



de la côte à l'océan
L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE
en mouvement

18 au 20 mars 2025
Nantes

contact@merigeo.fr
www.merigeo.fr

© Anasobras - 2024

Organisé par :



En partenariat avec :



Avec le soutien de :



L'édition 2025 de merIGéo est co-organisée par l'Ifremer, l'office français de la biodiversité (OFB), le Shom et l'institut de géographie et d'aménagement (IGARUN) de Nantes Université.



L'organisation a bénéficié d'un financement de Nantes Métropole et du support logistique des étudiants de l'IGARUN.

Comité d'organisation

Ifremer

Mathilde Pitel-Roudaut
Gaétane Durand
Hélène Parfait
Amandine Thomas
Mickaël Vasquez
Nathalie Wessel

OFB

Léa Pélissier
Marie Mahier
Mélanie Odion

Shom

Mélanie Durupt
Eric Le Guen
Camille Netter

IGARUN

Nicolas Rollo

Sommaire

Communications orales

Le littoral bousculé

Erosion du littoral et évènements extrêmes : le cas de Saint-Martin (Caraïbes) et de l'ouragan Irma (2017).....	11
Évaluer la vulnérabilité côtière à une échelle régionale : le cas d'étude du littoral de Cork, Irlande	12
Étude prospective des plages de la côte rocheuse des Pyrénées Orientales par imagerie satellite THR.....	13
L'apport de la géomatique dans l'appréhension des risques naturels liés à la dynamique paysagère du littoral camerounais : cas de l'érosion côtière de Cap Cameroun	14
Analyse de cartographies des risques littoraux et recherche d'une optimisation par l'oculométrie	15
Modélisation de la topobathymétrie par fusion de l'imagerie aérienne par drone et satellite PlanetScope en Martinique.....	16
Géomatique & risques côtiers : présentation des récentes évolutions de l'outil web-SIG « OSI ». - Équipe de l'observatoire intégré des risques côtiers (OSIRISC).....	17
Litto3D Saint-Pierre-et-Miquelon – Conduite des opérations et Contrôles qualité	19
Quelle méthode pour l'évaluation des niveaux marins extrêmes à l'île d'Yeu (085) ?	20

L'Intelligence Artificielle au service de la mer

Modèles photographiques du benthos - attributs et scalabilité	21
Automatisation de la bancarisation de données et de métadonnées issues d'acquisitions d'images de projets scientifiques et de sciences citoyennes	22
Extraction (semi) automatique du trait de côte de la zone portuaire d'Owendo (Gabon) par l'application de l'algorithme de Réseau de Neurone Convolutif (CNN) à partir des données tri-stéréoscopiques et stéréoscopiques Pléiades	23
Classification par apprentissage automatique des habitats du continuum terre-mer du Grand Barchois de Miquelon via l'imagerie PlanetScope	24

La mer en commun: gestion des données marines

L'observation Littorale et côtière en France, vers un système intégré porté par l'IR ILICO	25
Le SIMM (système d'information sur le milieu marin) : un système d'information fédérateur sur les données publiques du milieu marin	26
Comment améliorer la FAIRness des données géographiques marines et littorales ?	27
FAIRisation des logiciels marins : un atout pour les données géographiques de demain.....	28
Valparaiso, l'escale de rêve pour le Système d'informations halieutiques de l'Ifremer (SIH).	29

La mer en partage

Cartographie et gestion durable du whale watching dans les Petites Antilles.....	30
L'intelligence géospatiale appliquée à la surveillance des espaces maritimes du bassin Pacifique	31
Vers une planification de la conservation des Ecosystèmes Marins Vulnérables en Méditerranée	32
Enjeux de l'identification des zones d'importance pour les pêches : données, métriques et échelles.....	33
Traitement de données bathymétriques pour évaluer la dynamique sédimentaire post-exploitation d'un ancien site d'extraction de granulats marins	34
Fréquentations maritimes et impacts socio-écosystémiques : un cadre méthodologique intégré pour étudier les effets cumulés dans les Aires Marines Protégées	35

Le suivi de la biodiversité marine

Modélisation de la Biomasse et des Stocks de Carbone dans la Végétation des Prés-Salés de la Baie de l'Aiguillon	36
Cartographier les variables essentielles de biodiversité côtière par imagerie satellite multi et hyperspectrale : Projet SCO-BioEOS	37
Fusion de séries temporelles d'images satellites Sentinel-2 pour la production d'images et la cartographie des fonds marins de la surface jusqu'aux profondeurs mésophotiques dans le sud-ouest de l'océan Indien	38
Le meilleur des deux mondes ? Des annotations 2D à la construction de représentations 3D du paysage.....	39

Intégration de technologies à échelles multiples pour le programme italien de cartographie et de surveillance côtière, en mettant l'accent sur les herbiers de <i>Posidonia oceanica</i> et de <i>Cymodocea nodosa</i> (projet MER, PNRR)	40
Analyse des risques d'effets cumulés dans les sites Natura 2000 des estuaires de la Seine et de la Loire	41
La spatialisation de l'état écologique des récifs coralliens pour une planification territoriale préventive et sécuritaire : Etude de cas à La Réunion	42
Cartographies des communautés de macroalgues Intertidales d'estran rocheux par combinaison de données LiDAR et de relevés in-situ	43

Posters

Stratégie de suivi du littoral en Normandie Hauts-de-France	47
Sextant, une infrastructure de données géographiques marines : mise en œuvre des protocoles OGC pour la diffusion des données maritimes	48
Donnée et méthodologie adaptée au contexte géomorphologique pour une meilleure précision de la future limite terre mer ultra-marine	49
La plateforme PING et l'application mobile Nav&co : des outils mis à disposition gratuitement pour un meilleur partage de l'information nautique	50
Analyse de séries chronologiques d'images aériennes et satellitaires pour le suivi des blooms de macroalgues en milieu côtier	51
Modélisation de la pollution maritime induite par la création d'une zone SECA en Méditerranée	52
Caractérisation sédimentologique préalable aux implantations des futures zones EMR : apport des SIG à l'analyse et l'interprétation des données	53
Utilisation des outils SIG pour évaluer la dynamique sédimentaire post-exploitation d'un ancien site d'extraction de granulats marins à partir de données acoustiques et sédimentologiques	54
Application des méthodes Machine Learning pour le Suivi et cartographie multi-temporel (1990-2022) de la mangrove du Parc National d'Akanda (Gabon) à partir des images satellites Sentinel-2 et Landsat-4	55
Les sous-rectangles statistiques pour le suivi halieutique	56
Apports des modèles numériques de terrain topo-bathymétriques pour la prévision des submersions à Tahiti et Moorea	57

