



**HAL**  
open science

## Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest

Françoise Gourmelon, Damien Le Guyader, Guy Fontenelle, Harold Levrel, Cyril Tissot, Louis Bonneau de Beaufort, Mathias Rouan

► **To cite this version:**

Françoise Gourmelon, Damien Le Guyader, Guy Fontenelle, Harold Levrel, Cyril Tissot, et al.. Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest. 2013. hal-00797154

**HAL Id: hal-00797154**

**<https://hal.science/hal-00797154v1>**

Submitted on 5 Mar 2013

**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.



# MODELISATION ET SCENARISATION DES ACTIVITES HUMAINES EN RADE DE BREST (RAD2BREST)

## RAPPORT SCIENTIFIQUE

Coordination  
LETG-Brest UMR CNRS 6554  
Institut Universitaire Européen de la Mer (Université de Brest)  
Françoise Gourmelon



N° de contrat MEDDTL/CNRS : L.3-0006618  
Date de notification du contrat : 16/11/2009  
Date de remise du rapport définitif : 28 février 2013

### Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest

Ce projet a pour but de modéliser et de scénariser les activités maritimes : leur déroulement dans le temps et l'espace, le savoir porté par les acteurs, leur relation à la ressource. La modélisation est utilisée comme cadre conceptuel favorisant la connaissance d'un système complexe, l'échange de points de vue et le partage des connaissances entre acteurs d'un territoire aux enjeux divers.

La rade de Brest est choisie comme site expérimental du fait de ses caractéristiques physiques et anthropiques et des multiples enjeux dont elle fait actuellement l'objet (maintien et développement des activités, aménagement, conservation).

Dans un premier volet de l'étude, l'évaluation des services écosystémiques en milieu marin est mise en œuvre sur la base d'une enquête réalisée auprès d'experts scientifiques locaux. Elle révèle que les services écosystémiques les plus importants sont ceux qui renvoient aux valeurs de non-usages.

Dans un second volet concernant la modélisation du déroulement des activités maritimes encadrées en rade de Brest, une typologie détaillée recensant 51 activités est établie. Leurs territoires et calendriers de pratiques potentiels sont documentés. Pour y parvenir, diverses données sont mobilisées et une méthode originale de cartographie à dire d'acteurs est opérationnalisée. L'ensemble des données géographiques, environnementales et socio-professionnelles, est structuré au sein d'une Base d'Information Géographique et Temporelle (BIG-T), parmi lesquelles plusieurs couches inédites concernant les habitats subtidiaux et les activités maritimes encadrées, accessibles à l'issue du projet via une plateforme web. Les données temporelles et quantitatives associées aux territoires de pratiques sont exploitées pour modéliser les interactions intervenant à différents pas de temps et sous différentes conditions environnementales. L'exploitation de la BIG-T sert de support non seulement à la simulation du déroulement des activités maritimes à un pas de temps quotidien sur une année test, mais aussi à la simulation de scénarios exploratoires à dire d'acteurs. Proposés lors d'un atelier de géoprospective par les représentants des principales scènes de gestion et d'un groupe professionnel, ils permettent de discuter du devenir de la rade de Brest en fonction de plusieurs options de gestion, des possibilités de la démarche dans différents cadres opérationnels et d'affiner les besoins des acteurs locaux en termes d'informations géographiques.

Dans un troisième volet du projet, un cas d'application est consacré aux pêcheurs à la drague à la coquille, à leurs savoirs et pratiques et à la relation entre leur activité et les habitats benthiques. Il mobilise deux approches originales de modélisation, qualitative par graphes cognitifs, quantitative par modélisation multi-agents.

Les perspectives du projet sont nombreuses parmi lesquelles le transfert de la BIG-T dans un cadre opérationnel comme support à la planification et à la concertation, son couplage avec des modèles dynamiques des ressources benthiques, la pérennisation des données acquises sur le thème des activités humaines en rade de Brest au sein de la Zone Atelier Brest-Iroise (<http://www-ium.univ-brest.fr/zabri/fr/Projet/theme-2>) et l'étude de l'usage de l'information géographique dans le processus de GIZC.

### Mots clés

Activités encadrées, partage de l'espace maritime, interactions spatio-temporelles, modélisation, outils participatifs, services écosystémiques, SIG

### Human activities in bay of Brest: models and simulations

This study aims at modeling the interactions between human activities in a multifunctional maritime basin. We use modeling as a conceptual framework adapted to the understanding of complex biophysical and social systems and a tool facilitating the exchange of points of view and the sharing of knowledge between local stakeholders such as fishermen, administrators and researchers. Due to its physical and anthropogenic components and to its stakes, the bay of Brest is chosen as the study site.

Firstly the evaluation of marine ecosystem service is based on expert knowledge. For the Millennium Ecosystem Assessment categories of ecosystem service, several ecological indicators are selected, and the cost of the compensatory measures required to fulfill the goal of no net loss is assessed using the Habitat Equivalency Analysis. The results of this analysis highlight differences between compensatory measures and their associated costs depending on the category of ecosystem services targeted.

Secondly a detailed typology of the whole maritime activities settled in bay of Brest (51 activities) is produced and spatial, temporal, quantitative and qualitative data acquisition combines both analysis of spatio-temporal databases and results from interviews with stakeholders. The GIS-based capture data is well managed by the stakeholders who are interested in contributing to the process of gathering scientific data. The heterogeneous data collected are stored in a spatio-temporal database (STDB). First, the STDB is used with a GIS to produce temporal snapshots of daily human activities patterns within a year. Secondly, the STDB enables to identify, quantify and map potential uses conflicts for both space and time between activities in the bay of Brest. The results of a participatory workshop with stakeholders show that the dynamic component of the data brings a real value for management. The possibility to use the dynamic GIS to discuss and simulate management scenarios is tested but requires a gradually built-up.

Thirdly a focus deals with the dredging activities. Cognitive maps are used to express individual's judgments, thinking or beliefs about the activity. A multi-agent system is used to model the activity, its relationships with marine habitats.

Prospects of the project include the transfer of the STDB as an operational planning support, its coupling with dynamic models of benthic resources, the updating of the human activities database by the Long Term Ecological Research network (Zone Atelier Brest-Iroise, <http://www-ium.univ-brest.fr/zabri/fr/Projet/theme-2>) and the study of the use of geographic information in the Integrated Coastal Zone Management process.

#### Key words

Coastal sea, ecosystem services, GIS, human activities, modeling, temporal and spatial interactions, participatory tools

## TABLE DES MATIERES

---

|  |    |
|--|----|
| <i>Hypothèse/contexte</i> .....  | 8  |
| <i>Le site d'application</i> .....   | 9  |
| <i>Méthodes et résultats attendus</i> .....  | 10 |
| <i>DOCUMENTER LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES EN MILIEU MARIN</i> .....  | 12 |
| 1. Méthode.....  | 12 |
| 2. Résultats.....  | 14 |
| 3. Limites et perspectives .....   | 15 |
| <br><i>LA MODELISATION SPATIO-TEMPORELLE DES ACTIVITES MARITIMES ENCADREES A L'ECHELLE DE LA RADE DE BREST ; DE L'ACQUISITION DE DONNEES HETEROGENES A LA SCENARISATION EXPLORATOIRE A DIRES D'ACTEURS</i> ..... | 17 |
| 1. Etablir une typologie détaillée des activités humaines et collecter des données relatives à leur déroulement.....   | 17 |
| 1.1. Typologie des activités humaines en rade de Brest .....   | 18 |
| 1.2. Collecte de données spatio-temporelles concernant les activités humaines en rade de Brest à des fins de modélisation .....  | 18 |
| 2. Structuration et utilisation d'un Système d'Information Géographique.....   | 32 |
| 2.1. Méthode.....  | 32 |
| 2.2. Résultats.....  | 33 |
| 3. Modélisation et analyse des interactions spatio-temporelles entre activités maritimes encadrées en rade de Brest .....  | 35 |
| 3.1. Méthode.....  | 36 |
| 3.2. Résultats.....  | 40 |
| 3.3. Conclusion.....   | 49 |
| 4. Scénarisation, simulation, évaluation des productions géographiques.....  | 50 |
| 4.1. Restitution des travaux de modélisation des activités humaines en rade de Brest.....  | 51 |
| 4.2. Construction de scénarios à dire d'acteurs et simulations.....  | 52 |
| 4.3. Evaluation des productions géographiques à des fins de gestion.....   | 56 |
| 4.4. Conclusions et perspectives.....  | 60 |
| <br><i>L'ACTIVITE DE PECHE A LA DRAGUE A LA COQUILLE APPROCHEE PAR DEUX DEMARCHES DE MODELISATION</i> .....  | 62 |
| 1. Modélisation du déroulement et de l'impact des activités de pêche à la drague .....   | 62 |
| 1.1. Modélisation du déroulement de l'activité de pêche à la drague.....   | 62 |
| 1.2. Modélisation des interactions entre activités de pêche à la drague et habitats benthiques.....  | 67 |
| 2. Modélisation du savoir porté par les acteurs d'un territoire .....  | 74 |
| 2.1. Méthode.....  | 75 |
| 2.2. Résultats.....  | 82 |
| 2.3. Conclusion et perspectives .....  | 83 |
| <br><i>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES</i> .....   | 86 |
| 1. Principaux résultats et perspectives .....  | 87 |
| 2. Partenariats mis en place.....  | 88 |
| 3. Ressources .....  | 89 |
| 4. Opérations de valorisation issues du projet .....   | 90 |

|   |     |
|---|-----|
| ANNEXE 1. Typologie des activités humaines en rade de Brest.....  | 94  |
| ANNEXE 2. Fiches de synthèse des scènes de gestion .....  | 95  |
| ANNEXE 3. Frise chronologique des conflits d'usage en rade de Brest (Mercelle, Le Moigne, 2010).....                      | 104 |
| ANNEXE 4. Cartographie des habitats benthiques de la rade de Brest .....  | 105 |
| ANNEXE 5. Dictionnaire de l'information géographique contenue dans la BIG .....   | 106 |
| ANNEXE 6. Structuration de la Base d'Information Géographique (BIG) .....   | 108 |
| ANNEXE 7. Bibliographie citée.....  | 109 |
| ANNEXE 8. Lettre d'information transmise aux 17 pêcheurs à la coquille associés à l'étude de G. Christiansen (2011) ..... | 114 |
| ANNEXE 9. Suivi de projet .....   | 116 |
| ANNEXE 10. Annexe financière (non certifiée par le CNRS).....   | 117 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS.....  | 118 |



# MODELISATION ET SCENARISATION DES ACTIVITES HUMAINES EN RADE DE BREST (RAD2BREST)

## RAPPORT SCIENTIFIQUE

### Programme LITEAU III

#### Responsable scientifique

**Françoise Gourmelon** (LETG-Brest, Géomer, UMR 6554 CNRS) IUEM/UBO

#### Rédacteurs du rapport

F. Gourmelon, D. Le Guyader, G. Fontenelle, H. Levrel, C. Tissot, L. Bonneau de Beaufort, M. Rouan

#### Partenaires scientifiques

**D. Le Guyader, C. Tissot, M. Rouan, I. Le Berre** (UMR LETG CNRS-UBO-IUEM) / **C. Hily** (UMR LEMAR CNRS-UBO-IUEM) / **H. Levrel** (UMR AMURE Ifremer-UBO-IUEM) / **G. Fontenelle** (UMR ESE Agrocampus-Ouest) / **D. Brosset** (IRENav) / **C. Largouet, L. Bonneau de Beaufort** (laboratoire d'Informatique, Agrocampus-Ouest) / **M. Le Tixerant** (JEI Terra Maris)

#### Partenaires non scientifiques

**J.P. Carval** (Comité Local des Pêches Maritimes et des Élevages Marin du Nord Finistère), **S. Le Guennec** (Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins du Finistère), **P. Masquelier, F. Sénéchal** (Brest Métropole Océane), **S. Pennanguer** (Région Bretagne, Mission Mer)

#### Associés en cours de projet

C. Dumas (Pays de Brest, projet GIZC), A. Larzillière (Parc Naturel Régional d'Armorique, Natura 2000)

#### Domaines

Sciences de l'Homme et de la Société  
Environnement et Développement durable  
Technologie de l'Information



## HYPOTHESE/CONTEXTE

Depuis plusieurs décennies, le littoral se maritimise par une concentration croissante des usages et des activités en mer côtière (Gourmelon, Robin, 2005)<sup>1</sup>. Consommatrices d'espaces et de ressources, elles interagissent non seulement avec le milieu dont elles peuvent perturber le fonctionnement voire la qualité, mais aussi entre elles, provoquant des concurrences, des tensions et parfois des conflits pour l'accès à l'espace et aux ressources (Dupilet, 2000 ; Johnson, Pollnac, 1989). La mer côtière est donc un espace complexe, de plus en plus convoité où s'exerce une multitude d'intérêts, de contraintes et d'interdépendances qui rendent ardue la compréhension de son fonctionnement et de son évolution (Catanzano, Thebaud, 1995).

Dans ce contexte, l'analyse des multiples interactions d'une part entre les dynamiques sociales et d'autre part entre ces dynamiques et les dynamiques naturelles est un enjeu du point de vue des connaissances et de l'aide au développement durable des sociétés littorales. La mise en application du développement durable prôné par la GIZC (Cicin-Sain, Knecht, 1998) se heurte à diverses difficultés attribuables à des contraintes structurelles, d'interprétation et organisationnelles. Les contraintes structurelles renvoient à la complexité des anthroposystèmes (Lévêque *et al.*, 2003). Les contraintes d'interprétation résultent de la multitude d'acteurs aux perceptions différentes voire divergentes quant à la vocation du territoire en tant que support d'usages et d'activités. Les contraintes organisationnelles font référence aux procédures et aux cadres administratifs des différents niveaux de gouvernance qui se superposent sur le littoral (Brodhag, 2005).

Le projet *Modélisation et scénarisation des activités humaines en Rade de Brest (Rad2Brest)* a pour objectif d'apporter des connaissances inédites concernant le déroulement des activités humaines en zone côtière, de simuler différents scénarios d'usage et de gestion, de réfléchir aux conditions d'appropriation des connaissances scientifiques par les acteurs locaux en utilisant le cadrage théorique de la modélisation des systèmes complexes et le recours aux technologies de l'information géographique (TIG). Ces différentes facettes du projet tenteront de répondre à deux grands types de question.

D'ordre méthodologique :

- Comment documenter les services écosystémiques en milieu marin ?
- Comment décrire dans le temps et l'espace le déroulement des activités humaines intervenant en mer côtière? Quelle est la typologie la plus adaptée? Quelles sont les échelles de temps et d'espace les plus pertinentes? Quels sont les protocoles méthodologiques à mettre en œuvre en fonction des données disponibles?
- Comment intégrer le temps à la dimension spatiale pour appréhender les interactions d'une part entre activités selon différentes temporalités et d'autre part entre certaines activités et les ressources?

---

<sup>1</sup> Les références bibliographiques sont listées dans l'annexe 7

- Quels types de modèles peuvent contribuer aux connaissances relatives aux activités maritimes : leur déroulement, leurs interactions, leurs impacts, leurs perceptions.
- Quels sont les supports et les modalités de transfert des connaissances les plus adaptés à l'échange réciproque entre savoirs profanes et savoirs scientifiques? Quels sont les points de blocage et les facilitations en termes d'appropriation des connaissances? Quelle place pour les TIG dans ce défi?
- Comment contribuer à la mise en œuvre d'une décision partagée sur la mer côtière?

D'ordre thématique :

- Quels sont les services écosystémiques identifiés sur cet espace multifonctionnel ?
- Dans un espace côtier fortement anthropisé, comment les activités et les usages en mer côtière se déroulent-ils dans le temps et l'espace ?
- Quand les interactions pour l'accès à l'espace et aux ressources sont-elles les plus plausibles ? Se traduisent-elles par des conflits ?
- La pression sur les ressources est-elle fluctuante au cours du temps ?
- Quels sont les scénarios prospectifs proposés par les acteurs ? Comment se traduisent-ils en termes de conflits potentiels entre activités, de pressions sur certaines ressources et sur les services écosystémiques ?

La modélisation d'un anthroposystème implique nécessairement la mise en œuvre d'une démarche interdisciplinaire basée sur une co-construction et une mutualisation des compétences, des données de nature et de source hétérogènes, des savoirs et des points de vue variés. Pour y parvenir, ce projet mobilise des scientifiques relevant des Sciences de l'Environnement (Géographie, Biologie, Economie,...) et des non-scientifiques (représentants de scènes de gestion, professionnels). De plus sa forte composante technique implique également une collaboration étroite avec des informaticiens.

## LE SITE D'APPLICATION

La rade de Brest a été choisie pour son caractère exemplaire en termes d'enjeux (maintien de l'activité de pêche, démarche Natura 2000, multiplication des activités récréatives...) et de problématiques littorales traitées actuellement par différentes initiatives de recherche (<http://www-iuem.univ-brest.fr/zabri/fr/Projet/theme-2>).

Vaste bassin de près de 180 km<sup>2</sup> et d'une profondeur moyenne de 8 mètres, elle est le siège de multiples activités (Trodec, Le Goff, 1997) telles que la pêche professionnelle et récréative, la navigation commerciale et militaire, l'aquaculture, la plaisance.... Relativement exemplaire du point de vue de la biodiversité car représentative de la diversité des habitats côtiers et des espèces des grandes baies du littoral ouest-européen, de l'activité socio-économique dont elle fait l'objet, la rade de Brest constitue *a priori* un cadre d'application adapté aux objectifs poursuivis. De plus l'intérêt de plusieurs acteurs socio-professionnels

pour la démarche intégrée proposée par le projet a motivé le choix de ce terrain expérimental.

Géographiquement, le site étudié (Fig. 1) est limité à l'Ouest par la limite orientale du Parc Marin d'Iroise (de la Pointe des Capucins de Roscanvel) jusqu'à la pointe du grand Minou (à Plouzané), et à l'Est par la limite de salure des eaux remontant l'estuaire de l'Elorn jusqu'à Landerneau et une partie de l'estuaire de l'Aulne. Il ne comprend pas l'estran.

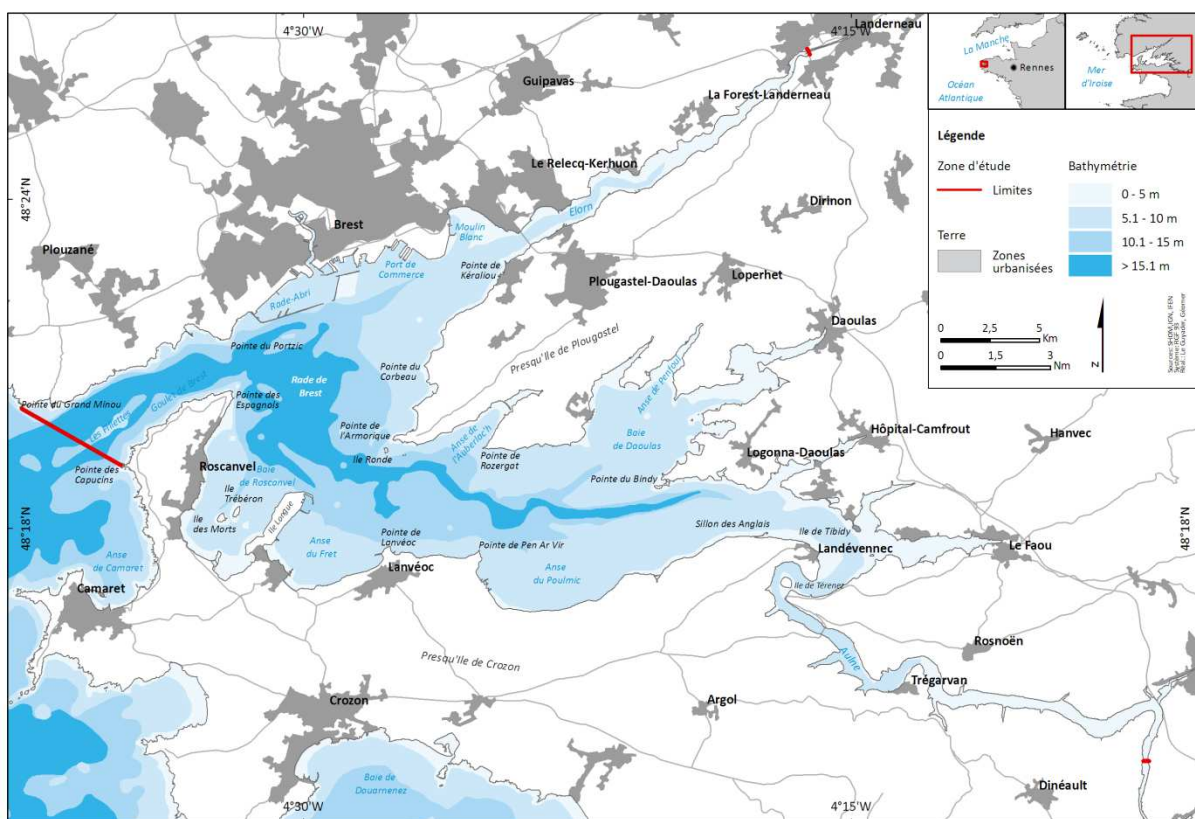


Fig. 1 : Le cadre d'étude : la rade de Brest

## METHODES ET RESULTATS ATTENDUS

Sur la durée du projet (39 mois), six tâches avaient été programmées et ont été entièrement ou partiellement réalisées :

- Documenter les services écosystémiques en milieu marin.
- Etablir une typologie détaillée des activités humaines et les conditions de leur déroulement en rade de Brest.
- Intégrer les informations spatialisées concernant les activités et le milieu (notamment les habitats benthiques) au sein d'un système d'information géographique.
- Modéliser le déroulement des activités recensées, dans l'espace et dans le temps, de manière à mettre en évidence les conflits potentiels et à évaluer la pression anthropique exercée sur les habitats marins par certaines activités.

- Construire, avec les opérateurs locaux, des scénarios d'évolution plausibles en fonction de différentes hypothèses de gestion et utiliser le prototype informatique pour représenter, dans un cadre virtuel mais proche de la réalité, les conséquences de ces choix en termes de conflits (scénarisation).
- Etudier les conditions de l'appropriation des connaissances scientifiques par différentes sphères d'acteurs et la contribution des Technologies de l'Information Géographique à cet enjeu.

|         | 0       | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36      |
|---------|---------|---|----|----|----|----|---------|
|         | 01.2010 |   |    |    |    |    | 02.2013 |
| Tache 1 |         |   |    |    |    |    |         |
| Tache 2 |         |   |    |    |    |    |         |
| Tache 3 |         |   |    |    |    |    |         |
| Tache 4 |         |   |    |    |    |    |         |
| Tache 5 |         |   |    |    |    |    |         |
| Tache 6 |         |   |    |    |    |    |         |

Tab. 1 Déroulement du projet

Ces étapes ont contribué à plusieurs avancées méthodologiques et résultats thématiques acquis dans trois volets :

- La documentation des services écosystémiques en milieu marin ;
- La modélisation des interactions spatio-temporelles des activités maritimes encadrées à l'échelle de la rade de Brest ;
- L'analyse d'un métier emblématique en rade de Brest, la pêche à la drague à la coquille, par modélisation des savoirs portés par les pêcheurs et des interactions du déroulement de l'activité avec la ressource.

Ce rapport présente le contenu de ces trois volets, des points de vue de leurs objectifs, méthodes, résultats et perspectives. La conclusion développe les implications pratiques et les partenariats mis en œuvre, annonce les perspectives à court terme et présente les actions de valorisation réalisées et prévues.

## DOCUMENTER LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES EN MILIEU MARIN

Ce volet, coordonné par H. Levrel (UMR AMURE) pour la partie socio-économique, a été mené principalement dans le cadre de l'étude d'A.C. [Vaissière \(2010\)](#) en collaboration avec C. Hily (UMR LEMAR) pour la partie écologique. Il a mobilisé plusieurs scientifiques issus de différentes disciplines, impliqués dans l'étude de la rade de Brest.

### Objectifs

Cette action avait pour objectif de proposer une évaluation des services écosystémiques de la rade de Brest en partant de la classification du Millenium Ecosystem Assessment (services de régulation, culturels et d'approvisionnement) (MEA, 2005) et en s'appuyant sur une méthode croisant des enquêtes, des modèles d'équivalence écologique et des scénarios d'impact. Cette évaluation visait à tester une alternative aux évaluations économiques standards en se focalisant sur des unités d'équivalences physiques et non pas monétaires.

### 1. Méthode

Pour réaliser ce travail, nous nous sommes placés dans la situation hypothétique d'une marée noire affectant la rade de Brest et justifiant une évaluation des services écosystémiques impactés. Comme il est impossible d'évaluer l'ensemble de ces services pour des questions de faisabilité, les experts ont souvent recours à des « proxy » qui permettent d'établir des valeurs de référence sur la base desquelles sont proposées des indemnités pour les usagers mais aussi pour l'environnement lui-même (de plus en plus obligatoire du fait de l'évolution récente de la réglementation environnementale). L'objectif de ce travail était donc d'identifier un nombre restreint d'indicateurs de services écosystémiques (conventionnellement limités à 2 par catégories de services) et d'analyser les différences d'évaluations obtenues en fonction des indicateurs retenus.

D'après les scientifiques, la rade de Brest est un écosystème qui offre de nombreux services difficiles à lister et à quantifier du fait de leur diversité et du peu de données disponibles. Dans cette étude, il a donc été proposé de dresser un état des lieux des services écosystémiques en faisant appel à l'avis d'experts scientifiques de différentes disciplines (Géographie, Ecologie, Economie). Ainsi une dizaine d'experts a été mobilisée pour chacune des grandes catégories de services écosystémiques proposées par le Millenium Ecosystem Assessment (prélèvement, régulation et culturel) à l'exception des services de support qui renvoient à des échelles plus larges. Ces experts ont eu pour tâche de noter (entre -5 et +5) la contribution de différentes composantes de la biodiversité de la rade de Brest (une trentaine) à la production de services écosystémiques (une vingtaine). Il leur était par ailleurs demandé de noter leur « niveau d'expertise » sur les services écosystémiques (entre 0% et 100%), de manière à pouvoir pondérer leurs réponses.

L'objectif d'une telle notation est multiple :

- faire correspondre des services écosystémiques à des composantes de la biodiversité qui vont ensuite pouvoir être cartographiées en vue de proposer une représentation spatiale de ces services (usage la de carte d'habitat) ;

- évaluer la dépendance des services écosystémiques de la rade à certaines composantes de la biodiversité et pouvoir faire correspondre des services écosystémiques à des indicateurs de biodiversité qui pourront ensuite être utilisés dans un modèle d'équivalence (usage du modèle Habitat equivalency Analysis (HEA)) ;
- proposer une hiérarchisation des services écosystémiques de la rade de Brest pour identifier quelles sont les spécificités de cet écosystème (services écosystémiques les mieux notés) ;
- analyser les niveaux de connaissances, les controverses et les incertitudes sur les services écosystémiques à travers l'avis des experts locaux (usage des écart-types des réponses).

A partir des notes proposées pour caractériser les liens entre l'état de la biodiversité et les niveaux de production des services écosystémiques, une matrice a été construite pour chaque grande catégorie de services écosystémiques, dans laquelle les relations de dépendances aux différentes composantes de la biodiversité et d'importances relatives des services écosystémiques apparaissent, en faisant la moyenne des avis des experts.

Ces données ont ensuite été organisées à partir de deux méthodes statistiques : une analyse multivariée qui permet d'évaluer les niveaux de co-variabilités entre certaines catégories de services écosystémiques et certains indicateurs de biodiversité ; une analyse hiérarchique qui permet de proposer une classification des indicateurs de biodiversité à partir de leur importance relative dans chacune des catégories de services écosystémiques (Fig. 2).

Deux indicateurs ont été retenus pour chacune de ces deux méthodes et pour chaque catégorie de services. Ces indicateurs ont ensuite été utilisés pour mesurer les coûts de compensation dans un scénario de marée noire (estimation réalisée à partir du « modèle » de marée noire de l'Atos qui a eu lieu aux Etats-Unis en 2004). Ceci a permis d'évaluer les services écosystémiques en coût de restauration physique (le nombre de services actualisés par hectare et par an à compenser en utilisant le modèle HEA).

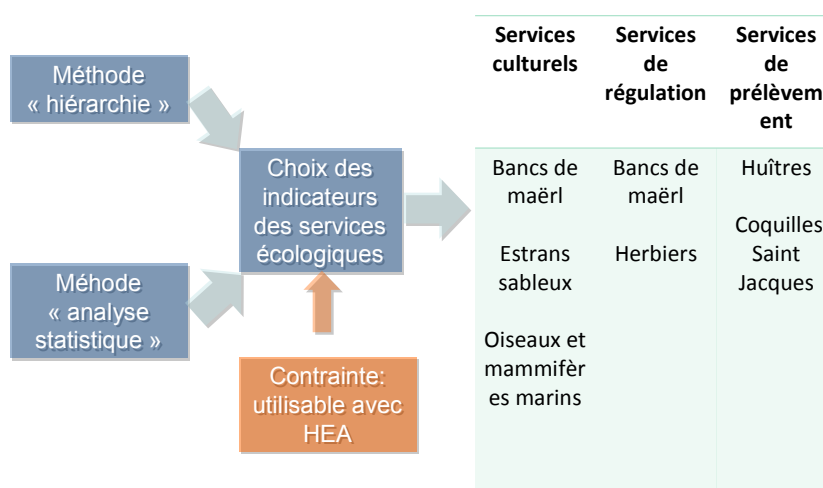


Fig. 2 : Méthode utilisée pour la sélection des indicateurs de services écosystémiques (Vaissière, 2010)

## 2. Résultats

Les résultats en termes d'évaluation d'équivalence physique (Fig. 3) sont présentés en détail dans Vaissière (2010).

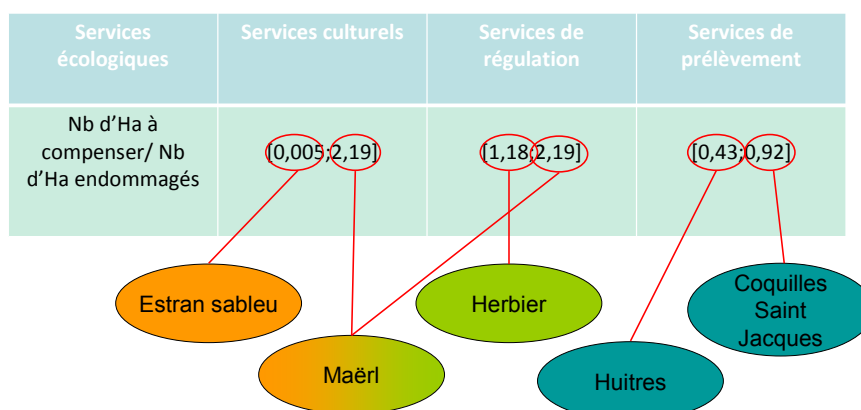


Fig. 3 : Résultats en termes de coûts physiques de compensation pour chacune des grandes catégories de services écosystémiques, décrits selon les indicateurs de biodiversité utilisés (Vaissière, 2010)

Des différences importantes sont apparues entre les différentes catégories de services écosystémiques. L'évaluation des services culturels diffère fortement selon l'indicateur utilisé. Pour les services de régulation en revanche, quel que soit le proxy utilisé, le coût de compensation physique est important. Les services d'approvisionnement sont plus faibles quel que soit l'indicateur utilisé. Ce résultat est directement lié aux cycles de vie des espèces et habitats utilisés pour mesurer l'équivalence entre l'impact et la mesure compensatoire à mettre en œuvre. Ainsi, le nombre de services écosystémiques actualisés par hectare et par an est beaucoup plus important pour les espèces à long cycle de vie qui ont été à la fois bien notées et fortement pondérées par le modèle HEA.

Les notations des experts révèlent aussi que les services écosystémiques qui semblent les plus importants sont ceux qui renvoient aux valeurs de non-usages. A l'inverse, les services associés aux usages directs sont ceux qui semblent avoir le moins de valeur. Or, les évaluations économiques standard ont justement de grandes difficultés à calculer les valeurs de non-usages, ce qui suggère qu'elles peuvent sous-estimer l'importance de ces services. La méthode HEA pourrait offrir une alternative intéressante pour évaluer cette catégorie de services.

Il convient cependant de souligner que la "valeur réelle" des services écosystémiques ne peut être déduite d'une telle méthode qui produit plutôt une valeur "minimale" que l'on peut associer à des services écosystémiques lorsque des projets d'aménagement ou des événements accidentels conduisent à une dégradation de ces services. Ces valeurs peuvent ainsi offrir des « proxy » intéressants pour des négociations autour de mesures de dédommagements pour les usagers mais aussi pour l'environnement lui-même. Concernant spécifiquement les services culturels :

- il apparaît que les services qui relèvent du domaine spirituel (connaissance, sentiment de bien-être...) sont les mieux notés, sans que ces derniers soient associés à des usages particuliers. On trouve ensuite les services qui relèvent du domaine des activités récréatives et qui dépendent fortement de la biodiversité



marine (plongée d'observation, pêche récréative...). Les services les moins bien notés sont ceux qui ne sont pas directement dépendants de la biodiversité (navigation en bateau à voile, à moteur...). Enfin, la baignade est dernière dans cette hiérarchisation des services culturels avec une note négative qui signifie même que la biodiversité de la rade est plutôt une contrainte à la baignade.

- Les éléments de la biodiversité qui contribuent le plus à la production de services écosystémiques culturels sont, au-delà de la masse d'eau physique, l'estran sableux, les oiseaux et mammifères marins, les bars et lieux jaunes. Ceux qui sont les moins bien notés sont les algues vertes, les crépidules, les microalgues, le phytoplancton, les sédiments marins vaseux et les spartines.
- Les plus grandes variabilités de réponses concernent les espèces invasives : les spartines et algues vertes pour le service de source de sensibilité/éthique écologique, les microalgues et le phytoplancton pour la pêche à pied, les crépidules et les huîtres creuses pour le sentiment de bien-être. Ces réponses montrent l'absence de consensus concernant les espèces invasives.

Une publication scientifique a été réalisée à partir de la méthode mise en place dans Vaissière (2010). Elle reprend le calcul des coûts de compensation physiques pour les 3 catégories de services écosystémiques du MEA afin d'obtenir les coûts de compensation ramenés en unités monétaires et de prendre en compte les éventuels différentiels de coûts de restauration de tel ou tel écosystème. Cependant, les conclusions restent les mêmes puisque le passage des coûts compensatoires physiques aux coûts compensatoires monétaires ne change pas l'ordre de classement des 3 catégories de services écosystémiques (Vaissière et al. 2013)<sup>2</sup>.

### 3. Limites et perspectives

Cette étude traite des services écosystémiques considérés individuellement, sans prise en compte des interactions pourtant essentielles entre ces services. Cependant, on observe qu'en répondant aux services de prélèvement, les experts incluent systématiquement des services de régulation. Par exemple ils notent la contribution du phytoplancton à l'alimentation des poissons (service de régulation) puisque cette étape est indispensable pour conserver les stocks halieutiques pour la pêche (service de prélèvement).

La rade de Brest étant une mosaïque d'habitats en interaction, il apparaît que l'approche de l'Habitat Equivalency Analysis est relativement peu adaptée puisque la métrique utilisée est le % de services rendus par un habitat en particulier.

La notation des services relevant du domaine du spirituel et plus généralement de la dimension culturelle est délicate puisqu'elle est très subjective, ce qui s'est traduit par des difficultés pour les experts à se positionner. De plus notre échantillon constitué d'experts scientifiques de la rade de Brest limite la portée des résultats. Son élargissement à des usagers directs (pêcheurs, baigneurs, riverains...), des institutions locales, des associations... serait indispensable pour disposer d'une vision intégrée de la perception des services écosystémiques de la rade de Brest.

---

<sup>2</sup> <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.003>



La zone dans laquelle peut avoir lieu la mesure compensatoire peut être située dans ou à l'extérieur de la rade. Ce point n'a pas été discuté et il est d'une grande importance car la localisation de la compensation a un rôle fondamental pour savoir à qui elle va bénéficier, si elle est adaptée au contexte écologique et ce qu'elle implique en termes de substitutions du capital naturel. Tous ces points soulèvent des enjeux importants.

En dépit de l'intérêt du thème et de la démarche, ces perspectives relatives à la documentation des services écosystémiques en milieu marin sont restées sans suite ; les différentes réponses à APR (ANR, FRB) qui devaient permettre leur mise en œuvre ayant été infructueuses.

## LA MODELISATION SPATIO-TEMPORELLE DES ACTIVITES MARITIMES ENCADREES A L'ECHELLE DE LA RADE DE BREST ; DE L'ACQUISITION DE DONNEES HETEROGENES A LA SCENARISATION EXPLORATOIRE A DIRES D'ACTEURS

Ce volet, coordonné par F. Gourmelon (UMR LETG-Brest) et fondé sur 4 étapes successives. Il a bénéficié de la contribution spécifique de D. Le Guyader (UMR LETG-Brest) (Le Guyader, 2012), de l'appui de D. Brosset (UMR LETG-Brest/IRENav) (étape 3) et G. Fontenelle (UMR ESE). Il comprend :

- l'établissement d'une typologie des activités maritimes et la collecte des données relatives aux conditions de leur déroulement dans le temps et l'espace ;
- la structuration des données dans une base d'information géographique ;
- la modélisation des interactions spatio-temporelles entre activités maritimes encadrées et la simulation de leur déroulement ;
- l'utilisation de la Base d'Information Géographique et Temporelle (BIG-T) comme support à l'atelier « Activités humaines en rade de Brest : quels scénarios possibles ? » qui a réuni les parties prenantes, gestionnaires et professionnels, pour la discussion des résultats, la construction de scénarios et l'évaluation des productions géographiques issues du projet.

Les acteurs non-scientifiques de la rade de Brest, représentants des scènes de gestion et des groupes professionnels, ont été mobilisés pour la production d'informations, la scénarisation et l'évaluation des productions dans un cadre de gestion.

### 1. Etablir une typologie détaillée des activités humaines et collecter des données relatives à leur déroulement

#### Objectifs

Par un recensement le plus exhaustif possible, l'objectif était d'élaborer une typologie des activités, structurée en fonction de leur mode d'utilisation du milieu. Les activités considérées sont non seulement les activités économiques mais aussi les activités non productrices de biens et de services. Le déroulement de chaque activité devait être modélisé dans l'espace et dans le temps selon la méthode proposée par Le Tixerant (2002) qui associe à chaque activité un territoire et un calendrier de pratique potentielle. Cette étape a bénéficié des travaux de D. Le Guyader<sup>3</sup>.

La caractérisation du déroulement des activités humaines selon une approche spatio-temporelle amène à répondre à quatre questions : Qui ? Où ? Quand ? Comment ?

---

<sup>3</sup> D. Le Guyader, 2012. Modélisation des activités humaines en mer côtière. Doctorat de Géographie. Ecole doctorale des Sciences de la Mer/UBO-UMR 6554 CNRS LETG, ARED Région Bretagne, co-financement GIS Europôle Mer, Rad2Brest (LITEAU, MEDDTL), 5 juillet 2012, direction : F. Gourmelon (UMR LETG CNRS) et G. Fontenelle (UMR ESE, Agrocampus-Ouest). <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00717420>

## 1.1. Typologie des activités humaines en rade de Brest

### 1.1.1. Méthode

Dans un premier temps a été établie, par un recensement le plus exhaustif possible, une typologie détaillée des activités humaines en rade de Brest. En 1998, Cicin-Sain and Knecht proposent une typologie complète des principaux usages et activités de la zone côtière à partir d'une synthèse exhaustive des travaux antérieurs réalisés sur ce thème. Le Tixerant (2004) adapte cette typologie aux activités humaines en mer côtière et propose une structuration en fonction de leur mode d'utilisation du milieu.

C'est ce mode de structuration qui a été retenu car il permet d'établir une typologie des diverses activités, déclinée en plusieurs niveaux, qui tient compte d'un emboîtement d'échelles pertinent.

### 1.1.2. Résultats

La typologie des activités humaines en rade de Brest a été structurée en 3 niveaux hiérarchiques (Annexe 1) de manière à décliner les usages en activités puis en sous-activités. Ont été recensées 7 activités au niveau 1, 13 sous-activités au niveau 2 et 51 au niveau 3. A titre d'exemple, l'exploitation de ressources vivantes comprend différentes activités dont l'activité de pêche professionnelle (niveau 1) qui peut se pratiquer aux arts traînants (niveau 2) et plus précisément avec le métier<sup>4</sup> « drague à la Coquille Saint-Jacques » (niveau 3).

## 1.2. Collecte de données spatio-temporelles concernant les activités humaines en rade de Brest à des fins de modélisation

La modélisation du déroulement des activités humaines à l'échelle de la rade implique l'existence de données spécifiques en termes de granularités spatiales et temporelles. De manière à combler les lacunes informationnelles révélées par l'inventaire, nous avons élaboré une approche méthodologique originale afin de collecter ces informations.

Compte tenu de l'hétérogénéité structurelle (professionnelle et récréative) et de l'hétérogénéité spatiale (mer côtière et éventuellement estran) des activités ainsi que l'échelle du territoire concerné, la prise en compte des contraintes seules s'est révélée insuffisante pour décrire le déroulement spatio-temporel potentiel de l'ensemble des activités. L'intégration des zones et des périodes de « pratiques probables » identifiées comme étant réellement exploitées par les activités humaines a donc été nécessaire.

En étroite collaboration avec les acteurs socio-professionnels de la rade de Brest (pêcheurs, responsables des centres nautiques et des compagnies de transport...), elle a été réalisée par une démarche fondée sur des entretiens semi-directifs appuyés par des cartes permettant de co-construire les données qualitatives et spatialisées requises (Hall, Close, 2007 ; Hall *et al.*, 2009 ; St. Martin, Hall-Arber, 2008). L'objectif de

---

<sup>4</sup> Le métier correspond « à la mise en œuvre d'un engin de pêche sur une ou plusieurs espèces cibles » (Boncoeur, 2005). La typologie pour la pêche professionnelle correspond, au niveau 2 à celle de la Food and Agriculture Organization des Nations Unies (Bjordal, 2002) et au niveau 3 à celle du Système d'Information Halieutique (SIH) de l'Ifremer (Ifremer, 2010).

cette démarche est de définir les territoires et calendriers de pratiques pour chaque activité selon la typologie définie précédemment (Le Tixerant *et al.*, 2010).

### 1.2.1. Méthode

D'après la littérature, les données spatio-temporelles décrivant les activités maritimes peuvent être obtenues à partir de différentes sources :

- d'observations directes à terre (Cole 2005) ou aériennes (Serra-Sogas *et al.*, 2008) ;
- d'observations indirectes par l'analyse d'images satellitaires ou d'images radar (Pegler *et al.*, 2003), de données GPS (Pelot, Wu, 2007), de données issues du système d'identification automatique AIS (Automatic Identification System) (Bertrand *et al.*, 2007) ou du système de suivi des navires VMS (Vessel Monitoring System) (Deng *et al.*, 2005 ; Palmer, Wigley, 2009) ;
- d'enquêtes (Des Clers *et al.*, 2008 ; Des Clers, 2004 ; Ardron *et al.*, 2005).

Nous avons donc été amenés à traiter des données hétérogènes acquises par différentes sources. Par exemple, concernant l'activité de transport maritime, nous avons exploité l'extraction d'une base d'informations spatio-temporelles issues de données AIS (Automatic Identification System) fournie par l'Institut de Recherche de l'Ecole Navale (Lanvéoc Poulmic). Le recours à des procédures d'analyse spatiale au sein d'un SIG a permis d'identifier, de quantifier et de cartographier le trafic maritime journalier de charges et de passagers en rade de Brest pour l'année 2009 (Le Guyader *et al.*, 2012<sup>5</sup>).

Pour d'autres activités, telles que la pêche, les activités nautiques encadrées et le transport maritime de passagers (soit 30 activités au niveau 3 de la typologie), nous avons retenu l'usage de l'enquête par entretiens semi-directifs auprès de personnes ressources (Tremblay, 1957). Il s'agit d'une approche fondée sur l'expertise de personnes qui sont présumées avoir des connaissances particulières au sujet d'une population cible (Rubin, Babbie, 2005). Nous avons élaboré une méthode pour la collecte d'informations à dire d'acteurs qui comprend trois principales étapes :

- collecte des données décrivant le déroulement spatio-temporel de l'activité à partir de la bibliographie ;
- réalisation de fiches de synthèse par activité ;
- conduite d'entretiens semi-directifs avec les professionnels et usagers.

Les deux premières étapes ont pour objectif de préparer la conduite des enquêtes par entretiens semi-directifs. La préparation (Beaud, Weber, 2003 ; Blanchet, Gotman, 2007) consiste à définir l'opportunité du recours à l'enquête par entretien, sa conception (la définition de la population et de l'échantillon, le mode d'accès aux interviewés, l'élaboration du guide d'entretien), les conditions de sa réalisation (les paramètres de situation et l'interaction des discours et des interventions), puis son analyse.

