droit du littoral et de la mer côtière*. Economica, 341 p.

Bergeron M., 1993. *Vocabulaire de la géomatique*. Les Publications du Québec, Cahier de l'Office de langue française.

Beroutchachvili N., Bertrand G., 1978. Le géosystème ou "système territorial naturel". *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, volume 49 n°2, p. 167-180.

Bertrand C., Bertrand G., 2000. Le géosystème : un espace-temps anthropisé. Esquisse d'une temporalité environnementale, *Les temps de l'environnement*. Presse universitaire du Mirail, p. 65-76.

Beuret J.E., Pennanguer S., 2002. Quand les citoyens modèlent l'action publique. La gouvernance des espaces littoraux. *POUR*, n°174, p. 170-178.

Beurier J.P., 2002. Le droit international des espace marins, *Séminaire "Mer côtière" de l'UMR 6554 LETG CNRS*.

Billen C., Garnier J., Billen G., 1997. Modélisation rétrospective du fonctionnement des écosystèmes aquatiques : coopération entre historiens et hydrobiologistes, *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. Elsevier, Paris, p. 401-405.

Bird E.C.F., 1969. *Coasts*, 246 p.

Blasco F., 1997. *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. Journées du programme Environnement, Vie et Société du CNRS (coordinateur). ELSEVIER, Paris, 445 p.

Boehlen M., Jensen C., Scholl M., 1999. *Spatio-Temporal Database Management*. LNCS 1678, Springer-Verlag, Edimbourg.

Bolopion J., Forest A., Sourd L.J., 2000. Rapport sur l'exercice de la pêche dans la bande côtière de la France, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 106 p.

Boncoeur J., Alban F., Appéré G., Bermell S., Berthou P., Curtil O., Demanèche S., Drogou M., Guyader O., Huet J., Jézéquel M., Sabourin A., Thébaud O., Véron G., 2002. Activités halieutiques et activités récréatives dans le cadre d'un espace à protéger : le cas du Parc National de la Mer d'Iroise, CEDEM/IFREMER, Brest, 126 p.

Boncoeur J., Alban F., Arzel P., Berthou P., Guyader O., Le Floc'h P., Thebaud O., Véron G., 2000. Activités halieutiques et activités récréatives dans le cadre d'un espace à protéger : le cas du Parc National de la Mer d'Iroise, CEDEM/IFREMER, Brest, 213 p.

Boncoeur J., Alban F., Curtil O., Kervarec F., Le gallic B., Prat J.L., 1999. Aménagement des usages des ressources et ecosystèmes marins (AMURE phase II), Rapport UBO-IFREMER, 189 p.

Boncoeur J., Divard R., Guyader O., 1997. La marché de la coquille St-Jacques en rade de Brest. Attitude et comportements des professionnels de la filière à l'égard du produit, Rapport final, Université de Bretagne Occidentale, CEDEM, Communauté Urbaine de Brest, 79 p.

Bonin M., Le Page C., 2000. SIG, SMA, connaissances et gestion de l'espace. *Revue Internationale de Géomatique*, volume 10, p. 131-155.

Bonnot Y., 1995. *Pour une politique globale et cohérente du littoral en France*. Rapport officiel au Premier ministre. La documentation française, 151 p.

Bosser K., Allenou J.P., Kalaydjan R., Loubersac L., Shirman-Duclos D., 2001. Un SIG côtier pour évaluer les conflits dus aux activités nautiques - Etude de cas dans le golf du Morbihan (France), *CoastGIS'01*, Halifax.

Bouché M., 1990. *Ecologie assistée par ordinateur*. Masson, Paris, 572 p.

Bousquet F., 1997. Usage des ressources renouvelables et modélisation des représentations. Une approche par les systèmes multi-agent, *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. ELSEVIER, p. 187-193.

Bousquet F., Bakam I., Proton H., Lepage C., 1998. CORMAS: common-pool ressources and multi-agent systems, *Conférence internationale sur les applications industrielles et d'ingénierie de l'Intelligence Artificielle et des Systèmes Experts*, Castellas (Espagne), p. 826-837.

Bousquet F., Barreteau O., Weber J., 1996. Systèmes multi-agents et couplage de modèles biophysiques et socio-économique, *Couplage de modèles en agriculture*. Editions du CIRAD.

Bousquet F., Gautier D., 1999. Comparaison de deux approches de modélisation des dynamiques spatiales par simulation multi-agents : les approches "spatiales" et "acteurs". *CYBERGEO*, n°89.

Brigand L., 2001. La bande côtière : définitions, acteurs, usages et enjeux, *Cinquièmes Rencontres halieutiques de Rennes*. ENSAR/Ifremer, p. 9-14.

Brunet R., Ferras R., Théry H., 1993. *Les mots de la géographie, dictionnaire critique*. RECLUS-La documentation Française, Paris, 518 p.

Cabral R., Sperb R., Tripodi R., Wahrlich R., De Souza J., 2003. RASTRO : Internet based tracking system for fisheries control, *CoastGIS'03*, Genova (Italia).

Cambier C., 1994. Un système multi-agent pour simuler la pêche sur le Delta Central du Niger. Thèse d'Université, Université de Paris 6.

Cambier C., Bousquet F., Dansoko D., 1992. Un univers multi-agent pour la modélisation du système de la pêche du Delta Central du Niger, *Premier congrès d'informatique en Afrique*, Yaoundé.

Canessa R., 1998. GIS decision support for integrated coastal management, Departement of fisheries and oceans / Oceans Conservation Report Series, Ottawa, 176 p.

CA-OWEE, 2001. Offshore Wind Energy. Ready to power a sustainable europe. Duwind 2001.006, Delft University of Technology, The Netherlands, Delft University Wind Energy Research Institute (Duwind).

Carbonel J.P., 1991. L'eau dans tous ses états. *REED (Recherche, Etude, Environnement, Développement)*, n°34.

Caron C., Roche S., 2001. Vers une typologie des représentations spatiales. *L'Espace géographique*, n°1, p. 1-12.

Carter R.W.G., 1988. *Coastal Environment*. London Academic Press.

Catanzano J., Thebaud O., 1995. *Le littoral, pour une approche de la régulation des conflits d'usage*. PROPOS, 148 p.

Chauvaud L., Thouzeau G., Grall J., Paulet Y.M., 2003. La crépidule en rade de Brest : un paradoxe pour le devenir de la coquille Saint-Jacques, *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes.* Ed. Tec & Doc, p. 307-318.

Chevalier J.J., 1994. De l'information à l'action : vers des systèmes d'aide à la décision à référence spatiale, *European Conference on Geographical Information Systems*, Paris, p. 9-21.

Cheylan J.P., Lardon S., Mathian H., Sanders L., 1994. Les problématiques liées au temps dans les SIG. *Revue Internationale de Géomatique*, volume 4 n°3-4, p. 287-305.

Cheylan J.P., Miellet P., Waniez P., 1993. Les Systèmes d'Information Géographique : un état de l'art. *Mappemonde*, volume 4.

Cicin-Sain B., Knetch R.W., 1998. *Integrated coastal and ocean management, concepts and practices*. Island Press, Washington D.C., 517 p.

Claramunt C., Lardon S., 2000. SIG et simulations. *Revue Internationale de Géomatique*, volume 10 - n°1/2000, p. 9-18.

Claramunt C., Parent C., Spaccapietra S., Thériault M., 1999. Database Modelling for Environmental and Land Use Changes, *Geographical Information and Planning: European Perspectives*. Springer-Verlag.

Claramunt C., Theriault M., 1995. Managing time in GIS: an event-oriented approach, *Proceeding of international workshop on temporal databases*, ETH-Zurich.

Clark J.R., 1995. *Coastal zone management hand-book*. Lewis Publishers, New York, London, Tokyo, 694 p.

CNIG, 1998. L'information géographique française dans la société de l'information. Etat des lieux et propositions d'actions, Rapport du CNIG.

CNIG, 2002. Rapport final du Groupe de Travail Littoral (GTL).

Commission Européenne, 1995. Communication de la Commission sur l'aménagement intégré des zones côtières, COM 511 et Bull. 10-1995.

Commission Européenne, 1999a. Vers une stratégie européenne d'aménagement intégré des zones côtières (AIZC) : principes généraux et options politiques (Document de réflexion), 32 p.

Commission Européenne, 1999b. Les enseignements du programme de démonstration de la Commission européenne sur l'aménagement intégré des zones côtières, Rapport final, 98 p.

Corlay J.P., 1998. L'analyse intégrée des zones côtières : place et démarche du chercheur. *Séminaires "Analyse et gestion intégrées des zones côtières"de l'UMR 6554 CNRS*.

Corlay J.P., 2001. Interactions fonctionnelles et spatiales en zone côtière : réflexions pour l'analyse et la gestion, *Cinquièmes Rencontres halieutiques de Rennes*. ENSAR/Ifremer, Rennes, p. 69-86.

Corlay J.P., 2002. Présentation du séminaire. *Séminaire "mer côtière" de l'UMR 6554 CNRS*.

Cormier-Salem M.C., 2001. Le littoral : un patrimoine controversé, *Cinquièmes Rencontres halieutiques de Rennes*. ENSAR/Ifremer, p. 29-47.

Couliou J.R., 2002. Echec et réussite de la cohabitation entre arts dormants et arts traînants. Les exemples de l'entrée de la manche et des abords des îles glénan. *Séminaire "mer côtière" de l'UMR 6554 CNRS*.

Couper A.D., 1983. *Atlas of the Oceans*. Times Books, London.

CROSS-Corsen, 2000. Bilan 2000 concernant la surveillance du trafic maritime au large d'Ouessant, Rapport interne du CROSS-Corsen.

Cuq F., 2000. Systèmes d'information géographique et gestion intégrée des zones côtières, *CoastGIS'99*. Ifremer/SHOM, Brest, p. 18-30.

Cuq F., 2001. Analyse des interactions entre les actions humaines et le milieu littoral : une approche discrète de l'impact des activités anthropiques, *CoastGIS'01*, Halifax (Canada).

Cuq F., Bourcier P., 2002a. Contribution méthodologique pour le couplage de modèles qualitatifs et quantitatifs au sein d'un Système d'Information Géographique, Rapport final PEVS (CNRS), 13 p.

Cuq F., Campredon P., Giraudet E., Giraudet J., Gourmelon F., Pennober G., Simao da Silva A., 2001. Un Système d'Information Géographique pour l'aide à la gestion intégrée de l'archipel des Bijagos (Guinée-Bissau) / Notice de la carte, constitution et exploitation du SIG, Laboratoire Géosystèmes (UMR 6554 CNRS), Brest, 87 p.

Cuq F., Devogele T., Populus J., 2002b. Systèmes d'information géographique côtiers. *Revue internationale de Géomatique*, volume 12 - n°3/2002.

Cuq F., Guarnieri F., Houiller F., Lévêque C., Matarasso P., Weill A., 2002. La notion de mémoire de l'environnement. *Séminaire "SIG et Gestion de l'environnement" de l'UMR 6554 CNRS*.

Cuq F., 2000. Systèmes d'information géographique et gestion intégrée des zones côtières, *CoastGIS'99*, Brest, p. 7.

Curtil O., 1998. La pêche dans la bande côtière : perspectives nouvelles, nouveaux enjeux. *Revue de Droit Rural*, n°265, p. 404-410.

Curtil O., 2001. Le régime juridique de la pêche dans la bande côtière française. thèse de droit, Université de Bretagne Occidentale (CEDEM), 506 p.

DATAR, 1993. *L'aménagement du littoral*. La documentation française, Paris, 112 p.

DDAM, 2000. Etude sur les réglementations existantes dans le périmètre envisagé pour le futur Parc National Marin d'Iroise, DDAM, Quimper, 15 p.