Modélisation géographique floue des pratiques de pêche lagonaire à Moorea	58
Morphodynamique des hermelles, dunes et schorres en baie du Mont-Saint-Michel via l'imagerie satellite à très haute résolution temporelle PlanetScope et l'intelligence artificielle	59
Contribution des informations spectrales du satellite SuperDove à la classification par Random Forest des habitats bio-sédimentaires en baie du Mont-Saint-Michel.....	60
Les données d'observation de la Terre en appui à la connaissance et la gestion des Parcs Naturels Marins, l'exemple du projet SUIVISAT dans le PNM du Golfe du Lion.....	61
Modélisation spatiale des macroalgues intertidales via la science citoyenne et la télédétection par Ortholittorale, Litto3D et drone.....	62
Cartographie multivariée des facteurs socio-environnementaux : vers une prise en compte opérationnelle du risque d'effets cumulés dans le réseau Natura 2000 en mer	63
Littosat - tableau de bord satellitaire du littoral.....	64
Seamounts habitat mapping and characterization of faunal communities using a non-intrusive and multi-scale approach with an AUV on Mediterranean Sea (Corsica, France)....	65
Litto3D : 20 ans et 20 000 km ²	66

Communications orales

Erosion du littoral et évènements extrêmes : le cas de Saint-Martin (Caraïbes) et de l'ouragan Irma (2017)

G. Jouannic¹, J. Gargani², K. Pasquon¹, B. Piccinini¹, E. Banton¹, O. Navarro³

¹Cerema

²Université Paris-Saclay

³Université de Nîmes

Dans un contexte d'urbanisation croissante des littoraux, d'élévation du niveau de la mer et d'augmentation de l'intensité des événements extrêmes, la question de l'érosion côtière suscite un intérêt croissant. Cependant ce qui se passe en termes d'évolution du littoral et de transport sédimentaire juste après les événements extrêmes a été beaucoup moins étudié et est moins bien contraint. Cette étude vise à comprendre la dynamique de l'érosion et de la sédimentation juste après un ouragan à partir du cas de Saint-Martin dans les Caraïbes, où plusieurs ouragans ont eu lieu durant les dernières décennies. Sur cette île, les ouragans ont conduit à des destructions significatives, du fait des nombreuses constructions sur le domaine littoral, ainsi que sur le reste du territoire.

A partir de l'analyse d'images satellites, de photos aériennes, d'une étude de terrain et de modélisations numériques, nous proposons de décrire les cycles de l'érosion sur le domaine littoral (amplitude, taux) et les mécanismes de transport observés à Saint-Martin. De façon plus appliquée, nous discutons la pertinence du choix des indicateurs d'érosion utilisés pour caractériser l'érosion littoral (limite de végétation, limite du « jet de rive », etc.), ainsi que comme outil d'aide à la décision et à la réglementation. Au cours des dernières décennies (1947-2021), les changements morphologiques dans les zones côtières de Saint-Martin, documentés à l'aide de photographies aériennes, ont été davantage influencés par des causes anthropiques que par des événements extrêmes.

Évaluer la vulnérabilité côtière à une échelle régionale : le cas d'étude du littoral de Cork, Irlande

E. Chalençon¹, F. Cawkwell², M. O'Shea³, A. Nur Karayel³, J. Murphy³

¹Department of Geography and MaREI Centre, Environmental Research Institute (ERI), University College Cork

²Department of Geography, University College Cork

³MaREI Centre, Environmental Research Institute (ERI), University College Cork

Les régions côtières du monde entier subissent de plus en plus de pressions dues au changement climatique et aux activités humaines. Le comté de Cork, situé dans le sud-ouest de l'Irlande, est particulièrement vulnérable, avec 61 % de sa population vivant à moins de 5 km du littoral. En réponse à cette situation, le Conseil du Comté de Cork finance un projet de recherche de trois ans et demi, visant à évaluer la vulnérabilité côtière le long de son littoral. Pour quantifier l'ampleur de l'évolution du trait de côte au cours des 25 dernières années, une méthode automatisée a été développée pour générer des taux d'évolution à partir d'orthophotographies RGB. Ces images constituent la source la plus fiable pour déterminer les positions passées du littoral, compte tenu des taux annuels inférieurs à un mètre, observés le long de la côte de Cork. De plus, un programme de terrain comprenant des relevés par drone, des relevés topographiques, des échantillonnages de sédiments et des relevés bathymétriques vise à améliorer notre compréhension des dynamiques côtières à court et moyen terme. La modélisation des conditions proches du rivage et du transport sédimentaire fournira des indications sur les réponses à long terme face à l'élévation du niveau de la mer et aux modifications des régimes de climat des vagues. Sur la base de ces informations, ainsi que de données secondaires, un système d'information géographique (SIG) est en cours de développement. Ce dernier servira d'outil d'aide à la décision pour le Conseil du Comté afin d'identifier les régions les plus vulnérables. Contrairement à de nombreux Indices de Vulnérabilité Côtière (IVC) qui se concentrent principalement sur la vulnérabilité physique, notre approche adopte une perspective régionale, holistique et transdisciplinaire pour une évaluation intégrée de la vulnérabilité. Nous proposons ainsi une méthodologie novatrice pour un IVC durable qui intègre des facteurs physiques ainsi que des paramètres sociaux, économiques et environnementaux. Notre objectif est de fournir des recommandations pratiques qui orienteront les politiques et stratégies visant à gérer efficacement les risques côtiers dans le comté de Cork, contribuant ainsi à la résilience et à la durabilité de la région.