---

<sup>5</sup> <http://mappemonde.mgm.fr/num32/articles/art11405.html>

Nous avons recours à l'enquête par entretien plutôt qu'à un questionnaire car nous ne connaissons pas suffisamment le système étudié, ce qui nécessite donc une approche exploratoire. De plus cette méthode convient à nos moyens humains et matériels en termes de collecte, de traitement et d'analyse. L'usage de l'entretien semi-directif permet enfin de mettre en œuvre une démarche participative de consultation et de co-élaboration d'informations à dire d'acteurs.

Le critère retenu pour identifier les sous-populations (ou strates) est le mode d'utilisation du milieu, c'est-à-dire la distinction des catégories par activité et groupe d'activités.

Lors de la phase initiale de collecte des données, nous avons identifié les activités qui nécessitent des informations complémentaires. Parmi celles-ci, nous distinguons deux sous-ensembles d'activités selon leur mode d'organisation. D'une part, les activités encadrées bénéficient d'un niveau d'organisation permettant d'identifier des personnes ressources qui exercent des responsabilités au sein de structures associatives (directeur d'un centre nautique par exemple), d'organisations socio-professionnelles (secrétaire du Comité Local des Pêches), ou d'entreprises (responsable d'une société de transport maritime de passagers). D'autre part, certaines activités se pratiquent sans mode spécifique d'organisation comme par exemple la pratique de la planche à voile non encadrée. Ce sont des pratiques individuelles pour lesquelles nous ne pouvons pas identifier de personnes ressources.

De ce fait, seules les personnes ressources des activités encadrées ont été enquêtées.

L'effort total d'échantillonnage s'est effectué sur une base définie *a priori* de 35 entretiens afin de décrire les activités, fonction du temps alloué à cette étape dans le projet. L'échantillonnage a été réalisé de manière indépendante dans les différentes strates par une méthode non-probabiliste afin de tenir compte de la diversité de pratiques au sein d'une même activité à l'échelle de la structure encadrante. Nous avons déterminé la répartition des entretiens au sein d'un même sous échantillon en identifiant les structures qui potentiellement pouvaient avoir une pratique différente tant sur les aspects spatiaux et temporels que quantitatifs. Par exemple, les trois compagnies de transport maritime de passagers proposant des lignes régulières ont été sollicitées, alors que les structures identifiées pour la pratique de la planche à voile encadrée qui ont été enquêtées sont au nombre de huit. Ce choix d'échantillonnage peut être considéré en ce sens comme caractéristique plutôt que représentatif.

L'accès aux interviewés s'est effectué par mode direct, à partir des informations collectées dans la bibliographie et par mode indirect par entremise d'un tiers (méthode d'accès de proche en proche). Si l'accès par mode direct est neutre *a priori*, l'entremise d'un tiers peut présenter des inconvénients. En effet, à la demande de l'enquêteur s'ajoute la demande d'un tiers qui peut être de nature différente (amicale, sociale) et résulter potentiellement d'un choix stratégique. Mais ce mode d'accès permet de contacter de manière sélective une population spécifique et non localisée. Pour la pêche professionnelle, nous avons ainsi identifié le secrétaire du Comité Local des Pêches associé au projet, comme représentant. Nous l'avons sollicité afin de constituer une liste des différents métiers pratiqués en

rade, puis d'y associer différents professionnels représentatifs (selon lui) d'un ou plusieurs métiers.

En complément, la pratique des activités sur un territoire donné étant conditionnée par un contexte de gestion précis, nous avons souhaité obtenir une vision synthétique des instruments de gestion relatifs à la rade de Brest dans sa composante marine. Pour Pennanguer (2005), un système de gouvernance local est composé de scènes de gestion qui correspondent à des lieux d'échange entre acteurs autour d'un objet commun dans une démarche de gestion. Au cours du temps, une scène de gestion peut prendre différents états et devenir scène de consultation, scène de concertation ouverte ou fermée, ou scène de conflits. Les scènes de gestion retenues correspondent aux outils de gestion (dispositifs contractuels, outils de planification) (Beuret *et al.*, 2006) en cours ou passés en rade de Brest. Afin de comprendre le contexte général de gestion en rade de Brest, nous avons réalisé une synthèse bibliographique à travers une grille d'analyse qui comporte les principaux éléments proposés par Pennanguer (2005) : le périmètre du territoire concerné, une description du dispositif (nature réglementaire, contractuelle, etc.), les objectifs visés, les dates clés, l'élément déclencheur de la mise en œuvre de la scène, le porteur, les acteurs impliqués, les étapes de la mise en œuvre, les éventuels points de blocage et les résultats affichés. Dans un second temps, nous avons mené des entretiens semi-directifs auprès des représentants des scènes de gestion identifiées, c'est-à-dire auprès de leurs animateurs/facilitateurs au sens de Beuret *et al.* (2006). L'objectif des entretiens est d'une part de renseigner ou compléter les grilles d'analyse, d'autre part de collecter des informations concernant les activités en mer. Nous avons cherché à déterminer si les activités en mer côtière sont prises en compte dans les scènes de gestion, si la scène de gestion a une influence directe sur leur déroulement, si le représentant de la scène de gestion a connaissance d'interactions négatives entre activités...

Quatre types d'entretiens ont été conçus en fonction de l'objet et des interlocuteurs enquêtés. Les grilles d'entretiens et grilles d'analyse ont donc été construites de manière spécifique selon le type d'entretien. La prise de contact et la conduite des entretiens ont été préparées de manière à utiliser les mêmes consignes et les mêmes questions en fonction de chaque type d'entretiens. L'objet des entretiens consiste à décrire le déroulement des activités selon des approches qualitative, spatiale, temporelle et quantitative. D'après la bibliographie, la collecte d'informations spatiales concernant le déroulement d'activités humaines en mer auprès de personnes ressources est menée dans le cadre de recherches participatives (Aswani, 2011 ; Ban *et al.*, 2008 ; St. Martin, Hall-Arber , 2008), dans le cadre de la gestion des pêches (Ardron *et al.* , 2005 ; Pomeroy, Rivera-Guieb, 2006) ou pour la création de réseaux d'Aires Marines Protégées (AMP) (Des Clers, 2004, 2010 ; Des Clers *et al.*, 2008). Cependant, à notre connaissance, ces actions sont conduites auprès d'une seule catégorie d'activités : la pêche maritime. Ainsi le *Finding Sanctuary* (<http://findingsanctuary.marinemapping.com>) met en œuvre une méthode éprouvée (*The FisherMap methodology*). Elle définit avec les parties prenantes des zones (Marine Conservation Zones) dans les mers du sud-ouest de l'Angleterre qui feront partie d'un réseau d'AMP. Elle s'appuie sur des entretiens semi-directifs menés auprès des pêcheurs professionnels par des "officiers de liaisons" anciens pêcheurs. Les zones de pêche sont dessinées sur fonds de cartes,

puis numérisées. Des Clers (2010) identifie plusieurs inconvénients à cette méthode de spatialisation à dire d'acteurs : lors des entretiens les intervieweurs doivent travailler sur une soixantaine de cartes et la numérisation des zones est consommatrice de temps et génératrice d'erreurs potentielles. D'autres approches ont alors été envisagées dont notamment l'usage d'un ordinateur portable lors de l'entretien. Cependant elle n'a pas été mise en oeuvre de crainte que ce support perturbe la relation interviewé-intervieweur (De Clers, 2010).

Malgré cette réserve, nous avons choisi de tester ce type de support en élaborant une méthode de spatialisation des zones de pratiques potentielles *via* un SIG (cf. 2), mobilisée lors de l'enquête. Une tablette PC a permis d'utiliser le SIG comme support afin de numériser les zones de pratiques en mer sur un écran tactile (Fig. 4) (Le Guyader *et al.*, 2013).



Fig. 4 : Collecte de l'information géographique auprès de personnes ressources par la mobilisation d'un SIG exploité par une tablette PC

### 1.2.2. Résultats

Plus d'une quarantaine d'entretiens ont été réalisés : 7 concernent la description des scènes de gestion et 35 la description des activités (Tab. 2).

| Objets                        | Entretiens (n) |
|-------------------------------|----------------|
| Scènes de gestion             | 7              |
| Activités                     | 35             |
| Extraction de matériaux       | 1              |
| Transport maritime            | 4              |
| Pêche professionnelle         | 7              |
| Activités nautiques encadrées | 22             |
| Total                         | 42             |

Tab. 2 : Entretiens effectués

#### Scènes de gestion

Huit scènes de gestion ont été identifiées d'après la littérature. Il s'agit du Schéma d'Aptitudes et d'Utilisation de la Mer (SAUM) de la rade de Brest (SAUM,

1980), du Contrat de Baie (Trodec, Le Goff, 1997), du Contrat de Rade<sup>6</sup>, du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Élorn (Syndicat de Bassin de l'Elorn, 2007, 2009), du SAGE de l'Aulne (Conseil Général du Finistère, 2003; IDEA Recherche, 2003), du site Natura 2000 « Rivière de l'Élorn »<sup>7</sup> (Bourdoulous, 2010), du site Natura 2000 « Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne »<sup>8</sup>, du projet « Gestion intégrée du Littoral, Pays de Brest, Pays maritime » (Gaignon, Gouedranche, 2005, 2007 ; Dumas, 2006 ; ADEUPA de Brest, 2009).

Sept entretiens ont été menés auprès des représentants de ces scènes de gestion (excepté pour le SAUM rade de Brest car nous n'avons pas pu identifier de personnes-ressources) afin de compléter notre approche bibliographique. Les entretiens ont duré en moyenne 2 heures. La description de chaque scène de gestion est réalisée dans des fiches présentées en Annexe 2.

La chronologie schématique des scènes de gestion est représentée dans la figure 5(A) selon le formalisme proposé par Pennanguer (2005) que nous avons simplifié.

Sur les 8 scènes décrites, 5 sont toujours actives en 2011 : les démarches Natura 2000, les SAGE et le Contrat de Rade. Le SAUM initié en 1974 a été approuvé en 1980. Le Contrat de Baie lancé par la phase d'étude préalable en 1992, s'est achevé en 2006 par la seconde phase opérationnelle. Un programme de transition en 2007 puis le Contrat de Rade Brest/Élorn en 2008 lui ont succédé. Le projet de « Gestion intégrée du Littoral, Pays de Brest, Pays maritime » est officiellement terminé depuis 2007. Cependant, la démarche de GIZC engagée se poursuivrait dans le cadre d'un contrat État-Région contenant deux fiches intitulées « Ingénierie de la GIZC » et « Aménagement de la plaisance ». Lors de la phase de validation du « scénario tendanciel » du SAGE de l'Aulne, le processus a été interrompu par décision de l'Assemblée départementale du Conseil Général du Finistère. Ce n'est que deux ans après la création de l'Établissement Public d'Aménagement et de Gestion du bassin versant de l'Aulne (EPAGA), que les commissions thématiques ont été réactivées.

Les représentants des scènes de gestion participent potentiellement aux instances (comités, commissions ou groupes de travail) des autres scènes partageant un périmètre commun d'intervention (Fig. 5(B)).

---

<sup>6</sup> <http://www.rade-brest.fr>

<sup>7</sup> <http://riviere-elorn.n2000.fr> et <http://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR5300024>

<sup>8</sup> <http://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR5300046>



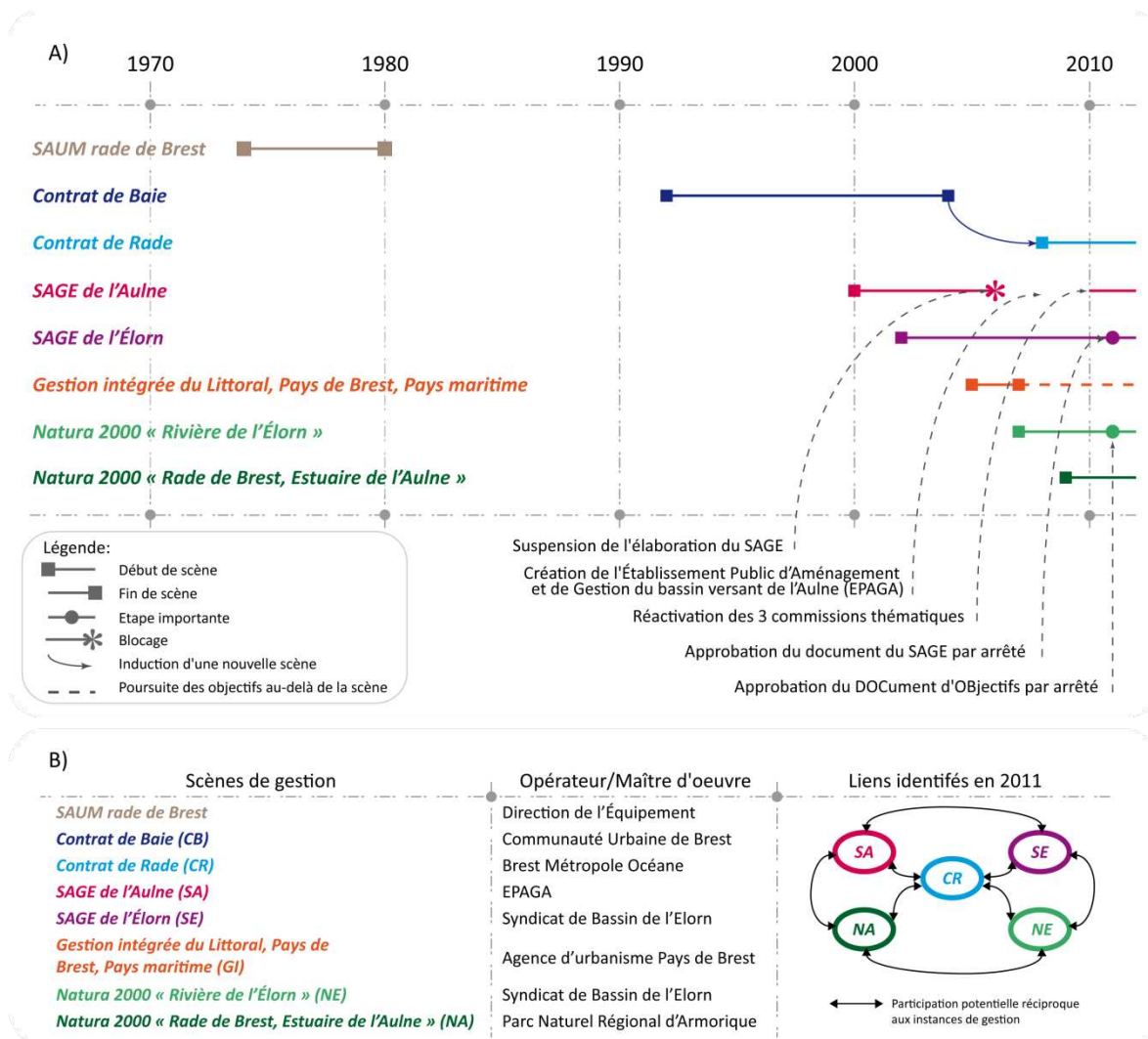


Fig. 5 : Scènes de gestion identifiées en rade de Brest: synthèse chronologique (A), opérateur ou maître d'œuvre des scènes et liens entre scènes identifiées et actives en 2011 (B).

### Activités

Parmi les 35 entretiens effectués pour décrire les activités, 28 avaient pour objet la spatialisation de zones de pratiques. Vingt-six personnes ressources ont directement manipulé le SIG sans *a priori* négatif (Tab. 3). Nous n'avons observé aucun blocage lié au support informatique, peut être du fait que ces individus, de par leur profession, étaient habitués à l'usage des cartes numériques. L'utilisation d'un SIG dans une telle approche, du fait de sa flexibilité en termes d'affichage dynamique thématique et multi-scalaire, nous permet aussi d'étudier l'information sollicitée par les différents acteurs ainsi que les échelles les plus adaptées à cet exercice (Le Guyader, 2012).

| Activités             | Entretiens pour spatialisation |
|-----------------------|--------------------------------|
| Transport maritime    | 3                              |
| Pêche professionnelle | 6                              |
| Activités nautiques   | 19                             |
| Total                 | 28                             |



Tab. 3 : Entretiens effectués pour spatialiser les activités

Les informations spatiales, quantitatives, temporelles et qualitatives qui ont été collectées sont d'origines diverses (Tab. 4 et Tab. 5) :

- les zones de pratiques à dire d'acteurs ;
- les zones de pratiques issues de l'analyse de données d'observation qui concernent d'une part le transport maritime par l'analyse de données AIS et d'autre part la plongée en bouteille encadrée par les relevés des sites de plongée au GPS effectués par les pratiquants ;
- les zones de pratiques potentielles concernent les activités qui n'ont pas été spatialisées lors des entretiens (uniquement certains métiers de pêche : le filet droit de fond au Bar, le filet de fond à la Raie bouclée, le casier à Étrille et à Araignée et la ligne au Calmar). Elles ont donc été réalisées par l'application de filtres liés aux contraintes environnementales identifiées à partir des informations qualitatives obtenues lors des entretiens.

Les zones de pratiques issues des données collectées à dire d'acteurs ont fait l'objet d'une cartographie à des fins de validation auprès de leurs producteurs.

Seules deux cartes sur les 79 (59 pour les activités nautiques, 15 pour la pêche professionnelle et 5 pour le transport maritime de passagers) ont nécessité des modifications : l'une pour une inversion de valeurs dans un champ de la table attributaire et l'autre pour une modification de la zone de pratique, la personne-ressource ayant souhaité nuancer l'emprise spatiale des zones de pêche à la coquille Saint-Jacques selon le calendrier de pratique.

| Activités                          | ZP P | ZP A | ZP O | Réf |
|------------------------------------|------|------|------|-----|
| Pêche professionnelle              | x    | X    |      |     |
| Cultures marines                   |      |      |      | x   |
| Extraction de matériaux            |      |      |      | x   |
| Transport de passagers             |      | X    | x    |     |
| Transport de charge                |      |      | x    |     |
| Activités nautiques encadrées      |      | X    | x    |     |
| Manifestations nautiques encadrées |      | x    |      |     |

ZP P: Zone de Pratique Potentielle  
ZP A: Zone de Pratique à dire d'Acteurs  
ZP O: Zone de Pratique issue de l'analyse de données d'Observation (ex : GPS, AIS)  
Réf: Zone de Pratique issue de données de référence (ex: DDTM...)

Tab. 4 : Origine des données spatiales collectées par activité

Les données temporelles et quantitatives ont été collectées pour l'année 2009 du fait de leur disponibilité, soit au pas de temps quotidien lorsqu'elles existaient, soit à dire d'acteurs par rapport à une année type et une semaine type (Tab. 5).

| Activités                          | Réel  | A dire d'acteurs |
|------------------------------------|-------|------------------|
| Pêche professionnelle              | x (1) | x (2)            |
| Cultures marines                   |       | -                |
| Extraction de matériaux            |       | -                |
| Transport de passagers             | X     |                  |
| Transport de charge                | X     |                  |
| Activités nautiques encadrées      | X     | x (3)            |
| Manifestations nautiques encadrées | X     |                  |

Réel: effectifs au jour le jour pour l'année de référence 2009  
A dire d'acteurs:  
(1) Nombre de licences par métier  
(2) Déclaration des fiches de pêche de 2005 pour les métiers de la drague  
(3) En général

Tab. 5 : Origine des données temporelles et quantitatives collectées par activité

La précision des données temporelles et quantitatives à dire d'acteurs est variable. Pour chaque personne-ressource, l'identification d'un archétype de fonctionnement annuel en occurrences et en effectifs reste complexe. Cette complexité peut être dépendante des spécificités propres à chaque activité, de la nature et du mode d'organisation de chaque structure, mais aussi de caractéristiques individuelles (connaissances de la personne-ressource du fonctionnement de la structure, difficultés d'abstraction ou d'acceptation du principe simplificateur de la démarche, ou d'explicitation à un tiers extérieur

d'un fonctionnement potentiellement complexe). La précision de ces données à été renseignée en 4 niveaux hiérarchiques.

Ainsi, le recueil de données a permis la description spatiale, temporelle et quantitative de 29 sous-activités (au niveau 3 de la typologie) concernant la pêche professionnelle, le transport maritime, les activités nautiques encadrées et les manifestations sportives. Le post-traitement de ces données de nature différente a permis de cartographier les zones de pratiques et d'élaborer des calendriers de pratiques pour les activités considérées selon la méthode proposée par Le Tixerant (2004) (Fig. 6 et Fig. 7).

En complément, les personnes-ressources ont été sollicitées afin d'identifier des activités potentiellement ou réellement incompatibles sur le plan spatio-temporel et de caractériser leur mode d'interaction. À la question « *Selon vous, existe-t-il des activités en rade dont la pratique gêne d'autres activités ?* », 86 % des personnes sollicitées ont répondu par l'affirmative. Ce taux de réponse est relativement homogène entre les catégories d'activité. Les interactions négatives explicitées ont été classées par leur origine comme le proposent Johnson et Pollnac (1989) puis Suman (2001) pour les conflits d'usages en zone côtière.



Fig. 6 : Zones de pratiques : exemple des métiers de la drague

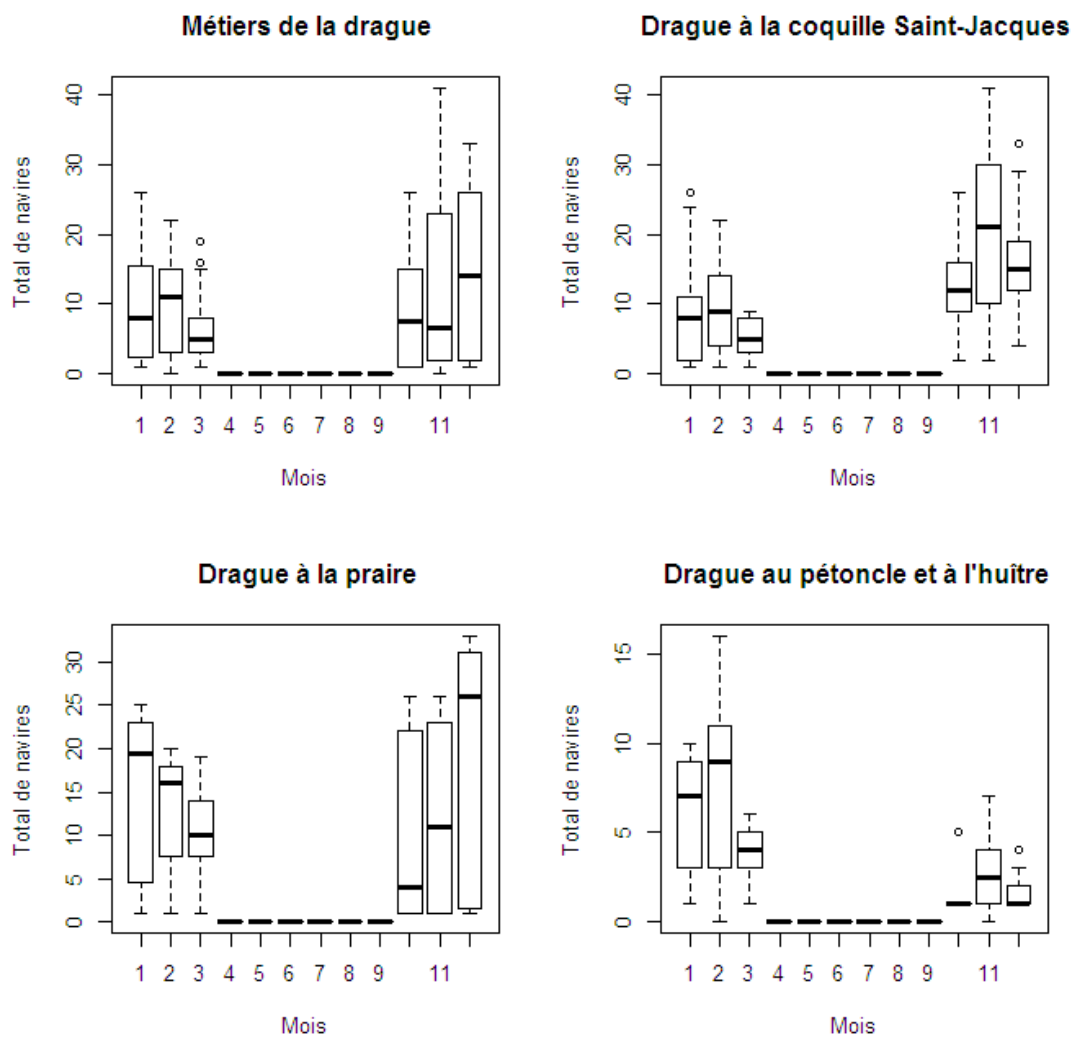


Fig. 7 : Calendriers de pratiques en 2009: exemple des métiers de la drague (données agrégées par mois)

Trois catégories d'interactions négatives entre activités ont ainsi été formulées (Tab. 6) :

- des interactions négatives liées à des différences de valeurs et de perceptions portant sur l'environnement ;
- des interactions négatives liées à une concurrence pour la ressource ;
- des interactions négatives liées à une concurrence pour l'espace.

| Personnes ress. \ Interactions | Interaction liée à l'environnement | Interaction liée à la ressource | Interaction d'ordre spatio-temporel | Total     |
|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| Scènes de gestion              | 4                                  | 2                               | 6                                   | 12        |
| Activités                      |                                    |                                 |                                     |           |
| Pêche de plaisance             |                                    |                                 | 1                                   | 1         |
| Pêche professionnelle          |                                    | 7                               | 6                                   | 13        |
| Activités nautiques encadrées  |                                    |                                 | 23                                  | 23        |
| Transport maritime             |                                    |                                 | 3                                   | 3         |
| <b>Total</b>                   | <b>4</b>                           | <b>9</b>                        | <b>39</b>                           | <b>52</b> |

Tab. 6 : Interactions négatives entre activités selon les personnes-ressources

Les interactions négatives liées à une concurrence pour l'espace (n= 39) représentent plus des  $\frac{3}{4}$  des interactions négatives mentionnées par les personnes-ressources ce qui est logique compte tenu de la question introductrice du thème. Ces interactions ont lieu entre activités qui occupent un même espace en mer au même moment (interactions négatives spatio-temporelles). Afin de compléter nos connaissances du terrain, sur la dimension « conflits pour l'espace et pour la ressource », une étude a été réalisée en 2010 dans le cadre d'un stage supervisé par I. Le Berre (UMR LETG-Brest) ([Mercelle, Le Moigne, 2010](#)). Elle repose sur des entretiens réalisés avec plusieurs acteurs et usagers de la rade de Brest, et sur le dépouillement des archives de la presse quotidienne (Le Télégramme, Ouest-France) et hebdomadaire (Le Marin). De par les sources mobilisées, cette étude n'a fourni qu'une vision relativement récente (postérieure à 2000) et partielle des conflits d'usages dans la rade (Annexe 3). Néanmoins elle a révélé plusieurs conflits, leur déroulement dans le temps et les acteurs en présence.

L'ensemble des interactions négatives entre activités a renseigné une grille d'incompatibilité entre activités en rade de Brest (Couper, 1983) (Fig. 8). Elle nous renseigne sur les conflits spatio-temporels et sur les interactions négatives potentielles. Notons certaines limites méthodologiques liées au mode d'échantillonnage pour la construction de la grille d'incompatibilité :

- certaines activités, telles que l'activité militaire, la conchyliculture, n'ont pas été sollicitées dans la collecte de données qualitatives ;
- le nombre de personnes enquêtées n'est pas identique au sein de chaque catégorie. Donc, même s'il est possible de pondérer le nombre d'interactions explicitées par le nombre d'entretiens réalisés au sein de chaque activité, le nombre d'explicitations ne traduit pas forcément une intensité des interactions potentiellement négatives.

Toutes les activités, exceptée l'extraction de matériaux, sont concernées ce qu'illustre bien une remarque effectuée par un représentant de scène de gestion : «*Aujourd'hui, le problème, c'est clairement un problème de partage de l'espace*». De manière générale, les facteurs explicatifs énoncés relèvent de la diversification et de l'intensification des activités avec une opposition entre activités récréatives et professionnelles : «*De nouvelles populations se sentent aussi légitimes que les professionnels à profiter de la mer*» ou encore «*La rade est envahie par les activités de loisir* ». L'origine des interactions négatives entre activités sont multiples : une incompatibilité totale de coexistence spatiale ou spatio-temporelle (navigation/bouchots, navigation/tables ostréicoles), une forte densité de supports d'une activité qui restreint l'espace pour les manœuvres d'une autre, ou le non-respect élémentaire des règles de navigation (vitesse, règles de priorité). Les conséquences se traduisent par des atteintes matérielles (arrachage des câbles sous-marins et d'hydrophones du système de démagnétisation de la marine, lignes et palangres cassées), par l'impossibilité de pratique (plongeurs en bouteille/filets et casiers), ou par des perturbations de navigation allant de la gêne à la création de situations à risques pour la sécurité des navires et des personnes.

Les informations qualitatives collectées lors des entretiens nous ont donc permis d'identifier et de caractériser des conflits d'usages spatio-temporels et des interactions potentiellement négatives entre activités en rade de Brest.

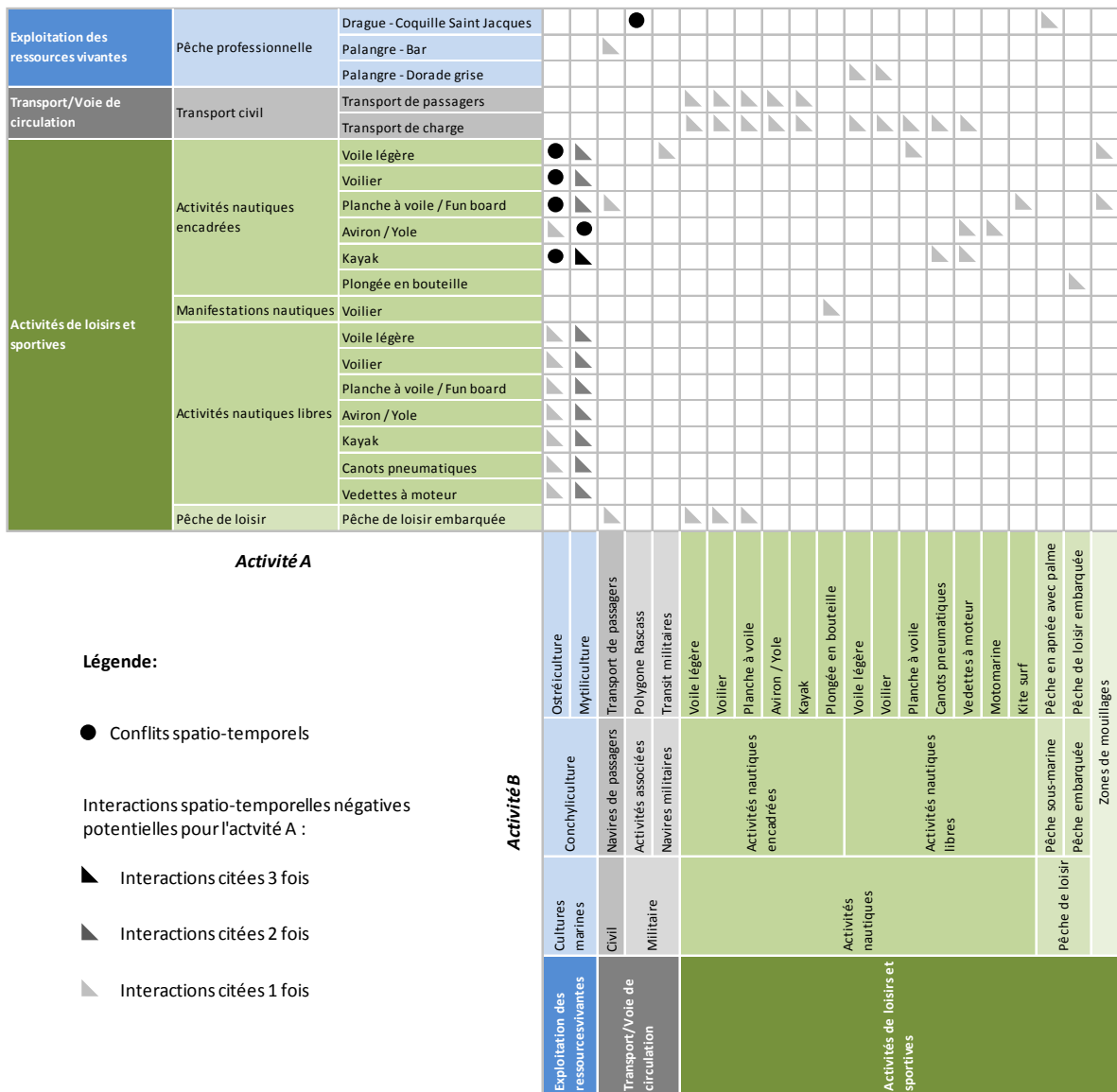


Fig. 8 : Grille d'incompatibilités spatio-temporelles entre les activités de la rade de Brest à dire d'acteurs



## 2. Structuration et utilisation d'un Système d'Information Géographique

### Objectifs

L'ensemble des données utiles pour répondre à la problématique a été intégré dans une Base d'information Géographique (BIG) orientée objets (Géodatabase) pour permettre de lier les aspects sémantiques et topologiques et ainsi favoriser la restitution de territoires de pratiques potentielles à différents niveaux d'agrégation. Le SIG 'Iroise' mis en œuvre par Le Berre (1999) a servi à alimenter la BIG en informations géographiques, complétée sur le thème des activités anthropiques.

En plus des informations relatives aux activités et aux usages, une couche d'information décrivant les habitats subtidaux a été mise à jour dans le cadre du projet (C. Hily, UMR LEMAR) (Annexe 4)<sup>9</sup>. Elle résulte d'une synthèse cartographique proposée dans la nouvelle typologie "Rebent" et de la description des unités ainsi définies dans leur contenu faunistique et floristique. Ce travail tient compte de la nouvelle typologie française des habitats sublittoraux, sans perdre les précisions des descriptions de faciès particuliers connus et qui peuvent être des particularités de la rade de Brest, comme certains fonds coquilliers. Elle intègre les descriptifs fournis par la typologie européenne EUNIS, mais se réfère également aux habitats décrits dans la directive européenne Habitat et les cahiers d'habitats français.

### 2.1. Méthode

Un inventaire complet des informations géographiques existantes et nécessaires au projet a été réalisé d'emblée. Il concerne l'information géographique non seulement de référence<sup>10</sup> (limites administratives, géographie de la zone côtière...) (Allain *et al.*, 2002 ; CNIG, 2002, 2004 ; Bersani, 2006 ; Le Berre, Nogues, 2010) mais aussi thématique ou sectorielle réalisée à partir d'une revue bibliographique (SAUM, 1980 ; Troadec, Le Goff 1997 ; Allain *et al.*, 2002 ; Conseil Général du Finistère, 2007 ; Le Berre *et al.*, 2010). À l'issue de la revue bibliographique, les besoins en information géographique ont été précisés. Les conditions d'acquisition des données compte tenu des contraintes de disponibilité, de coût, et de traitement ont été précisées lors des contacts avec les producteurs. Les données acquises ont ensuite été renseignées dans un dictionnaire (Tab. 7 et Annexe 5) qui a alimenté ultérieurement la production de métadonnées.

<sup>9</sup>

<http://geosu-iuem.univ-brest.fr/geonetwork/srv/fr/metadata.show?uuid=690f6e45-a2d5-496a-b42e-e83069a16c82>

<sup>10</sup> « Les données de référence sont définies comme l'ensemble des informations permettant à chaque utilisateur particulier d'associer des données de différentes origines et de positionner dans l'espace ses informations propres. » (CNIG, 1998)

| Rubriques                                 | Descriptif  |
|---|---|
| <b>Thème</b>                              | Thème et sous-thème de la BIG   |
| <b>Nom</b>                                | Nom du fichier  |
| <b>Description</b>                        | Décrit l'IG   |
| <b>Format des données</b>                 | Format vectoriel ou raster  |
| <b>Type d'entités spatiales</b>           | Point, ligne, polygone  |
| <b>Attributs</b>                          | Décrit les attributs existants  |
| <b>Système de référence spatial</b>       | Système de référence / ellipsoïde / projection cartographique / niveau de référence verticale                 |
| <b>Date de validité</b>                   | Date d'acquisition ou de création   |
| <b>Généalogie / Traitements effectués</b> | Changement de projection / Changement de format / Modification des attributs / Opérations de Géotraitement... |
| <b>Organisme producteur</b>               | Nom et adresse de l'organisme producteur  |
| <b>Conditions d'utilisation</b>           | Libre de droit / sous convention  |
| <b>Création des métadonnées</b>           | Booléen   |

Tab. 7 : Rubriques du dictionnaire de l'information géographique contenue dans la BIG

A partir de cet état des lieux, 14 producteurs de données<sup>11</sup> ont été sollicités par voie conventionnelle. Une fois les informations acquises, elles ont été mises en forme dans une Base d'Information Géographique (BIG) exploitée par un Système d'Information Géographique (SIG).

## 2.2. Résultats

Une soixantaine de couches d'information géographique a été mise en forme dans la BIG (Annexe 4), renseignée par des métadonnées au format FGDC d'ESRI. Elles sont réparties en quatre thèmes ("Activités et Usages", "Faune et Flore", "Géographie Physique" et "Réglementation") et vingt rubriques (Fig. 9 et Annexe 6).

<sup>11</sup> Des services de l'Etat, des services décentralisés, des établissements publics, des organismes de recherche, des collectivités territoriales et des organisations socio-professionnelles



Fig. 9 : Structuration simplifiée de la Base d'Information Géographique « Rad2Brest »

Le recensement et la compilation dans un SIG de l'information géographique existante en rade de Brest, nous ont permis d'identifier les données manquantes ou incomplètes mais nécessaires dans une perspective de modélisation du déroulement des activités humaines. En effet, certaines données spatialisées existent et sont accessibles, comme la réglementation liée à la navigation et la pratique de la pêche professionnelle ou l'emprise spatiale des cultures marines et des mouillages collectifs organisés. D'autres sont trop agrégées, comme la répartition des zones de pêche à la drague (Comité Local des Pêches), ou inexistantes comme pour les autres métiers de pêche professionnelle, le transport maritime et les activités nautiques.

Leur acquisition a donc impliqué un important travail soit d'analyse spatiale (données AIS, Le Guyader *et al.*, 2012), soit de mise en forme (données à dire d'acteurs).

Les données spatialisées à dire d'acteurs ont fait l'objet d'un post-traitement en 3 étapes (Fig. 10) :

Étape 1. Les zones de pratiques éditées lors des entretiens sont stockées dans une Geodatabase par personne ressource.

Étape 2. Les données sont converties en *shapefile* (fichier de formes vectorielles sans topologie explicite) par personne ressource enquêtée. Des champs de la table attributaire sont renseignés à partir des notes prises lors des entretiens afin de caractériser chaque entité représentant une pratique donnée au niveau 3 de la typologie.

Étape 3. Après la phase de validation, les informations spatiales sont regroupées au sein d'un même *shapefile* par activité et sont renseignées par un identifiant unique de géométrie ('Z\_ID'), un identifiant d'activité ('ACT\_ID'), un identifiant de la personne ressource l'ayant produite ('SOURCE') et un indicateur de la méthode de production de l'information ('QZ') comme par exemple 'A' pour qualifier l'information spatiale produite à dire d'acteurs.

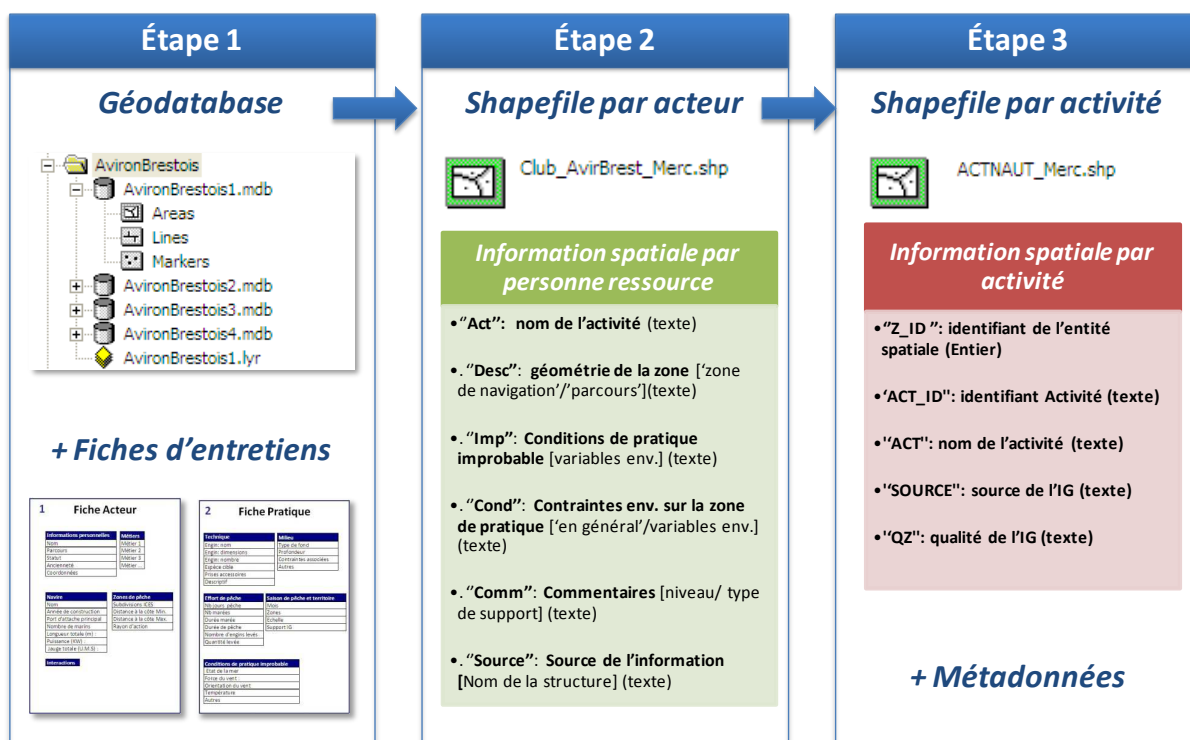


Fig. 10 : Étapes du post-traitement des données spatiales collectées à dire d'acteurs

Toutes les informations géographiques produites dans le cadre du projet *Rad2Brest* sont cataloguées et visualisables dans l'Infrastructure de Données Spatiales-Ouest (IDS-Ouest) prochainement accessible *via* les sites web de l'UMR LETG (<http://letg.univ-nantes.fr/fr/laboratoire/1/presentation>) et de la Zone Atelier Brest-Iroise (<http://www.iumem.univ-brest.fr/zab/fr/>).

### 3. Modélisation et analyse des interactions spatio-temporelles entre activités maritimes encadrées en rade de Brest

#### Objectifs

L'objectif est de caractériser le déroulement des activités encadrées en rade de Brest au pas de temps quotidien puis d'identifier, de qualifier et de quantifier les interactions potentielles. 2009 est choisie comme année de référence du fait de la disponibilité de nombreuses données. Les activités potentiellement en interactions sont celles qui se déroulent le même jour sur la même zone de pratique. Pour cela les données spatiales, temporelles et quantitatives collectées et mises en forme dans la BIG sont mobilisées. Un travail préliminaire consistant à structurer une Base d'Information Géographique et Temporelle (BIG-T) et à développer des outils de requêtes spatio-temporelles spécifiques a été réalisé.

### 3.1. Méthode

Le premier objectif vise à reconstruire et à visualiser un événement<sup>12</sup> ou une succession d'évènements spatialisés. Les données décrivant les activités sur les plans spatiaux, temporels et quantitatifs collectées permettent, d'ores et déjà, de proposer des représentations cartographiques des zones de pratiques ainsi que des calendriers de pratiques. Mais à ce stade, ces données sont disjointes et ne rendent pas compte du déroulement des activités ; rendant nécessaire leur mise en forme au sein d'une BIG-T exploitable par un SIG.

#### 3.1.1. BIG-T

Les données collectées possèdent une forte hétérogénéité sur le plan spatial (points, lignes et polygones) et sur les plans temporels et quantitatifs (données réelles à partir de supports variés, les différents niveaux de précision des données collectées à dire d'acteurs...). Cette diversité implique une phase d'uniformisation pour leur intégration au sein d'une BIG-T (Le Guyader, 2012).