De Marsily G., 1997. De la validation des modèles en sciences de l'environnement, *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. ELSEVIER, p. 375-382.

De Sède M.H., Caloz R., Prelaz-Droux R., Claramunt C., Vidale L., 1993. Systèmes d'Information Géographique, Télédétection et gestion des ressources en eau ; des outils pertinents pour une problématique de taille, *Cinquième journées scientifiques du réseau de télédétection de l'UREF*, Tunis.

De Sede M.H., Theriault M., 1996. La représentation systémique du territoire : un concept structurant pour les SIRS institutionnels. *Revue internationale de Géomatique*, volume 6, p. 27-50.

Defossez P., Vanderbecken A., 1997. Manuel technique de l'agent de terrain des espaces naturels, ATEN.

Denegre J., Salgé F., 1996. *Les Systèmes d'Information Géographique*. Presse Universitaire de France, 128 p.

Dervieux A., Picon B., 2000. Paysages : mesure et représentation sociale des changements, *Les temps de l'environnement*. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse.

Doco H., 2000. Programme Environnement, Vie et Société, Rapport du CNRS, 30 p.

Doran J., Palmer J., Gilbert G., Mellars P., 1994. The EOS project : modelling upper palaeolithic social change, *Simulation Societies, the computer simulation of social phenomena*. UCL Press.

DRAM, 1999. Police des pêches maritimes en Bretagne (guide pratique), Direction Régional des Affaires Maritimes de Bretagne.

Drogoul A., Ferber J., 1994. Multi-agent simulation as a tool for studying emergent processes in societies, *Simulation Societies, the computer simulation of social phenomena*. UCL Press.

Dronkers J., Vries I., 1999. Integrated coastal management : the challenge of transdisciplinarity. *Journal of Coastal Conservation*, volume 5, p. 97-102.

Duchene P., 2003. Etude stratégique sur l'adaptation des capacités d'accueil et la gestion des places dans les ports de plaisance maritimes en France métropolitaine, Rapport de l'Agence Française de l'Ingénierie Touristique (AFIT), 98 p.

Dupilet D., 2000. Le règlement des conflits d'usage dans la zone côtière entre pêche professionnelle et autres activités, rapport à Monsieur le Premier Ministre (Assemblée Nationale), 58 p.

Durand D., 1979. *La systémique*. Presse Universitaire de France (volume 1795), Paris, 127 p.

Dwyer N., O'Dea L., Cummins V., 2003. The marine irish digital atlas: a web portal to coastal and marine data in Ireland, *CoastGIS'03*, Genova (Italia).

ESRI, 1990. *Understanding GIS, the Arc Info Method*.

Fabbri K.P., 1998. A methodology for supporting decision making in integrated coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*, volume 39, p. 51-62.

Fauvet M.C., Chardonnel S., Dumas M., Scholl P.C., Dumolard P., 1998. Analyse de données géographiques : application des bases de données temporelles. *Revue Internationale de Géomatique*, volume 8 n°1-2, p. 149-165.

Fedra K., Abdel-Rehim A., 2003. Spatial analysis for coastal zone management: beyond GIS, *CoastGIS'03*, Genova, Italy.

Ferber J., 1995. *Les systèmes multi-agent : vers une intelligence collective*. InterEditions.

Ferber J., 1997. La modélisation multi-agent : un outil d'aide à l'analyse de phénomènes complexes, *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. ELSEVIER, p. 113-133.

Ferber J., Gutknecht O., 1998. A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems, *Third International Conference on Multi-Agent Systems*. IEEE Computer Society.

Ferrand N., 1997. Modèles multi-agents pour l'aide à la décision et la négociation en aménagement du territoire. Thèse d'informatique, Université Joseph Fourrier, Grenoble.

Ferrand N., 1998. *Modèles et Systèmes Multi-Agents pour la gestion de l'environnement et des territoires*. Cemagref éditions, 466 p.

Fournier S., Devogele T., Claramunt C., 2003. A role-based multi-agent model for concurrent navigation systems, *6th AGILE Conference on Geographic Information Science*. Presse polythechniques et universitaires romandes, p. 623-632.

Fowler C., Treml E., Hamilton S., 2000. Georeferencing the legal framework for a Web-based Regional Ocean Management Geographic Information System, *CoastGIS'99*. Ifremer/SHOM, Brest, p. 284-293.

Franklin E.C., Ault J.S., Smith S.G., 2002. Utilization of GIS in a Fisheries Assessment and management system, *Marine Geography. GIS for the Oceans and Seas*. ESRI Press, p. 43-49.

Furness R., 1994. Data access for effective coastal zone management : A "cri du coeur" for openess. *Cartography*, volume 23 (1), p. 11-18.

Furness R., Bartlett D., 2003. Celts, Romans and Coasts : a brief history of the CoastGIS initiative, *CoastGIS'03*, Genova (Italia).

Galtié J.-F., Trabaud L., 2000. Les spatio-temporalités de l'évènement feu, référence à l'émergence d'une prédiction dynamique du risque d'incendie en région méditerranéenne, *Les temps de l'environnement*. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse.

Gautier D., 2000. Le multi-usage de l'espace en Cévennes analysé grâce à des modèles graphiques spatio-temporels. *L'Espace géographique*, n°2, p. 123-136.

Gayte O., Libourel T., Cheylan J.P., Lardon S., 1997. *Conception de systèmes d'information sur l'environnement*. Collection Géomatique. Hermès, 153 p.

George P., Verger F., 2000. *Dictionnaire de la géographie*. Editions PUF, 500 p.

Godard O., Legay J.M., 1992. Entre disciplines et réalités, l'artifice des systèmes, *Sciences de la nature, sciences de la société, les passeurs de frontières*. CNRS Editions, Paris, p. 243-257.

Goodchild M.F., 2000. Foreword, *Marine and Coastal Geographical Information Systems*. Taylor and Francis, London.

Gourmelon F., 2002. Introduction au séminaire. *Séminaire "SIG et gestion de l'environnement" de l'UMR 6554 CNRS*.

Gourmelon F., 2003. La contribution des SIG à la connaissance et à la gestion de l'environnement littoral. Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Géomer (UMR 6554 CNRS), 159 p.

Gourmelon F., Bioret F., Brigand L., Cuq F., Hily C., Jean F., Le Berre I., Le Démézet M., 1995. Atlas de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise : exploitation cartographique de la base d'information géographique Sigouessant. *Cahiers Scientifiques du Parc Naturel Régional d'Armorique*.

Gourmelon F., Le Berre I., 2001. De l'application scientifique au SIG institutionnel : le cas du SIGIroise, *CoastGIS'01*, Halifax.

Guerrin F., Courdier R., Calderoni S., Paillat J.-M., Soulié J.-C., Vally J.-D., 1999. Conception d'un modèle multi-agents pour la gestion des effluents d'élevage à l'échelle d'une localité rurale, *Journées francophones d'intelligence artificielle et de Systèmes Multi-Agents*, Pont-à-Mousson, France, p. 25-37.

Guichard O., 1974. *Littoral français : perspective pour l'aménagement*. La documentation française, Paris, 268 p.

Guillaume J., 2002. Introduction au séminaire. *Séminaire "mer côtière" de l'UMR 6554 CNRS*.

Guillaumont B., Durand C., 2000. Intégration et gestion de données réglementaires dans un SIG : analyse appliquée au cas des côtes françaises, *CoastGIS'99*. Ifremer/SHOM, Brest, p. 269-283.

Hannesson R., 1993. *Bioeconomic analysis of fisheries*. Fishing News Books, Oxford.

Heylighen F., 1992. Principles of Systems and Cybernetics: an evolutionary perspective. *Cybernetics and Systems*, n°2, p. 3-10.

Holligan P.M., 1994. *Land Ocean Interaction In the Coastal Zone (LOICZ): Implementation Plan*. IGBP, 215 p.

Holligan P.M., De Boois H., 1993. Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone: science plan, Report 25 IGPB, Stockolm, 50 p.

Holling C.S., 1978. *Adaptative environmental assessment and management*. Willey & Sons.

Howlett E., 1997. Environmental and geographical data management tools for oil spill modelling applications, *20th Artic and Marine Oilspill Program (AMOP) technical seminar*. Environment Canada, Vancouver, p. 893-908.

Johnson J.C., Pollnac R.B., 1989. Introduction to managing marine conflicts. *Ocean & Shoreline Management*, volume 12, p. 191-198.

Kervarec F., Arzel P., Guyader O., 1999. Fisher behaviour and economic interaction between fisheries: examining seawed and scallop fisheries of the Brest district (Western Brittany, France), *11ème conférence annuelle de l'EAFE*, Dublin.

Krishman P., 1995. A geographical information system for oil spills sensitivity mapping in the Shetland Islands (United Kingdom). *Ocean & Coastal Management*, volume 26 n°3, p. 247-255.

Lamacchia R.M., Bartlett D., 2003. Potential of GIS in Coastal boundaries detection and pitfalls in representing the coast as a boundary, *CoastGIS'03*, Genova, Italy.

Langran G., 1993. *Time in Geographic Information Systems*. Taylor & Francis, 189 p.

Lannuzel J.M., 1997. Les schémas de mise en valeur de la mer comme expérience de politique intégrée, *Le littoral, entre nature et politique*. L'Harmattan, p. 81-90.

Lardon S., Baron C., Bommel P., Bousquet F., Le Page C., Lifran R., Monestiez P., Reitz P., 1998. Modéliser les configurations et les stratégies spatiales dans un système

multi-agents pour la maîtrise de dynamiques d'embroussaillement, *SMAGET*, Clermont-Ferrand, p. 169-185.

Lardon S., Cheylan J.P., Libourel T., 1997. Le temps dans les SIG : dynamique des entités spatio-temporelles, *Les temps de l'environnement*, Toulouse, Journées PIREVS-CNRS, p. 147-152.

Laurini R., Thompson D., 1992. *Fundamentals of Spatial Information Systems*. Academic Press Inc, The Apic series, London, UK.

Le Berre I., 1999. Mise au point de méthodes d'analyse et de représentation des interactions complexes en milieu littoral. Thèse de géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 236 p.

Le Berre I., Metzler N., Gourmelon F., 2001. Mise en oeuvre de SIG opérationnels sur le littoral : la démarche des Services Maritimes du Ministère de l'Equipement en France, *CoastGIS'01*, Halifax.

Le Corre G., 1998. Analyse territoriale de la réglementation des pêches, *Atelier SIG COPEMED*, Malaga.

Le Dizet S., 1985. L'affectation et l'utilisation du domaine public maritime, la coexistence et la compatibilité des activités, Mémoire DESS Droit des activités maritimes / Faculté de Droit et Sciences Economiques / Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Le Duff M., Hily C., Glemarec M., 1999. Environnement naturel de l'Iroise. Bilan des connaissances et intérêt patrimonial., UBO / DIREN, 35 p.

Le Goaziou B., 1996. Le projet de parc marin en mer d'Iroise, *16ème conférence maritime de l'Atlantique*, Brest.

Le Goaziou B., 1999. Réflexion autour du projet de création d'un parc national marin en mer d'Iroise, *Deuxième rencontre Interuniversitaire UBO / UQAR*, Brest.

Le Moigne J.L., 1978. *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*. PUF, Paris, 302 p.

Le Sann A., 2001. Les zones côtières du Sud, un enjeu pour le développement, *5ème rencontres halieutiques de Rennes*. ENSAR/Ifremer, Rennes, p. 23-29.

Le Tixerant M., 2002a. Dynamique des activités humaines en mer côtière, *6èmes journées CASSINI 2002*. Ecole Navale/Géosystèmes, Presqu'île de Crozon (France), p. 112-132.

Le Tixerant M., 2002b. Représentation logique et spatiale de la réglementation des activités humaines en zone côtière. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 12 - n°3, p. 311-325.

