



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

### RAPPORT DE SYNTHESE

#### Responsable scientifique

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



#### 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** (Terra Maris)

#### Partenaires non scientifiques

**J.P. Carval** (Comité Local des Pêches Maritimes et des Elevages Marins 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)

**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**

#### Mots clés

Modélisation, spatialisation, scénarisation, simulation, activités humaines, mer côtière, interactions spatio-temporelles, outils participatifs, services écosystémiques, partage de l'espace maritime, graphe cognitif, système d'information géographique

#### Domaines

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

# 1 Problématique

Depuis plusieurs décennies, le littoral se maritimise par une concentration croissante des activités en mer côtière. 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.

Dans ce contexte, l'analyse des multiples interactions d'une part entre les dynamiques d'activités et d'autre part entre ces dynamiques et les dynamiques naturelles est un enjeu décisif du point de vue des connaissances et de l'aide au développement durable des sociétés littorales prôné par la GIZC.

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 mer 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?
- 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 et de GIZC, multiplication des activités récréatives...) et de problématiques littorales traitées actuellement par différentes initiatives de recherche (<http://www-ium.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 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.

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 ce nouveau terrain 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. 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.

## 2 Méthodologie

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.

Ces tâches 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, par modélisation des savoirs portés par les pêcheurs et des interactions du déroulement de l'activité avec la ressource benthique.

## 3 Résultats

### 3.1 Documentation des services écosystémiques en milieu marin

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) 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. Les résultats en termes d'évaluation d'équivalence physique sont présentés en détail dans Vaissière (2010). Une publication scientifique a été réalisée à partir de la méthode mise en place dans cette étude (Vaissière *et al.*, 2013)<sup>1</sup>.

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, 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 mobilisés 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 leur dégradation. Ces valeurs peuvent ainsi offrir des « proxy » intéressants pour des négociations au sujet des mesures de dédommagements pour les usagers mais aussi pour l'environnement.

<sup>1</sup> <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.003>

## 3.2 La modélisation spatio-temporelle des activités maritimes encadrées à l'échelle de la rade de Brest ; de l'acquisition de données hétérogènes à la scénarisation exploratoire à dire d'acteurs

Ce volet est fondé sur 4 étapes. 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.

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

La typologie des activités humaines en rade de Brest a été structurée en 3 niveaux hiérarchiques. **Ont été recensées 51 activités** au niveau le plus fin, qui ont ensuite été spatialisées et renseignées du point de vue de leur calendrier de pratiques. Pour les données inexistantes, **une méthode originale de collecte de l'information à dire d'acteurs** a été mise au point. Elle mobilise un système d'information géographique exploité par une tablette PC lors des entretiens semi-directifs. Cette méthode a permis **d'associer 42 acteurs** dès la 1<sup>ère</sup> étape de la recherche : 7 pour la description des instruments de gestion (qui fournit un éclairage contextuel) et 35 pour la description des activités (un pour l'extraction de matériaux, 4 pour le transport maritime, 7 pour la pêche professionnelle et 22 pour les activités nautiques encadrées).

### 3.2.2 Structuration et utilisation d'un SIG

Une **soixantaine de couches d'information géographique** a été collectée notamment auprès de 14 producteurs et mise en forme dans une Base d'Information Géographique pilotée par un SIG. Elle a été mobilisée pour la collecte de données à dire d'acteurs. Les données manquantes ou incomplètes, mais nécessaires pour la modélisation du déroulement des activités humaines, sont acquises par un important travail soit d'analyse spatiale (Le Guyader *et al.*, 2012<sup>2</sup>), soit de mise en forme (données à dire d'acteurs). Le lien entre l'information temporelle et quantitative et l'information spatiale est ensuite réalisé. Il s'agit d'affecter à une entité spatiale les occurrences temporelles au cours de l'année 2009<sup>3</sup> avec un pas de temps quotidien et d'y associer les effectifs (nombre de bateaux) et la densité de supports (nombre de bateaux/km<sup>2</sup>). L'occurrence temporelle d'une entité spatiale correspond alors à un « événement ». Les activités sont ainsi spatialisées au sein de **127 entités spatiales** et leur déroulement dans le temps est caractérisé par plus de **8 700 évènements**.

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

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. Les données spatiales, temporelles et quantitatives collectées 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 est réalisé (Le Guyader, 2012<sup>4</sup>). La BIG-T permet de **caractériser la dynamique des activités** en rade de Brest en réalisant des cartes d'instantanés et

---

<sup>2</sup> <http://mappemonde.mgm.fr/num32/articles/art11405.html/>

<sup>3</sup> Choisie comme année de référence du fait de la disponibilité de nombreuses données

<sup>4</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, soutenue le 05.07.2012. <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/71/74/20/PDF/LeGuyader.pdf>

**d'identifier, spatialiser et quantifier les intersections spatio-temporelles entre activités intervenues en 2009 au pas de temps quotidien.** L'analyse des résultats montre que les plus fortes occurrences d'intersections concernent les activités nautiques entre elles, le transport maritime de passagers d'une part avec les activités nautiques encadrées et d'autre part dans une moindre mesure avec la pêche à la palangre au bar. 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.