Nous avons choisi de travailler avec une dimension temporelle discrétisée, et une granularité quotidienne sur une période d'une année (2009). L'espace est également discrétisé, chaque entité spatiale étant stable (Claramunt *et al.*, 1997) en forme, en taille, en orientation et en localisation. Les seules variations affectant chaque entité spatiale concernent les occurrences temporelles (présence/absence) et des modifications d'effectifs. Notre référentiel étant l'espace géographique, les unités manipulées sont spatiales et mobilisent les zones de pratiques collectées. Toutefois, compte tenu de leur diversité spatiale, nous ne pouvons pas les utiliser directement. Pour répondre à cette spécificité, nous proposons la notion d'Unité Spatio - Temporelle (UST) (Le Guyader, 2012). Il s'agit d'une unité spatiale élémentaire à laquelle est associé un attribut thématique (l'activité au niveau 3 de la typologie), cohérente avec les données temporelles et quantitatives. Cette cohérence est déterminée par le fait que cette UST peut être décrite dans le temps et en effectif à partir des données collectées. La distribution des effectifs au sein d'une UST est supposée homogène.

L'information spatiale temporelle et quantitative est structurée comme suit (Fig. 11).

---

<sup>12</sup> Un événement correspondant à l'occurrence d'activités susceptibles de s'être déroulées à un instant  $t$  d'une période passée (un jour de l'année 2009).

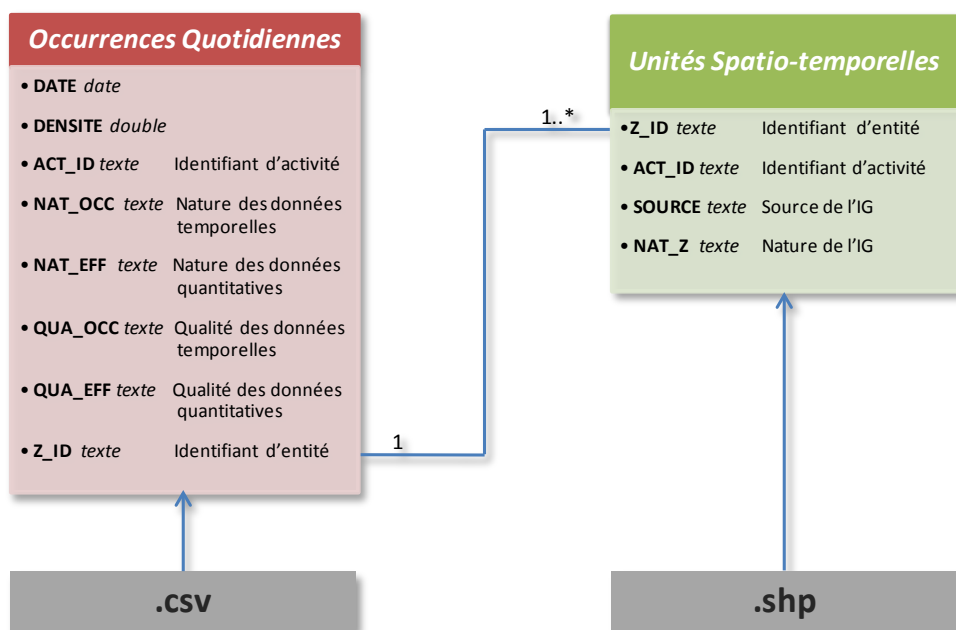


Fig. 11 : Structuration de la Base d'Information Géographique et Temporelle (BIG-T)

L'information spatiale est contenue dans un jeu de classe d'entités (fichier de formes). À chaque UST correspond une entité. À chaque occurrence temporelle d'une UST correspond un enregistrement (une ligne) dans un fichier de type Table. Le lien entre la table des occurrences quotidiennes et l'information géographique concernant les activités est réalisé par l'identifiant unique (Z\_ID) attribué à chaque entité spatiale. Ainsi, chaque entité possède un seul identifiant et plusieurs lignes de la table des occurrences peuvent contenir le même Z\_ID.

Cette structuration est choisie pour limiter la redondance des informations stockées, pour faciliter la constitution et la mise à jour des informations et pour permettre l'élaboration des requêtes spatio-temporelles.

Les informations temporelles et quantitatives contenues dans la base de données spatio-temporelles sont de natures différentes. Il en résulte une précision variable dont nous rendons compte par le calcul d'un indice de qualité qui nous permet de qualifier la précision temporelle et quantitative des informations contenues dans la table des occurrences sur l'ensemble de l'année. La précision des données temporelles et quantitatives mobilisées pour chaque jour de l'année 2009 est évaluée par l'indice de qualité des occurrences quotidiennes qui repose sur le pourcentage respectif des indices de qualité des occurrences mobilisées ce jour. L'indice de qualité des occurrences quotidiennes peut potentiellement prendre des valeurs allant de « très faible » à « très bonne ».

### 3.1.2. Déroulement des activités

Cette BIG-T est exploitée pour décrire le déroulement des activités humaines en rade de Brest au cours de l'année 2009 en :

- identifiant les activités susceptibles de se dérouler un jour donné au cours de l'année ;
- en spatialisant les zones de pratiques de ces activités ;

- en identifiant les densités de supports associées aux zones de pratiques par activité.

Chacune de ces étapes nécessite l'application d'un certain nombre de requêtes temporelles et l'utilisation de divers outils de géotraitement. Afin d'automatiser ces tâches, nous avons créé deux outils à l'aide de ModelBuilder d'ArcGis : «ActivitéQuotidienne » et « DensitéQuotidienne ».

L'outil « ActivitéQuotidienne » permet d'identifier les activités susceptibles de se dérouler un jour fixé par l'utilisateur et de cartographier les zones de pratiques correspondantes (Fig. 12.A).

L'outil « DensitéQuotidienne » permet le calcul des densités de supports associées aux zones de pratiques par activité (Fig. 12.B).

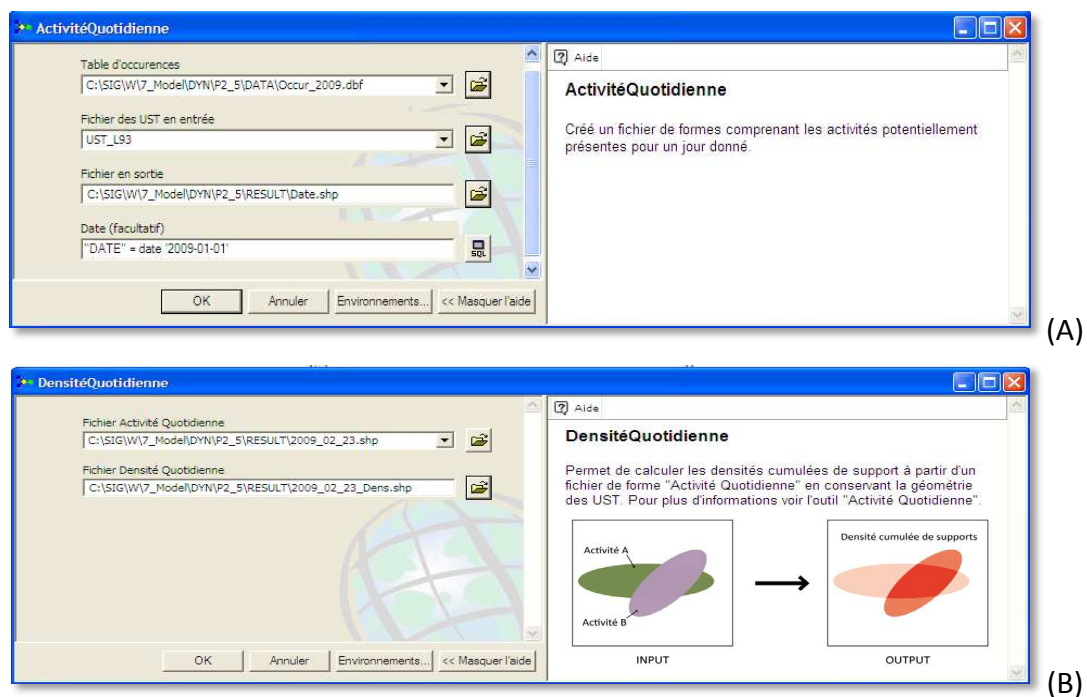


Fig. 12 : Interfaces graphiques de spécification des paramètres des outils « ActivitéQuotidienne » (A) et « DensitéQuotidienne » (B)

### 3.1.3. Interactions potentielles entre activités

Le second objectif vise à identifier, qualifier et quantifier les interactions potentielles entre activités maritimes recensées en rade de Brest. La représentation des interactions potentielles entre différentes activités en mer est classiquement réalisée par la superposition spatiale des zones de pratiques de chaque activité (Brody *et al.*, 2004, 2006 ; Maes *et al.*, 2005 ; Schrijvers, 2005 ; Ban, Alder, 2008 ; Beck *et al.*, 2009 ; Gimpel *et al.*, 2011); les intersections spatiales étant caractérisées soit par un indicateur quantitatif (le nombre cumulé d'activités), soit par un indicateur qualitatif (présence/absence de conflit ou degré de conflictualité potentielle).

À notre connaissance, la dynamique temporelle des activités n'est pas prise en compte dans ces approches. Or certaines activités se déroulent au même endroit mais pas au même moment, justifiant la distinction des intersections spatiales et



des intersections spatio-temporelles en fonction de la dynamique temporelle de chaque activité.

Les activités potentiellement en interaction sont assimilées aux activités en interaction spatio-temporelle c'est-à-dire qui se déroulent au même endroit au même moment. Pour cela, nous émettons l'hypothèse que ces interactions peuvent être approchées par les intersections spatio-temporelles (IST) entre activités modulées suivant certaines variables (somme des intersections, densité cumulée, somme des intersections pondérées à dire d'acteurs).

En l'absence d'outils disponibles, un algorithme spécifique a été développé (Brosset *et al. in prep.*). Cet algorithme écrit en Java <sup>TM</sup>, mobilise la BIG-T et permet la production de couches d'informations géographiques contenant les objets résultant des intersections spatiales des UST pour chaque jour. Ces objets sont renseignés par la date, les activités concernées selon la typologie au niveau 3 (concaténation des codes identifiant des activités), le nombre d'intersections spatio-temporelles, la somme de la densité de supports des activités, ainsi que les métadonnées (concaténation des codes identifiant la nature et qualité des informations spatiales, temporelles et quantitatives). Afin de permettre le calcul des interactions spatio-temporelles *via* une interface graphique, un outil logiciel spécifique « Intersections Spatio-temporelles » à été créé à l'aide de ModelBuilder d'ArcGis (Fig. 13).

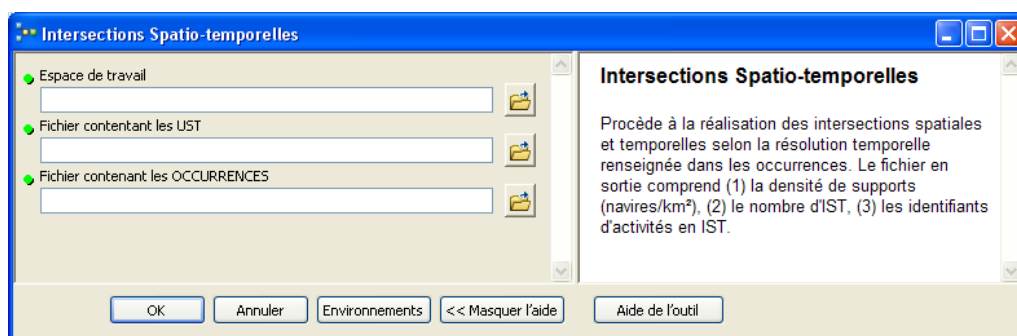


Fig. 13 : Interface graphique de spécification des paramètres de l'outil « Intersection Spatio-Temporelles (IST) »

La BIG-T est ensuite mobilisée pour calculer les IST entre activités en rade de Brest, au pas de temps quotidien au cours de l'année 2009. L'analyse de ces données inédites et complexes est menée afin de répondre à plusieurs questions : quelles sont les activités potentiellement en interaction ? Quand ces activités sont-elles en interaction ? Quelles sont les zones où ces interactions ont lieu. Les réponses sont obtenues par la visualisation et l'exploration univariée des variables renseignées par les IST :

- les activités potentiellement en interaction par l'intermédiaire de matrices symétriques et de graphes ;
- les périodes de plus ou moins fortes interactions potentielles entre activités à partir des statistiques descriptives de l'évolution temporelle des variables au cours de l'année 2009 ;



- les zones de plus et/ou de moins fortes valeurs pour ces variables en utilisant des indicateurs locaux d'association spatiale (LISA), en particulier l'indice local de Moran  $I$  (Anselin, 1995).

## 3.2. Résultats

### 3.2.1. BIG-T

L'information temporelle et quantitative a été produite à partir des données collectées en affectant à chaque UST (Unité Spatio-Temporelle) les occurrences temporelles intervenues au cours de l'année 2009 au pas de temps quotidien en y associant les effectifs (nombre de bateaux) et la densité de supports (nombre de bateaux/km<sup>2</sup>). Ainsi, 29 activités au niveau 3 de la typologie sont spatialisées par 149 UST et leur déroulement dans le temps est caractérisé par plus de 9300 occurrences quotidiennes.

Chaque jour de l'année (2009) est renseigné par un nombre d'occurrences de qualité variable sur le plan temporel et quantitatif. Sur le plan des occurrences, 62 % des jours ont un indice de qualité « très bon », 22,5 % un indice de qualité « bon », 13 % un indice de qualité « moyen », 2 % un indice de qualité « faible » et 0,5 % un indice de qualité « très faible ». Sur le plan des effectifs, 83 % des jours ont un indice de qualité très bon, 7 % un indice de qualité « bon » et 10 % un indice de qualité « moyen ».

En résumé, pour 2009, 84 % des jours en termes d'occurrences et 90 % des jours en termes d'effectifs ont un indice de qualité allant de « bon » à « très bon ».

### 3.2.2. Déroulement des activités

La BIG-T permet de caractériser la dynamique des activités en rade de Brest en réalisant des cartes d'instantanés au pas de temps quotidien sur l'ensemble de l'année 2009. Le lundi 26 octobre sert d'exemple (Fig. 14). La prise en compte de plusieurs instantanés temporels successifs illustre la dynamique certaine et la complexité du déroulement des activités par la variabilité des activités potentiellement présentes, la variabilité des zones occupées et la variabilité des densités de supports (Fig. 15 A et B).

Lundi 26 octobre 2009

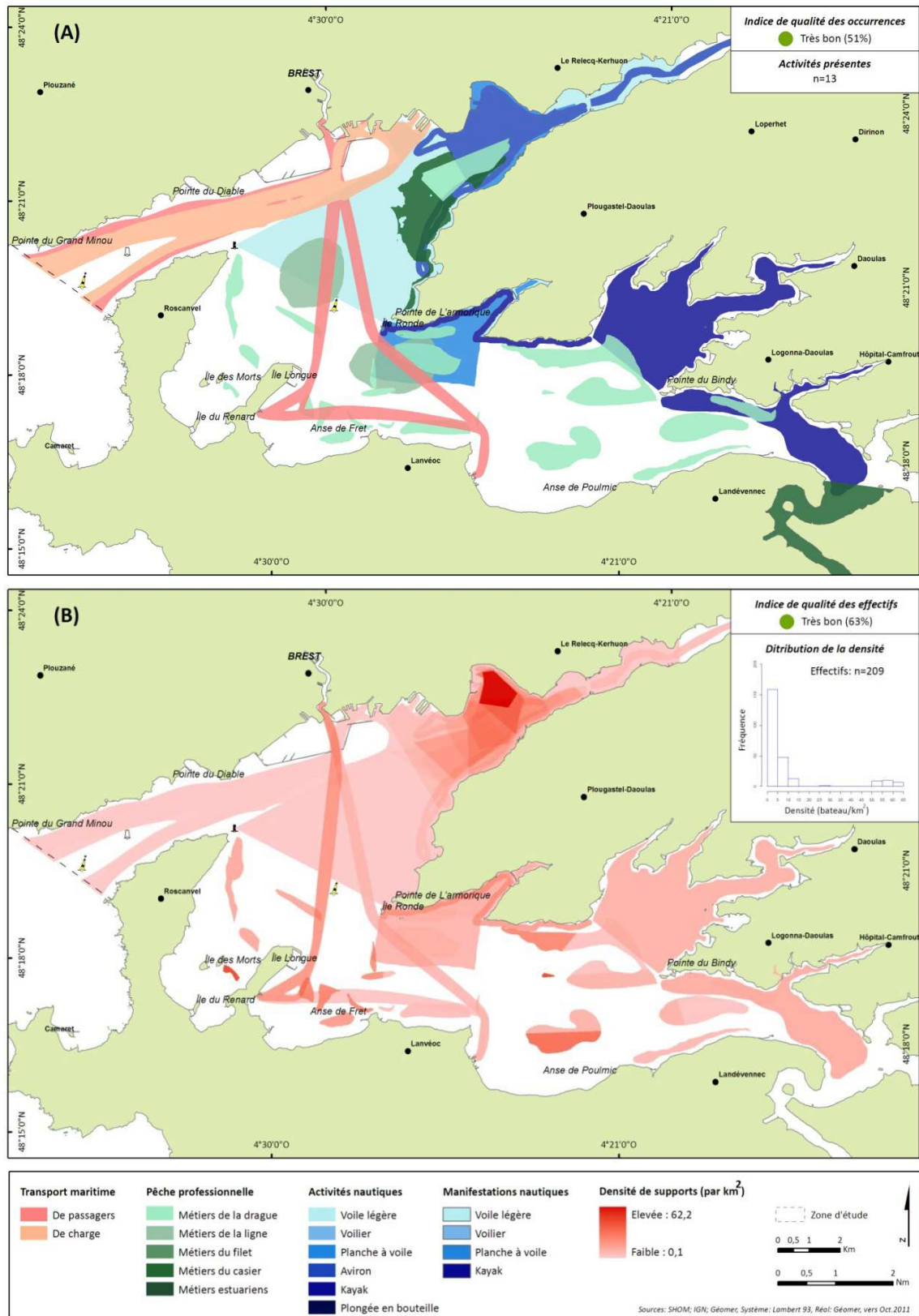


Fig. 14 : Zones de pratiques des activités encadrées (A) et densité de supports (B) le 26/10/2009. Pour des raisons de lisibilité, la symbologie des métiers de pêches est ramenée à cinq classes : par engin pour les métiers de la drague, de la ligne, du filet et du casier puis les métiers estuariens.

Treize activités sont présentes le 26/10/209 avec un indice de qualité « très bon ». Les activités concernées sont,

pour la pêche maritime, les métiers du casier (à Étrille et à Crevette), le métier de la palangre (à la Dorade grise), et les métiers de la drague (à la Coquille Saint-Jacques, à la Praire, au Pétoncle noir et à l'Huître plate). L'activité de transport maritime est représenté par le transport de charge, le transport de passagers avec des lignes vers l'Iroise, une ligne Brest-Le Fret, une ligne Le Fret-Lanvéoc et une ligne Lanvéoc-Brest. Les activités nautiques encadrées sont représentées par la voile légère, le voilier, la planche à voile, l'aviron et le kayak.

Au total, 209 supports sont estimés pour ce jour avec un indice de qualité « très bon ». La densité varie de 0,1 à 62 bateaux/km<sup>2</sup> avec une distribution de la fréquence de la densité de supports hétérogène, les classes de faible densité étant très représentées. Sur le plan spatial, la distribution des plus fortes densités est également hétérogène. Les zones de plus forte densité concernent le Moulin Blanc pour les activités nautiques encadrées, une zone de pêche à la drague à la Coquille Saint-Jacques entre l'île Longue et l'île des Morts et une autre zone pour la même activité à l'Est du banc du Bindy.

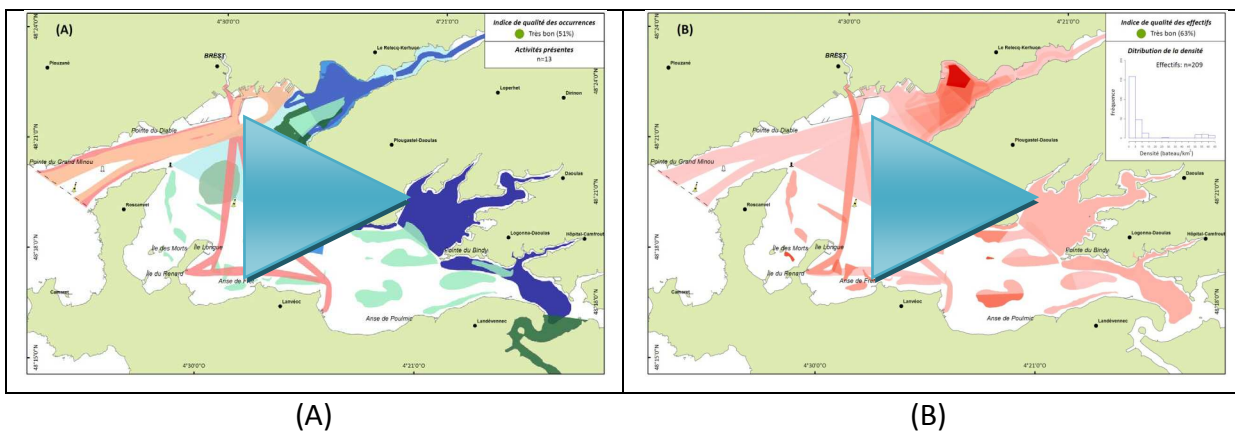


Fig. 15 : Zones de pratiques des activités encadrées (A) et densité de supports (B) pour la période du 27/10/2009 au 23/11/2009 au pas de temps quotidien

L'exploitation de la BIG-T permet également de produire des informations synthétiques telles que la distribution spatiale de la densité cumulée de supports par activité ou toutes activités confondues pour l'année 2009 (Fig. 16).

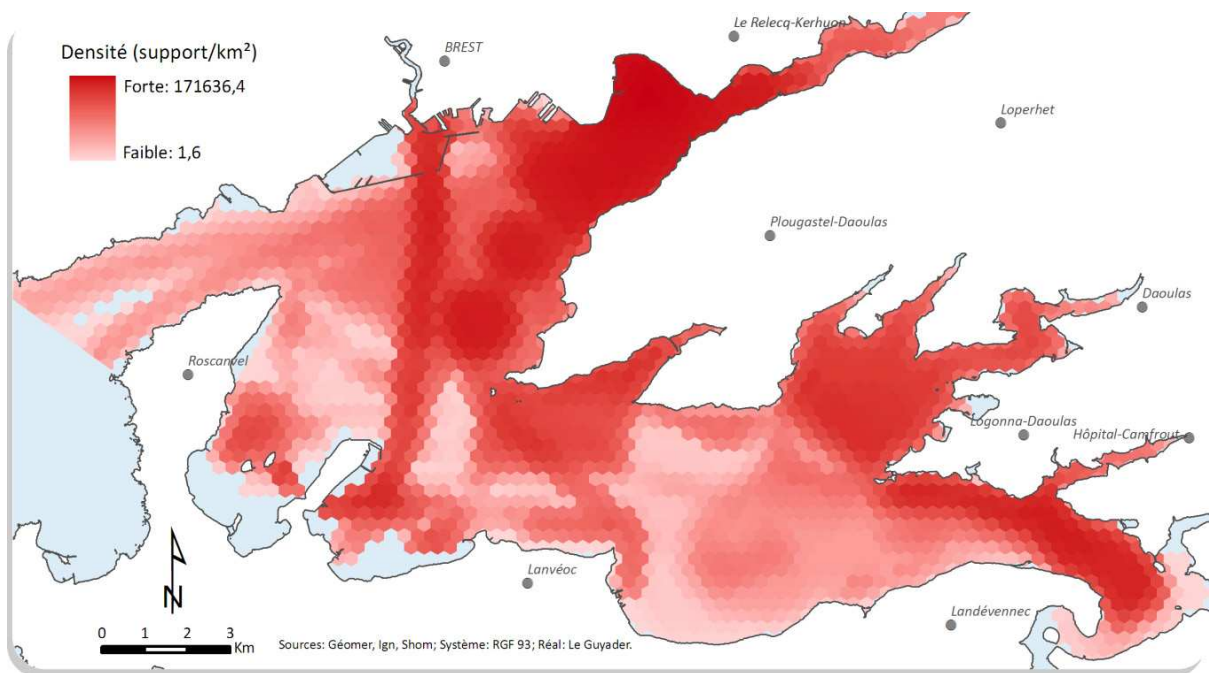


Fig. 16 : Densité cumulée de supports toutes activités encadrées confondues en 2009

### 3.2.3. Interactions potentielles entre activités

La BIG-T est mobilisée pour identifier, spatialiser et quantifier les intersections spatio-temporelles entre activités sur l'ensemble de l'année 2009 au pas de temps quotidien. Les résultats bruts sont illustrés au niveau 2 de la typologie des activités (Fig. 17). Les activités nautiques encadrées cumulent le maximum d'intersections spatio-temporelles entre elles avec près de 320 000 intersections.

Les cultures marines et les activités militaires (réduites au polygone Rascass) sont les activités qui connaissent le minimum d'intersections spatio-temporelles. Rappelons toutefois que seules les concessions impliquées dans des conflits avérés ont été mobilisées pour le calcul des intersections spatio-temporelles mettant en jeu les cultures marines.

La pêche professionnelle et les activités nautiques encadrées sont en interaction potentielle avec toutes les autres activités sauf une (les cultures marines pour la pêche et le polygone Rascass pour les activités nautiques encadrées).

Sur les six activités considérées, le transport maritime civil est en interaction potentielle avec toutes les activités, sauf les cultures marines. Les intersections spatio-temporelles entre le transport maritime civil et les activités nautiques encadrées représentent les plus fortes intersections (plus de 150 000) après celles des activités nautiques entre elles.

En résumé, au niveau 2 de la typologie, toutes les activités (sauf les cas particuliers du polygone Rascass et des cultures marines) génèrent des intersections spatio-temporelles avec toutes les autres. Les sommes des intersections les plus fortes concernent par ordre décroissant :

- les activités nautiques encadrées entre elles,
- le transport maritime civil et les activités nautiques encadrées,

- la pêche professionnelle et activités nautiques encadrées,
- la pêche professionnelle et le transport civil.

Ceci étant, il est nécessaire de considérer un niveau plus fin dans la typologie des activités pour expliciter les intersections. La somme des intersections spatio-temporelles entre activités au niveau 3 de la typologie est représentée par l'intermédiaire d'un graphe (Fig. 18.A). A titre d'exemple, les intersections entre les activités nautiques encadrées et le transport maritime identifiées précédemment concernent essentiellement le transport maritime de passagers.

A ce niveau, les deux valeurs maximales concernent la voile légère (13 % des intersections avec la planche à voile et 10 % avec le transport de passagers). Les intersections entre activités nautiques différentes totalisent la majorité des intersections spatio-temporelles (58 %). Puis, les intersections entre le transport maritime de passagers et les activités nautiques représentent plus d'un quart des intersections spatio-temporelles (26 %). Seuls 0,8 % des intersections ont lieu entre le transport maritime de charge et certaines activités nautiques encadrées (voile légère, voilier et planche à voile). Enfin, les intersections entre la palangre au Bar et les activités nautiques cumulent 10 % des intersections spatio-temporelles.

À ce niveau typologique, nous constatons que toutes les activités ne subissent pas systématiquement des intersections spatio-temporelles. Par exemple, au cours de l'année 2009, la plongée encadrée ne partage aucune zone de pratique commune avec les métiers de la drague ou de la palangre au bar. Nous constatons également de très faibles intersections (moins de 0,1 %) entre, par exemple, le polygone Rascass et la drague à la Coquille Saint-Jacques, entre l'aviron et les zones mytilicoles et entre les activités nautiques encadrées et les zones conchylicoles.

|                                      |                               |                                      |                      |                               |               |                                   |                          |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Exploitation des ressources vivantes | Pêche professionnelle         | 127                                  |                      |                               |               |                                   |                          |
|                                      | Cultures marines (1)          | 0                                    | 0                    |                               |               |                                   |                          |
| Transport/Voie de circulation        | Civil                         | 15084                                | 0                    | 6833                          |               |                                   |                          |
|                                      | Militaire (1)                 | 113                                  | 0                    | nc                            | 0             |                                   |                          |
| Activités de loisirs et sportives    | Activités nautiques encadrées | 54626                                | 585                  | 151141                        | nc            | 318955                            |                          |
|                                      | Manifestations nautiques      | 556                                  | 0                    | 1541                          | nc            | 2950                              | 246                      |
|                                      |                               | Pêche professionnelle                | Cultures marines (1) | Civil                         | Militaire (1) | Activités nautiques encadrées     | Manifestations nautiques |
|                                      |                               | Exploitation des ressources vivantes |                      | Transport/Voie de circulation |               | Activités de loisirs et sportives |                          |

nc : Intersections non calculées  
(1): Intersections calculées pour les zones de conflits uniquement

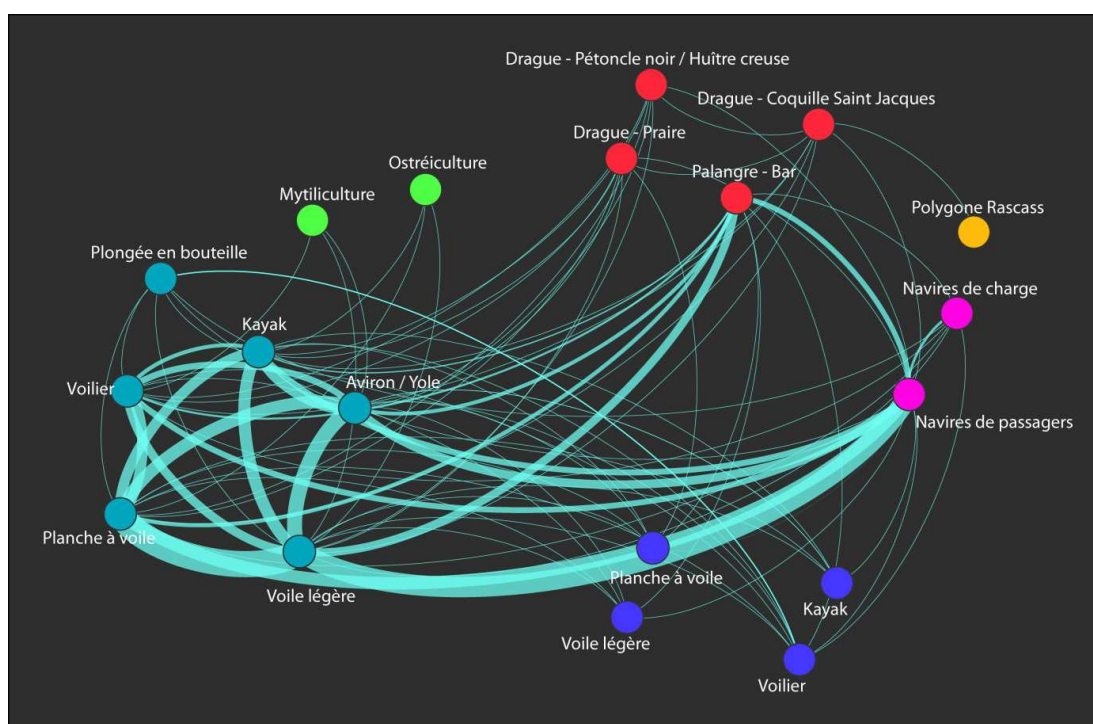
Fig. 17 : Somme des intersections spatio-temporelles brutes entre activités au niveau 2 de la typologie



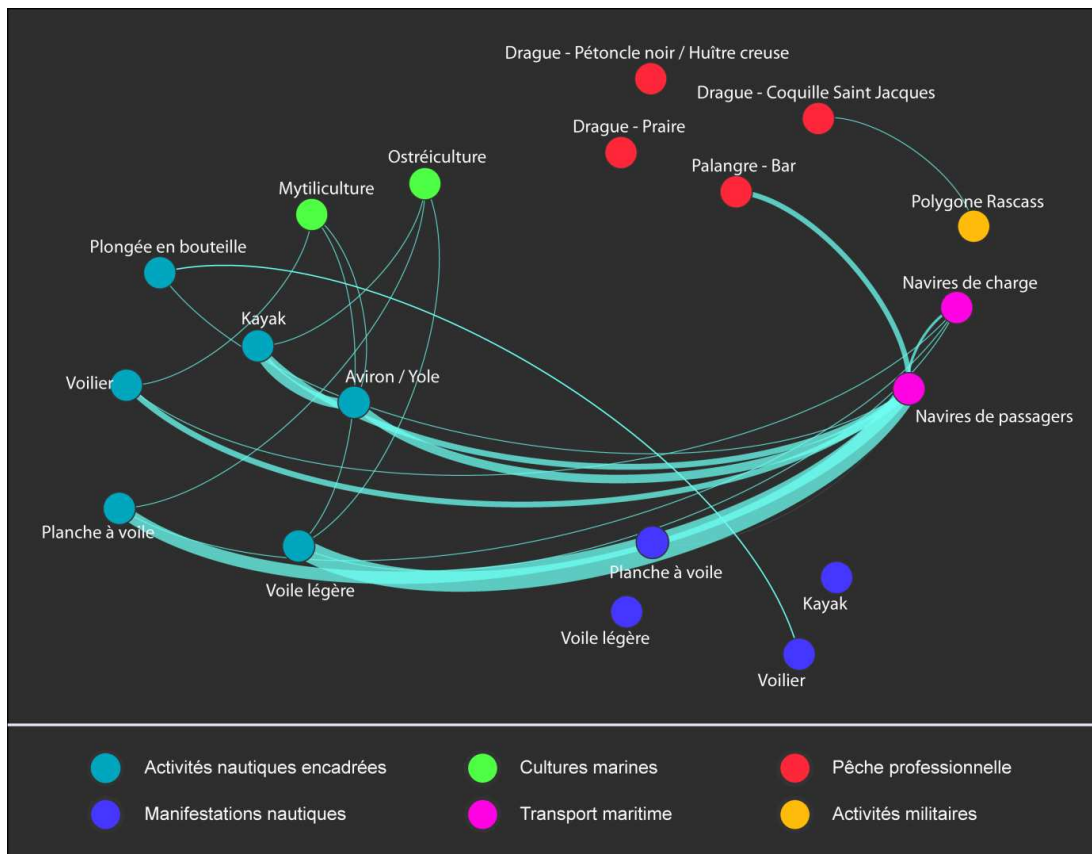
Ainsi, un grand nombre d'interactions concernent des activités *a priori* non antagonistes sur les plans spatio-temporels (par exemple, 58 % du total des intersections concernent les activités nautiques entre elles). Afin d'identifier quelles sont les activités potentiellement en interaction négative ou en conflit, la pondération des intersections spatio-temporelles par un indice qualitatif est nécessaire (Fig. 18.B). Nous avons utilisé un indice réalisé « à dire d'acteurs ». Seules les intersections spatio-temporelles concernant des interactions potentiellement négatives sont conservées.

Si les intersections spatio-temporelles entre activités nautiques encadrées ne sont plus représentées, celles intervenant entre le transport de passagers et les activités nautiques représentent alors 88%. En synthèse, l'analyse de ces résultats montre que :

- parmi les activités mentionnées par les personnes-ressources, certaines ne partagent jamais une même zone de pratique ce qui signifie soit que leurs zones de pratiques ne se superposent pas, soit qu'elles n'ont pas lieu le même jour ;
- les plus fortes occurrences d'intersections concernent en premier lieu le transport maritime de passagers et les activités nautiques encadrées (notamment la voile légère et la planche à voile) puis, dans une moindre mesure, le transport maritime de passagers et le métier de la palangre au bar.



(A)



(B)

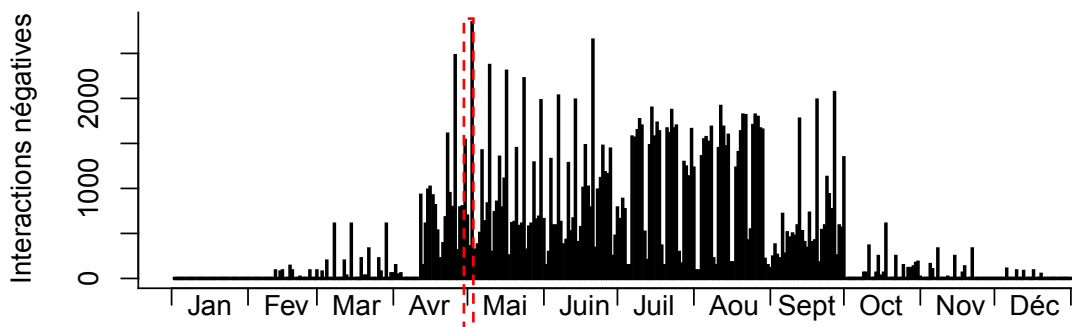
Fig. 18 : Somme des intersections spatio-temporelles brutes (A) puis pondérées « à dire d'acteurs » (B) entre activités au niveau 3 de la typologie

Afin d'illustrer les interactions négatives potentielles au pas de temps quotidien, retenons l'exemple des interactions entre le transport maritime de passagers et les activités nautiques. L'évolution quotidienne de la somme des IST entre ces activités en 2009 est variable (Fig. 19). Schématiquement, deux périodes peuvent être identifiées : une période de faibles intersections de janvier à mars et d'octobre à décembre et une période de fortes intersections d'avril à septembre. La valeur maximale de la somme des IST entre ces deux activités est atteinte le samedi 2 Mai 2009 comme illustrée par la Fig. 20 qui présente (A) les intersections spatiales, (B) la densité de supports, et (C) les agrégats spatiaux des IST entre le transport de passagers et les activités nautiques. L'ensemble des zones de pratiques des activités nautiques encadrées couvre quasiment toute la rade de Brest excepté le goulet et la partie sud-ouest. Les lignes de transport maritime sont multiples, une pour le transport de charge et huit pour le transport de passagers, avec une emprise spatiale différente (indice de qualité des occurrences « Très bon »).

La somme de la densité de supports s'élève à plus de 90 supports/km<sup>2</sup> sur l'ensemble de la rade. Si cette densité totale reste très inférieure à la médiane quotidienne calculée sur l'année (3004,5 supports/km<sup>2</sup>), les supports sont néanmoins concentrés dans une zone de faible superficie au niveau du Moulin-Blanc. Plus de 260 supports sont dénombrés sur la journée (indice de qualité des effectifs « Très bon »). L'analyse spatiale par l'indice local de Moran *I* confirme la

présence de deux agrégats significatifs de fortes valeurs d'IST ( $p < 0,001$ ), l'un au niveau du Moulin-Blanc, le second entre l'île Ronde et la Pointe de l'Armorique.

Les nombreuses intersections spatiales entre les activités nautiques encadrées et le transport maritime de passagers au niveau du Moulin-Blanc pour ce jour traduisent potentiellement des interactions négatives entre elles. Associée à une forte densité de supports, densité susceptible de restreindre l'espace disponible pour les manœuvres, cette situation peut engendrer des perturbations à la navigation allant de la gêne à la création de situations à risques pour la sécurité des navires et des personnes.



*Fig. 19 : Évolution quotidienne de la somme des IST entre le transport de passagers et les activités nautiques en 2009*



**Transport de passagers VS Activités nautiques : samedi 02 mai 2009**

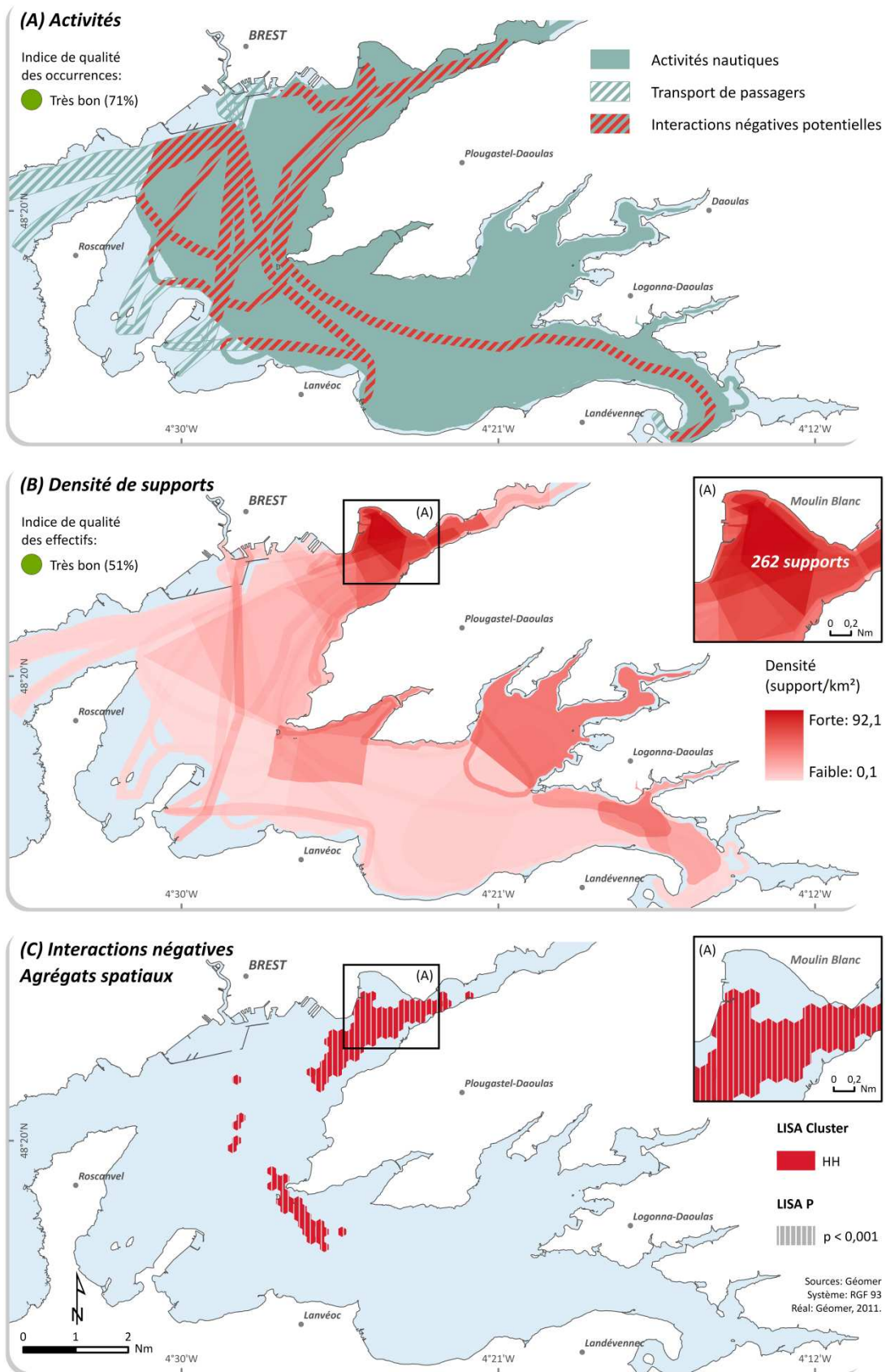


Fig. 20 : (A) Intersections spatiales, (B) densité de supports, et (C) analyse spatiale des IST entre le transport de passagers et les activités nautiques le 2 mai 2009

### 3.3. Conclusion

De manière à évaluer de la démarche mise en œuvre, nous avons cherché à identifier quelle peut être la valeur ajoutée de la prise en compte de la dimension temporelle par rapport à une approche spatiale seule dans la mise en évidence des interactions potentielles entre activités en mer.

Pour cela, les agrégats identifiés à partir de l'analyse spatiale des intersections spatiales entre activités et des intersections spatio-temporelles entre activités sont comparés. L'analyse montre que 70 % d'agrégats significatifs identifiés à partir de l'analyse spatiale des intersections spatio-temporelles sont différents des agrégats identifiés à partir de l'analyse spatiale des intersections spatiales des zones de pratiques.

Autrement dit, en rade de Brest, l'intégration de la dynamique spatio-temporelle des activités pour l'analyse spatiale des intersections entre activités apporte une information significative différente de 70 % par rapport à une prise en compte spatiale seule (Fig. 21).