Le Tixerant M., Pennanguer S., Boncoeur J., 2003a. Observation de la réglementation des pêches en mer côtière, *Traité IGAT "SIG côtiers" (A paraître)*. Hermès.

Le Tixerant M., Rouan M., Cuq F., Gourmelon F., 2003b. Simulation of Human Activities Dynamics (DAHU) in marine environment, *CoastGIS'03*, Genova, Italy.

Legay J.-M., 2000. Les temps de l'environnement, *Les temps de l'environnement*. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse, p. 19-32.

Leroy P., 2001. *Le dahu : légende vivante des montagnes*, Annemasse, 36 p.

Levarlet F., 2001. Les modèles économiques du développement durable sous le feu de l'interdisciplinarité : quelques éléments de réflexion, *Le développement durable, de l'utopie au concept*. Elsevier (Collection environnement), Paris, p. 215-242.

Lévêque C., 2001. *Ecologie. De l'écosystème à la biosphère*. Masson sciences, Dunod, Paris, 502 p.

Li Y., Brimicombe A.J., Ralphs M.P., 2000. Spatial data quality and sensitivity analysis in GIS and environmental modelling : the case of coastal oil spills. *Computer, Environment and Urban Systems*, volume 24, p. 95-108.

Lockwood M., Fowler C., 1999. Significance of coastal and marine data within the context of the United States national data infrastructure, *Marine and Coastal Geographical Information Systems*. Taylor & Francis, p. 261-278.

Longhorn R.A., 1999. GIS Web technologies for delivery of coastal zone information, *CoastGIS'99*. Ifremer/SHOM, Brest, p. 30-42.

Loubersac L., Lazure P., Dumas F., Le Roux J.F., Riou P., Foucher E., Guillaumont B., 2001. Communication de l'information géographique maritime côtière pour la gestion d'une crise environnementale : le naufrage du chimiquier "Ievoli Sun" en Centre Manche, *CoastGIS'01*, Halifax.

Loubersac L., Salomon J.C., Breton M., Durand C., Gaudineau C., 1999. Perspectives offertes par la communication entre un modèle hydrodynamique et un SIG pour l'aide au diagnostic environnemental, *CoastGIS'99*, Brest, p. 173-186.

Lucas A., 1999. Representation of variability in marine environmental data, *Marine and Coastal Geographical Information Systems*. Taylor & Francis, p. 53-74.

Lucchini L., Voelckel M., 2000. *Droit de la Mer*, volume 1. PEDONE, Paris, 424 p.

Maguire D.J., Goodchild M.F., Rhind D.W., 1991. *Geographical Information Systems (volume 1 : principles)*. Longman Scientific & Technical, 649 p.

Margalef R., 1968. *Perspectives in ecological theory*. University Chicago Press, 111 p.

Marini P., 1998. La politique maritime et littorale de la France : enjeux et perspectives, Assemblée Nationale n°771 / Sénat n°345.

Maury O., Gascuel D., 1999. SHADYS (Simulateur HAlieutique de Dynamiques Spatiales), a GIS based numerical model of fisheries. Example application : the study of a marine protected area. *Aquatic Living Ressource*, volume 12, p. 77-88.

Mauvais J.L., 1997. Gestion du littoral et compatibilité des activités. Les problèmes du littoral breton., *Le littoral "entre nature et politique"*. L'Harmattan collection "environnement", p. 213 - 229.

Mauvais J.L., Goarnisson R., 1997. Etat de l'environnement sur la façade atlantique, Rapport Ifremer, 140 p.

Ménesguen A., 2001. L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France, Rapport Ifremer (DEL/EC/01.02), 69 p.

Meral P., Schembri P., Zyla E., 1997. Essai de modélisation de l'interface économie-environnement : une approche par la dynamique des systèmes, *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. Elsevier, p. 293-301.

Minar N., Burkhart R., Langton C., Askenazi M., 1996. The swarm simulation system : a toolkit for building multi-agent simulations, htpp://www.santafe.ed/project/swarm

Minster J.F., Le Morvan D., Henocque Y., 2002. Pour une approche intégrée de gestion des zones côtières, Commission Environnement Littoral / Rapport au gouvernement, 27 p.

Miossec A., 1998a. De l'aménagement des littoraux à la gestion intégrée des zones côtières, *Géographie humaine des littoraux maritimes*. CNED-SEDES, p. 413-462.

Miossec A., 1998b. La gestion intégrée des zones côtières. *Séminaire "Analyse et gestion intégrée des zones côtières" de l'UMR 6554 CNRS*.

Miossec A., 1998c. *Les littoraux entre nature et aménagement*. SEDES, 190 p.

Mission-PNMI, 2000. Point sur les réglementations existantes en mer d'Iroise, Rapport de la Mission Parc National Marin d'Iroise, 38 p.

Mission-PNMI, 2003. Projet de territoire / Projet d'organisation du parc, Mission Parc National Marin d'Iroise (Document de travail), Brest, 63 p.

Montbel A., Ollagnon H., Viel J.M., 1999. L'audit patrimonial, un outil de compréhension et de mobilisation des "complexes multi-acteurs" agissant sur un territoire, *Colloque SMAGET*. Cemagref - ENGREF, p. 255-260.

Moore T., Morris K., Moore P., Bayliss R., 1999. Coastal zone management information for the south-West of england : the atlantic living coastlines project coastal information focus group, *CoastGIS'99*, Brest, p. 93-104.

Napoli A., 2001. Formalisation et gestion des connaissances dans la modélisation du comportement des incendies de forêt. Thèse de Géographie, Université de Nice-Sophia Antipolis, 213 p.

NCGIA, 1992. A glossary of GIS terminology, Report 92-13, University of California, Santa Barbara USA.

OCDE, 1993a. Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les examens des performances environnementales, Rapport de synthèse du groupe sur l'état de l'environnement n° 83, Paris, 35 p.

OCDE, 1993b. Gestion des zones côtières. Politiques intégrées, Rapport OCDE, Paris, 140 p.

Palmer H., Pruett L., 1999. GIS applications to maritime boundary delimitation, *International conference on technical aspects of maritime boundary delineation and delimitation*, Monaco.

Pantazis D., Donnay J.P., 1996. *La conception de SIG. Méthode et formalisme*. Hermès, 343 p.

Parent C., Spaccapietra S., Zimanyi E., 1999. Spatio-Temporal Conceptual Models : data structures + space + time, *Advance in GIS*, Kansas City (USA).

Parvillers O., 2002. Les systèmes de visualisation de cartes électoniques et d'information - ECDIS. *Revue Internationale de Géomatique*, volume 12-n°3/2002, p. 291-311.

Paskoff R., 1995. *Les littoraux - Impact des aménagements sur leur évolution*. Masson.

Pavé A., 1997. Introduction des actes de la conférence, *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. ELSEVIER, Paris, p. 11-16.

Pennanguer S., Le Tixerant M., Boeuf M., 2003. Système de gestion des pêches maritimes dans les eaux territoriales au large de la Région Bretagne, Comité Régionale des Pêches et des Elevages Marins de Bretagne, CD-Rom (Atlantide / Portances Conseils).

Pennanguer S., Le Tixerant M., Boncoeur J., 2001. Zones à accès interdit ou restreint pour la pêche professionnelle dans le bande côtière française / Cadre réglementaire et représentation spatiale / Région Bretagne, Université de Bretagne Occidentale, rapport CEDEM / Géosystèmes, Brest, 81 p.

Pennanguer S., Le Tixerant M., Boncoeur J., Curtil O., Noblet E., Courtois S., 2002. Zones à accès interdit ou restreint pour la pêche professionnelle dans la bande côtière française / Cadre réglementaire et représentation spatiale / Régions Basse-Normandie, Haute-Normandie, Picardie, Nord-Pas-de-Calais, Université de Bretagne Occidentale, rapport CEDEM / Géosystèmes, Brest, 76 p.

Petit C., 1999. Gestion intégrée de la zone côtière de la côte d'Opale : la démarche SIG de l'observatoire de l'environnement littoral et marin, *CoastGIS'99*, Brest.

Pido M.D., Chua T.E., 1992. A framework for rapid appraisal of coastal environments, *Integrative Framework and Methods for Coastal Area Management*, Manila: International Centre for Living Aquatic Ressources Management, p. 144-147.

Pinot J.P., 1998. L'outil par excellence de l'aménagement intégré du littoral : le SMVM, voeux pieux et réalités, *Séminaire "Analyse et gestion intégrée des zones côtières" de l'UMR 6554 CNRS*.

Pinot J.P., 2002. Géographie des littoraux en France : évolution d'une discipline, *Le littoral. Regards, pratiques et savoirs*. ENS, Paris, p. 27-58.

Popper K., 1981. *La quête inachevée*. Agora, 350 p.

Pornon H., 1993. Quelques réflexions sur la difficulté d'utiliser Merise pour la modélisation des bases de données géographiques. *Revue Internationale de Géomatique*, volume 3 - n°3, p. 255-263.

Pornon H., 1998. L'intégration de la dimension temporelle dans les SIG. *Géomètre*, n°11.

Pouliot J., Golay F., Caloz R., Chevallier J.-J., 1998. Définition d'un référentiel pour le couplage SIG-modèle, *4ème Journées scientifiques du département de génie rural*, Montana (Suisse).

Poussin J.C., 1987. Notions de système et de modèle. *Cahiers des Sciences Humaines*, volume 23, p. 439-441.

Prelaz-Droux R., 1995. *Système d'information et gestion du territoire. Analyse systémique et procédure de réalisation.* Presses polytechniques et universitaires romandes, 156 p.

Reynolds J., Busby J., 1996. *The guide to information management in the context of the Convention on Biological diversity*. World Conservation Monitoring Centre, Nairobi (Kenya).

Ricketts P.J., 1992. Current approaches in Geographic Information Systems for Coastal Management. *Marine Pollution Bulletin*, volume 25, p. 82-87.

Robin M., 2002a. Quelles données de références pour quel référentiel en zone côtière ?, *Séminaire "SIG et gestion de l'environnement" de l'UMR 6554 CNRS*.

Robin M., 2002c. La géomatique et les risques côtiers. Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Géomer (UMR 6554 CNRS) / IGARUN, Nantes, 414 p.

Roche S., 1997. Les SIG : un regard nouveau sur l'espace et sa gestion (Etude de cas en France et au Québec). *L'Espace Géographique*, n°1, p. 60-66.

Roche V., Batton-Hubert M., 1998. Pratique des SIG en aménagement du territoire. *Revue internationale de géomatique*, volume 8 n°1-2, p. 9-25.

Rouan M., 2001. Contribution à l'analyse et à la conception d'un outils de modélisation des activités humaines en bassin versant côtier, Université de la Rochelle (Mémoire de DESS Ingénierie des Systèmes Informatiques), 73 p.

Rouxel F., Rist D., 2000. *Le développement durable. Approches méthodologique dans les diagnostics territoriaux*, dossier 105. Collection du Certu, 148 p.

Sabourin A., Pennanguer S., 2003. Le parc national en mer d'Iroise : un territoire, un projet et des hommes, Rapport CEDEM / Ifremer / Portances Conseils / C3ED, Brest, 165 p.

Salm V.R., Clark J.R., Sirilia E., 2000. *Marine and Coastal Protected Areas. A guide for planners and managers*. USAID, Third Edition, IUCN Marine Programme.

Sarazin G., Monbrison D., 2002. Activités côtières et vie littoral. *POUR*, n°174, p. 117-123.

Schubert K., Zagamé P., 1998. *L'environnement : une nouvelle dimension de l'analyse économique*. Vuibert, Paris.

Sherin A.G., Cody D.W., Theriault E.L., 1999. Putting the coastal zone information puzzle together, *CoastGIS'99*. Ifremer/SHOM, Brest, p. 80-92.

