Cartographie des activités humaines en mer côtière

Ingrid I. Peuziat, Iwan Le Berre

▶ **To cite this version:**

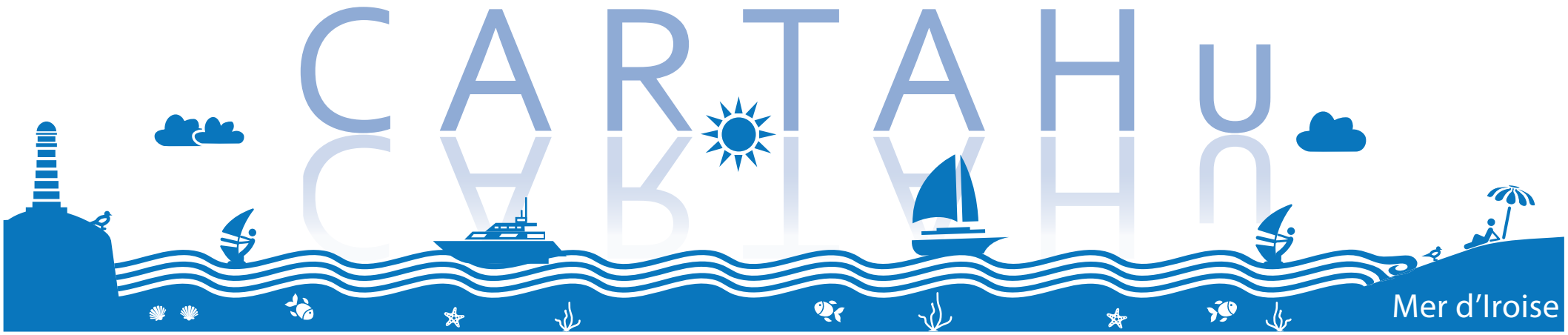
Ingrid I. Peuziat, Iwan Le Berre. Cartographie des activités humaines en mer côtière : Expérimentations en Mer d'Iroise. [Rapport de recherche] LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS, IUEM-UBO, Brest. 2015, pp.87. halshs-01101500v2

HAL Id: halshs-01101500
https://shs.hal.science/halshs-01101500v2

Submitted on 13 Jan 2015

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.



Mobiliser les savoir-faire pour l'analyse spatiale et dynamique des activités et des flux en mer côtière

Cartographie des activités humaines en mer côtière

Expérimentations en Mer d'Iroise

FONDATION DE FRANCE

cnrs

UBO université de bretagne occidentale

labex MER

iuem

LETG brest géomer

2

Responsables scientifiques

Ingrid Peuziat & Iwan Le Berre, Maîtres de Conférences, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS

Ingrid.peuziat@univ-brest.fr, iwan.leberre@univ-brest.fr

Co-auteurs

* Nicolas Le Corre, Maître de Conférences, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS

* Damien Le Guyader, Chercheur PostDoc, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS

* Delphine Mathias, Chercheur PostDoc, GIPSA-lab - Grenoble Images Parole Signal Automatique

* Annalisa Minelli, Chercheur PostDoc, IUEM, LETG-Brest Géomer

* Lucien Perras, Ingénieur d'étude, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS

* Mathias Rouan, Ingénieur de recherche CNRS, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS

* Cyril Tissot, Chargé de recherche CNRS, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS

* Brice Trouillet, Maître de Conférences, Université de Nantes, LETG-Nantes Géolittomer, UMR 6554 CNRS

* Avec la contribution de Matthieu Le Tixerant, Terra Maris

Mise en page, maquette

Laurence David, Cartographe, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS.

Référence

Peuziat I. et Le Berre I. (dir.) 2015 – CARTAHU – Cartographie des activités humaines en mer côtière, Expérimentations en Mer d'Iroise, LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS, IUEM-UBO, Brest, 87 p.

Remerciements

Ce document constitue le rapport final du projet CARTAHU – Cartographie des activités humaines en mer côtière – réalisé entre 2011 et 2014 grâce au soutien de la Fondation de France dans le cadre de son programme « Quel littoral pour demain ? ». Les auteurs souhaitent remercier chaleureusement la Fondation de France et tout particulièrement M. Thierry Gissinger pour avoir soutenu leur recherche.

Nous remercions de même les partenaires de CARTAHU, notamment pour leur contribution aux expérimentations menées dans le cadre du projet : les sociétés Terra Maris, Vigie Aviation, Eco-compteur, ainsi que les laboratoires de recherche Lemar (UMR 6539 CNRS, UBO, IRD, Ifremer) et l'Irenav (Ecole Navale).

Nos remerciements s'adressent également aux étudiants qui ont participé à ce projet, que ce soit dans le cadre d'un atelier méthodologique du M2 EGEL (Souhila Boulekraouet, Katia Dujourdy, Antoine Gergaud, Lisa Kundasamy, Audrey Le Bras, Gawen Vialet), ou dans celui d'un stage : Cécile Gohn (stage de M2 SIGAT – Université de Rennes 2), Amir Khnissi et Redouane Oufella (M2 SIAME, Université de Bretagne Occidentale), Maxime Colin (M1 SIAME, Université de Bretagne Occidentale), Geoffrey Rousseau (M2 SIGAT, Université de Rennes 2).

Enfin, nous n'oublions pas toutes les personnes qui ont participé aux travaux de terrain (équipage de l'Albert Lucas, plongeurs de l'IUEM, sans oublier les gérants de la ferme insulaire de Quéménez).

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme « Investissements d'avenir », dans le cadre du LabexMer, portant la référence ANR-10-LABX-19-01

Résumé

Dans un contexte général de développement des activités maritimes, la mer côtière voit se mettre en place de nombreux dispositifs de protection et de réglementation. Pourtant, de manière assez paradoxale, la connaissance de ces activités et en particulier des activités de loisir reste le plus souvent fragmentaire.

L'objectif du projet CARTAHU était de dresser un état de l'art des méthodes d'observation des activités humaines en mer et d'en discuter les enjeux méthodologiques, scientifiques et sociétaux dans une perspective de connaissance et de gestion de la mer côtière. S'il ne peut, à cette étape de nos travaux, aboutir à la production d'une cartographie de synthèse des activités maritimes, il a permis l'identification de méthodes pertinentes pouvant y conduire. Ces méthodes (par exemple, AIS, données des sémaphores et résultats d'enquêtes associant GPS tracking et questionnaires) devront être intégrées au sein de bouquets dont la configuration et les objectifs sont à définir conjointement avec les usagers et les gestionnaires de la mer côtière. Cette participation est essentielle d'une part, pour parvenir à produire des données de référence fiables et régulièrement entretenues, dans des conditions opérationnelles et économiques optimisées et, d'autre part, pour s'assurer que l'observation ne devienne pas nécessairement surveillance, en intégrant pleinement la dimension éthique de la production de telles données, socle indispensable à la mise en œuvre des politiques publiques appliquées à la mer côtière.

Mots-clefs

Activités maritimes, fréquentation, mer côtière, observation

Abstract

In the general context of development of maritime activities, many protections and rules are set up in the coastal sea. Yet, paradoxically, the knowledge of maritime activities, especially leisure activities often remains fragmentary. The CARTAHU project propose a state of the art of observation of human activities at sea methods, and discusses its methodological, scientific and social issues, from a perspective of knowledge and management of the coastal sea.

At this stage of our work, this project can't achieve the production of a general map of maritime activities in the Iroise Sea. But it has allowed the identification of relevant methods that can lead to such a map. These methods (eg. AIS, semaphore data and a combination of GPS tracking and questionnaires) will have to be integrated into clumps whose configuration and objectives are to be jointly defined with users and managers of the coastal sea. Their participation is essential to produce reliable reference data, regularly maintained in optimized operational and economic conditions. It ensures as well that the observation won't necessarily become surveillance, fully integrating the ethical dimension of such data production, as indispensable baseline for the implementation of public policies applied to the coastal sea.

Keywords

Marine activities, frequentation, coastal sea, observation, coastal zone management

Table des matières

1 Introduction 7

1.1. Un littoral convoité par des activités mal connues ... 7

1.2. Vers la mise en œuvre d'une Planification maritime ... 8

1.3. Un besoin de connaissances sur les activités humaines en mer côtière ... 8

1.4. Des méthodologies diverses ... 9

2 Cartahu 10

3 Méthodologie de recherche bibliographique 11

3.1. Choix des mots-clefs ... 11

3.2. Exploration des bases documentaires ... 12

4 Comment décrire les activités marines : proposition de classification. 14

4.1. Supports et infrastructures ... 14

4.2. Exploitation d'une ressource ... 14

4.3. Activités encadrées ... 15

4.4. Activités non encadrées ... 16

4.5. Typologie générique adoptée dans CARTAHU ... 16

5 Catégorisation et caractérisation des méthodes identifiées 19

5.1. Catégories de méthodes ... 19

5.2. Choix des indicateurs pour décrire ces méthodes ... 20

5.2.1. Deux catégories d'indicateurs ... 20

5.2.2. Cotation des indicateurs ... 22

5.2.3. Type d'usage observé par méthode ... 22

6 Description des méthodes 23

6.1. Compter : méthodes de quantification ... 23

6.1.1. Registres d'immatriculation des bateaux ... 24

6.1.2. Données relatives aux permis et aux licences de pratique d'une activité professionnelle, récréative ou touristique ... 26

6.1.3. Données des transporteurs maritimes de passagers ... 28

6.1.4. Comptages in situ des activités nautiques ... 30

6.1.5. Données des sémaphores et autres organismes de surveillance maritime ... 32

6.1.6. Compteurs automatiques ... 34

6.1.7. Vidéo ... 36

6.1.8. Acoustique sous-marine ... 38

6.2. Qualifier les activités maritimes ... 41

6.2.1. Enquêtes ... 42

6.2.2. Journaux de bord (logbook) ... 44

6.3. Caractériser les comportements des usagers 47

6.3.1. Observations de type ethnographique 48
6.3.2. Reconstitutions d'itinéraires (à partir d'enquêtes) 50
6.3.3. Carnets d'observations 52
6.3.4. Cartographie à dires d'acteurs ou cartographie participative 54
6.3.5. GPS Tracking 56
6.3.6. Données des téléphones portables (approche passive) 58

6.4. Spatialiser les activités maritimes 61

6.4.1. Données réglementaires et administratives 62
6.4.2. Survols aériens 64
6.4.3. Télédétection 68
6.4.4. Radar, sonar 70
6.4.5. AIS/VMS 72

6.5. Apports de la géomatique : restituer le déroulement spatial et temporel des activités 75

7 Conclusion • vers une cartographie des activités humaines en mer côtière 77

8 Bibliographie générale 80

6

1 Introduction

1.1. Un littoral convoité par des activités mal connues…

Depuis plusieurs décennies, les littoraux - mince bande côtière pourvoyeuse de ressources, interface d'échanges et lieu d'aménités – font l'objet d'une pression anthropique croissante (Gourmelon *et al.*, 2014) : concentration de la population et des activités sur un espace restreint, maintien et évolution des activités pré-existantes (pêche, navigation maritime, extraction de matériaux, aquaculture, aménagements portuaires…) en concurrence accrue avec le développement d'activités plus récentes. La multiplication des sports nautiques, le développement de la pratique de la voile et du motonautisme, l'extension des activités aquacoles, l'importance de la pêche côtière, l'émergence des énergies marines renouvelables, la volonté forte de l'État de créer des zones de protection et de conservation en mer (Natura 2000, Parc naturel marin), ne sont que quelques exemples des enjeux actuels qui orienteront de façon significative l'avenir de ces territoires hautement convoités.

A terre, cette concentration se matérialise par des aménagements (urbanisation) et des infrastructures (portuaires, industrielles, touristiques) qui, en l'espace de quelques décennies, ont profondément modifié l'occupation du littoral et ses paysages. Ces évolutions sont mesurées et analysées depuis longtemps notamment par des méthodes de cartographie faisant appel à l'imagerie : photo-interprétation et télédétection.

Côté mer, cette pression résulte d'usages anciens dont la productivité a fortement progressée, auquels vient s'ajouter le développement de nouvelles activités ainsi qu'une fréquentation touristique et de loisir de plus en plus importante. Mais la caractérisation de ces activités pose davantage de difficultés qu'à terre. 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. Alors que l'occupation et l'usage du sol à terre se matérialisent souvent par un partage exclusif de l'espace, en mer il ne peut s'établir de limites physiques fixes permettant d'attribuer un espace à une activité, d'autant que différentes activités peuvent cohabiter sur une même zone au même moment. La prise en compte de la dimension temporelle y est par conséquent d'autant plus importante. 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.

Étendu, dynamique et multidimensionnel, le milieu marin ne conserve en effet que fugacement les traces des activités qui s'y déroulent : sillage ou panache de fumée laissés par les navires, marques plus tangibles tracées par les engins traînants de pêche sur les fonds meubles, pollutions diverses…. Plus récemment, des empreintes pérennes sont apparues, au travers du développement d'infrastructures en mer (installations portuaires, établissements aquacoles, plates-formes pétrolières, et actuellement installations liées à la production d'énergie marine renouvelable). Or, des interactions négatives peuvent exister entre certaines activités : mauvaise compatibilité du fait de la mobilité des unes par opposition à la sédentarité des autres, modifications du milieu découlant du déroulement de certaines activités (pollution, perturbations diverses, impacts…) et confisquant en quelque sorte des espaces et des ressources à leur profit. Des conflits d'usage sont donc de plus en plus susceptibles d'apparaître.

Figure 1. *La mer côtière, un espace de plus en plus convoité*

1.2. Vers la mise en œuvre d'une Planification maritime

Ainsi, la diversification et l'intensification de l'exploitation des ressources de même que la croissance de la fréquentation de la mer côtière se traduisent-elles par une augmentation des interactions entre les activités et leur environnement susceptibles d'accroître les pressions et les impacts sur l'environnement marin, ainsi que les tensions et les conflits entre activités. Le passage d'un «territoire du vide au trop plein littoral», du moins selon une perception générale communément admise, conduit les pouvoirs publics à renforcer les mesures de gestion et de réglementation de l'espace maritime (De Cacqueray, 2011) dans le but d'en organiser le partage ainsi que celui de ses ressources. D'un espace de libre pratique, du moins pour les activités pré-existantes, il devient ainsi peu à peu contraint, afin de permettre l'accueil des nouvelles activités qui cherchent à s'y implanter (Trouillet, 2004). Dans une logique d'aménagement, visant à gérer à la fois les activités et les ressources qu'elles exploitent ou convoitent, on assiste à l'émergence d'une démarche volontariste de planification spatiale, pendant maritime de la Gestion intégrée de la zone côtière (GIZC).

Il devient dès lors essentiel de mieux comprendre comment s'organisent les activités maritimes, comment elles s'articulent entre elles et d'identifier les espaces, ou les périodes, de tensions potentielles afin de rechercher les solutions pour les prévenir ou pour les gérer. De fait, la mise en œuvre d'une Planification spatiale maritime (PSM) requiert notamment des informations adéquates, fiables et opportunes délivrées sous une forme adaptée (indicateurs) à la tâche à accomplir. Il s'agit là d'une des étapes fondamentales de la mise en œuvre d'une démarche de PSM telle que décrite par Ehler et Douvere (2009). En effet, l'information tout comme la concertation, constitue une composante clé pour la mise en œuvre d'une véritable gestion intégrée. Ces composantes sont intimement liées : l'information favorise une coopération et une participation éclairées, lesquelles sont aussi des moyens de recueillir l'information. Cette information doit notamment permettre une vision globale de la zone côtière en mettant en évidence l'interdépendance entre les différents éléments du système et les principaux enjeux.

1.3. Un besoin de connaissances sur les activités humaines en mer côtière

S'il est nécessaire d'acquérir des données environnementales pour fournir aux gestionnaires de l'environnement littoral et marin les

éléments utiles à la connaissance et à la prise de décision, il est également indispensable de disposer d'informations portant sur les processus liés aux activités humaines (qui font l'objet des mesures de gestion) et à la fréquentation de la mer et du littoral. Or, paradoxalement, il s'avère que ce type de données est actuellement le maillon faible des Systèmes d'Information développés par les acteurs de la zone côtière, qui sont souvent démunis sur cette question. Il existe en effet très peu d'information structurée décrivant les activités maritimes 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, en l'absence de référentiel géographique adapté, elles ne sont pas toujours reliées à des espaces géographiques, ni à des périodes de pratique. L'évaluation de l'impact de ces activités sur le milieu est alors difficile à établir.

1.4. Des méthodologies diverses

Pour essayer de combler ces lacunes de connaissance, de nombreuses approches ont été développées en s'appuyant sur des méthodes indirectes (données et zonages réglementaires, modélisation spatio-temporelle), ou sur de l'observation qu'elle soit effectuée par des opérateurs, par des capteurs ou par des outils de géolocalisation ; d'autres méthodes reposent sur la perception/connaissance du milieu marin et des activités qui s'y déroulent par les usagers eux-mêmes (enquêtes, cartographie à dires d'acteurs, méthodes participatives). Ces méthodes s'avèrent cependant plus ou moins appropriées en fonction du territoire étudié et de la nature des activités et/ou des supports (embarcations, etc.) que l'on souhaite étudier. De plus elles mobilisent des savoir-faire multidisciplinaires (géographie, sociologie, ethnologie, géostatistique, géomatique, électronique, etc.) encore insuffisamment mis en relation.

Dans ce contexte, le projet CARTAHU s'est attaché à inventorier, mobiliser et évaluer les méthodologies mises en œuvre pour l'analyse spatiale et dynamique des activités et des flux en mer côtière. L'objectif visé est d'identifier des méthodes adaptées pour la production de données et d'indicateurs sur les activités humaines en mer côtière puis d'imaginer comment les intégrer pour aboutir à une connaissance globale du déroulement spatio-temporel des activités maritimes.

Ce rapport présente ainsi successivement le contexte de l'étude, la méthodologie mise en œuvre pour inventorier les méthodes existantes, les principaux résultats, c'est-à-dire les méthodes identifiées, leur domaine d'application, leurs potentialités et leurs limites, avant de proposer une typologie de ces méthodes en fonction des activités considérées et une mise en perspective de leur utilisation à des fins d'observation et de connaissance des activités humaines en mer côtière.

2 Cartahu

Initialement intitulé « Mobiliser les savoir-faire pour l'analyse spatiale et dynamique des activités et des flux en mer côtière », le projet CARTAHU a été retenu par la Fondation de France après le premier appel d'offre (2011) lancé dans le cadre du programme « Quels littoraux pour demain ? ».

Ce programme vise à encourager le développement de la recherche scientifique sur les littoraux pour diffuser auprès des acteurs et des gestionnaires des outils et des méthodes permettant d'en améliorer la gouvernance.

Porté par le laboratoire LETG-Brest Géomer (UMR 6554 CNRS), ce projet associe des chercheurs du laboratoire LETG-Nantes Géolittomer (UMR 6554 CNRS), de l'Irenav et de la *chaire d'excellence industrielle* Chorus (GIPSA-Lab Grenoble, IUEM) ainsi que les sociétés Terra Maris, Vigie Aviation et Ecocompteur.

Le projet s'articule autour de plusieurs questions :

* La première, liée à la gestion, porte sur les méthodes à mettre en œuvre pour disposer d'une connaissance globale permettant d'évaluer précisément les enjeux liés aux activités humaines en mer côtière ;

* La seconde, scientifique, cherche à intégrer ces méthodes pour favoriser une connaissance globale ;

* Enfin, par sa nature, le projet s'intéresse aux aspects techniques, logistiques liés à la mise en œuvre des méthodes et à l'identification du modèle économique susceptible de les porter.

Il repose par conséquent sur un inventaire des méthodologies de connaissance des activités en mer, sur la mise en œuvre des plus pertinentes d'entre elles dans le contexte de la mer d'Iroise et sur l'utilisation des potentialités offertes par les Infrastructures de données géographiques (IDG) pour les archiver, les porter à connaissance, les diffuser et les représenter.

Le site d'étude pour expérimenter certaines des méthodes explorées est la mer d'Iroise. Ses particularités biologiques, paysagères et humaines lui confèrent en effet un statut particulier remarquable, révélé par l'étendue et la nature des espaces protégés qui s'y appliquent : Parc Naturel Régional, Parc Naturel Marin, Réserve naturelle d'Etat, Réserve de biosphère de l'Unesco,

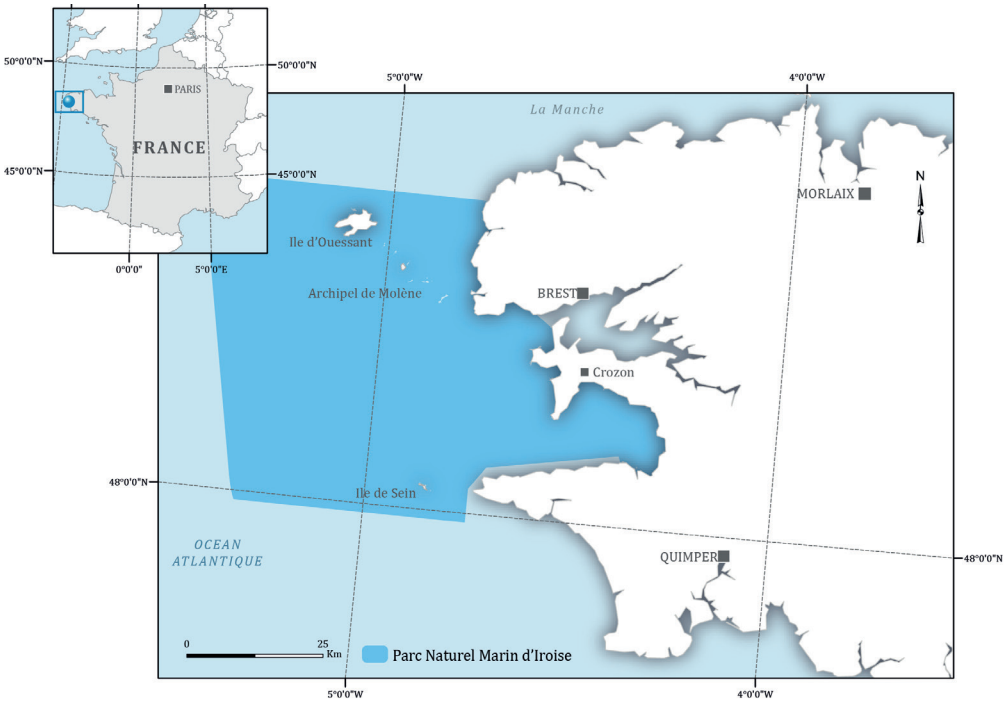


Figure 2. *Le site de la mer d'Iroise*

réserve de chasse et de faune sauvage, sites du Conservatoire du Littoral… De fait, elle représente de longue date un lieu de coopération entre scientifiques et gestionnaires comme en témoigne sa labellisation en tant que Zone atelier de l'INEE (ZABRI)[1], ainsi que la création d'un Groupement d'intérêt scientifique développé conjointement par LETG-Brest Géomer et l'Agence des aires marines protégées, consacré à la fréquentation et à la gouvernance des aires marines protégées (le GIS HomMer).

1. Zone atelier Brest-Iroise, www-iuem.univ-brest.fr/zabri/fr

3 Méthodologie de recherche bibliographique

Cibler une recherche bibliographique dans le volume phénoménal de documents scientifiques disponibles nécessite une méthode bien définie reposant notamment sur un choix de mots-clefs, ainsi que sur l'exploitation de plusieurs moteurs de recherche ciblant des bases de données différentes. pu tirer parti de l'important potentiel de recherche documentaire offert par les bibliothèques universitaires de l'UBO et par la bibliothèque La Pérouse qui nous ouvrent l'accès à plusieurs bases de données documentaires, nationales ou internationales et aux moteurs de recherche associés.

3.1. Choix des mots-clefs

Ils ont été sélectionnés à partir du texte rédigé dans le cadre de notre réponse à l'appel d'offre de la Fondation de France, ainsi qu'à partir de la liste élaborée par Le Corre *et al.* (2011) dans un état de l'art sur les dispositifs de suivi de la fréquentation des espaces marins. Nous en avons d'ailleurs retenu la méthode.

Ces mots-clefs ont d'abord été tous testés seuls, puis en combinaison afin de trouver le meilleur compromis entre le nombre de références identifiées et leur pertinence dans le cadre de CARTAHU. Il est à souligner que nous avons

Tableau 1. *Liste de mots-clefs employés pour la recherche bibliographique*

Comment ?	Quoi ?	Où ?
Observ*	Fréquentation humaine	Sea
Survey	Human activit* (or Use)	Marin*
Monitor*	Boat*	Coast*
Map*	Recreation or Leisure	Isl*
GIS	Sail*	Reef
Model*	Fishing	Park
Aerial	Ship* or Vessel	Reserve
AIS	Tourism*	Sanctua*
VMS	Visit*	Protected area
Acoustic	Trafic	

3.2. Exploration des bases documentaires

Dans un premier temps, nous avons effectué une exploration systématique des bases de données documentaires nationales et internationales les plus pertinentes en regard de notre projet.

Plusieurs bases de données scientifiques ont ainsi été explorées – *ISI Web of Science et Academic Search Premier* (bases internationales), *Cairn et Revue.org* (bases nationales) – ainsi que des bases de données d'éditeurs : *Science direct, SpringerLink, Revue.org, Wiley-Blackwell*.

Enfin une recherche généraliste a été menée sur *Google* et sur *Google Scholar*.

Cette base a été complétée par divers travaux menés dans le cadre des activités du laboratoire LETG-Brest Géomer et au sein de l'Agence des AMP.

* Thèses récentes ou plus anciennes (Le Guyader, 2012 ; De Cacqueray, 2011 ; Le Corre, 2009 ; Le Berre, 2008 ; Peuziat, 2005 ; Le Tixerant, 2004) ;

* Synthèse documentaire sur l'analyse de la fréquentation des aires marines protégées, menée dans le cadre du GIS HomMer (Le Berre *et al.*, 2013 ; Le Corre *et al.*, 2011 ; Brigand *et al.*, 2006) ;

* Synthèse bibliographique sur les technologies opérationnelles pour l'observation des usages de loisir réalisée dans le cadre de la mission Technobs, *Technologies d'Observations du Nautisme dans l'estuaire de la Gironde et les Pertuis charentais* (Guyonnard, 2013) ;

Nous nous sommes alors attachés à rechercher les documents correspondants (articles, mémoires, thèses, rapports) à travers les abonnements de nos bibliothèques (BU et BLP) aux revues électroniques, sur internet (documents en diffusion libre) ainsi que sur les sites web des organismes producteurs. Dans certains cas, nous avons également recherché les documents édités correspondants (ouvrages, rapports ou revues non disponibles sous forme numérique, notamment pour les documents les plus anciens).

Toutes les références identifiées ont fait l'objet d'un examen rapide, mais systématique – analyse des mots-clefs, lecture des résumés – afin de ne conserver que les plus pertinentes dans le cadre de CARTAHU.

Les bibliographies figurant dans les références les plus intéressantes ont ensuite été à leur tour explorées afin de compléter notre collection. En particulier, nous nous sommes intéressés aux références exploitées pour la rédaction de plusieurs états de l'art collectés lors de la recherche bibliographique internationale (Eastern Research Group, 2010 ; Eagles et Buteau-Duitschaever, 2009 ; NOAA, 2005 ; Pelot *et al.*, 2000 ; Hornback et Eagles, 1999).

A l'issue de ce travail, une base de références bibliographiques a été constituée et archivée dans le logiciel de références *Zotero*. Cette base comprend près de 500 références, décrites par un résumé, de brèves annotations utiles au regard de notre projet, des mots-clefs permettant d'effectuer des recherches et la plupart des articles correspondant au format "PDF". A défaut, les versions imprimées de ces références ont été archivées.

Parmi ces références, 438 ont été publiées entre 1990 et 2012 au sein desquelles 376 se rapportent à la spatialisation d'activités humaines littorales et maritimes et nous intéressent donc directement. Au sein des autres publications référencées, il convient de signaler plus de 40 publications de biologie portant sur des méthodologies visant à spatialiser des populations d'oiseaux marins, de cétacés et autres mammifères marins. Elles ont été mentionnées car les méthodes développées ou mises en œuvre peuvent être adaptées à la cartographie des activités humaines.