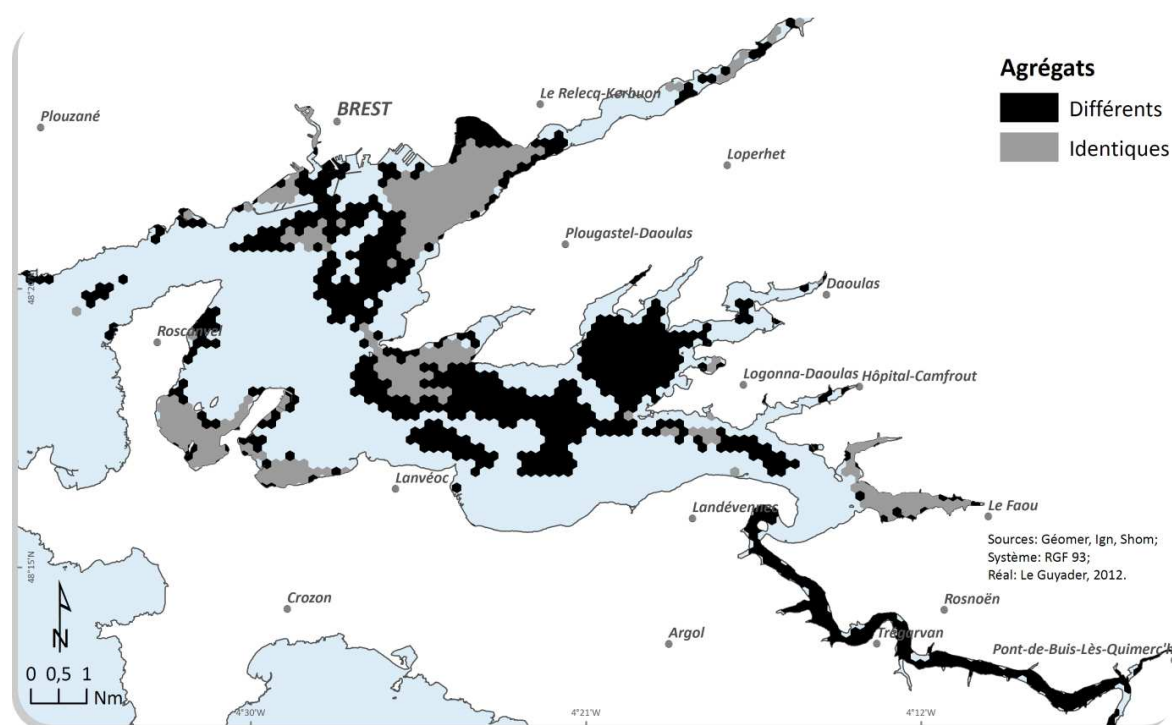


Fig. 21 : Comparaison entre les agrégats significatifs identifiés par les intersections spatiales et ceux identifiés par les intersections spatio-temporelles entre activités

#### 4. Scénarisation, simulation, évaluation des productions géographiques

##### Objectifs

La Base d'information Géographique Temporelle (BIG-T) a été testée dans un cadre opérationnel avec les opérateurs locaux afin d'évaluer son apport en tant que support à la discussion, à l'élaboration de simulations à base de scénarios exploratoires et à la production de multiples représentations susceptibles d'aider la gestion et la concertation.

L'atelier « Activités humaines en rade de Brest : quels scénarios possibles ? » a été organisé par les scientifiques en deux sessions successives : les 19 décembre 2012 et 8 février 2013.

La première session, d'une durée de 3 heures, s'est déroulée en 3 séquences :

- restitution de la modélisation des activités humaines en rade de Brest ;
- élaboration de scénarios par les parties prenantes en vue de simulations numériques fondées sur l'exploitation de la BIG-T ;
- évaluation des productions géographiques issues de l'exploitation de la BIG-T par les participants.

La seconde session, d'une durée de 2 heures, a permis de restituer les simulations issues des scénarios à dire d'acteurs et de discuter des perspectives du projet *Rad2Brest* en termes de scénarisation et de transposition.

Trois scientifiques ont préparé et animé cet atelier : F. Gourmelon, D. Le Guyader (UMR LETG-Brest) et G. Fontenelle (UMR ESE). Les parties prenantes conviées (par mail) étaient :

- les représentants des « scènes de gestion » : contrat de Rade (BMO), Natura 2000 « Elorn » et « Rade de Brest Estuaire de l'Aulne », SAGE « Aulne » et « Elorn », projet GIZC (Pays de Brest) ;
- les représentants d'activités professionnelles : CDPMEM Finistère, 6 centres nautiques, 2 sociétés de transport maritime de passagers ;
- le représentant de l'Etat : DDTM 29.

Seuls les représentants des scènes de gestion et d'une activité professionnelle (CDPMEM) ont effectivement participé à l'atelier<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Nathalie Bernard (SAGE Aulne, EPAGA), Catherine Dumas (projet GIZC, Pays de Brest), Agathe Larzillère (Natura 2000 « Rade de Brest-Estuaire de l'Elorn », PNRA), Solenne Le Guennec (Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Élevages Marins du Finistère (CDPMEM)), Philippe Masquelier (SAGE Elorn/Brest Métropole Océane), Florence Sénéchal (contrat de Rade, BMO)

## 4.1. Restitution des travaux de modélisation des activités humaines en rade de Brest

### 4.1.1. Méthode

Cette étape s'est déroulée lors de la première session de l'atelier (19.12.2012). A partir d'un [diaporama](#), un des scientifiques a présenté la démarche de production de connaissances inédites concernant le déroulement simultané des activités humaines encadrées en rade de Brest : collecte de données notamment « à dire d'acteurs », constitution d'une base d'information spatio-temporelle et son exploitation cartographique. La comparaison entre une démarche exclusivement spatiale généralement utilisée en planification et la démarche spatio-temporelle mise en œuvre est présentée.

### 4.1.2. Résultats

La présentation s'est déroulée sur un mode interactif. Les participants ont réagi positivement à la démarche en général et à la plus-value apportée par la dimension temporelle.

Au sujet de la simulation du déroulement quotidien des activités sur une période d'un mois (diapositive 25) : « *Je n'avais jamais vu la Rade représentée de cette manière... c'est une nouvelle image* » (représentante projet GIZC, Pays de Brest).

Au sujet des interactions entre activités représentées par graphes (diapositives 34-35) « La comparaison des représentations d'une part des interactions potentielles entre activités calculées par le modèle et d'autre part des interactions négatives potentielles à dire d'acteurs est éclairante sur le fait que très peu d'activités en interactions sont sources de tensions et de conflits » (représentant SAGE Elorn/BMO).

Plusieurs questions, attestant de l'intérêt des participants pour la démarche et la BIG-T mise en œuvre, ont été posées au cours de la présentation auxquelles les scientifiques ont répondu :

- La typologie en 51 sous-activités est-elle générique ou propre à la Rade ?
- Le modèle bathymétrique de la Rade a-t-il été utilisé ?
- Les conditions marégraphiques et météorologiques sont elles prises en compte ?
- La granularité temporelle à la journée peut-elle être encore plus fine (à l'heure) ?
- Sur les graphes des interactions négatives à dire d'acteurs : quelle est l'importance relative des interactions ? est-il possible de les hiérarchiser et de les orienter ?
- Le modèle « Rade de Brest » peut-il être couplé avec un modèle « estran » ? Peut-il permettre de prendre en compte la variabilité interannuelle de certaines activités en particulier pour la pêche professionnelle ?
- Peut-on représenter les habitats benthiques en surimposition de certaines activités maritimes ?

## 4.2. Construction de scénarios à dire d'acteurs et simulations.

Cette méthode d'appréhension s'inscrit dans une démarche de géoprospective puisqu'elle privilégie l'utilisation de modèles spatiaux pour simuler les impacts possibles de l'action publique avant sa mise en œuvre sur le terrain. Concept géographique en construction (Gourmelon *et al.*, 2012), elle peut être considérée comme une démarche intégrée et adaptative qui offre à la prospective environnementale (Mermet, 2005) et à la prospective territoriale (Delamarre, 2002), la dimension heuristique de la modélisation spatiale (Sanders, 2001) en s'intégrant efficacement aux démarches participatives telles que la modélisation d'accompagnement (Etienne, 2012).

La construction de scénarios a été réalisée lors de la première session de l'atelier (19.12.2012) et leurs résultats, exprimés sous forme de simulations spatialement explicites, ont été présentés au cours de la seconde session (08.02.2013) après que leur implémentation ait été réalisée au laboratoire.

### 4.2.1. Méthode

De manière à lancer le débat, les capacités de l'outil développé dans le domaine de la géoprospective sont mises en scène en proposant un [scénario](#) fictif et en restituant le résultat de la simulation. La réaction des participants témoigne de leur intérêt non seulement pour la démarche mais aussi pour l'interface graphique mise en œuvre.

Des discussions le plus souvent en binômes (BMO-SAGE, BMO-Pays de Brest, Natura 2000-SAGE), menées spontanément sans intervention des animateurs, ressortent plusieurs pistes de scénarios :

- dans l'hypothèse de la création d'une nouvelle ligne de transport maritime de passagers entre le port de commerce de Brest et Le Fret, quelles seraient les activités potentiellement en interaction avec cette nouvelle activité ?
- dans l'hypothèse d'un projet d'extraction au chalut d'ulves au large de la plage du Moulin-Blanc, quels seraient les jours de moindre interaction potentielle avec les autres activités (sur la base de l'année 2009)?
- dans l'hypothèse de l'élaboration du schéma régional de développement de l'aquaculture marine (SRDAM), où seraient localisées les zones potentiellement productives en rade de Brest et de plus faible densité de navires?

Néanmoins aucun scénario collectif n'est proposé lors de cette session. A la demande de l'ensemble des participants, un second atelier de restitution des scénarios est programmé le 8 février. D'ici cette date, il est convenu que les auteurs des scénarios les affinent et fournissent les données complémentaires nécessaires à leur implémentation.

### 4.2.2. Résultats

Le 8 février 2013, lors de la seconde session de l'atelier, le contexte, les données mobilisées et les résultats des simulations réalisées par l'exploitation de la BIG-T sont présentés par scénario (fiches à suivre), en dépit des difficultés à rassembler les données complémentaires et à remobiliser les opérateurs locaux pourtant très motivés lors de la première session.



## Scénario 1. Création d'une liaison Transrade

### CONTEXTE

Scénario proposé par les représentants du contrat de rade (Brest Métropole Océane), du SAGE Élorn et du projet de GIZC du Pays de Brest.

En septembre 2013, une liaison de transport maritime de passagers TransRade reliera Le Fret au port de commerce de Brest.

➡ **Quelles seraient les activités** potentiellement en interaction dans l'espace et le temps avec cette nouvelle liaison ?

#### Transrade. La liaison à flot en septembre

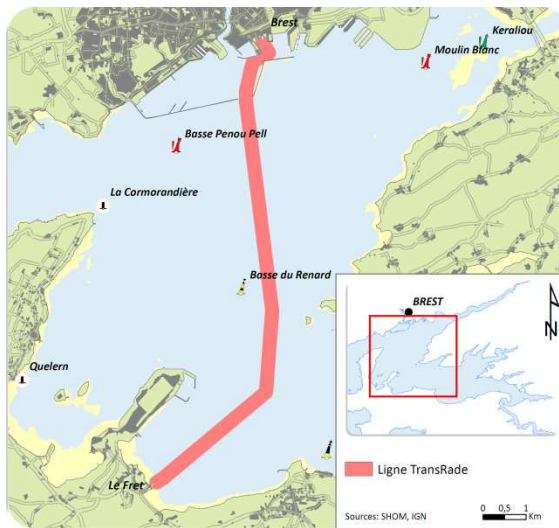


Télégramme du 16 janvier 2013

### DONNÉES DE SIMULATION

#### Données Spatiales

Aucune :  
➡ Création d'un couloir de navigation probable.



#### Données temporelles

Aucune :  
➡ Simulation à partir d'une liaison quotidienne du lundi au dimanche sur toute l'année 2009.

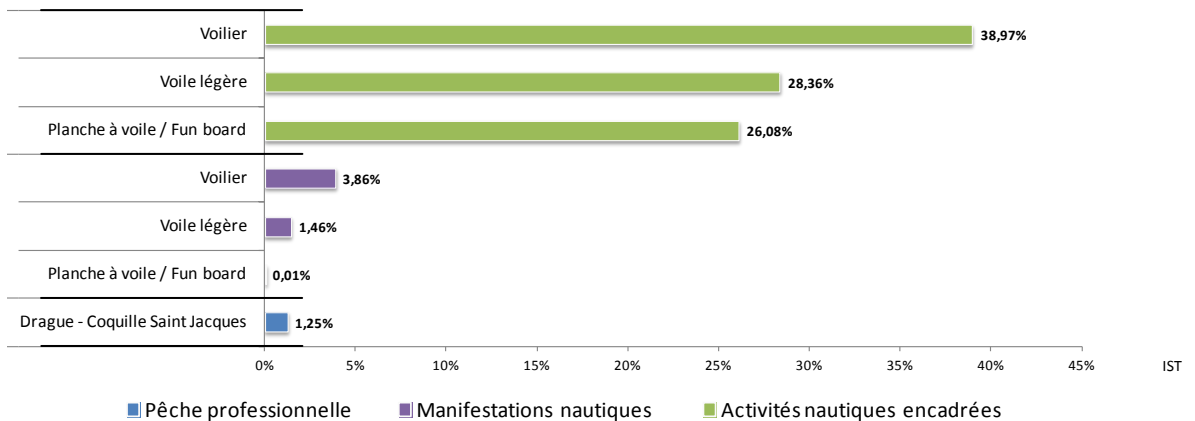
#### Données quantitatives

Aucune :  
➡ Simulation à partir d'un navire/jour.

#### Données qualitatives

Aucune :  
➡ Les IST sont considérées équivalentes quelles que soient les activités.

### RÉSULTATS



*Intersections Spatio-Temporelles (IST) calculées sur la base de l'année 2009.*

L'implantation de cette liaison transrade entrainerait des interactions potentielles avec les activités nautiques encadrées (93% du total des IST), les manifestations nautiques (5%) et la pêche professionnelles (1%). Néanmoins les IST ne traduisent pas forcément le degré d'antagonisme potentiel entre les activités. Si les activités récréatives peuvent s'adapter au tracé de cette nouvelle activité, elle pourrait occasionner des tensions potentielles avec la pêche à la drague à la coquille Saint-Jacques en cas de non prise en considération des périodes d'ouverture (jour, heure) de la pêche.

## Scénario 2. Extraction d'ulves au large du Moulin-Blanc

### CONTEXTE

Scénario proposé par la représentante du contrat de rade, Brest Métropole Océane (BMO).

BMO procède à l'extraction d'ulves dans l'Anse du Moulin-Blanc à l'aide d'un navire de pêche par engin trainant. L'Anse du Moulin-Blanc est une zone fortement occupée par d'autres activités dont des activités nautiques encadrées.

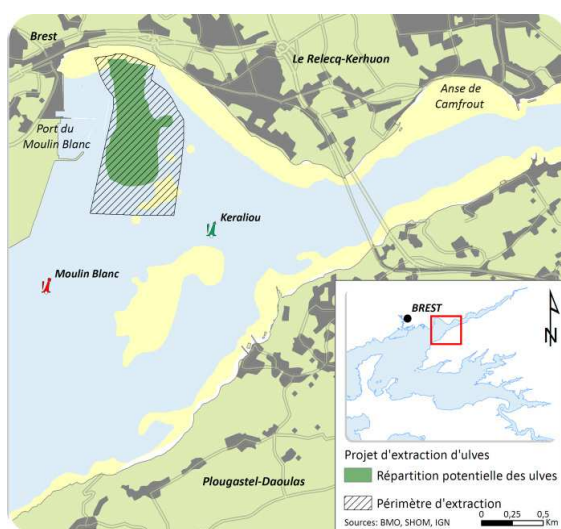
Compte tenu des interactions spatiales et temporelles avec les autres activités:

➔ **Quels seraient les périodes/jours de moindres interactions** potentielles avec les autres activités?

### DONNÉES DE SIMULATION

#### Données Spatiales

➔ Zone d'extraction réalisée à partir des informations fournies par BMO.



#### Données temporelles

➔ Deux périodes d'extraction:  
 - Printemps (du 20/03 au 19/06)  
 - Fin d'été/début automne (31/08 au 09/10)

L'extraction n'ayant pas lieu le week-end, la simulation tient compte des occurrences du lundi au vendredi uniquement.

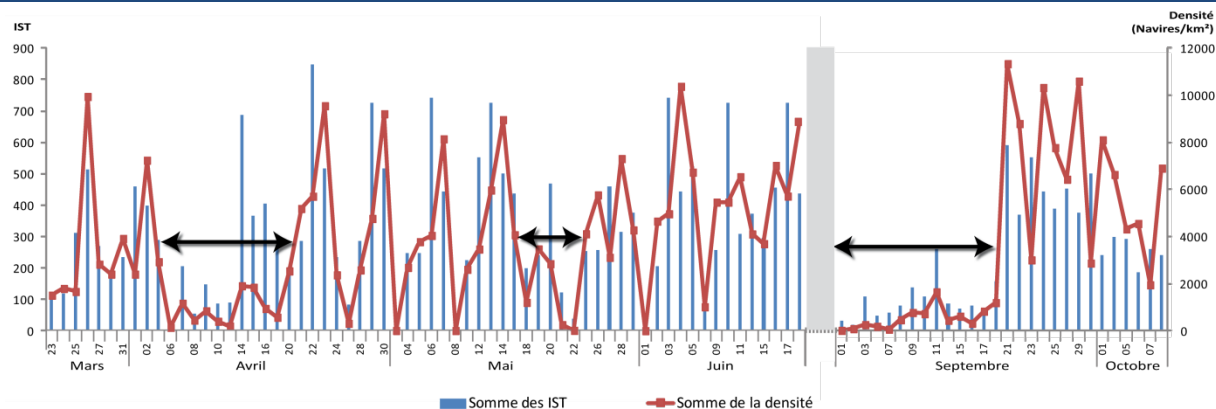
#### Données quantitatives

➔ 1 navire/jour.

#### Données qualitatives

➔ Les IST sont considérées équivalentes quelles que soient les activités.

### RÉSULTATS



*Intersections Spatio-Temporelles (IST) et densité de navires calculées sur la base de l'année 2009.*

Les interactions potentielles de l'extraction d'ulves concerneraient les activités nautiques encadrées (88% du total des IST) et le transport de passagers (12%). Tenant compte des IST et de la densité de supports calculée sur la base de l'année 2009, les périodes de moindres interactions potentielles correspondent :

- au printemps, du 6 au 18 avril puis du 18 au 22 mai,
- en fin d'été, du 1er au 19 septembre.

## Scénario 3. Projet de schéma régional de développement de l'aquaculture

### CONTEXTE

Scénario proposé par le représentant du SAGE Élorne/Brest Métropole Océane (BMO).

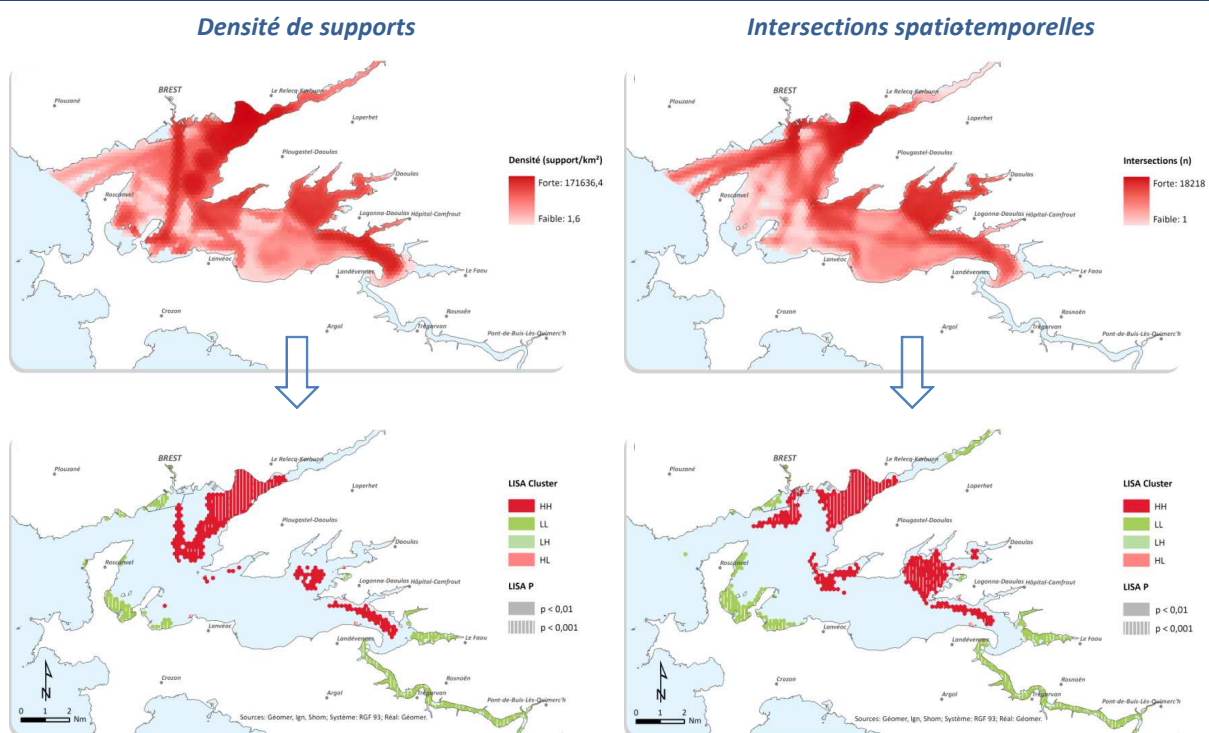
En application de la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche (juillet 2010), le décret (n° 2011-888) instaure « les schémas régionaux de développement de l'aquaculture marine (SRDAM), pour chaque région comportant une façade maritime afin de recenser les sites existants et les sites propices au développement d'une aquaculture marine durable ». Lors de la conférence régionale de la mer et du littoral de Bretagne du 14/01/2013, l'état d'avancement du SRDAM Bretagne-Pays de Loire a été présenté. Le recensement des concessions conchylicoles et des installations à terre a été effectué par les services de la Direction InterRégionale de la Mer Nord Atlantique-Manche Ouest (DIRM NAMO). « Cet état des lieux doit maintenant être complété, sur la base des propositions des instances professionnelles, par des zones de moindres contraintes, propices au développement de l'aquaculture marine. »

➔ **Quelles seraient les zones de moindres contraintes** compte-tenu de la fréquentation des activités maritimes encadrées en rade de Brest (sur la base de 2009) ?

### DONNÉES DE SIMULATION

Aucune donnée spatialisée n'est pour l'instant disponible afin d'identifier les sites à potentialité aquacole. Les critères permettant d'identifier des zones de moindres contraintes compte tenu des activités ne sont pas définis.

### RÉSULTATS



*Densités de supports et intersections spatio-temporelles cumulées en 2009.*

Les résultats de simulation permettent d'identifier des zones de faibles et fortes valeurs pour deux paramètres (les densités de supports et les intersections spatio-temporelles) pour les activités encadrées en rade de Brest. Ces informations pourraient être croisées avec l'inventaire des sites à potentialité aquacole une fois mis à disposition. L'identification de zones de « moindres contraintes » nécessite de définir les contraintes puis les paramètres et les seuils acceptables par les parties prenantes.



### 4.3. Evaluation des productions géographiques à des fins de gestion

Parmi les nombreuses questions à résoudre dans ce type de projet, la première concerne l'acceptation individuelle de la réalité exprimée par d'autres à propos d'un territoire donné. Tout moyen permettant de faciliter cet échange et ce partage constitue donc une priorité. Notre projet parie sur plusieurs méthodes complémentaires :

- la visualisation comme intermédiaire innovant pour amener différents acteurs à se comprendre et accepter les divers points de vue d'un même territoire ;
- la simulation pour traduire la complexité des systèmes et explorer divers scénarios d'évolution pouvant aboutir à des choix stratégiques de gestion.

Cette approche ambitionne de jouer la fonction de traduction au sein des réseaux socio-techniques (au sens de Akrich *et al.*, 2006 ; Amblard *et al.*, 2005 ; Callon, Cohendet, 1999) déjà identifiés dans plusieurs travaux précédents dont Raymond *et al.* (2006).

L'objectif est de compléter la démarche et les résultats préliminaires acquis dans le contexte plus large du réseau Melglaz<sup>14</sup> par le projet en cours «Elaboration d'un référentiel pour la création de bases de données et d'un dispositif d'aide à la décision dans le domaine de la mer et du littoral »<sup>15</sup>. Il a pour objectif de mettre à disposition des acteurs de la zone côtière bretonne (Etat, Région, collectivités locales) une information adaptée à leurs besoins, facilement accessible *via* la plateforme de mutualisation de données géographiques GéoBretagne (<http://www.geobretagne.fr>), mise en œuvre pour faciliter la concertation, la gestion et la décision. La méthodologie repose notamment sur des entretiens menés avec les représentants des collectivités locales porteuses d'un projet GIZC (Tab. 8). Ce choix a été établi en concertation avec le comité de pilotage du projet en cohérence avec l'initiative de la Région sur la mise en place d'indicateurs de suivi des projets GIZC (charte des espaces côtiers bretons). En tant que porteurs d'un projet GIZC, ces opérateurs cherchent en principe à obtenir une vision globale et intersectorielle de leur territoire que GéoBretagne ambitionne de fournir.

---

<sup>14</sup> Réseau des acteurs GIZC bretons

<sup>15</sup> 2011-2013. Marché public de services, Région Bretagne. Equipes impliquées : JEI Terra Maris, UMR 6554 CNRS LETG. Responsables : M. Le Tixerant (JEI Terra Maris), F. Gourmelon (UMR LETG). Convention Région Bretagne/JEI Terra Maris/UBO.

| Nom de l'organisme                              | Personne contact       | Date       |
|---|------------------------|------------|
| A.I. Manche-Ile et Vilaine / Conseil Général 35 | Thierry Robin          | 05/12/2011 |
| ADEUPa / Pays de Brest                          | Catherine Dumas        | 28/11/2011 |
| Morlaix Communauté                              | Pierre Legendre        | 28/11/2011 |
| Cap l'Orient                                    | Anne-Marie Favreau     | 16/02/2012 |
| Pays de Ouest Cornouaille                       | Camille Kerouedan      | 10/02/2012 |
| Association CŒUR Emeraude (Rance)               | François Lang          | 05/12/2011 |
| Institut d'Aménagement de la Vilaine            | Flore Salaun           | 13/12/2011 |
| Syndicat Mixte Grand Site Gâvres-Quiberon       | Armelle Hellou         | 01/12/2011 |
| Pays de Saint-Brieuc                            | Jean-Charles Orveillon | 08/12/2011 |
| Syndicat Mixte Ria d'Étel                       | Chloé Cordellier       | 01/12/2011 |
| SIAGM (Golfe du Morbihan)                       | Ronan Pasco            | 01/12/2011 |

*Tab. 8 : Les opérateurs GIZC Bretagne interrogés dans le cadre du projet en cours «Elaboration d'un référentiel pour la création de bases de données et d'un dispositif d'aide à la décision dans le domaine de la mer et du littoral »*

Ces opérateurs ont été interrogés en deux temps, sur leurs besoins en données géographiques et en indicateurs, lors d'entretiens semi-directifs menés dans leurs locaux selon des grilles d'entretiens spécifiques ([Rapport TerraMaris2.pdf](#)). Concernant les besoins en matière de données (information géographique et statistiques) utiles à la gestion intégrée de leur territoire de compétences, leurs besoins s'expriment dans tous les domaines d'intervention mais avec des priorités concernant la frange marine sur plusieurs thématiques<sup>16</sup>, et la mise à disposition de données brutes et homogènes sur l'ensemble du littoral breton. La même démarche a été menée pour identifier les indicateurs prioritaires adaptés aux besoins de ces acteurs ([RapportTerraMaris5.pdf](#)). Parmi les 3 indicateurs les plus souvent mentionnés (par 3 acteurs sur 11), apparaît la pression des activités nautiques, définie non seulement comme le suivi des zones de mouillage et de capacités d'accueil des ports mais aussi comme le suivi des usages en mer d'une manière globale et des impacts et conflits associés.

Ces tendances montrent l'intérêt d'une information géographique à jour et homogène décrivant globalement les usages en mer sans plus de précision sur son contenu (spatial, temporel, quantitatif..) ou sa forme. L'objectif de l'évaluation des productions issues du projet *Rad2Brest* était d'apporter des éléments de réponse à ces questions en ciblant sur les opérateurs locaux de la rade de Brest.

<sup>16</sup> Le cadastre conchylicole mis à jour (80 %), la qualité des eaux de baignade / marines (80 %), les zones de mouillage / aires de carénage (80 %), la réglementation maritime et littorale (70 %), les usages, la fréquentation, les conflits d'usages (70 %), la biodiversité (60 %).

#### **4.3.1. Méthode**

La dernière séquence de la première session de l'atelier (19.12.2013), proposée aux participants, est d'évaluer d'une part les productions géographiques issues de l'exploitation de la BIG-T, présentées au cours de l'atelier, et d'autre part l'atelier en lui-même.

Deux formulaires sont proposés aux participants à remplir individuellement. Ils contiennent les mêmes items mais répondent à deux questions différentes :

Selon vous, les productions suivantes sont-elles pertinentes dans un cadre de gestion concertée ? ([fiche 1](#))

Dans le cadre de votre fonction, les productions suivantes sont-elles susceptibles de vous être utiles à court terme ? ([fiche 2](#))

Pour lever toute ambiguïté, un [diaporama](#), présentant chaque production à évaluer, guide les participants pas à pas.

#### **4.3.2. Résultats**

Les participants ont eu du mal à différencier les deux questions. Ils ont répondu à la fiche 2 (intérêt pour la fonction) et ont dupliqué leurs réponses dans la fiche 1. Les réponses globalisées sont présentées dans le Tab. 9.

|   | Diagnostic                             | Planification Prospective        | Concertation                     |  |
|---|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| <b>Données non localisées classées selon le type de représentation</b>                    |  |                                  |                                  |  |
| Matrice   | **                                     | *                                |                                  |  |
| Graphe  | *                                      |                                  |                                  |  |
| Graphique   | *                                      | *                                |                                  |  |
| <b>Données localisées classées selon le type de représentation et les outils associés</b> |  |                                  |                                  |  |
| Atlas cartographique  | **                                     | *                                | **                               |  |
| Base d'information Géographique   | *                                      | *                                | *                                |  |
| Base d'Information Géographique et Temporelle   | **                                     | *                                | *                                |  |
| Outils de géotraitement sous SIG  | **                                     | **                               |                                  |  |
| <b>Données localisées classées selon leur origine</b>                                     |  |                                  |                                  |  |
| Information géographique de référence   | **                                     |                                  |                                  |  |
| Information géographique « à dire d'acteurs »   | *                                      | *                                | *                                |  |
| <b>Données localisées classées selon leur contenu thématique</b>                          |  |                                  |                                  |  |
| Zones de pratiques des activités  | **                                     | *                                | *                                |  |
| Calendriers de pratiques  | **                                     | *                                | *                                |  |
| Densités de bateaux cumulées sur une année (par activité)                                 |  |                                  |                                  |  |
| Densités de bateaux cumulées sur une année (toutes activités)                             |  | *                                |                                  |  |
| Intersections spatio-temporelles entre activités  | **                                     | **                               | **                               |  |
| <b>Les simulations</b>  |  |                                  |                                  |  |
| Simulation rétrospective  | **                                     |                                  |                                  |  |
| Simulation prospective  |  | **                               | *                                |  |
| <b>Les temps de l'atelier</b>   |  |                                  |                                  |  |
| Restitution des travaux   | **                                     | *                                | *                                |  |
| Co-construction de scénario   |  |                                  |                                  |  |
| Évaluation des résultats  |  |                                  |                                  |  |
| <b>Notation</b>   | Si 50% des réponses "Non, Pas du tout" | Si 50% des réponses "Plutôt Non" | Si 50% des réponses "Plutôt Oui" | Si 50% des réponses "Oui, Tout à fait" |
| <b>Code couleur</b>   |  |                                  |                                  |  |
| <b>Notation</b>   | Si ≥ 75% des réponses                  | Si =100% des réponses            |                                  |  |
| <b>Code</b>   | *                                      | **                               |                                  |  |

Tab. 9 : Synthèse des réponses des participants à l'atelier concernant l'intérêt des productions issues de l'exploitation de la BIG-T dans un cadre de gestion

De manière générale, les productions issues de la modélisation des activités humaines encadrées en rade de Brest sont jugées comme plutôt utiles ou très utiles aux différentes étapes du processus de gestion.

Dans la phase de diagnostic, plusieurs vecteurs sont plébiscités par l'ensemble des participants : la matrice d'interactions (Fig. 17), les atlas cartographiques, la BIG-T, des outils spécifiques de géotraitement sous SIG (Fig. 12 et Fig. 13), le recours à de l'information géographique de référence, la simulation rétrospective (Fig. 15). Du point de vue thématique, les zones de pratiques des activités, les calendriers de pratiques et les intersections spatio-temporelles entre activités sont jugés très utiles par tous les participants. L'information relative aux densités semble moins utile.

Dans la phase de planification et de prospective, sont plébiscités les outils de géotraitement sous SIG, les intersections spatio-temporelles entre activités et les simulations prospectives (fiches 1-3). Enfin pour la concertation, les atlas cartographiques et les intersections spatio-temporelles entre activités font l'unanimité.

Seules les intersections spatio-temporelles entre activités (Fig. 21) sont jugées très utiles par tous les participants aux 3 phases de la démarche de gestion.

Ces résultats informent exclusivement des besoins en termes d'informations issues de la démarche pour les acteurs présents lors de l'atelier. L'enquête pourrait néanmoins facilement être transférable au réseau Melglaz, voire à un contexte plus large.

#### 4.4. Conclusions et perspectives

Les productions du projet *Rad2Brest* ainsi que l'atelier dans ses différentes séquences ont majoritairement intéressé les participants dont certains ont sollicité les animateurs pour intervenir ultérieurement dans différents contextes.

- CDPMEM Finistère : programmation d'un atelier de restitution de *Rad2Brest* avec les pêcheurs (productions ciblées : graphes cognitifs, modélisation activités-ressources, représentation de l'ensemble des activités...);
- Projet GIZC, Pays de Brest : présentation des résultats de *Rad2Brest* lors de 3 forums participatifs sur le thème du partage de l'espace littoral, ciblés sur trois secteurs du Pays de Brest identifiés comme prioritaires pour l'organisation en concertation des activités maritimes et littorales (12, 14, 19 février 2013).

La mobilisation des participants lors des deux sessions atteste non seulement leur intérêt pour la démarche exploratoire de géoprospective mais aussi leur disponibilité à participer à une « arène de discussion » (Etienne, 2010) proposée par les scientifiques. L'expérimentation montre l'acceptation de l'information géographique dans ses différentes formes (information brute, cartes, simulations..) et en particulier la légitimité de l'information spatio-temporelle à dire d'acteurs, confortant la tendance actuelle de production de contenus et de savoirs géographiques par le grand public (Mericskay, Roche, 2011) décrite par Goodchild (2007) en tant que concept d'information géographique volontaire. La dimension temporelle de l'information

géographique, résultat innovant émanant du projet, est jugée comme un apport majeur à toutes les étapes du processus de gestion (diagnostic, planification, prospective, concertation).

Néanmoins ce résultat très favorable qui confirme l'intérêt de l'information géographique à l'appui des démarches de gestion est probablement lié à l'homogénéité du groupe en termes de culture métier (gestionnaires initiés à la géomatique).

Si les simulations sont attractives pour les gestionnaires, l'expérience montre que l'élaboration de scénarios individuels simulables nécessite une implication active de leur part et l'acquisition d'informations complémentaires. Quant à la co-construction de scénarios exploratoires, elle ne va pas de soit comme le montre le déroulement de l'atelier et le résultat de l'enquête.

De telles méthodes basées sur les modèles et la simulation posent aussi un certain nombre de questions quant à leur instrumentalisation (Becu *et al.*, 2008 ; Maru *et al.*, 2009 ; Gourmelon *et al.*, 2012) et l'émergence d'une démocratie socio-technique (Steyaert *et al.*, 2007). Nous sommes aussi en accord avec Arciniegas *et al.* (2013) sur le fait que le volume de connaissances, d'informations, de même que la complexité et le temps nécessaire à la résolution de la problématique constituent actuellement un frein à l'usage de ces démarches dans un cadre opérationnel. La nécessité d'adapter les outils et les productions spatiales aux contextes locaux apparaît clairement dans la demande des parties prenantes, pour stimuler leur implication, encourager le débat et l'acceptation des productions scientifiques à différents niveaux (Eikelboom, Janssen, 2012).

## L'ACTIVITE DE PECHE A LA DRAGUE A LA COUILLE APPROCHEE PAR DEUX DEMARCHES DE MODELISATION

La pêche à la drague, activité emblématique en rade de Brest, a fait l'objet d'une attention particulière et a servi de cadre d'application pour le développement de plusieurs modèles permettant :

- de restituer la variabilité de son déroulement et de son impact sur la ressource ;
- et d'appréhender les savoirs portés par les pêcheurs.

Ces deux actions ont associé le Comité Local des Pêches Maritimes et des Elevages Marins du Nord Finistère (CLPMEM) qui est intervenu au niveau de la définition des sujets et de la fourniture des données.

### 1. Modélisation du déroulement et de l'impact des activités de pêche à la drague

Ce volet supervisé par C. Tissot (UMR LETG-Brest) en partenariat avec M. Rouan (UMR LETG-Brest) a été alimenté par l'étude d'[E. Trancart \(2012\)](#). Il a fait l'objet d'une collaboration avec J. Grall (UMS IUEM).

#### 1.1. Modélisation du déroulement de l'activité de pêche à la drague

##### Objectifs

Les développements réalisés concernent la construction d'un modèle quantitatif permettant de restituer le déroulement de la pêche à la drague à la coquille Saint-Jacques et d'analyser les changements d'intensité de cette activité aux échelles inter et intra-annuelles. Cet objectif nécessite de produire un modèle intégrant l'ensemble des contraintes techniques, environnementales et réglementaires influençant le déroulement de la pratique. La plateforme multi-agents DAHU (Tissot et al., 2013), Dynamique des Activités Humaines, a été mobilisée. Elle propose un environnement de modélisation pouvant intégrer des contraintes spatio-temporelles multi-sources et multi-échelles en tant que variables de forçage au sein de modèles agents contraints (Fig. 22). Son architecture permet de formaliser de manière explicite les relations spatio-temporelles entre des entités spatiales, des processus environnementaux et des activités simulées.

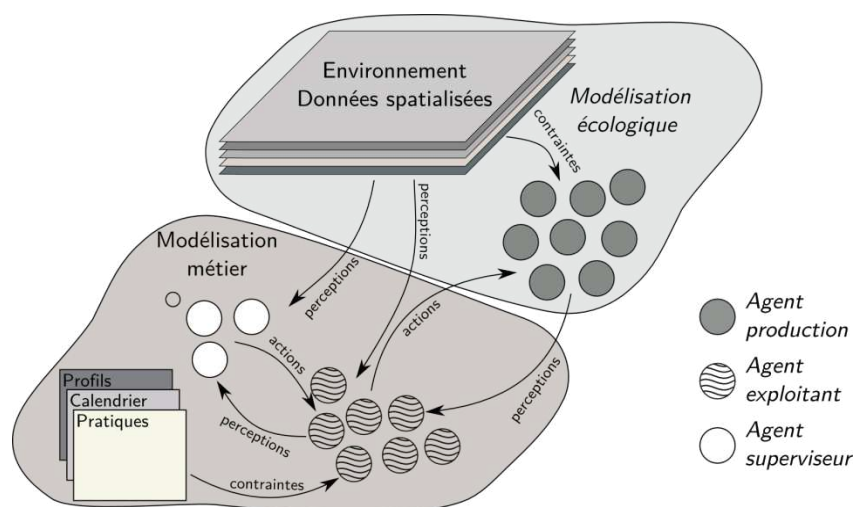


Fig. 22 : Structuration de la plateforme de modélisation Dynamique des Activités HUMaines (DAHU)

Trois types d'agents permettent de hiérarchiser les relations entre les activités anthropiques et leur environnement :

- les Agents Superviseurs représentent les structures de régulation. Ils orientent et contrôlent le bon déroulement des activités,
- les Agents Exploitants restituent le déroulement des pratiques associées à chaque activité. Ils possèdent des objectifs et élaborent une stratégie,
- les Agents Production ont pour objectif de produire des ressources dans un environnement contraint. Ils représentent l'élément central du simulateur car ils déterminent la nature et la qualité des ressources disponibles pour les Agents Exploitants. Ils jouent donc un rôle essentiel dans la stratégie des Agents Exploitants et dans l'attitude des Agents Superviseurs qui, en fonction de l'état de cette ressource ou de son environnement, peuvent prendre des mesures restrictives.

Ces différentes classes d'agents ont été transcrites pour répondre aux besoins spécifiques de la modélisation des activités de pêche à la drague en rade de Brest. Trois types d'agents ont ainsi été implémentés dans un module dédié Rad2Brest :

- les Agents "ComiteDesPêches" dont le rôle est d'encadrer les pratiques de pêche à la drague et d'administrer les campagnes de réensemencement visant au maintien des ressources benthiques ciblées par la pêche. Ils ont également une fonction réglementaire dans la mesure où ils définissent les modalités de déroulement des campagnes (périodes autorisées, zones de réserve à accès interdit ou restreint, quotas éventuels) ;
- les Agents "Pêcheur" réalisent un prélèvement sur une espèce cible correspondant à leur armement. Ils possèdent des capacités de réaction à l'évolution de leur environnement (qualité de l'eau, contraintes réglementaires, effort de pêche, variation des prix, ...) et peuvent donc adapter leurs stratégies (choix du site, période de pêche) en fonction de ces contraintes ;
- les Agents "ZoneDePêche" sont considérés comme des entités de production des ressources benthiques. Ils possèdent un ensemble de caractéristiques qui déterminent le stock et le niveau de maturité des individus qu'ils abritent.

A partir de cette structuration, l'objectif est d'évaluer la variabilité des ressources benthiques en fonction de l'évolution des activités (nombre de licence, quotas, nombre de jours de pêche autorisés), des conditions environnementales et de la dynamique de repeuplement (réensemencements, mises en réserve).

### **1.1.1. Méthode**

#### **Formalisation des contraintes d'environnement**

L'ensemble des contraintes d'environnement est administré au sein d'un serveur Postgresql/PostGis couplé à la plateforme DAHU. La structuration proposée permet de calculer les conditions de pratique pour chaque type d'agent à partir d'une combinaison de contraintes influençant le déroulement des activités modélisées.



Dans le cas de la pêche à la drague à la coquille Saint-Jacques, ces calculs sont réalisés au pas de temps quotidien. Les principales contraintes sont inhérentes à la qualité de l'eau, aux conditions de marées (horaires, coefficients) et à l'abondance des ressources benthiques (taille, poids). Pour la classe AgentComiteDesPêches, l'objectif est de connaître l'état du bassin de production (suivi des stocks) et la qualité des eaux. Pour les agents de la classe AgentPêcheur, l'objectif est d'élaborer la meilleure stratégie de pêche, c'est-à-dire d'adapter leurs pratiques à l'évolution des contraintes d'environnement et des captures réalisées au tour précédent. Pour la classe AgentZonedepêche, le contrôle d'un ensemble de variables environnementales (t° de l'eau, salinité,...) permet de simuler la croissance des coquilles Saint-Jacques au pas de temps quotidien (régression multiple).

L'intégration des données spatio-temporelles au sein du modèle s'effectue au moyen de requêtes SQL qui fournissent des variables d'initialisation et des données de forçages aux différents agents.

### Simulation

A l'initialisation du modèle, chaque zone de pêche est divisée en un ensemble de quadrats dont la dimension est fonction du type d'engin et de l'espèce ciblée. Dans le cas de la coquille Saint-Jacques cette valeur est de 1.80 mètre ce qui correspond à la largeur réglementaire d'une drague.

La phase de simulation se déroule en deux temps :

- le modèle reconstitue un gisement de coquilles Saint-Jacques à partir de campagnes d'ensemencements de juvéniles (réalisées par l'AgentComitedesPêches). Afin de disposer d'une ressource benthique hétérogène, en termes de classe d'âge et de taille des individus, la simulation démarre 8 ans avant la date choisie de manière à construire un stock représentatif des conditions réelles. Durant, cette période de 8 ans, déterminée par rapport au cycle de croissance de la coquille Saint-Jacques (Emery, 2008), aucun prélèvement n'est réalisé et seule la mortalité naturelle, la prédation ou les mortalités accidentelles (pollutions) régulent la population de coquilles ;
- les AgentsPêcheurs choisissent une zone de pêche en fonction des conditions d'environnement (état de la mer, coefficient de marées) et de l'effort de pêche consenti au tour précédent (rapport prises/temps de pêche). Lorsque plusieurs zones de pêche offrent les mêmes caractéristiques, ce choix s'effectue de manière aléatoire. Une fois la zone de pêche déterminée, chaque agent tire au sort un nombre de quadrats calculé en fonction du temps de pêche autorisé et des contraintes techniques de la pratique (vitesse du navire, durée du trait de drague). Cette liste de quadrats détermine un potentiel de capture lié au nombre et à la taille des individus présents dans chaque quadra. En fonction du temps de pêche autorisé (fixé chaque année par l'AgentComitedesPêche) et du tirage de quadrats réalisé, chaque AgentPêcheur obtient un résultat de pêche très variable. Cette variabilité, rapportée au temps consacré à la capture, donne l'effort de pêche pour chaque journée.