Étude prospective des plages de la côte rocheuse des Pyrénées Orientales par imagerie satellite THR

G. Agin¹, A. Ajas², F. Halle³

¹Parc naturel marin du golfe Lion / Office français de la biodiversité

²EID Méditerranée

³Communauté de communes ACVI

Le trait de côte est défini comme étant la limite terre-mer du rivage, par temps calme. Sa position varie lorsque la houle se forme pendant les différentes tempêtes marines qui affectent les côtes. Le « recul du trait de côte » doit être différencié de l'érosion côtière, qui se traduit par une perte de matériaux, un déficit de sable, généré par plusieurs facteurs combinés qui peuvent être naturels comme anthropiques.

Avec un littoral essentiellement rocheux, la « côte Vermeille » (66) présente de nombreuses plages de poche distribuées le long du littoral, entre les communes d'Argelès-sur-Mer au nord et Cerbère au sud (frontière espagnole). Ces plages sont soumises à l'action des torrents y arrivant, au risque d'érosion et pour certaines à la submersion marine lors d'épisodes météorologiques exceptionnels, sur les fronts de mer urbanisés (digues et baladoirs e.g.). Le projet DYNATC, porté conjointement par le PNMGL et la Communauté de communes ACVI, vise, à partir d'images satellites THR (Pléiades), à évaluer les vitesses historiques de recul ou d'avancée du trait de côte, et d'envisager une projection de sa position à l'horizon 2050 sur ce littoral.

La formule de projection déployée par le pôle littoral de l'EID Méditerranée pour cette étude est basée sur la méthode DSAS (pour déterminer la régression linéaire du trait de côte), mais y intègre en plus les données de l'élévation du niveau de la mer et de la pente de plage. Les résultats de cette étude permettent de pouvoir évaluer et anticiper les risques sur certains enjeux urbains (routes, réseaux d'eau potable ou d'eau usée) installés à proximité directe des plages de poche. En estimant des dates d'impacts sur les enjeux urbains, le gestionnaire GEMAPIen peut planifier ses actions de gestion et anticiper des travaux d'adaptations. Afin de faciliter la compréhension et l'appropriation de ces résultats, la communauté de communes ACVI a développé un tableau de bord interactif et dynamique en ligne de ces éléments. Conçu pour une visualisation intuitive, ce tableau de bord rassemble en un seul endroit toutes les données pertinentes, permettant aux élus communaux une prise de conscience facilitée, pour une prise de décision éclairée.

L'apport de la géomatique dans l'appréhension des risques naturels liés à la dynamique paysagère du littoral camerounais : cas de l'érosion côtière de Cap Cameroun

L. Assala Agoume¹, C. Arielle¹, Etong Etong¹

¹Université de Yaoundé 1, Cameroun

Les changements climatiques sont un fait marquant qui affectent le monde entier, ils deviennent de plus en plus visibles dans les zones côtières sujettes aux risques naturels plus ou moins liés à ces derniers au rang desquels l'érosion côtière. Le littoral camerounais est fortement victime de l'érosion côtière qui est plus visible sur la façade Sud de l'île de Cap Cameroun dans l'estuaire du Wouri où l'on constate un recul significatif du trait de côte. Dans le cadre de notre étude, nous avons fait appel aux outils de géomatique (télédétection, SIG, cartographie) pour un meilleur traitement, analyse et visualisation de la situation qui prévaut sur une période donnée. De ce fait, quel sera l'apport de la géomatique dans la mise en alerte des autorités sur le danger qui plane sur le littoral Cap Cameroun ? L'approche méthodologique adoptée consiste en l'acquisition des données, le traitement des images Landsat et Google Earth (classification et digitalisation) sous les logiciels Arcgis 10.8 (logiciel de SIG) et Erdas Imagine 2014 (logiciel de télédétection). Ces données nous permettront de visualiser l'avancée de la mer et cartographier les différentes situations. Les traits de côte sont extraits et ont servi à la modélisation de l'érosion côtière sur le Cap Cameroun. De ce fait, notre travail s'inscrit dans les thèmes suivants : Imagerie et télédétection, Risques naturels, changements climatiques, activités humaines. Après traitement et analyse des données, les résultats obtenus font montre que à Cap Cameroun, les mangroves stables sont passées de 4707 ha (5,99 %) en 1986 à 5865 ha (27,92%) en 2000, puis de 3410,82 ha (1,92%) en 2016 à 2315,07 ha en 2024. L'érosion côtière a son mot à dire dans cette dégradation avec un recul de plus ou moins 0,38m/an à plus ou moins 1,12m/an quantifié. Par ailleurs, les données traitées nous ont permis d'élaborer des cartes mettant en valeur le recul du trait de côte au fil du temps, et l'occupation du sol de Cap. Face à cette situation, il se trouve que les causes de ce phénomène sont à la fois naturelles (l'action de la marée, du climat...) et beaucoup plus anthropiques (croissance démographique, l'extension agro-industrielle...).

Analyse de cartographies des risques littoraux et recherche d'une optimisation par l'oculométrie

E. Banton¹, O. Navarro², G. Jouannic³, J. Gargani⁴

¹Université de Nîmes / Cerema / Université Paris-Saclay

²Université de Nîmes, Chrome, Nîmes

³Cerema, Matris, Université de Cergy, Nantes

⁴Université Paris-Saclay, Geops, CNRS, Orsay

Dans un contexte de changement climatique, un des enjeux majeurs de la gestion des risques qui s'intensifient actuellement repose sur la communication. Quand le risque est spatialisé comme les risques littoraux, la communication passe essentiellement par la cartographie. Cependant, il a été constaté que les risques littoraux sont présentés de façon différente selon l'instance qui les produit et qu'il n'existe finalement pas de consensus sur la meilleure façon de faire. Cette absence d'homogénéité peut alors rendre difficile l'interprétation des cartes par toutes les parties prenantes. Aussi semblerait-il nécessaire d'établir des normes pour définir une charte cartographique optimale. L'objectif de l'étude présentée ici est double : chercher à définir des normes consensuelles mais qui soient en outre optimisées afin d'aboutir à un moyen de communication commun mais aussi le plus impactant possible.

Mais comment définir ce que pourrait être une carte efficace et efficiente concernant la question des risques littoraux ? C'est ce à quoi cherche à répondre la méthodologie déployée ici, qui consiste à faire observer par des participants différentes cartes représentant les risques littoraux d'un territoire afin d'étudier leurs perceptions et leurs ressentis. Pour ce faire, cette étude combine des méthodes classiques comme des questionnaires portant sur les visionnages des cartes mais également des méthodes plus innovantes comme l'oculométrie. Le suivi oculaire permet en effet d'interroger l'attention visuelle des participants et d'obtenir où, quand, pendant combien de temps et dans quel ordre leur regard se pose sur la carte. Cette méthode permettra donc de savoir comment les participants observent et analysent une carte des risques et d'en déduire ensuite la charte graphique optimale.