Tableau 2. *Bilan synthétique de la recherche bibliographique par grand domaine d'activités et par familles de méthodes*

	Données réglementaires et administratives	Logbook	Enquêtes /entretiens	Observation in situ et comptages	Survols aériens	Satellite	Instrumentation (radar, sonar, acoustique, vidéo)	AIS / VMS	Analyse spatiale / modélisation	**Total par activité**
Pêche	16	26	33	14	6			21	10	***126***
Autres exploitations ressources, infrastructures	8									***8***
Surveillance et sécurité du trafic maritime	9		3	1	3	8	36	36	3	***99***
Pratiques de loisirs	10		55	30	25	5	14	1	3	***143***
Autre	5			7	9	10	17	5	9	***62***
Total	***48***	***26***	***91***	***52***	***43***	***23***	***67***	***63***	***25***	***438***

L'évolution du nombre de publications montre un accroissement très sensible à partir de l'année 2004, témoignant ainsi de l'intérêt porté par la communauté scientifique à l'étude et à la caractérisation des activités humaines en mer. Il convient cependant de conserver à l'esprit que le faible nombre de publications identifiées dans les années 1990 peut être en partie lié à l'explosion de l'usage d'Internet depuis les années 2000, le référencement systématique des publications constituant une pratique relativement récente (Koehn et al, 2013).

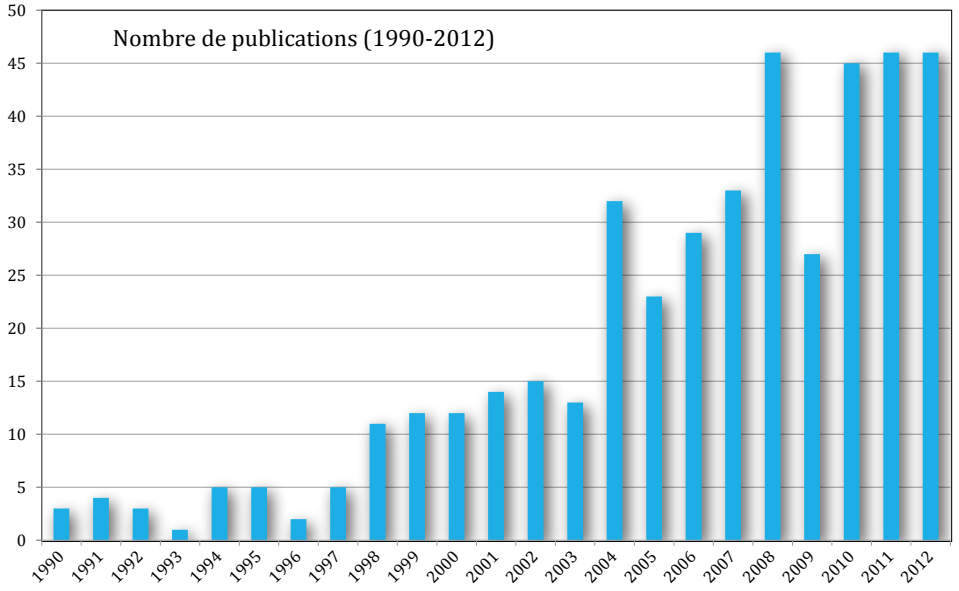


Figure 3. *Chronologie des publications sur la cartographie des activités maritimes*

A défaut de pouvoir en garantir l'exhaustivité, cette base bibliographique nous paraît constituer une assise suffisamment représentative en vue d'établir un bilan des méthodes mises en œuvre pour analyser et cartographier les activités humaines en mer côtière et, par conséquent, pour dégager les plus innovantes ainsi que les principaux verrous scientifiques ou logistiques afin d'en permettre une utilisation opérationnelle.

Nous dressons dans un premier temps un bilan de notre recherche documentaire par activités, avant de nous intéresser plus en détail aux méthodes identifiées et à leurs caractéristiques générales.

4 Comment décrire les activités marines : proposition de classification.

La description d'une activité humaine comporte plusieurs aspects – distribution dans l'espace et dans le temps, ressources visées, nature des supports (embarcations ou infrastructures pérennes), nature des activités enfin – qui permettent de proposer différentes familles d'activités marines.

4.1. Supports et infrastructures

Si le domaine marin constitue naturellement un support pour les activités maritimes, et notamment la navigation, certaines activités nécessitent l'aménagement d'infrastructures pérennes et plus ou moins lourdes.

A l'interface terre-mer se trouvent évidemment les ports qui se prolongent bien souvent en mer par des structures de type mouillages. Leur analyse repose le plus souvent sur des données administratives et réglementaires, mais requiert aussi des compléments ou des mises à jour, notamment pour les mouillages dont la réglementation n'a pas été toujours très stricte (Balaguer *et al.* 2011 ; Nardin *et al.*, 2008). D'autres types d'infrastructures sont traditionnellement implantés sur le domaine maritime et donnent lieu à son aménagement : c'est notamment le cas de l'aquaculture. La délimitation des espaces concernés par cette activité fortement encadrée repose généralement sur l'exploitation des cadastres maritimes qui n'excluent cependant pas de nécessaires compléments et actualisations sur le terrain. Leur déroulement très complexe, dans un contexte de forte intégration économique, nécessite de faire appel aux techniques d'enquêtes des sciences sociales.

La production énergétique, pétrole, gaz et, plus récemment, énergies marines renouvelables se traduit par d'importants aménagements en mer comme à terre qui sont régis et contrôlés par la réglementation. Les zonages spécifiques correspondants figurent parmi les données les plus aisées à collecter. Elles n'excluent cependant pas toujours d'autres pratiques, professionnelles ou récréatives, sur leurs abords ou au sein des zonages considérés.

Pour le reste, l'activité repose sur des supports mobiles : principalement les bateaux mais également des supports spécifiques (planches, kayak, jet-ski…) dans le cas d'activités de loisir. Ceux-ci présentent des caractéristiques très variées selon les domaines d'activité (commerce, pêche, plaisance) et il est relativement difficile d'établir une typologie unique. Par exemple si les typologies associées aux bateaux de plaisance reposent sur la caractérisation des embarcations elles-mêmes (propulsion, taille, etc.), celles de la pêche sont souvent basées sur les engins utilisés (qui peuvent évoluer au gré des marées et des saisons).

4.2. Exploitation d'une ressource

Dans les études que nous avons recensées, les activités peuvent se distinguer en fonction de la ressource qu'elles exploitent ainsi que de la nature de cette exploitation selon qu'elle conduit à un prélèvement ou non.

Il peut s'agir de ***ressources vivantes*** – cas de la pêche ou de l'aquaculture – pour lesquelles s'impose alors un double défi d'analyse de la ressource et de celle de l'activité. De manière un peu paradoxale, on constate d'ailleurs que les sciences du vivant semblent plus avancées et fournissent davantage de données sur les habitats, les populations ou les espèces visées que sur l'activité exploitante elle-même.

Il peut également s'agir de ***ressources non-vivantes,*** parmi lesquelles on identifie de manière assez prégnante dans la littérature les ressources minérales (granulats marins, hydrocarbures) qui font l'objet d'un prélèvement et celles en fort développement d'exploitation des énergies marines (houles, courants, vents), considérées comme renouvelables. Ces activités sont généralement analysées au travers de données juridiques, et administratives qui encadrent les modalités de pratique (zones et périodes réglementées, concessions...), ainsi que les volumes prélevés (statistiques ou permis d'exploitation).

Mais le développement des activités récréatives conduit également à examiner d'autres modalités d'exploitation des ressources marines et littorales, reposant souvent sur la seule fréquentation voire la contemplation des paysages littoraux et de leurs caractères les plus spécifiques ou exceptionnels. Un plan d'eau à l'interface terre-mer, une plage, un estuaire, une côte à falaise, des grottes marines, une espèce (*whale* ou *bird watching*) peuvent en effet être considérés comme une ressource. Ce type de ressource peut même prendre une dimension immatérielle si l'on considère des notions telles que le « désir de rivage », la vue sur mer, la recherche de la nature… Si ces activités ne conduisent pas à un ***prélèvement***, cela ne signifie pas pour autant que leurs effets, ou leurs impacts puissent être négligés.

4.3. Activités encadrées

L'essentiel des activités professionnelles (pêche professionnelle, transport maritime, certaines activités nautiques) sont décrites et encadrées par de nombreuses données réglementaires et administratives. Ces activités font de surcroît l'objet d'une étroite surveillance, en voie de systématisation, à des fins notamment de sécurité de la navigation et des personnes, ou de protection de la ressource (politique européenne des pêches) : observation par les sémaphores traditionnellement, suivi radar et désormais suivi par géolocalisation.

Le ***transport maritime*** en particulier voit se généraliser les pratiques de suivi et d'identification automatique des navires, notamment par AIS (*Automated Identification System*). Les applications sont nombreuses en termes de cartographie des activités humaines et en particulier dans les aires marines protégées. Ces données permettent de décrire le déroulement spatio-temporel d'une activité jusque récemment surtout décrite par les données statistiques sur le trafic portuaire et les tonnages de marchandises transportées ou débarquées. La cartographie des zones fréquentées reposait alors beaucoup sur l'exploitation des données réglementaires décrivant les voies et chenaux de navigation.

Cependant, il convient de vérifier la disponibilité effective de ces données à des fins de cartographie, ainsi que les difficultés méthodologiques que leur exploitation soulève.

Autre activité fortement encadrée, la **pêche professionnelle**, bénéficie également de ce type de dispositifs (AIS ou, plus spécifiquement pour la pêche, VMS – *Vessel Monitoring System*) qui, toutefois, ne s'appliquent pas à tous les navires. Ceux de moins de 12 mètres par exemple, qui pratiquent en général la pêche côtière, ne sont pas encore systématiquement équipés de balises[2]. De plus, si les positions, voire les territoires de pratique de ces activités peuvent être globalement décrits, la description du déroulement des activités halieutiques à une échelle fine est plus délicate. Par exemple dans le Système d'information halieutique de l'Ifremer[3], les données sont collectées à l'échelle de carrés statistiques pertinents pour une analyse à l'échelle d'une façade maritime mais beaucoup moins à l'échelle de la bande côtière. En complément, l'exploitation des journaux de bord (ou *logbooks*), dont la mise à jour par les pêcheurs ou par des observateurs à bord constitue une obligation réglementaire, figurent en bonne place parmi les méthodes employées pour décrire plus précisément le déroulement des activités de pêche.

2. Ainsi l'équipement d'une balise VMS constitue une obligation réglementaire qui ne s'impose qu'aux navires de pêche de plus de 12 m. La proportion de la flottille suivie par ce dispositif ne concerne d'ailleurs qu'à peine 20% des flottilles en France.
3. http://sih.ifremer.fr/

Cependant, ces données sont surtout produites dans l'objectif de contribuer à l'évaluation des stocks et non pas de permettre la description spatiale de l'activité de pêche. Elles posent par ailleurs des questions d'accessibilité liées aux enjeux (concurrences, confidentialité) d'une activité à vocation économique.

C'est pourquoi, de nombreuses études ont recours à des méthodes des sciences sociales (enquêtes, entretiens, approches participatives) qui permettent, sur une base déclarative de décrire plus finement l'activité, les ressources ciblées, les outils employés ainsi que son déroulement dans l'espace et dans le temps. Ces méthodes présentent quant à elles l'inconvénient de comporter des biais liés à la nature, à l'objectivité des déclarations fournies et nécessitent dans tous les cas de soigneuses vérifications croisées exploitant les autres sources de données (observation, etc.).

4.4. Activités non encadrées

A l'exception notable de celles encadrées par les centres nautiques, la majeure partie des activités récréatives constituent des pratiques individuelles sur lesquelles la collecte de données s'avère particulièrement complexe. De nombreuses recherches leur sont d'ailleurs consacrées.

* Elles reposent sur l'exploitation des quelques données réglementaires les concernant (immatriculations des embarcations), mais qui ne fournissent pas d'information sur le déroulement et la distribution spatiale de celles-ci ;

* Des méthodes d'observation directe sont fréquemment employées, depuis la terre, depuis la mer ou le ciel (photographie aérienne, imagerie satellitaire, plus fréquemment survols). Méthodologiquement parlant, elles posent la question des stratégies d'échantillonnage, une observation permanente ne pouvant dans la plupart des cas être envisagée (coût, personnel, contraintes de visibilité selon la météorologie ou l'heure, etc.), ainsi que diverses questions techniques et opérationnelles (ne serait-ce que celle du coût d'acquisition de données par ces méthodes) ;

* Les techniques d'enquêtes issues des sciences humaines et sociales permettent également de collecter des données détaillées, mais les résultats peuvent comporter des biais non négligeables et relativement difficiles à apprécier. Ces méthodes vont de la simple enquête par questionnaires, pouvant ou non donner lieu à une spatialisation, jusqu'à des méthodes combinées « à dires d'acteurs » ou participatives où les usagers sont invités à cartographier leurs activités et à en présenter le déroulement temporel, souvent à partir d'un support SIG (*participatory GIS*) ;

* La distribution souvent aléatoire des pratiques récréatives, ainsi que le caractère intermittent des méthodes d'observation, rend difficile la production d'une cartographie représentative des activités ;

* Les activités non encadrées et non consommatrices de ressources (plaisance, loisirs nautiques), sont les moins souvent représentées. En effet, la collecte de données sur ces activités et leur cartographie posent plusieurs types de difficultés en raison de la faible organisation des groupes d'usagers liée au caractère individuel de la pratique, mais également de l'opinion relativement répandue, bien qu'erronée, que ces usages ne sont pas aussi économiquement « rentables » que les activités industrielles, commerciales ou de pêche et que leur impact sur l'environnement marin et littoral est négligeable.

4.5. Typologie générique adoptée dans CARTAHU

Sur la base de ces considérations, nous avons adopté une typologie permettant de décrire les activités maritimes de manière suffisamment générique pour pouvoir être exploitée dans divers contextes littoraux.

La base de références scientifiques, mais également l'expérience acquise par LETG-Brest Géomer dans le cadre de différents travaux (contrats, projets, thèses) ont permis de collecter un panel représentatif des typologies employées dans le cadre d'études scientifiques visant à caractériser qualitativement et/ou quantitativement, à cartographier et à modéliser les activités humaines en mer côtière. Cet inventaire a mobilisé également le catalogue du Parc Naturel Marin d'Iroise, géré par l'Aamp.

L'un des écueils auquel nous avons été confronté, a été de réussir à fondre dans un ensemble cohérent les typologies hiérarchiques (voir fig. 4) développées dans le cadre des travaux d'observation et de connaissance des activités de loisir (Brigand et Le Berre, 2007 ; Le Corre *et al.*, 2011 ; Le Corre *et al.*, 2012 ; Le Berre, 2008) avec celles employées pour la modélisation des activités encadrées en mer côtière (Le Tixerant, 2004 ; Le Guyader, 2012). Se posaient en effet des difficultés d'articulation entre des typologies orientées métier comme pour la pêche, ou support (embarcation) comme pour la plaisance.

C'est en définitive un modèle relationnel qui a été adopté (fig. 5). Il repose sur le concept « d'activité unitaire », activité considérée comme indivisible ayant un déroulement spécifique dans l'espace et dans le temps, dont la description peut être réalisée par une série de descripteurs communs (taille, propulsion, statut, types de supports, etc.) pouvant constituer des filtres (clés de classement) pour renseigner et élaborer des requêtes.

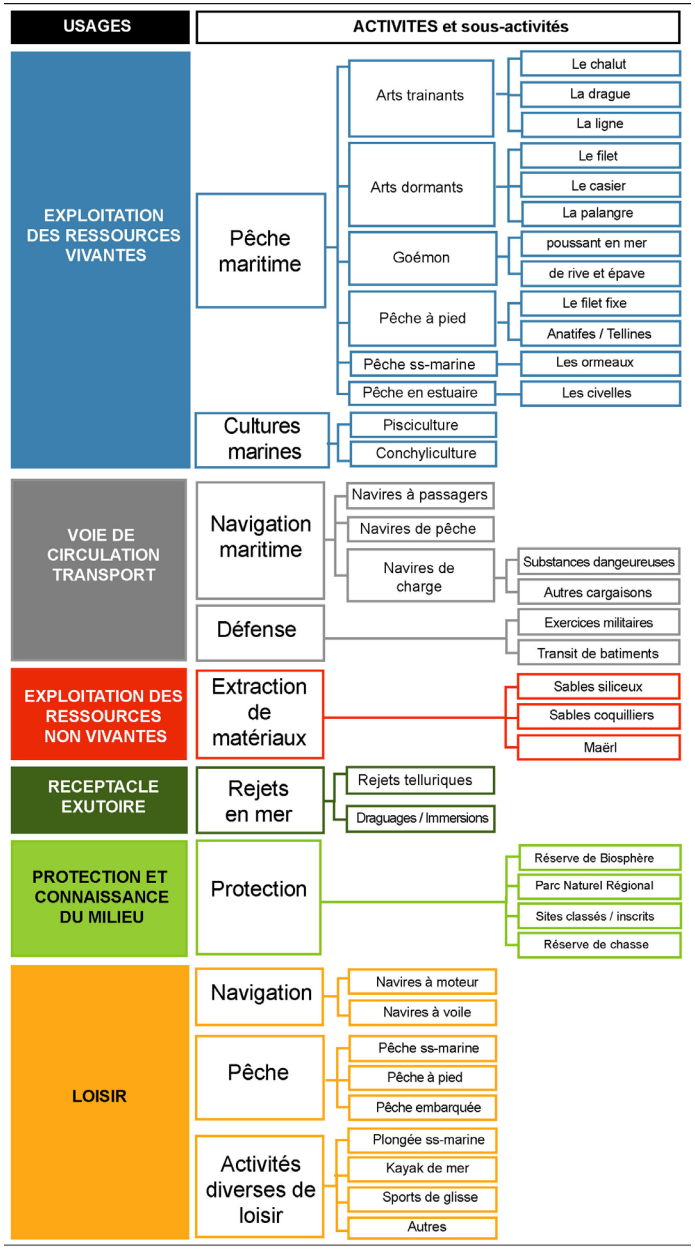


Figure 4. *Exemple de typologie hiérarchique (d'après Le Tixerant, 2004)*

Cette approche présente plusieurs avantages : elle offre une grande souplesse dans la description des activités, notamment par des méthodes emboîtées adaptées à une représentation multi-scalaire. Elle permet de personnaliser les descripteurs attachés à chaque type d'activité en évitant de contraindre trop fortement leurs combinaisons. Elle constitue de plus un moyen tout à fait commode pour intégrer la description des activités à un outil de représentation cartographique dynamique permettant de mettre en œuvre des fonctions de requêtes thématiques, logiques et spatio-temporelles. Ainsi, employée au sein de l'infrastructure de données géographiques *Indigéo*[4], cette approche permettra à terme d'utiliser ces descripteurs comme des filtres afin de produire des cartes à la demande (par exemple celle des activités professionnelles, celle des embarcations inférieures à 12 mètres…).

4 Infrastructure de Données Spatiales (IDS) dédiée à la recherche et l'observation scientifique de l'environnement dans l'ouest : http://www.indigeo.fr/

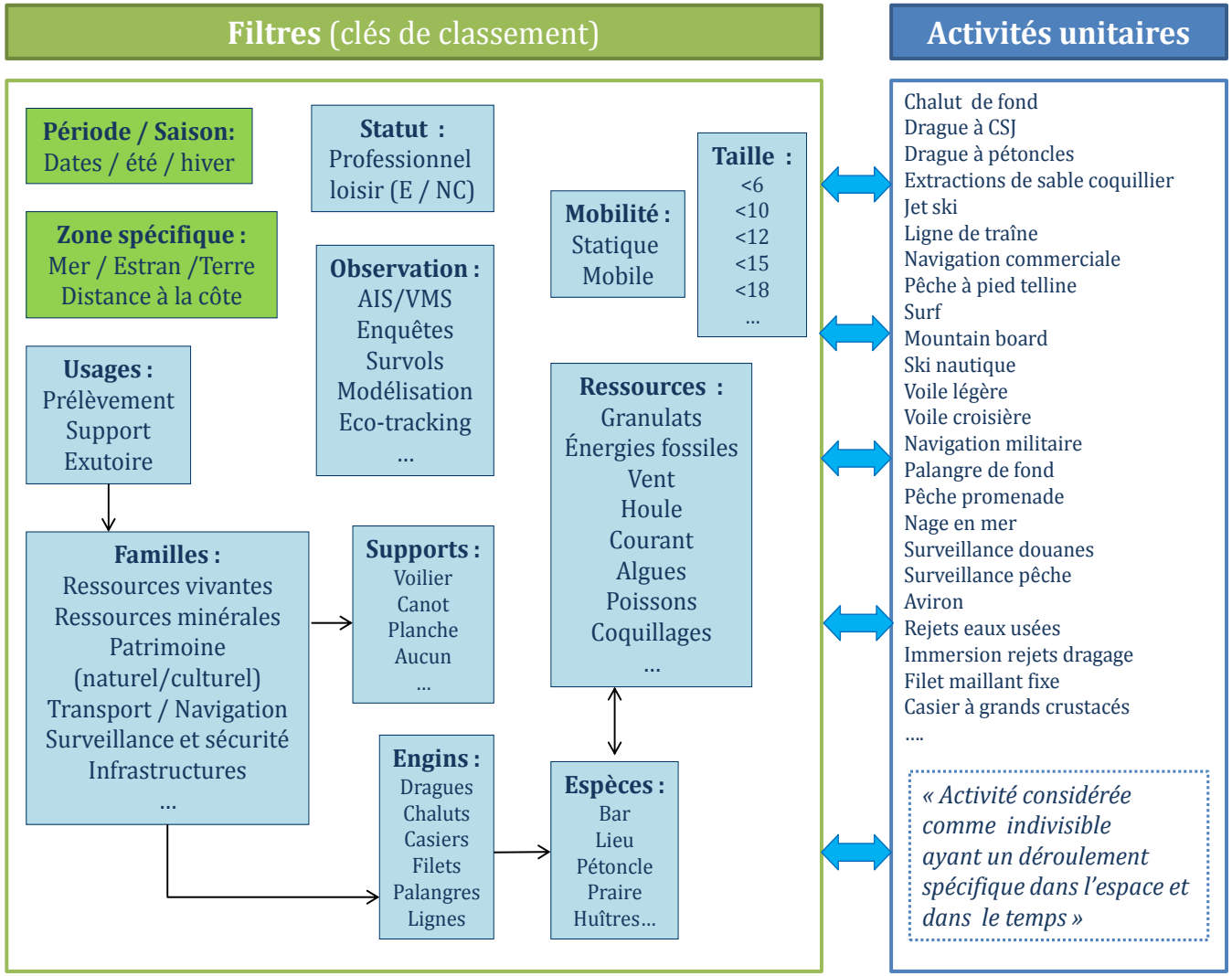


Figure 5. *Extrait de la typologie relationnelle des activités humaines en mer côtière adoptée pour* CARTAHU

5 Catégorisation et caractérisation des méthodes identifiées

L'observation des activités maritimes nécessite la mise en œuvre de techniques appropriées et souvent spécifiques. Considérant le caractère souvent partiel de l'information recueillie à partir de chacune des méthodes identifiées, ce sont le plus souvent des bouquets de méthodes qui doivent être employés de manière à aboutir à une vision globale des activités. De plus, certaines méthodes peuvent permettre la collecte de plusieurs types de données (spatiales, temporelles, quantitatives et qualitatives).

Il est donc relativement difficile d'établir une classification stricte des méthodes, mais il nous a semblé important d'identifier les grandes catégories en fonction des principaux objectifs poursuivis.

5.1. Catégories de méthodes

Selon les états de l'art, les classifications des méthodes diffèrent : par domaine d'activités (Eastern Research Group, 2010), par type de données collectées (quantitatives, qualitatives, spatiales, temporelles), par leur caractère opérationnel de la plus expérimentale à la plus éprouvée (Eagles & Buteau-Duitschaever, 2009), en fonction de la séquence instantanée ou continue de collecte des données (Cessford & Burns 2008), de son échelle locale, par échantillonnage ou exhaustive (Hornback & Eagles, 1999), selon qu'elles proviennent d'observations directes ou indirectes, ou de l'exploitation de données existantes comme dans les méthodes dites dasymétriques ou probabilistes (Pelot, et al 2006).

Nous nous sommes, pour notre part, attachés à différencier les méthodes à partir du type de données qu'elles permettent de collecter. Ainsi, suivant Le Corre *et al.* (2011), on peut distinguer des approches qualitatives, quantitatives ou comportementales, auxquelles nous avons ajouté la dimension spatiale.

Sur cette base fonctionnelle, les méthodes ont été parfois privilégiées par rapport aux vecteurs (ou supports/techniques) d'observation. Par exemple, le ballon captif ou le cerf-volant qui sont des supports d'observation sont associés aux méthodes de comptage *in situ.*

Les catégories retenues ne correspondent pas nécessairement à une complexité croissante mais à des domaines scientifiques variés pour lesquels les méthodes apparaissent plus ou moins matures. Nous distinguerons ainsi :

* **Les méthodes visant à quantifier des effectifs** (nombre de bateaux de plaisance par exemple) ou la fréquentation d'espaces marins : les chiffres issus de l'approche quantitative sont indispensables à la compréhension de la fréquentation des espaces marins, notamment pour la mise en évidence d'intensités et de densités de pratique des activités. Cependant, les difficultés méthodologiques de mise en œuvre des comptages sont nombreuses en mer, car nous sommes en présence d'espaces ouverts, étendus, et présentant parfois une géographie complexe comme dans le cas de certaines rades, baies ou archipels. Une large part des méthodes relève encore aujourd'hui du domaine expérimental. Deux types de comptages peuvent être distingués : les comptages directs, qui reflètent la réalité de terrain instantanée ou dynamique (de type étude de fréquentation) ; les comptages indirects, qui révèlent des tendances, des ordres de grandeurs, ou une évaluation relative de la fréquentation.

* **Les méthodes visant à qualifier la fréquentation des espaces marins.** Si l'aspect quantitatif est indispensable, il n'aurait de sens sans informations permettant de caractériser la fréquentation, les usagers et les pratiques. Les questions posées et les thèmes abordés visent à connaître les différentes populations d'usagers, leur perception du site, leurs attentes, leurs propositions. Ces méthodes, basées sur la réali-

sation d'enquêtes, relèvent des sciences humaines et sociales telles que la géographie, la sociologie ou l'anthropologie. L'élaboration des enquêtes, leur conduite et leur analyse répondent à des principes scientifiques rigoureux, et il convient ici de noter le grand nombre d'expériences menées dans les sites littoraux protégés par des organismes non spécialisés et comportant des biais d'échantillonnage et d'interprétation importants.

* **Les méthodes visant à caractériser les comportements des usagers sur les sites.** L'approche comportementale des usages est essentiellement basée sur des observations, participantes ou non, impliquant le plus souvent une forte immersion du chercheur sur son site d'étude. Elle prend en compte de façon approfondie la diversité des acteurs et de leurs pratiques, apportant les clés de compréhension des phénomènes de fréquentation indispensables à la caractérisation fine des systèmes de fréquentation. L'approche comportementale est également une composante intéressante dans les réflexions sur la gouvernance des sites protégés.

* **Les méthodes visant à caractériser le déroulement des activités.** Le plus souvent basées sur les méthodes et les outils de la géomatique, ces méthodes ambitionnent de restituer la distribution instantanée ou dynamique des activités maritimes. Avec l'appui de méthodes de modélisation, elles peuvent permettre de simuler le déroulement spatio-temporel de ces activités.

5.2. Choix des indicateurs pour décrire ces méthodes

Le principe général adopté pour l'évaluation de l'apport de chaque méthode à la cartographie des activités maritimes repose sur un choix d'indicateurs, attribués sur la base de l'expérience acquise par LETG-Brest Géomer, des expériences conduites et de la recherche documentaire effectuée dans le cadre de CARTAHU.

5.2.1. Deux catégories d'indicateurs

Deux catégories d'indicateurs sont retenues :

* la première s'attache à décrire **la fonction de chaque méthode**, selon la nature des données collectées (quantitative, qualitative, comportementale, spatiale, temporelle)

Tableau 3. *Fonctions des méthodes*

Quantitatif	méthodes de comptage
Qualitatif	méthodes permettant de caractériser les supports et, éventuellement, leurs usagers
Comportemental	méthodes permettant de décrire les usages des pratiquants
Spatial	méthodes permettant de décrire la répartition spatiale des activités
Temporel	méthodes permettant de décrire l'évolution temporelles des activités

* La seconde décrit **l'opérationnalité de chaque méthode** en considérant son adaptation au contexte de l'observation des activités maritimes et les difficultés techniques, logistiques, pratiques et éthiques liées à sa mise en oeuvre.