Small J., Witherick M., 1989. *A modern dictionnary of geography*. Second edition. Hodder and Stoughton, London.

Sorensen J.C., McCreary S.T., 1990. Institutional Arrangements for Managing Coastal Ressources and Environments. *Renewable Ressources Information Series*, N°2.

Soudoplatoff S., 1996. Informatique territoriale et complexité. Symbolique du territoire. *Revue internationale de Géomatique*, volume 6 - n°1, p. 51-59.

Soulard C.T., 1999. Les agriculteurs et la pollution des eaux. Proposition d'une géographie des pratiques. Thèse de géographie, Université de Paris 1, 424 p.

Talidec C., Berthou P., Jezequel M., Lespagnol P., 1999. La flotte de pêche commerciale bretonne ; description des métiers et des flottilles, rapport Ifremer, Brest, 128 p.

Theriault M., 1994. *Systèmes d'Information Géographique - Concepts fondamentaux*. Département de Géographie, Université Laval, Québec.

Thomas Y.F., 1972. La frange maritime du milieu littoral : essai de définition, Rapport CNEXO - Laboratoire de l'EPHE, Brest.

Tissot C., 2003. Evaluation de la variabilité des activités humaines dans l'espace et dans le temps. Application à l'étude des pratiques agricoles intensives dans le département du Finistère. Thèse de géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 234 p.

Tissot C., Rouan M., Croisé F., 2001. Modélisation du cycle d'élevage porcin hors-sol. Etude du modèle breton, *Journées Cassini 2001*. GDR SIGMA, Montpellier, p. 177-188.

Tréguer P., 2001. Projet d'observatoire des sciences de l'univers, Rapport IUEM, Brest

Troadec P., Le Goff R., 1997. Etat des lieux et des milieux de la rade de Brest et de son bassin versant. Phase préliminaire du contrat de Baie de la rade de Brest, Communauté Urbaine de Brest, 335 p.

Troitzsch K.G., 1997. Social science simulation - Origins, prospects, purposes, *Simulating social phenomena*. Lecture Notes in Economics and Mathematical systems, Springer, p. 41-54.

Trouillet B., 2003. La "mer côtière" : une approche territorial. Essai sur la construction d'un ensemble territorial., *Séminaire "mer côtière" de l'UMR 6554 CNRS*.

UNEP, 1995. Guidelines for Integrated Management of Coastal and Marine Areas. n°161, UNEP Regional Seas Reports and Studies, 80 p.

UNESCO, 1997. Guide méthodologique d'aide à la gestion intégrée de la zone cotière, Manuels et Guides de l'UNESCO (n° 36), 47 p.

UNESCO, 2001. Des outils et des hommes pour une gestion intégrée des zones côtières, Manuels et Guides de l'UNESCO (n°42), 64 p.

Valavanis V.D., 2002. *Geographic Information Systems in Oceanography and fisheries*. Taylor & Francis, 209 p.

Vallega A., 1992. The management of the mediterranean Sea: The Role of Regional Complexity. *Ocean & Coastal Management*, volume 18 (2-4), p. 279-290.

Vallega A., 1996. The Agenda 21 of Ocean Geography: The Epistemological Challenge, *Twenty-Eighth International Geographical Union Congress, Land, Sea and Human Effort*, The Hague, Netherlands.

Vallega A., 2003. From Rio to Johannesburg: the role of coastal GIS, *CoastGIS'03*, Genova (Italia).

Vallega A., 1992. The management of the mediterranean Sea: The Role of Regional Complexity. *Ocean & Coastal Management*, 18 (2-4), p. 279-290.

Van Zuidam R.A., Farifteh J., Eleved M.A., Cheng T., 1998. Developments in remote sensing, dynamic modelling and GIS applications for integrated coastal zone management. *Journal of Coastal Conservation*, volume 4, p. 191-202.

Waeles M., 2003. Spéciation des éléments métalliques en milieu estuarien et quantification des flux vers le plateau continental, Université de Bretagne Occidentale, thèse de chimie, Brest, 203 p.

Walliser B., 1977. *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse des systèmes*. Edition du Seuil, Paris, 248 p.

Weber J., 1995. Gestion des ressources renouvelables : fondements théoriques d'un programme de recherche, Document de travail (CIRAD), 21 p.

Weill A., 1997. Avant-propos, *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. ELSEVIER, p. 11-13.

Weiss G., 1999. *Multiagent systems. A modern approach to distributed artificial intelligence*. The MIT Press, 643 p.

White R., 1998. Cities and cellular automata. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, DDNS 2:2, p. 111-125.

Willinger M., 1997. La modélisation du développement durable : approches économistes, *Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement*. ELSEVIER, p. 135-150.

Wright D.J., 1999. Down to the sea in ships: the emergence of marine GIS, *Marine and coastal GIS*. Taylor and Francis, Londres, p. 1-10.

Zaoual H., 2000. Conventions et Territoires : quelles conjugaisons ?, *Conférence au séminaire du Centre d'Economie et d'Ethique pour l'Environnement et le Développement*, Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines.

TABLE DES FIGURES

Figures

Figure 1. Cadre spatial de la zone côtière. 7
Figure 2. Les espaces maritimes de la Convention des Nations Unies sur le droit de la Mer. 9
Figure 3. Représentation schématique des limites réglementaires de référence de la bande côtière. 11
Figure 4. Structuration hiérarchique : usage / activités / sous-activités. 16
Figure 5. Interactions entre activités humaines en zone côtière méditerranéenne 19
Figure 6. Triptyque du développement durable. 22
Figure 7. Enchaînement des étapes de planification de la GIZC. 31
Figure 8. Principales interactions en zone côtière. 32
Figure 9. Schéma simplifié de la structure d'un modèle « bioéconomique » dans un objectif de gestion des pêches. 37
Figure 10. Principes de fonctionnement d'un SMA. 40
Figure 11. Les éléments constitutifs d'un SIG. 44
Figure 12. La pyramide de l'information. 46
Figure 13. Quelques lignes de référence pour la définition du trait de côte. 51
Figure 14. Le SIG comme plate-forme d'intégration et de calibrage de modèles et de données de nature et d'origine diverses. 55
Figure 15. Démarche conceptuelle de la plate-forme DAHU, en préalable à la phase de simulation. 67
Figure 16. Fonctionnement global du simulateur DAHU. 69
Figure 17: Les deux modules constituant la plate-forme de modélisation DAHU. 71
Figure 18. Diagramme de dépendance entre les différents paramètres de simulation de DAHU-MAL 72
Figure 19. Variabilité journalière des épandages à l'échelon communal dans le département du Finistère en 2000. 73
Figure 20. Proposition de typologie des activités humaines en mer côtière 76
Figure 21. Méthode de construction d'un Territoire de Pratique Potentielle (TPP). 81
Figure 22. Construction d'un Territoire de Pratique Potentielle pour la pêche à *Laminaria digitata* dans l'archipel de Molène. 82
Figure 23. Superposition des différents filtres temporels pour aboutir à un Calendrier de Pratique Potentielle (CPP). 84
Figure 24. Définition du calendrier de pratique potentielle de la pêche à *Laminaria digitata* au cours des 4 premières semaines de mai (secteur d'Audierne, année 2000). 85
Figure 25. Représentation schématique du principe de fonctionnement de DAHU-MAM. 87
Figure 26. Schéma général de fonctionnement du simulateur DAHU-MAM. 88
Figure 27. Intégration des données issues de l'analyse conceptuelle au sein d'une Base de Données Relationnelle (BDR) 89
Figure 28. Principes de fonctionnement du processeur 90
Figure 29. La plate-forme de modélisation DAHU-MAM / Schéma récapitulatif. 94
Figure 30. La mer d'Iroise / Carte de situation. 95
Figure 31. Faciès bio-sédimentaire sous-marins de la mer d'Iroise. 97

Figure 32. De gauche à droite et de haut en bas : Extraction de granulats, pêche professionnelle, pêche récréative et trafic maritime dans le rail d'Ouessant.....99
Figure 33. Proposition de zonage du projet PNMI.....105
Figure 34. L'organisation de l'information géographique dans le SIG consacré à la mer d'Iroise.....109
Figure 35. Proposition de typologie des activités humaines présentes en mer d'Iroise. .112
Figure 36. Carrés statistiques et zone d'étude. 119
Figure 37. Typologie des pêches professionnelles en mer d'Iroise.....120
Figure 38. Simulation du déroulement d'une activité de pêche pour la saison 2000/2001. Exemple de la drague à la coquille St-Jacques.....160
Figure 39. Calendriers de pratique potentielle de la pêche au Scoubidou *à L. Digitata* et à la drague à coquillages.....161
Figure 40. Simulation simultanée de la pêche au scoubidou (*Laminaria digitata)* et à la drague en rade de Brest (coquillages). 162
Figure 41. Simulation simultanée du chalut de fond et des filets grandes mailles à poissons (lotte) et à langouste.....164
Figure 42. Activités susceptibles d'être présentes suite à un naufrage sur l'île de Molène 167
Figure 43. Scénario en vue de l'implantation d'éoliennes en mer d'Iroise (phase 1). 171
Figure 44. Scénario en vue de l'implantation d'éoliennes en mer d'Iroise (phase 2). 172

Tableaux

Tableau 1. Principaux types d'impacts en mer côtière. 18
Tableau 2. Typologie des conflits en mer côtière. 20
Tableau 3. Tableau récapitulatif des principaux conflits significatifs entre la pêche professionnelle et les autres activités de la mer côtière. 21
Tableau 4. Les différents types d'intégration et leurs conséquences. 24
Tableau 5. Multiplicité des limites en zone côtière. 49
Tableau 6. Classification des données géographiques de référence sur le domaine littoral. 50
Tableau 7. Principaux types de SIG côtiers appliqués aux activités humaines. 53
Tableau 8. Exemples de modèles de classification des usages en zone côtière 75
Tableau 9. Principales fonctionnalités de DAHU-MAM (simulation à l'échelle annuelle). .91
Tableau 10. Principales fonctionnalités de DAHU-MAM (simulation à l'échelle journalière). 92
Tableau 11. Principales autorités compétentes en mer d'Iroise. 100
Tableau 12. Mesures de protection existantes en mer d'Iroise. 103
Tableau 13. Structuration de la BIG-Iroise (domaine marin uniquement). 110
Tableau 14. Autorités compétentes en matière de pêche professionnelle dans la bande côtière française. 116
Tableau 15. Tableau récapitulatif des principaux métiers pratiqués en Iroise en 1996 et 2000.....122
Tableau 16. Réglementation de la circulation maritime en mer d'Iroise. 150
Tableau 17. Nombre de navires, type des navires et tonnages transportés au large d'Ouessant. 151

Tableau 18. Tableau récapitulant les mouvements de navires enregistrés par la vigie St Mathieu. Moyennes pour les années 1996 à 2000.....152
Tableau 19. Tableau récapitulatif des mouvements de navires enregistrés par la vigie du Cap de la Chèvre. Moyennes pour les années 1996 à 2000. 152
Tableau 20. Exemples d'accidents liés au trafic maritime survenus en mer d'Iroise.....165

Fiches de synthèse « activités »

Fiche de synthèse n°1 : activité de pêche au chalut 123
Fiche de synthèse n°2 : activité de pêche à la drague 126
Fiche de synthèse n°3 : activité de pêche à la ligne traînante 131
Fiche de synthèse n°4 : activité de pêche au filet 135
Fiche de synthèse n°5 : activité de pêche au casier 141
Fiche de synthèse n°6 : activité de pêche à la palangre 144
Fiche de synthèse n°7 : activité de pêche au goémon 147
Fiche de synthèse n°8 : activité de navigation maritime 153
Fiche de synthèse n°9 : activité d'extraction de matériaux 156

ANNEXES

Annexe 1. Une interface conviviale

Le simulateur DAHU-MAM a été conçu pour disposer d'une interface homme / machine conviviale qui permet une utilisation facile et accessible à des non spécialistes (figure 1).