#### **3.2.4 Scénarisation, simulation, évaluation des productions géographiques**

La Base d'Information Géographique et Temporelle 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, en présence de six opérateurs locaux, représentants des scènes de gestion et d'un groupe professionnel. Trois scénarios ont été élaborés par les acteurs et ont donné lieu à des simulations spatialement explicites : ouverture d'une nouvelle ligne de transport maritime, extraction d'ulves au large du port du Moulin Blanc, mise en place du schéma régional de développement de l'aquaculture. La BIG-T a permis d'identifier respectivement les activités impactées, les jours et les zones de moindres contraintes. L'évaluation des productions issues de la BIG-T par les participants 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. **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).** Si les simulations sont attractives pour les gestionnaires, l'expérience montre cependant que la co-construction de scénarios exploratoires simulables nécessite une implication active de leur part. 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 apporter des réponses concrètes par des résultats ciblés.

### **3.3 L'activité de pêche à la drague à la coquille**

La pêche à la drague, activité emblématique en rade de Brest, 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 benthique ;
- 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 pour la définition des sujets et la fourniture des données.

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

Un modèle quantitatif est élaboré afin 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. Par la mobilisation d'une plateforme multi-agents, 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 (quadrat, zone de pêche, rade de Brest) et temporelles (journée, semaine, mois, année). Les résultats montrent une **forte variabilité spatio-temporelle de cette pression** en rade de Brest. 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 CLPMEM, 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.

Dans une deuxième étape, la modélisation des interactions entre la pêche à la praire et les habitats benthiques associés a été réalisée. L'objectif était de simuler l'action de la drague sur la biodiversité de l'habitat maërl. 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. **Les simulations montrent que la richesse spécifique diminue dès le premier trait de drague pour atteindre 53% de la valeur initiale après 6 traits de drague.** Le nombre d'espèces peut varier à très court terme avec l'apparition des nécrophages qui disparaissent progressivement en cas d'arrêt de la pêche. Le rapport épifaune/endofaune varie en fonction de l'intensité (nombre de traits de drague) et de la fréquence de la pêche. Les variations simulées sont conformes à celles observées sur le terrain par les mesures réalisées au niveau du point REBENT. Lorsque la saison de pêche prend fin, la recolonisation des quadrats par certaines espèces améliore le rapport.

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

Afin d'étudier la perception des pêcheurs relative à la gestion de l'activité et son interaction avec l'environnement naturel, une démarche originale s'est appuyée sur l'élaboration de graphes cognitifs réalisés lors d'entretiens semi-directifs avec 17 patrons pêcheurs à la coquille Saint-Jacques de la rade de Brest. Le tracé des graphes permet de stimuler l'échange et la réflexion, et la synthèse des 17 graphes individuels permet de dégager les éléments les plus importants pour l'ensemble du groupe. Il ressort de l'analyse que les **pêcheurs ont une vision homogène de leur activité** : tous estiment que l'écloserie joue un rôle essentiel et 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<sup>5</sup>. Leurs avis diffèrent néanmoins sur la gestion : certains pensent qu'il faudrait réensemencer plus, et d'autres jugent la licence trop chère. La possibilité d'obtenir un graphe synthétique ouvre la voie à la construction de modèles d'inférences tels que des réseaux bayésiens 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 ?* », et donc d'envisager leur utilisation dans un cadre prospectif de gestion opérationnelle.

---

<sup>5</sup> Amnesic Shellfish Poisoning

## 4 Conclusions

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.

### 4.1 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 dédiés à 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 scénarisation. 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 chercheurs, par la prise en compte du temps dans le déroulement simultané de plusieurs activités maritimes.**

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 parties prenantes 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 intervenant en rade de Brest 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 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, Natura 2000), 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>6</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) ;
- 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>7</sup>.

## 4.2 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'École Navale et le laboratoire d'Informatique d'Agrocampus-Ouest. Dans ses différents volets, *Rad2Brest* a donné lieu à de multiples 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 :

<sup>6</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>7</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)

- 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.

### 4.3 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.

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>8</sup></b>	<b>102 516,11</b>

<sup>8</sup> Le solde sera utilisé pour financer la participation d'un membre du projet au colloque international CoastGIS, Victoria (Canada), 18-21 juin 2013

## 4.4 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. Cybergéographie: 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

[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., 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 Géo 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