Tableau 4. *Indicateurs d'opérationnalité*

Méthodologie	Définit en partie l'opérationnalité technique par le niveau de développement et la complexité des méthodologies à mettre en œuvre pour collecter les données d'observation. *Par exemple : le traitement des données de télédétection requiert des compétences particulières dont certaines restent à développer.*
Technologie	Définit en partie **l'opérationnalité technique** par la disponibilité, le niveau de développement et la complexité de mise en œuvre de l'instrumentation à mettre en œuvre pour collecter les données d'observation. *Par exemple : les technologies liées à l'utilisation de compteurs automatiques nécessite des développements en vue de leur application aux activités maritimes.*
Personnel	Définit en partie **l'opérationnalité logistique** par la disponibilité et le nombre de personnel requis pour la mise en œuvre de la méthode. *Par exemple : les techniques de comptage* in situ *nécessitent de mobiliser de nombreux observateurs, disponibles pendant toute la durée de la campagne.*
Déploiement	Définit en partie **l'opérationnalité logistique** par les moyens à mettre en œuvre pour le déploiement de la méthode et de l'instrumentation liée. *Par exemple : le déploiement d'appareils d'acoustique sous-marine nécessite de mobiliser des moyens à la mer (bateau + équipage + plongeurs).*
Disponibilité	Part de **l'opérationnalité pratique** liée à la disponibilité des données sur étagère. *Par exemple : les données des sémaphores sont disponibles, sous réserve d'obtenir une convention avec la FOSIT.*
Traitement	Part de **l'opérationnalité pratique** liée à la complexité des traitements à mettre en œuvre et à la consommation de ressources (temps, capacité de calcul) requises pour prétraiter et analyser les données collectées. *Par exemple : le traitement des données AIS requiert des compétences particulières en géomatique.*
Archivage/ gestion	Part de **l'opérationnalité pratique** liée aux capacités d'archivage à mobiliser pour archiver et gérer les données collectées. *Par exemple : les données acoustiques ou vidéo nécessitent de grandes capacités d'archivage.*
Ethique	La mise en œuvre de certaines méthodes peut, par certains aspects, s'apparenter à de la surveillance et soulève de fait d'importantes questions liées à la liberté individuelle et à l'acceptation individuelle ou sociale de leur déploiement.

5.2.2. Cotation des indicateurs

Nous avons pris le parti de la simplicité. Certains indicateurs pourraient certainement faire l'objet de quantifications, éventuellement monétaire mais, compte tenu des objectifs poursuivis dans ce projet, nous avons considéré que cela alourdirait l'évaluation sans apporter de contribution significative.

Partant de ce principe, la cotation repose sur trois valeurs possibles (voir tableau 5 p.77):

* 0, méthode inappropriée ;
* 1, méthode appropriée dans certains cas;
* 2, méthode appropriée.

5.2.3. Type d'usage observé par méthode

Afin de décrire les types de trafics ciblés par chaque méthode, six catégories d'usages ont été retenues : transport maritime, pêche, plaisance motorisée, voile, loisirs nautiques (incluant kayak, sports de glisse, etc.) ; les autres usages sont rapportés à une même catégorie.

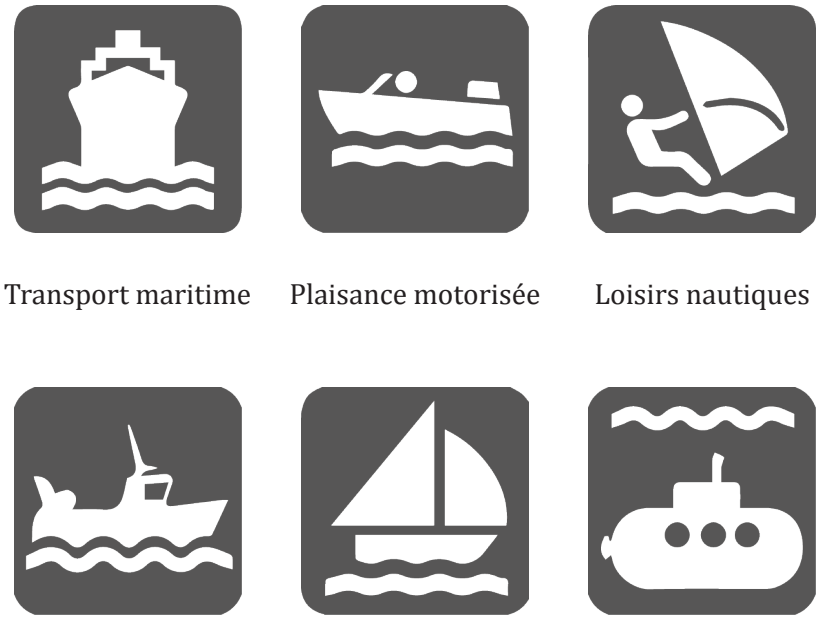


Figure 6. *Catégories d'usages observés*

La coloration des pictogrammes indique le caractère approprié ou pas de la méthode présentée pour l'observation de ces catégories d'usage :

Bleu : méthode appropriée ;

Orange : méthode appropriée dans certains cas ;

Gris : méthode inappropriée.

6 Description des méthodes

Une fiche descriptive a été élaborée pour chaque méthode identifiée. Celles-ci doivent permettre de présenter les méthodes (principe, domaines d'application, avantages, inconvénients, mots clés, bibliographie) et d'en apprécier les conditions d'exploitation (indicateurs de fonction, d'opérationnalité et du type de trafic observé).

6.1. Compter : méthodes de quantification

Un premier niveau de questionnement réside dans l'évaluation du niveau de fréquentation de la mer côtière par les différentes catégories d'usagers. Pour ce faire, on peut distinguer les méthodes indirectes, pouvant être mise en œuvre relativement rapidement et à coût modéré, notamment car elles reposent sur des données existantes (mais pas toujours disponibles…), des méthodes directes qui nécessitent soit du personnel, soit la mise en place d'instruments de comptages.

6.1.1. Registres d'immatriculation des bateaux

Principe

Toutes les embarcations font l'objet d'une déclaration et d'un enregistrement administratif auprès des Affaires Maritimes. Un registre d'immatriculations est donc entretenu par cette administration.

Domaines d'application

Son exploitation peut fournir une évaluation du nombre de bateaux immatriculés et de l'évolution des immatriculations dans le temps.

Cette donnée a été exploitée dans le cadre de travaux portant sur les activités récréatives (Jollit, 2010), notamment pour le programme PAMPA. Elle a également été mise en œuvre dans CARTAHU sur le département du Finistère (Perras *et al.*, 2014).

Le principe d'analyse est aussi évoqué dans la littérature internationale (Eagles et Buteau-Duitschaever, 2009; Pelot, 1999 ; Sidman *et al.*, 2005)

Avantages

Cette donnée est mise à jour par l'administration. Elle décrit à la fois les caractéristiques des embarcations et celles de leur propriétaire (lieu de résidence, âge, catégorie socioprofessionnelle, etc.). Elle permet de suivre précisément les nouvelles immatriculations ou mutations de bateaux.

Son traitement ne requiert pas de compétences particulières autres qu'en statistiques descriptives.

Inconvénients

En France, l'immatriculation des embarcations, notamment de plaisance, n'est pas obligatoirement modifiée lorsque le bateau est vendu. Elle n'est pas non plus supprimée lorsque le bateau est abandonné ou démoli. Si l'exploitation des données annuelles permet d'établir des bilans et de suivre l'évolution des immatriculations, l'exploitation des données historiques, agrégées, est beaucoup plus délicate. En effet, cette donnée surestime largement la flottille en activité, sans qu'il soit possible d'en évaluer l'ampleur (Perras *et al.*, 2014).

Surtout, le choix du quartier maritime d'immatriculation est laissé à la libre appréciation du propriétaire : un navire immatriculé à Toulon peut appartenir à un propriétaire du Guilvinec et être mis au mouillage dans cette localité. Cela pénalise l'analyse de la distribution géographique de la flottille (Perras *et al.,* 2014).

Par ailleurs, il convient de s'assurer des conditions d'accès à ce type de données. L'utilisation des données sur la vente de bateaux (par les constructeurs) présente les mêmes limites.

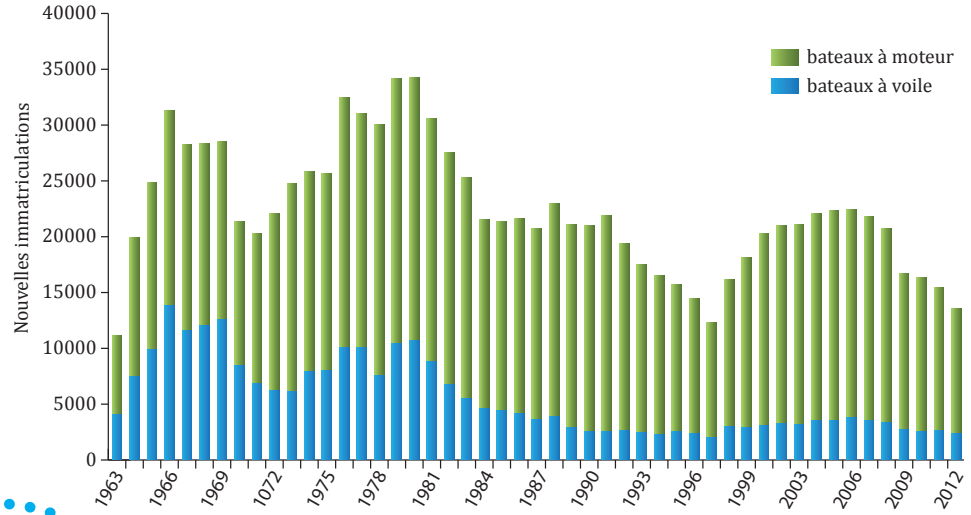
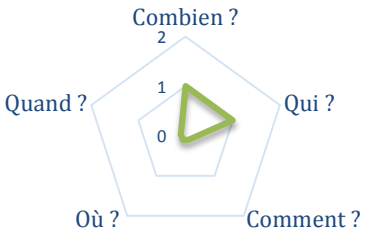


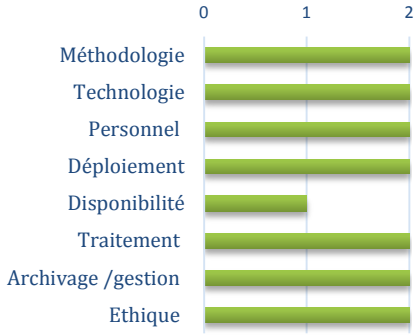
Figure 7. *Nouvelles immatriculations des navires de plaisance (Source : DGITM)*

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Quantitatif
Qualitatif
Données des administrations
Immatriculation
Plaisance
Historique

Bibliographie indicative

★ Eagles, P.F., Buteau-Duitschaever, W., 2009. *Options for Visitor Monitoring for National Marine Conservation Areas in Canada*. Université de Waterloo, Gatineau, Quebec, Canada. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/FinalReportonNMCAVisitorMonitoring.pdf

★ Jollit, I., 2010. *Spatialisation des activités humaines et aide à la décision pour une gestion durable des écosystèmes coralliens : la pêche plaisancière dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle- Calédonie.* Thèse de doctorat, Université de Nouvelle-Calédonie.

★ Perras L., Peuziat I., Le Berre I., 2014. «Comment compter la flotte de plaisance active ? Conditions d'exploitation du registre d'immatriculation». Rapport Cartahu, LETG-Brest Géomer, IUEM-UBO, 28 p.

★ Pelot, R., 1999. *Marine Activity in the Bay of Fundy.* Report No. 1999-01, Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University. http://www.marin-research.ca/pdf/1999-01.pdf

★ Sidman, C., Swett, R.A., Fik, T., Fann, S., Fann, D., Sargent, B., 2005. *A Recreational Boating Characterization for the Greater Charlotte Harbor*. Florida Sea Grant, University of Florida. http://nsgl.gso.uri.edu/flsgp/flsgps05004.pdf

6.1.2. Données relatives aux permis et aux licences de pratique d'une activité professionnelle, récréative ou touristique

Principe

La pratique de certaines activités professionnelles, récréatives ou touristiques nécessite de disposer d'un permis ou d'une licence (ex : licence de pêche sur un gisement classé, permis bateau…). Le traitement de ces données permet de disposer d'informations générales sur l'évolution du nombre de pratiquants.

Domaines d'application

L'exploitation de ce type de données est souvent mentionnée dans la littérature scientifique, tout particulièrement lorsque les territoires considérés sont des espaces naturels protégés (Eagles et Buteau-Duitschaever, 2009; Hornback et Eagles, 1999).

En plus du recensement et de la quantification de certains types d'usages, l'accès à cette donnée peut servir de base à la réalisation d'enquêtes auprès des usagers d'un espace maritime (Sidman *et al.*, 2005 ; Hellin *et al.*, 2011).

Avantages

Données préexistantes, régulièrement mises à jour (généralement tous les ans), simples à traiter.

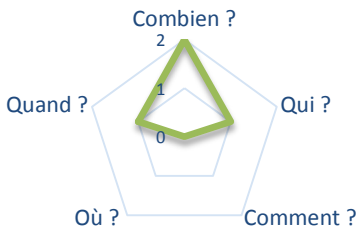
Inconvénients

Le nombre de permis ou de licences ne reflète pas toujours la fréquentation réelle, mais simplement le nombre de pratiquants auxquels un permis ou une autorisation a été délivré. Par nature, cette donnée ne couvre que les activités un tant soit peu encadrées.

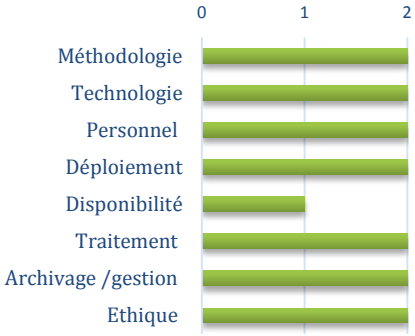
Les données ne sont pas toujours rattachées à un espace géographique spécifique (résolution spatiale faible). Il est donc assez hasardeux de réaliser des extrapolations statistiques à partir de celles-ci.

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Quantitatif
Qualitatif
Données des administrations
Historique
Plaisance
Pêche

Bibliographie indicative

★ Eagles, P.F., Buteau-Duitschaever, W., 2009. *Options for Visitor Monitoring for National Marine Conservation Areas in Canada*. Université de Waterloo, Gatineau, Quebec, Canada. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/FinalReportonNMCAVisitorMonitoring.pdf

★ Hellin, D., Wiggin, J., Uiterwyk, K., Starbuck, K., Napoli, N., Terkla, D., Watson, C., Roman, A., Roach, L., 2011. *Massachusetts Recreational Boater Survey 2010: Final Report*, Technical Report No. #03.UHI.11, Submitted to the Massachusetts Ocean Partnership. http://www.maboatersurvey.com/

★ Hornback, K.E., Eagles, P.F., 1999. *Guidelines for public use measurement and reporting at parks and protected areas*, WCPA, IUCN, Gland, Cambridge. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/HornbackandEaglesPublicUseMeasurementGuidelines.pdf

★ Sidman, C., Swett, R.A., Fik, T., Fann, S., Fann, D., Sargent, B., 2005. *A Recreational Boating Characterization for the Greater Charlotte Harbor*. Florida Sea Grant, University of Florida. http://nsgl.gso.uri.edu/flsgp/flsgps05004.pdf

6.1.3. Données des transporteurs maritimes de passagers

Principe

Méthode basée sur les données officielles produites par les transporteurs maritimes, notamment le nombre d'achats de billets d'embarquement et le nombre de rotations des navires.

Domaines d'application

Ces données décrivent avant tout la fréquentation des lignes régulières de transport de passagers (dessertes insulaires, promenade en mer, observations de la faune ou de la flore etc.). Elles permettent donc d'évaluer l'intensité du trafic maritime lié (Brida *et al.*, 2012), mais aussi parfois le niveau de fréquentation des destinations des lignes considérées (Davenport et Davenport, 2006; Diedrich, 2010).

Avantages

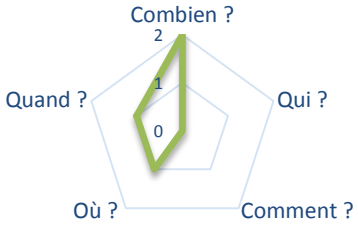
Données qui constituent une base efficace pour quantifier la fréquentation organisée de certains espaces littoraux, notamment espaces insulaires, et ses variations temporelles ; à la condition que le nombre de rotations des embarcations soit rigoureusement comptabilisé et transmis par les transporteurs.

Inconvénients

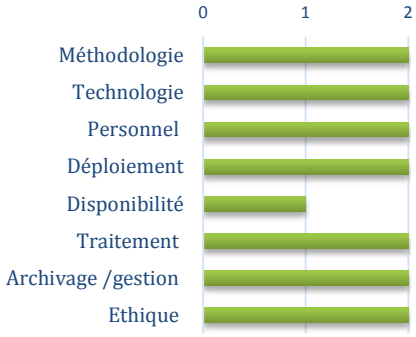
Données purement quantitatives parfois difficiles à obtenir, surtout à l'échelle quotidienne pour des raisons de confidentialité (Brigand *et al.*, 2006).

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Quantitatif
Transport maritime
Fréquentation

Bibliographie indicative

★ Brida, J.G., Pulina, M., Riaño, E., Zapata-Aguirre, S., 2012. "Cruise passengers' experience embarking in a Caribbean home port. The case study of Cartagena de Indias". *Ocean & Coastal Management* 55, 135–145. doi:10.1016/j.ocecoaman.2011.10.003

★ Brigand, L., Le Berre, S., Peuziat I., 2006. *Connaître et suivre les usages maritimes récréatifs en mer d'Iroise. Élaboration de méthodologies spécifiques pour la mise en place d'un observatoire marin.* Rapport Laboratoire Géomer, Université de Bretagne Occidentale, Mission pour un Parc Marin d'Iroise. 73 p. http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00192782

★ Davenport, J., Davenport, J.L., 2006. "The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67, 1-2, 280-292. doi:10.1016/j.ecss.2005.11.026

★ Diedrich, A., 2010. "Cruise ship tourism in Belize: The implications of developing cruise ship tourism in an ecotourism destination". *Ocean & Coastal Management* 53, 234–244. doi:10.1016/j.ocecoaman.2010.04.003

6.1.4. Comptages in situ des activités nautiques

Principe

Des comptages manuels sont réalisés pour identifier et quantifier la fréquentation des sites, les activités nautiques ou le nombre d'embarcations au mouillage.

Domaines d'application

Observation et comptage du trafic dans les chenaux, les entrées des ports, comptage de bateaux à l'ancre, identification et quantification des bateaux sur remorque mis à l'eau à partir des cales (Brigand *et al.*, 2006 ; Gray *et al.*, 2010).

Selon les caractéristiques des sites, les comptages peuvent s'effectuer depuis la terre à partir d'un ou plusieurs points en simultané (Smallwood et Beckley, 2012 ; Pelot *et al.* 2000), ou bien en mer depuis une embarcation (Dalton *et al.*, 2010), voire depuis un cerf-volant (Guyonnard, 2013).

Méthode appropriée pour valider ou calibrer les observations réalisées par d'autres méthodes (Eastern Research Group, 2010 ; Cessford et Muhar, 2003).

Avantages

Outre l'aspect quantitatif, les données acquises permettent d'aboutir à des cartes de fréquentation nautique « statiques » (fréquentation à un instant T) ou dynamiques (quantification des flux de fréquentation sur un temps plus long) de l'espace marin considéré. Cette méthode permet aussi une caractérisation fine des différents types d'activités ou d'embarcations observés.

Inconvénients

Méthode d'observation difficile à entretenir de manière permanente, qui nécessite donc d'être reproduite régulièrement selon un protocole fortement standardisé (à partir de journées types par exemple) de façon à pouvoir lisser les données dans le temps et généraliser les résultats.

Le choix des périodes d'échantillonnage doit faire l'objet d'une réflexion préalable et personnalisée selon les sites et la nature du trafic considérés.

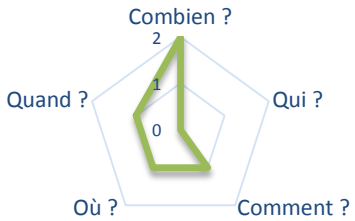
Nécessite un important travail préalable d'identification des lieux d'observation les plus pertinents en regard des activités et des sites maritimes étudiés : points de vue remarquables à terre, sortie des ports, cales de mise à l'eau à terre, site de mouillage.

Méthode nécessitant une main d'œuvre importante et une bonne coordination des observateurs.

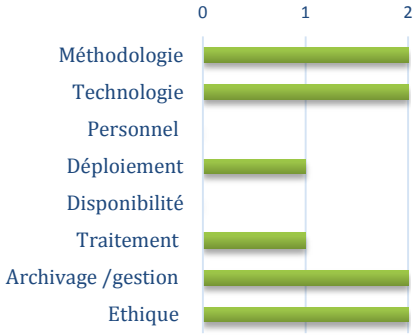
La précision des comptages décline avec l'accroissement du trafic et l'augmentation de l'étendue de la zone d'observation (Hornback et Eagles, 1999). Par exemple, en mer, les protocoles d'observation reposent sur des transects ou des parcours types bases d'un échantillonnage plutôt que d'une observation exhaustive difficile à mener (Dalton *et al.*, 2010).

Indicateurs

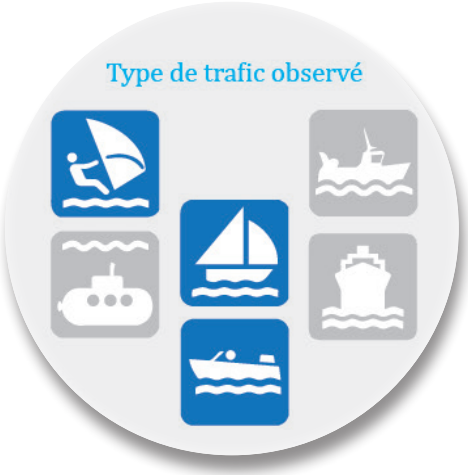
Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé



Mots-clefs

Quantitatif
Comportement
Observation
Pêche
Plaisance
Loisirs nautiques

Bibliographie indicative

* Brigand, L., Le Berre, S., Peuziat I., 2006. *Connaître et suivre les usages maritimes récréatifs en mer d'Iroise. Élaboration de méthodologies spécifiques pour la mise en place d'un observatoire marin.* Rapport Laboratoire Géomer, Université de Bretagne Occidentale, Mission pour un Parc Marin d'Iroise. 73 p. http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00192782

* Cessford, G., Muhar, A., 2003. "Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas". *Journal for Nature Conservation* 11, 240–250. doi:10.1078/1617-1381-00055

* Dalton, T., Thompson, R., Jin, D., 2010. "Mapping human dimensions in marine spatial planning and management: An example from Narragansett Bay, Rhode Island". *Marine Policy* 34, 309–319. doi:10.1016/j.marpol.2009.08.001

* Eastern Research Group, 2010. *A review and Summary of Human Use mapping in the marine and coastal zone.* NOAA Coastal Services Center, ERG. 46 p.

* Gray, D.L., Canessa, R., Rollins, R., Keller, C.P., Dearden, P., 2010. "Incorporating Recreational Users into Marine Protected Area Planning : A study of recreational boating in British Columbia, Canada". *Environmental Management* 46, 167–180. DOI 10.1007/s00267-010-9479-1

* Guyonnard, V., 2013. *Projet Technologie d'Observation du Nautisme dans l'estuaire de la Gironde et les Pertuis charentais*, Rapport final. AAMP, UMR 7266 LIENSs, ECOP. 63 p.

* Hornback, K.E., Eagles, P.F., 1999. *Guidelines for public use measurement and reporting at parks and protected areas*, WCPA, IUCN, Gland, Cambridge. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/HornbackandEaglesPublicUseMeasurementGuidelines.pdf

* Pelot, R., Kendrick, P., Shields, R., Deveaux, J.-P., 2000. *Recreational/Tourism marine activity assessment in the Bay of Fundy*, MARIN Report No #2002-05, Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University.

* Smallwood, C.B., Beckley, L.E., 2012. "Spatial distribution and zoning compliance of recreational fishing in Ningaloo Marine Park, north-western Australia". *Fisheries Research* 125-126, 40–50. doi:10.1016/j.fishres.2012.01.019

6.1.5. Données des sémaphores et autres organismes de surveillance maritime

Principe

Dans le cadre de leurs activités de surveillance maritime, les sémaphoristes relèvent en continu des informations sur les navires en mer. La méthode consiste à s'appuyer sur ces informations de façon à caractériser et à quantifier la fréquentation et les flux de navires sur le bassin maritime étudié.

Domaines d'application

Données exploitées pour la connaissance du trafic maritime en général (Pelot et Wootton, 2004), et pour celle des activités récréatives en particulier (Brigand *et al.*, 2006). Les études exploitant ce type de données, s'intéressent également au risque d'accidents maritimes (Leloup, 2005; Pelot, 1999).

Avantages

Les données produites par les sémaphores offrent l'avantage de reposer sur l'observation continue du trafic maritime, toutes catégories d'embarcations comprises (Leloup, 2005; Pelot et Wootton, 2004b). Il s'agit donc de données relativement exhaustives (types de navires, heures de passage) et gratuites car produites par les services de l'Etat.

L'analyse de ces données permet potentiellement d'aboutir à des indicateurs de flux maritimes. La méthode est reproductible (pour chaque sémaphore et chaque année), une fois le protocole d'exploitation validé (Minelli *et al.*, 2014).

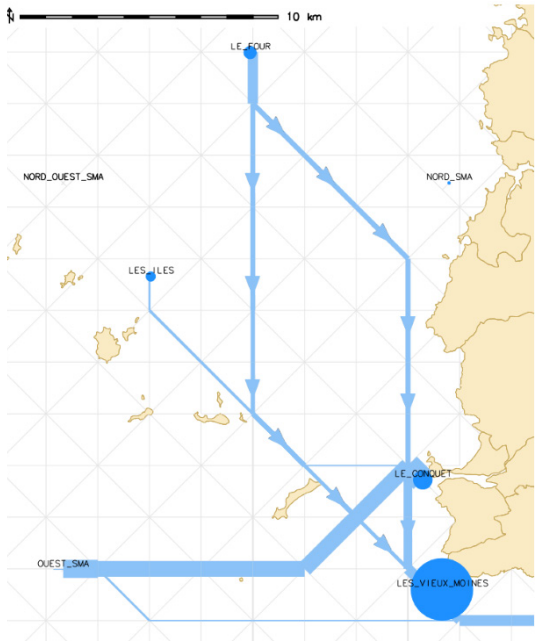
Inconvénients

Les données brutes sur lesquelles repose le traitement nécessitent d'importants prétraitements (avec mise en place d'une typologie adaptée). La mise en forme et le traitement des données posent diverses questions méthodologiques (terminologie, forme, recouvrement et redondances spatiales, exploitation).

L'accès à une partie des données pouvant être soumis à des clauses de confidentialité liées notamment à leur caractère stratégique, elles peuvent être filtrées (cas des activités militaires).

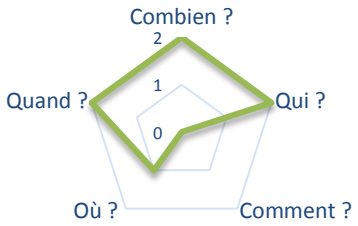
La mission de service public des sémaphores concerne la sécurité de la navigation et la souveraineté nationale sur les eaux territoriales. Dans ce cadre, les observations sur le trafic commercial et la pêche sont consignées en priorité, tandis que la plaisance et les activités récréatives, même observées, ne sont pas systématiquement consignées dans la base de données.

Les données sont conservées 3 ans au maximum par les sémaphores.

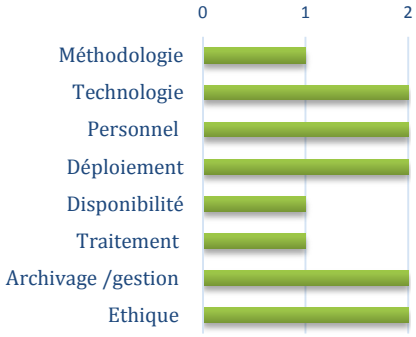


Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Quantitatif
Qualitatif
Temporel
Transport maritime
Pêche

Bibliographie indicative

* Brigand, L., Le Berre, S., Peuziat I., 2006. *Connaître et suivre les usages maritimes récréatifs en mer d'Iroise. Élaboration de méthodologies spécifiques pour la mise en place d'un observatoire marin.* Rapport Laboratoire Géomer, Université de Bretagne Occidentale, Mission pour un Parc Marin d'Iroise. 73 p. http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00192782

* Pelot, R., Wootton, D., 2004. *Maritime trafic distribution in Atlantic Canada to support an evaluation of a Sensitive Area Proposal*. Report No. 2004-5. Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University. 19 p.