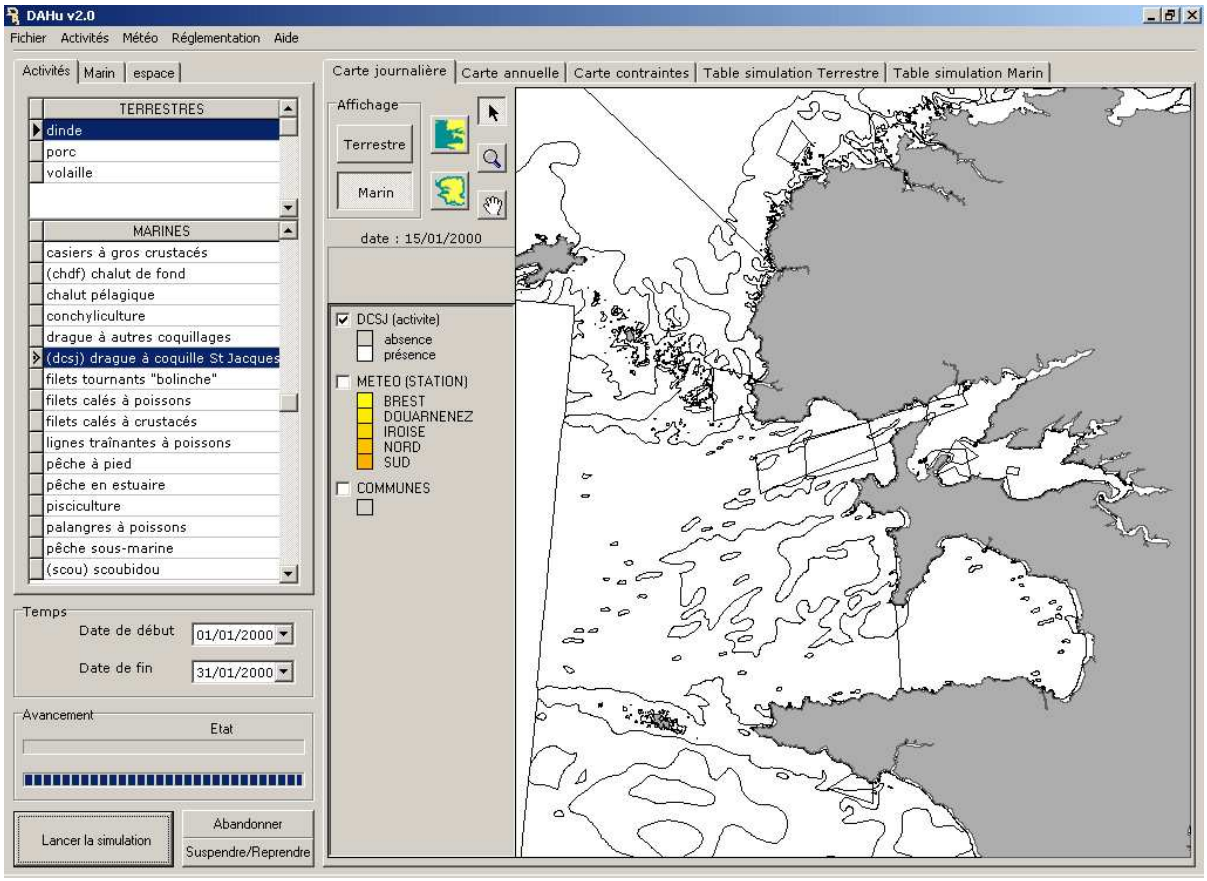


Figure 1. L'interface conviviale du simulateur DAHU-MAM

Un premier panneau permet de sélectionner les paramètres de simulation :

- Les activités simulées
- La période de simulation

Un second panneau permet d'afficher les résultats de simulation :

- La carte des contraintes de simulation
- La carte annuelle
- La carte journalière

Annexe 2. Observation de la réglementation des pêches dans la bande côtière bretonne

RESUME. La pêche professionnelle est une des principales activités de la mer côtière. Afin d'en favoriser une gestion intégrée, il est indispensable d'en comprendre les modalités d'organisation et de déroulement dans l'espace. Dans ce contexte, il est utile de faire le point sur le cadre réglementaire dans lequel s'inscrit la gestion des activités halieutiques dans la bande côtière, et notamment d'identifier les raisons qui peuvent induire leur restriction ou interdiction dans certaines zones. Une méthode de collecte et de structuration de la réglementation est proposée. L'exploitation des données récoltées au sein d'un Système d'Information Géographique (SIG) permet d'obtenir une information pertinente sous forme de cartes.

Introduction

L'exploitation des ressources vivantes est un des usages majeurs de la mer côtière. Actuellement, l'accroissement d'une pression anthropique multiforme entraîne souvent une surexploitation de ses ressources et contribue à la multiplication des conflits, tant à l'intérieur du secteur de la pêche professionnelle qu'entre celui-ci et d'autres usages (Dupilet, 2000). La mise en place d'une stratégie de gestion intégrée est donc indispensable. Elle se heurte à de nombreuses difficultés, au premier rang desquelles figure l'insuffisante connaissance de l'utilisation de l'espace par les activités humaines. De plus, pour prendre les bonnes décisions, les gestionnaires doivent pouvoir accéder à une information pertinente et rapidement accessible (Commission Européenne, 1999b).

Dans ce contexte, il est utile de faire le point sur la réglementation des activités halieutiques s'exerçant dans la mer côtière, en se focalisant plus particulièrement sur les raisons qui peuvent induire leur restriction, voire leur interdiction dans certaines zones. Il semble en effet difficile de comprendre le fonctionnement du système halieutique côtier si l'on fait abstraction du cadre réglementaire dans lequel il s'inscrit. La réglementation encadre les activités, notamment en terme d'extension géographique, de période et d'intensité. Sur un espace ouvert tel que le domaine marin, elle constitue un filtre pertinent pour identifier les zones et périodes concernées par le déroulement d'une activité. Cela est particulièrement vrai pour une activité comme la pêche côtière, difficile à appréhender directement, en raison notamment de la grande diversité des métiers[1] pratiqués et de la dispersion des flottilles[2] le long du littoral (Bolopion *et al.*, 2000). Les réglementations à composantes territoriales représentant une partie importante de l'arsenal juridique, leur intégration au sein d'un Système d'Information Géographique (SIG) apporte des éléments d'analyse pertinents. L'information produite est alors rapidement accessible et présentée sous une forme adéquate pour les gestionnaires qui disposent d'une projection spatiale des contraintes réglementaires sur leur territoire de compétence.

---

[1] En halieutique, un métier se définit comme l'association d'un engin de pêche, d'une espèce-cible (ou d'un groupe d'espèces-cibles), d'une zone de pêche et, le cas échéant, d'une saison de pêche (Talidec *et al*, 1999).

[2] Une flottille se définit comme un ensemble de navires adoptant des stratégies de pêche similaires, c'est-à-dire pratiquant le même métier ou la même combinaison de métiers (Ibid.).

Cette annexe décrit la méthodologie d'une étude[3] ayant pour objet de représenter de façon synthétique et spatialisée les diverses dispositions réglementaires conduisant à l'établissement de zones à accès interdit ou restreint pour la pêche professionnelle dans la bande côtière française. Pour mener à bien ce travail, un partenariat scientifique a été établi entre deux unités de recherche de l'IUEM (Université de Bretagne Occidentale) : le CEDEM, équipe de recherche en droit et économie de la mer et le laboratoire Géosystèmes, spécialisé dans les SIG appliqués aux zones littorales et maritimes. Réalisée dans un premier temps à l'échelle de la région Bretagne (Pennanguer *et al.*, 2001), l'étude a par la suite été étendue aux régions Basse-Normandie, Haute-Normandie et Nord-Pas-de-Calais, couvrant ainsi l'ensemble de la bande côtière française depuis la frontière belge jusqu'à l'estuaire de la Vilaine (Pennanguer *et al.*, 2002).

Au delà du projet de recherche qui lui a donné naissance, la méthodologie développée doit pouvoir s'intégrer aux réflexions en cours ou à venir sur l'aménagement des usages de la bande côtière. A terme, il est souhaitable qu'elle puisse être appliquée par un organisme habilité afin de permettre une validation officielle et mise à jour régulière de l'information ainsi produite. La méthodologie est présentée ici en quatre points :

- l'appréhension du cadre réglementaire ;
- la collecte de l'information juridique ;
- la structuration de l'information juridique ;
- la représentation spatiale de l'information juridique.

En conclusion, sont présentés les apports et les différentes possibilités de développement de la méthode.

1. Appréhension du cadre réglementaire

Dans un premier temps, les diverses organismes susceptibles de produire de la réglementation doivent être identifiés. Dans le cas de la pêche dans la bande côtière, ces autorités compétentes sont multiples (tableau 9).

Niveau	Autorité compétente
Communautaire	Conseil des ministres Commission européenne
National	Ministre en charge de la pêche Comité national des pêches maritimes[4]
Régional	Préfecture maritime Préfecture de région Comité régional des pêches maritimes
Départemental	Préfecture départementale Conseil général
Local	Conseil municipal

Tableau 1. Autorités compétentes pour édicter des mesures impliquant l'interdiction partielle ou totale de la pêche dans certaines zones.

[3] menée dans le cadre du projet de recherche européen VALFEZ, consacré à l'analyse de la valeur économique des zones d'exclusion pour la pêche.

La pêche maritime des Etats-membres de l'Union européenne est soumise à un ensemble de dispositions communautaires formant le cadre institutionnel de la Politique commune de la pêche (PCP). Toutefois, ces textes ne sont pas exclusifs : ils peuvent être complétés ou renforcés par chaque Etat-membre, dans les domaines qui lui sont propres. Cette possibilité concerne en particulier la gestion des ressources et activités halieutiques dans la bande côtière (Curtil, 2001). En France, le texte de base en matière d'aménagement des pêcheries est le décret du 9 janvier 1852, modifié en dernier lieu par la loi n°97-1051 du 18 novembre 1997 sur l'orientation de la pêche maritime et des cultures marines. Les mesures prises en vertu de ce décret sont arrêtées, selon le cas, par le ministre en charge de la pêche ou par les préfets de région. La loi du 2 mai 1991 sur l'organisation interprofessionnelle des pêches maritimes attribue aux organisations professionnelles un rôle actif dans la définition de la réglementation, selon une procédure qui s'apparente à un mécanisme de codécision[5].

Outre les mesures concernant directement la gestion des ressources halieutiques, l'espace marin est régi par diverses dispositions liées à la navigation et à la sécurité en mer, aux activités militaires, à la présence de réseaux de communication, de zones aquacoles… Ces dispositions sont prises par les autorités déconcentrées de l'Etat (préfet maritime en charge de la police en mer) ou, dans certains cas, par les collectivités territoriales (départements et communes, en charge de la police dans les ports). Dans la mesure où elles impliquent des interdictions ou des restrictions spatiales pour les activités halieutiques, ces réglementations doivent également être prises en compte.

Dans ce contexte, avant d'envisager toute forme de représentation spatiale, il est indispensable de réaliser un travail de collecte et de traitement d'une information réglementaire par nature dispersée et hétérogène.