### 1.1.2. Résultats

Les résultats obtenus permettent de réaliser des bilans de capture et d'évaluer les changements d'intensité de la pression sur les ressources benthiques. Ils peuvent être agrégés à différents niveaux d'échelles spatiales (quadra, zone de pêche, rade de Brest) et temporelles (journée, semaine, mois, année). L'examen des données obtenues montre une forte variabilité spatio-temporelle de cette pression à l'intérieur de la rade de Brest (Fig. 23 et Fig. 24). Confrontée à la politique de réensemencement et de mise en réserve (délimitation d'une zone interdite à la pêche pendant un temps déterminé afin de permettre un renouvellement du stock) pratiquée par le CLP, cette information fournit des éléments d'aide à la décision sur les choix réglementaires en termes de zonages et de périodes d'ouverture des campagnes de pêche.

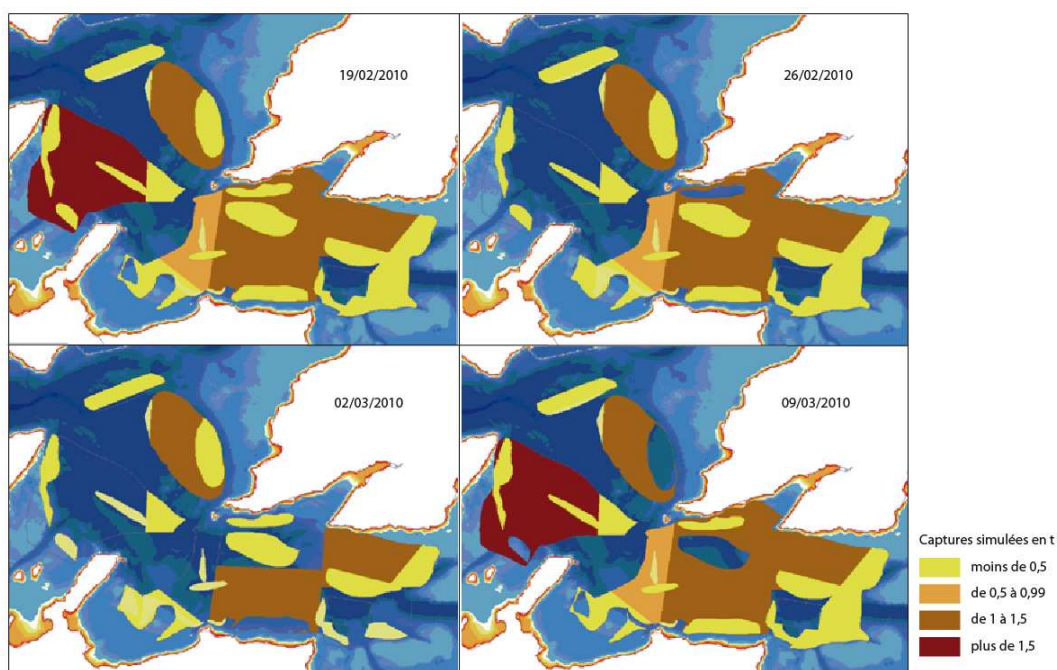


Fig. 23 : Simulation de la variabilité de la pêche à la drague à l'échelle journalière en rade de Brest

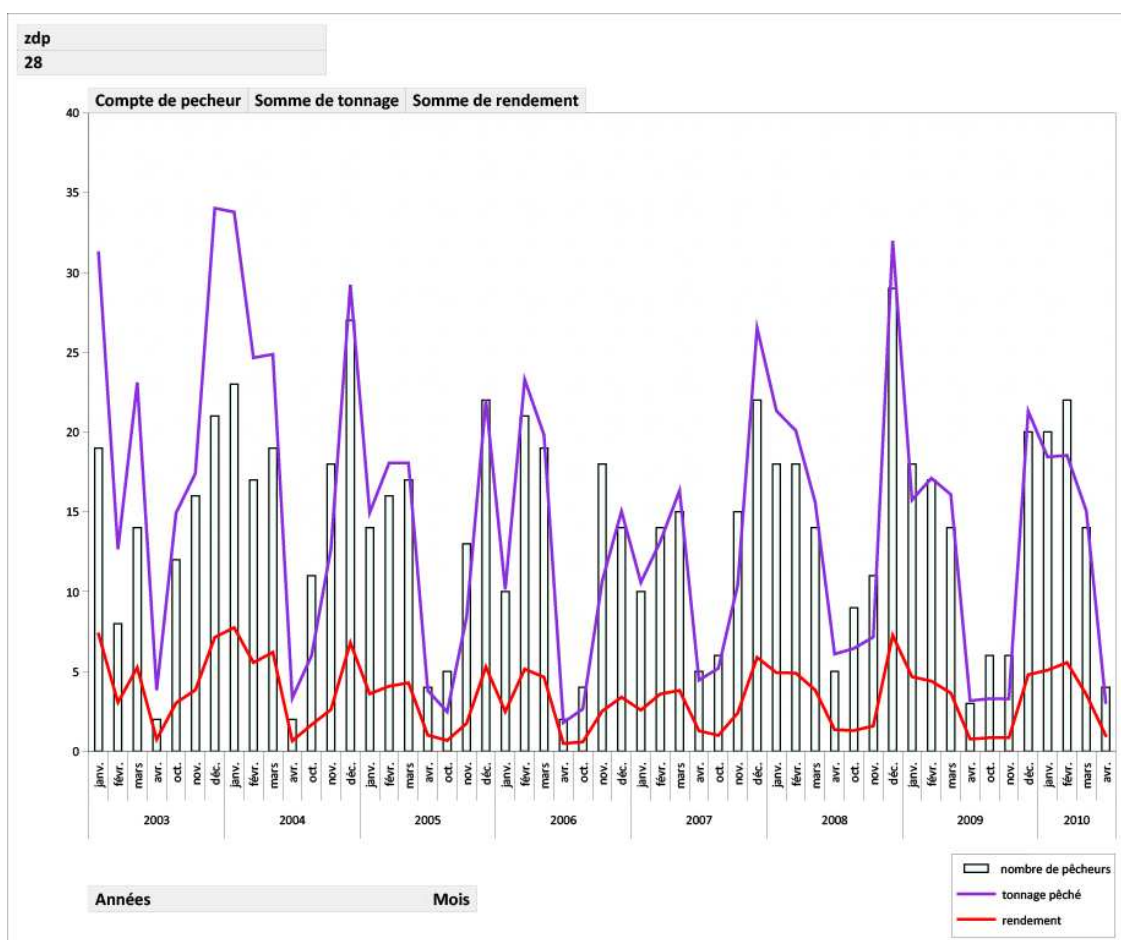


Fig. 24 : Variabilité interannuelle de la pêche à la drague à l'échelle d'une zone de pêche

### 1.1.3. Perspectives

Ces premiers résultats alimentent une collaboration avec le Comité Départemental des Pêches afin d'identifier des seuils de développement pérennes de l'activité de pêche à la drague à la coquille Saint-Jacques au regard des ressources benthiques disponibles et du coût de la politique de réensemencement qui pèse de manière importante dans le prix de la licence de pêche. Un atelier de travail est programmé au printemps 2013 pour poursuivre cette réflexion. Cette démarche se place dans la perspective de proposer une approche rétrospective visant à reconstituer l'évolution des stocks de coquilles Saint-Jacques en tenant compte des facteurs environnementaux et des changements d'intensité de la pêche à la drague. En complément une approche prospective visant à une optimisation de l'activité (obtenir le meilleur rapport entre nombre de licences, quotas, stocks disponibles et rendements de la pêche) est envisagée.

## 1.2. Modélisation des interactions entre activités de pêche à la drague et habitats benthiques

### Objectifs

En rade de Brest, le domaine benthique est en grande partie constitué de maërl, algue calcaire formant un habitat biogénique protégé. Les enjeux tant autour de la conservation des habitats benthiques que du maintien des activités de pêche à la drague ont motivé le développement d'un modèle simulant les interactions entre ces deux composantes.

Quelle que soit la composition des fonds marins, le passage d'une drague a un impact, plus ou moins important sur la biodiversité des écosystèmes benthiques. Dans le cas du maërl, les dents de la drague pénètrent profondément le substrat bio-sédimentaire et peuvent en briser localement les brins (Grall, 2009), réduisant la complexité des fonds marins (Hartog, Archambault, 2002). La cohésion structurale du banc est impactée et les différentes anfractuosités utilisées comme abris par différentes espèces sont détruites (Grall, Hall-Spencer, 2003 ; Grall, 2009). La pêche ne détruit pas le banc de maërl (Wilson, 2003) mais elle affecte sa fonction d'habitat comme en témoigne les suivis photographiques réalisés sur des sites pêchés et non pêchés de la rade de Brest (Fig. 25). Il en résulte une baisse importante de la biodiversité au niveau des bancs de maërl pêchés (Grall, Hall-Spencer, 2003 ; Grall, 2009).

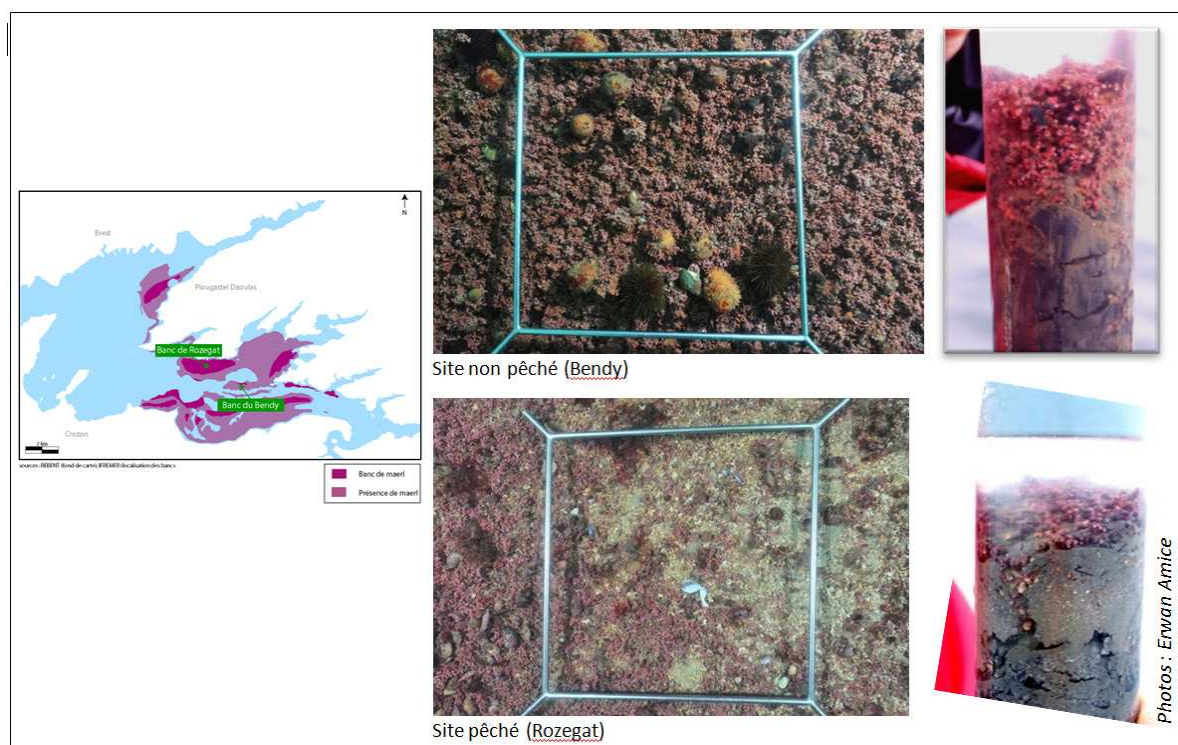


Fig. 25 : Comparaison de la structure de deux bancs de maërl en rade de Brest

Ce constat vaut tout particulièrement pour les zones de pêche à la praire qui se situent très majoritairement sur les bancs de maërl en rade de Brest. Dans ce contexte, la démarche de modélisation a été plus spécifiquement orientée sur l'activité de pêche à la drague ciblant la praire.

Pour aborder la biodiversité des habitats benthiques, il est pertinent de s'intéresser à la fonction d'habitat du maërl, plutôt que de tenir compte du maërl comme espèce. Les brins de maërl offrant de considérables réseaux interstitiels, les bancs abritent des

communautés importantes de macrofaunes (0.5 à 10 mm) et de mégafaunes (>10mm), parmi lesquelles des espèces marchandes, comme la praire ainsi que des espèces d'intérêt communautaire, telles que les oursins par exemple. Au total, il s'agit d'environ 120 à 200 espèces/m<sup>2</sup>. Les abondances et biomasses des bancs de maërl sont ainsi plus élevées que d'autres substrats (Grall, 2002).

### 1.2.1. Méthode

#### Développement du modèle

Le modèle développé a pour fonction de modéliser l'action de la drague qui, en pêchant la praire, prélève également des « prises accessoires » (espèces non ciblées) et modifie la composition des peuplements benthiques. C'est précisément cette modification de la biodiversité de l'habitat maërl que l'on souhaite mesurer à travers la modélisation d'indicateurs de suivi de la diversité de cet habitat.

Cette finalité place le modèle à un niveau d'abstraction assez élevé puisque l'objectif n'est pas de modéliser la dynamique des populations benthiques mais plutôt de se placer dans une logique d'analyse des interactions entre une activité anthropique et des ressources naturelles exploitées (Fig. 26).

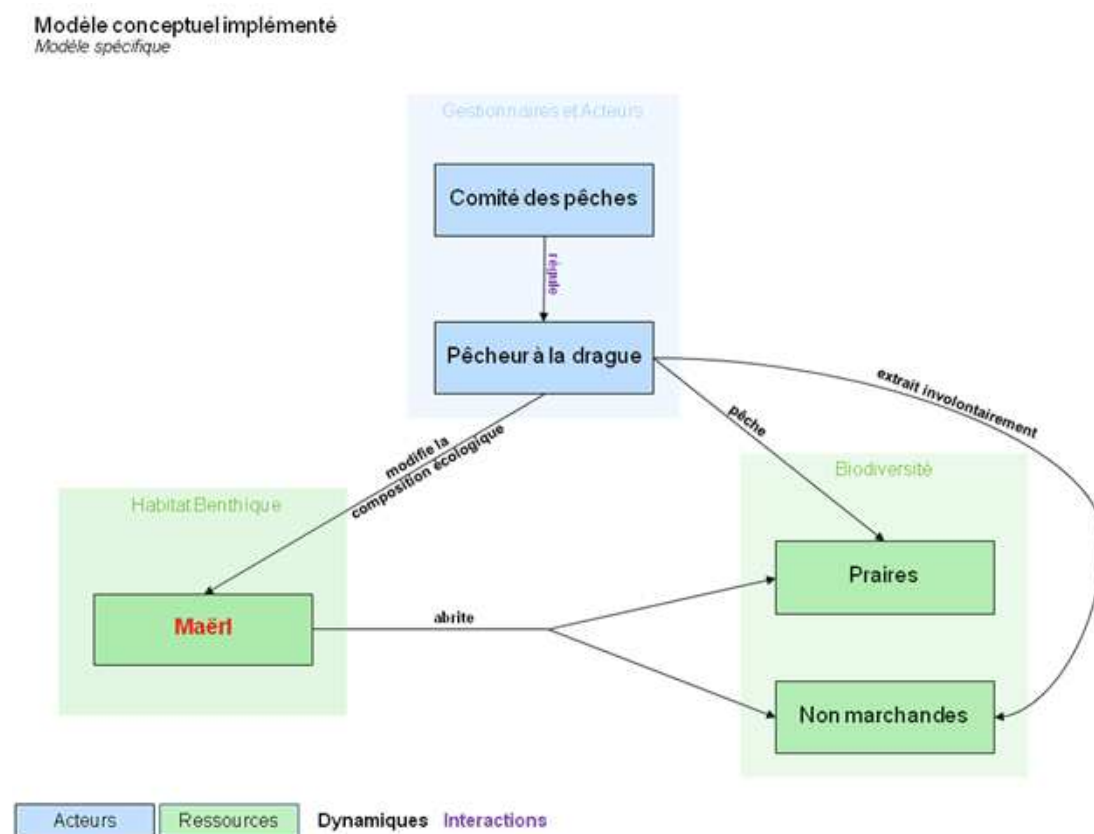


Fig. 26 : Structure du modèle

L'approche proposée se base sur une structure multi-agents intégrant un automate cellulaire chargé de restituer la variabilité de la composition de l'habitat maërl au regard des changements d'intensité de la pêche. Elle s'appuie sur la plateforme de modélisation Cormas qui bénéficie de nombreuses



expérimentations dans le domaine et s'avère particulièrement adaptée aux objectifs ciblés (Bousquet *et al.*, 2004).

Deux types d'agents ont été implémentés : l'agent Comité des pêches, dont le rôle est de gérer l'activité de pêche (nombre de licences accordé, calendrier réglementaire) et l'agent Pêcheur à la drague, dont l'action de pêche modifie la composition de l'habitat benthique.

L'effet d'une drague sur le benthos étant un phénomène localisé, l'échelle d'analyse choisie est directement liée à la surface d'impact d'une drague. La résolution de l'automate cellulaire correspond à un quadra de 1,50m x 1,50m. Cette précision permet d'être en phase avec l'échelle d'analyse du premier modèle et les échelles de suivis des indicateurs biologiques. Elle pose néanmoins une limite importante en termes de temps de calculs qui dépendent directement du nombre d'objets à manipuler sachant que l'affichage des résultats s'effectue en temps réel. L'étendue du domaine de simulation a ainsi été limitée à une zone de 9 ha, soit 40 000 cellules (Fig. 27).

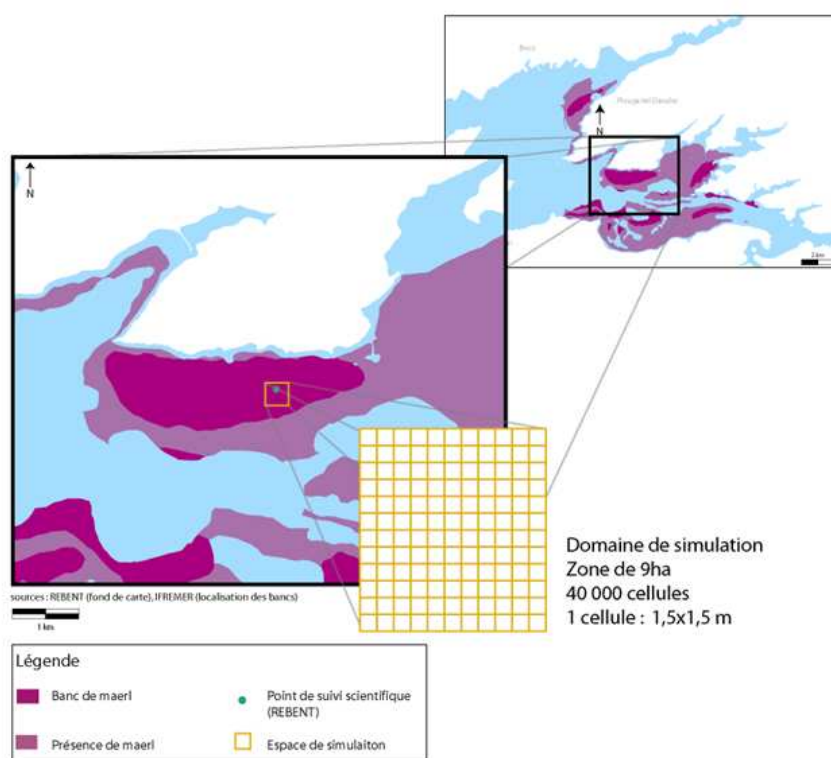


Fig. 27 : Emprise spatiale du domaine de simulation

La zone d'emprise du modèle a été déterminée en fonction de la position des points de mesures du réseau REBENT<sup>17</sup>. Elle se situe dans le banc de maerl de Rozegat qui intègre un point de mesure (RZ1). De nombreuses données sur les caractéristiques biologiques des habitats benthiques sont ainsi accessibles et ce, depuis l'année 1992. De plus, cette zone représente un intérêt particulier car le

<sup>17</sup> « Le réseau benthique (REBENT) permet de recueillir et mettre en forme les données relatives à la distribution des habitats côtiers et au suivi de leur biodiversité faunistique et floristique, afin de mettre à disposition des scientifiques, des gestionnaires et du public un état des lieux pertinent et cohérent et d'en détecter les évolutions spatio-temporelles. » (<http://www.rebent.org>).

suivi scientifique a commencé avant la reprise de l'activité de pêche en 2004 (le secteur était très certainement pêché bien avant la décennie 90 mais aucune activité de pêche n'y a été recensée depuis 1992). Ce contexte permet d'avoir à disposition un état considéré comme initial et un changement d'état suite à la pêche.

Les données de suivi ont été extrapolées à l'ensemble de la zone qui est considérée comme homogène à l'état initial. Cette généralisation permet de s'affranchir de la complexité des processus inhérents à la dynamique intra-banc qui reste extrêmement délicate à modéliser.

### Intégration de la composante biologique

Les mécanismes biologiques des espèces benthiques sont difficiles à appréhender car ils sont nombreux et résultent de processus biogéochimiques en interaction :

- les facteurs physiques et chimiques qui influencent la distribution et le développement des communautés ;
- les mécanismes de l'écosystème et leurs interactions ;
- le grand nombre d'espèces différentes ;
- les particularités biologiques propres à chacune des espèces : taux de croissance, dynamique de population, facteurs limitant, etc.

Afin d'éviter les écueils d'une analyse de processus, le choix de travailler sur la base d'indicateurs a été retenu. Deux indicateurs principaux ont été sélectionnés en raison de leur capacité à représenter la biodiversité d'un habitat marin : la richesse spécifique et le rapport épifaune/endofaune.

Il semblait également illusoire d'être en capacité de travailler sur l'ensemble des espèces échantillonnées (près de 200). Dans ce contexte, seules 15 espèces ont été sélectionnées dans le but d'obtenir un échantillon représentant à la fois la part de chacun des groupes faunistiques et les différentes réactions des organismes face au dragage (Tab. 10, d'après Grall, 2002).

|                   | Sensibilité au dragage   |  |   |
|-------------------|--|--|---|
|                   | Forte  | Basse  | Favorable                                 |
| <b>épifaune</b>   | Paracentrotus lividus<br>Psammechinus miliaris<br>Pyura tessellata<br>Asterina gibbosa<br>Leptopenctata sp | Pisidia longicornis<br>Eunice harassii<br>Janira maculosa    |   |
| <b>endofaune</b>  | Terebellides stroemi<br>Venus verrucosa  | Nematonereis hebes<br>Notomastus latericeus<br>Harmothoe sp. |   |
| <b>nécrophage</b> |  |  | Pagurus bernhardus<br>Lysianassa ceratina |

Tab. 10 : Echantillon d'espèces intégrées au modèle

Chaque espèce est caractérisée par 6 critères :

- son nom ;
- un indice de vulnérabilité face à la drague : 0 insensible ; 1 sensible ; - 1 favorisé ;
- un pourcentage d'extraction, calculé en fonction de l'indice de vulnérabilité ;
- l'abondance, c'est-à-dire le nombre d'individus par espèce. Elle est calculée à partir des données « contrôles » de l'état initial où les abondances des espèces sont les plus importantes. Dans le modèle, cette abondance initiale est donc le maximum et ne peut être dépassée. La surface échantillonnée de la macrofaune est de 0.1 m<sup>2</sup> et pour la macrofaune de 7.4 m<sup>2</sup>. Les valeurs sont rapportées à la surface d'une drague, soit 2.25 m<sup>2</sup> ;
- le taux de croissance : les abondances des espèces peuvent augmenter grâce à la croissance des individus, à la dissémination par les pêcheurs des prises accessoires qu'ils rejettent en dehors du bateau et à la migration des espèces elles-mêmes. Ces 3 facteurs de croissance sont indissociables et, de ce fait, difficile à modéliser. Cette dynamique des populations a été simplifiée à l'extrême pour éviter de bruyier le modèle. Elle se traduit par un taux de croissance linéaire, établi en fonction de la taille de l'individu ;
- le groupe représenté : épifaune, endofaune ou nécrophage, en notant que les nécrophages font également partie du groupe d'épifaune. Ces informations permettent par la suite de calculer le rapport épifaune/endofaune en termes d'abondance.

### Simulation

A l'initialisation du modèle, chaque cellule contient l'échantillon des 15 espèces sélectionnées. La valeur de la richesse spécifique (13, en l'absence des nécrophages) et du rapport épifaune/endofaune (3.09) est la même sur l'ensemble de la zone.

Les espèces sont classées par ordre d'abondance. En effet, certaines espèces en tête de classement, tels que les oursins attestent de l'absence de pêche. Ce classement permet de caractériser le type de peuplement, notamment la présence importante ou non de l'épifaune.

A chaque pas de temps, la cellule, indépendamment de la pêche, a sa propre activité biologique, caractérisée par les processus suivants :

- la dynamique naturelle des espèces c'est-à-dire le taux de croissance des individus modélisé à l'échelle de la cellule ;
- la recolonisation des espèces : si l'espèce a disparue de la cellule mais qu'elle se trouve à proximité (prise en compte d'une distance de voisinage), elle réapparaît au sein de la cellule au bout d'un certain laps de temps (en fonction de l'espèce). La cellule dispose également d'un compteur dénombrant les jours sans pêche. C'est à partir de ce compteur,



lorsqu'il atteint une valeur spécifique à chaque espèce, que la recolonisation démarre ;

- l'apparition, la diminution ou la disparition des nécrophages en fonction de l'intensité de la pêche.

Par ailleurs, à chaque pas de temps, les cellules trient les espèces par ordre d'abondance, et recalculent la richesse spécifique et le rapport épifaune/endofaune. L'ensemble de ces données peut être représenté spatialement *via* l'automate cellulaire (Fig. 28).

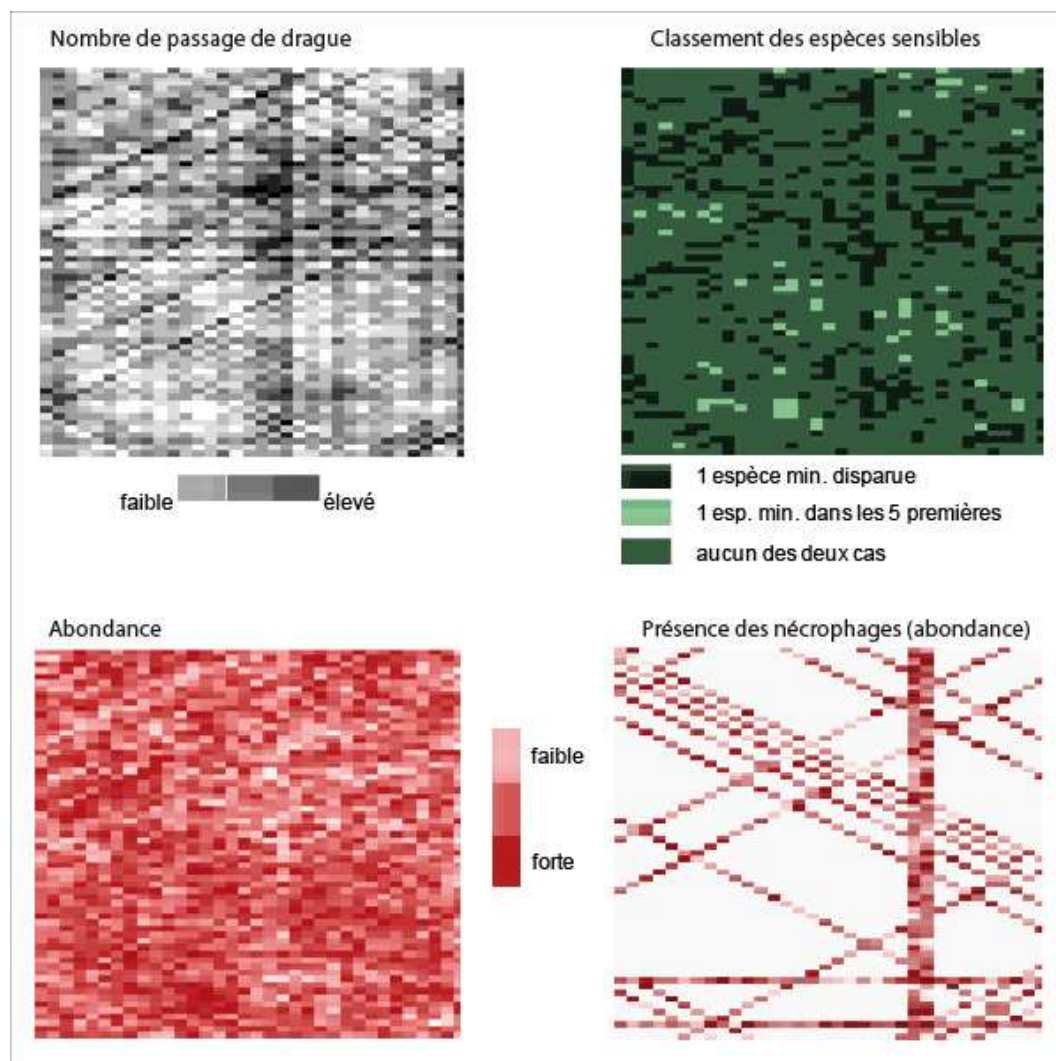


Fig. 28 : Visualisation des résultats à l'échelle du quadra

### Validation

La validation du modèle reste difficile à mener car l'échantillonnage des points de contrôle est réalisé à une fréquence annuelle. Il est donc impossible de tenir compte des variations intra-annuelles des processus faunistiques. Les données spatialisées produites par le modèle peuvent néanmoins être rapportées aux mesures de terrain pour identifier des seuils d'abaissement et déterminer la fréquence et l'intensité de la pêche associée.

### 1.2.2. Résultats

Les simulations montrent que la richesse spécifique diminue dès le premier trait de drague pour atteindre un nombre oscillant entre 7 et 9 espèces (selon la présence de nécrophages). Ces valeurs sont atteintes au bout de 6 traits de drague. La baisse simulée équivaut à celle observée sur le terrain *via* les mesures réalisées au niveau du point REBENT. Le nombre d'espèces peut varier à très court terme avec l'apparition des nécrophages comme *Pagurus bernhardus* et *Lysianassa ceratin*.

En cas d'arrêt de la pêche, les nécrophages disparaissent progressivement et la courbe de la richesse spécifique se stabilise autour de 8. L'état initial n'est pas rétabli.

Concernant, le rapport épifaune/endofaune, les valeurs calculées sont conformes à celles de l'échantillon du point REBENT. En termes d'abondance, on retrouve le même rapport, mais plus tardivement, avec un peu moins de 10 traits de drague. Lorsque la saison de pêche prend fin, la recolonisation des quadras par certaines espèces améliore le rapport.

### 1.2.3. Conclusion et perspectives

Ces résultats sont à considérer avec prudence en raison de la croissance très rapide et de la très faible vulnérabilité face au dragage de certaines espèces comme *Pisidia longicornis* et *Eunice harassii*. Le rapport épifaune/endofaune peut ainsi remonter rapidement sans que la biodiversité globale soit véritablement améliorée. Néanmoins même si ces premiers résultats restent partiels et nécessitent une analyse plus approfondie pour en mesurer la vraisemblance, ils apportent des données inédites sur les interactions potentielles entre la pêche à la drague et les habitats benthiques associés. Les collaborations menées avec les biologistes de l'UMR LEMAR se concrétisent par la mise en place de nouveaux protocoles d'échantillonnage plus en phase avec des besoins de modélisation. Les données acquises à l'avenir devraient donc améliorer la calibration du modèle et implicitement la validation des résultats de simulation.

En complément à ce volet, la modélisation qualitative des interactions entre activités et ressources trophiques a été testée par C. Largouët et L. Bonneau de Beaufort (Agrocampus-Ouest). La modélisation qualitative proposée (Largouët, Cordier, 2010) permet de représenter sous un même formalisme, un écosystème partiellement connu soumis à des pressions d'origine humaine ou environnementale. Des patrons de requêtes sont associés à la modélisation et permettent l'interrogation du modèle afin d'obtenir des explications (états possibles, trajectoires) sur le comportement du système dans le futur selon différents scénarios envisagés (types de pression de pêche, perturbation naturelle). *EcoMata* (Zhao *et al.*, 2011) est un outil d'aide à la concertation qui implémente cette modélisation et permet d'obtenir des scénarios prédictifs sur un écosystème. L'objectif était de construire un modèle qualitatif du système de pêche à la drague en rade de Brest en se focalisant sur la coquille St Jacques et la praire justifiant :

- d'identifier les différentes composantes du système pêche à la drague (engins, espèces cibles, habitats, compétiteurs trophiques), et qualifier les interactions entre ces composantes,

- de construire un modèle global (écosystème et son environnement) du système pêche à la drague,
- de représenter le modèle qualitatif à l'aide d'*Ecomata* ([http://oban.agrocampus-ouest.fr:8080/ecomata/index fr.html](http://oban.agrocampus-ouest.fr:8080/ecomata/index_fr.html)),
- de produire des scénarios de pressions sur les ressources trophiques ciblées par les différents types de pêche à la drague en considérant les évolutions possibles sous différentes hypothèses.

Le test ayant abouti à des résultats peu pertinents, un autre développement a été envisagé (à suivre).

## 2. Modélisation du savoir porté par les acteurs d'un territoire

Ce volet a été coordonné par L. Bonneau de Beaufort (Laboratoire d'Informatique d'Agrocampus-Ouest) avec l'appui de G. Fontenelle (UMR ESE) et a servi de support à l'étude de [G. Christiansen \(2011\)](#).

### Objectifs

Scientifiques et gestionnaires ne sont pas les seuls détenteurs de savoirs concernant l'environnement. Bien d'autres acteurs, en particulier des exploitants, possèdent des savoirs empiriques accumulés au cours de leurs diverses expériences (Haggan, 2007). La volonté de faire participer des acteurs locaux dans la gouvernance d'espaces côtiers ne peut donc s'affranchir de l'intégration de ces connaissances. Celle-ci doit ainsi permettre de choisir des mesures de gestion adaptées à la réalité du terrain et ainsi acceptées par les parties prenantes. L'implication des acteurs locaux et la prise en compte de leur savoir constitue un facteur d'efficacité dans la gestion (Vallega, 1999).

Après l'acquisition de différentes connaissances d'acteurs locaux par des méthodes appropriées, il convient de les intégrer au moyen de synthèses formalisées que l'on peut comparer entre elles. Ces synthèses servent alors d'outils de réflexion pour les parties prenantes et d'outil d'échanges d'informations dans le cadre d'un processus de concertation (Poignonec, 2006).

Plusieurs supports de modélisation peuvent être envisagés : des cartes géographiques spatialisant des informations spatialisées ; des sociogrammes représentant des interactions au sein d'un territoire.

Les modèles dynamiques de simulation permettent d'intégrer la dimension temporelle (dynamique des populations et d'écosystèmes par exemple). Toutefois, ils requièrent un certain nombre de données quantitatives et ne permettent généralement pas d'intégrer des données issues de sources très hétérogènes (Özesmi, 2004). Ainsi, lorsque le but est de modéliser des influences entre des éléments de différentes natures ou connus avec imprécision, il est préférable d'utiliser des graphes cognitifs (également appelés « cartes cognitives » (Allard-Poési, 1996 ; Mugnier, 1996). Constitués de concepts et de liens unissant ces concepts et représentant des relations d'influence ou de causalité, ces graphes cognitifs permettent de réaliser une modélisation qualitative d'un système.

Un graphe cognitif est généralement défini comme la représentation des croyances d'une personne concernant un domaine particulier (Axelrod, 1976). Il permet de représenter la vision globale d'un anthroposystème complexe vue par diverses personnes. Ces graphes cognitifs sont ainsi utilisés en tant qu'outils de réflexion et

d'aide à la concertation dans de nombreux domaines, comme la gestion et les stratégies d'entreprise, d'agro-systèmes (Papageorgiou, 2009) ou d'écosystèmes (Prigent, 2008).

## 2.1. Méthode

### 2.1.1. Problématiques et hypothèses

Plusieurs recherches utilisant ces outils ont permis de mettre en évidence la diversité des visions par différents acteurs pour un même système (Prigent *et al*, 2008). Dans la présente étude sur la rade de Brest, nous cherchons à déterminer si une catégorie d'acteurs (*pêcheurs à la coquille Saint-Jacques utilisant la drague comme unique engin de pêche*) possède une vision homogène de son activité et de l'environnement. Afin de faciliter le traitement automatique des données, les concepts utilisés par les acteurs sont ici remplacés par des concepts généraux, situés au-dessus dans la hiérarchie de classes formant la taxonomie.

Dans cette étude, nous avons conservé les termes employés par les acteurs pour les intégrer à une ontologie de l'ensemble du vocabulaire relatif au domaine étudié, et doté de liens entre les termes contenus : synonyme, relations d'inclusion, de généralisation, relations logiques (cause, conséquence), fonctionnelles (mange, régite)... Cette approche originale permet ainsi de conserver le niveau de précision initial des propos tenus par les acteurs, tout en les rendant comparables de manière automatisée.

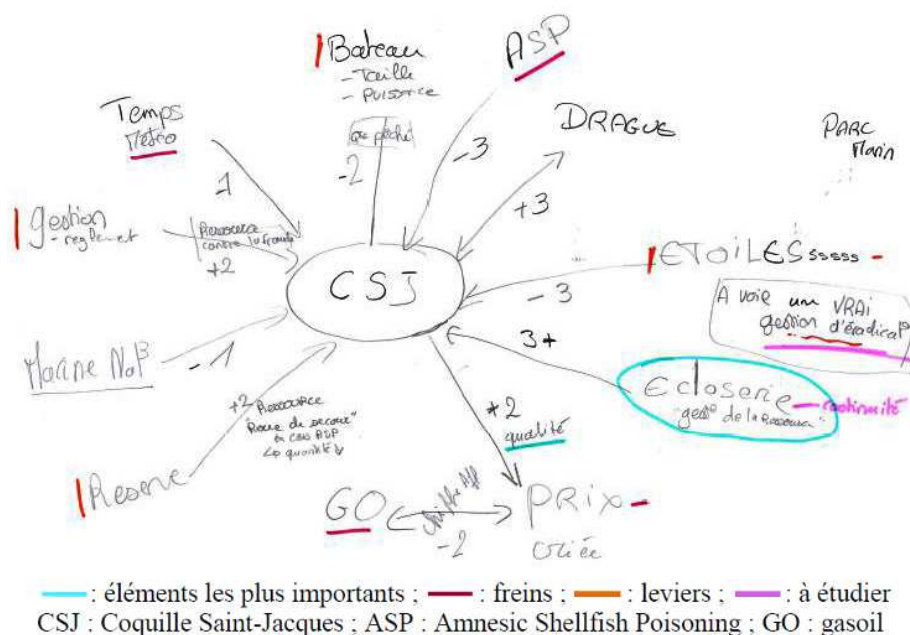


Fig. 29 : Exemple du graphe dressé par le pêcheur numéro 1

Au total, 17 pêcheurs à la coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*) ont été rencontrés lors d'entretiens semi-directifs qui ont abouti à la construction de graphes cognitifs (Fig. 29). Ces graphes cognitifs ont été comparés pour mettre en évidence une homogénéité ou des clivages des perceptions au sein de ce groupe d'acteurs *a priori* homogène.

### **2.1.2. Les pêcheurs à la coquille Saint-Jacques : témoins de l'évolution multidécennale d'une ressource naturelle et de son environnement**

La coquille Saint-Jacques a fait la richesse de la rade. Suite à un effort de pêche accru pendant la première moitié du XXe siècle puis à l'hiver particulièrement rigoureux de 1962-1963, le stock de coquilles Saint-Jacques a régressé en quelques années en passant d'une production annuelle de 2000 à 2500 tonnes jusqu'au début des années 1960 à une centaine de tonnes dans les années 1970 (Troader, 1997). Un programme de repeuplement a ensuite été engagé dans les années 1980, grâce à la production de juvéniles à l'écloserie du Tinduff (Dao, 1992). Depuis que ce système de semis annuel a été mis en place, la quantité de coquilles capturées a augmenté jusqu'aux alentours de 350 tonnes par an. Les marins pêchent ainsi ce qu'ils sèment assimilant cette pratique à une aquaculture extensive (ou pacage marin) plutôt qu'un repeuplement.

Dans la rade de Brest, la « licence de pêche à la coquille » autorise l'exploitation de quatre espèces benthiques: Coquille Saint-Jacques, Praire, Pétoncle noir et Pétoncle blanc. Sur 60 licences qui ont été délivrées par le Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins pour la saison 2010-2011, une cinquantaine a donné lieu à la drague à la coquille. La saison de pêche se déroule de mi-octobre à fin mars, avec trois jours de pêche autorisés par semaine, pendant 2h30 et sans quota. Elle est également autorisée le mardi dans la zone dite « de réserve », avec un quota de 180 kg par sortie par pêcheur. Cette zone de réserve est destinée à approvisionner une usine de décorticage mise en place en 2007, après la détection d'une toxine amnésiante (*Amnesic Shellfish Poisoning*) contenue dans certaines espèces de phytoplancton dont se nourrissent les coquilles. Même si la présence de cette toxine, qui interdit la vente de coquille entière, n'a pas été détectée depuis 2008, les pêcheurs continuent d'approvisionner cette usine afin de maintenir la filière de coquilles décortiquées.

### **2.1.3. Entretiens semi-directifs**

Dans un entretien semi-directif, l'enquêteur s'assure que l'interviewé aborde des thèmes prédéfinis, en formulant des questions ouvertes préparées, avec une souplesse dans l'ordre des questions (Harvatopoulos, 1989). Notre guide d'entretien aborde trois thèmes et plusieurs sous-thèmes, avec pour chacun d'entre eux une question ouverte formulée de manière à ne pas biaiser les réponses (De Singly, 1992). Pour chaque personne rencontrée, les thèmes abordés sont :

- leur vision du stock de coquilles Saint-Jacques en rade de Brest ;
- leur opinion sur le système de gestion actuel de la drague à la coquille en rade de Brest ;
- leur perception de l'environnement de l'activité de drague à la coquille en rade de Brest (environnement physique et interactions avec les autres activités).

La pertinence et l'intelligibilité des questions préparées ont été validées auprès du secrétaire général du Comité Local des Pêches Maritimes et des Elevages Marins du Nord-Finistère d'une part, et d'un expert biologiste de l'Ifremer, d'autre part.

#### **2.1.4. Échantillonnage**

Un échantillon est dit représentatif lorsque les entretiens supplémentaires n'apportent que très peu de nouveaux thèmes ou concepts. La construction d'une courbe d'accumulation de nouveaux concepts, difficile à construire *a priori*, permet d'ajuster un échantillon pertinent de personnes à rencontrer. Nous nous sommes inspirés d'un calcul fait *a posteriori* lors d'un projet de gestion écosystémique comparable (Özesmi 2004). Dans notre cas, un échantillon compris entre 15 et 20 pêcheurs (ce qui représente un tiers de la cohorte), semble ainsi suffisant. Nous nous sommes par ailleurs assuré que cet échantillon couvrait de manière exhaustive les différents critères catégorisant les pêcheurs: âge, implication dans la gestion de la pêche, port de rattachement.

#### **2.1.5. Intérêts et limites des graphes cognitifs**

Un graphe cognitif permet donc de représenter la vision d'un acteur de manière synthétique. Cela en fait un outil de communication et d'analyse appréciable dans le cadre d'une concertation où tous les acteurs doivent confronter diverses perceptions (Eden, 1992). Par ailleurs, cet outil permet de travailler avec des variables plus ou moins précises, et avec des relations entre variables qui ne sont connues que de manière qualitative ou floue (Kosko, 1986). Bien que le graphe cognitif soit un outil simple à présenter, son formalisme peut en revanche décourager certains acteurs. Par ailleurs, la notion de temps est difficile à considérer (latence, durée...). C'est pourquoi nous ne l'avons pas abordée ici. Mais la souplesse d'emploi d'un graphe cognitif induit une limite importante: la flèche représentant une relation ne suffit pas à représenter la diversité des influences et des chaînes de causalité rencontrées. Par exemple, une hausse de la détection d'ASP provoque une baisse du volume pêché. Mais, en revanche, la baisse est sans conséquence. L'explicitation, éventuellement laborieuse, de l'intensité et du signe des relations doit avoir lieu pour chacune des évolutions possibles des variables. Enfin, les phénomènes produits par des causes multiples ne peuvent être étudiés facilement (Schneider, 1998). Ce problème peut toutefois être surmonté s'il existe une généralisation commune à toutes les causes : « prédateur » pour remplacer « étoiles de mer », par exemple.

Les biais introduits par l'intervention de l'enquêteur et les éventuelles erreurs de transcription ont été minimisés par une validation postérieure réalisée par l'intervieweur.

### 2.1.6. Formalisme retenu

La Fig. 30 illustre le formalisme choisi lors de la saisie informatique des graphes des pêcheurs.