* Leloup, M.-A., 2005. *La sécurité maritime en mer d'Iroise, identification et spatialisation des risques pour la navigation de plaisance côtière.* Mémoire de master 2 Sciences de la mer et du littoral, mention EGEL, IUEM, Université de Bretagne Occidentale, Brest. 108 p.

* Minelli A., Le Berre I., Peuziat I., 2014. "A GIS tool to evaluate marine traffic spatiotemporal evolution using semaphore data. An application on French coastal zones", in *Littoral 2014, Facing Present and Future Coast Challenges*, Marine Science and Technology Centre, Klaipeda, University, Lithuania.

* Pelot, R., 1999. *Marine Activity in the Bay of Fundy.* Report No. 1999-01, Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University. http://www.marin-research.ca/pdf/1999-01.pdf

6.1.6. Compteurs automatiques

Principe

Souvent employés à terre, les compteurs basés sur un contact, une pression, un mouvement mécanique (dalles sismiques, tourniquets, barrières, etc.) sont inopérants en mer, si ce n'est pour quelques types de stations bien particulières : cales, points d'embarquements, accès aux plages, etc.

Les méthodes basées sur l'interruption d'un faisceau visible ou infrarouge apparaissent quant à elles envisageables. Dans le principe, le comptage s'effectue alors par le biais d'un capteur actif ou passif. Le capteur actif émet un signal (infrarouge ou visible) vers un réflecteur ; les usagers coupant le « rayon » sont comptés. Le capteur passif enregistre une signature infrarouge émis par un objet mobile dont la température est différente de celle de l'arrière-plan.

Domaines d'application

Ces capteurs ont été développés, à l'origine, pour compter les visiteurs sur les milieux terrestres (Hornback et Eagles, 1999). L'application de ces procédés aux espaces marins, peut s'envisager notamment pour évaluer les flux maritimes à l'entrée des ports ou des baies, dans certains chenaux, entre des îles. Cependant, nous n'avons pas identifié d'applications en milieu marin lors de notre recherche bibliographique. Ces méthodes et les technologies liées restent semble-t-il à développer.

Avantages

Possibilité d'une analyse quantitative et temporelle des flux de navires grâce à des données produites en continu sur l'espace maritime. Des applications sont possibles en milieu marin, certains appareils notamment optiques pouvant avoir une portée importante (plus de 200 mètres).

Peut être combiné avec un système vidéo ou photographique pour collecter des informations sur la nature des embarcations (Hornback et Eagles, 1999).

Inconvénients

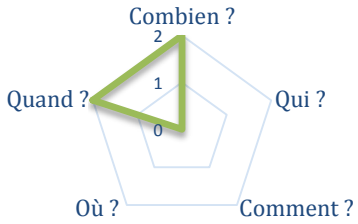
Limites de portée du matériel, actuellement adaptée aux espaces terrestres plutôt que marins (Eagles et Buteau-Duitschaever, 2009), et mieux adaptée pour la quantification que pour la qualification du trafic. Risques de variations de réflexivité en fonction des mobiles, et de pertes de signal.

Bien que ces méthodes soient actuellement évoquées dans la littérature scientifique, un important travail de recherche et développement est encore nécessaire pour les rendre opérationnelles sur les espaces marins. Les coûts d'acquisition et de maintenance ne sont donc pas définis.

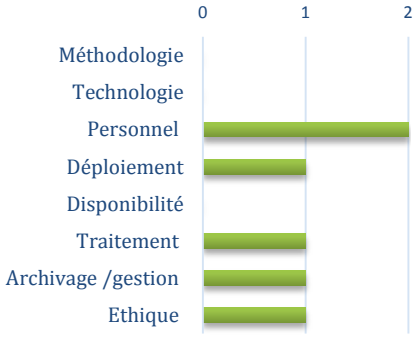
Comme toute instrumentation de site, les compteurs, dès lors qu'ils sont visibles présentent une vulnérabilité particulière au vandalisme ou aux conditions météorologiques. En particulier, les capteurs doivent présenter une bonne résistance et conserver une bonne qualité d'enregistrement indépendamment des variations météorologiques. Comme pour tout instrument un dispositif de maintenance doit être prévu (nettoyage régulier du capteur). Les questions de vandalisme, quant à elles, reposent sur l'acceptabilité sociale de ces compteurs et nécessitent un effort d'explicitation et des contacts soutenus avec les acteurs et usagers concernés (Cessford et Muhar, 2003).

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Quantification
Instrumentation
Automatisation
Plaisance

Bibliographie indicative

* Cessford, G., Muhar, A., 2003. "Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas". *Journal for Nature Conservation* 11, 240–250. doi:10.1078/1617-1381-00055

* Eagles, P.F., Buteau-Duitschaever, W., 2009. *Options for Visitor Monitoring for National Marine Conservation Areas in Canada.* Université de Waterloo, Gatineau, Québec, Canada. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/FinalReportonNMCAVisitorMonitoring.pdf

* Hornback, K.E., Eagles, P.F., 1999. Guidelines for public use measurement and reporting at parks and protected areas, WCPA, IUCN, Gland, Cambridge. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/HornbackandEaglesPublicUseMeasurementGuidelines.pdf

6.1.7. Vidéo

Principe

Certains points stratégiques d'un site peuvent être équipés de caméras vidéos ou photographiques permettant de quantifier, voire de qualifier la fréquentation. Elles fonctionnent en continu ou se déclenchent lors du passage des usagers par système infrarouge.

Domaines d'application

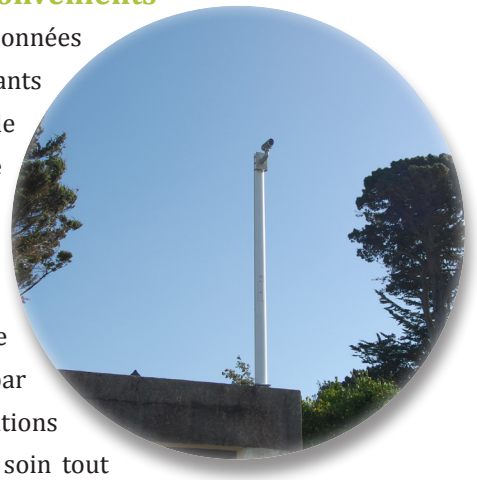
Ce mode d'acquisition de données est employé pour la connaissance (Coombes *et al.*, 2009) et la gestion de la fréquentation des plages (Guillén *et al.*, 2008; Robert *et al.*, 2008), de même que pour l'étude des activités maritimes à partir de certains points particuliers : entrée/sortie des ports, cales, chenaux de navigation (Jaakson, 1989; Sterl *et al.*, 2004).

Si la vidéo est d'abord employée pour quantifier la fréquentation d'un site (sentier, cale de mise à l'eau, plage), certains auteurs proposent de s'appuyer sur cette méthode pour qualifier une fréquentation voire pour mener des études comportementales (Smallwood *et al.*, 2012)

Avantages

Comme les compteurs automatiques, cette méthode constitue une alternative intéressante aux comptages manuels. Elle se base sur des instruments ayant fait leur preuve sur le marché de la sécurité et de la surveillance. Elle permet la production de données en continu et permet de disposer d'informations quantitatives mais également qualitatives et comportementales sur les usagers.

Inconvénients



La phase de post-traitement des données est chronophage ou requiert d'importants développements de traitement d'image. Elle nécessite en tous cas de mettre en œuvre un protocole standardisé afin de pouvoir généraliser les données.

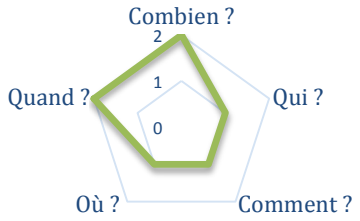
Les pratiques étant mobiles et la caméra statique, la vidéo ne fournit qu'une vision partielle des activités marines, par essence très mobiles. Le choix des stations d'observation doit donc faire l'objet d'un soin tout particulier, le milieu marin étant ouvert et susceptible d'être abordé par de multiples points d'entrée.

La multiplication de stations d'observation peut poser le problème du coût de cette méthode d'autant que le matériel est vulnérable aux intempéries et au vandalisme.

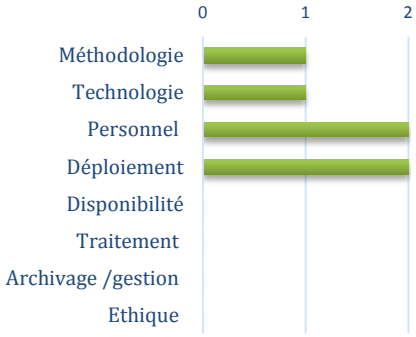
Elle pose également des questions déontologiques et éthiques, la vie privée des usagers devant être respectée (Cessford et Muhar, 2003).

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Quantification
Qualification
Vidéo
Caméra
Plaisance
Loisirs nautiques

Bibliographie indicative

* Cessford, G., Muhar, A., 2003. "Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas". *Journal for Nature Conservation* 11, 240–250. doi:10.1078/1617-1381-00055

* Coombes, E., Jones, A., Bateman, I., Tratalos, J., Gill, J., Showler, D., Watkinson, A., Sutherland, Wi., 2009. "Spatial and Temporal Modeling of Beach Use: A Case Study of East Anglia". *Coastal Management* 37, 94–115. DOI: 10.1080/08920750802527127

* Guillén, J., García-Olivares, A., Ojeda, E., Osorio, A., Chic, O., González, R., 2008. "Long-Term Quantification of Beach Users Using Video Monitoring". Journal *of Coastal Research* 246, 1612–1619. doi:10.2112/07-0886.1

* Jaakson, R., 1989. "Recreation boating spatial patterns: Theory and management". *Leisure Sciences* 11, 85–98. doi:10.1080/01490408909512209

* Robert, S., Sillère, G., Liziard, S., 2008. «Évaluer et représenter le nombre d'usagers sur une plage urbaine (Les Ponchettes, Nice)». *Mappemonde* 91, 20 p., http://mappemonde.mgm.fr/num19/articles/art08305.html

* Smallwood, C.B., Pollock, K.H., Wise, B.S., Hall, N.G., Gaughan, D.J., 2012. "Expanding Aerial–Roving Surveys to Include Counts of Shore-Based Recreational Fishers from Remotely Operated Cameras: Benefits, Limitations, and Cost Effectiveness. North". *American Journal of Fisheries Management* 32, 1265–1276. doi:10.1080/02755947.2012.728181

* Sterl, P., Wagner, S., Arnberger, A., 2004. *Social Carrying Capacity of Canoeists in Austria's Danube Floodplains National Park*. MMV Second: Policies, Methods and Tools for Visitor Management 261–268. http://metla.eu/julkaisut/workingpapers/2004/mwp002-37.pdf

6.1.8. Acoustique sous-marine

Principe

Un enregistreur (hydrophone) est disposé dans l'eau pour mesurer les bruits sous-marins.

Domaines d'application

L'acoustique sous-marine est un domaine éminemment stratégique : la propagation du son étant importante dans l'eau de mer, il s'agit d'un moyen commode de surveiller le trafic maritime (ou sous-marin…) notamment en discriminant les bruits produits par différents navires (Merchant *et al.*, 2012).

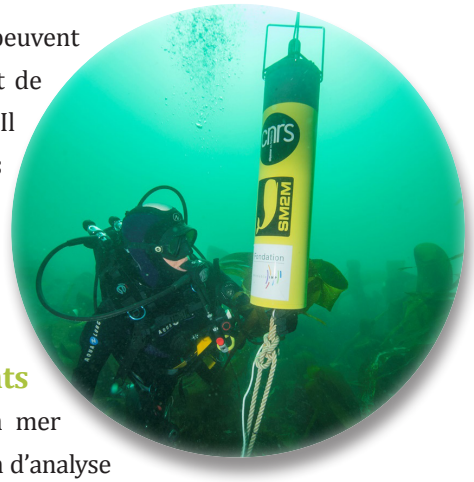
Ce type de méthode est également appliqué à la connaissance et la conservation de certaines espèces, tout particulièrement les mammifères marins. On peut ainsi trouver des applications à l'analyse des interactions entre les activités anthropiques et certains habitats (Lammers *et al.*, 2008) ou espèces à valeur patrimoniales (Gervaise *et al.*, 2012), écologiques (Di Iorio *et al.*, 2012) ou commerciales.

Avantages

L'exploitation des enregistrements sonores, réalisés en continu pendant des périodes de durées variables, permet de produire des « sonogrammes » restituant les variations quotidiennes, hebdomadaires ou saisonnières des bruits enregistrés liés aux activités anthropiques. Des périodes de forte activité humaine (heures de pointes quotidiennes, répartition du trafic dans la semaine, le mois et l'année) et des cycles peuvent ainsi être mis en évidence (Hatch *et al.*, 2008).

En disposant plusieurs capteurs dans un site d'étude, il est concevable de spatialiser cette information (Folegot, 2012) à l'exemple des cartes d'exposition au bruit réalisées en contexte urbain ou à proximité des aménagements particulièrement bruyants (aéroports, voies routières).

Enfin, les méthodes employées pour discriminer différents signaux sonores (vagues, faune, bateaux, etc.) peuvent fournir des éléments d'analyse du trafic et de certaines activités dans les sites équipés. Il est ainsi possible de différencier certaines embarcations en fonction des fréquences de bruits (moteur hors-bord ou in-bord, pêche, gros navires marchands, etc.)



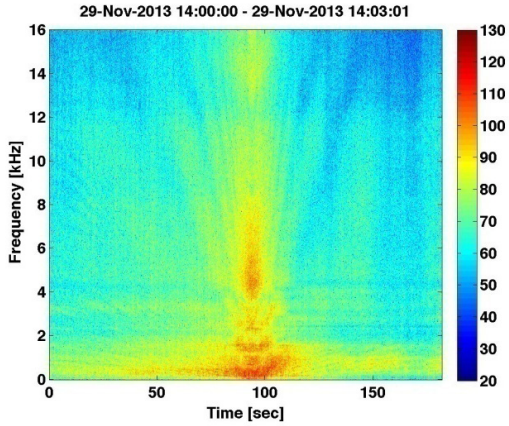
Inconvénients

Localement, comme dans le cas de la mer d'Iroise, la mesure de l'ambiance sonore à fin d'analyse du trafic maritime peut présenter un intérêt stratégique et de souveraineté susceptible de contraindre fortement le déploiement d'un système.

Méthode coûteuse en raison du prix matériel, de son déploiement et de sa maintenance (installation et entretien des stations de mesures). Elle nécessite un niveau élevé de maîtrise conceptuelle, technique et méthodologique pour l'archivage et l'exploitation de ces données.

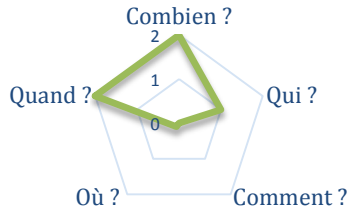
Selon le matériel, la portée d'enregistrement limitée des hydrophones (300 m), nécessite la mise en œuvre d'approches hybrides associant de la mesure et des approches de modélisation du bruit en fonction du trafic (http://www.quiet-oceans.fr) ou de paramètres physiques et réglementaires (Ekebom, 2007; Hatch *et al.*, 2008) également employés.

Enfin cette méthode ne fonctionne que pour les embarcations motorisées…

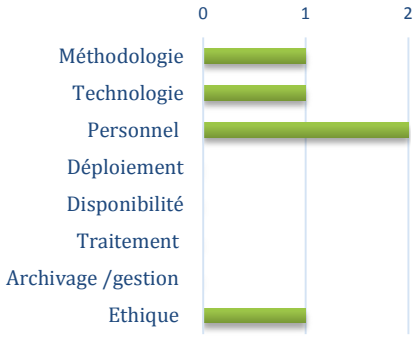


Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Quantification
Acoustique
Transport maritime
Pêche
Plaisance (à moteur)

Bibliographie indicative

★ Di Iorio, L., Gervaise, C., Jaud, V., Robson, A.A., Chauvaud, L., 2012. "Hydrophone detects cracking sounds: Non-intrusive monitoring of bivalve movement". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 432-433, 9–16. doi:10.1016/j.jembe.2012.07.010

★ Folegot, T., 2012. "Ship Traffic Noise Distribution in the Strait of Gibraltar: An Exemplary Case for Monitoring Global Ocean Noise Using Real-Time Technology Now Available for Understanding the Effects of Noise on Marine Life", in: Popper, A.N., Hawkins, A. (Eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life*. Springer New York, New York, NY, pp. 601–604.

★ Gervaise, C., Simard, Y., Roy, N., Kinda, B., Ménard, N., 2012. "Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay–St. Lawrence Marine Park hub". *The Journal of the Acoustical Society of America* 132, 76. doi:10.1121/1.4728190

★ Hatch, L., Clark, C., Merrick, R., Parijs, S., Ponirakis, D., Schwehr, K., Thompson, M., Wiley, D., 2008. "Characterizing the Relative Contributions of Large Vessels to Total Ocean Noise Fields: A Case Study Using the Gerry E. Studds Stellwagen Bank National Marine Sanctuary". *Environmental Management* 42, 735–752. doi:10.1007/s00267-008-9169-4

★ Lammers, M.O., Brainard, R.E., Au, W.W.L., Mooney, T.A., Wong, K.B., 2008. "An ecological acoustic recorder (EAR) for long-term monitoring of biological and anthropogenic sounds on coral reefs and other marine habitats". *The Journal of the Acoustical Society of America* 123, 1720–1728. doi:10.1121/1.2836780

★ Merchant, N.D., Witt, M.J., Blondel, P., Godley, B.J., Smith, G.H., 2012. "Assessing sound exposure from shipping in coastal waters using a single hydrophone and Automatic Identification System (AIS) data". *Marine Pollution Bulletin* 64, 1320–1329. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.05.004

6.2. Qualifier les activités maritimes

Différentes méthodes permettent de fournir une description plus précise que celle provenant d'un simple comptage. Elles visent à explorer les caractéristiques des usagers (âge, genre, catégories socioprofessionnelles), leurs goûts, leurs motivations, leurs perceptions , leurs préférences, etc. Ces informations qualitatives sont généralement précieuses pour éclairer le traitement et l'analyse des données strictement quantitatives.

Les méthodes peuvent être réalisées à distance (courrier, téléphone, internet) ou « en face à face », la dimension des échantillons traités variant évidemment en fonction des contraintes méthodologiques de chacune. Ces méthodes apparaissent largement complémentaires notamment pour effectuer des analyses à différentes échelles : locale (grande échelle), régionale, nationale voire internationale (petite échelle).

6.2.1. Enquêtes

Principe

Réalisées à toutes les échelles d'analyse, les enquêtes visent à caractériser les publics (profils, motivations, attentes) qui fréquentent un territoire spécifique (ex : baie de Chesapeake, Parc National de Port-Cros, archipel de Chausey) ou qui pratiquent une activité particulière (ex : pêche à pied, surf). Les enquêtes s'apparentent, dans de nombreux cas, à des sondages d'opinion.

Ces enquêtes consistent à interroger les usagers sur leur(s) activité(s). L'enquête peut se faire par des entretiens ou des questionnaires en face à face, mais aussi par courrier (ou courriel), par téléphone, ou par internet (Eastern Research Group, 2010; Le Corre *et al.*, 2011). Les lieux de diffusion de l'enquête sont donc également variés : domicile principal de l'usager, manifestations comme les salons nautiques professionnels ou publics (Pelot *et al.*, 2004a), ou directement sur les lieux de pratiques (ports, points d'accès aux sites, hébergement, transport, etc.).

Domaines d'application

Les questions posées peuvent porter sur le profil des usagers, leurs perceptions, la nature des activités pratiquées, sur leur modalité, l'intensité de pratique, les lieux ou ressources ciblés, etc.

Les domaines d'application sont variés et concernent la plupart des activités maritimes : pêche (Allen et Bartlett, 2008; Morales-Nin *et al.*, 2005; Pelot *et al.*, 2004a; Sidman et Flamm, 2001), surf (Nelsen *et al.*, 2007), croisière (Davenport et Davenport, 2006).

Avantages

Méthode qui permet de produire une analyse générale sur un type d'activité dans son ensemble ou sur un sujet qui peut être ciblé : la fréquentation d'un lieu, d'un site naturel, la pratique d'une activité professionnelle, récréative ou touristique. Elle permet de toucher un large public en un temps limité.

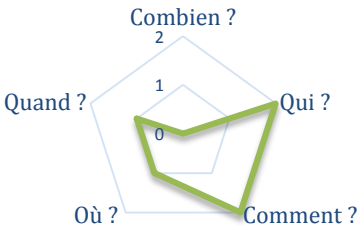
Elle fournit notamment des données de cadrage, utiles pour la mise en œuvre d'autres méthodes plus précises ou plus ciblées.

Inconvénients

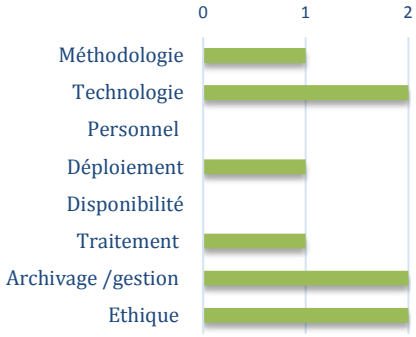
Méthode qui nécessite un cadre méthodologique rigoureux et des approches statistiques parfois complexes (stratégie d'échantillonnage, redressements). Les résultats peuvent être difficiles à cartographier, d'autant que lorsque les enquêtes ne sont pas réalisées *in situ*, la méthode ne garantit pas une concordance entre les résultats annoncés et les faits réels observés sur le terrain.

Indicateurs

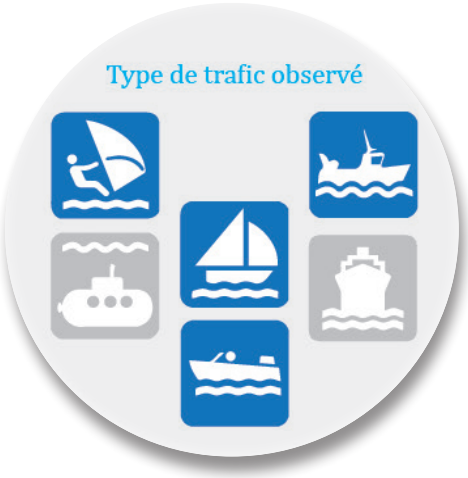
Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé



Mots-clefs

Qualitatif

Enquête

Pêche

Plaisance

Loisirs nautiques

Bibliographie indicative

* Allen, S.D., Bartlett, N., 2008. Hawaii Marine Recreational Fisheries Survey. How analysis of raw catch data can benefit regional fisheries management and how catch estimates are developed: An example using 2003 data Pacific Islands (No. Report H-08-04). Pacific Islands Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, NOAA.

* Davenport, J., Davenport, J.L., 2006. "The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67, 1-2, 280-292. doi:10.1016/j.ecss.2005.11.026

* Eastern Research Group, 2010. *A review and Summary of Human Use mapping in the marine and coastal zone*. NOAA Coastal Services Center, ERG. 46 p.

* Le Corre, N., Le Berre, S., Brigand, L., Peuziat, I., 2012. «Comment étudier et suivre la fréquentation dans les espaces littoraux, marins et insulaires ? De l'état de l'art à une vision prospective de la recherche». *EchoGéo*. doi:10.4000/echogeo.12749

* Morales-Nin, B., Moranta, J., Garcia, C., Tugores, M.., Grau, A.., Riera, F., Cerda, M., 2005. The recreational fishery off Majorca Island (western Mediterranean): some implications for coastal resource management. *ICES Journal of Marine Science* 62, 727–739.

* Nelsen, C., Pendleton, L., Vaughn, R., 2007. "A socioeconomic study of surfers at Trestles Beach". *Shore and Beach* 75, 32–37.

* Pelot, R., Delbridge, C., Jakobsen, M., McIsaac, M., 2004a. *Recreational Boating Survey: Phase I*, report No. 2004-13, Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University, 315 p.

* Sidman, C., Flamm, R., 2001. «A Survey of Methods for Characterizing Recreational Boating in Charlotte harbor», FL. Florida SeaGrant Program, University of Florida, Gainesville. 67 p.

6.2.2. *Journaux de bord (logbook)*

Principe

Les systèmes de surveillance de la navigation (VTS ou *Vessel Traffic Services*) intègrent différents dispositifs, au sein desquels les systèmes déclaratifs occupent une place importante. Ils reposent notamment sur la tenue de journaux de bord, qui sont transmis aux administrations qui les contrôlent.

Domaines d'application

Ces *logbooks* sont notamment beaucoup utilisés pour le suivi des activités de pêche professionnelle (Bastardie *et al.*, 2010; Le Diréach *et al.*, 2004).

Dans certains cas particuliers, notamment les aires marines protégées (Eagles et Buteau-Duitschaever, 2009), les transporteurs ou opérateurs touristiques peuvent se voir imposer la tenue de journaux de bord dans lesquels doivent être consignées diverses informations : nombre de passagers, destination, route, etc.

Avantages

Les journaux de bord fournissent d'intéressantes données sur les pratiques, les sites fréquentés, les éventuelles interactions avec d'autres usages ou espèces d'intérêt patrimonial. Pour la pêche commerciale, ils fournissent des éléments permettant l'analyse des débarquements, celle des espèces ciblées et de l'effort de pêche.

Inconvénients

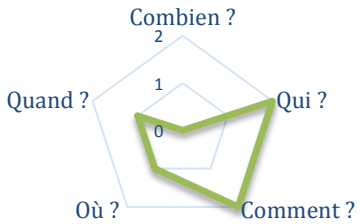
Le degré de précision des journaux de bord est fonction du soin apporté à leur remplissage, et des informations que souhaitent y intégrer les usagers qui les complètent : c'est l'« effet capitaine » de Sampson (2011). Ces données sont donc à compléter par des données externes (par exemple les captures), mais également par des observations en mer ou automatisées (Bastardie et al., 2010 ; Hintzen *et al.*, 2012).

Les déclarations consignées dans les journaux de bord sont généralement rapportées à des carrés statistiques de dimensions variables : de l'ordre de 10 minutes aux Etats-Unis (Eastern Research Group, 2010), de 1 degré de longitude et 0,5 degré de latitude en zone CIEM, etc. (Le Diréach *et al.*, 2004). Quoiqu'il en soit ces larges dimensions ne permettent pas une spatialisation fine des données.

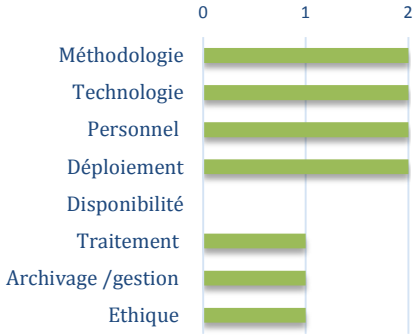
L'accès à ces données reste confidentiel et réservé à la gestion de la ressource halieutique, notamment à la DPMA (Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture).

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Qualitatif

Pêche

Plaisance

Bibliographie indicative

★ Bastardie, F., Nielsen, J.R., Ulrich, C., Egekvist, J., Degel, H., 2010. "Detailed mapping of fishing effort and landings by coupling fishing logbooks with satellite-recorded vessel geo-location". *Fisheries Research* 106 (1), 41-53. doi:10.1016/j.fishres.2010.06.016

★ Eagles, P.F., Buteau-Duitschaever, W., 2009. *Options for Visitor Monitoring for National Marine Conservation Areas in Canada*. Université de Waterloo, Gatineau, Quebec, Canada. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/FinalReportonNMCAVisitorMonitoring.pdf

★ Eastern Research Group, 2010. *A review and Summary of Human Use mapping in the marine and coastal zone*. NOAA Coastal Services Center, ERG. 46 p.

★ Hintzen, N.T., Bastardie, F., Beare, D., Piet, G.J., Ulrich, C., Deporte, N., Egekvist, J., Degel, H., 2012. "VMStools: Open-source software for the processing, analysis and visualisation of fisheries logbook and VMS data". *Fisheries Research* 115-116, 31–43. doi:10.1016/j.fishres.2011.11.007

★ Le Diréach, L., Cadiou, C., Boudouresque, C.-F., 2004. "Monitoring the artisanal fishing effort in marine protected areas on the French Mediterranean coast". *Revue d'écologie* 59 (1-2), 77–84.