Modélisation de la topobathymétrie par fusion de l'imagerie aérienne par drone et satellite PlanetScope en Martinique

A. Collin¹, D. James¹, N. Lamontagne¹, R. Hardy¹, C. Monpert², L. Dupuy³, F. Dolique³

¹Centre de GéoEcologie Littorale, EPHE-PSL

²Shom

³BOREA, Univ. Antilles

La zone littorale incarne un théâtre de l'Anthropocène avec l'augmentation des aléas de vagues de tempêtes/cyclone, de la hausse du niveau marin, la pression d'urbanisation et l'érosion de la biodiversité. L'adaptation éclairée à ces risques grandissants réside dans la connaissance de la topobathymétrie fine, garante de la modélisation robuste des aires terrestres exposées et vulnérables, et des aléas hydrodynamiques.

Bien que le lidar topobathymétrique aéroporté soit un produit fini ad hoc à cette problématique, il nécessite un lourd coût logistique et financier, entraînant une basse résolution temporelle.

Nous proposons dans cette recherche originale de produire un modèle topobathymétrique à ultra haute résolution (UHR, <0.1 m) spatiale au-dessus du littoral de Gros Raisins (Martinique) à partir de la fusion de l'imagerie aérienne par drone et du satellite PlanetScope, tous deux sujets à une très haute résolution temporelle. L'imagerie par drone aérien a été acquise par le DJI P1 (bleu-vert-rouge à 0.08 m), doté d'un positionnement RTK, le 30 mars 2024, et l'imagerie PlanetScope (SuperDove à 8 bandes optiques à 3 m) a été collectée le 31 mars 2024. Le modèle topobathymétrique résulte de la combinaison du modèle numérique de surface terrestre (incluant bâti et végétation), issu de la photogrammétrie par drone aérien, et du modèle numérique bathymétrique, dérivé d'un réseau de neurones prédisant la bathymétrie lidar (produit Litto3D de 2016 acquis en 2012) à partir du modèle numérique de surface marine, issu de la photogrammétrie par drone aérien, augmenté des 8 bandes SuperDove résolues à 0.08 m au lieu de 3 m.

La mise à l'échelle de la réflectance de surface des 8 bandes satellites à 0.08 m a été très bien modélisée par un réseau de neurones à 2 couches cachées contenant chacune 3 neurones (R2violet : 0.79, R2bleu : 0.81, R2vert I : 0.84, R2vert : 0.86, R2jaune : 0.89, R2rouge : 0.89, R2bord rouge : 0.94, R2infrarouge : 0.93).

La relation non-linéaire (2 couches cachées à 3 neurones chaque) entre les données lidar et le modèle numérique de surface terrestre issu du drone n'a pas été très élevée (R2=0.54) car la validation lidar ne présentait que les points au sol et non du sursol, contrairement au nuage de points issu de la photogrammétrie par drone. Toutefois, en y ajoutant les données SuperDove du visible puis de l'optique, la relation a significativement augmenté à 0.68 et 0.68, respectivement.

Par ailleurs, la prédiction (2 couches cachées à 3 neurones chaque) du lidar bathymétrique jusqu'à 10 m de fond par le modèle numérique de surface marine a été très satisfaisante lorsque ce dernier était constitué de la photogrammétrie par drone (R2=0.87), puis augmenté de l'imagerie SuperDove du visible (R2=0.91) et de l'optique (R2=0.91).

Ce travail de recherche est largement transférable à d'autres sites d'études littorales aux avant-postes du changement climatique.

Géomatique & risques côtiers : présentation des récentes évolutions de l'outil web-SIG « OSI ». - Équipe de l'observatoire intégré des risques côtiers (OSIRISC)

M. Gandit¹, Q. Ruaud¹

¹Centre de GéoEcologie Littorale, EPHE-PSL Observatoire Intégré des Risques Côtiers d'érosion et de submersion en Bretagne (OSIRISC)

Lien vers l'application Web SIG : <https://osi.univ-brest.fr/>

Éléments de contexte

L'observatoire intégré des risques côtiers d'érosion et de submersion en Bretagne (OSIRISC) développe depuis 2019 une application Web SIG s'appuyant sur la notion de vulnérabilité systémique, nommé OSI. Ce concept de vulnérabilité est le fruit d'une collaboration scientifique entre plusieurs laboratoires (LETG, Amure, Geocean et LP3C) et met l'accent sur la co-construction d'indicateurs, avec les acteurs du territoire. OSI présente le concept de vulnérabilité systémique en d'affichant ses quatre composantes, aléas, enjeux, gestion et représentations, structuré sous forme d'une imbrication d'indicateurs et d'indices, permettant notamment des croisements de données à la maille de 50, 200, 400 et 800m sur l'ensemble du territoire breton.

OSI, un outil dynamique d'exploration de la vulnérabilité en Bretagne

Cette co-construction participe à l'amélioration en continu de l'outil OSI. Elle est orientée à partir de problématiques rencontrées par les praticiens du territoire et partenaires de l'observatoire OSIRISC (services de l'état, collectivités, gestionnaires, techniciens). La navigabilité entre territoires, la comparaison spatiale et temporelle des mailles sont au cœur des dernières innovations de l'outil OSI. Différentes échelles d'analyses spatiales sont possibles, de l'ensemble de la Bretagne à l'échelle locale d'un site, ou d'une commune. L'information est restituée à la fois à travers des indices globaux agrégeant des indicateurs et des indices, mais également à travers les éléments constitutifs de ces indices qu'il s'agisse de composantes, de thèmes ou d'indicateurs. Cette restitution à plusieurs niveaux permet d'identifier les leviers d'évolution de la vulnérabilité d'un territoire. Des ajouts de fonctionnalités comme la comparaison à deux fenêtres, les curseurs de variations temporelle et l'interrogation de la maille par l'utilisateur viennent aujourd'hui compléter ces aspects de navigation dans la vulnérabilité systémique.