2. La collecte de l'information

La collecte de l'information réglementaire pose deux types de problèmes : celui de la nature des informations à collecter, et celui des sources auprès desquelles elle peut être réalisée.
Pour traiter le premier problème, il importait, compte tenu de notre objectif, de définir aussi précisément que possible les notions de zone à accès interdit et de zone à accès restreint pour les activités de pêche professionnelle. Si la notion d'interdiction totale est facile à caractériser, il en va autrement pour la notion d'accès restreint, qui peut prendre des formes très diverses. La difficulté dans ce cas est de recenser et de qualifier l'ensemble des formes de restriction[6].

---

[5] En vertu de l'article 5 de la loi de 1991, les délibérations du comité national et des comités régionaux des pêches maritimes et des élevages marins peuvent être rendues obligatoires par l'autorité administrative (c'est-à-dire, selon le cas, le ministre en charge de la pêche ou les préfets de région). En pratique, la plupart des décisions d'aménagement des pêcheries qui relèvent de l'échelon national ou régional sont prises par l'organisation professionnelle compétente, et entérinées par l'autorité administrative.

[6] Au sens large du terme, on peut considérer que l'intégralité de la bande côtière constitue une zone à accès restreint, dans la mesure où la pêche y est réservée aux navires battant pavillon français (sauf droit historiques reconnus), et où ces navires doivent être titulaires d'un permis de mise en exploitation. Le terme « zone à accès restreint » est entendu ici dans un sens plus spécifique, et concerne des zones où des restrictions supplémentaires s'appliquent.

Schématiquement, pour une zone déterminée, on peut distinguer deux hypothèses de restriction qui s'appliquent soit :

- à l'effort de pêche :
- limitation du nombre et des caractéristiques des navires (puissance motrice, taille)
- limitation du nombre, de la nature et des caractéristiques des engins de pêche
- limitation du nombre d'hommes d'équipage
- limitation du temps de pêche

- soit aux captures :
- caractérisation des captures autorisées (espèces, taille minimale des individus)
- limitation du volume des captures (quotas)

En ce qui concerne les sources, les références réglementaires peuvent en principe être collectées auprès des autorités compétentes.

3. La structuration de l'information

Les diverses mesures d'interdiction et de restriction obtenues à l'issue de l'étape précédente peuvent se combiner et chacune d'entre elles peut connaître divers degrés d'intensité, de sorte que la gamme de restrictions susceptibles d'affecter une zone déterminée est très variable. Il importe donc de structurer l'information collectée. Le principe retenu pour cette opération consiste à distinguer deux types de mesures :

- **Les mesures à caractère général** concernant toutes les activités de pêche ou une classe importante d'activités de pêche. Ces mesures sont le plus souvent prises pour des motifs étrangers à la pêche. A cet effet, ont été distingués :
- les motifs de navigation et sécurité en mer (accès aux ports, présence de câbles sous-marins, d'épaves…) ;
- les motifs militaires ;
- les motifs de protection du milieu naturel ;
- les motifs de gestion des ressources halieutiques (cantonnements).
- **Les mesures concernant une classe d'activités de pêche** possédant des caractéristiques communes (interdiction des arts traînants dans une zone déterminée, par exemple).
- **Les mesures spécifiques à un métier**. Ces mesures sont prises pour des motifs de gestion des ressources halieutiques, et classées par métier.

La méthode adoptée pour la structuration de l'information est de type hiérarchique (figure 1).

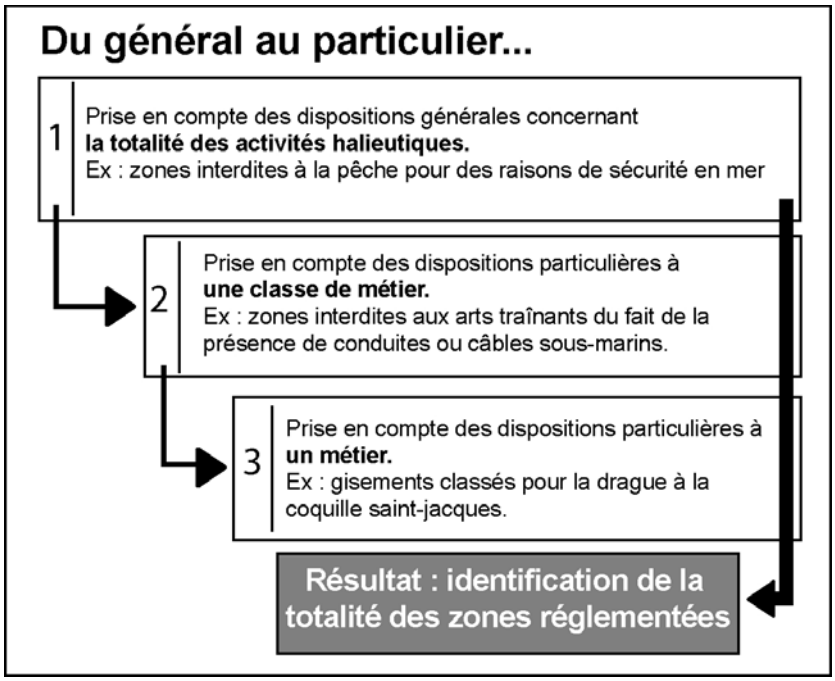


Figure 1. La démarche de structuration de l'information.

- **Une présentation synthétique sous forme de tableaux**

Afin de restituer l'information sous une forme concise et rapidement accessible, une présentation de la réglementation sous forme de tableaux a été adoptée (Tableau 10). Un numéro de code est attribué à chaque réglementation pour pouvoir établir un lien rapide entre les tableaux et les cartes (cf « représentation spatiale » ci-après).

N° de code	Secteur	Texte de référence	Réglementation
Code de correspondance avec les cartes	Nom usuel de la zone désignée	N° et origine du texte	Brève description du contenu de la réglementation : - période - licences - caractéristique des engins - quotas - ports de débarquement

Tableau 2. Mode de restitution de l'information

L'information complète est disponible dans les rapports finaux (Pennanguer *et al.*, 2001 ; Pennanguer *et al.*, 2002).

- **La possibilité d'une représentation logique**

Les possibilités de structuration de l'information sont nombreuses et dépendent des objectifs poursuivis. En lien avec la méthode de structuration précédente, il est possible de proposer une représentation logique de la réglementation sous forme d'organigrammes (Le Tixerant, 2002). Dans un premier temps, nous avons choisi de structurer hiérarchiquement l'information dans une logique de surveillance en mer (figure 2).

Structuration logique hiérarchique. Conformément à la structuration établie, les règles générales ont priorité sur les règles spécifiques : les règles communes s'appliquant à toutes les sous-activités de pêche sont d'abord prises en considération et figurent dans le haut de l'arborescence.

Structuration selon une logique de surveillance en mer. La réglementation, qualifiée par les mots-clés, est classée en fonction de son aptitude à être exploitée dans le cadre d'un contrôle par une vedette de surveillance en mer. Les contrôles qui peuvent se faire aisément depuis la vedette sont d'abord pris en considération. Ainsi les critères du « zonage » et de la « période » sont considérés comme une priorité. Il faut déjà s'assurer que le navire surveillé n'est pas en pêche sur une zone et/ou pendant une période interdite. Ensuite, sont pris en compte les critères qui obligent la vedette à s'approcher des engins de pêche mouillés (pour contrôler qu'ils sont bien signalés et identifiés) et éventuellement à aborder les navires (pour vérifier qu'ils possèdent bien les autorisations nécessaires et des engins de pêche conformes).

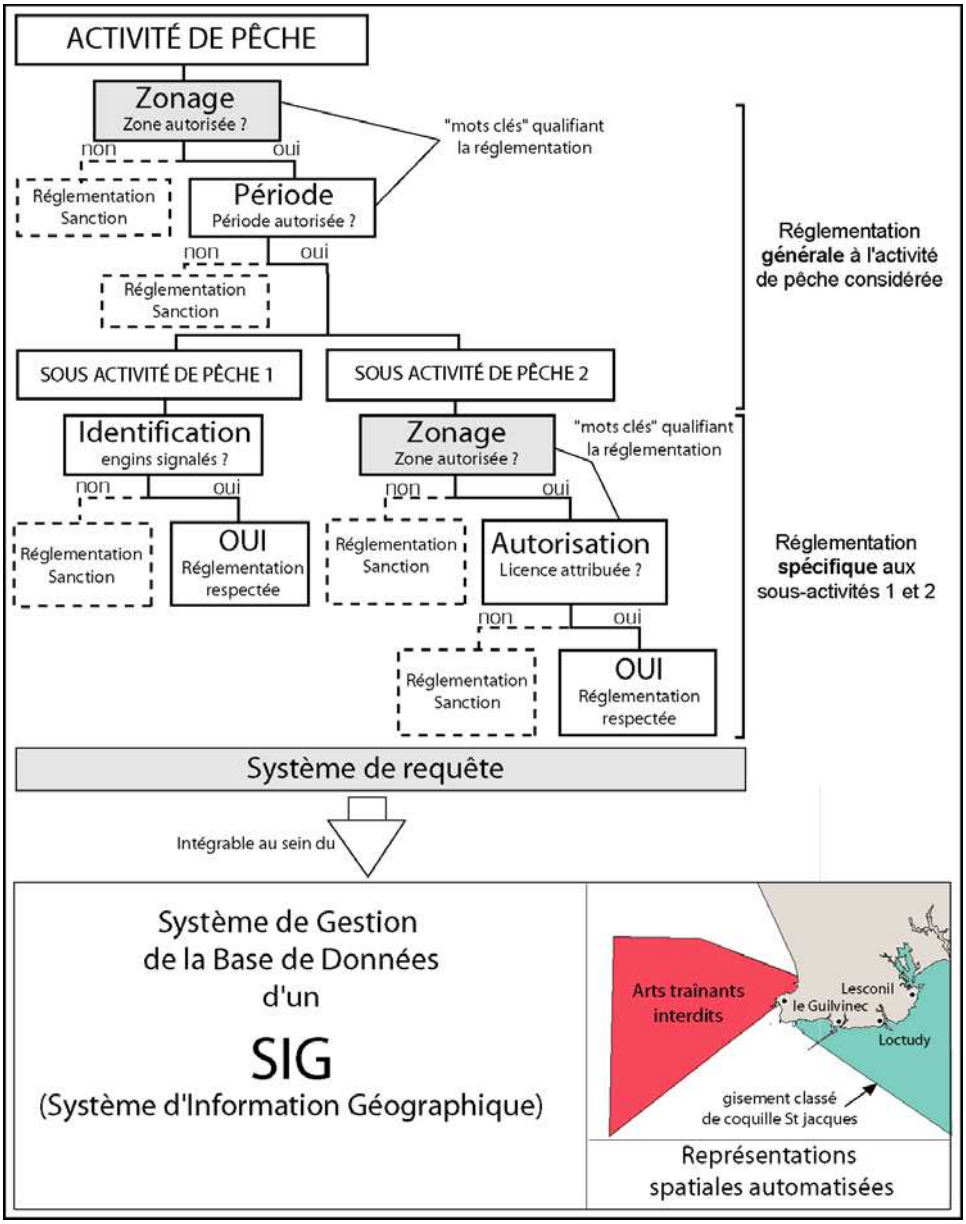


Figure 2. Principes d'une structuration logique de la réglementation intégrable au sein d'un SIG

Représentation logique du respect ou du non-respect de la réglementation : Pour chaque mot-clé qualifiant une réglementation, plusieurs types de questions se posent. La pêche est-elle autorisée sur cette zone ? la pêche est-elle autorisée à cette période de l'année ? Les engins de pêche sont-ils identifiés et signalés ? Les engins utilisés sont-ils conformes (maillage respecté…) ?

Ainsi dans le cas du contrôle d'un navire en activité, suivant la zone et le type de pêche, il suffit de suivre « le cheminement logique » proposé par le schéma, qui conduit à conclure que la réglementation est respectée ou non.