★ Sampson, D.B., 2011. "The accuracy of self-reported fisheries data: Oregon trawl logbook fishing locations and retained catches". *Fisheries Research* 112 (1-2), 59–76. doi:10.1016/j.fishres.2011.08.012

6.3. Caractériser les comportements des usagers

Au-delà du comptage et de la description qualitative, certaines méthodes proposent d'intégrer la dimension comportementale des usagers. Elles peuvent reposer sur des méthodes de sciences humaines ou sur de l'instrumentation, parfois combinées. Dans tous les cas, les données obtenues ne constituent qu'un échantillonnage à partir duquel des généralisations peuvent s'envisager sous réserve du respect d'un cadre méthodologique strict.

La frontière entre collecte d'information géographique volontaire ou participative (VGI) (avec accord des participants) et collecte « involontaire » (sans accord préalable des usagers observés) est parfois floue. Certaines méthodes peuvent ainsi s'apparenter à de l'indiscrétion voire de la surveillance (*Big Data*, exploitation des données des téléphones portables, etc…) et posent alors d'importantes questions éthiques de confidentialité des informations et de liberté individuelle.

6.3.1. Observations de type ethnographique

Principe

Ces observations permettent de comprendre comment les usagers agissent (et interagissent entre eux), comment ils se comportent dans leur environnement, comment ils utilisent l'espace. L'objectif est de parvenir à définir des types de comportements dans un lieu donné, qui peuvent être éventuellement étendus et généralisés.

Domaines d'application

Si les références sont nombreuses dans ce domaine, elles restent limitées sur les activités marines. Celles que nous avons identifiées, concernent la pêche récréative (Bertrand *et al.*, 2007; Chlous-Ducharme, 2005; Chlous-Ducharme et Lacombe, 2011; Neis B. *et al.*, 1999), ainsi que la plaisance (Peuziat, 2005).

Avantages

Méthode qui permet d'affiner le système de fréquentation étudié, de compléter et d'illustrer de façon concrète les résultats quantitatifs et qualitatifs d'une étude, parfois de pondérer certains résultats statistiques. Le point fort de cette démarche est que le chercheur acquiert une expérience directe des phénomènes à l'œuvre (Bertrand *et al.*, 2007). Les données comportementales apportent souvent un éclairage nouveau sur l'activité ou le phénomène étudié. Grâce à cette technique, il est également possible de confronter les attitudes réelles des usagers avec les discours recueillis à partir d'enquêtes.

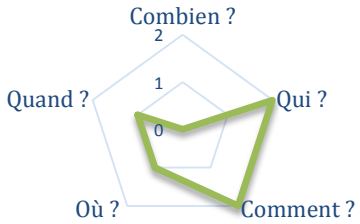
Inconvénients

Méthode chronophage qui nécessite de réfléchir à un cadre méthodologique rigoureux.

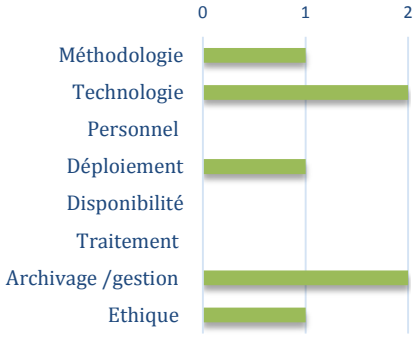
Si l'observation est réalisée de façon officieuse (c'est-à-dire sans l'accord des usagers observés), il est alors nécessaire, pour des raisons déontologiques, de garder confidentielles les informations collectées.

Indicateurs

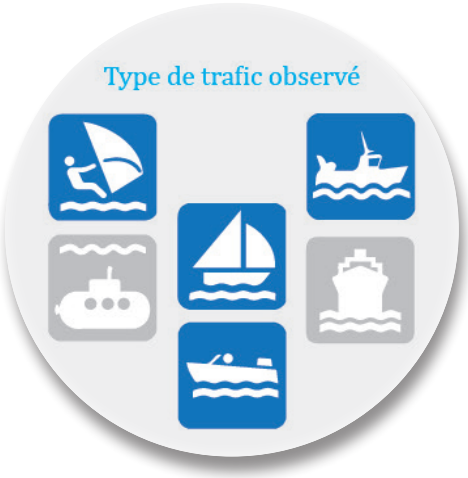
Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé



Mots-clefs

Comportement
Spatial
Enquête
Loisirs nautiques

Bibliographie indicative

* Bertrand, M., Blot, F., Dascon, J., Gambino, M., Milian, J., Molina, G., 2007. Géographie et représentations: de la nécessité des méthodes qualitatives. *Recherches qualitatives* Hors série, n°3, 316–334.

* Chlous-Ducharme, F., 2005. «Les savoirs - outils de distinction et de légitimation dans le cadre d'une gestion durable : le cas des pêcheurs à pied d'ormeaux». *VertigO*. doi:10.4000/vertigo.2730

* Chlous-Ducharme, F., Lacombe, P., 2011. «Pêches populaires et gestion des espaces maritimes». *Espaces et sociétés* 144-145, 73. doi:10.3917/esp.144.0073

* Neis B., Schneider D.C., Felt L., Haedrich R.L., Fischer J., Hutchings J.A., 1999. "Fisheries assessment: what can be learned from interviewing resource users?" *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1949–1963.

* Peuziat, I., 2005. *Plaisance et environnement. Pratiques, représentations et impacts de la fréquentation nautique de loisir dans les espaces insulaires. Le cas de l'archipel de Glénan (France).* Thèse de doctorat de Géographie, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, Brest. 344 p.

6.3.2. Reconstitutions d'itinéraires (à partir d'enquêtes)

Principe

S'appuyant sur des enquêtes de terrain (entretiens semi-directifs, QCM), les observateurs demandent aux usagers de reconstituer eux-mêmes (sur un fond de carte prévu à cet effet), l'itinéraire qu'ils ont emprunté au cours de leur activité.

Domaines d'application

Méthode appliquée aux milieux terrestres, notamment dans les espaces protégés ou à très forte fréquentation touristique (Guégan, 2012) mais également en milieu marin. Dans ce cas, la reconstitution des itinéraires peut concerner la pêche à pied (Brigand *et al.*, 2006) sur les estrans, ou celle de plaisanciers sur un plan d'eau (Pelot, 1999 ; Sidman et Fik, 2005)

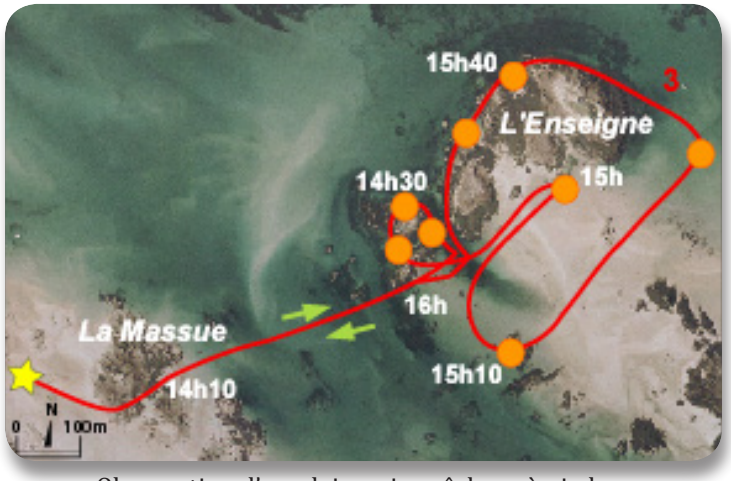
Avantages

Possibilité de reproduire le protocole en grand nombre sans avoir besoin de suivre physiquement les usagers.

Ces reconstitutions apportent une dimension spatiale aux informations collectées lors des enquêtes. Possibilité d'intégrer les données à un SIG afin de spatialiser l'information et de parvenir à une hiérarchisation des itinéraires sur un site donné.

Inconvénients

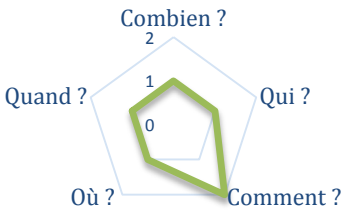
En fonction de l'expérience des usagers, cette méthode peut induire un biais dans les réponses car les enquêtés ne parviennent pas toujours à s'orienter dans l'espace, ni à lire une carte. Aussi, elle nécessite que les enquêteurs connaissent parfaitement le terrain étudié de façon à aider précisément les enquêtés.



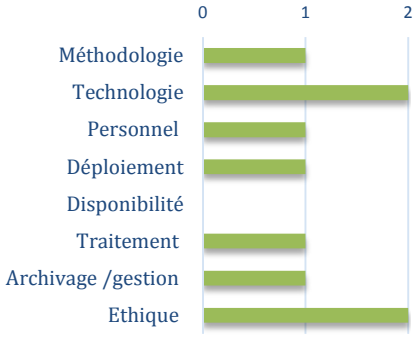
Observation d'un plaisancier pêcheur à pied.

Indicateurs

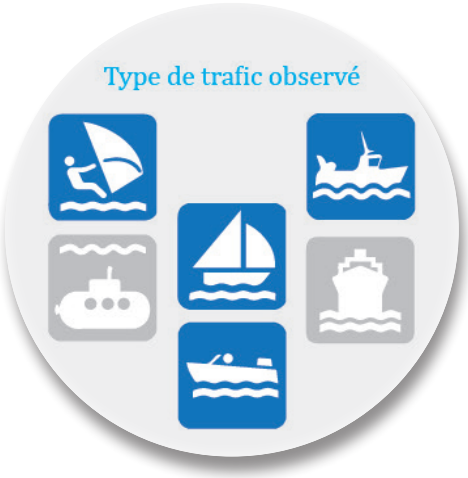
Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé



Mots-clefs

Comportement
Enquête
Itinéraires
Pêche
Plaisance
Loisirs nautiques

Bibliographie indicative

* Brigand, L., Le Berre, S., Peuziat I., 2006. *Connaître et suivre les usages maritimes récréatifs en mer d'Iroise. Élaboration de méthodologies spécifiques pour la mise en place d'un observatoire marin.* Rapport Laboratoire Géomer, Université de Bretagne Occidentale, Mission pour un Parc Marin d'Iroise. 73 p. http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00192782

* Guégan, C., 2012. *Modélisation de la fréquentation touristique du Mont-Saint-Michel, approches systémique et prospective.* Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM - Université de Bretagne Occidentale, Brest.

* Pelot, R., 1999. *Marine Activity in the Bay of Fundy*. Report No. 1999-01. Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University.

* Sidman, C., Fik, T., 2005. « Modeling spatial patterns of recreational boaters: vessel,behavioral, and geographic considerations". *Leisure Sciences* 27, 175–189. doi:10.1080/01490400590912079

6.3.3. Carnets d'observations

Principe

Méthode qui consiste à proposer à certains usagers de se munir d'un carnet d'observations (ex : carnet de pêche). Si ces derniers acceptent la démarche, ils s'engagent alors à y annoter, par eux-mêmes, des informations précises relatives à leurs sorties sur le site étudié : itinéraire emprunté, activités pratiquées, groupes d'usagers rencontrés, etc. Dans la plupart des cas, les enquêtés conservent leur carnet pendant une période définie à l'avance (1 semaine, 1 mois ou plus) et l'utilisent dès qu'ils réalisent une nouvelle sortie.

Domaines d'application

Equivalent des logbooks appliqués aux activités de loisir telles que la pêche à pied (Le Berre, 2008), la plongée sous-marine (Roos et Bertrand, 2002) ou la plaisance (Parrain, 2010).

Avantages

Méthode particulièrement adaptée pour l'étude de certaines activités de prélèvement sur le milieu (pêche à pied, chasse sous-marine, pêche-plaisance) pour connaître les espèces pêchées, estimer les quantités prélevées, évaluer la fréquence de sorties.

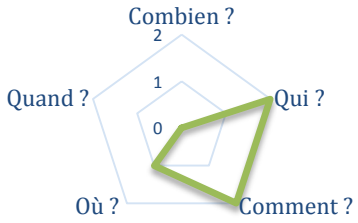
Inconvénients

La qualité des résultats dépend de la bonne volonté des enquêtés qui remplissent les carnets : celle-ci demande assiduité et précision dans le recueil des informations.

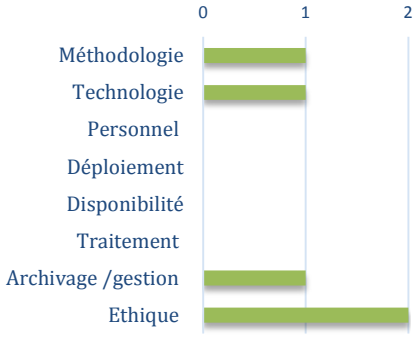
Cette méthode nécessite du temps lors des phases de pré et de post-traitement. Elle nécessite, enfin, d'être reproduite en grand nombre pour pouvoir réaliser des traitements statistiques et généraliser les résultats.

Indicateurs

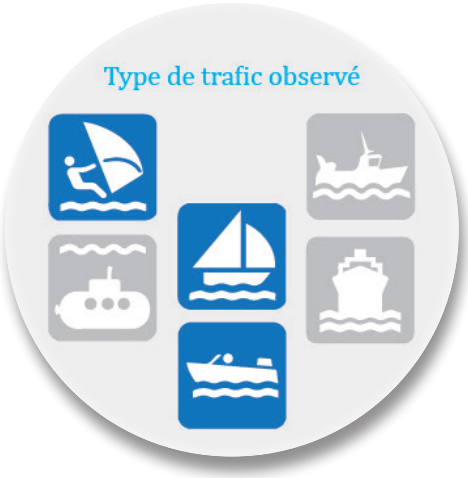
Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé



Mots-clefs

Comportement
Plaisance
Loisirs nautiques

Bibliographie indicative

★ Le Berre, S., 2008. *Les observatoires de la fréquentation, outils d'aide à la gestion des îles et des littoraux*. Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, Brest.

★ Parrain, C., 2010. *Territorialisation des espaces océaniques hauturiers. L'apport de la navigation à voile dans l'Océan Atlantique*. Thèse de Doctorat Géographie, Université de La Rochelle.

★ Roos, D., Bertrand, G., 2002. « La pêche sous-marine a la Réunion ». *The Journal of Nature* 14, 65–70.

6.3.4. Cartographie à dires d'acteurs ou cartographie participative

Principe

La cartographie à dires d'acteurs vise à produire une description des activités par la caractérisation des zones et des calendriers de pratique tels que déclarés et perçus par les usagers de la mer côtière.

La collecte des données peut s'organiser à partir de cartes ou de photographies aériennes sur papier ou sur ordinateur, à partir des données produites sur les logiciels de navigation embarqués, éventuellement sur base d'applications SIG dédiées, ou par des applications en ligne.

Ce type de méthode repose généralement sur une sélection d'acteurs considérés comme représentatifs d'un groupe d'usagers et/ou possédant une expertise reconnue sur un domaine d'activité. Les entretiens peuvent être menés individuellement ou collectivement dans le cadre d'ateliers organisés spécifiquement en vue de produire une vision partagée de l'utilisation d'un espace maritime.

Domaines d'application

Les applications concernent tout particulièrement la pêche professionnelle dont la collecte est effectuée en collaboration avec les organisations professionnelles (Le Tixerant, 2004 ; Scholz *et al.*, 2004), ou dans le cadre de processus participatifs (Moreno-Báez *et al.*, 2010; St. Martin et Hall-Arber, 2008). Mais d'autres types d'usages sont également concernés par ce mode de production de données : transport maritime, activités récréatives encadrées ou non (Le Guyader, 2012; NOAA, 2005).

Tout comme pour les enquêtes, les applications en ligne permettent une collecte plus massive de données. Elles sont employées par exemple pour cartographier certaines pratiques, notamment récréatives, à l'échelle internationale (*wannasurf, wannadive*), ou plus localement (*Oregon Recreational Fishing Survey*, *Florida Saltwater Fishing Demonstration*).

Avantages

Dans certains cas, ces méthodes permettent de collecter à moindre coût une donnée de qualité, pouvant être contrôlée et vérifiée par les acteurs eux-mêmes. Il s'agit donc aussi d'un bon vecteur d'échange entre scientifiques et usagers de la mer.

De plus, le fait de pouvoir disposer de cartes et de calendriers des zones de pratique ouvre la possibilité de modéliser les activités ainsi décrites.

Inconvénients

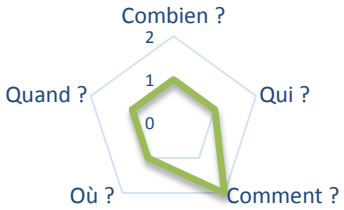
Ces méthodes comportent certaines limites telles que le volontarisme et le degré d'implication effective des usagers ciblés dont la disponibilité et la motivation sont requises. Il convient notamment de prendre garde au phénomène de sur-enquêtage qui engendre parfois une saturation des enquêtés et donc un rejet.

Elles comportent également des biais liés aux déclarations des personnes ressources. En particulier, la collecte peut s'avérer délicate dans un contexte de concurrence (économique, spatiale) entre divers usages ou compagnies (cas de la pêche notamment) où les acteurs peuvent avoir intérêt à effectuer des déclarations partielles ou erronées.

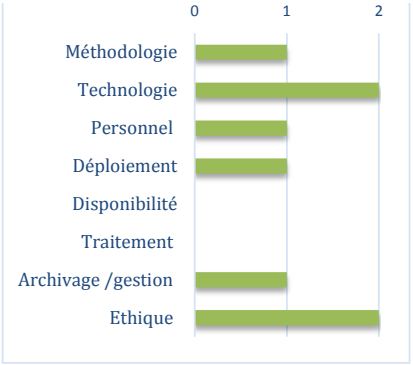
Afin de limiter les biais, il peut-être intéressant de coupler différentes méthodes. Dans le cas de la pêche professionnelle, par exemple, l'observation peut s'avérer plus pertinente pour la mesure de l'effort de pêche et la cartographie à dires d'acteurs pour spatialiser les zones de pêche (Turner *et al.*, 2015).

Indicateurs

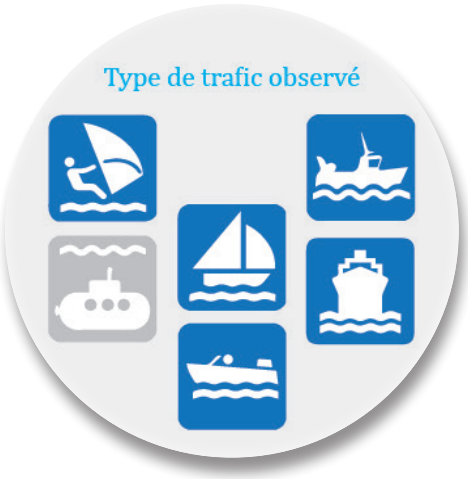
Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé



Mots-clefs

Comportement
Enquête
Spatial
Temporel
Pêche
Plaisance
Loisirs nautiques

Bibliographie indicative

* Le Guyader, D., 2012. Modélisation des activités humaines en mer côtière. Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM - Université de Bretagne Occidentale, Brest.

* Le Tixerant, M., 2004. *Dynamique des activités humaines en mer côtière. Application à la Mer d'Iroise.* Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM - Université de Bretagne Occidentale, Brest.

* Moreno-Báez, M., Orr, B.J., Cudney-Bueno, R., Shaw, W.W., 2010. "Using fishers' local knowledge to aid management at regional scales: spatial distribution of small-scale fisheries in the northern Gulf of California, Mexico". *Bulletin of Marine Science* 86 (2), 339–353.

* NOAA, 2005. *Mapping Human uses of the Ocean, Informing Marine Spatial Planning Through Participatory GIS.* NOAA, National Marine Protected Area Center.

* Turner R. A., Polunin N. V. C., Stead S. M., 2015, "Mapping inshore fisheries: Comparing observed and perceived distributions of pot fishing activity in Northumberland," *Marine Policy*, vol.51, 173–181.

* Scholz, A., Bonzon, K., Fujita, R., Benjamin, N., Woodling, N., Black, P., Steinback, C., 2004. "Participatory socioeconomic analysis: drawing on fishermen's knowledge for marine protected area planning in California". *Marine Policy* 28, 335–349. doi:10.1016/j.marpol.2003.09.003

* St. Martin, K., Hall-Arber, M., 2008. "The missing layer: Geo-technologies, communities, and implications for marine spatial planning". *Marine Policy* 32, 779–786. doi:10.1016/j.marpol.2008.03.015

6.3.5. GPS Tracking

Principe

Nuance informatisée du carnet d'observation, cette famille de méthodes consiste à enregistrer les itinéraires d'entités mobiles (personnes, véhicules, navires) équipées.

Plusieurs systèmes peuvent être distingués, du plus léger au plus lourd : GPS dont on équipe les usagers d'un site pour suivre leur « trace » pendant leur temps de présence sur le site ; « boîtes noires » apparentées au matériel embarqué dans les avions ou les camions ; I-Tracker, ordinateurs portables ultra-légers qui utilisent un logiciel gratuit (Cyber Tracker – www.cybertracker.co.za) adapté à l'acquisition de données environnementales (notamment sur la faune). Ce logiciel peut également être installé sur des téléphones portables.

Ces systèmes enregistrent un certain nombre de paramètres (trajectoires, vitesse, altitude) permettant de suivre le comportement des entités mobiles équipées.

Domaines d'application

Les applications identifiées concernent surtout les espaces naturels terrestres (Eagles et Buteau-Duitschaever, 2009 ; Orellana *et al.*, 2012 ; voir aussi http://www.eco-compteur.com/). Certaines applications s'intéressent également aux activités marines : on peut citer notamment une application expérimentale menée dans le cadre des AMP de l'ouest de l'Australie, sur un nombre restreint de navires (trois opérateurs touristiques) qui suite à l'obtention d'un permis d'accès aux AMP ont été équipés de boîtes noires (www.Blackboxcontrol.com.au).

Avantages

Permet l'acquisition de données précises sur les itinéraires des usagers sur l'espace maritime ou terrestre étudié. Le système permet éventuellement aux scientifiques ou aux gestionnaires de disposer d'une visualisation en direct des mouvements de visiteurs.

Méthode particulièrement adaptée aux milieux ouverts (estrans par exemple) et aux espaces maritimes qui sont, par nature, caractérisés par l'absence de réseau de sentier. Elle apporte une information fiable sur les itinéraires mais également sur le déroulement d'une activité (durée de pratique, temps d'arrêt, progression de la visite). Après traitement, ces données offrent la possibilité de calculer des flux et d'identifier des parcours-types.

Associée à une enquête cette méthode permet de compléter les traces GPS par des données sur la population équipée (nombre, âge, motivations, etc.), les évènements de la navigation (faune marine observée, navires rencontrés…).

Inconvénients

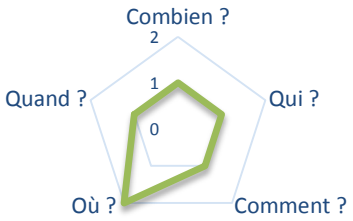
La méthode nécessite d'être reproduite en grand nombre de façon à pouvoir généraliser les résultats. Cependant, vu l'impossibilité d'équiper l'ensemble des usagers d'un espace maritime, elle doit donc s'appuyer sur une étude typologique préalable pour s'adosser à un échantillon représentatif de la population d'usagers.

L'utilisation de ces méthodes reste encore largement expérimentale. La qualité des données collectées dépend de la bonne volonté des personnes équipées qui doivent être soigneusement sélectionnées. C'est d'ailleurs pourquoi ces méthodes sont généralement couplées à des enquêtes de sciences humaines.

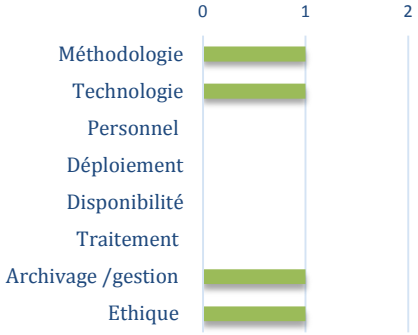
D'un point de vue matériel, leur coût impose souvent de rechercher le meilleur compromis entre qualité et performances. En milieu marin, il convient notamment de s'assurer de l'étanchéité des appareils, ainsi que de l'autonomie effective de leurs batteries.

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Bibliographie indicative

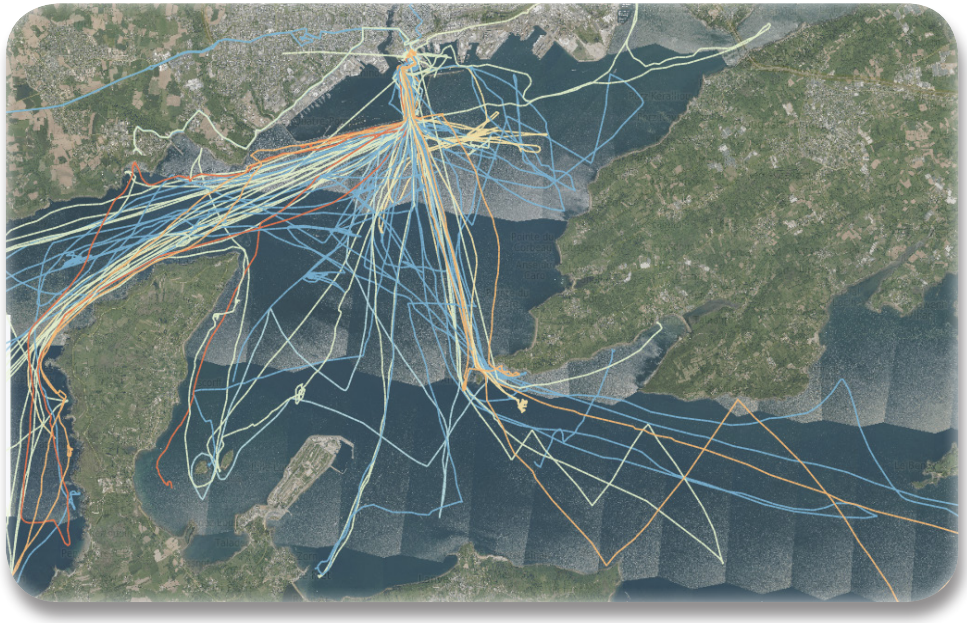
* Eagles, P.F., Buteau-Duitschaever, W., 2009. *Options for Visitor Monitoring for National Marine Conservation Areas in Canada*. Université de Waterloo, Gatineau, Quebec, Canada. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/FinalReportonNMCAVisitorMonitoring.pdf

* Orellana, D., Bregt, A.K., Ligtenberg, A., Wachowicz, M., 2012. "Exploring visitor movement patterns in natural recreational areas". *Tourism Management* 33 (3), 672–682. doi:10.1016/j.tourman.2011.07.010

Type de trafic observé

Mots-clefs

Comportement
GPS
Spatial
Plaisance
Loisirs nautiques



6.3.6. Données des téléphones portables (approche passive)

Principe

Sur le principe, les téléphones portables s'apparentent à des transpondeurs. Chaque appareil détient un code unique (ID) et renvoie en continu un signal aux antennes relais les plus proches. En s'appuyant sur ces informations, il est alors possible de quantifier mais également de géolocaliser (par triangulation), les propriétaires de téléphones portables dans un espace considéré, et ceci avec une précision de 50 à 100 mètres (si les antennes relais sont suffisamment nombreuses et proches).

Domaines d'application

Une application de cette technologie est évoquée dans (Warnken et Blumenstein, 2008) pour suivre la fréquentation des espaces naturels en Australie. Le principe de la méthode y est cependant simplement évoqué. Des applications sont conduites avec succès en milieu urbain (Fournier & Jacquot, 2014). En France, la société Orange propose des produits adaptés à l'analyse de la fréquentation événementielle par exemple (© Flux Vision).

Avantages

Le téléphone portable est devenu un bien de consommation courant largement utilisé par la population (53 millions de propriétaires en France). Le fait que chaque usager d'un site possède potentiellement son propre appareil laisse imaginer les possibilités de traitement : quantification de la fréquentation, analyse spatio-temporelle, analyse comportementale.

Inconvénients

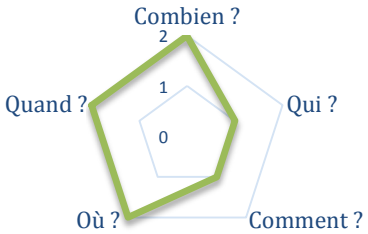
En mer, l'application de méthodes passives se heurte à la distribution du réseau d'antennes (densité et structuration) qui ne permet pas un positionnement précis des usagers et, par exemple dans les secteurs à configuration géographique complexe (criques, baies, rades), ne permet pas de discriminer à coup sûr les téléphones embarqués de ceux à terre, ni de restituer correctement leurs déplacements.