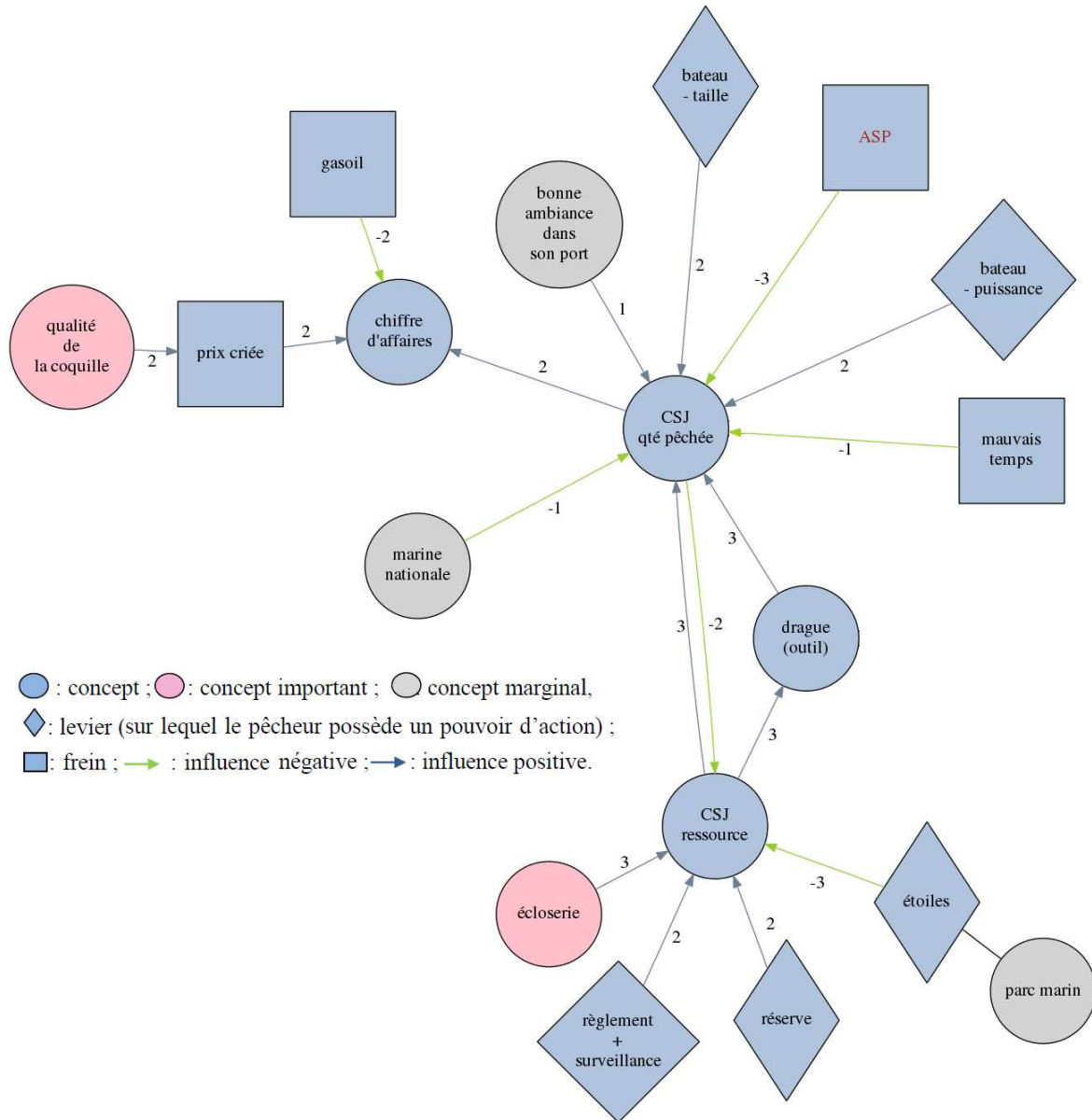


Fig. 30 : Graphe cognitif formalisé du pêcheur 1

Les relations sont dotées d'un signe et d'une valeur numérique entière :

- signe "+" : les éléments varient dans le même sens (quand l'élément au départ de la flèche augmente, celui à l'arrivée de la flèche augmente) ;
- signe "-" : les éléments varient en sens inverse (quand l'élément au départ de la flèche augmente, celui à l'arrivée de la flèche diminue) ;

Intensité des effets

- "1" : effet faible ;
- "2" : effet moyen ;
- "3" : effet fort ;



Les variables ont par ailleurs été annotées pour indiquer :

- 1 les éléments les plus importants à ses yeux ;
- 2 les éléments constituant un frein à son activité ;
- 3 les éléments sur lesquels il a un pouvoir d'action ;
- 4 les éléments qu'il estime intéressants à étudier.

### 2.1.7. Ontologie de référence

Nécessaire pour dépasser l'hétérogénéité sémantique rencontrée au sein de l'ensemble des graphes cognitifs, une ontologie de la pêche et de l'environnement en rade de Brest a été élaborée à l'aide du logiciel Protégé (logiciel libre accessible à l'adresse <http://protege.stanford.edu/>). Cette ontologie permet de rapprocher les termes employés dans les différents graphes tout en conservant leur richesse et leur précision.

C'est une base de connaissances qui décrit les concepts généraux d'un domaine et les relations qui peuvent lier ces concepts (Bonneau de Beaufort, 2010), organisée sous forme de hiérarchie de classes permettant une organisation intuitive des concepts et dotées de relations entre les concepts d'ordre logique (« cause », « conséquence de »), linguistique (synonyme, hyponyme, hyperonyme) ou fonctionnel (« mange », « utilise », « habite », « régit »).

La similarité des termes employés par les pêcheurs, est ainsi mesurée par un degré de relation sémantique (Mazuel, 2008). Cette mesure prend en compte la proximité entre les concepts de l'ontologie et prend en compte deux aspects :

- la distance entre termes, obtenue à partir du nombre de liens minimal reliant les deux concepts dans l'ontologie et de leur type (Fig. 31) ;
- la précision de chacun des termes (Tab. 11).

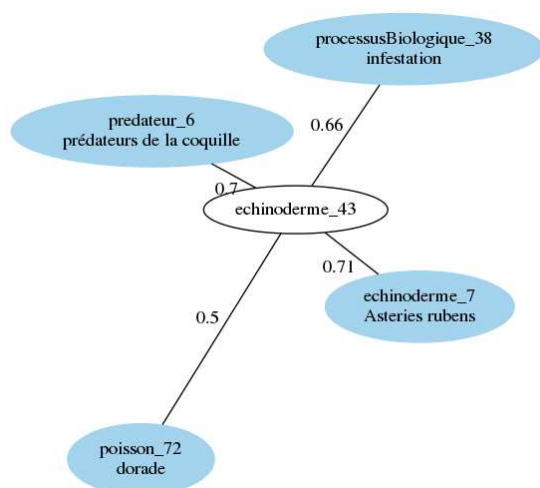


Fig. 31 : Voisinage du terme « étoile de mer » [echinoderme\_43].

| Propriétés du terme :         |                           |                               |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| IntervientDansLePhenomene     | infestation               | <b>processusBiologique_38</b> |
| hyperymeDe                    | Asteries rubens           | <b>echinoderme_7</b>          |
| nom                           | étoile de mer             |                               |
| nom                           | acanthaster               |                               |
| compose                       | prédateurs de la coquille | <b>predateur_6</b>            |
| Voisinage dans l'ontologie :  |                           |                               |
| <b>echinoderme_7</b>          | Asteries rubens           | 0.71                          |
| <b>predateur_6</b>            | prédateurs de la coquille | 0.7                           |
| <b>processusBiologique_38</b> | infestation               | 0.66                          |
| <b>poisson_72</b>             | dorade                    | 0.5                           |

Tab. 11 : Propriétés de l'objet echinoderme\_43 dans l'ontologie, permettant de construire son voisinage et de calculer les similarités.

### 2.1.8. Synthèse des graphes cognitifs

Afin d'avoir une vision globale de la représentation qu'ont les pêcheurs de leur activité, nous avons réalisé des synthèses des graphes cognitifs individuels. La synthèse peut être :

- la somme, contenant tous les éléments cités, même s'ils sont contradictoires ;
- l'opinion majoritaire des pêcheurs, en appliquant des seuils d'occurrences à la somme ;
- le consensus, qui ne contient que les éléments partagés par tous.

Nous avons choisi de représenter l'opinion majoritaire des pêcheurs (Fig. 32) : la somme est peu lisible, incompatible avec l'exigence de simplicité de ce formalisme graphique et le consensus est vide de sens. Des concepts différents mais proches, comme par exemple «étoile de mer» et «prédateurs de la coquille», sont fusionnés pour élaborer la synthèse. Une fois les sommets identiques ou proches agrégés, les arcs identiques (flèches entre deux paires identiques de sommets) sont regroupés et dénombrés. Un seuil arbitraire d'occurrences est ensuite choisi pour l'affichage des sommets et des arcs.

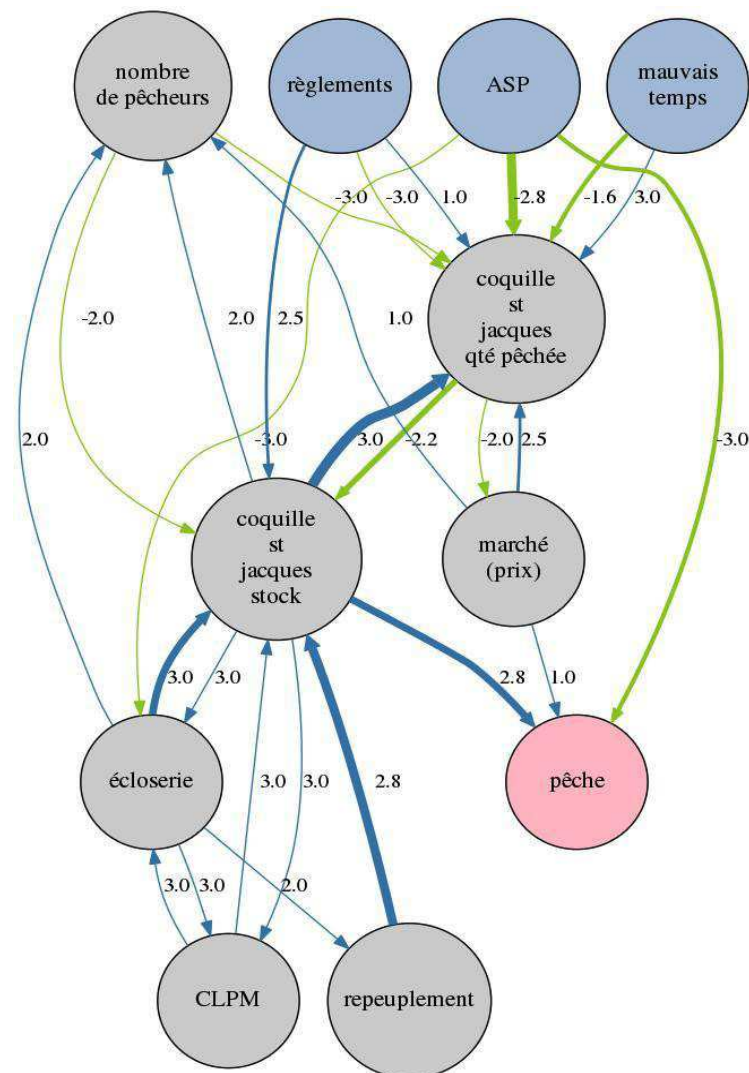


Fig. 32 : Carte cognitive représentant les avis majoritairement partagés par les pêcheurs

Dans la synthèse, les valeurs des flèches correspondent à la moyenne des valeurs des flèches agrégées. Lorsqu'un lien entre deux concepts donnés ne possède pas toujours le même signe dans les graphes à regrouper, une incohérence est mise en évidence dans la synthèse. L'épaisseur des flèches est proportionnelle à leur nombre d'occurrences. La synthèse des différentes visions des pêcheurs peut alors permettre de faire émerger certaines propriétés qui ne sont pas détectables en étudiant les cartes individuelles (Poignonec, 2006).

### 2.1.9. Classification des graphes cognitifs

Nous avons effectué des partitions de l'ensemble des pêcheurs, en un nombre choisi de classes disjointes, suivant deux méthodes différentes :

- Une première partition à partir de matrices de présence-absence de thèmes abordés, avec «*k-means*». La partition est ici obtenue en construisant des individus moyens types par classe. Nous avons construit ces matrices de thèmes abordés en choisissant les 15 plus courants. Il s'agit d'une approche réductrice, mais qui peut se justifier par sa rapidité et sa simplicité.
- Un regroupement par minimisation de la variance intra-groupe, en utilisant l'algorithme «*k-medoids*». Cet algorithme construit des groupes à partir de la seule matrice de distances (ou de similarités) initiales et cherche, pour chaque classe, l'individu-type le plus proche de tous ses voisins de classes. Il évite ainsi d'avoir à construire un individu-moyen, dont la définition est ici problématique. En revanche cette classification nécessite de mesurer la similarité entre les graphes.

Les mesures de distances (ou métriques) peuvent considérer divers paramètres : force des liens, caractère transmetteur ou récepteur des variables, force des croyances par rapport à l'existence des liens... (Markoczy, 1993). Leur utilisation requiert des données précises pour chaque graphe, et peut imposer une méthode de collecte de données *a priori* : liste de variables pré-établies... (Daniels, 1993).

Des indices de similarité moins contraignants permettent parfois d'évaluer la ressemblance entre graphes en fonction du nombre d'éléments communs et d'éléments uniques à chaque graphe. Ils sont adaptés à l'analyse de graphes obtenus à partir de méthodes non structurées *a priori* (Allard-Poési, 1996). Nous nous sommes inspirés ici de la formule de similarité de Lin (1998) où  $S(A,B)$ , l'indice de similarité entre A et B, dépend de  $I(\text{common}(A,B))$ , la quantité d'information commune aux deux graphes et de  $I(\text{description}(A,B))$ , la quantité d'information totale portée par les graphes.

$$sim(A, B) = \frac{I(\text{common}(A, B))}{I(\text{description}(A, B))} \quad S = \frac{2(SC + AC - 2AO)}{N}$$

SC : nombre de concepts communs aux deux graphes  
 AC : nombre de liens (ou arcs) communs  
 AO : nombre de liens contraires  
 N : nombre total d'éléments dans les graphes.

Fig. 33 : Formules de calculs d'indices de similarité

La pondération double des éléments co-présents au numérateur s'explique par leur présence dans chacun des deux graphes.

Au numérateur, nous avons rajouté un paramètre afin de défavoriser le rapprochement de graphes de pêcheurs ayant des points de vue opposés sur un sujet donné : nous avons considéré que des acteurs exprimant des opinions différentes sur un même sujet sont plus éloignés que des acteurs s'exprimant sur des sujets différents.

Afin d'augmenter la probabilité de trouver des arcs communs entre les graphes, nous avons pris en compte ceux obtenus par transitivité.

## 2.2. Résultats

Les résultats sont synthétisés dans la Fig. 34.

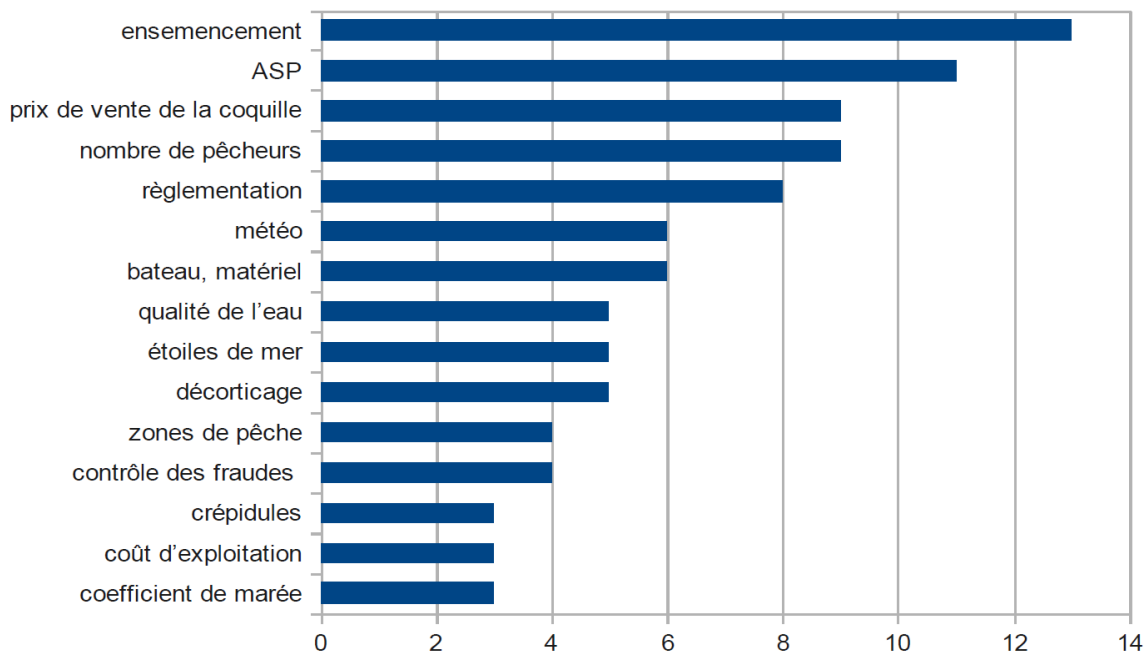


Fig. 34 : Nombre d'occurrences des 15 thèmes principaux abordés dans les 17 graphes

Pour les pêcheurs, l'ensemencement apparaît comme le paramètre le plus important concernant l'activité de drague à la coquille. Il s'agit d'un paramètre de gestion de la pêche qu'il est possible de contrôler. En revanche, l'ASP, qui apparaît en deuxième position, est un événement qu'ils ne peuvent pas maîtriser et qu'ils considèrent comme étant le plus gros risque concernant leur activité. Le prix de vente de la

coquille, qui vient en troisième position *ex aequo*, est selon les pêcheurs une variable à maximiser. La seule voie dont ils disposent pour influencer le prix de vente de leur produit est de choisir le mode de commercialisation le plus avantageux. En effet, les pêcheurs qui vendent directement bénéficient souvent de prix plus avantageux que ceux qui vendent en criée. Ce sont surtout les pêcheurs riverains de la rade, dont le port d'attache est situé sur la presqu'île de Plougastel ou à Camaret-sur-mer, et qui utilisent ces modes de commercialisation alternatifs. Le quatrième paramètre le plus important pour les pêcheurs est le nombre de pêcheurs, suivi de près par la réglementation en général. En s'impliquant dans la gestion de la pêche, ce sont des variables sur lesquelles ils ont un pouvoir d'action.

Lors des entretiens, certaines oppositions sont apparues dans les discours. En particulier deux caractéristiques pouvaient discriminer les pêcheurs : l'origine des pêcheurs (riverains de la rade ou issus de la côte nord du Finistère) et leur niveau d'implication dans la gestion. Historiquement, seuls les riverains de la rade étaient autorisés à pêcher dans la rade de Brest. Depuis que des pêcheurs de la côte nord ont commencé à pêcher en rade, une certaine rivalité a toujours persisté entre ces deux groupes. Ils s'opposent aujourd'hui principalement sur deux points : leur stratégie de commercialisation et leur implication dans la gestion.

Afin de déterminer si la divergence des visions entre les pêcheurs riverains ou non et impliqués ou non apparaissait dans les graphes, nous avons effectué des synthèses pour chacun de ces groupes. Quelques différences sont apparues :

- les pêcheurs riverains indiquent la météo en tant qu'élément pouvant freiner leur activité. Ce n'est pas le cas pour les pêcheurs issus de la côte nord pour qui la rade est une zone bien plus calme que leurs zones d'activités habituelles ;
- les pêcheurs riverains notent une forte influence positive de la qualité de l'eau sur le stock de coquilles ;
- les pêcheurs de la côte nord ont quant à eux mentionné la criée, témoin de leur stratégie de vente différente de celle des riverains.

Les classifications automatiques et les résultats de cette comparaison (Figure 31) ne nous ont pas fourni de partitions de l'ensemble des graphes recoupant les critères discriminants à notre disposition de manière significative.

### 2.3. Conclusion et perspectives

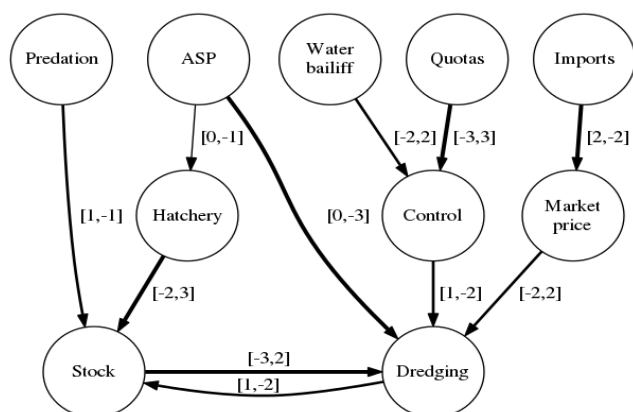
Les pêcheurs à la coquille de la rade de Brest ont une vision homogène de leur activité : tous estiment que l'écloserie joue un rôle essentiel et tous ont une opinion favorable concernant les semis de juvéniles de coquilles. Ils accordent un rôle important à la gestion de l'effort de pêche (nombre de pêcheurs, réglementation) et au prix de vente de la coquille. Leur plus grande crainte est l'ASP. Leurs avis diffèrent néanmoins sur la gestion: certains pensent qu'il faudrait réensemencer plus, et d'autres jugent la licence trop chère.

Notre démarche fournit un outil dont la construction interactive permet d'approfondir la réflexion et l'échange lors des entretiens avec les acteurs (Annexe 8). Elle peut

également être utile pour représenter les points importants de la vision de chaque groupe et enrichir les réflexions entre parties prenantes. Néanmoins, pour traiter les données automatiquement, cet outil demande une formalisation, ce qui peut être rédhibitoire en raison de l'effort à consentir et des délais qu'il demande.

De manière générale, les graphes cognitifs constituent un outil de réflexion et d'échange adapté à la représentation des perceptions des acteurs locaux. Le tracé des graphes permet de stimuler l'échange ou la réflexion, et la synthèse permet de dégager les éléments les plus importants à l'échelle d'un groupe d'acteurs. La classification des pêcheurs sur nos graphes n'a pas recoupé des clivages objectifs entre pêcheurs, évoqués et reconnus par ailleurs.

La possibilité d'obtenir un graphe synthétique ouvre la voie à la construction de modèles d'inférences tels que des réseaux bayésiens (Sedki, 2012). Sur la carte simplifiée ci-dessous (Fig. 35, Tab. 12), les influences sont explicitées pour chaque tendance possible des variables évolution à la hausse ou à la baisse. Ainsi, la baisse de la variable ASP n'a-t-elle aucun effet (influence 0) alors que sa hausse provoque une forte baisse de la pêche (influence -3). La combinaison de multiples influences est alors possible, *via* la construction automatique de tables de probabilités conditionnelles, permettant d'envisager des réponses à des questions du type : quelle est la probabilité de voir le stock augmenter si l'activité de l'écloserie et la prédation s'intensifient simultanément ?



|           |           | stock |        |     |
|-----------|-----------|-------|--------|-----|
| prédation | écloserie | -     | stable | +   |
| -         | -         | 2/4   | 2/4    | 0   |
| -         | stable    | 0     | 3/4    | 1/4 |
| -         | +         | 0     | 0      | 1   |
| stable    | -         | 2/4   | 2/4    | 0   |
| stable    | stable    | 0     | 1      | 0   |
| stable    | +         | 0     | 1/4    | 3/4 |
| +         | -         | 3/4   | 1/4    | 0   |
| +         | stable    | 1/4   | 3/4    | 0   |
| +         | +         | 0     | 2/4    | 2/4 |

Fig. 35 : Carte cognitive simplifiée détaillant les influences pour toutes les tendances [baisse, hausse]

Tab. 12 : Table de probabilités reflétant les influences de la prédation et de l'écloserie sur le stock (les probabilités sont calculées à partir des influences)

La construction d'un réseau bayésien impose cependant la suppression des boucles : on parle alors de réseau et non de graphe, par définition potentiellement cyclique. La seule boucle présente ici est supprimée en réalisant une disjonction de la variable stock sur le temps : variable stock à la date 0 et variable stock à la date 1. Cette contrainte constitue la principale limite de cette approche, en raison de l'explosion combinatoire qu'elle peut engendrer.

Une fois le réseau et les tables de probabilités construites, des logiciels tels que Netica (dont une version de démonstration est accessible à l'adresse <http://www.norsys.com/download.html>) permettent de construire des scénarios, de tester des hypothèses de gestion, en tirant partie des mécanismes d'inférence statistique mis à disposition.

Sur l'exemple (Fig. 36), on peut par exemple chercher les explications les plus probables si d'aventure on observait une hausse du stock de coquille, sans variations d'ASP.

- le plus probable serait que l'écloserie ait augmenté son activité ( $p=0.79$ ) ;
- si l'écloserie a conservé une activité stable, c'est que la prédation aura diminuée ( $p=0.71$ ) ;
- si aucune des deux explications précédentes n'est possible, alors les importations auront augmenté ( $p=0.82$ ) ;
- sinon, les contrôles des gardes pêches auront été renforcés ( $p=0.62$ ).

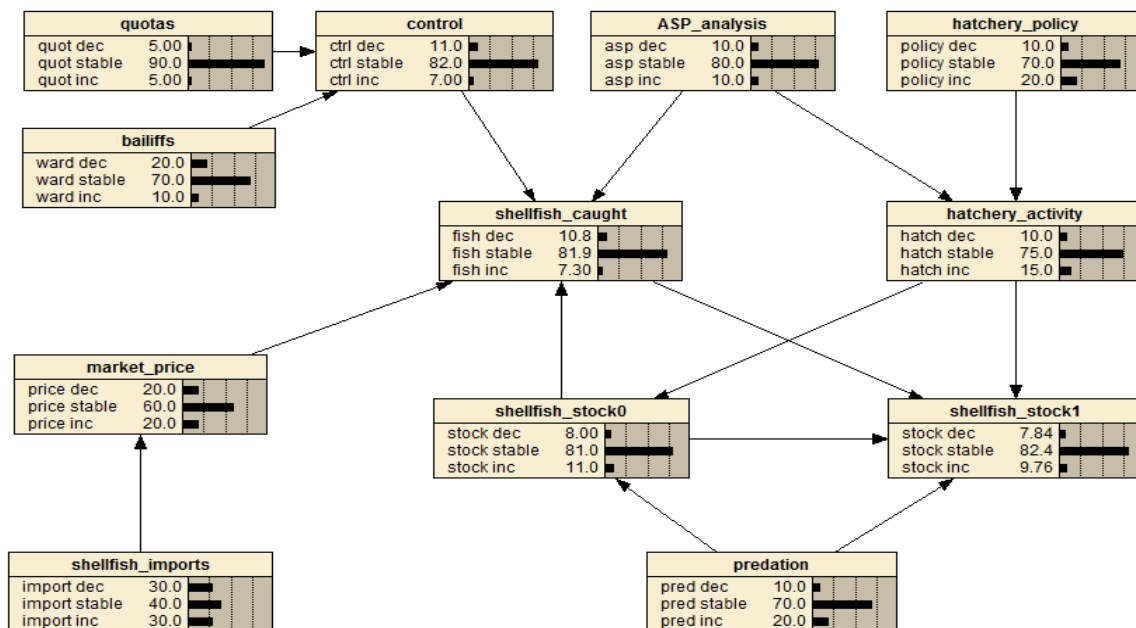


Fig. 36 : Réseau bayésien construit à partir de la carte cognitive simplifiée

Ce type d'approche présente un intérêt certain pour la scénarisation et la simulation du déroulement de l'activité de pêche à la drague.



## CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Le projet *Rad2Brest*, mené de décembre 2009 à février 2013, a été soutenu par le programme LITEAU, la Région Bretagne, le CNRS et le GIS Europôle Mer.

**De manière synthétique, les principaux résultats attendus pour les scientifiques tels que mentionnés dans le projet étaient :**

- de développer des modèles tenant compte de multiples activités humaines aux contraintes (réglementaires, techniques..), aux calendriers et aux territoires d'exercice différents dans une zone côtière anthropisée,
- de produire des connaissances relatives au fonctionnement d'un territoire exemplaire,
- d'approfondir la notion de services écosystémiques en milieu marin et proposer une méthode spatiale adaptée à leur cartographie et au coût de leur maintien,
- d'étudier de nouvelles modalités d'acquisition de données et de transfert de connaissances à la société civile et la contribution des Technologies de l'Information Géographique à cet enjeu,
- de mener à son terme un projet de recherche-action, c'est-à-dire jusqu'au transfert des connaissances et d'outils/démarches adaptés à la GIZC.

**Les principaux résultats attendus pour les non-scientifiques (gestion, professionnels) étaient :**

- de contribuer à la sensibilisation des usagers, à la gestion des ressources et à la résolution de conflits par une démarche innovante et collective ;
- de participer à une démarche de prospective environnementale associant les parties prenantes ;
- de développer un prototype expérimental transférable à d'autres contextes côtiers.

Par rapport au projet initial et comme indiqué dans le rapport intermédiaire (2011), nous avons opté pour un ciblage du champ géographique sur la mer côtière, alors que l'estran devait initialement être pris en compte ; la richesse des données accumulées, la complexité des processus étudiés et les liens tissés avec certains acteurs locaux ayant milité pour une poursuite de notre investissement sur la mer côtière. La Base d'Information Géographique et Temporelle (BIG-T) dédiée à la rade de Brest ainsi que la démarche méthodologique pourront être élargies à l'estran dans le cadre des travaux en cours visant à élaborer un modèle intégré terre-mer sur la rade de Brest et ses bassins versants au sein de la Zone Atelier Brest-Iroise (thème 2). Concernant la documentation des services écosystémiques, la recherche infructueuse de fonds (ANR, FRB) et le peu d'experts compétents sur le thème se soldent pour l'instant par des résultats partiels et préliminaires mais néanmoins prometteurs.

## 1. Principaux résultats et perspectives

Du point de vue méthodologique, le projet a permis le développement de plusieurs modèles fournissant des éléments inédits de connaissances relatives à différentes activités maritimes encadrées : leur déroulement spatio-temporel, leurs interactions, leur perception par les acteurs, leur relation à la ressource. Si les modèles élaborés sur le métier de la pêche à la drague sont à peaufiner notamment par une exploration plus complète des potentialités des réseaux bayésiens en termes de scénarisation, le modèle multisectoriel du déroulement des activités encadrées en rade de Brest a été testé avec succès dans un cadre opérationnel mobilisant une démarche de géoprospective. Fondé sur une approche innovante de structuration d'une Base d'Information Géographique et Temporelle regroupant des données hétérogènes, il permet la mise en œuvre de simulations rétrospectives et prospectives. Du point de vue scientifique, il étoffe significativement les résultats produits par différents auteurs, par la prise en compte du temps dans le déroulement simultané de plusieurs activités.

Concernant la rade de Brest, le projet a conduit :

- à documenter les services écosystémiques en milieu marin grâce à la mise en œuvre d'une étude expérimentale qui mériterait d'être poursuivie et étoffée notamment par la prise en compte des perceptions de l'ensemble des acteurs présents et d'un couplage avec les modèles élaborés (multi-activités, rade de Brest ; pêche à la drague) ;
- à produire des résultats inédits concernant le déroulement quotidien des activités maritimes encadrées et la mise en évidence d'intersections spatio-temporelles potentiellement négatives. L'utilisation de la BIG-T et des résultats dans le cadre d'un atelier participatif avec les représentants des principales scènes de gestion et d'un groupe professionnel a permis de les sensibiliser aux interactions en rade et aux possibilités qu'offre la démarche méthodologique notamment en termes de simulations de scénarios exploratoires ainsi qu'aux multiples productions qui en découlent ;
- à analyser à une échelle plus fine, ciblée sur l'activité de pêche à la drague à la coquille, non seulement le déroulement de l'activité et son impact sur les habitats benthiques mais aussi les savoirs portés par les pêcheurs, en utilisant plusieurs types de modèles qui feront l'objet de développements scientifiques ultérieurs.

Par rapport aux multiples projets locaux (Contrat de Rade pour la rade de Brest et son bassin versant, GIZC du Pays de Brest, Natura2000), ce projet complète les informations disponibles concernant les activités en mer côtière (connaissances de leur déroulement, spatialisation) et analyse leurs interactions réciproques et avec les ressources benthiques. Il propose de plus une démarche et des outils adaptables à des échelles plus fines et/ou ciblées sur un type d'activité. L'intérêt de la prise en compte du temps dans la description du déroulement des activités maritimes a été souligné par l'ensemble des partenaires non-scientifiques du projet (atelier du 19.12.2012),

notamment pour alimenter les volets « mer » des projets de planification et de gestion en cours.

Les **perspectives** envisagées du projet *Rad2Brest*, sont :

- la **pérennisation et le porter à connaissances des informations géographiques produites**, grâce à leur catalogage au sein de l'Infrastructure de Données Spatiales en cours de développement par l'UMR LETG (<http://letg.univ-nantes.fr/fr/laboratoire/1/presentation>) et prochainement accessible *via* le site web de la Zone Atelier Brest-Iroise (<http://iuem.fr/zabri/fr>) ;
- **l'actualisation en 2014 de la BIG-T concernant les activités encadrées** en 2009 dans le cadre des suivis engagés par la Zone Atelier Brest-Iroise (ZABRI)<sup>18</sup>. C'est également dans ce contexte que la modélisation de l'activité de pêche à la drague et sa relation au milieu sera poursuivie, de même que **l'élargissement de la problématique à l'estran** ;
- la **transposition de la démarche et de la BIG-T** élaborée par le projet Rad2Brest pourrait être proposée à l'appel d'offres 2013 de la Fondation de France « Quels littoraux pour demain ? Savoirs, pratiques, vision et représentations de l'avenir ». Sur le thème du partage de l'espace littoral et de la planification spatiale en mer, nous proposons de tester leurs transposabilités à d'autres territoires et/ou d'autres échelles sur des démarches multi- (Parc Naturel Marin d'Iroise) ou sectorielles (Comités locaux des Pêches Maritimes) ;
- le transfert de la BIG-T au sein d'une **plateforme de simulation ergonomique** et libre d'accès est actuellement en discussion avec le bureau d'étude Terra Maris ;
- **l'analyse réflexive et compréhensive de l'appropriation de l'information géographique** par les acteurs du territoire et de son rôle dans la GIZC, vient de démarrer dans le cadre du doctorat de L. Ritschard (2012-2015)<sup>19</sup>.

## 2. Partenariats mis en place

Avec les scientifiques/entre scientifiques : en plus des collaborations initiales (CNRS, UBO, Ifremer, Agrocampus-Ouest), de nouvelles collaborations se sont mises en place au cours du projet notamment pour consolider l'approche « modèle » avec le groupe SIG de l'Institut de Recherche de l'Ecole Navale et le laboratoire d'Informatique d'Agrocampus-Ouest. Dans ses différents volets, *Rad2Brest* a donné lieu à de multiples

---

<sup>18</sup> La ZABRI est la 11<sup>ème</sup> zone atelier du réseau national piloté par l'InEE-CNRS. Labellisée en 2012, elle est animée par 6 laboratoires brestois et s'articule sur 3 thèmes et 2 axes transversaux qui ambitionnent globalement d'accroître les connaissances du fonctionnement et de l'évolution d'un socio-écosystème exemplaire (rade de Brest, mer d'Iroise, îles et bassin versant). La ZABRI, décrite en détail sur <http://iuem.fr/zabri/fr>, propose différents outils dont une plateforme de catalogage et de porter à connaissances d'information géographique disponible sur son territoire et des moyens de suivi et de mise à jour des données d'observation.

<sup>19</sup> Information géographique et gestion des territoires côtiers et maritimes : appropriation et émergence des innovations technologiques. Ecole doctorale des Sciences de la Mer/UBO-UMR 6554 CNRS LETG, ARED Région Bretagne/Brest Métropole Océane, direction : F. Gourmelon (UMR LETG) et F. Chlous (EA Géoarchitecture)

interactions entre chercheurs émanant de disciplines différentes, attestant de la capacité de la modélisation à stimuler l'interdisciplinarité :

- documentation des services écosystémiques : économistes, biologistes, géographes ;
- modélisation des interactions spatio-temporelles entre activités maritimes encadrées à l'échelle de la rade de Brest : géographes, informaticiens ;
- modélisation de la pêche à la drague : géographes, informaticiens, biologistes.

Avec les opérateurs locaux : en plus des partenariats initiaux (Comité Local des Pêches Maritimes et des Elevages Marins du Nord Finistère, Service Environnement de Brest Métropole Océane, Région Bretagne), des échanges réguliers ont eu lieu avec le Pays de Brest (mission GIZC) et le Parc Naturel Régional d'Armorique (opérateur Natura 2000). Ils se sont concrétisés :

- par la fourniture de données (documentation, cartes, information géographique) issues du projet *Rad2Brest* qui ont été utilisées pour la réalisation du Document d'Objectif Natura 2000 (2011), la mise en place des forums participatifs GIZC-Pays de Brest (2012) ou encore pour alimenter l'étude d'impact sur les incidences du projet de poldérisation du port de Brest (bureau d'étude Actimar, 2012) ;
- leur participation active à l'atelier de scénarisation ;
- la participation des scientifiques à plusieurs ateliers GIZC organisés par la Région Bretagne (2012) et par le Pays de Brest (2013).

Ces multiples partenariats se sont construits au cours d'une trentaine de réunions entre scientifiques, 7 rencontres spécifiques avec les partenaires non-scientifiques et 3 réunions plénières associant tous les participants au projet (Annexe 9).

### 3. Ressources

En plus des ressources humaines mobilisées (CNRS, UBO, Région Bretagne, Agrocampus-Ouest, Ifremer), des sources de financement complémentaires ont abondé le budget (Région Bretagne, Europôle Mer). Concernant spécifiquement la dotation du programme LITEAU (103 252 kEuros), l'intégralité des ressources sera consommée en juin 2013, terme de la convention (Annexe 10).

#### 4. Opérations de valorisation issues du projet

##### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

###### *Publications scientifiques parues :*

- VAISSIERE A.C., LEVREL H., HILY C., LE GUYADER D., 2013. Selecting ecological indicators to compare maintenance costs related to the compensation of damaged ecosystem services. *Ecological Indicators* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.003>
- LE GUYADER D., BROSSET D., GOURMELON F., 2012. Exploitation de données AIS pour la cartographie du transport maritime. *M@ppemonde* 101 (2012.1) <http://mappemonde.mgm.fr/num32/articles/art11405.html>
- LE TIXERANT M., GOURMELON F., TISSOT C., BROSSET D. 2010. Modelling of human activity development in coastal sea areas. *Journal of Coastal Conservation: Planning and Management*, DOI 10.1007/s11852-010-0093-4, online : 2 mars 2010

###### *Publications scientifiques soumises ou en préparation :*

- BROSSET D., LE GUYADER D., GOURMELON F., CLARAMUNT C., TISSOT C. (*in prep.*). Analyse multidimensionnelle des interactions entre activités
- GOURMELON F., LE GUYADER D., FONTENELLE G. (*in prep. JASSS*). Potential of dynamic GIS for citizen science
- LE GUYADER D., GOURMELON F., FONTENELLE G. (*in prep. Marine Policy*). A GIS-based interview procedure for describing maritime activities.
- LE GUYADER, D., GOURMELON, F., BROSSET, D., TISSOT, C., ROUAN, M., LE TIXERANT, M. (*in prep. Cybergéo: European Journal of Geography*). Modeling spatio-temporal distribution of human activities in coastal seas.
- LE GUYADER, D., GOURMELON, F., BROSSET, D. (*in prep. International Journal of Geographical Information Science*). Spatio-temporal exploratory analysis of conflicts between maritime activities: a case of study in Bay of Brest (France).
- TISSOT C., BROSSET D., ROUAN M., LE TIXERANT M., LE GUYADER D., (*soumise, 2013*). Modeling Human Activities under Environmental Constraints. *Environmental Modelling and Software*

##### COLLOQUES

###### *Participations à des colloques (communications orales avec actes) :*

- GOURMELON F., LE GUYADER D., FONTENELLE G., 2013. A dynamic GIS as an efficient tool for ICZM (Bay of Brest, Western France)? 11<sup>th</sup> International Symposium for GIS and Computer Cartography for Coastal Zones Management, Victoria (Canada), 18-21.06.2013
- LE GUYADER D., GOURMELON F., 2013. GIS spatio-temporal modeling of human maritime activities. 11<sup>th</sup> International Symposium for GIS and Computer Cartography for Coastal Zones Management Victoria (Canada), 18-21.06.2013
- SEDKI K., BONNEAU DE BEAUFORT L., 2012. Cognitive maps and bayesian networks for knowledge representation and reasoning. 24<sup>th</sup> International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Greece (2012), DOI : 10.1109/ICTAI.2012.175

### *Participations à des colloques et séminaires scientifiques (communications orales sans actes) :*

- GOURMELON F., LE GUYADER D., 2013. Retour d'expériences en géoprospective. Séminaire du Granit (Groupe de Recherche en Analyse Territoriale de l'UMR ADES CNRS), 02.04.2013, Bordeaux
- BROSSET D., 2011. Modélisation et analyse des activités humaines en zone côtière : de l'entretien à la simulation. Conférence-midi, 03.11.2011 ÉSAD/CRAD, Université Laval, Québec.
- LE GUYADER D., GOURMELON F., FONTENELLE G., 2011, A GIS-based Interview Procedure for Mapping Maritime Activity Zones. International workshop IF&GIS (Information Fusion and Geographic Information Systems), SaferSeas, 10-11.05 2011, Brest
- LE GUYADER D., GOURMELON F., 2010, Description des activités humaines en rade de Brest: vers une contribution à la spatialisation de services écologiques. Workshop de l'Axe 3 - Observation et Dynamiques des Systèmes Côtiers - du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Europôle Mer : Les services écologiques - Quels atouts pour un diagnostic des interactions société-nature ?, 23-24.03.2010, Ifremer, Brest.
- LE GUYADER D., GOURMELON F., 2009, Human activities in coastal sea: conflicts and impacts. A modeling approach applied to the bay of Brest. Journée du GIS Europôle Mer, 19.11.2009, Aber Wrac'h.
- LE GUYADER D., 2009, Activités humaines en rade de Brest: éléments de méthode pour l'identification de conflits d'usage. Séminaire de l'Observatoire en réseau des conflits littoraux (ORECOLM) et séminaire UMR 6554 LETG (Equipe 1 – Risques et conflits d'usage), 05.11.2009, Nantes.

### *Participations aux colloques LITEAU*

- Bordeaux, novembre 2011  
Montpellier, décembre 2009

### *Participations à des séminaires professionnels*

- LE GUYADER D, 2013. Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest. Journée annuelle de la Zone Atelier Brest-Iroise (ZABRI), 18 janvier 2013, Institut Universitaire Européen de la Mer, Plouzané. <http://www-iuem.univ-brest.fr/zabri/fr>
- LE GUYADER D, 2013. Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest (Rad2Brest) : principaux résultats. Forum « Partage de l'espace littoral : les Abers » de la démarche GIZC du Pôle Métropolitain du Pays de Brest, 19 février 2013, Lannilis.
- LE GUYADER D, 2013. Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest (Rad2Brest) : principaux résultats. Forum « Partage de l'espace littoral : Fond de Rade/Aulne » de la démarche GIZC du Pôle Métropolitain du Pays de Brest, 14 février 2013, Rosnoën.
- LE GUYADER D, 2013. Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest (Rad2Brest) : principaux résultats. Forum « Partage de l'espace littoral : baie de Daoulas » de la démarche GIZC du Pôle Métropolitain du Pays de Brest, 12 février 2013, Daoulas.
- GOURMELON F., LE GUYADER D., FONTENELLE G., 2012-2013. Quels scénarios pour la rade de Brest ? Atelier de scénarisation, 19.12.2012 et 08.02.2013, IUEM, Plouzané.
- LE GUYADER D., GOURMELON F. 2012, Modélisation des activités humaines en rade de Brest: mobilisation des acteurs. Rencontre technique des acteurs de la Gestion Intégrée des Zones Côtières, 28.03.012, Délégation interministérielle à l'Aménagement du Territoire et à l'Attractivité Régionale (DATAR), Paris.
- LE GUYADER, D., GOURMELON, F., LE TIXERANT, M., 2012, Activités humaines en Rade de Brest : quels scénarios possibles ? Groupe de suivi des porteurs de projets de démarche GIZC de la région Bretagne, 20 septembre 2012, Arradon.