Cette forme de structuration des données implique une analyse plus élaborée de la réglementation et constitue le schéma conceptuel d'un système de requête automatisé qui pourrait préfigurer le développement d'un SIG embarqué dédié à la surveillance maritime.

4. La représentation spatiale de l'information

La représentation spatiale de la réglementation des usages répond à un besoin essentiel des gestionnaires et des utilisateurs du milieu. Les représentations spatiales proposées ont donc été réalisées grâce à l'intégration des données réglementaires au sein d'un SIG.

- **Mode de construction des zones réglementées**

Les données de référence utilisées sont issues des cartes marines produites par le Service Hydrographique de la Marine (SHOM) :
- le trait de côte qui correspond au niveau des plus hautes mers de vives eaux,
- le zéro hydrographique qui correspond au niveau des plus basses mers de vives eaux,
- les lignes de base (cf encadré),

Les lignes de base sont la clef de voûte de toute opération de délimitation car c'est à partir de ces lignes que sera mesurée la largeur des espaces maritimes (limite du DPM, limite des eaux territoriales…). Les lignes de base sont codifiées par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer dite Convention de Montégo Bay (CMB) adoptée le 10/12/1982 et entrant en service le 16/11/1994. D'après la CMB, les lignes de base sont de deux types :

Article 5 : *Ligne de base normale.*
Sauf disposition contraire à la Convention, la ligne de base normale à partir de laquelle est mesurée la largeur de la mer territoriale est la laisse de basse mer le long de la côte, telle qu'elle est indiquée sur les cartes marines à grande échelle reconnues officiellement par l'Etat côtier.

Article 7 : *Lignes de base droite*
- Là où la côte est profondément échancrée et découpée, ou s'il existe un chapelet d'îles le long de la côte, à proximité immédiate de celle-ci, la méthode des lignes de base droites reliant des points appropriés peut être employée pour tracer la ligne de base à partir de laquelle est mesurée la largeur de la mer territoriale.
- Là où la côte est extrêmement instable (en raison de la présence d'un delta par exemple), les points appropriés peuvent être choisis le long de la laisse de basse mer la plus avancée (…).

A partir de ces données, la numérisation des zones réglementées est possible au sein d'une Base d'Information Géographique. Dans la majorité des cas, l'information à composante spatiale est directement extraite du texte réglementaire. Les zones réglementées y sont délimitées de différentes manières :

- par des lignes tracées à partir de différents points sur la côte (pointes, phares…), en mer (bouées, balises…) ou à partir de points définis en coordonnées géographiques (latitude / longitude) ;
- par la définition de bandes de largeur constante (bande des 3 milles) par rapport à des lignes de référence (zéro hydrographique, ligne de base droite) ;
- par référence à des parallèles ou méridiens ;
- par la morphologie sous-marine (plateaux rocheux, bathymétrie).

Les zones qui concernent spécifiquement la sécurité en mer peuvent être obtenues au format numérique auprès du SHOM (BDGS). Il s'agit :

- des limites des zones militaires,
- des limites des chenaux d'accès aux ports,
- des limites des zones où passent des conduites et câbles sous-marins,
- des cantonnements et réserves naturelles.

Les difficultés rencontrées sont liées à une grande diversité et souvent une imprécision des modes de délimitations utilisés au sein des textes juridiques et à l'absence de données de référence communes (Fowler *et al.*, 2000 ; Guillaumont & Durand, 2000 ; Palmer & Pruett, 1999). Cette étape doit donc être réalisée avec un minimum d'interprétation et considérée comme objective par les futurs utilisateurs (Le Corre, 1998).

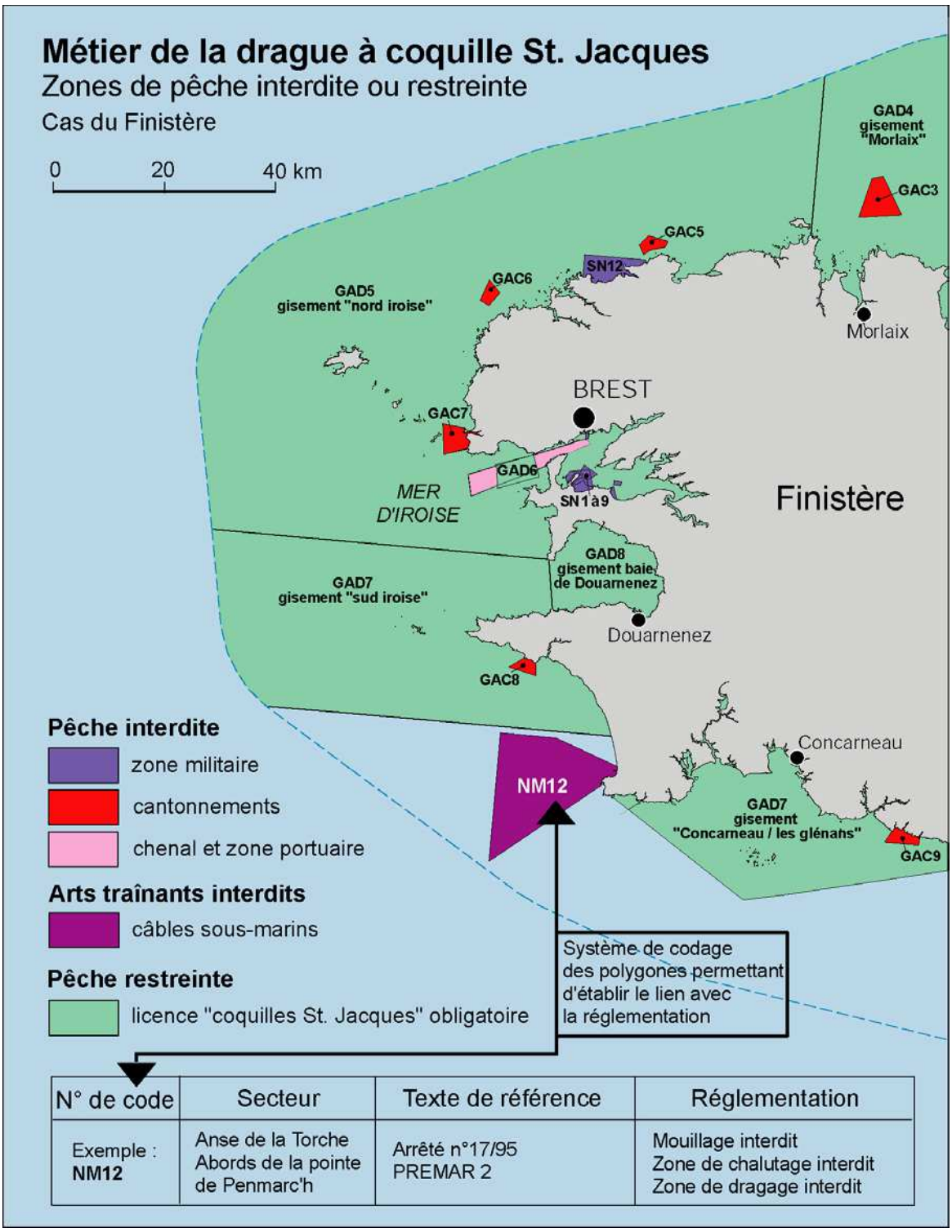
- **Constitution de couches d'information géographiques**

Pour que les données puissent faire l'objet d'une analyse spatiale, elles doivent être géoréférencées, projetées et mises en forme dans la BIG. Cinq couches d'information géographique ont ainsi été produites :

- limites de référence (ex : trait de côte),
- limites réglementaires générales (ex : ligne de base droite),
- réglementation liée à la sécurité en mer (ex : chenaux d'accès aux ports),
- réglementation liée à la protection de la ressource (ex : réserves),
- réglementation liée à la gestion des pêches (ex : zones réglementées pour la pêche au chalut).

- **Exploitation cartographique**

A partir de l'exploitation des couches d'information de la BIG, des cartes peuvent être réalisées. La cartographie fournit une représentation synthétique de la façon dont se projette le droit sur l'espace. Elle favorise une vision claire et globale des contraintes réglementaires sur l'espace considéré. Les cartes produites récapitulent, pour chaque métier, les mesures d'interdiction et de restriction affectant certaines zones de la mer côtière. Chaque mesure est référencée à l'aide d'un code qui renvoie à la section du rapport présentant les caractéristiques réglementaires (figure 3).

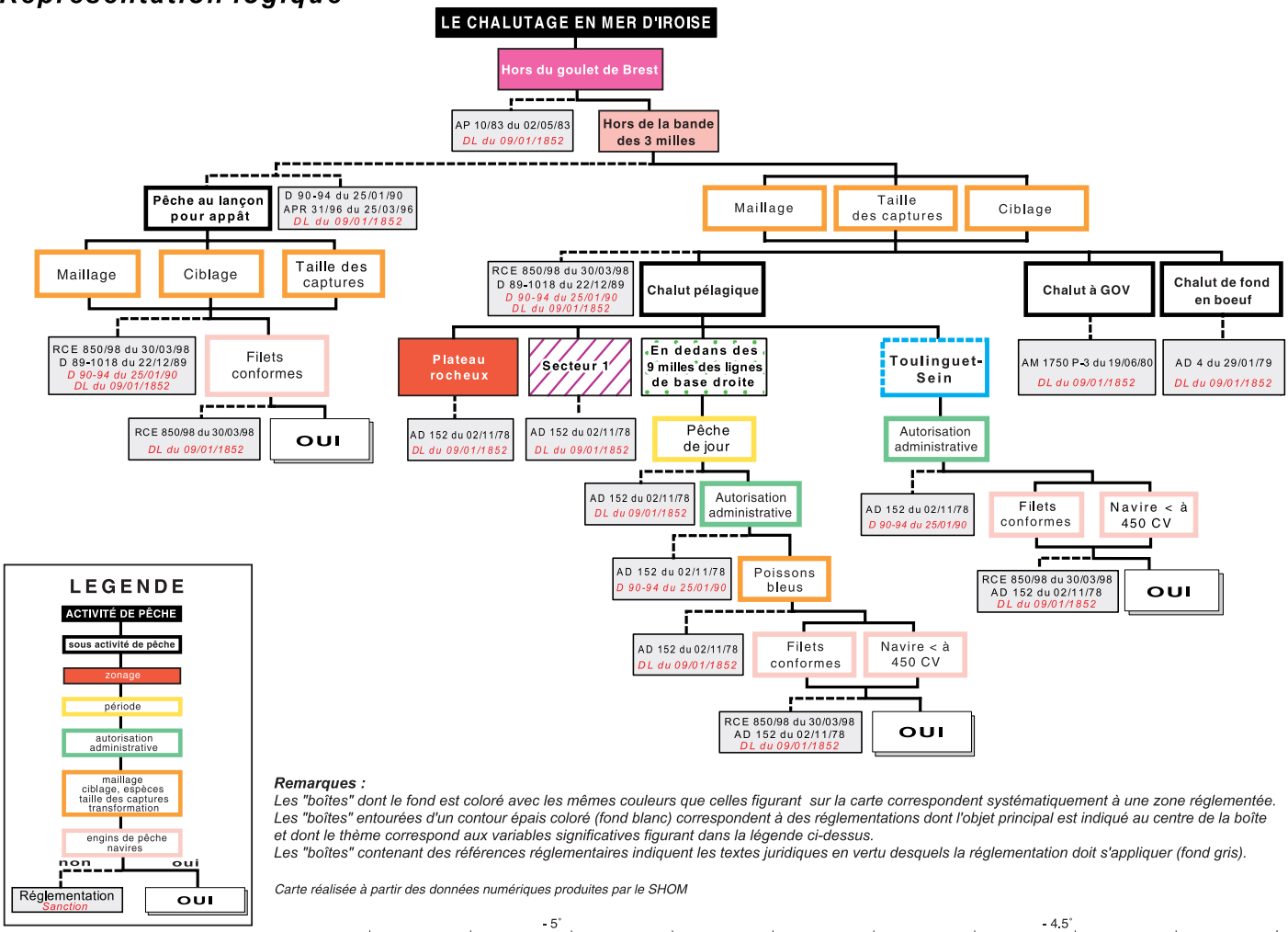


N° de code	Secteur	Texte de référence	Réglementation
Exemple : **NM12**	Anse de la Torche Abords de la pointe de Penmarc'h	Arrêté n°17/95 PREMAR 2	Mouillage interdit Zone de chalutage interdit Zone de dragage interdit

Figure 3. Carte de la réglementation. Exemple de la drague à coquille St. Jacques dans la bande côtière du Finistère.