Une aide à la décision à l'échelle locale

Cette visualisation dynamique permet un zoom à l'échelle locale. De nombreux indicateurs sont disponibles à la maille de 50m, permettant une utilisation par d'autres acteurs externes (bureau d'études, communes et intercommunalités) dans le cadre d'études littorales liées aux risques. C'est aujourd'hui par exemple le cas dans les études de projection future du trait de côte, les valeurs de recul par maille et les indicateurs d'enjeux sont utilisés comme première étape d'analyse pour circonscrire les zones nécessitant une attention plus particulière dans le calcul des valeurs de recul événementiel. Plus généralement, OSI et l'Equipe OSIRISC sont souvent sollicités pour des croisements de donnée entre enjeux et aléas, permettant d'avoir des premiers éléments de lecture, à l'échelle de la maille de 50m.

Une plateforme transposable vers d'autres territoires

Les améliorations de structuration techniques et méthodologiques de l'outil OSI rendent aujourd'hui possible une transposition vers d'autres territoires. Ce travail nécessite bien évidemment des adaptations en termes de sources de données et une étude préalable du territoire pour lister les indicateurs transposables ou non. Une expérimentation est actuellement en cours sur le territoire de La Réunion. Ce déploiement fait partie d'une action de collaboration de l'observatoire OSIRISC avec l'observatoire réunionnais Nout Bord'Mer sur des aspects d'appui et de soutien méthodologique et technique dans l'appréhension des risques côtier sur l'île.

Litto3D Saint-Pierre-et-Miquelon – Conduite des opérations et Contrôles qualité

E. Trancart¹, C. Monpert¹, V. Donato¹

¹Shom

Dans le cadre du programme Litto3D de cartographie côtière, le Shom a mené en 2023 un levé LiDAR topo-bathymétrique de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon. Le résultat final est un modèle d'élévation terre-mer couvrant 715 km² avec une profondeur de pénétration maximale de 29 m. En raison des conditions environnementales (brouillard, humidité, état de mer, turbidité), seuls 11 jours d'acquisition ont été possibles sur une période de 45 jours.

Afin de fournir de la donnée qualifiée, une stratégie de contrôle a été mise en place. Sur le terrain, des comparaisons entre les relevés quotidiens par LiDAR et des zones de référence topographiques et bathymétriques ont été réalisées. Suite au traitement, les incertitudes du produit ont été évaluées à l'aide de comparaisons entre les lignes de vols aux points de croisement et au positionnement d'objets remarquables, à terre et en mer. La densité a également été évaluée selon les gammes de profondeurs. Ces opérations de contrôle ont permis de qualifier le levé au regard des normes de l'Organisation Hydrographique Internationale.

L'approche collaborative entre les équipes du SHOM et le prestataire du levé (Hexagon) a permis de produire un jeu de données fiable et qualifié, désormais disponible en open data pour la communauté scientifique et les utilisateurs opérationnels.

Quelle méthode pour l'évaluation des niveaux marins extrêmes à l'île d'Yeu (085) ?

E. Cariou¹, A. Créach², A. Baltzer³

¹Observatoire des Sciences de l'Univers Nantes Atlantique - Nantes Université

²Laboratoire Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (UMR 6554, CNRS), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Brest

³Laboratoire Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (UMR 6554, CNRS), Institut de Géographie et d'Aménagement Régional de l'Université de Nantes, Nantes

L'élévation du niveau marin liée au changement climatique va renforcer les problématiques d'érosion et de submersion marine. La gestion de ces deux risques repose en partie sur une bonne estimation des niveaux marins extrêmes et de leurs occurrences possibles. Différentes études ont été réalisées à cette fin, notamment à partir des données du SHOM et avec le concours du CEREMA, pour dresser un atlas de ces niveaux marins extrêmes le long des côtes françaises.

L'utilisation de ces données ne rend pas compte des observations réalisées à l'île d'Yeu (Vendée), les valeurs indiquées dans ces études étant sous-estimées par rapport aux observations réalisées à Port-Joinville. Les forts coefficients de marées affichent déjà des niveaux supérieurs aux occurrences centennales estimées. D'autre part, ces niveaux ne sont pas homogènes tout au long du trait de côte de l'île d'Yeu. Or, plusieurs marais sont répartis depuis la côte nord-ouest jusqu'à la pointe sud-est. L'inondation potentielle de ces marais dépend donc étroitement des conditions de mer à un niveau très local que les atlas de niveaux marins extrêmes ne reflètent pas.

Cette communication propose donc des pistes de réflexion pour tenter d'estimer au plus juste ces niveaux marins extrêmes à une échelle micro-locale pour assurer une gestion optimale des risques de submersion marine pour l'île d'Yeu. Une première approche est proposée tenant compte des particularités locales.

Modèles photographiques du benthos - attributs et scalabilité

Q. Chenevier¹, L. Huguenin¹, Q. Calas¹

¹COSMA

Les récents progrès en robotique et en IA permettent de lever certains des verrous technologiques limitant la prise d'image en fond de mer, et en premier lieu son coût. La mise en œuvre de multiples micro-AUVs naviguant proche du fond pour prendre des photographies, la reconstruction de modèle 3D géoréférencés avec précision, et l'interprétation de millions d'images avec l'aide d'outils d'active learning ont été combinés par les ingénieurs de Cosma (anciennement Deess) avec le soutien de l'Ifremer afin d'offrir une solution scalable pour l'inventaire et le suivi des écosystèmes benthiques. Cette présentation présente les résultats obtenus en segmentation des substrats et classification des habitats benthiques, ainsi qu'en détection d'objets ou individus d'intérêt. Elle donne aussi un éclairage sur les surfaces couvertes et les niveaux de productivité atteints, ainsi que les perspectives de passage à l'échelle dans l'acquisition de données, le traitement et l'interprétation par des biologistes.