## THESES

D. LE GUYADER, 2012. Modélisation des activités humaines en mer côtière. Doctorat de Géographie. Ecole doctorale des Sciences de la Mer/UBO-UMR 6554 CNRS LETG, ARED Région Bretagne, co-financement GIS Europôle Mer, direction : F. Gourmelon (UMR LETG) et G. Fontenelle (Agrocampus-Ouest), soutenue le 05.07.2012. <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/71/74/20/PDF/LeGuyader.pdf>

## MEMOIRES DE MASTER

[TRANCART E., 2012.](#) Développement d'un modèle à base d'agents simulant les interactions entre la pêche à la drague, les ressources benthiques et les habitats associés. Master SML (EGEL), 49 p., sous la direction de C. Tissot et M. Rouan (UMR LETG)

[CHRISTIANSEN G., 2011.](#) Modélisation du savoir porté par les acteurs d'un système : application aux pêcheurs à la coquille en rade de Brest. Diplôme Agronomie Approfondie, Spécialité Halieutique, Agrocampus-Ouest, sous la direction de L. de Beaufort et G. Fontenelle

[MERCALLE M., LE MOIGNE M., 2010.](#) Caractérisation spatiale et quantitative des activités en rade de Brest et synthèse bibliographique des conflits d'usage. Master SML (EGEL), 79 p., sous la direction d'I. Le Berre (UMR LETG)

[VAISSIERE A.C., 2010.](#) Quels indicateurs pour les services écologiques de la rade de Brest ? Master Agrocampus Ouest, Spécialité Politique et Marchés de l'Agriculture et des Ressources (POMAR), 63 p., sous la direction de H. Levrel (UMR AMURE)

## ENSEIGNEMENT – FORMATION

### *Enseignements/formations dispensés*

UE Modélisation et prospective, Master 2 Sciences de la Mer et du Littoral (IUEM/UBO), mention : Expertise et Gestion du Littoral, 24h, resp. F. Gourmelon, intervenants : F. Gourmelon, M. Rouan, C. Tissot, D. Le Guyader

Workshop du GDR MAGIS CNRS « La Géographie en prospective », 23-26 septembre 2012, resp. F. Gourmelon et T. Houet (UMR Geode, Toulouse), intervenants : F. Gourmelon, D. Le Guyader, M. Rouan, C. Tissot, <http://geo-prospective.sciencesconf.org/>

Séminaire du Granit (Groupe de Recherche en Analyse Territoriale de l'UMR ADES CNRS), atelier « constitution d'une base de données spatio-temporelles d'activité en mer : analyse et scénarisation, 03.04.2013, Bordeaux, intervenant : D. Le Guyader

## BASES DE DONNEES

Informations géographiques prochainement visualisables à partir du site web de la Zone Atelier Brest-Iroise (<http://www-iuem.univ-brest.fr/zabri/fr>) et de LETG (<http://letg.univ-nantes.fr/fr/laboratoire/1/presentation>)



## AUTRES

Fourniture de données avec le bureau d'études Actimar, 2012, dans le cadre de la réalisation d'une étude d'impact sur les incidences du projet de poldérisation du port de Brest.

Fourniture de données avec le Pôle Métropolitain du Pays de Brest, 2012, dans le cadre de la démarche de GIZC

Convention de fourniture de données avec le Parc Naturel Régional d'Armorique, 2011, dans le cadre de la démarche Natura2000

## ANNEXE 1. Typologie des activités humaines en rade de Brest

| Usages                                   | Activités N1               | Sous Activités N2                           | Sous Activités N3   |
|--|----------------------------|---|---|
| Exploitation des ressources vivantes     | Pêche professionnelle      | Arts Trainants                              | Drague - Coquille Saint Jacques                             |
|  |                            |   | Drague - Praire   |
|  |                            |   | Drague - Pétoncle noir / Huître creuse                      |
|  |                            |   | Ligne - Calmar  |
|  |                            | Arts Dormants                               | Filet - Raie bouclée  |
|  |                            |   | Filet - Bar   |
|  |                            |   | Filet - Rouget  |
|  |                            |   | Filet - Émissole  |
|  |                            |   | Palangre - Bar  |
|  |                            |   | Palangre - Dorade grise                                     |
|  | Pêche en estuaire          | Casier - Crevette                           |   |
|  |                            | Casier - Étrille                            |   |
|  |                            | Casier - Araignée                           |   |
|  | Cultures marines           | Conchyliculture                             | Ostréiculture   |
| Mytiliculture                            |                            |   |   |
|  | Pisciculture               | Salmoniculture                              |   |
| Exploitation des ressources non vivantes | Extraction de matériaux    | Ressources minérales                        | Extraction -Sable coquillier                                |
| Voie de circulation / Transport          | Civil                      | Navires de passagers                        | Lignes régulières, lignes occasionnelles                    |
|  |                            | Navires de charge                           | Pétrolier, gazier, minéralier, chimiquiers, porte conteneur |
|  | Militaire                  | Transit et manœuvre de bâtiments militaires | SNLE, Bâtiments de surface                                  |
| Usages de loisirs et sportifs            | Activités nautiques        | Activités nautiques encadrées               | Voile légère  |
|  |                            |   | Voilier   |
|  |                            |   | Planche à voile / Fun board                                 |
|  |                            |   | Aviron / Yole   |
|  |                            |   | Kayak   |
|  |                            |   | Plongée en bouteille  |
|  |                            | Manifestation nautiques sportives           | Voile légère  |
|  |                            |   | Voilier   |
|  |                            |   | Planche à voile / Fun board                                 |
|  |                            |   | Aviron / Yole   |
|  |                            |   | Kayak   |
|  |                            |   |   |
|  | Activités nautiques libres | Voile légère                                |   |
|  |                            | Voilier                                     |   |
|  |                            | Planche à voile / Fun board                 |   |
|  |                            | Aviron / Yole                               |   |
|  |                            | Kayak                                       |   |
|  |                            | Canots pneumatiques                         |   |
|  |                            | Vedettes à moteur                           |   |
|  |                            | Motomarine (Jet ski)                        |   |
|  |                            | Apnée                                       |   |
|  |                            | Nage avec et sans palme                     |   |
|  |                            | Plongée en bouteille                        |   |
|  |                            | Kite surf                                   |   |
|  | Surf / bodyboard           |   |   |
|  | Ski nautique               |   |   |
|  | Pêche de loisir            | Chasse sous-marine                          | Pêche en apnée avec palme                                   |
| Pêche embarquée                          |                            | Pêche embarquée sur tous supports           |   |

## **ANNEXE 2. Fiches de synthèse des scènes de gestion**

Fiche n°1 : SAUM de la rade de Brest

Fiche n°2 : Contrat de baie

Fiche n°3 : Contrat de rade

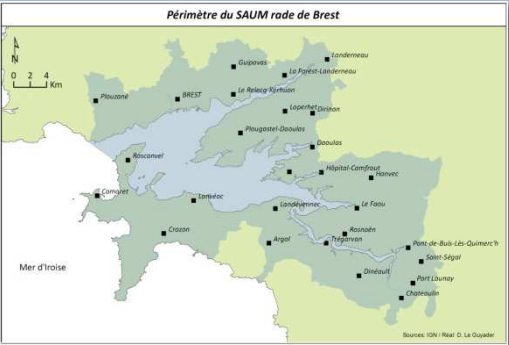
Fiche n°4 : SAGE Elorn

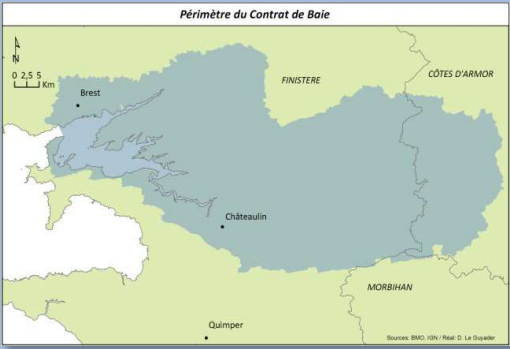
Fiche n°5 : SAGE Aulne

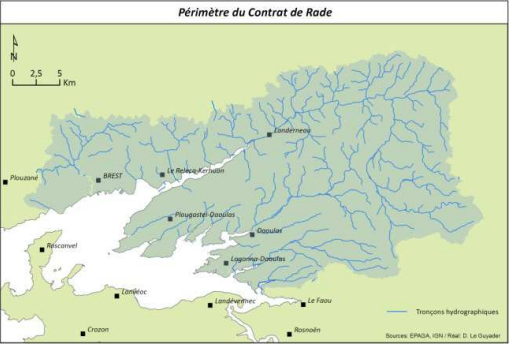
Fiche n°6 : Natura 2000 « Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne »

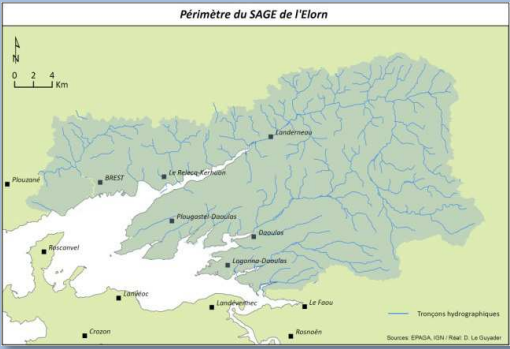
Fiche n°7 : Natura 2000 « Rivière de l'Elorn »

Fiche n°8 : Gestion intégrée du Littoral, Pays de Brest, Pays maritime


| Fiche n° 1               | SCHÉMA D'APTITUDE ET D'UTILISATION DE LA MER (SAUM) RADE DE BREST  |
|--------------------------|--|
| <b>Territoire</b>        | <p>Le territoire inclut la rade de Brest et 27 communes littorales, soit une superficie de 880 km<sup>2</sup> pour 248 000 habitants.</p>    |
| <b>Dispositif</b>        | <p>Dispositif expérimental de « planification des activités de l'espace maritime et du littoral » encadré par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la décision du 26 octobre 1972 du Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire (CIAT) de la mise à l'étude des schémas d'aptitude et d'utilisation de la mer (SAUM) sur les sites de la rade de Brest, du golfe du Morbihan, du Pertuis d'Antioche et de la rade d'Hyères,</li> <li>- les directives du ministère de l'équipement, du 24 décembre 1974 demandant la constitution d'une commission locale chargée de l'étude du schéma d'aptitude et d'utilisation de la mer.</li> </ul>                        |
| <b>Objet</b>             | <p>Planifier les activités qui s'exercent en mer et sur la frange littorale<br/>Organiser la concertation</p>  |
| <b>Dates</b>             | <p>Prescription du SAUM en 1974<br/>Approbation du SAUM en 1980</p>  |
| <b>Initiateur</b>        | <p>Suite à la décision du CIAT du 26 octobre 1972 qui préconise l'établissement de « plans d'utilisation de la mer », et du rapport Piquard (1973) qui préconisait entre autre la préparation de SAUM sur certains sites expérimentaux, dont celui de la rade de Brest (compte tenu du conflit militaire/civil que l'on y rencontrait avec la présence de la marine nationale), le CIAT confiait alors au Ministère de l'Équipement le soin de mettre en œuvre quelques plans expérimentaux de SAUM.</p>   |
| <b>Porteur</b>           | <p>La Direction Départementale de l'Équipement sous l'autorité du Préfet du Finistère</p>  |
| <b>Acteurs</b>           | <p>Les structures de concertation mises en place (une Assemblée plénière, un Comité directeur et des sous-commissions spécialisées et thématiques) réunissent plus de 120 membres représentants de l'État, des élus, de la marine, des catégories socio-professionnelles, des administrations et des scientifiques.</p>  |
| <b>Étapes</b>            | <p>1974 : Arrêté préfectoral du 17/12 prescrivant le SAUM de la rade de Brest<br/>1974-1976: Phase analytique préparatoire<br/>1976-1978: Phase de concertation (mise en place de la première réunion de la Commission locale plénière, réunion des sous-commissions spécialisées et soumission du document au comité directeur en 1978)<br/>1979-1980: Phase de décision (validation du SAUM par la Commission locale plénière le 14 juin 1979, approbation du SAUM par un arrêté conjoint des Préfets maritime et de la Région Bretagne le 11 août 1980)</p>   |
| <b>Points de blocage</b> | <p>Les points de blocage concernent la mise en œuvre de la concertation liée à différents facteurs tels que le blocage de la politique régionale d'aménagement du littoral exprimée dans le SALBI (Schéma d'Aménagement du Littoral Breton et des Îles), le changement d'élus lors des élections cantonales, municipales et législatives et dans le personnel administratif, la mobilisation des administrations lors des accidents de l'Amoco Cadiz.</p>  |
| <b>Résultats</b>         | <p>Production du document "SAUM rade de Brest" qui émet de multiples « options », dont la définition de zones d'utilisation privilégiées pour chaque activité. Toutefois ces options sont limitées compte tenu de la faible portée juridique des SAUM. N'étant pas opposables aux tiers, ils n'avaient valeur que de simples « directives particulières d'aménagement national » pour les administrations. Ce pourquoi d'autres documents de planification à l'échelle locale ont vu le jour, comme les Schémas de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) instaurés par la loi du 7 janvier 1983 (même objectifs que les SAUM mais plus de force juridique car opposables aux tiers).</p> |


| Fiche n° 2               | CONTRAT DE BAIE  |  |
|--------------------------|--|--|
| <b>Territoire</b>        | <p>Le territoire inclut la rade de Brest et son bassin versant qui s'étend sur 2800 km<sup>2</sup> et 137 communes du Finistère, des Côtes d'Armor et du nord du Morbihan.</p>   |  |
| <b>Dispositif</b>        | <p>Programme territorial et contractualisé, d'actions environnementales concernant l'échelle d'une Baie. Il est cadré par deux circulaires qui ont réorienté les anciens contrats de vallée et de rivière :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- circulaire du 13 mai 1991, instituant les contrats de baie</li> <li>- circulaire du 22 mars 1993, définissant la procédure relative aux contrats de baie et aux contrats de rivière.</li> </ul>   |  |
| <b>Objet</b>             | <p>Restaurer, gérer et préserver la qualité des eaux et des milieux de la rade de Brest et du bassin versant en y associant tous les partenaires concernés. Il s'agit d'une démarche volontariste, dont le rôle d'animation et de fédération est essentiel.</p>  |  |
| <b>Dates</b>             | <p>Début de la phase de diagnostic préliminaire en 1992<br/>Contractualisation en 1998</p>   |  |
| <b>Initiateur</b>        | <p>Communauté Urbaine de Brest (CUB)</p>   |  |
| <b>Porteur</b>           | <p>L'Etat, la Région, le Département, l'Agence de l'Eau et la Communauté Urbaine de Brest.<br/>Le maître d'ouvrage est la Communauté Urbaine de Brest</p>  |  |
| <b>Acteurs</b>           | <p>Le Contrat de Baie était piloté par un Comité de Baie, présidé par le Président de la Communauté Urbaine de Brest. Ses 180 membres sont des représentants des partenaires institutionnels, professionnels et associatifs.</p>   |  |
| <b>Étapes</b>            | <p>1992-1997 : Phase d'étude préalable intitulée le "Programme Rade"<br/>1998 : Signature du contrat de baie par les porteurs<br/>1998-2003 : 1ère Phase opérationnelle comportant deux volets (1) Protéger et préserver les richesses naturelles (7 programmes) et (2) Restaurer la qualité des eaux (11 programmes)<br/>2003-2006 : 2<sup>nde</sup> Phase opérationnelle<br/>Le contrat de Baie à été suivi en 2007 par un programme de transition puis par le contrat de rade Brest/Elorn 2008-2010</p> |  |
| <b>Points de blocage</b> | <p>Difficultés à impulser de nouvelles pratiques en particulier dans le secteur agricole<br/>Non identification de certains acteurs<br/>Remise en question de la légitimité d'intervention de la CUB en tant que maître d'ouvrage notamment par les communes du haut bassin</p>  |  |
| <b>Résultats</b>         | <p>Rédaction de l'état des lieux et des milieux de la rade de Brest et de son bassin versant : phase préliminaire du contrat de Baie de la rade de Brest (Troadec et Le Goff 1997)<br/>Lors de la phase préparatoire, l'écloserie du Tinduff a vu le jour en tant qu'expérience pilote.<br/>Mise en place en 1999 un réseau de surveillance de la qualité des eaux de la rade et de son bassin versant découpé en 3 secteurs : bassin versant, rade et littoral (le réseau Rade).</p>                      |  |

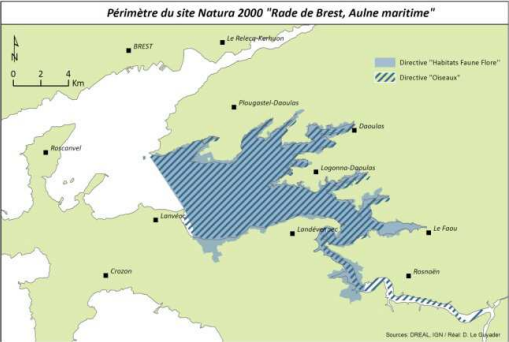
| Fiche n° 3               | CONTRAT DE RADE  |  |
|--------------------------|--|--|
| <b>Territoire</b>        | <p>Le territoire du contrat de Rade correspond à celui du SAGE de l'Elorn</p>  |  |
| <b>Dispositif</b>        | <p>Programme triennal d'accompagnement de la fin de la démarche d'élaboration du SAGE de l'Elorn</p>   |  |
| <b>Objet</b>             | <p>Promouvoir et agir pour l'amélioration de la qualité des eaux.<br/> Il s'organise autour de trois thématiques:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'eutrophisation des eaux de la rade au travers d'actions principalement orientées vers le monde agricole,</li> <li>- la contamination bactériologique des zones de baignade, de pêche à pied ou de conchyliculture, avec des actions ciblées vers l'élevage, l'assainissement collectif et l'assainissement non collectif,</li> <li>- la limitation de l'utilisation des pesticides par les différentes catégories d'acteurs du territoire.</li> </ul> <p>Ces trois principaux enjeux sont complétés par des actions liées aux pollutions portuaires, à la préservation des zones humides et du bocage, à l'animation scolaire et grand public</p> |  |
| <b>Dates</b>             | <p>2008-2010</p>   |  |
| <b>Initiateur</b>        | <p>Brest Métropole Océane (BMO)/ Syndicat de bassin de l'Elorn</p>   |  |
| <b>Porteur</b>           | <p>Pilotage et maîtrise d'ouvrage de Brest métropole océane (direction de l'écologie urbaine) avec un co-pilotage et une partie de maîtrise d'ouvrage assurée par le Syndicat de l'Elorn<br/> Co-financement de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, le Conseil régional et le Conseil Général du Finistère</p>   |  |
| <b>Acteurs</b>           | <p>-</p>   |  |
| <b>Étapes</b>            | <p>Programme qui fait suite au contrat de Baie de la rade de Brest et au programme Bretagne Eau Pure Elorn dans une optique d'accompagnement de la phase d'élaboration du SAGE de l'Elorn</p>  |  |
| <b>Points de blocage</b> | <p>-</p>   |  |
| <b>Résultats</b>         | <p>Suivi de la qualité de l'eau<br/> Actions d'accompagnement des communes sur l'objectif de réduction de l'utilisation des pesticides ;<br/> Communication grand public et charte jardinerie,<br/> Animations scolaires et éducation à l'environnement</p>  |  |

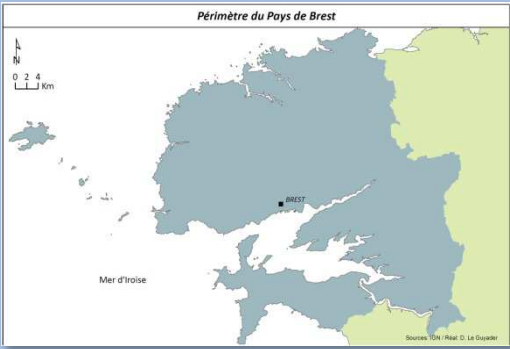
| Fiche n° 4               | Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) ELORN   |
|--------------------------|--|
| <b>Territoire</b>        | <p>Le bassin-versant de l'Elorn s'étend sur 42 communes, réparties sur Brest métropole océane (Communauté Urbaine), et les communautés de communes du Pays de Landivisiau et du Pays de Landerneau-Daoulas. Situé sur un secteur bordant le Nord et l'Est de la rade de Brest, il concerne les bassins versants de l'Elorn, de la Penfeld, de la Mignonne, du Camfroul, représentant une surface de 726 km<sup>2</sup>.</p>    |
| <b>Dispositif</b>        | <p>La loi n°92-3 du 3 janvier 1992 dite « loi sur l'eau » institue le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) qui fixe pour chacun des bassins hydrographiques les orientations pour une gestion de l'eau. Le SDAGE doit déterminer les périmètres qui peuvent faire l'objet d'un Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) s'appuyant sur une cohérence hydrographique.</p> <p>Le SAGE est un outil de planification élaboré de manière collective sur une unité hydrographique cohérente. Il fixe des objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau. Il est établi par une Commission locale de l'eau (CLE) représentant les acteurs du territoire, et il est doté d'une portée juridique.</p> <p>La procédure d'élaboration d'un SAGE est la suivante : émergence - pré-élaboration - élaboration - mise en œuvre. Chacune des trois premières étapes est validée par un arrêté préfectoral : arrêté définissant le périmètre, arrêté constituant la CLE, arrêté approuvant le SAGE.</p> |
| <b>Objet</b>             | Protection des milieux aquatiques  |
| <b>Dates</b>             | 2003-2011  |
| <b>Initiateur</b>        | Syndicat de bassin de l'Elorn (Jean-Paul Glemarec)   |
| <b>Porteur</b>           | <p>Syndicat de Bassin de l'Elorn assure depuis début 2005, à la demande de la CLE, la maîtrise d'ouvrage de l'élaboration du SAGE.</p> <p>Depuis janvier 2009, ce syndicat s'est transformé en Établissement Public Territorial de Bassin (EPTB)</p>   |
| <b>Acteurs</b>           | <p>La CLE présidée par Thierry FAYRET, compte 48 membres et est composée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour 50% par des représentants des collectivités territoriales et des établissements publics locaux</li> <li>- pour 25% par des représentants d'usagers, riverains, organisations socioprofessionnelles et associatives</li> <li>- pour 25% par des représentants de l'État et de ses établissements publics</li> </ul>  |
| <b>Étapes</b>            | <p>2003 : Arrêté préfectoral de périmètre du SAGE<br/>           2004 : Arrêté préfectoral de constitution de la CLE<br/>           2006 : Validation du diagnostic<br/>           2007 : Validation du Choix de la stratégie<br/>           2010 : Validation du projet de SAGE par la CLE<br/>           2011 : Approbation du document du SAGE par le Préfet du Finistère</p>   |
| <b>Points de blocage</b> | Divergence avec les représentants du secteur agricole dans les objectifs à atteindre en matière de concentration de nitrates dans l'eau.   |
| <b>Résultats</b>         | <p>Le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD), document opposable aux administrations et collectivités, qui définit les recommandations et prescriptions à mettre en place sur le territoire du SAGE</p> <p>Le règlement du SAGE, document opposable à toute personne publique ou privée, qui décline par enjeu, des articles destinés à être appliqués dans le périmètre du SAGE.</p>   |



| Fiche n° 5               | Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) AULNE  |  |
|--------------------------|---|--|
| <b>Territoire</b>        | <p>Le territoire du SAGE de l'Aulne est constitué de 89 communes réparties sur le Finistère (60 communes), les Côtes d'Armor (26 communes) et le Morbihan (3 communes). Sa superficie totale est de 1 985 km<sup>2</sup>. Situé sur un secteur bordant le sud-est de la rade, le périmètre du SAGE couvre un bassin versant dont les principaux cours d'eau sont l'Aulne sauvage et canalisé, Hyères, Ellez, Ster Goanez, Douffine).</p>  |  |
| <b>Dispositif</b>        | Identique au SAGE ELORN (voir fiche précédente)   |  |
| <b>Objet</b>             | Protection des milieux aquatiques   |  |
| <b>Dates</b>             | 2000 -  |  |
| <b>Initiateur</b>        | Conseil général du Finistère (CG)   |  |
| <b>Porteur</b>           | <p>De 2002 à 2008 : le Conseil général du Finistère (CG) a assuré la maîtrise d'ouvrage<br/>           Depuis 2008 : L'Établissement Public d'Aménagement et de Gestion du bassin versant de l'Aulne (EPAGA) assure, à la demande de la CLE, la maîtrise d'ouvrage de l'élaboration du SAGE</p>   |  |
| <b>Acteurs</b>           | <p>La CLE présidée par Chantal Simon-Guillou, compte 66 membres qui se répartissent comme suit dans trois collèges : 34 représentants des collectivités territoriales, de leurs groupements et des établissements publics locaux, 17 représentants des usagers, des propriétaires fonciers, des organisations professionnelles et des associations et 15 représentants de l'État et de ses établissements publics.</p>  |  |
| <b>Étapes</b>            | <p>2000 : Arrêté préfectoral de périmètre du SAGE<br/>           2001 : Arrêté préfectoral de constitution de la CLE<br/>           2003 : Validation de l'état des lieux et des usages et du diagnostic<br/>           2005 : Validation du scénario tendanciel<br/>           2006 : L'Assemblée départementale du CG, décide, dans l'attente de l'obtention de consensus sur la création d'un établissement public territorial de bassin (EPTB), de surseoir à la poursuite de l'élaboration du SAGE<br/>           2008 : Création de l'EPAGA et reconnaissance de l'EPAGA en tant qu'EPTB<br/>           2009 : Désignation de l'EPAGA comme maître d'ouvrage lors de l'Assemblée générale de la CLE et prise de fonction de la chargée de mission de l'EPAGA<br/>           2010 : Réactivation des 3 commissions thématiques</p> |  |
| <b>Points de blocage</b> | <p>Suite à la validation du scénario tendanciel, des scénarios alternatifs ont été proposés afin de servir d'éléments de réflexion pour décider des actions à mener. Parmi ces derniers, un scénario consistant au débarrage total de l'Aulne canalisé n'a permis aucun compromis et a bloqué l'élaboration du SAGE.</p> <p>La création d'une structure où représentant les 89 communes s'est avérée trop complexe. Le choix effectué a été de retenir l'adhésion des 4 communes principales (communes les plus volontaires et victimes d'inondation) et des syndicats de producteurs d'eau (Syndicat du Poher, Syndicat du Stanger, Syndicat mixte de l'Aulne et Syndicat de Châteauneuf-Du-Faou).</p>   |  |
| <b>Résultats</b>         | <p>Réactivation des commissions thématiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- «Aulne de qualité, qualité de l'Aulne» (qualité de l'eau pour l'alimentation en eau potable, zones humides, migration des poissons)</li> <li>- «Culture et gestion du risque» (inondations, sécheresse et pollutions accidentelles)</li> <li>- «Développement durable et valorisation économique» (industries, agriculture, usages domestiques liés à l'eau, conchyliculture, pêche professionnelle)</li> </ul> <p>Lancement de 3 études: Aménagement et ralentissement de la dynamique des crues : étude de faisabilité/ Caractérisation des flux et des sources d'azote sur le bassin versant de l'Aulne / Définition des axes stratégiques du SAGE</p>  |  |

| Fiche n° 6               | NATURA 2000 « RIVIERE DE L'ELORN »   |  |
|--------------------------|--|--|
| <b>Territoire</b>        | <p>Le périmètre du site Natura 2000 Rivière Elorn (site FR5300024) démarre au barrage du Drennec jusqu'à l'estuaire de la rade de Brest, et totalise environ 2 300 hectares et concerne 21 communes. Trois regroupements intercommunaux sont concernés, la Communauté de Communes du pays de Landivisiau puis celle de Landerneau-Daoulas et Brest Métropole Océane pour la partie estuarienne.</p>  |  |
| <b>Dispositif</b>        | <p>Réseau européen institué par deux directives européennes et qui est constitué de deux types de sites :<br/>           Les Zones de Protection Spéciale (ZPS), consacrées à la préservation des oiseaux, en application de la Directive "Oiseaux" (Directive n°74-409/CEE du Conseil du 2 avril 1979).<br/>           Les Zones Spéciales de Conservation (ZSC) consacrées à la protection des habitats et des espèces (faune, flore) dits d'intérêt communautaire, en application de la "Directive Habitat Faune Flore" (Directive n°92-43/CEE du Conseil du 21 mai 1992).</p>  |  |
| <b>Objet</b>             | <p>Maintenir et restaurer dans un état de conservation favorable, les habitats et espèces remarquables et en danger. Le choix de transcription des directives au niveau national est de préserver le patrimoine naturel tout en intégrant les usages socio-économiques par une gestion basée sur la concertation et des actions par contractualisation.</p>  |  |
| <b>Date</b>              | 2007-2011  |  |
| <b>Initiateur</b>        | Commission européenne / MEDDTL / DREAL Bretagne  |  |
| <b>Porteur</b>           | Opérateur : Syndicat de Bassin de l'Elorn  |  |
| <b>Acteurs</b>           | <p>Le Comité de pilotage (président, Thierry Fayret) est composé de 68 membres dont des représentants de l'état, structures associatives, collectivités territoriales, propriétaires, exploitants, usagers.<br/>           Quatre groupes de travail ont été créés : « activités socio-économiques » avec 40 inscrits, « activités de loisirs » avec 35 inscrits, « habitats, faune, flore » avec 39 inscrits, et enfin un groupe spécifique au site de la « Pyrotechnie Saint-Nicolas ».</p>  |  |
| <b>Étapes</b>            | <p>2007 : Désignation en Zone Spéciale de Conservation<br/>           2008 : Création du Comité de Pilotage et désignation du Syndicat de Bassin de l'Elorn comme opérateur<br/>           2009 : présentation de la partie diagnostic aux groupes de travail<br/>           2011 : Approbation du Document d'Objectifs par arrêté préfectoral</p>   |  |
| <b>Points de blocage</b> | <p>Pas de réels points de blocage mais des difficultés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- certains agriculteurs reprochent de ne pas être associés à la démarche. Ils portent la responsabilité sur l'opérateur plutôt que sur la chambre d'agriculture ou l'Association des agriculteurs du bassin-versant de l'Elorn qui sont présents dans les groupes de travail.</li> <li>- les Ostréiculteurs représentés par la SRCBN se sentent impuissants face au reste des acteurs terrestres qui contribuent à dégrader la qualité de l'eau, qualité dont ils sont tributaires.</li> <li>- existence de conflits potentiels liés à un projet de modification du périmètre actuel.</li> </ul> |  |
| <b>Résultats</b>         | <p>Démarche en cours, cependant les premiers résultats sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- synthèse de données naturaliste et réalisation d'une base d'informations géographique</li> <li>- réalisation d'un diagnostic</li> <li>- opération de sensibilisation/éducation auprès des acteurs impliqués qui renvoient à une meilleure perception de la démarche Natura 2000.</li> </ul>  |  |

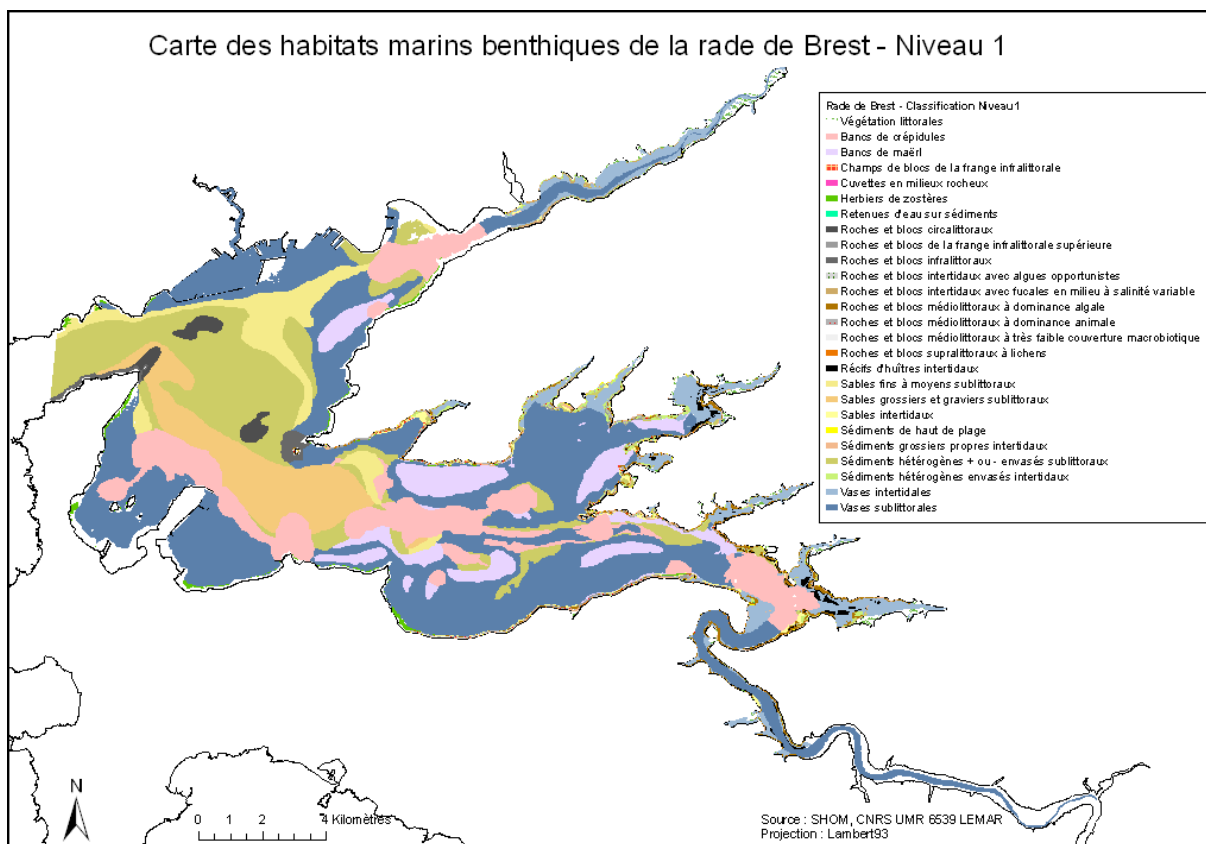
| Fiche n° 7        | NATURA 200 « RADE DE BREST, AULNE MARITIME »  |  |
|-------------------|---|--|
| Territoire        | <p>Deux sites Natura 2000, qui se recouvrent partiellement, sont localisés dans la partie sud-est de la rade. Une Zone de Protection Spéciale de 8 076 ha à 98 % marine, dénommée «Rade de Brest, Baie de Daoulas, Anse de Poulmic» a été désignée par arrêté au titre de la directive «Oiseaux». Une Zone Spéciale de Conservation de 9 239 ha dont 78 % en mer, dénommée «Rade de Brest, estuaire de l'Aulne» est en cours de désignation au titre de la Directive Habitat Faune Flore.</p>   |  |
| Dispositif        | <p>Réseau européen institué par deux directives européennes et qui est constitué de deux types de sites :<br/> Les Zones de Protection Spéciale (ZPS), consacrées à la préservation des oiseaux, en application de la Directive "Oiseaux" (Directive n°74-409/CEE du Conseil du 2 avril 1979).<br/> Les Zones Spéciales de Conservation (ZSC) consacrées à la protection des habitats et des espèces (faune, flore) dits d'intérêt communautaire, en application de la "Directive Habitat Faune Flore" (Directive n°92-43/CEE du Conseil du 21 mai 1992).</p> |  |
| Objet             | <p>Maintenir et restaurer dans un état de conservation favorable, les habitats et espèces remarquables et en danger. Le choix de transcription des directives au niveau national est de préserver le patrimoine naturel tout en intégrant les usages socio-économiques par une gestion basée sur la concertation et des actions par contractualisation.</p>   |  |
| Date              | 2004 -  |  |
| Initiateur        | Commission européenne / MEDDTL / DREAL Bretagne   |  |
| Porteur           | <p>Opérateur : le Parc naturel régional d'Armorique en collaboration (convention de partenariat) avec Brest Métropole Océane en appui technique sur la partie marine.</p>   |  |
| Acteurs           | <p>Le comité de pilotage (COPIL) dont la présidence est assurée par le préfet maritime et le sous-préfet de Châteaulin est composée de 70 membres dont des représentants de l'état, collectivités territoriales, chambres consulaires, structures associatives, représentants de propriétaires, d'exploitants, et d'usagers et de scientifiques.<br/> Quatre commissions thématiques ont été créées, « Usages et milieu marin », « Usages et milieu terrestre », « Comité scientifique » et le « Comité ZPS ».</p>  |  |
| Étapes            | <p>2004 : arrêté de désignation de ZPS<br/> 2009 : désignation du Parc naturel régional d'Armorique comme opérateur<br/> 2010 : présentation de l'état des lieux des connaissances et engagement de l'élaboration du Docob lors du second COPIL</p>   |  |
| Points de blocage | <p>Pas de réels points de blocage mais des difficultés :<br/> - difficulté à mobiliser les données (données payantes)<br/> - difficulté à mobiliser les scientifiques pour participer au COPIL, à la commission thématique « Comité scientifique », pour définir des cahiers des charges pour différentes études.</p>   |  |
| Résultats         | <p>Démarche en cours, cependant les premiers résultats sont les suivants :<br/> - mise en place d'un dialogue avec les élus qui partagent les enjeux de Natura 2000<br/> - engagement d'une démarche opérationnelle concernant les espèces invasives<br/> - constitution d'une base de connaissance sur l'avifaune</p>  |  |

| Fiche n° 8               | Gestion Intégrée du Littoral, Pays de Brest, Pays Maritime  |  |
|--------------------------|---|--|
| <b>Territoire</b>        | <p>Le territoire est le Pays de Brest. Il est composé de six communautés de communes et de la Communauté Urbaine - Brest Métropole Océane. Il regroupe 89 communes avec plus de 370 000 habitants pour une surface de 1 590 km<sup>2</sup> avec une densité de population de 222 habitants par km<sup>2</sup>. Avec 350 km de linéaire côtier, la dimension maritime est l'une des caractéristiques fondamentales de ce pays.</p>                                 |  |
| <b>Dispositif</b>        | Réponse à l'appel à projet "Pour un développement équilibré des territoires littoraux par une GIZC", lancé en 2005 par la DIACT et le Secrétariat général de la Mer.  |  |
| <b>Objet</b>             | Établir une proposition de cadre commun pour la gestion intégrée des zones côtières du Pays de Brest et, à cette fin, de renforcer la coopération entre les acteurs par une charte d'objectifs à dix ans comportant des orientations politiques précises, un plan d'actions coordonnées entre les maîtres d'ouvrage compétents, un protocole de coopération renforcée (un protocole juridique organisant l'exercice coordonné des compétences et des initiatives) |  |
| <b>Date</b>              | 2005-2007   |  |
| <b>Initiateur</b>        | Le Pays de Brest dans le cadre de l'élaboration de son schéma de cohérence territoriale (SCOT)  |  |
| <b>Porteur</b>           | Pilotage par l'agence d'urbanisme du pays brestois (ADEUPA) (maître d'œuvre des actions de l'association du Pays de Brest)  |  |
| <b>Acteurs</b>           | Services de l'État, Conseil régional, Conseil général, Université de Bretagne Occidentale, IFREMER, Conseil de Développement, Communauté de communes du Pays de Brest.  |  |
| <b>Étapes</b>            | <p>2005 : Acceptation du dossier</p> <p>2006 : Réduction thématique à la plaisance et réalisation d'un état des lieux sur la plaisance en Pays de Brest</p> <p>2007 : Réunions publiques d'information sur l'état des lieux réalisés</p>  |  |
| <b>Points de blocage</b> | <p>Adhésion réservée au projet de l'ensemble des Communautés de Communes</p> <p>Structure porteuse de la maîtrise d'œuvre peu adaptée à ce type de projet</p> <p>Désintérêt du projet des élus principaux, initiateurs de la démarche</p>   |  |
| <b>Résultats</b>         | - État des lieux la plaisance en Pays de Brest  |  |



## ANNEXE 4. Cartographie des habitats benthiques de la rade de Brest

<http://geosu-iuem.univ-brest.fr/geonetwork/srv/fr/metadata.show?uuid=690f6e45-a2d5-496a-b42e-e83069a16c82>





## ANNEXE 5. Dictionnaire de l'information géographique contenue dans la BIG

NB : Traitement effectué : 1 : import et/ou modification du système de projection ; 2 : modification de la table attributaire ; 3 : modification des géométries et de la table attributaire.