La figure 4 illustre l'association possible entre une représentation logique et spatiale de la réglementation.

Représentation logique



Remarques :
Les "boîtes" dont le fond est coloré avec les mêmes couleurs que celles figurant sur la carte correspondent systématiquement à une zone réglementée.
Les "boîtes" entourées d'un contour épais coloré (fond blanc) correspondent à des réglementations dont l'objet principal est indiqué au centre de la boîte et dont le thème correspond aux variables significatives figurant dans la légende ci-dessus.
Les "boîtes" contenant des références réglementaires indiquent les textes juridiques en vertu desquels la réglementation doit s'appliquer (fond gris).

Carte réalisée à partir des données numériques produites par le SHOM

Représentation spatiale

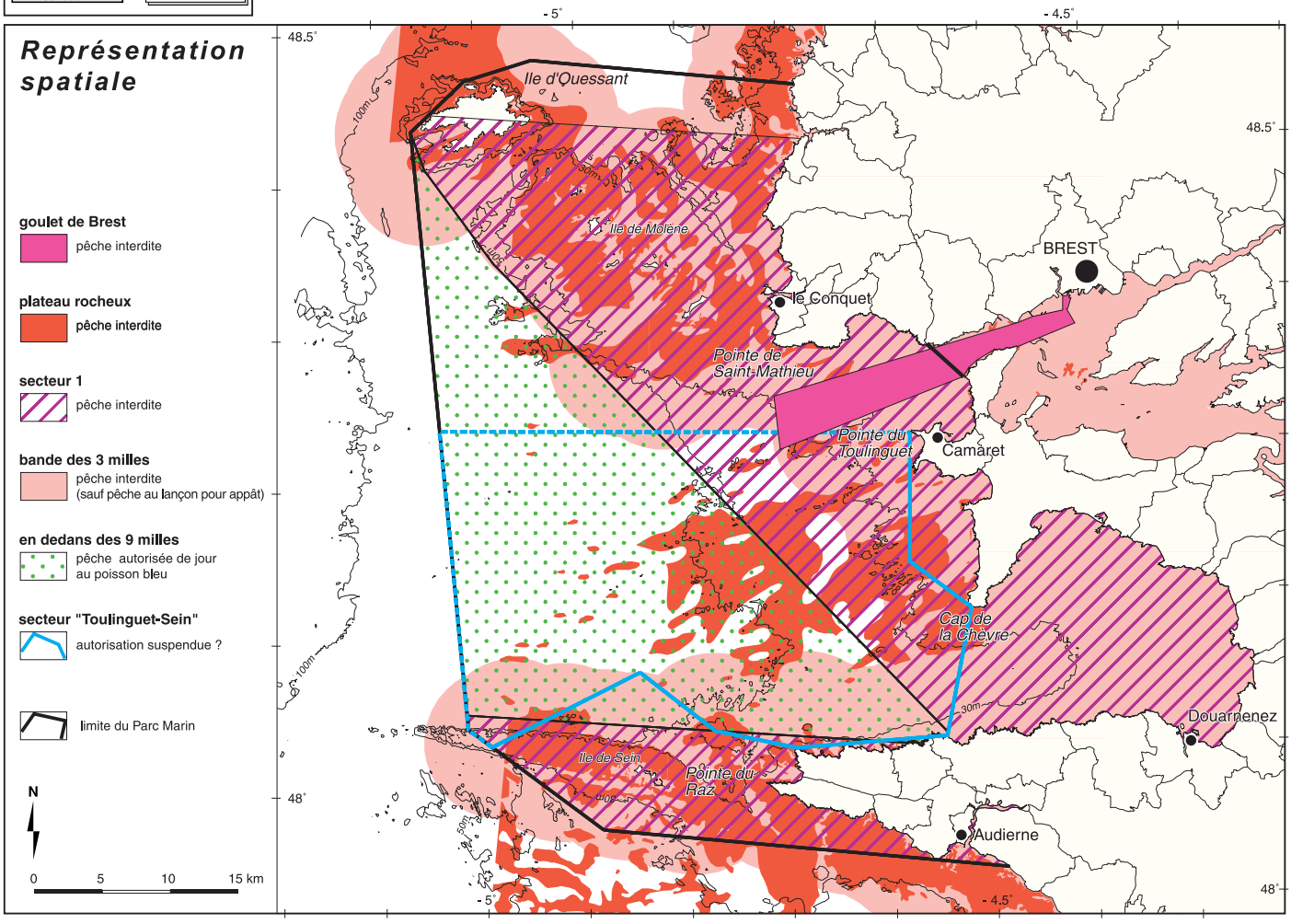


Figure 4. Représentation logique et spatiale de la pêche au chalut en mer d'Iroise (Le Tixerant, 2000)

Conclusion

La méthodologie proposée permet :

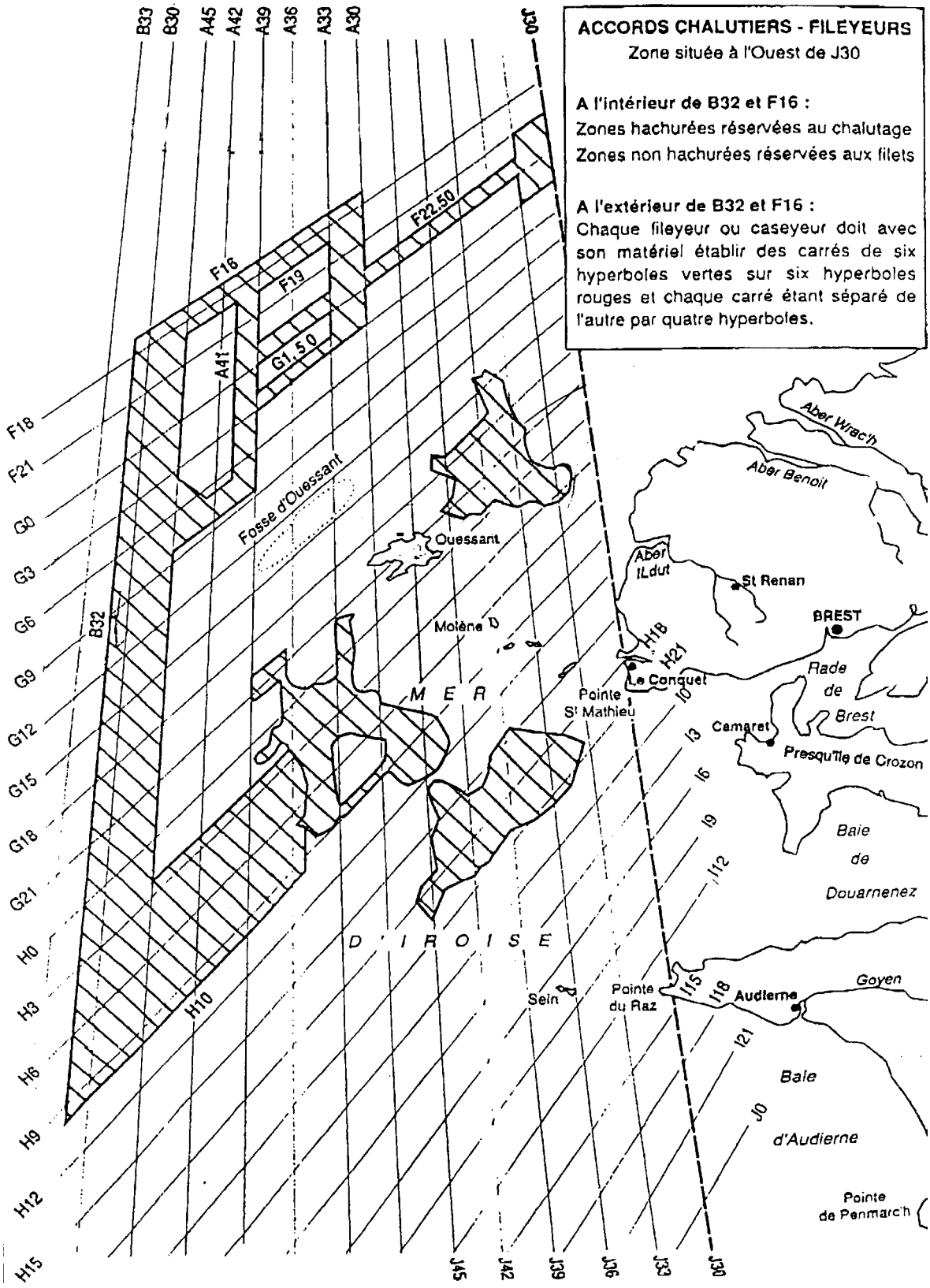
- un accès rapide à la réglementation présentée de manière synthétique ;
- une vision globale des contraintes réglementaires sur un territoire grâce à leur projection dans l'espace ;
- une aide à la communication et à la présentation de l'information auprès des différents publics ;
- un support de dialogue dans le cadre d'un processus de gestion concertée.

Les atlas produits suscitent l'intérêt des professionnels de la pêche et des gestionnaires de la bande côtière.
Cependant, dans sa configuration actuelle, le travail réalisé est statique et constitue un état des lieux à un moment donné tandis que l'objet étudié évolue continuellement. Afin de le pérenniser et de promouvoir son rôle d'aide à la décision, il conviendrait de mettre en œuvre un processus de mise à jour régulière des données, ce qui suppose une collaboration étroite entre les organismes producteurs de réglementations et les personnes en charge de l'actualisation. A terme, il est souhaitable qu'elle puisse être appliquée par un organisme habilité (ex : CRPMEM) afin de permettre une validation officielle (par les Affaires Maritimes) et pérenne de l'information ainsi produite.
De plus, afin de favoriser l'accessibilité de l'information, la production de cartes numériques interactives est de plus en plus demandée de la part des gestionnaires. Si les rapports « papier » restent indispensables, il est évident que le format numérique et plus généralement les Nouvelles Technologies de la Communication (NTIC) peuvent contribuer à améliorer de beaucoup l'accessibilité à cette information. Un document numérique interactif (CD-Rom) sur la réglementation des zones de pêche dans la bande côtière bretonne a été réalisé pour le Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins) (Pennanguer *et al.*, 2003)dans l'objectif de mettre les cartes en ligne sur Internet.

A terme, il est possible d'envisager d'intégrer le SIG aux systèmes de navigation des bateaux. Les mesures réglementaires sur une zone de pêche considérée pourraient ainsi être à la disposition du pêcheur en « temps réel » via un SIG embarqué.

Dans le contexte de ce travail de thèse, l'observation de la réglementation des usages constitue un bon indicateur de l'évolution de l'occupation de l'espace par les sociétés humaines et donc de leur impact sur le milieu. Sur le plan purement juridique, un suivi à long terme permettrait de disposer d'une série de données reconstituant l'évolution historique du cadre réglementaire dans lequel s'inscrit la gestion de la bande côtière.

Annexe 3. Accords de cohabitation entre chalutiers et fileyeurs en mer d'Iroise.



(Source : CLPM du Nord Finistère)