De plus, les méthodes de tracking par téléphone nécessitent que l'appareil reste allumé et connecté : se pose alors le problème de l'autonomie effective des batteries !

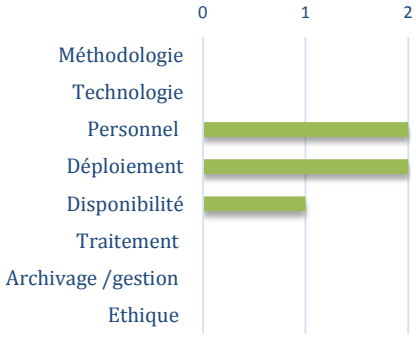
Par ailleurs l'emploi d'une telle méthode pose d'importantes questions de respect de la vie privée et de la liberté individuelle. Si la législation de certains pays semble pouvoir l'envisager (Warnken et Blumenstein, 2008), en revanche, en France, ces informations font l'objet d'une protection stricte.

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Spatial
Temporel
Quantitatif
Qualitatif
Téléphone
Plaisance

Bibliographie indicative

* Fournier, C., Jacquot, S., 2014. « Les traces numériques des touristes. Un renouvellement de l'observation touristique ? » *Espaces,* n° 316, 66–72.

* Warnken, J., Blumenstein, M., 2008. *Monitoring visitor use in Australian terrestrial and marine protected areas : practical applications of technologies.* Cooperative Research Centre for Sustainable Tourism, Gold Coast, Qld. 27 p.

60

6.4. Spatialiser les activités maritimes

La cartographie des activités humaines en milieu marin présente diverses difficultés liées notamment à leur forte mobilité et, par conséquent à la faible persistance des empreintes qu'elles y laissent généralement. Pourtant, la description de la distribution spatiale des activités constitue une information essentielle pour parvenir à identifier les zones les plus fréquentées, donc soumises aux plus fortes pressions et exposées aux plus forts risques de conflits.

Parmi les méthodes identifiées pour cartographier les activités maritimes, on peut distinguer les méthodes indirectes, qui, à travers la réglementation, permettent de délimiter des zones à accès interdit ou restreint comme une première indication de la spatialisation de l'activité. Toutefois, elles ne reflètent pas toujours étroitement la réalité des pratiques et d'autres sources de données doivent être questionnées. Parmi celles-ci figurent les méthodes d'observation à distance (survols aériens et télédétection) qui permettent de produire des instantanés de fréquentation couvrant des espaces relativement étendus. Enfin, si elles sont avant tout produites à des fins de sécurité de la navigation, les données radar, et surtout les données AIS fournissent un socle de données tout à fait pertinent pour reconstituer le déroulement spatio-temporel des activités maritimes, même si elles ne concernent pas toutes les catégories d'activités.

6.4.1. Données réglementaires et administratives

Principe

Les administrations et certains organismes responsables de la gestion de la mer, du littoral et de leurs ressources, produisent des réglementations générant des zones à accès interdit ou restreint pour les activités (zonages, périodes, quotas, licences…). Les données sont soit accessibles à partir de cartes existantes, notamment la carte marine pour les données liées à la sécurité de la navigation, soit numérisées à partir des indications textuelles figurant dans les réglementations.

Domaines d'application

Ce type de données peut contribuer à décrire les routes maritimes (chenaux de navigation, dispositifs de séparation du trafic, zones de mouillages, zones de mise en attente, etc.), les usages industriels (extractions de matériaux ou d'énergies, télécommunications, blocks pour l'exploration ou l'exploitation des énergies fossiles, zones réglementées autour des infrastructures en mer et de câbles/pipelines sous-marins etc.), les réglementations et restrictions d'usages liées à certaines activités (pêche notamment : gisements classés, cantonnements, réglementations spécifiques aux engins…), à la sécurité de la navigation, aux activités militaires ou à la conservation de l'environnement (Le Tixerant 2002; Lumb *et al.*, 2004).

Ces données sont en général employées comme un premier filtre permettant de qualifier (dans le temps et dans l'espace notamment), voire de quantifier (nombre de licences) le déroulement des activités (Brody S.D. *et al.*, 2004; Halpern *et al.*, 2009; Stelzenmüller *et al.*, 2010).

Avantages

Données permettant de fournir un cadre spatial notamment pour certaines activités sédentaires et/ou très fortement encadrées qui prennent place au sein de périmètres précisément délimités (production énergétique, extraction de matériaux, câbles sous-marins) (Le Tixerant *et al.*, 2004).

Dans ce domaine, conformément à la Directive européenne Inspire, l'information géographique doit être rendue accessible en ligne sur différents serveurs (Sextant, Carmen, AAMP, GéoBretagne, etc.).

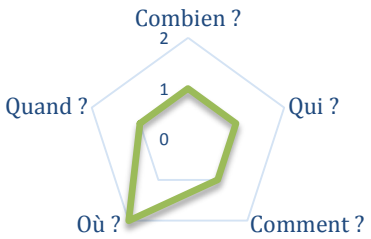
Inconvénients

Ces données concernent essentiellement les activités encadrées, dont elles ne fournissent qu'une description sommaire de leur déroulement. En effet, si les zones de restrictions d'usage sont bien délimitées, elles couvrent souvent une étendue beaucoup plus large que les fréquentions effectives. En majorité elles sont peut pertinentes pour décrire les activités à l'échelle locale.

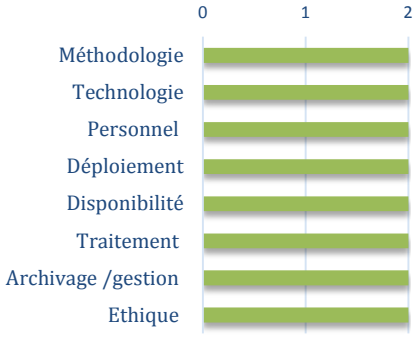
De plus, la réglementation évoluant parfois rapidement, cette donnée doit être actualisée très régulièrement.

Indicateurs

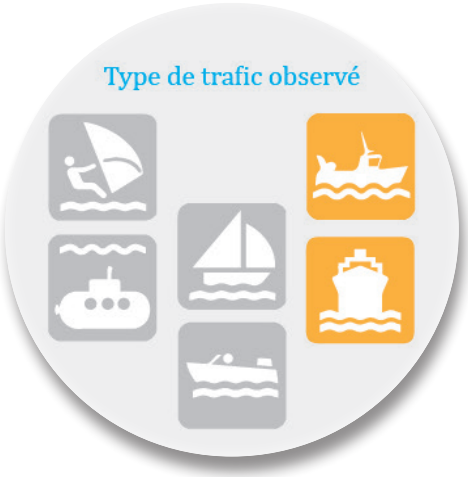
Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé



Mots-clefs

Réglementation

Spatial

Pêche professionnelle

Activités sédentaires

Bibliographie indicative

★ Brody S.D., Highfield W., Arlikatti S., Bierling D.H., Ismailova R.M., Lee L., Butzler R., 2004. "Conflict on the Coast: Using Geographic Information Systems to Map Potential Environmental Disputes in Matagorda Bay, Texas". *Environmental Management* 34 (1), 11–25.

★ Halpern, B.S., Kappel, C.V., Selkoe, K.A., Micheli, F., Ebert, C.M., Kontgis, C., Crain, C.M., Martone, R.G., Shearer, C., Teck, S.J., 2009. "Mapping cumulative human impacts to California Current marine ecosystems". *Conservation Letters* 2 (3), 138–148.

★ Le Tixerant M., (2002). « Représentation logique et spatiale de la réglementation des activités humaines en mer côtière ». *Revue Internationale de Géomatique,* volume 12- n°3/2002, spécial « SIG côtiers », 325-335.

★ Le Tixerant M., Pennanguer S., Boncoeur J., Curtil O., (2004). « Approche spatiale de la réglementation des pêches professionnelles dans la bande côtière ». in Gourmelon F., Robin M., *SIG littoral*, traité IGAT, éd. Hermès, 123-147.

★ Lumb, C.M., Webster, M., Golding, N., Atkins, S., Vincent, M.A., 2004. *The Irish Sea Pilot Report on Collation and Mapping Data.* Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.

★ Stelzenmüller, V., Lee, J., South, A., Rogers, S., 2010. Quantifying cumulative impacts of human pressures on the marine environment: a geospatial modelling framework. *Marine Ecology Progress Series* 398, 19–32. doi:10.3354/meps08345

6.4.2. Survols aériens

Principe

Lors d'un survol prédéfini, un observateur réalise des photographies ou des vidéos de l'espace marin ou du linéaire côtier afin d'identifier et de quantifier les activités balnéaires ou nautiques (récréatives, sportives, touristiques, professionnelles), ainsi que les mouillages.

Les protocoles de survols varient selon les espaces prospectés : plans de vol en continu (littoral, fréquentation des plages), balayage complet (bassin de navigation en mer côtière), en cercle (îles), transects et stratégie d'échantillonnage (vastes espaces en haute mer). Dans les systèmes les plus élaborés, une caméra très haute définition permet de filmer et de géo-référencer directement les bateaux observés.

Domaines d'application

Dès les années 1980, des méthodes sont développées pour le suivi de la navigation de plaisance sur des lacs ou des rivières (Deuell et Lillesand, 1982), ou pour la connaissance et la surveillance de la pêche (Léauté, 1998). Classiquement, ce mode d'observation est également privilégié pour le suivi des pollutions marines, notamment volontaires.

Sur le littoral les applications concernent la fréquentation des plages (Coombes *et al.*, 2009), le comptage de mouillages ou d'embarcations (Le Berre, 2008 ; Widmer et Underwood, 2004). Les applications sont également nombreuses pour les activités récréatives telles que la plaisance (Gray *et al.*, 2011) ou la pêche de loisir (Tinsman et Whitmore, 2006).

Les survols aériens sont en outre fréquemment appliqués à des fins de cartographie de populations d'oiseaux ou de mammifères marins.

Pour couvrir des espaces maritimes souvent vastes (ex : Golfe de Gascogne, lagon de Nouvelle-Calédonie), la couverture aérienne n'est pas exhaustive mais repose sur des méthodes d'échantillonnage et de traitement statistique des données (Bretagnolle *et al.*, 2004).

Avantages

Méthode qui permet de couvrir des superficies importantes dans un laps de temps limité (Eagles et Buteau-Duitschaever, 2009). Elle permet ainsi d'aboutir à des instantanés de fréquentation de l'espace littoral pouvant éventuellement être complétés par une caractérisation des embarcations observées.

La donnée brute étant constituée d'images ou de vidéos, il est possible de les revisionner *a posteriori* afin de corriger d'éventuels doubles comptages ou des erreurs de géoréférencement.

Inconvénients

Cette méthode fournit un instantané devant être répété à plusieurs reprises (journées types) pour disposer d'un jeu de données représentatif. Le coût important qui en découle, nécessite souvent de combiner cette méthode avec d'autres approches moins onéreuses : clichés, comptages, et relevés GPS se complètent afin de géolocaliser

les objets. La photographie aérienne peut également faire l'objet de compléments par d'autres méthodes notamment par des vérifications avec des observations *in situ* (Alessa et Kliskey, 2005) ou des vidéos à terre (Jaakson, 1989).

La cartographie à base de survols aériens demande un cadre méthodologique rigoureux, qui reste encore à améliorer et à développer. En effet, si la façon de recueillir l'information paraît simple (et séduisante), elle ne doit pas cacher toutes les questions conceptuelles et méthodologiques qu'elle pose : correction des mouvements de l'aéronef, choix du trajet, géoréférencement des données lors des traitements, méthode d'archivage et de mise en valeur les données.

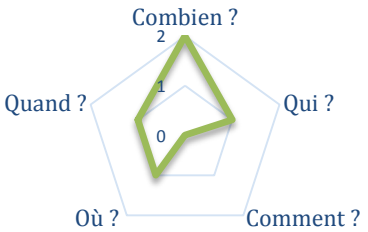
Cette méthode est également fortement dépendante des conditions météorologiques ce qui, en fonction des activités ciblées, peut s'avérer très contraignant.

Sans GPS, cette méthode n'est pas adaptée aux espaces strictement marins qui ne disposent pas d'amer (les repères géographiques sont nécessaires pour géo-référencer les données acquises). En contrepartie, la méthode de localisation par GPS apparaît peu adaptée aux bassins de navigation fortement fréquentés.

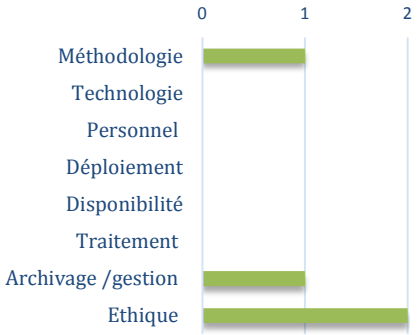
Ainsi, en fonction de l'étendue de la zone à couvrir, du nombre de photos à traiter, de la finesse d'identification des usages ou des embarcations, cette méthode peut s'avérer coûteuse et très chronophage. Cependant, par les grandes superficies qui peuvent ainsi être prospectées, elle apporte une économie d'échelle appréciable par rapport à l'observation *in situ*.

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Survol
Spatial
Caméra
Vidéo
Plaisance
Loisirs nautiques
Pêche

Bibliographie indicative

* Alessa, L., Kliskey, A., 2005. *Remote and Dispersed Visitor Use Estimation by Aerial Survey Transects.* Final Report for National Park Service Alaska Region, University of Alaska, Anchorage.

* Bretagnolle, V., Certain, G., Houte, S., Métais, M., 2004. "Distribution maps and minimum abundance estimates for wintering auks in the Bay of Biscay, based on aerial surveys". *Aquatic Living Resources* 17 (3), 353–360. doi:10.1051/alr:2004044

* Coombes, E., Jones, A., Bateman, I., Tratalos, J., Gill, J., Showler, D., Watkinson, A., Sutherland, Wi., 2009. "Spatial and Temporal Modeling of Beach Use: A Case Study of East Anglia". *Coastal Management* 37, 94–115. DOI: 10.1080/08920750802527127

* Deuell, R.L., Lillesand, T., 1982. "An Aerial Photographic Procedure for Estimating Recreational Boating Use on Inland Lakes". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 48, 1713–1717.

* Eagles, P.F., Buteau-Duitschaever, W., 2009. *Options for Visitor Monitoring for National Marine Conservation Areas in Canada*. Université de Waterloo, Gatineau, Quebec, Canada. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/FinalReportonNMCAVisitorMonitoring.pdf

* Gray, D.L., Canessa, R.R., Peter Keller, C., Dearden, P., Rollins, R.B., 2011. "Spatial characterization of marine recreational boating: Exploring the use of an on-the-water questionnaire for a case study in the Pacific Northwest". *Marine Policy* 35, 3, 286–298. doi:10.1016/j.marpol.2010.10.005

* Jaakson, R., 1989. "Recreation boating spatial patterns: Theory and management". *Leisure Sciences* 11, 85–98. doi:10.1080/01490408909512209

* Léauté, J.-P., 1998. «Les flotilles de pêche de l'Union Européenne dans le golfe de Gascogne vues du ciel». *Oceanologica Acta* 21 (2), 371–381. doi:10.1016/S0399-1784(98)80024-8

* Le Berre, S., 2008. *Les observatoires de la fréquentation, outils d'aide à la gestion des îles et des littoraux*. Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, Brest.

* Tinsman, J.S., Whitmore, W.H., 2006. "Aerial flight methodology to estimate and monitor trends in fishing effort on Delaware artificial reef sites". *Bulletin of Marine Science* 78 (1), 167–176.

* Widmer, W., Underwood, A., 2004. "Factors affecting traffic and anchoring patterns of recreational boats in Sydney Harbour, Australia". *Landscape and Urban Planning* 66 (3), 173–183. doi:10.1016/S0169-2046(03)00099-9

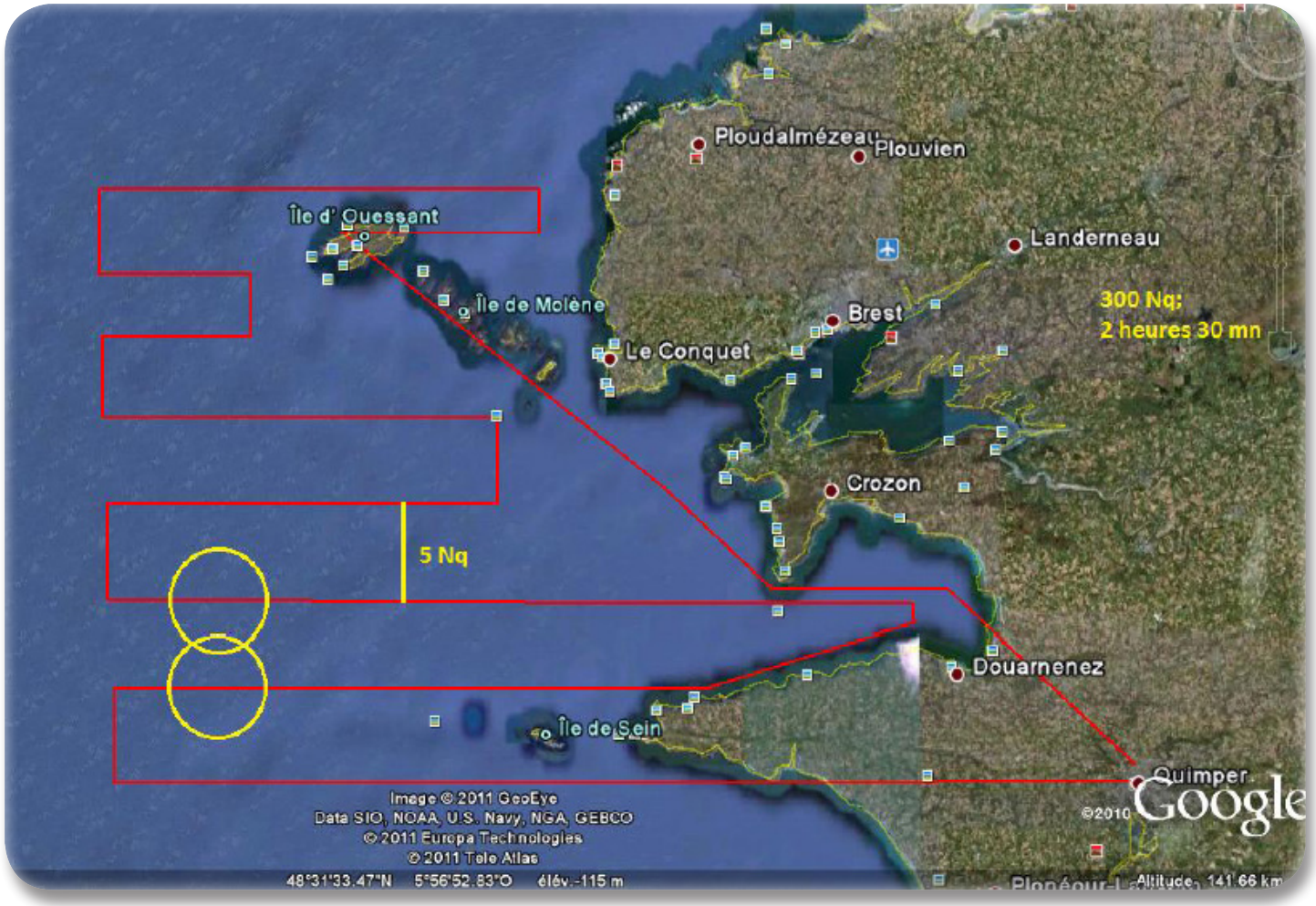


Figure 8. *Couverture aérienne de l'espace maritime du Parc Naturel Marin d'Iroise*

6.4.3. Télédétection

Principe

Le traitement d'images satellitaires à haute ou très haute résolution (THR) permet de localiser des embarcations en mer ou sur un plan d'eau, voire d'en décrire certaines caractéristiques (tranches de taille, type). Il s'agit donc d'une source de données potentielle pour quantifier, cartographier et caractériser en partie la fréquentation nautique.

Domaines d'application

L'exploitation de l'imagerie satellitaire est évoquée dans plusieurs états de l'art (Eagles et Buteau-Duitschaever, 2009; Gray *et al.*, 2011).

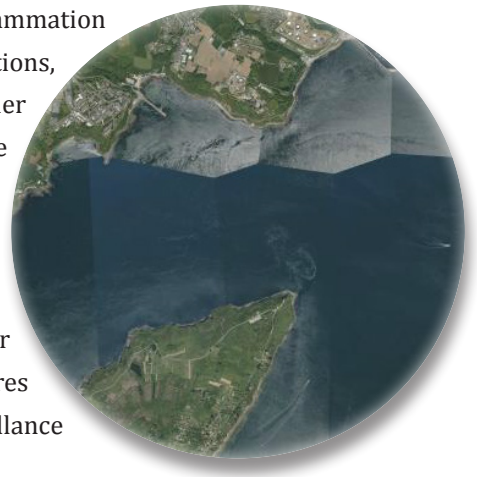
En termes d'applications, on peut citer en particulier les expériences menées en Nouvelle-Calédonie pour caractériser et quantifier la fréquentation nautique à partir d'images satellitaires présentées sur *Google Earth* (Jollit, 2010), ainsi que l'utilisation d'images à très haute résolution *Ikonos*, associée au développement de méthodes de reconnaissance de formes adapté aux petites embarcations (Pegler *et al.*, 2007 ; Proia, 2010). Dans le cadre de CARTAHU, une expérimentation a été menée à partir des images *Pléiad*e accessibles dans le cadre du Labex GeoSUD (Rousseau, 2014)

Avantages

Fourni un instantané de fréquentation, sur des espaces étendus et offre une possibilité de répétitivité permettant de systématiser les observations.

La répétitivité est cependant variable selon les satellites (16 jours pour *Landsat*, 28 jours pour *Spot 5*, inférieure à 3 jours pour *Quickbird*, à 2 jours pour *Ikonos*). Les satellites géostationnaires enregistrent en permanence des images au-dessus de leur secteur, mais leur résolution est trop faible pour des applications de cartographie des activités maritimes.

Possibilité de demander une programmation pour accroître la répétitivité des observations, d'obtenir des images d'archives pour étudier la fréquentation d'un plan d'eau à une date passée.

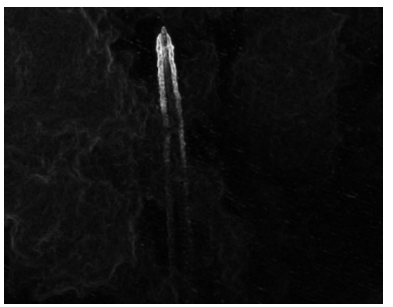


Inconvénients

Méthode surtout développée dans le domaine de la surveillance maritime pour suivre les navires de grande taille (navires de commerce dans le cadre de la surveillance maritime).

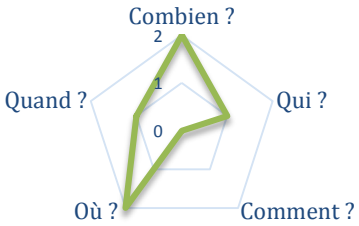
La résolution spatiale des images (2,5 m pour *Spot 5* et *Alos* ; 15 m pour *Landsat*), peut s'avérer trop faible pour caractériser les embarcations de petites dimensions, majoritaires dans la plaisance. Des perspectives restent cependant ouvertes avec les satellites THR comme *Ikonos* (résolution 1 m), *QuickBird* ou *GeoEye* (0,5m). Les expérimentations menées par Pegler *et al.* (2007) et par Rousseau (2014) montrent toutefois des limites dans la reconnaissance des embarcations de taille inférieure à 6 mètres.

L'acquisition des images satellites reste coûteuse et leur exploitation, encore expérimentale, fait appel à des compétences pointues.

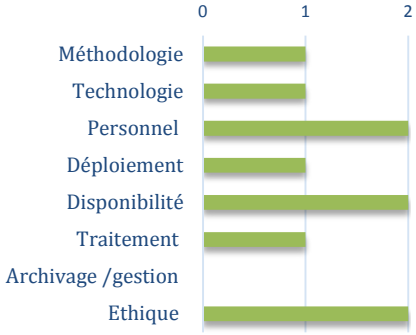


Indicateurs

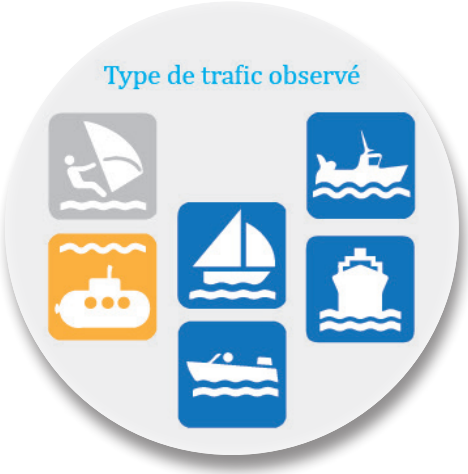
Fonction



Opérationnalité

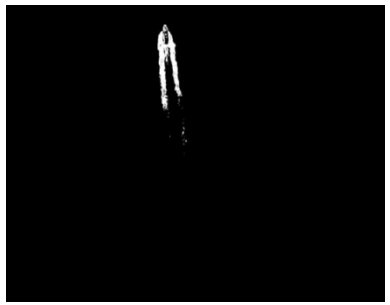


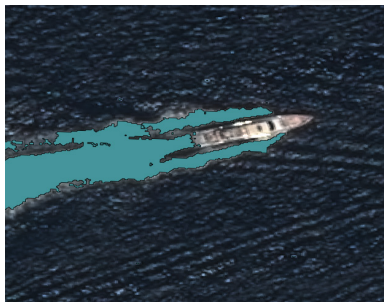
Type de trafic observé



Mots-clefs

Télédétection
Spatial
Transport maritime
Pêche
Plaisance





Bibliographie indicative

* Eagles, P.F., Buteau-Duitschaever, W., 2009. *Options for Visitor Monitoring for National Marine Conservation Areas in Canada*. Université de Waterloo, Gatineau, Quebec, Canada. http://www.ahs.uwaterloo.ca/eagles/documents/FinalReportonNMCAVisitorMonitoring.pdf

* Gray, D.L., Canessa, R.R., Peter Keller, C., Dearden, P., Rollins, R.B., 2011. "Spatial characterization of marine recreational boating: Exploring the use of an on-the-water questionnaire for a case study in the Pacific Northwest". *Marine Policy* 35, 3, 286–298. doi:10.1016/j.marpol.2010.10.005

* Jollit, I., 2010. *Spatialisation des activités humaines et aide à la décision pour une gestion durable des écosystèmes coralliens : la pêche plaisancière dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle- Calédonie.* Thèse de doctorat, Université de Nouvelle-Calédonie.

* Pegler, K., Colemen, D., Pelot, R., Keller, C.P., 2007. "An enhanced spatio-spectral template for automatic small recreational vessel detection". *Photogrammetric engineering and remote sensing* 73 (1), 79-87.

* Proia, N., 2010. *Surveillance maritime par analyse d'images satellitaires optiques panchromatiques.* Thèse d'informatique, Université des Antilles-Guyane. 164 p.

* Rousseau G., 2014. «Mise au point d'une méthode de détection de bateaux à partir d'images THR Pléiade». Rapport de stage de Master 2 Image, Université de Rennes 2, LETG-Brest Géomer, 20 p.

6.4.4. Radar, sonar

Principe

L'emploi du radar est courant pour des applications militaires ou liées à la sécurité de la navigation civile, car cette technologie permet de suivre le mouvement de véhicules en tous genres et notamment des navires.

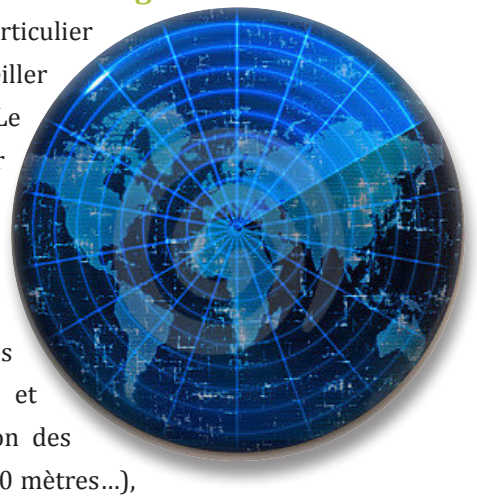
Les sonars quant à eux sont utilisés depuis la seconde guerre mondiale pour la détection et l'identification de navires. Cependant, bien que des applications particulières existent (Huff, 2005), des développement méthodologiques et techniques sont nécessaires pour permettre leur application à la cartographie des activités maritimes et notamment de loisir.