Automatisation de la bancarisation de données et de métadonnées issues d'acquisitions d'images de projets scientifiques et de sciences citoyennes

V. Illien¹, M. Contini¹, J. Barde¹, A. Joly², S. Bernard³, M. Duval¹, S. Bonhommeau¹

¹IFREMER Délégation Océan Indien

²INRIA

³LIRMM

Cartographier les écosystèmes coralliens est un enjeu majeur dans le contexte du changement global et des impacts liés à l'élévation des températures et l'acidification des océans, ainsi que de l'augmentation des pressions anthropiques. Les acquisitions de données doivent permettre d'appréhender les évolutions spatiales et temporelles et peuvent demander des ressources humaines et financières importantes. Depuis quelques années, plusieurs moyens d'acquisition s'appuyant sur des technologies low-cost liées à l'intelligence artificielle ont été développés pour obtenir des données en qualité et quantité suffisantes. Ces technologies sont d'intérêt pour les sciences participatives ou pour limiter les ressources nécessaires dans les projets de recherche.

Cette présentation détaille une chaîne de traitement automatisée utilisables par différents opérateurs pour gérer les étapes - de l'acquisition des données brutes jusqu'à la mise à disposition des produits finaux (jeux de données traitées, cartes, ...) suivant les principaux standards de description de la biodiversité et des données physiques ainsi que les principes FAIR.

La chaîne de traitement est testée sur des données acquises avec un ASV (images et bathymétrie géoréférencées) et avec des plateformes instrumentées dans l'Océan Indien. Elle se compose de deux parties : la première partie permet la mise à disposition d'images géolocalisées, de fichiers de bathymétrie et la métadonnée associée, la seconde effectue des prédictions d'habitats et d'espèces observées sur les images via de l'intelligence artificielle. Cet outil de reconnaissance a été calibré sur un jeu d'entraînement de plus de 14 000 images annotées manuellement. Cette chaîne de traitement vise à garantir l'accessibilité des données et des métadonnées à tous les utilisateurs afin d'améliorer la connaissance et la gestion des écosystèmes coralliens et permet la reproductibilité des résultats.

L'ensemble des données, métadonnées et traitements est mis en accès libre via Zenodo - plateforme de stockage communautaire et gratuite du CERN. Pour faciliter la gestion des données, un dépôt global a été créé contenant un Geopackage et des fichiers qu'y en dérivent. Il centralise toutes les métadonnées et les prédictions liées aux sessions et permet d'effectuer des requêtes sur l'ensemble des données. Les codes et images docker des ressources sont disponibles en ligne.

Extraction (semi) automatique du trait de côte de la zone portuaire d'Owendo (Gabon) par l'application de l'algorithme de Réseau de Neurone Convolutif (CNN) à partir des données tri-stéréoscopiques et stéréoscopiques Pléiades

N. Manomba-Mbadinga¹, S. Niculescu², J.B. Mombo³

¹Université de Bretagne Occidentale (UBO)/ Littoral-Environnement -Téledétection- Géomatique (LETG)

²Université de Bretagne Occidentale (UBO)

³Université Omar Bongo (UOB) / Laboratoire de Graphique et de Cartographie (LAGRAC)

Le littoral est un espace complexe et fragile représentant 30 % de la surface de la terre mais qui abrite 40% de la population mondiale. Le Gabon, pays côtier d'Afrique centrale n'en est pas en reste face à ce phénomène de littoralisation. Le Grand Libreville, sa capitale politique concentre plus de 40 % de la population du pays au sein ses trois communes (Libreville, Owendo et Akanda). Conscient des avantages que procurent la proximité à la mer et surtout des risques qui s'y rapportent, un suivi régulier et pertinent est de mise. A ce jour, de nombreux outils sont déployés dans le monde pour l'optimisation de l'observation et la gestion des espaces terrestres. Le traitement d'images Pléiades tri-stéréoscopiques et stéréoscopiques pour le suivi de l'évolution du littoral constitue une avancée significative dans le domaine de la surveillance environnementale vu leur Très Hautes Résolutions (THRs) spatiales (2m pour les bandes Rouge, Vert et Bleu (RGB)) 0.5 résolution pour le panchromatique). Ce travail vise à réaliser une comparaison des produits Pléiade tri-stéréoscopique (2023) et stéréoscopique (2022) afin d'évaluer leur pertinence pour l'extraction du trait de côte de notre zone d'étude. Cette dernière se situe dans la commune d'Owendo et appartient au domaine littoral portuaire. Elle est caractérisée par des occupations du sol de tous genres tels que les infrastructures (portuaires, habitations, hôtels, routes, etc.), la végétation, la plage et la mer. La chaîne méthodologique de notre approche, propose dans un premier temps des classifications supervisées de l'occupation du sol à partir de l'algorithme de Réseau de Neurone Convolutif (CNN) combiné à l'analyse orientée objet (OBIA). La classification de l'image Pléiade tri-stéréoscopique s'est avéré presque aussi efficaces que celle de la stéréoscopique. Les modèles CNN conçus ont été alimenté par les parcelles de taille d'échantillon de 16×16 . Par ailleurs, le nombre de couches cachées a été réglé à 2 avec des tailles de noyaux de 3×3 et 5×5 respectivement. Les tailles de patches de 50 et 5000 étapes de formation ont eu une bonne performance. Un processus de validation croisée a révélé que le taux d'apprentissage optimal pourrait être fixé à 0,0001. La classification des deux images présentent des taux de précision similaires à savoir 0.83 (stéréoscopique) et 0.81 (tri-stéréoscopique). Une diversité de traits de côte extrait à partir de la classification du sol a été relevée. Il s'agit de la limite côté terre d'un ouvrage de protection, la limite de végétation, la limite entre le sable sec et le sable humide et la ligne atteinte par l'eau. Cette démarche méthodologique a nécessité l'usage des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) tels que les logiciels QGIS (3.34.7) et Ecognition (10.0) pour le prétraitement et traitement de données. QGIS a été utile pour la création des échantillons d'entraînement, le prétraitement d'images ainsi que leur post-traitement. Par ailleurs, Ecognition a servi pour la classification supervisée des images.