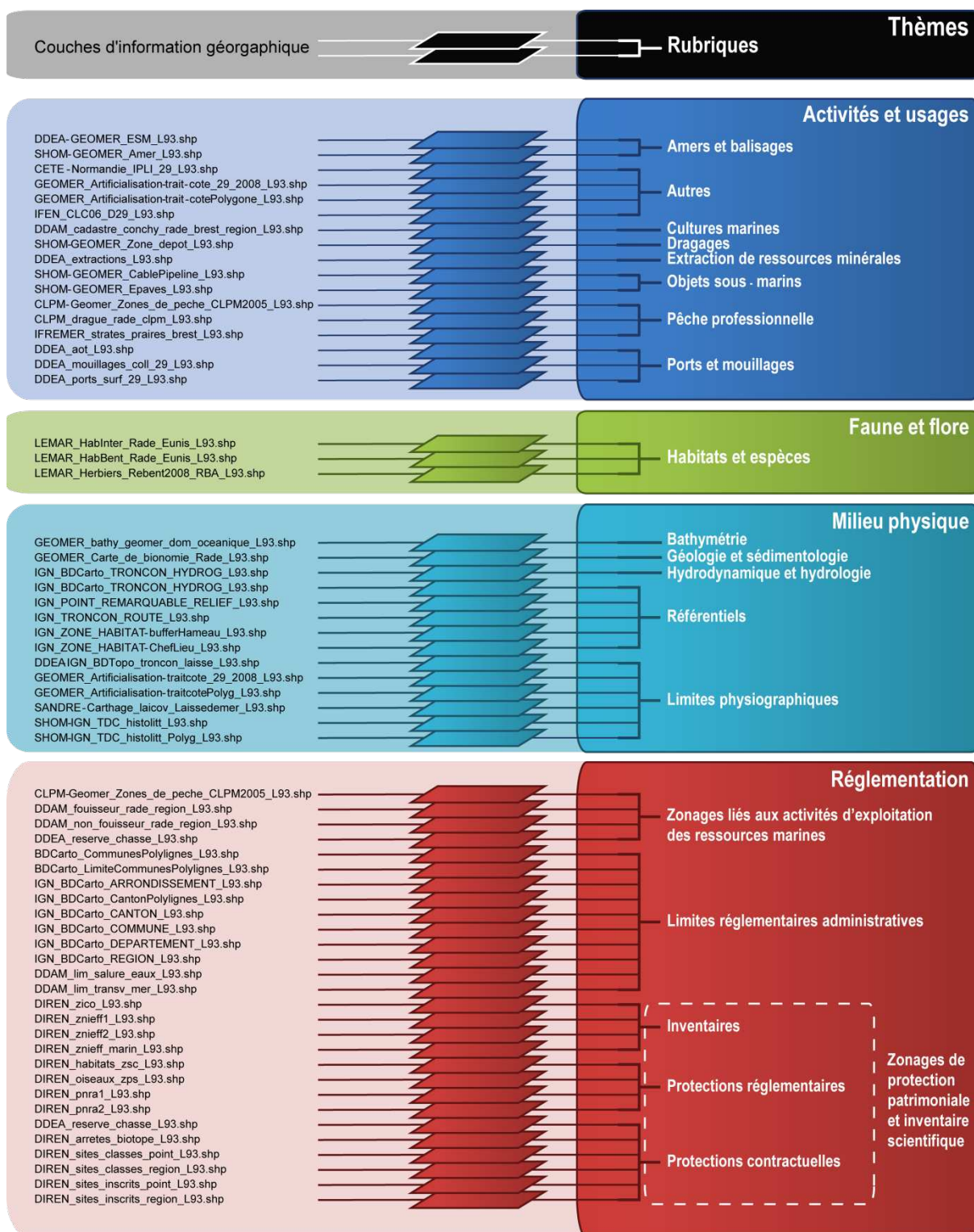
| Thème  | Sous-thème                         | Description  | Organisme producteur  | Contact                                      | Format   | Entité    | Validité  | Traitement effectué |
|--|------------------------------------|--|-----------------------|--|----------|-----------|-----------|---------------------|
| Référentiel  |                                    | Fond topographique (Scan100, Scan25)   | IGN                   |  | Raster   |           | 2009      | 1                   |
|  |                                    | Orthophotoplan (BD Ortholittorale)   | CETE Normandie-Centre |  | Raster   |           | 2005      | 1                   |
|  |                                    | Cartes marines   | SHOM                  | Guy Marzin                                   | Raster   |           | 2009      | 1                   |
|  |                                    | Trait de côte histolitt  | SHOM-IGN              |  | Vecteur  | polygone  |           | 1                   |
| Activités et usages  | Amers et balisages                 | Localisation des amers situés en rade de Brest                                   | SHOM - GEOMER         | Guy Marzin, Damien Le Guyader                | Vecteur  | point     | 2009      | 3                   |
|  |                                    | Localisation des établissement de signalisation maritime                         | SHOM - GEOMER         | Guy Marzin, Damien Le Guyader                | Vecteur  | point     | 2009      | 3                   |
|  | Cultures marines                   | Cadastre conchylicole  | DDAM                  | Myriam El Ayadi, Yves Coent                  | Vecteur  | polygone  |           | 1                   |
|  | Dragages                           | Localisation des zones de dépôt de dragage et d'explosif en rade de Brest        | SHOM-GEOMER           | Guy Marzin, Damien Le Guyader                | Vecteur  | polygone  | 2009      | 3                   |
|  | Extraction de ressources minérales | Sites d'extraction de granulats  | DDEA                  | Valérie Soret, Alain Félaire, Laurent Bouris | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |
|  | Objets sous-marins                 | Localisation des câbles sous-marin situés en rade de Brest                       | SHOM-GEOMER           | Guy Marzin, Damien Le Guyader                | Vecteur  | polygones | 2009      | 3                   |
|  |                                    | Localisation des épaves en rade de Brest   | SHOM-GEOMER           | Guy Marzin, Damien Le Guyader                | Vecteur  | point     | 2009      | 3                   |
|  | Pêche professionnelle              | Délimitation des strates pour l'évaluation des stocks de praire en rade de Brest | IFREMER               | Mathilde Pitel                               | Vecteur  | polygone  | 2005      | 1                   |
|  | Ports et mouillages                | Zones de mouillage organisés en rade de Brest                                    | DDEA                  | Valérie Soret, Alain Félaire, Laurent Bouris | Vecteur  | polygone  | 2008      | 1                   |
|  |                                    | Autorisation d'Occupation Temporaire du Domaine Public Maritime                  | DDEA                  | Valérie Soret, Alain Félaire, Laurent Bouris | Vecteur  | point     | 2009      | 1                   |
|  |                                    | Délimitation des ports   | DDEA                  | Valérie Soret, Alain Félaire, Laurent Bouris | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |
|  | Utilisation du sol                 | Artificialisation du trait de côte du Finistère en 2008                          | GEOMER                |  | Vecteur  | polygones | 2008      | 1                   |
|  |                                    | Occupation du sol du Finistère - Inventaire permanent du littoral                | CETE                  |  | Vecteur  | polygone  | 1977      | 1                   |
|  |                                    | Occupation du sol - CORINE Land Cover 2006 (France)                              | IFEN                  |  | Vecteur  | polygone  | 2006      | 1                   |
|  |                                    | Réseau routier du Finistère  | IGN                   |  | Vecteur  | polygones |           | 1                   |
| Localisation des hameaux distants de moins de 3 km du trait de côte en rade de Brest |                                    | IGN  |                       | Vecteur                                      | polygone | 2009      | 3         |                     |
| Faune et flore   | Habitats et espèces                | Habitats de l'estran du site Natura2000 Rade de Brest - Estuaire de l'Aulne      | LEMAR                 | Christian Hily                               | Vecteur  | polygone  | 2008      | 1                   |
|  |                                    | Habitats benthiques  | LEMAR                 | Christian Hily                               | Vecteur  | polygone  | 1976-2007 | 1                   |
|  |                                    | Herbiers   | LEMAR                 | Christian Hily                               | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |



| Thème  | Sous-thème  | Description  | Organisme producteur        | Contact                                      | Format   | Entité    | Validité  | Traitement effectué |
|--|---|--|-----------------------------|--|----------|-----------|-----------|---------------------|
| Géographie physique  | Bathymétrie   | Bathymétrie en rade de Brest                             | GEOMER-DOMAINE Océanique    |  | Vecteur  | polygone  | 1816-1996 | 1                   |
|  | Géologie - sédimentologie   | Bionomie des fonds meubles de la rade de Brest           | GEOMER                      |  | Vecteur  | polygone  | 1976-1989 | 1                   |
|  | Hydrodynamique et hydrologie                                      | Réseau hydrographique du Finistère                       | IGN                         |  | Vecteur  | polygones | 2009      | 1                   |
|  | Limites physiographiques  | Laisses de basse mer et de haute mer                     | DDEA-IGN                    |  | Vecteur  | polygones | 2009      | 1                   |
|  | Points remarquables   | Localisation des points remarquables en rade de Brest    | IGN                         |  | Vecteur  | point     | 2009      | 1                   |
| Réglementation   | Limites réglementaire administrative                              | Limites de salure des eaux                               | DDAM                        | Myriam El Ayadi, Yves Coent                  | Vecteur  | polygones | 2009      | 1                   |
|  |   | Limites transversales de la mer                          | DDAM                        | Myriam El Ayadi, Yves Coent                  | Vecteur  | polygones | 2009      | 1                   |
|  | Limites réglementaires liées à la navigation                      | Limites réglementaires liées à la navigation             | SHOM - GEOMER               | Guy Marzin, Damien Le Guyader                | Vecteur  | polygone  | 2009      | 3                   |
|  | Zonages administratifs  | Limites administratives des arrondissements du Finistère | IGN                         |  | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |
|  |   | Limites administratives des cantons du Finistère         | IGN                         |  | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |
|  |   | Limites administratives du département du Finistère      | IGN                         |  | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |
|  |   | Limites administratives de la région Bretagne            | IGN                         |  | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |
|  |   | Localisation des chefs-lieux du Finistère                | IGN                         |  | Vecteur  | point     | 2009      | 1                   |
|  | Zonages de protections patrimoniales et inventaires scientifiques | Délimitation des ZICO en Bretagne                        | DIREN                       |  | Vecteur  | polygone  | 2005      | 1                   |
|  |   | Délimitations des ZNIEFF marines en Bretagne             | DIREN                       |  | Vecteur  | polygone  | 2005      | 1                   |
|  |   | Délimitations des ZNIEFF de type 1 en Bretagne           | DIREN                       |  | Vecteur  | polygone  | 2005      | 1                   |
|  |   | Délimitations des ZNIEFF de type 2 en Bretagne           | DIREN                       |  | Vecteur  | polygone  | 2005      | 1                   |
|  |   | Délimitation des ZSC en Bretagne                         | DIREN                       |  | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |
|  |   | Délimitation des ZPS en Bretagne                         | DIREN                       |  | Vecteur  | polygone  | 2006      | 1                   |
|  |   | Délimitation du Parc Naturel Régional d'Armorique (PNRA) | DIREN                       |  | Vecteur  | polygone  | 2004      | 1                   |
|  |   | Périmètre du SAGE Aulne                                  | DIREN-BMO                   | Eugène Corgne                                | Vecteur  | polygone  | 2008      | 1                   |
|  |   | Périmètre du SAGE Elorn                                  | DIREN-BMO                   | Eugène Corgne                                | Vecteur  | polygone  | 2008      | 1                   |
|  |   | Réserve de chasse maritime                               | DDEA                        | Valérie Soret, Alain Félaire, Laurent Bouris | Vecteur  | polygone  | 2009      | 1                   |
|  |   | Localisation des arrêtés de protection de biotope        | DIREN                       |  | Vecteur  | polygone  | 2004      | 1                   |
|  | Zonages liés aux activités d'exploitation des ressources marines  | Sites classés de Bretagne                                | DIREN                       |  | Vecteur  | point     | 2004      | 1                   |
| Sites inscrits en Bretagne   |   | DIREN  |                             | Vecteur                                      | point    | 2004      | 1         |                     |
| Zones de pêche réglementées par le CLPMEM                                  |   | CLPMEM   |                             | Vecteur                                      | polygone | 2005-2009 | 1         |                     |
| Classement sanitaire des zones de production de coquillages fouisseurs     |   | DDAM   | Myriam El Ayadi, Yves Coent | Vecteur                                      | polygone | 2009      | 1         |                     |
| Classement sanitaire des zones de production de coquillages non-fouisseurs | DDAM  | Myriam El Ayadi, Yves Coent                              | Vecteur                     | polygone                                     | 2009     | 1         |           |                     |
| Réserve de chasse maritime   | DDEA  | Valérie Soret, Alain Félaire, Laurent Bouris             | Vecteur                     | polygone                                     | 2009     | 1         |           |                     |

NB : Traitement effectué ; 1 : import et/ou modification du système de projection ; 2 : modification de la table attributaire ; 3 : modification des géométries et de la table attributaire.

## ANNEXE 6. Structuration de la Base d'Information Géographique (BIG)



## ANNEXE 7. Bibliographie citée

- ADEUPA de Brest, 2009. Rapport d'activité 2008. Brest.
- Akrich M., Callon M., Latour, B., 2006. *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*. Presses des Mines de Paris.
- Allain, S., Guillaumont, B., Le Visage, C., Loubersac, L., Populus, J., 2002. Données géographiques de référence en domaine littoral marin. Actes des journées techniques 2000 du CETMEF.
- Allard-Poesi F., 1996. *Cartes cognitives : pour ne pas jeter le bébé avec l'eau du bain*. 5ème Conférence internationale de management stratégique, Lille, France, 40 p.
- Amblard H., Herreros G., Bernoux P., 2005. Nouvelle approche sociologique. Le Seuil, Paris.
- Anselin, L., 1995. Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, 27, p. 93–115.
- Arciniegas, G., Janssen, R. and P. Rietveld (2013), "Effectiveness of collaborative map-based decision support tools: results of an experiment", *Environmental Modelling & Software* 39 (2013): 159-175.
- Ardron J., Marchand, A., Liedtke M., 2005. Gathering Spatial Knowledge from Local Experts. A Handbook for Interviewing Fishermen., Living Oceans Society.
- Aswani S., 2011. Socioecological Approaches for Combining Ecosystem-Based and Customary Management in Oceania. *Journal of Marine Biology*, 10(2011), p.845-385.
- Axelrod R., 1976. *The cognitive maps of political elites*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey 375 p.
- Boncoeur, J., 2005. Activités halieutiques et activités récréatives dans le cadre d'un espace à protéger: le cas du Parc National de la Mer d'Iroise. Rapport final, GdR AMURE.
- Ban, N., Alder, J., 2008. How wild is the ocean? Assessing the intensity of anthropogenic marine activities in British Columbia, Canada. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18, p. 55–85.
- Ban N.C., Picard C., Vincent A.C.J., 2008. Moving Toward Spatial Solutions in Marine Conservation with Indigenous Communities. *Ecology and Society*, 13(1), p.32.
- Beaud S., Weber F., 2003. *Guide de l'enquête de terrain: produire et analyser des données ethnographiques*. Paris, La Découverte.
- Becu, N., Neef, A., Schreinemachers, P., and C. Sangkapitux (2008), "Participatory computer simulation to support collective decision-making: Potential and limits of stakeholder involvement", *Land Use Policy* 25(2008): 498-509.
- Beck, M., Ferdania, J., Kachmar, K., Morrison, P., Taylor, P., 2009. Best Practices for Marine Spatial Planning. The Nature Conservancy, Arlington, Va. USA.
- Bersani, C., 2006. Rapport d'inspection "Schéma d'organisation des dispositifs de recueil de données et d'observation sur le littoral" CGPC / IGA / IGE.
- Bertrand F., 2007. Web architecture for monitoring and visualizing mobile objects in maritime contexts. Dans Proceedings of the 7th international conference on Web and wireless geographical information systems. Cardiff, UK: Springer-Verlag, p. 94-105.
- Beuret, J.E., Dufourmantelle, N., Beltrando, V., 2006. L'évaluation des processus de concertation: RELIEF, une démarche, des outils, Réponses environnement. La Documentation française, Paris.
- Bjordal, A., 2002. The use of technical measures in responsible fisheries: regulation of fishing gear. A fishery manager's guidebook Management Measures and Their Application Fisheries Technical Paper. (ed K.L. Cochrane), pp. 21–48. FAO, Fisheries and Aquaculture Department, Rome.
- Blanchet A., Gotman A., 2007. *L'entretien: l'enquête et ses méthodes*. Paris, A. Colin.
- Bonneau de Beaufort L., Fontenelle G., Largouët C., 2010. *OntoMap : ontologie et cartes cognitives*. 17e congrès francophone de Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle, Caen, 19-22 janvier 2010.
- Bourdoulous J., 2010. Document d'objectifs - Natura 2000 FR5300024 Rivière Elorn. Syndicat de Bassin de l'Elorn.
- Bousquet, F., Le Page, C., 2004. Multi-agent simulations and ecosystem management: a review . *Ecological Modelling*, 176 (3-4), p. 313-332.
- Brodhag C., 2005. Stratégies territoriales de développement durable et rôle de l'Etat. *Territoires 2030, revue d'études et de prospective*, n° spécial *Changement climatique, énergie et développement durable des territoires*. La documentation Française, n° 2, p. 7-13.
- Brody, S.D., Grover, H., Bernhardt, S., Tang, Z., Whitaker, B., Spence, C., 2006. Identifying Potential Conflict Associated with Oil and Gas Exploration in Texas State Coastal Waters: A Multicriteria Spatial Analysis. *Environmental Management*, 38, p. 597–617.
- Brosset D., Le Guyader D., Gourmelon F., Claramunt C., Tissot C., en préparation. Analyse multidimensionnelle des interactions entre activités.
- Callon M., P. Cohendet (ed.), 1999. *Réseau et coordination*. Paris, Economica, 194 p.

- Catanzano J., Thebaud O., 1995. *Le littoral, pour une approche de la régulation des conflits d'usage*. Propos, 148 p.
- Chauvin L., Genest D., Loiseau S., 2008. *Ontological cognitive map*. 20th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence.
- Christiansen G., 2011. Modélisation du savoir porté par les acteurs d'un système : application aux pêcheurs à la coquille en rade de Brest. Diplôme Agronomie Approfondie, Spécialité Halieutique, Agrocampus-Ouest
- Cicin-Sain B., Knecht R.W., 1998. *Integrated coastal and ocean management, concepts and practices*. Island Press, Washington D.C., 517 p.
- Claramunt, C., Parent, C., Thériault, M., 1997. Design patterns for spatio-temporal processes. Searching for Semantics: Data Mining, *Reverse Engineering*, p.415-428.
- Close C., Hall B.G., 2006. A GIS-based protocol for the collection and use of local knowledge in fisheries management planning. *Journal of Environmental Management*, 78(4), p. 341-352.
- CNIG, 1998. L'information géographique française dans la société de l'information. État des lieux et propositions d'action. Conseil National de l'Information Géographique; Association Française pour l'Information Géographique.
- CNIG, 2002. Rapport du groupe de travail «Littoral». Conseil national de l'information géographique.
- CNIG, 2004. Résolution du CNIG concernant le rapport final du Groupe de travail Littoral (Fiche technique du CNIG n°72). Conseil national de l'information géographique.
- Cole D.N., 2005. Computer simulation modeling of recreation use: Current status, case studies, and future directions, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Conseil Général du Finistère, 2003. SAGE de l'Aulne. État des lieux des connaissances et pré-diagnostic.
- Conseil Général du Finistère, 2007. Mise en œuvre du protocole départementale de numérisation du plan cadastral: catalogage des données numériques des partenaires associé.
- Couper A., 1983. *The Times Atlas of the Oceans*. Van Nostrand Reinhold, New York
- Daniels K., Markoczy L., Golberg J., Chernatony L., 1993. *Comparing cognitive maps*. Paper presented to the International Workshop on Managerial and Organizational Cognition, Brussels, Belgium.
- Dao J.C., Fleury G., Paquette P., 1992. *Éléments de réflexion pour l'évaluation économique de la filière d'élevage de la coquille Saint-Jacques*. IFREMER, DRV-92.001-RA, Brest, 61 p.
- De Singly F., 1992. *L'enquête et ses méthodes : le questionnaire*. Editions Nathan, collection Sociologie, Paris, 127 p.
- Delamarre A., 2002. La prospective territoriale. La Documentation française. Collection Territoire en Mouvement, Paris, 110 p.
- Deng R., 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), p.611-622.
- Des Clers S., 2004. Connecting with fisheries: Coastal Fishermen's maps and ecosystem description, Littoral 2004, Delivering sustainable coasts: connecting science and policy, proceeding volume 1, 424 p.
- Des Clers S., 2008. FisherMap. Mapping the Grounds: recording fishermen's use of the seas. Final Report. A report published for the Finding Sanctuary project.
- Des Clers S., 2010. Development of the FisherMap methodology to map commercial fishing grounds and fishermen's knowledge, Seafish
- Dumas, C., 2006. La plaisance dans le pays de Brest. Adeupa de Brest.
- Dupilet D., 2000. Le règlement des conflits d'usage dans la zone côtière entre pêche professionnelle et autres activités, rapport à Monsieur le Premier Ministre (Assemblée Nationale).
- Eden C., Ackerman F., Cropper S., 1992. The analysis of cause maps. *Journal of Management Studies*, 29, p. 309-323.
- Eikelboom T., Janssen R., 2012. Interactive spatial tools for the design of regional adaptation strategies. *Journal of Environmental Management*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envman.2012.09.019>
- Emmery A., 2008. Modélisation de la croissance et de la reproduction de la coquille Saint Jacques *Pecten Maximus* selon la théorie « Dynamic Energy Budget » : variabilité environnementale et croissance individuelle. *Rapport de stage de Master II en Sciences Biologiques Marines*, IUEM/Lemar
- Etienne M., 2010. *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*. Editions Quae, 386 p.
- Etienne M., 2012. La modélisation d'accompagnement : une forme particulière de géoprospective ? *L'Espace Géographique*, 2012-2 : 128-137
- Fifas S., 2004. La Coquille Saint-Jacques en Bretagne. Ifremer environnement, Direction des Ressources Vivantes, Ressources Halieutiques, 15 p.
- Gaignon, J.L., Gouedranche, L., 2005. Suivi-accompagnement des projets de GIZC – DIACT/SG Mer: résultats de la première enquête.

- Gaignon, J.L., Gouedranche, L., 2007. Suivi-accompagnement des projets de GIZC – DICT/SG Mer: résultats de la seconde enquête.
- Gimpel, A., Stelzenmueller, V., Cormier, R., Floeter, J., Temming, A., 2011. Spatial explicit tools to support an ecosystem-based marine spatial planning in the German EEZ. Presented at the COASTGIS 2011, 10th International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Management., Oostende, Belgique.
- Goodchild, M.F., 2007. Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0", *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2, p. 24-32.
- Gourmelon, F., Chlous-Ducharme, F., Rouan, M., Kerbiriou, C., F. Bioret, 2013. Role-playing game developed from a modelling process: a relevant participatory tool for sustainable development? A co-construction experiment in an insular biosphere reserve", *Land Use Policy* 32 (2013), p. 96-107 [doi: 10.1016/j.landusepol.2012.10.015]
- Gourmelon F., Robin M. (coord.), 2005. *SIG et littoral*. Ouvrage collectif, Traité IGAT (Information Géographique et Aménagement du Territoire), Ed. Hermès, 332 p.
- Gourmelon F., Etienne M., Rouan M., Kerbiriou C., Charles M., Bioret F., Chlous-Ducharme F., Guermeur Y., Hevrel H., 2008. Eléments de prospective environnementale dans une réserve de biosphère. *Cybergeo*, article 429 [[http://www.cybergeo.eu/index\\_20343.html](http://www.cybergeo.eu/index_20343.html)]
- Grall J., 2002. Biodiversité spécifique et fonctionnelle du maerl : réponses à la variabilité de l'environnement côtier. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, 302 p.
- Grall J. 2003. Fiche de synthèse sur les biocénoses: les bancs de maerl ». Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), p. 1–20.
- Grall J., 2009. Fiche de synthèse d'habitat "Maerl". Rapport du REBENT, 9 p.
- Hall G.B., 2008. The extraction and utilization of local and scientific geospatial knowledge within the Bluff oyster fishery, New Zealand. *Journal of Environmental Management*, in Press
- Hall G.B., Close C., 2007. Local knowledge assessment for a small-scale fishery using geographic information systems. *Fisheries Research*, 83(1), p. 11-22.
- Hall, G.B., Moore, A., Knight, P. & Hankey, N. (2009) The extraction and utilization of local and scientific geospatial knowledge within the Bluff oyster fishery, New Zealand. *Journal of Environmental Management*, 90, p. 2055–2070.
- Hartog F., Archambault, P., 2002. Impacts de la pêche au pétoncle sur les fonds marins et la faune associée : revue de littérature. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques, 2627, 38 p.
- Harvatopoulos Y., Livian Y.-F., Sarnin P., 1989. *L'art de l'enquête : guide pratique*. Editions Eyrolles, Paris, 137 p.
- Hobbs B.F., Ludsins S.A., Knight R.L., Ryan P.A., Biberhofer J., Ciborowski J.J.H., 2002. Fuzzy cognitive mapping as a tool to define management objectives for complex ecosystems. *Ecological Applications*, 12, p. 1548–1565.
- Houet T., Gourmelon F., 2013. La géoprospective – Apport de la dimension spatiale aux démarches prospectives. *Cybergeo*, à paraître.
- IDEA Recherche, 2003. SAGE de l'Aulne. Phase d'état des lieux: Pré-diagnostic. Un territoire, des milieux, des acteurs: un partage de l'eau pour quels usages? (Rapport final).
- Ifremer, 2010. La Synthèse Des Flottilles De Pêche 2008- Flotte Mer Du Nord - Manche - Atlantique - Méditerranée.
- Johnson J.C., Pollnac R.B., 1989. Introduction to managing marine conflicts. *Ocean & Shoreline Management*, 12, p. 191-198.
- Kosko B., 1986. Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1, p. 65-75.
- Largouët C., Cordier M.-O., 2010. Patrons de scénarios pour l'exploration qualitative d'un écosystème, *RFIA 2010 (Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle)*, Caen, France.
- Largouët C., Cordier M.-O., 2010. Patrons de scénarios pour l'exploration qualitative d'un écosystème, *RFIA 2010 (Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle)*, Caen, France.
- Lévêque C., Muxart T., Abbadie L., Weil A., van der Leeuw S., 2003. L'anthrosystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés-milieux. In Lévêque et van der Leeuw : *Quelles natures voulons nous ?* Elsevier, Paris, p. 110-129.
- Le Berre I., 1999. Mise au point de méthodes d'analyse et de représentation des interactions complexes en milieu littoral. . Thèse de géographie. Université de Bretagne Occidentale, Brest.
- Le Berre, I., Metzler, N., Gourmelon, F., 2001. Mise en œuvre de SIG opérationnels sur le littoral: la démarche des Services Maritimes du Ministère de l'Équipement en France. Presented at the CoastGIS'01, Halifax.
- Le Berre, I., Nogues, L., 2010. Production et diffusion de l'information géographique: Fiches techniques, MIMEL-DREAL de Basse-Normandie.



- Le Guyader D., 2012. Modélisation des activités humaines en mer côtière. Doctorat de Géographie. Ecole doctorale des Sciences de la Mer/UBO-UMR 6554 CNRS LETG. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00717420>
- Le Guyader D., Brosset D., Gourmelon F. 2012. Exploitation des données AIS (Automatic Identification System) pour la cartographie du transport maritime. *Mappemonde*, 15. <http://mappemonde.mgm.fr/num30/articles/art11101.htm/>
- Le Guyader D., Gourmelon F., Fontenelle G., in prep. A GIS-based Interview Procedure for Mapping Maritime Activity Zones
- Le Tixerant M., 2002. Représentation logique et spatiale de la réglementation des activités humaines en zone côtière. *Revue Internationale de Géomatique*, p. 325-335.
- Le Tixerant M., 2004. Dynamique des activités humaines en mer côtière. Application à la Mer d'Iroise. Thèse de Géographie, Géomer (UMR 6554 CNRS-LETG), EDISM IUEM (UBO), 209 p.
- Le Tixerant M., Gourmelon F., Tissot C., Brosset D. 2010. Modelling of human activity development in coastal sea areas. *Journal of Coastal Conservation: Planning and Management*, DOI 10.1007/s11852-010-0093-4, online : 2 mars 2010
- Lin D., 1998. *An information-theoretic definition of similarity*. Proceedings of 15th International Conf. on Machine Learning, p. 296-304. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA.
- Maes, F., Schrijvers, J., Van Lancker, V., Verfaillie, E., Degraer, S., Derous, S., De Wachter, B., Volckaert, A., Vanhulle, A., Vandenabeele, P., Cliquet, A., Douvere, F., 2005. SPSD II: Towards a Spatial Structure Plan for Sustainable Management of the Sea (SPSD-II/mixed research actions). Belgian Science Policy, Brussels, Belgium.
- Markoczy L., Goldberg J., 1993. *A method for eliciting and Comparing Causal Maps*. International Workshop on Managerial and Organizational Cognition, Brussels, Belgium.
- Maru Y.T., Alexandridis K., Perez P., 2009. Taking « participatory » in participatory modelling seriously. 18<sup>th</sup> World IMACS/MODSIM Congree, Cairns (Australia), 13-17 july 2009, <http://mssanz.org.au/modsim09>.
- Mazuel L., 2008. *Traitement de l'hétérogénéité sémantique dans les interactions humain-agent et agent-agent*. Thèse de doctorat en informatique, Université Paris VI, Paris, France, 228 p.
- Mercelle M., Le Moigne M., 2010. Caractérisation spatiale et quantitative des activités en rade de Brest et synthèse bibliographique des conflits d'usage. Master SML (EGEL), 79 p.
- Mericskay B., Roche S., 2012. Cartographie 2.0 : le grand public, producteur de contenus et de savoirs géographiques avec le web 2.0. *Cybergeo : European Journal of Geography* [en ligne], Science et Toile, article 552, mis en ligne le 20 octobre 2011, consulté le 27 décembre 2012. URL : <http://cybergeo.revues.org/24710> ; DOI: 10.4000/cybergeo.24710
- Mermet L., 2005. *Etudier les écologies futures, un chantier ouvert pour les recherches prospectives environnementales*, Bruxelles, Peter Lang, Ecolopolis (5).
- Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystem and Human Well-Being: synthesis*. Island Press, 137 p.
- Mugnier M.-L., Chein M., 1996. Représenter des connaissances et raisonner avec des graphes. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 10(1), p. 7-56.
- Özesmi U., 2004. Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecological Modelling*, 176, p. 43-64.
- Palmer M.C., Wigley S.E., 2009. Using Positional Data from Vessel Monitoring Systems to Validate the Logbook-Reported Area Fished and the Stock Allocation of Commercial Fisheries Landings. *North American Journal of Fisheries Management*, 29(4), p. 928-942.
- Papageorgiou E. I., Markinos A., Gemptos T., 2009. Application of fuzzy cognitive maps for cotton yield management in precision farming. *Expert Systems with Applications*, 36, p. 12399-12413.
- Pegler K.H., 2003. The potential for using very high spatial resolution imagery for marine search and rescue surveillance. *Geocarto International*, 18(3), p.35-39.
- Pelot R., Wu Y., 2007. Classification of recreational boat types based on trajectory patterns. *Pattern Recognition Letters*, 28(15), p. 1987-1994.
- Pennanguer, S., 2005. Incertitude et concertation dans la gestion de la zone côtière. Thèse de Doctorat Halieutique, Ensa-Rennes.
- Pomeroy R.S., Rivera-Guieb R., 2006. *Fishery co-management: a practical handbook*. IDRC, Ottawa, ON, CA.
- Poignonec D., 2006. Apport de la combinaison cartographie cognitive/ontologie dans la compréhension de la perception du fonctionnement d'un écosystème récifo-lagonaire de Nouvelle- Calédonie par les acteurs locaux. Thèse de doctorat en halieutique, Agrocampus ouest, Rennes, France, 306 p.
- Prigent M., Fontenelle G., Rochet M.-J., Trenkel V. M., 2008. Using cognitive maps to investigate fishers' ecosystem objectives and knowledge. *Ocean & Coastal Management*, 51(6), p. 450-462.

- Raymond Y., Tartarin F., Pennanguer S., 2006. De l'intérêt des réseaux d'acteurs en gestion intégrée de la zone côtière : l'exemple de la Baie du Mont Saint-Michel. Rapport intermédiaire du PNEC, chantier baie du Mont Saint-Michel, 88 p.
- Rubin A., Babbie E.R., 2005. *Research methods for social work*, Wadsworth Pub Co.
- Sanders L. (coord.) (2001). Modèles en analyse spatiale, Hermes-Lavoisier, Paris, 333 p.
- SAUM, 1980. Schéma d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer: rade de Brest. Direction Départementale de l'Équipement; Ministère des Transports.
- Schneider M., Shnaider E., Kandel A., Chew G., 1998. Automatic construction of FCMs. *Fuzzy Sets and Systems*, 93, p. 161– 172.
- Schrijvers, J., 2005. Interaction among users (SPSD-II/mixed research actions). Belgian Science Policy, Brussels, Belgium.
- Sedki K., Bonneau de Beaufort L., 2012. Cognitive Maps and Bayesian Networks for Knowledge Representation and Reasoning. 24th International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Athene, 2012.
- Serra-Sogas N., 2008. Visualization of spatial patterns and temporal trends for aerial surveillance of illegal oil discharges in western Canadian marine waters. *Marine Pollution Bulletin*, 56(5), p. 825-833.
- Steyaert, P., Barzman, M., Billaud, J.P., Brives, H., Hubert, B., Ollivier, G., B. Roche, 2007. The role of knowledge and research in facilitating social learning among stakeholders in natural resources management in the French Atlantic coastal wetlands. *Environmental Science & Policy* 10, p. 537-550. [doi:10.1016/j.envsci.2007.01.012]
- St. Martin K., Hall-Arber M., 2008. The missing layer: Geo-technologies, communities, and implications for marine spatial planning. *Marine Policy*, 32(5), p. 779-786.
- Suman, D., 2001. Case studies of coastal conflicts:: comparative US/European experiences. *Ocean & Coastal Management*, 44, p.1–13.
- Syndicat de Bassin de l'Elorn, 2007. SAGE de l'Elorn: Séquences d'élaboration des Tendances et Scénarios – Choix stratégiques et objectifs (Version finale validée).
- Syndicat de Bassin de l'Elorn, 2009. SAGE de l'Elorn: Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) (Version approuvée par la CLE du 08/07/2009).
- Tissot C., Brosset D., Rouan M., Le Tixerant M., Le Guyader D., 2013. Modeling Human Activities under Environmental Constraints. *Environmental Modelling and Software*, submitted.
- Torre, A., Aznar, O., Bonin, M., Caron, A., Chia, E., Galman, M., Lefranc, C., Melot, R., Guérin, M., Jeanneaux, P., Kirat, T., Paoli, J.-C., Salazar, M.I., Thinon, P., 2006. Conflits et tensions autour des usages de l'espace dans les territoires ruraux et périurbains. Le cas de six zones géographiques françaises. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 415.
- Tremblay, M.-A., 1957. The Key Informant Technique: A Nonethnographic Application. *American Anthropologist*, 59(4), p. 688-701.
- Trodec P., Le Goff J., 1997. État des lieux et des milieux de la rade de Brest et de son bassin versant. Phase préliminaire du Contrat de Baie de la rade de Brest. Édition Communauté Urbaine de Brest, 335 p.
- Vallega A., 1999. *Fundamentals of integrated Coastal Management*. The Geo Journal Library, Kluwer Academic Publishers, 262p.
- Vaissière A.C., 2010. Quels indicateurs pour les services écologiques de la rade de Brest ? Master Agrocampus Ouest, Spécialité Politique et Marchés de l'Agriculture et des Ressources (POMAR), 63 p.
- Wilson, S. 2004. Environmental tolerances of free-living coralline algae (maerl): implications for European marine conservation. *Biological Conservation* 120(2), p. 279-289 doi:10.1016/j.biocon.2004.03.001.
- Zhao Y., Largouët C., Cordier M.-O., 2011. EcoMata : Un logiciel d'aide à la décision pour améliorer la gestion des écosystèmes. Numéro spécial "Systèmes d'Information et de Décision pour l'Environnement". *Revue Ingénierie des Systèmes d'Information*, sous presse.



## ANNEXE 8. Lettre d'information transmise aux 17 pêcheurs à la coquille associés à l'étude de G. Christiansen (2011)



### Programme Liteau : RAD2BREST Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest

Modélisation du savoir porté par les acteurs d'un système :  
application aux pêcheurs à la coquille en rade de Brest

Auteurs : Gwen Christiansen, Louis Bonneau, Guy Fontenelle (Agrocampus ouest, Rennes), Françoise Gourmelon (LETG-Brest, IUEM)

#### Introduction

La perception des pêcheurs à la coquille Saint-Jacques de la rade de Brest a fait l'objet de cette étude grâce à votre participation. Elle tente de répondre à la question suivante. Au sein du groupe, la perception est-elle homogène du point de vue de la gestion de l'activité de drague à la coquille et de son interaction avec l'environnement naturel ?

#### Méthode

En mai 2011, 17 pêcheurs à la coquille ( $\approx 1/3$  du nombre total) ont été interviewés lors d'entretiens semi-directifs. Trois thèmes ont été abordés : le stock de coquille Saint-Jacques en tant que ressource, la gestion de l'activité de drague et son environnement. Chaque entretien s'est terminé par la réalisation d'un schéma appelé « graphe cognitif ». Il permet de modéliser les influences entre les éléments d'un système. Afin de disposer d'une vision globale de la représentation des pêcheurs interrogés concernant leur activité, nous avons effectué une synthèse des schémas obtenus en ne conservant que les éléments les plus fréquemment évoqués.

#### Résultats

La synthèse des graphes cognitifs (au verso) permet de représenter les éléments les plus importants aux yeux des pêcheurs concernant l'activité de drague ainsi que les principales relations entre ces éléments :

- **L'écloserie et son programme de repeuplement** sont les facteurs les plus importants concernant la quantité de coquilles présentes dans le milieu (lien positif de poids 3).
- **La gestion de l'effort de pêche** a une forte influence positive sur la quantité de coquilles (lien de poids 2,5 entre règlements et quantité de coquilles sur le fond). Les pêcheurs notent que la pêche a un impact négatif sur la ressource (relation négative de poids 2,2 entre quantité pêchée et quantité sur le fond et relation négative de poids 3 entre le nombre de pêcheurs et la quantité pêchée), mais qu'il est compensé par le semis de naissain.
- **Le prix de vente de la coquille** est également un paramètre essentiel concernant l'activité (lien positif de poids 2,5 sur la quantité pêchée).
- **L'ASP** est la principale crainte des pêcheurs pour l'avenir (lien négatif de poids 3 sur la quantité pêchée).

Nos entretiens ont également permis de récolter des avis relatifs à la gestion :

- **Quantité réensemencée** : Tous sont favorables au réensemencement, mais :
  - 12 pensent qu'il faudrait réensemencer plus
  - 3 (tous de la côte nord) estiment que le niveau actuel suffit
- **Prix de la licence** :
  - 12 considèrent son prix juste
  - 5 (tous de la côte nord) la jugent trop chère
- **Décorticage** :
  - 10 l'estiment nécessaire
  - 2 le considèrent inutile
  - 8 souhaitent une augmentation du prix de vente des coquilles décortiquées.

Ressources, territoires et habitats  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir



Ministère de l'Écologie, du Développement durable,  
des Transports et du Logement

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)



## **ANNEXE 9. Suivi de projet**

La coordination du projet a été assurée par un comité de pilotage et un comité de suivi.

- - Le comité de pilotage s'est réuni trois fois au cours du projet sous forme de réunions plénières ouvertes à l'ensemble des participants au projet.
- - Le comité de suivi, à géométrie variable, s'est réuni autant que de besoin pour traiter de points particuliers, thématiques ou techniques. La coordinatrice a participé à l'ensemble des réunions.

### **05.01.2010. PLENIERE 1**

Janvier-juillet 2010. Suivi Services Ecosystémiques/Typologie-entretiens/Modélisation (7 réunions LETG/Agrocampus-Ouest/AMURE)

### **16.09.2010. PLENIERE 2**

Octobre-décembre 2010. Suivi modélisation (5 réunions LETG/Terra Maris/Agrocampus-Ouest)

### **08.12.2010. Réunion BMO/LETG**

### **14.01.2011. Réunion CLPMEM/LETG/Agrocampus-Ouest**

Janvier-février 2011. Suivis modélisation (2 réunions LETG/Irenav)

### **08.02.2011. Réunion Région Bretagne (LETG/Terra Maris)**

### **08.04. 2011. Réunion CLPMEM/Agrocampus-Ouest**

Mars-mai 2011. Suivi modélisation (3 réunions LETG/Terra Maris)

Mars-mai 2011. Elaboration d'une convention de mise à disposition des données (LETG/Parc Naturel Régional d'Armorique/BMO)

### **08.07.2011. Comité de pilotage scientifique**

Septembre-octobre 2011. Suivi modélisation graphes cognitifs (3 réunions LETG/Agrocampus-Ouest)

Février-août 2012. Suivi modélisation multi agents (6 réunions LETG)

### **05.04.2012. PLENIERE 3**

### **26.04. 2012. Réunion CLPMEM/LETG/Agrocampus-Ouest**

Octobre-novembre 2012. Préparation de l'atelier du 19.12 (4 réunions LETG/Agrocampus-Ouest)

**19.12.2012. et 08.02.2013. Atelier « Quels scénarios pour la rade de Brest ? » IUEM, Plouzané (LETG-ESE/BMO/SAGE/PNRA/Pays de Brest/CLPMEM).**

## ANNEXE 10. Annexe financière (non certifiée par le CNRS)

En plus des ressources humaines mobilisées (CNRS, UBO, Région Bretagne, Agrocampus-Ouest, Ifremer), des sources de financement complémentaires ont abondé le budget (Région Bretagne, Europôle Mer). Concernant spécifiquement la dotation du programme LITEAU (103 252 kEuros), l'intégralité des ressources sera consommée en juin 2013, terme de la convention.

|   |                   |
|---|-------------------|
| Prestation Ifremer (documentation SE)   | 20 000,00         |
| Prestation Agrocampus-Ouest (modélisation des savoirs portés, contribution à la modélisation des activités en rade) | 12 000,00         |
| Prestation Terra Maris (contribution à la modélisation des activités en rade)                                       | 5 000,00          |
| Versement UMR LEMAR (cartographie habitats benthiques)  | 10 000,00         |
| CDD (stages de master, contrat)   | 39 301,45         |
| Petits équipements  | 6 068,84          |
| Fonctionnement  | 2 502,52          |
| Frais de gestion CNRS et laboratoire  | 7 643,30          |
| <b>TOTAL au 27 février 2013 (non certifié par le CNRS) <sup>20</sup></b>  | <b>102 516,11</b> |

---

<sup>20</sup> Le solde sera utilisé pour financer la participation d'un membre du projet au colloque international CoastGIS, Victoria (Canada), 18-21 juin 2013

### Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Fig. 1 : Le cadre d'étude : la rade de Brest .....   | 10 |
| Fig. 2 : Méthode utilisée pour la sélection des indicateurs de services écosystémiques (Vaissière, 2010).....  | 13 |
| Fig. 3 : Résultats en termes de coûts physiques de compensation pour chacune des grandes catégories de services écosystémiques, décrits selon les indicateurs de biodiversité utilisés (Vaissière, 2010).....  | 14 |
| Fig. 4 : Collecte de l'information géographique auprès de personnes ressources par la mobilisation d'un SIG exploité par une tablette PC .....   | 22 |
| Fig. 5 : Scènes de gestion identifiées en rade de Brest: synthèse chronologique (A), opérateur ou maître d'œuvre des scènes et liens entre scènes identifiées et actives en 2011 (B).....  | 24 |
| Fig. 6 : Zones de pratiques : exemple des métiers de la drague .....   | 27 |
| Fig. 7 : Calendriers de pratiques en 2009: exemple des métiers de la drague (données agrégées par mois).....   | 28 |
| Fig. 8 : Grille d'incompatibilités spatio-temporelles entre les activités de la rade de Brest à dire d'acteurs.....  | 31 |
| Fig. 9 : Structuration simplifiée de la Base d'Information Géographique « Rad2Brest ».....   | 34 |
| Fig. 10 : Étapes du post-traitement des données spatiales collectées à dire d'acteurs.....   | 35 |
| Fig. 11 : Structuration de la Base d'Information Géographique et Temporelle (BIG-T).....   | 37 |
| Fig. 12 : Interfaces graphiques de spécification des paramètres des outils « ActivitéQuotidienne » (A) et « DensitéQuotidienne » (B).....  | 38 |
| Fig. 13 : Interface graphique de spécification des paramètres de l'outil « Intersection Spatio-Temporelles (IST) ».....  | 39 |
| Fig. 14 : Zones de pratiques des activités encadrées (A) et densité de supports (B) le 26/10/2009. Pour des raisons de lisibilité, la symbologie des métiers de pêches est ramenée à cinq classes : par engin pour les métiers de la drague, de la ligne, du filet et du casier puis les métiers estuariens..... | 41 |
| Fig. 15 : Zones de pratiques des activités encadrées (A) et densité de supports (B) pour la période du 27/10/2009 au 23/11/2009 au pas de temps quotidien.....   | 42 |
| Fig. 16 : Densité cumulée de supports toutes activités encadrées confondues en 2009 .....  | 43 |
| Fig. 17 : Somme des intersections spatio-temporelles brutes entre activités au niveau 2 de la typologie.....   | 44 |
| Fig. 18 : Somme des intersections spatio-temporelles brutes (A) puis pondérées « à dire d'acteurs » (B) entre activités au niveau 3 de la typologie .....  | 46 |
| Fig. 19 : Évolution quotidienne de la somme des IST entre le transport de passagers et les activités nautiques en 2009.....  | 47 |
| Fig. 20 : (A) Intersections spatiales, (B) densité de supports, et (C) analyse spatiale des IST entre le transport de passagers et les activités nautiques le 2 mai 2009.....  | 48 |
| Fig. 21 : Comparaison entre les agrégats significatifs identifiés par les intersections spatiales et ceux identifiés par les intersections spatio-temporelles entre activités .....  | 49 |
| Fig. 22 : Structuration de la plateforme de modélisation Dynamique des Activités HUmaines (DAHU) .....   | 62 |
| Fig. 23 : Simulation de la variabilité de la pêche à la drague à l'échelle journalière en rade de Brest .  | 65 |
| Fig. 24 : Variabilité interannuelle de la pêche à la drague à l'échelle d'une zone de pêche.....   | 66 |
| Fig. 25 : Comparaison de la structure de deux bancs de maërl en rade de Brest.....   | 67 |
| Fig. 26 : Structure du modèle .....  | 68 |
| Fig. 27 : Emprise spatiale du domaine de simulation.....   | 69 |
| Fig. 28 : Visualisation des résultats à l'échelle du quadra .....  | 72 |
| Fig. 29 : Exemple du graphe dressé par le pêcheur numéro 1.....  | 75 |
| Fig. 30 : Graphe cognitif formalisé du pêcheur 1 .....   | 78 |
| Fig. 31 : Voisinage du terme « étoile de mer » [echinoderme_43].....   | 79 |

|  |    |
|--|----|
| Fig. 32 : Carte cognitive représentant les avis majoritairement partagés par les pêcheurs .....                | 80 |
| Fig. 33 : Formules de calculs d'indices de similarité.....   | 82 |
| Fig. 34 : Nombre d'occurrences des 15 thèmes principaux abordés dans les 17 graphes .....                      | 82 |
| Fig. 35 : Carte cognitive simplifiée détaillant les influences pour toutes les tendances [baisse, hausse]..... | 84 |
| Fig. 36 : Réseau bayésien construit à partir de la carte cognitive simplifiée .....                            | 85 |

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1 : Déroulement du projet.....   | 11 |
| Tab. 2 : Entretiens effectués.....  | 22 |
| Tab. 3 : Entretiens effectués pour spatialiser les activités.....   | 25 |
| Tab. 4 : Origine des données spatiales collectées par activité.....   | 26 |
| Tab. 5 : Origine des données temporelles et quantitatives collectées par activité.....  | 26 |
| Tab. 6 : Interactions négatives entre activités selon les personnes-ressources. ....  | 29 |
| Tab. 7 : Rubriques du dictionnaire de l'information géographique contenue dans la BIG.....  | 33 |
| Tab. 8 : Les opérateurs GIZC Bretagne interrogés dans le cadre du projet en cours «Elaboration d'un référentiel pour la création de bases de données et d'un dispositif d'aide à la décision dans le domaine de la mer et du littoral » ..... | 57 |
| Tab. 9 : Synthèse des réponses des participants à l'atelier concernant l'intérêt des productions issues de l'exploitation de la BIG-T dans un cadre de gestion.....   | 59 |
| Tab. 10 : Echantillon d'espèces intégrées au modèle .....   | 70 |
| Tab. 11 : Propriétés de l'objet echinoderme_43 dans l'ontologie, permettant de construire son voisinage et de calculer les similarités.....   | 79 |
| Tab. 12 : Table de probabilités reflétant les influences de la prédation et de l'éclosion sur le stock (les probabilités sont calculées à partir des influences) .....  | 84 |