Domaines d'application

Les applications concernent essentiellement la surveillance maritime dans divers pays du monde, parmi lesquels on peut citer les Etats-Unis (*US Department of Homeland Security*, www.navcen.uscg.gov), ou la France, dont la chaîne de sémaphores est équipée d'un système intégré de visualisation des données radar appelé Spationav (Michoux, 2008).

L'exploitation de ces données a également fait l'objet d'application dans le domaine du suivi des activités de pêche professionnelle (Pelot *et al.*, 2006) ou dans la gestion en temps réel du trafic portuaire (Pillich *et al.*, 2003).

Avantages



En France, les radars équipent en particulier les sémaphores et les CROSS pour surveiller en temps réel la navigation maritime. Le système Spationav permet de coordonner les enregistrements de toute la chaîne de sémaphores de France.

Inconvénients

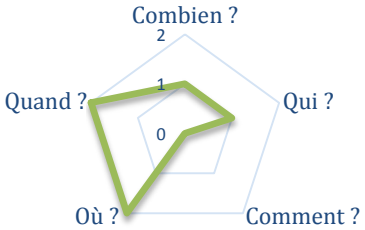
L'imagerie radar est sensible à certaines contraintes topographiques (falaises) et n'apparaît pas très adaptée à la détection des navires de petites dimensions (moins de 20 mètres…), ni surtout à leur caractérisation. Elle n'est guère adaptée aux bateaux construits dans des matériaux non métalliques (bois, composite)

De plus, en dehors des domaines très particuliers que sont la marine et la sécurité maritime, l'application de ces méthodes à l'étude de la fréquentation nautique reste encore expérimentale.

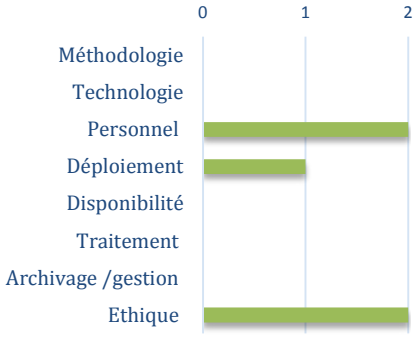
Enfin, l'accès aux données provenant de ces systèmes peut être soumis à des clauses de confidentialité en raison de leur caractère stratégique. Il conviendrait alors d'étudier la possibilité de demander des productions synthétiques, ne comportant par exemple que des traces, ou des instantanés.

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Radar
Surveillance
Spatial
Transport maritime

Bibliographie indicative

* Huff, D.E., 2005. *Surface Ship Location Based On Active Sonar Image Data.* University of Texas, Applied Research Laboratories, Austin.

* Michoux, L., 2007. «SPATIONAV Pierre angulaire de la protection et de la sauvegarde maritime». *REE, Revue de l'électricité et de l'électronique*, n° 6-7, 81–84.

* Pelot, R.P., Delbridge, C., Wu, Y., Hilliard, R., Wootton, D., 2006. *Location-Based Risk Analysis of Recreational Boating Activity.* MARIN Report No 2005-02, Department of Industrial Engineering, Halifax, Nova Scotia, Canada, Dalhousie University.

* Pillich, B., Pearlman, S., Chase, C., 2003. "Real time data and ECDIS in a web-based port management package". *IEEE*, pp. 2227–2233 Vol. 4. doi:10.1109/OCEANS.2003.178247

6.4.5. AIS/VMS

Principe

L'*Automatic Identification System* est un système d'information opérationnel, en temps réel, destiné à la sécurité et la surveillance du trafic maritime international. Il est imposé à certains navires par la convention Solas, notamment ceux de taille supérieure à 12 m. Le système VMS (*Vessel Monitoring System*) répond au même principe, mais il équipe plus particulièrement les navires de pêche dont certains de taille inférieure à 12 m.

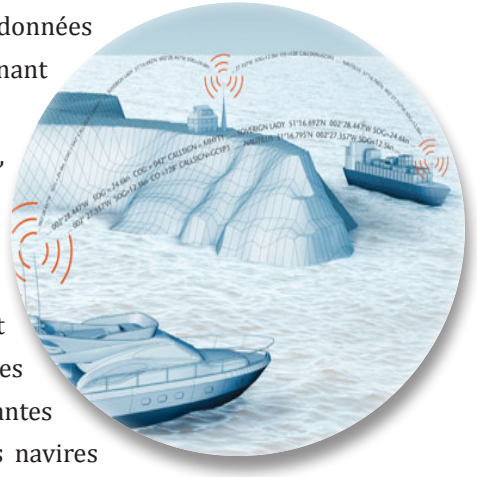
Domaines d'application

Ce type de données permet de localiser, de caractériser et de quantifier les flux maritimes. Leur exploitation permet la quantification et la caractérisation des voies de navigation ainsi qu'une reconstitution temporelle fine du trafic.

L'exploitation des données AIS est désormais fréquemment citée pour l'analyse des routes maritimes et des densités de trafic (Le Guyader *et al.*, 2011; Ray *et al.*, 2007), ou pour l'étude des risques maritimes (Eide *et al.*, 2007; Mou *et al.*, 2010). Ces données peuvent être également combinées avec d'autres mesures, pour analyser le bruit (Hatch *et al.*, 2008; Merchant *et al.*, 2012) et en déduire par exemple la perturbation engendrée pour la faune marine.

Dans le même ordre d'idée, les données VMS sont employées pour cartographier les activités de pêche (Mills *et al.*, 2007). Combinées avec d'autres méthodes (enquêtes, exploitation de journaux de bord), elles permettent d'affiner l'analyse des comportements des navires de pêche et d'en déduire certaines caractéristiques telles que les métiers pratiqués ou les espèces ciblées (Bastardie *et al.*, 2010; Deng *et al.*, 2005).

Avantages



On doit distinguer les données AIS des données VMS dont l'emploi est plus contraignant (cf. rubrique inconvénients).

Produites à très haute fréquence, les données AIS sont précises (nom des navires, dimensions, vitesses, trajectoires, etc.) disponibles en temps réel et visualisables par tous *via* internet (marinetraffic.com, vesselfinder.com…), ces données sont particulièrement intéressantes pour comprendre les comportements des navires sur le plan d'eau et cartographier des couloirs de navigation, des zones d'attente et de mouillage.

L'exploitation des données AIS, à l'aide d'algorithmes adaptés, permet de calculer des flux maritimes (de type origines/destinations) ainsi que des densités de trafic, utiles pour hiérarchiser les couloirs de navigation (Ray *et al.*, 2007).

Le matériel permettant l'acquisition et le traitement des données AIS n'est pas très coûteux mais il convient de s'assurer des conditions d'accès à cette donnée.

Inconvénients

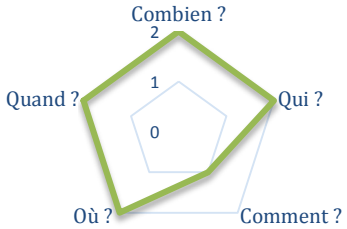
L'analyse des données, dans un autre cadre que celui de la surveillance maritime en temps réel, nécessite des capacités de calcul conséquentes, un temps de post-traitement particulièrement lourd qui doit faire appel à des compétences spécifiques, notamment en géomatique.

Seuls les navires à passagers, les bateaux de pêche de plus de 12 mètres et les navires de charge d'une jauge brute égale ou supérieure à 300 tonneaux sont dans l'obligation d'être équipés par ce type de système. Les bateaux de taille réduite, notamment ceux de plaisance n'en sont généralement pas équipés.

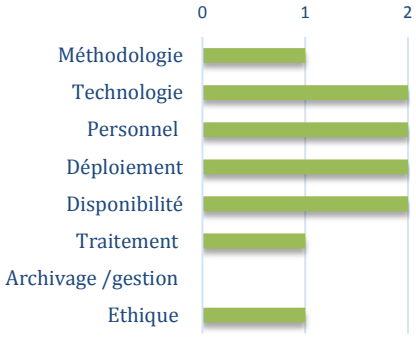
En France, les données VMS sont confidentielles, leur accès est réservé à la DPMA et à l'Ifremer. Les données AIS sont quant à elles consultables par le public sur Internet. *Cependant, l'accès aux données brutes est payant.* Les conditions d'accès à cette donnée font d'ailleurs l'objet d'un débat, animé notamment par les pêcheurs professionnels, en raison des questions de liberté individuelle et de concurrence économique qu'elle peut soulever.

Indicateurs

Fonction



Opérationnalité



Type de trafic observé

Mots-clefs

Radar
Surveillance
Spatial
Transport maritime
Pêche

Bibliographie indicative

* Cf. site dédié - http://www.marinetraffic.com/ais/

* Bastardie, F., Nielsen, J.R., Ulrich, C., Egekvist, J., Degel, H., 2010. "Detailed mapping of fishing effort and landings by coupling fishing logbooks with satellite-recorded vessel geo-location". *Fisheries Research* 106 (1), 41-53. doi:10.1016/j.fishres.2010.06.016

* Deng, R., Dichmont, C., Milton, D., Haywood, M., Vance, D., Hall, N., Die, D., 2005. "Can vessel monitoring system data also be used to study trawling intensity and population depletion? The example of Australia's northern prawn fishery". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62 (3), 611–622. doi:10.1139/f04-219

* Eide, M.S., Endresen, Ø., Brett, P.O., Ervik, J.L., Røang, K., 2007. "Intelligent ship traffic monitoring for oil spill prevention: Risk based decision support building on AIS". *Marine Pollution Bulletin* 54 (2), 145–148. doi:10.1016/j.marpolbul.2006.11.004

* Hatch, L., Clark, C., Merrick, R., Parijs, S., Ponirakis, D., Schwehr, K., Thompson, M., Wiley, D., 2008. "Characterizing the Relative Contributions of Large Vessels to Total Ocean Noise Fields: A Case Study Using the Gerry E. Studds Stellwagen Bank National Marine Sanctuary". *Environmental Management* 42, 735–752. doi:10.1007/s00267-008-9169-4

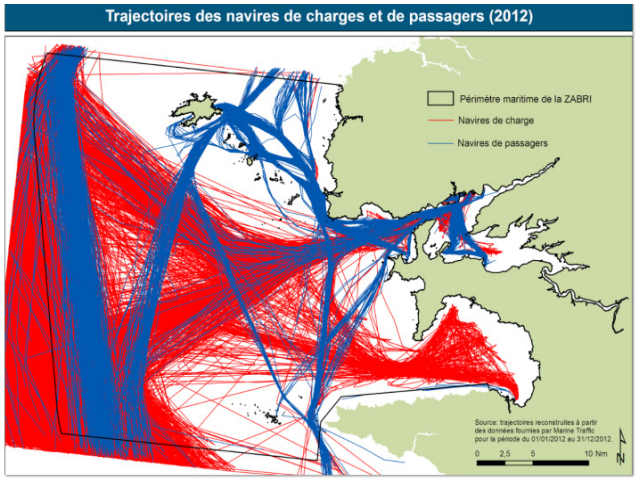
* Le Guyader, D., Brosset, D., Gourmelon, F., 2011. «Exploitation de données AIS (Automatic Identification System) pour la cartographie du transport maritime». *Mappemonde* 104, http://mappemonde.mgm.fr/num32/articles/art11405.html

* Merchant, N.D., Witt, M.J., Blondel, P., Godley, B.J., Smith, G.H., 2012. "Assessing sound exposure from shipping in coastal waters using a single hydrophone and Automatic Identification System (AIS) data". *Marine Pollution Bulletin* 64, 1320–1329. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.05.004

* Mills, C.M., Townsend, S.E., Jennings, S., Eastwood, P.D., Houghton, C.A., 2007. "Estimating high resolution trawl fishing effort from satellite-based vessel monitoring system data". *ICES Journal of Marine Science* 64 (2), 248–255. doi:10.1093/icesjms/fsl026

* Mou, J.M., Tak, C. van der, Ligteringen, H., 2010. "Study on collision avoidance in busy waterways by using AIS data". *Ocean Engineering* 37 (5-6), 483–490. doi:10.1016/j.oceaneng.2010.01.012

* Ray, C., Devogèle, T., Noyon V., Petit M., Fournier S., Claramunt, C., 2007. "GIS technology for Maritime Traffic Systems", in: Kunts P. (Ed.), *European Research Consortium for Informatics and Mathematics News: Special Theme on Traffic Planning and Logistics*. vol. 68, pp. 41–42.



6.5. Apports de la géomatique : restituer le déroulement spatial et temporel des activités

Les données, collectées auprès de sources et par des méthodes variées, sont inévitablement hétérogènes dans leur format, leur nature, leur implantation. Dans ce cadre, les outils de la géomatique offrent d'intéressantes fonctionnalités pour leur intégration et leur archivage dans des bases de données cohérentes, de même que pour leur analyse ou leur représentation spatio-temporelle.

Les **systèmes d'information géographique (SIG)** sont communément employés dans le cadre des travaux que nous avons identifiés, pour la gestion, l'analyse et la représentation des données. Ces SIG sont développés en interne aux structures responsables des projets (laboratoires, administrations, institutions diverses) ou bien, sous des formes partagées, notamment via internet. D'applications internes, reposant sur des solutions commerciales ou de l'offre en logiciels libres, on passe ainsi souvent à de véritables infrastructures de données géographiques (IDG) intégrant des fonctionnalités de *webmapping* ou de SIG en ligne permettant la diffusion des données, voire leur collecte (cas des applications participatives).

Ainsi, CARTAHU a pu bénéficier des développements réalisés par LETG sur l'IDG *Indigeo* qui a vocation à servir de réceptacle aux données produites dans cette unité de recherche, et à les diffuser auprès d'un large public sous différentes formes (métadonnées, cartographies et statistiques en ligne, flux OGC). Bien que le projet ait surtout permis d'explorer les méthodes de production de données sur les activités maritimes, CARTAHU a également contribué au développement d'*Indigeo*, notamment au travers des travaux entrepris sur les données des sémaphores et celles des enquêtes de *GPS tracking*.

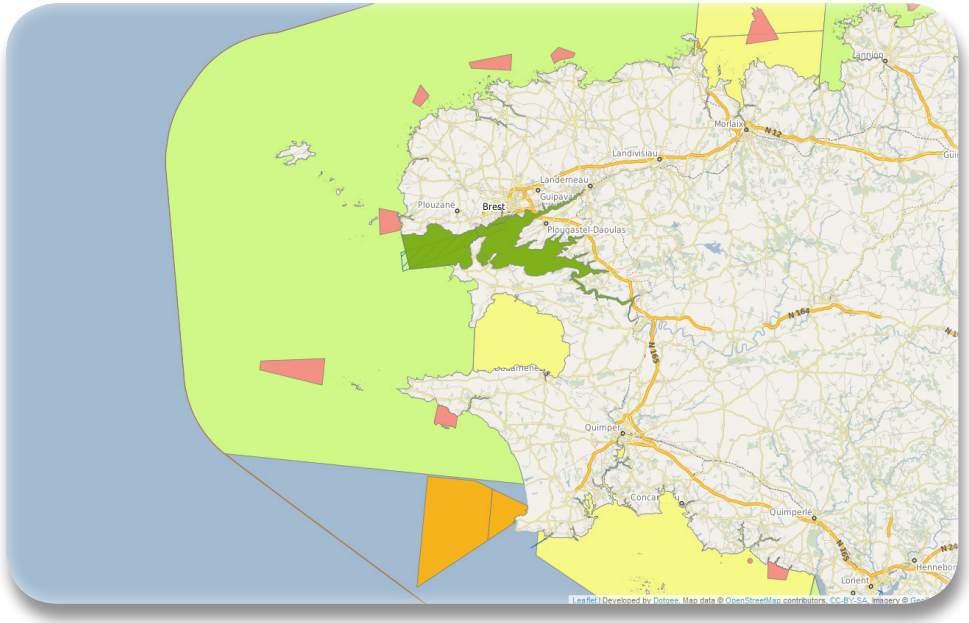


Figure 9. *Capture d'écran de la page Indigéo consacrée aux activités humaines*

La **modélisation** présente quant à elle deux types de fonctionnalités : la simulation du déroulement des activités maritimes ou l'analyse prospective. Dans le premier cas, l'objectif est de simuler le déroulement des activités maritimes, leur répartition spatio-temporelle et les usages associés à partir d'un modèle (ex : multi-agents, statistique, etc.) afin d'évaluer et d'anticiper leurs interactions entre elles et/ou avec leur environnement. Dans le second, il s'agit de développer des scénarios basés sur des tendances observées ou non, afin d'évaluer les incidences probables d'évolutions des activités ou de leur environnement, du développement d'activités nouvelles, etc.

Dans le cas le plus élémentaire, l'utilisation de couches thématiques (bathymétrie, nature des fonds, zonages réglementaires et environnementaux, etc.) associées à des méthodes d'analyse spatiale et de cartographie dasymétrique permet d'affiner considérablement la délimitation des secteurs exploités par divers types d'activités (Ekebom, 2007). La modélisation spatio-temporelle vise ainsi la production de zones et de périodes de pratique potentielle établies sur la base de « filtres spatio-temporels » (Le Tixerant, 2004). Ces filtres peuvent être liés aux caractéristiques physiques (topographie sous-marine, hydrographie, nature du substrat), biologiques (répartition des ressources, de certaines espèces ou habitats), réglementaires (zonages et périodes à accès interdit ou restreint), voire socio-économiques (critères de rentabilité de la pratique de l'activité). Les applications identifiées sont diverses : pêche (Le Tixerant *et al.*, 2010), aquaculture (Tillier *et al.*, 2010), trafic maritime (Sidman et Fik, 2005), activités récréatives (Pelot *et al.* 2006).

Les modèles peuvent également viser à produire des simulations dynamiques du déroulement d'activités marines, notamment en combinant plusieurs types d'activités afin d'en étudier les relations (Le Guyader, 2011), à des fins par exemple d'analyse de conflits ou de pressions.

Au-delà des aspects spatio-temporels, la modélisation permet d'établir une vision d'ensemble de la fréquentation et de l'utilisation du site en la schématisant à ses éléments les plus structurants. Un autre intérêt majeur de la modélisation des flux serait de pouvoir construire des scénarios prospectifs de gestion des pratiques professionnelles et récréatives sur un site particulièrement fréquenté, ou à enjeux importants.

Cependant, pour parvenir à ces types de résultats certains modèles nécessitent de disposer de données conséquentes décrivant à la fois l'environnement marin et les activités maritimes qui s'y déroulent.

Or, paradoxalement, les données environnementales s'avèrent souvent plus disponibles que celles décrivant les activités humaines. Les résultats obtenus dépendent de la qualité des données employées, de l'échelle d'analyse, ainsi que de la pertinence des critères appliqués pour la délimitation des activités. Ainsi la modélisation de la fréquentation est-elle généralement l'aboutissement de démarches reposant sur une ou plusieurs campagnes de collecte de données sur le terrain. Dans le cas contraire (c'est-à-dire quand le modèle de départ est élaboré à partir d'hypothèses), les résultats de ce dernier peuvent alors être difficiles à valider en l'absence de mesure de terrain. Le processus est alors récursif (inversé), car on demande aux usagers de réagir et de valider les résultats du modèle, ce qui permet d'en affiner les paramètres d'entrée.

7 Conclusion • vers une cartographie des activités humaines en mer côtière

Dans le cadre de CARTAHU, l'observation des activités maritimes a pour objectif de produire une connaissance globale de leur déroulement spatial et temporel. Compte tenu des caractéristiques du milieu marin, à la fois ouvert et étendu, complexe de par la configuration de certains littoraux (baies, rades, estuaires, archipels, etc.), et éminemment dynamique par ses cycles (marées, saisons), cette observation nécessite la mise en œuvre de méthodes permettant de couvrir des larges espaces avec une continuité, ou à défaut, une représentation temporelle aussi fine que possible.

Comme le montre le tableau 5, les différentes méthodes investiguées fournissent, chacune dans leur domaine, des données utiles à la cartographie des activités maritimes, mais elles présentent également leurs inconvénients propres par leur caractère sectoriel (AIS, VMS), ponctuel (temporellement comme avec les méthodes de télédétection, spatialement comme avec l'acoustique sous-marine), onéreux (cas de la plupart des méthodes de collecte de données en mer), chronophage (enquêtes et méthodes des sciences humaines), voire intrusif (utilisation des données des téléphones portables et de balises de géolocalisation) ou encore peu opérationnel.

	Fonction					Opérationnalité							
						Technique		Logistique		Pratique			
Méthode	Combien ?	Qui ?	Comment ?	Où ?	Quand ?	Méthodologie	Technologie	Personnel	Déploiement	Disponibilité	Traitement	Archivage /gestion	Ethique
Registre d'immatriculation	1	1	0	0	0	2	2	2	2	1	2	2	2
Données licences	2	1	0	0	1	2	2	2	2	1	2	2	2
Données transporteurs	2	0	0	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2
Comptages *in situ*	2	0	1	1	1	2	2	0	1	0	1	2	2
Sémaphores	2	2	0	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2
Compteurs automatiques	2	0	0	0	2	0	0	2	1	0	1	1	1
Vidéo	2	1	1	1	2	1	1	2	2	0	0	0	0
Acoustique sous-marine	2	1	0	0	2	1	1	2	0	0	0	0	1
Enquête	0	2	2	1	1	1	2	0	1	0	1	2	2
Journaux de bord	0	2	2	1	1	2	2	2	2	0	1	1	1
Reconstitution d'itinéraires	1	1	2	1	1	1	2	1	1	0	1	1	2
Observations ethnographiques	0	2	2	1	1	1	2	0	1	0	0	2	1
Carnets d'observation	0	2	2	1	0	1	1	0	0	0	0	1	2
Cartographie à dires d'acteurs	1	1	2	1	1	1	2	1	1	0	0	1	2
GPS tracking	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Téléphonie mobile	2	1	1	2	2	0	0	2	2	1	0	0	0
Réglementation maritime	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Survols aériens	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	2
Télédétection	2	1	0	2	1	1	1	2	1	2	1	0	2
Radar	1	1	0	2	2	0	0	2	1	0	0	0	2
AIS	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	0	1

Tableau 5. *Récapitulatif des caractéristiques des méthodes de cartographie des activités maritimes*

En définitive, prises individuellement, aucune méthode n'apparaît apte à restituer la diversité des activités et la complexité de leur déroulement dans un espace maritime étendu, mouvant et qui n'en conserve que fugacement les traces. La cartographie des activités maritimes reste donc malaisée.

S'il n'existe pas de solution universelle, il convient alors de s'orienter vers la mise en place de bouquets de méthodes à adapter en fonction des problématiques traitées (Le Berre *et al.* 2013). En premier lieu, il convient de mentionner le rôle potentiellement intégrateur des données de type AIS, qui permettent un suivi spatio-temporel fin des navires équipés. Ce dispositif n'est toutefois généralisé que pour les navires de transport maritime et, même si son usage concerne une partie de la flotte de pêche, de nombreux bateaux, notamment ceux de petite taille (donc côtiers) ainsi que ceux de plaisance ne sont pas équipés. A ce titre, par leur distribution géographique sur l'ensemble du littoral français, par le caractère continu de leur mission de service public, et par la combinaison des méthodes sur lesquelles s'appuient ces missions (Spationav et observation *de visu*), les sémaphores constituent une source de données tout à fait complémentaire pour parvenir à reconstituer le déroulement spatio-temporel des activités maritimes. Cependant, dans cette perspective, des améliorations restent à prévoir dans les protocoles d'observation de certaines activités comme la plaisance. En effet, cette dernière apparaît comme la moins bien suivie par les méthodes que nous avons identifiées, si ce n'est par des investigations temporaires ou basées sur des méthodes d'enquêtes. Afin de systématiser son suivi, et de pouvoir ainsi compléter la connaissance des activités maritimes, il serait intéressant de développer et de mettre en œuvre un ensemble de méthodes constitué par des compteurs aux entrée/sortie de port (ou sur les cales de mise à l'eau), des enquêtes par *GPS tracking* et/ou basées sur des démarches participatives et complétées par des enquêtes qualitatives.

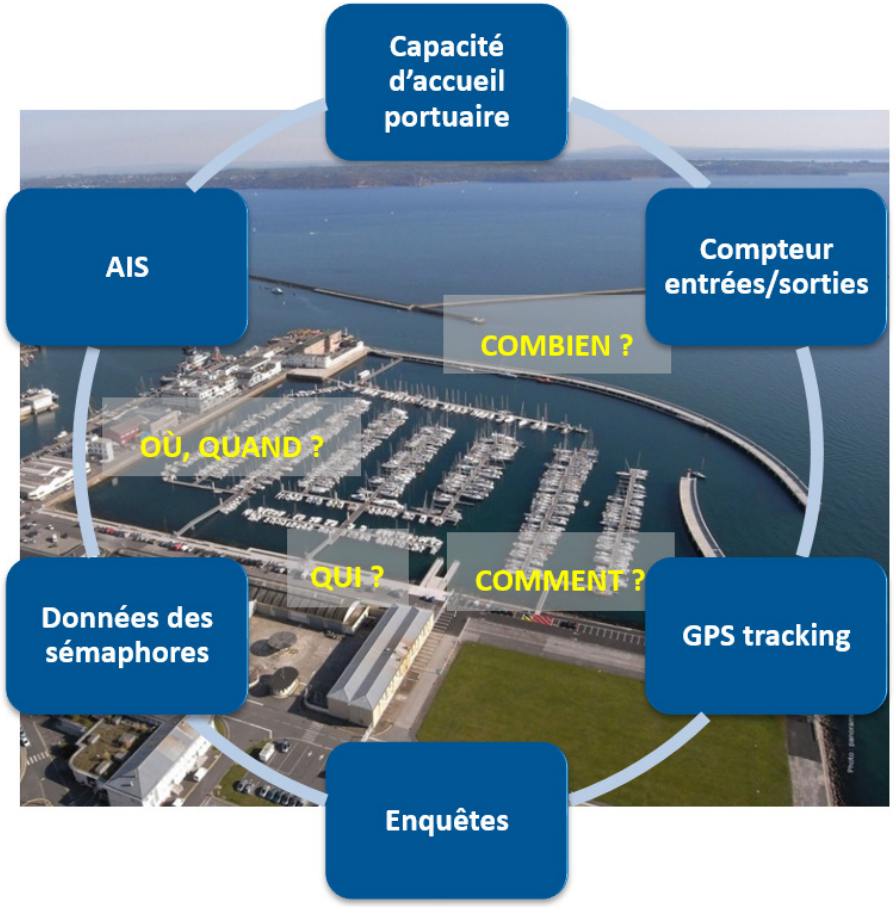


Figure 10. *Schéma démonstrateur Port de Brest*

Les dispositifs à mettre en place peuvent être permanents ou temporaires (haute saison), généraux ou localisés sur des sites à enjeux particuliers (bassin de navigation, AMP).

L'une des perspectives majeures relatives à l'utilisation de toutes ces méthodes (ou bouquets de méthodes) est de parvenir à produire des séries d'observation des activités maritimes à long terme et de pouvoir contribuer à

l'analyse de leurs interactions avec l'environnement. Dans ce cadre, plusieurs types d'enjeux nous semblent devoir être appréhendés en priorité :

* La mise au point de capteurs amarinés qui, par rapport à leurs homologues terrestres nécessitent des améliorations en terme d'ergonomie (des capteurs à dimensionner en fonction de l'activité ciblée), de robustesse (notamment de résistance à l'aspersion par les embruns, voire à l'immersion et aux chocs) et d'autonomie (les sorties en mer sont souvent plus longues qu'une promenade pédestre en ville ou dans un espace naturel) ;

* L'amélioration des protocoles de collecte des données et de leur traitement. L'optimisation des modalités de récupération des données enregistrées constitue notamment un élément crucial pour parvenir à collecter des jeux de données suffisamment conséquents pour être représentatifs. Dans ce cadre, les apports des protocoles de téléchargement de données à plus ou moins grande distance (*BlueTooth, Wifi, WiMax*) doivent être mobilisés ;

* La maîtrise des modes d'archivage et de diffusion des résultats notamment par les infrastructures de données géographiques. Elle détermine les conditions d'accès aux données, élément fondamental eût égard aux aspects stratégiques (sécurité, économique) et déontologiques (confidentialité) pouvant être associés à certaines données ;

* L'acceptabilité sociale de ces travaux, nécessite de prêter une attention toute particulière à la transparence de la démarche, à son intérêt pour les usagers et à la diffusion des résultats.