Classification par apprentissage automatique des habitats du continuum terre-mer du Grand Barchois de Miquelon via l'imagerie PlanetScope

D. James¹, A. Collin¹, F. Téléchéa², N. Robin³, E. Feunteun⁴

¹CGEL-EPHE/PSL

²Université de Lorraine, CNRS UMR 7360

³Université de Perpignan, CEFREM

⁴UMR BOREA (MNHN, CNRS, SU, IRD, UCN, UA), CGEL-EPHE/PSL

Les zones du continuum terre-mer sont confrontées à des taux de changements sans précédent en raison des risques côtiers, tels que la submersion, l'érosion et la salinisation des terres. La surveillance terrestre à grande échelle est facilitée par des satellites d'observation, tels que Sentinel, Pléiades et Worldview. Toutefois, ces satellites ne permettent pas un suivi à très haute résolution (THR) temporelle. En revanche, les nano-satellites de la constellation PlanetScope offrent des images à haute résolution spectrale (8 bandes) et spatiale (3 m) avec une fréquence quotidienne.

L'objectif de cette étude innovante est de suivre l'évolution de l'occupation du continuum terre-mer dans les milieux biotiques et abiotiques du Grand Barchois de Miquelon, au sein de l'archipel français de l'Atlantique Nord. Une collection d'imageries collectées depuis 2021 par la constellation PlanetScope (Superdove) a été sélectionnée en fonction de la complétude de la scène et de l'absence de nuages. Ces images ont été classifiées via un apprentissage automatique basé sur l'algorithme Random Forest (RF), entraîné sur un faible nombre d'images. Une fois créé, le modèle RF a ensuite été appliqué aux autres dates afin de garantir une meilleure détection des changements au fil du temps. L'apport des prédicteurs spectraux (8 bandes) a été évalué à l'échelle globale pour assurer la pertinence et la précision des analyses. En complément, des indices tels que le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), le NDWI (Normalized Difference Water Index) et le TSM (Total Suspended Matters Index) ont été calculés pour affiner l'analyse et la création des données d'entraînement. Le NDVI a permis d'évaluer la santé de la végétation, le NDWI d'identifier les zones aquatiques et le TSM de mettre en exergue la turbidité. Ces indices ont fourni des informations cruciales pour une analyse environnementale détaillée. L'analyse portant sur les mois de juin 2021, 2022, 2023 et 2024 a donné des résultats de précision globale respectivement de 87,7 %, 80 %, 66,6 % et 70,1 %.

Les classifications effectuées ont permis de mettre en lumière la trajectoire d'évolution des habitats (eau, algue, herbier, sable émergé, sable immergé, sol nu, végétation terrestre) de l'occupation du continuum terre-mer dans le site étudié. Les analyses seront étendues à des périodes supplémentaires et l'apport des indices sera testé afin de mieux comprendre la dynamique du site.

L'observation Littorale et côtière en France, vers un système intégré porté par l'IR ILICO

A. Lefebvre, A. Le Guen², B. Mostajir³, S. Bertin⁴, X. Bertin⁵, V.M.P. Bouchet⁶, G. Charria⁷, P. Claquin⁸, L. Coppola⁹, N. Desroy¹⁰, S. Fiat¹¹, R. Hocdé¹¹, M. Lemoine¹², C. Menkes¹¹, P. Sasal¹³, F. Schmitt⁶, N. Savoye¹⁴, L. Testut⁵, C. Ulses¹⁵, G. Woppelman⁵

¹Ifremer, COAST, Laboratoire Environnement et Ressources, Boulogne sur mer

²IUEM UAR 3113, UBO, CNRS, IRD, F-29280 Plouzané

³MARBEC UMR 9190, Université Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, F-34090 Montpellier

⁴Geo-Ocean UMR 6538, UBO, USB, CNRS, Ifremer, F-29280 Plouzané

⁵LIENSs UMR 7266, La Rochelle Université, CNRS, F-17042 La Rochelle

⁶LOG UMR 8187, Univ. Lille, Univ. Littoral Côte d'Opale, CNRS, F-62930 Wimereux

⁷Ifremer, LOPS, Plouzané

⁸UR MERSEA, CREC-Station Marine – Université de Caen Normandie, F-14530 Luc-sur-Mer

⁹STAMAR UAR 2017 Sorbonne Université, CNRS, Observatoire des Sciences de l'Univers (OSU) Station Marines (STAMAR), Paris

¹⁰Ifremer, COAST, Laboratoire Environnement et Ressources, Dinard

¹¹IRD, CNRS, Ifremer, Université de la Réunion, Université de la Nouvelle-Calédonie, UMR Entropie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

¹²Ifremer, COAST, Nantes

¹³CRIOBE UAR 3278, Université Perpignan, CNRS, UPVD, EPHE, Perpignan

¹⁴EPOC UMR 5805, Université Bordeaux, CNRS, EPHE, Bordeaux INP, F-33600 Pessac

¹⁵LEGOS UMR 5566, Université Toulouse, CNES, CNRS, IRD, UT3, F-31400 Toulouse

Labellisée en 2016, l'Infrastructure nationale de recherche pour l'Observation littorale et côtière (IR ILICO) est dédiée à la connaissance de la dynamique des systèmes littoraux et côtiers en France métropolitaine et sur les territoires ultra-marins. L'IR ILICO se destine à l'observation pluridisciplinaire à long terme de ces zones complexes, tant dans leur dynamique (trait de côte, niveau de la mer) que dans leurs fonctions écologiques (phytoplancton, communautés macro-invertébrés benthiques), ou leur composition physico-chimique. Elle déploie dans les zones littorales et côtières, via un réseau labellisé de neuf Services Nationaux d'Observation, un ensemble quasi-exhaustif de technologies de mesures et d'analyses dans l'air, sur l'eau et dans l'eau qui permet de couvrir un large spectre de variables océaniques essentielles et de biodiversité. Elle est également dotée d'un Code Communautaire labellisé pour la modélisation couplant physique, biogéochimie et biologie. L'IR ILICO dispose également des compétences et de l'expertise nécessaire au développement, à l'optimisation des outils, des méthodes pour tendre vers une Observation Intégrée, multi-plateformes, multi-variables et multi-résolutions ouvrant la connaissance pour assurer une gestion durable des écosystèmes littoraux et côtiers. L'IR ILICO est garante de l'interopérabilité et de la qualité des observations, selon les principes FAIR, via une collaboration étroite avec l'IR DATA TERRA. L'IR ILICO est le nœud français dans la coopération européenne autour du littoral et du côtier. Il s'agira de présenter comment cette structuration permet d'apporter de la connaissance pour (i) comprendre l'évolution de ces écosystèmes complexes à différentes échelles, (ii) de caractériser les effets directs et indirects de ces pressions en termes d'états environnementaux et d'impacts, (iii) d'identifier les événements récurrents, rares et extrêmes et leurs impacts, afin (iv) de mieux prévoir leur évolution à court comme à long terme.