En effet, les enjeux liés à la diffusion et au partage de l'information produite sont cruciaux dans la mesure où ils déterminent l'apport de la cartographie des activités humaines pour les usagers et non pas seulement pour les chercheurs et les gestionnaires. Dans cette perspective, la production de données de référence fiables et régulièrement entretenues sur les activités maritimes, qui plus est dans des conditions opérationnelles et économiques optimisées, ne saurait être du seul ressort des scientifiques.

Certains gestionnaires et usagers sont, pour les plus structurés d'entre eux, tout à fait aptes et légitimes à produire eux-mêmes de la donnée, ce que certains font déjà. Tout l'enjeu réside alors dans la valorisation *in situ* de ces savoirs non-scientifiques, par opposition (ou en complément) d'une valorisation *ex-situ* dans laquelle le chercheur vient, capte le savoir et se charge de le traduire/valoriser. En quelque sorte, on inverse l'ordre des choses. Ce n'est plus le scientifique qui vient collecter la donnée, la mettre en forme, la traiter et la restituer aux gestionnaires/usagers, mais le scientifique et l'usager qui co-construisent une méthode afin qu'ils puissent eux-mêmes produire une donnée « scientifique ». Cela participe d'une forme d'émancipation des usagers, dans la mesure où ils ne sont plus tributaires d'un tiers pour produire la donnée, mais deviennent des collaborateurs.

En contrepartie, c'est aussi un moyen adapté pour s'assurer de la qualité des données produites, car faire pour soit même n'a souvent pas la même saveur que faire pour autrui…

Il s'agit en tout cas, d'une base pertinente pour que l'observation ne devienne pas nécessairement surveillance, en intégrant pleinement la dimension éthique de la production de telles données, socle indispensable à la mise en œuvre des politiques publiques appliquées à la mer côtière et tout particulièrement à ses espaces naturels protégés, tout en s'inscrivant pleinement dans ce qui fonde l'esprit de la Gestion intégrée des zones côtières.

8 Bibliographie générale

Alessa, L., Kliskey, A., 2005. *Remote and Dispersed Visitor Use Estimation by Aerial Survey Transects.* Final Report for National Park Service Alaska Region, University of Alaska, Anchorage, 25p.

Allen, S.D., Bartlett, N., 2008. *Hawaii Marine Recreational Fisheries Survey. How analysis of raw catch data can benefit regional fisheries management and how catch estimates are developed: An example using 2003 data Pacific Islands* (No. Report H-08-04). Pacific Islands Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, NOAA.

Balaguer, P., Diedrich, A., Sardà, R., Fuster, M., Cañellas, B., Tintoré, J., 2011. "Spatial analysis of recreational boating as a first key step for marine spatial planning in Mallorca (Balearic Islands, Spain)". *Ocean & Coastal Management* 54, 241–249. doi:10.1016/j.ocecoaman.2010.12.002

Bastardie, F., Nielsen, J.R., Ulrich, C., Egekvist, J., Degel, H., 2010. "Detailed mapping of fishing effort and landings by coupling fishing logbooks with satellite-recorded vessel geo-location". *Fisheries Research* 106(1), 41-53. doi:10.1016/j.fishres.2010.06.016

Bertrand, M., Blot, F., Dascon, J., Gambino, M., Milian, J., Molina, G., 2007. «Géographie et représentations: de la nécessité des méthodes qualitatives». *Recherches qualitatives*, Hors série n°3, 316–334.

Bretagnolle, V., Certain, G., Houte, S., Métais, M., 2004. "Distribution maps and minimum abundance estimates for wintering auks in the Bay of Biscay, based on aerial surveys". *Aquatic Living Resources* 17 (3), 353–360. doi:10.1051/alr:2004044

Brida, J.G., Pulina, M., Riaño, E., Zapata-Aguirre, S., 2012. "Cruise passengers' experience embarking in a Caribbean home port. The case study of Cartagena de Indias". *Ocean & Coastal Management* 55, 135–145. doi:10.1016/j.ocecoaman.2011.10.003

Brigand, L., Le Berre, S., Peuziat I., 2006. *Connaître et suivre les usages maritimes récréatifs en mer d'Iroise. Élaboration de méthodologies spécifiques pour la mise en place d'un observatoire marin.* Rapport Laboratoire Géomer, Université de Bretagne Occidentale, Mission pour un Parc Marin d'Iroise.

Brigand, L., Le Berre, S., 2007. "Joint construction and appropriation of indicators by users, managers and scientists: the case study of Port-Cros and Porquerolles tourist frequentation observatory". *International Journal of Sustainable Development* 10, 139–160. doi:10.1504/IJSD.2007.014419

Brody S.D., Highfield W., Arlikatti S., Bierling D.H., Ismailova R.M., Lee L., Butzler R., 2004. "Conflict on the Coast: Using Geographic Information Systems to Map Potential Environmental Disputes in Matagorda Bay, Texas". *Environmental Management* 34 (1), 11–25.

Cessford G., Burns R., 2008. *Monitoring visitor numbers in New Zealand national parks and protected areas. A literature review and development summary*. Science & Technical Publishing, Department of Conservation, New Zealand, http://www.doc.govt.nz/Documents/science-and-technical/drds293.pdf

Cessford, G., Muhar, A., 2003. "Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas". *Journal for Nature Conservation* 11, 240–250. doi:10.1078/1617-1381-00055

Chlous-Ducharme, F., 2005. «Les savoirs - outils de distinction et de légitimation dans le cadre d'une gestion durable : le cas des pêcheurs à pied d'ormeaux». *VertigO*. doi:10.4000/vertigo.2730

Chlous-Ducharme, F., Lacombe, P., 2011. «Pêches populaires et gestion des espaces maritimes». *Espaces et sociétés*, 73, 144-145. doi:10.3917/esp.144.0073

Coombes, E., Jones, A., Bateman, I., Tratalos, J., Gill, J., Showler, D., Watkinson, A., Sutherland, Wi., 2009. "Spatial and Temporal Modeling of Beach Use: A Case Study of East Anglia". *Coastal Management* 37 (1), 94–115. doi:DOI: 10.1080/08920750802527127

Dalton, T., Thompson, R., Jin, D., 2010. "Mapping human dimensions in marine spatial planning and management: An example from Narragansett Bay, Rhode Island". *Marine Policy* 34, 309–319. doi:10.1016/j.marpol.2009.08.001

Davenport, J., Davenport, J.L., 2006. "The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review". *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67, 280–292. doi:10.1016/j.ecss.2005.11.026

De Cacqueray, M., 2011. *La planification des espaces maritimes en France métropolitaine : un enjeu majeur pour la mise en oeuvre de la Gestion intégrée de la mer et du littoral*, Thèse de doctorat de Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Deng, R., Dichmont, C., Milton, D., Haywood, M., Vance, D., Hall, N., Die, D., 2005. "Can vessel monitoring system data also be used to study trawling intensity and population depletion? The example of Australia's northern prawn fishery". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62 (3), 611–622. doi:10.1139/f04-219

Deuell, R.L., Lillesand, T., 1982. "An Aerial Photographic Procedure for Estimating Recreational Boating Use on Inland Lakes". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 48, 1713–1717.

Diedrich, A., 2010. "Cruise ship tourism in Belize: The implications of developing cruise ship tourism in an ecotourism destination". *Ocean & Coastal Management* 53, 234–244. doi:10.1016/j.ocecoaman.2010.04.003

Di Iorio, L., Gervaise, C., Jaud, V., Robson, A.A., Chauvaud, L., 2012. "Hydrophone detects cracking sounds: Non-intrusive monitoring of bivalve movement". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 432-433, 9–16. doi:10.1016/j.jembe.2012.07.010

Eagles, P.F., Buteau-Duitschaever, W., 2009. *Options for Visitor Monitoring for National Marine Conservation Areas in Canada.* Université de Waterloo, Gatineau, Quebec, Canada.

Eastern Research Group, 2010. *A review and Summary of Human Use mapping in the marine and coastal zone.* NOAA Coastal Services Center, ERG.

Ehler C., Douvere F. 2009. *Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management.* Intergovernmental Oceanographic Commission & Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Paris: UNESCO, 99 p.

Eide, M.S., Endresen, Ø., Brett, P.O., Ervik, J.L., Røang, K., 2007. "Intelligent ship traffic monitoring for oil spill prevention: Risk based decision support building on AIS". *Marine Pollution Bulletin* 54 (2), 145–148. doi:10.1016/j.marpolbul.2006.11.004

Ekebom, J., 2007. *GIS tools for marine spatial planning and management.* BALANCE Interim Report n°28, http://balance-eu.org/xpdf/balance-interim-report-no-28.pdf

Folegot, T., 2012. "Ship Traffic Noise Distribution in the Strait of Gibraltar: An Exemplary Case for Monitoring Global Ocean Noise Using Real-Time Technology Now Available for Understanding the Effects of Noise on Marine Life", in: Popper, A.N., Hawkins, A. (Eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life*. Springer New York, New York, NY, pp. 601–604.

Fournier, C., Jacquot, S., 2014. «Les traces numériques des touristes. Un renouvellement de l'observation touristique ?» *Espaces*, n° 316, 66–72.

Gervaise, C., Simard, Y., Roy, N., Kinda, B., Ménard, N., 2012. "Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay–St. Lawrence Marine Park hub". *The Journal of the Acoustical Society of America* 132, 76. doi:10.1121/1.4728190

Gourmelon, Françoise, Damien Le Guyader, et Guy Fontenelle, 2014. "A Dynamic GIS as an Efficient Tool for Integrated Coastal Zone Management". *ISPRS International Journal of Geo-Information* 3 (2), 391407. doi:10.3390/ijgi3020391.

Gray, D.L., Canessa, R., Rollins, R., Keller, C.P., Dearden, P., 2010. "Incorporating Recreational Users into Marine Protected Area Planning : A study of recreational boating in British Columbia, Canada". *Environmental Management* 46, 167–180. doi:DOI 10.1007/s00267-010-9479-1

Gray, D.L., Canessa, R.R., Peter Keller, C., Dearden, P., Rollins, R.B., 2011. "Spatial characterization of marine recreational boating: Exploring the use of an on-the-water questionnaire for a case study in the Pacific Northwest". *Marine Policy* 35, 286–298. doi:10.1016/j.marpol.2010.10.005

Guégan, C., 2012. *Modélisation de la fréquentation touristique du Mont-Saint-Michel, approches systémique et prospective.* Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM - Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Guillén, J., García-Olivares, A., Ojeda, E., Osorio, A., Chic, O., González, R., 2008. «Long-Term Quantification of Beach Users Using Video Monitoring". *Journal of Coastal Research* 246, 1612–1619. doi:10.2112/07-0886.1

Guyonnard, V., 2013. *Projet Technologie d'Observation du Nautisme dans l'estuaire de la Gironde et les Pertuis charentais*, Rapport final. AAMP, UMR 7266 LIENSs, ECOP.

Halpern, B.S., Kappel, C.V., Selkoe, K.A., Micheli, F., Ebert, C.M., Kontgis, C., Crain, C.M., Martone, R.G., Shearer, C., Teck, S.J., 2009. "Mapping cumulative human impacts to California Current marine ecosystems". *Conservation Letters* 2 (3), 138–148.

Hatch, L., Clark, C., Merrick, R., Parijs, S., Ponirakis, D., Schwehr, K., Thompson, M., Wiley, D., 2008. "Characterizing the Relative Contributions of Large Vessels to Total Ocean Noise Fields: A Case Study Using the Gerry E. Studds Stellwagen Bank National Marine Sanctuary". *Environmental Management* 42, 735–752. doi:10.1007/s00267-008-9169-4

Hellin, D., Wiggin, J., Uiterwyk, K., Starbuck, K., Napoli, N., Terkla, D., Watson, C., Roman, A., Roach, L., 2011. *Massachusetts Recreational Boater Survey 2010: Final Report,* Technical Report No03.UHI.11, Submitted to the Massachusetts Ocean Partnership.

Hintzen, N.T., Bastardie, F., Beare, D., Piet, G.J., Ulrich, C., Deporte, N., Egekvist, J., Degel, H., 2012. "VMStools: Open-source software for the processing, analysis and visualisation of fisheries logbook and VMS data". *Fisheries Research* 115-116, 31–43. doi:10.1016/j.fishres.2011.11.007

Hornback, K.E., Eagles, P.F., 1999. *Guidelines for public use measurement and reporting at parks and protected areas,* WCPA, IUCN, Gland, Cambridge.

Huff, D.E., 2005. *Surface Ship Location Based On Active Sonar Image Data.* University of Texas, Applied Research Laboratories, Austin.

Jaakson, R., 1989. "Recreation boating spatial patterns: Theory and management". *Leisure Sciences* 11, 85–98. doi:10.1080/01490408909512209

Jollit, I., 2010. *Spatialisation des activités humaines et aide à la décision pour une gestion durable des écosystèmes coralliens : la pêche plaisancière dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle- Calédonie*, Thèse de doctorat, Université de Nouvelle-Calédonie.

Koehn, J.Z.; Reineman, D.R.; Kittinger, J.N., 2013. "Progress and promise in spatial human dimensions research for ecosystem-based ocean planning". *Marine Policy* 2013, 42, 31–38, doi:10.1016/j.marpol.2013.01.015.

Lammers, M.O., Brainard, R.E., Au, W.W.L., Mooney, T.A., Wong, K.B., 2008. "An ecological acoustic recorder (EAR) for long-term monitoring of biological and anthropogenic sounds on coral reefs and other marine habitats". *J. Acoust. Soc. Am.* 123, 1720–1728. doi:10.1121/1.2836780

Léauté, J.-P., 1998. «Les flotilles de pêche de l'Union Européenne dans le golfe de Gascogne vues du ciel». *Oceanologica Acta* 21 (2), 371–381. doi:10.1016/S0399-1784(98)80024-8

Le Berre S., Peuziat I., Le Corre N., Brigand L., 2013. *Observer et suivre la fréquentation dans les aires marines protégées de Méditerranée*. LETG-Brest Géomer, Projet MedPAN Nord. WWF-France et Parc National de Port-Cros.

Le Berre, S., 2008. *Les observatoires de la fréquentation, outils d'aide à la gestion des îles et des littoraux.* Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Le Corre, N., 2009. *Le dérangement de l'avifaune sur les sites naturels protégés de Bretagne : état des lieux, enjeux et réflexions autour d'un outil d'étude des interactions hommes/oiseaux,* Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Le Corre, N., Le Berre, S., Brigand, L., Peuziat, I., 2012. «Comment étudier et suivre la fréquentation dans les espaces littoraux, marins et insulaires ? De l'état de l'art à une vision prospective de la recherche». *EchoGéo*. doi:10.4000/echogeo.12749

Le Corre, N., Le Berre, S., Meunier M., Brigand, L., Boncoeur, J., Alban, F., 2011. *Dispositifs de suivi de la fréquentation des espaces marins, littoraux et insulaires et de ses retombées socioéconomiques : état de l'art.* Rapport LETG-Brest Géomer UMR 6554 et UMR M101 Amure, Université de Bretagne Occidentale, Agence des Aires Marines Protégées, Brest.

Le Diréach, L., Cadiou, C., Boudouresque, C.-F., 2004. "Monitoring the artisanal fishing effort in marine protected areas on the French Mediterranean coast". *Revue d'écologie* 59 (1-2), 77–84.

Le Guyader, D., 2012. *Modélisation des activités humaines en mer côtière.* Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM - Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Le Guyader, D., Brosset, D., Gourmelon, F., 2011. «Exploitation de données AIS (Automatic Identification System) pour la cartographie du transport maritime». *Mappemonde* 104, http://mappemonde.mgm.fr/num32/articles/art11405.html

Leloup, M.-A., 2005. *La sécurité maritime en mer d'Iroise, identification et spatialisation des risques pour la navigation de plaisance côtière*, Mémoire de fin d'étude, M2 Expertise et Gestion de l'Environnement littoral, Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Le Tixerant M., 2002. « Représentation logique et spatiale de la réglementation des activités humaines en mer côtière ». *Revue Internationale de Géomatique*, 12(3/2002), spécial « SIG côtiers », 325-335.

Le Tixerant, M., 2004. *Dynamique des activités humaines en mer côtière. Application à la Mer d'Iroise.* Thèse de doctorat de Géographie, EDSM, IUEM - Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Le Tixerant M., Pennanguer S., Boncoeur J., Curtil O., (2004). « Approche spatiale de la réglementation des pêches professionnelles dans la bande côtière ». in Gourmelon F., Robin M., *SIG littoral*, traité IGAT, éd. Hermès, 123-147.

Le Tixerant, M., Gourmelon, F., Tissot, C., Brosset, D., 2010. "Modelling of human activity development in coastal sea areas". *Journal of Coastal Conservation* 15 (4), 407–416. doi:10.1007/s11852-010-0093-4

Lumb, C.M., Webster, M., Golding, N., Atkins, S., Vincent, M.A., 2004. *The Irish Sea Pilot Report on Collation and Mapping Data.* Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.

Merchant, N.D., Witt, M.J., Blondel, P., Godley, B.J., Smith, G.H., 2012. "Assessing sound exposure from shipping in coastal waters using a single hydrophone and Automatic Identification System (AIS) data". *Marine Pollution Bulletin* 64, 1320–1329. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.05.004

Michoux, L., 2007. «SPATIONAV Pierre angulaire de la protection et de la sauvegarde maritime». *REE, Revue de l'électricité et de l'électronique*, n° 6-7, 81–84.

Mills, C.M., Townsend, S.E., Jennings, S., Eastwood, P.D., Houghton, C.A., 2007. "Estimating high resolution trawl fishing effort from satellite-based vessel monitoring system data". *ICES Journal of Marine Science* 64 (2), 248–255. doi:10.1093/icesjms/fsl026

Minelli A., Le Berre I., Peuziat I., 2014. "A GIS tool to evaluate marine traffic spatiotemporal evolution using semaphore data. An application on French coastal zones", in *Littoral 2014, Facing Present and Future Coast Challenges*, Marine Science and Technology Centre, Klaipeda, University, Lithuania.

Morales-Nin, B., Moranta, J., Garcia, C., Tugores, M.., Grau, A.., Riera, F., Cerda, M., 2005. "The recreational fishery off Majorca Island (western Mediterranean): some implications for coastal resource management". *ICES Journal of Marine Science* 62, 727–739.

Moreno-Báez, M., Orr, B.J., Cudney-Bueno, R., Shaw, W.W., 2010. "Using fishers' local knowledge to aid management at regional scales: spatial distribution of small-scale fisheries in the northern Gulf of California, Mexico". *Bulletin of Marine Science* 86 (2), 339–353.

Mou, J.M., Tak, C. van der, Ligteringen, H., 2010. "Study on collision avoidance in busy waterways by using AIS data". *Ocean Engineering* 37 (5-6), 483–490. doi:10.1016/j.oceaneng.2010.01.012

Nardin G., Le Berre I., Brigand L., 2008. « Un SIG pour connaître et pour gérer la plaisance dans le Finistère », *Norois,* 206 (2008/1), 53-72, doi:10.4000/norois.270

Neis B., Schneider D.C., Felt L., Haedrich R.L., Fischer J., Hutchings J.A., 1999. "Fisheries assessment: what can be learned from interviewing resource users?" *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1949–1963.

Nelsen, C., Pendleton, L., Vaughn, R., 2007. "A socioeconomic study of surfers at Trestles Beach". *Shore and Beach* 75, 32–37.

NOAA, 2005. *Mapping Human uses of the Ocean, Informing Marine Spatial Planning Through Participatory GIS*. NOAA, National Marine Protected Area Center.

NOAA, 2010. *Review and Summary of Human Use Mapping in the Marine and Coastal Zone*. Eastern Research Group, Inc., Lexington, MA.

Orellana, D., Bregt, A.K., Ligtenberg, A., Wachowicz, M., 2012. "Exploring visitor movement patterns in natural recreational areas". *Tourism Management* 33 (3), 672–682. doi:10.1016/j.tourman.2011.07.010

Parrain, C., 2010. *Territorialisation des espaces océaniques hauturiers. L'apport de la navigation à voile dans l'Océan Atlantique*. Thèse de Doctorat de Géographie, Université de La Rochelle.

Pegler, K., Colemen, D., Pelot, R., Keller, C.P., 2007. "An enhanced spatio-spectral template for automatic small recreational vessel detection". *Photogrammetric engineering and remote sensing* 73 (1), 79-87.

Pelot, R., 1999. *Marine Activity in the Bay of Fundy.* Report No. 1999-01. Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University.

Pelot, R., Kendrick, P., Shields, R., Deveaux, J.-P., 2000. *Recreational/Tourism marine activity assessment in the Bay of Fundy.* MARIN Report No 2002-05, Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University.

Pelot, R.P., Delbridge, C., Wu, Y., Hilliard, R., Wootton, D., 2006. *Location-Based Risk Analysis of Recreational Boating Activity.* MARIN Report No 2005-02, Department of Industrial Engineering, Halifax, Nova Scotia, Canada, Dalhousie University.

Pelot, R., Wootton, D., 2004a. *Maritime trafic distribution in Atlantic Canada to support an evaluation of a Sensitive Area Proposal,* MARIN Report No. 2004-5. Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University.

Pelot, R., Wootton, D., 2004b. *Merchant Traffic through Eastern Canadian waters : Canadian port of call versus transient shipping trafic,* MARIN Report No. 2004-09. Maritime Activity and Risk Investigation Network, Dalhousie University.

Perras L., Peuziat I., Le Berre I., 2014. *Comment compter la flotte de plaisance active ? Conditions d'exploitation du registre d'immatriculation.* Rapport Cartahu, LETG-Brest Géomer, IUEM-UBO, 28 p.

Peuziat, I., 2005. *Plaisance et environnement. Pratiques, représentations et impacts de la fréquentation nautique de loisir dans les espaces insulaires. Le cas de l'archipel de Glénan (France).* Thèse de doctorat de Géographie, IUEM-Université de Bretagne Occidentale, Brest. 344 p.

Pillich, B., Pearlman, S., Chase, C., 2003. "Real time data and ECDIS in a web-based port management package". *IEEE*, pp. 2227–2233 Vol. 4. doi:10.1109/OCEANS.2003.178247

Proia, N., 2010. *Surveillance maritime par analyse d'images satellitaires optiques panchromatiques.* Thèse d'informatique, Université des Antilles-Guyane. 164 p.

Ray, C., Devogèle, T., Noyon V., Petit M., Fournier S., Claramunt, C., 2007. "GIS technology for Maritime Traffic Systems", in: Kunts P. (Ed.), *European Research Consortium for Informatics and Mathematics News: Special Theme on Traffic Planning and Logistics*. vol. 68, pp. 41–42.

Robert, S., Sillère, G., Liziard, S., 2008. «Évaluer et représenter le nombre d'usagers sur une plage urbaine (Les Ponchettes, Nice)». *Mappemonde* 91, 20 p.

Roos, D., Bertrand, G., 2002. «La pêche sous-marine a la Réunion». *The Journal of Nature* 14, 65–70.

Rousseau G., 2014. *Mise au point d'une méthode de détection de bateaux à partir d'images THR Pléaide.* Rapport de stage de Master 2 Image, Université de Rennes 2, LETG-Brest Géomer, 20 p.

Sampson, D.B., 2011. "The accuracy of self-reported fisheries data: Oregon trawl logbook fishing locations and retained catches". *Fisheries Research* 112 (1-2), 59–76. doi:10.1016/j.fishres.2011.08.012

Scholz, A., Bonzon, K., Fujita, R., Benjamin, N., Woodling, N., Black, P., Steinback, C., 2004. "Participatory socioeconomic analysis: drawing on fishermen's knowledge for marine protected area planning in California". *Marine Policy* 28, 335–349. doi:10.1016/j.marpol.2003.09.003

Sidman, C., Fik, T., 2005. "Modeling spatial patterns of recreational boaters: vessel,behavioral, and geographic considerations". *Leisure Sciences* 27, 175–189. doi:10.1080/01490400590912079

Sidman, C., Flamm, R., 2001. *A Survey of Methods for Characterizing Recreational Boating in Charlotte harbor*, FL. Florida SeaGrant Program, University of Florida, Gainesville. 67 p.

Sidman, C., Swett, R.A., Fik, T., Fann, S., Fann, D., Sargent, B., 2005. *A Recreational Boating Characterization for the Greater Charlotte Harbor.* Florida Sea Grant, University of Florida.

Smallwood, C.B., Beckley, L.E., 2012. "Spatial distribution and zoning compliance of recreational fishing in Ningaloo Marine Park, north-western Australia". *Fisheries Research* 125-126, 40–50. doi:10.1016/j.fishres.2012.01.019

Smallwood, C.B., Pollock, K.H., Wise, B.S., Hall, N.G., Gaughan, D.J., 2012. "Expanding Aerial–Roving Surveys to Include Counts of Shore-Based Recreational Fishers from Remotely Operated Cameras: Benefits, Limitations, and Cost Effectiveness. North". *American Journal of Fisheries Management* 32, 1265–1276. doi:10.1080/02755947.2012.728181

Stelzenmüller, V., Lee, J., South, A., Rogers, S., 2010. "Quantifying cumulative impacts of human pressures on the marine environment: a geospatial modelling framework". *Marine Ecology Progress Series* 398, 19–32. doi:10.3354/meps08345

Sterl, P., Wagner, S., Arnberger, A., 2004. *Social Carrying Capacity of Canoeists in Austria's Danube Floodplains National Park*. MMV Second: Policies, Methods and Tools for Visitor Management 261–268.

St. Martin, K., Hall-Arber, M., 2008. "The missing layer: Geo-technologies, communities, and implications for marine spatial planning". *Marine Policy* 32, 779–786. doi:10.1016/j.marpol.2008.03.015

Tillier I., Tissot C., Robin M., 2010. "Modelling spatial use conflicts and Nature-Society interactions in coastal areas coupling MAS and GIS", *in* Maanan M., Robin M., *Geomatic solutions for coastal environments*, Nova Science Publishers Inc., pp.19.

Tinsman, J.S., Whitmore, W.H., 2006. “Aerial flight methodology to estimate and monitor trends in fishing effort on Delaware artificial reef sites”. *Bulletin of Marine Science* 78 (1), 167–176.

Trouillet B., 2004. *La “mer côtière” d’Iroise à Finisterre. Etude géographique d’ensembles territoriaux en construction*. Thèse de doctorat de géographie, Université de Nantes, https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00010854.

Turner R. A., Polunin N. V. C., Stead S. M., 2015, “Mapping inshore fisheries: Comparing observed and perceived distributions of pot fishing activity in Northumberland,” *Marine Policy*, vol.51, 173–181.

Warnken, J., Blumenstein, M., 2008. *Monitoring visitor use in Australian terrestrial and marine protected areas : practical applications of technologies.* Cooperative Research Centre for Sustainable Tourism, Gold Coast, Qld. 27 p.

Widmer, W., Underwood, A., 2004. “Factors affecting traffic and anchoring patterns of recreational boats in Sydney Harbour, Australia”. *Landscape and Urban Planning* 66 (3), 173–183. doi:10.1016/S0169-2046(03)00099-9

Liste des figures

Figure 1. La mer côtière, un espace de plus en plus convoité 8
Figure 2. Le site de la mer d'Iroise 10
Figure 3. Chronologie des publications sur la cartographie des activités maritimes 13
Figure 4. Exemple de typologie hiérarchique (d'après Le Tixerant, 2004) 17
Figure 5. Extrait de la typologie des activités humaines en mer côtière adoptée pour CARTAHU 18
Figure 6. Catégories d'usages observés 22
Figure 7. Nouvelles immatriculations des navires de plaisance 24
Figure 8. Couverture aérienne de l'espace maritime du Parc Naturel Marin d'Iroise 67
Figure 9. Capture d'écran de la page Indigéo consacrée aux activités humaines 75
Figure 10. Schéma démonstrateur Port de Brest 78

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste de mots-clefs employés pour la recherche bibliographique 11
Tableau 2. Bilan synthétique de la recherche bibliographique par grand domaine d'activités et par familles de méthodes 13
Tableau 3. Fonctions des méthodes 20
Tableau 4. Indicateurs d'opérationnalité 21
Tableau 5. Récapitulatif des caractéristiques des méthodes de cartographie des activités maritimes 77

Crédits

(photographies & illustrations)

Amure, S. Julien : 24.

Brest Métropole Océane : 68.

Dreamstime.com : 70.

Eco-compteur : 56.

Gipsa-Lab : 38.

Labex GeoSUD : 68, 69.

LETG Brest, Géomer : 26, 28, 30, 32, 34, 36, 42, 44, 48, 50, 52, 54, 57, 62, 64, 74, 75, 77, 78.

Navionics : 58.

OMI : 72.

Terra Maris : 8, 17, 75.

Vigie-Aviation/Google Earth : 67.