Le SIMM (système d'information sur le milieu marin) : un système d'information fédérateur sur les données publiques du milieu marin

N. Hombert¹, J. Chataigner¹

¹OFB

Le SIMM vise à fédérer, valoriser et diffuser largement, d'une façon fiable, coordonnée et interopérable, l'ensemble des données produites par les politiques publiques sur l'état des écosystèmes marins, leurs usages, les pressions et les réponses associées.

C'est un espace privilégié de concertation et de travail entre les différents acteurs du milieu marin. Piloté stratégiquement par la DEB et techniquement par l'OFB, sa gouvernance est partenariale et permet de définir des actions pour répondre à ses objectifs.

Le SIMM doit s'intégrer au mieux avec les outils et systèmes d'information existants, issus de la recherche, de l'international ou portés par des opérateurs du milieu marin tout en répondant aux besoins des politiques publiques.

En cours de construction, il propose les services suivants :

- Le portail public milieumarinfrance, porte d'entrée sur les ressources du SIMM.
- Un catalogue de fiches de métadonnées, donnant accès aux jeux de données.
- Un service d'administration des référentiels marins (le SAR), définissant les référentiels, les standards d'interopérabilité technique et sémantique pour les données du SIMM.

Comment améliorer la FAIRness des données géographiques marines et littorales ?

C. Cotten¹, S. Schmidt², E. Quimbert¹, C. Mercier³, J.F. Piolle¹, M. Hoebeke⁴, D. Khvorostyanov⁵, J. Sudre⁶, C. Germaineaud⁷, D. Obaton¹, M. Lorre-Guidt⁸, J. Barde⁹

¹Ifremer

²CNRS, Université de Bordeaux

³Akkodis

⁴CNRS, Station biologique de Roscoff

⁵CNRS, LOCEAN/IPSL

⁶IR DATA TERRA

⁷CNES

⁸CNRS

⁹IRD

Les données marines et littorales étant souvent coûteuses à acquérir et non reproductibles, il est particulièrement important qu'elles puissent bénéficier à la communauté scientifique la plus étendue possible sur le long terme. En dehors d'assurer leur stockage pérenne, il est important de garantir qu'elles restent facilement trouvables (Findable), accessibles (Accessible), interopérables (Interoperable) et réutilisables (Reusable). Ces quatre principes étant résumés sous l'acronyme FAIR. Portée par le Ministère de la Recherche, l'Infrastructure de Recherche Data Terra a notamment pour rôle de développer des outils et une expertise sur ces aspects FAIR et de diffuser ces connaissances et innovations vers les communautés par l'intermédiaire des pôles de données thématiques. ODATIS, le pôle Océan de l'IR Data Terra, a aussi pour objectifs d'accompagner la communauté scientifique marine et littorale dans l'appropriation des principes FAIR et de leur mise en application opérationnelle.

Depuis plusieurs années, les gestionnaires et producteurs de données sont incités à améliorer la FAIRness de leurs données. Toutefois, si le concept et les avantages commencent à être connus, il est plus difficile de savoir concrètement quels sont les moyens d'améliorer chaque aspect des principes FAIR. Loin d'une présentation générale du FAIR data, cette intervention proposera à cette fin des conseils concrets pour améliorer la FAIRness des données géographiques marines et littorales.

FAIRisation des logiciels marins : un atout pour les données géographiques de demain

S. Piel¹, J. Detoc¹, E. Bodéré¹

¹Ifremer

La gestion des données marines, incluant les composantes géographiques, repose de plus en plus sur les principes FAIR (Facile à trouver, Accessible, Interopérable et Réutilisable). Cette communication vise à illustrer l'application de ces principes à des logiciels de recherche en océanographie physique, en s'appuyant sur deux exemples :

- Octopus, utilisé dans le cadre de l'infrastructure de données SeaDataNet pour la vérification de la conformité des données à des standards et pour effectuer des conversions de formats ;
- SCOOP3-Argo, pour la qualification des données issues du programme international Argo, basé sur des milliers de flotteurs dérivants autonomes.

Après une brève présentation des concepts FAIR, nous montrerons comment ces principes s'appliquent non seulement aux données et métadonnées, mais aussi aux logiciels eux-mêmes qui traitent ces données.

Nous décrirons les outils utilisés, tels que GitHub pour la gestion du code, et F-UJI pour l'évaluation de la conformité FAIR. Les bonnes pratiques concernant la mise à disposition des fichiers sur des dépôts publics seront abordées, ainsi que la question des licences. Enfin, l'importance du référencement avec des identifiants pérennes et uniques (comme les DOI) sera discutée, avec un focus sur des plateformes telles que Sextant, SEANOE, Zenodo et Software Heritage.

Cette démarche vise à améliorer la transparence, la réutilisabilité et l'impact des logiciels dans la recherche marine, en facilitant la gestion et le partage de données intégrant des composantes spatiales et temporelles.

Valparaiso, l'escale de rêve pour le Système d'informations halieutiques de l'Ifremer (SIH)

E. Le Roy¹, A.S. Pencreac'h¹, V. Badts¹

¹Ifremer

Application de validation et de visualisation des données collectées dans le cadre du réseau du SIH, Valparaiso compare et analyse différentes sources de données d'Hexagone et d'Outremer pour valider celles issues du terrain : activités pratiquées par les pêcheurs, taille-poids-âge des espèces marines, quantités débarquées et vendues.

Les référentiels halieutiques -géographiques et de contrôle- sont mobilisés pour suggérer de potentielles erreurs de saisie en multipliant les représentations graphiques : cartographie, graphiques, tableaux de connaissance. Celles-ci peuvent porter sur des séries historiques ou sur une année donnée.

Au-delà des progrès technologiques réalisés sous R-Shiny, c'est aussi toute la chaîne de validation des données qui se trouve améliorée. Chaque saisisseur devient acteur des données qui viennent enrichir le système d'information. Ainsi, au fil de l'eau, chacun peut par exemple cartographier l'activité des navires de pêche qu'ils traduisent de leurs enquêtes participatives menées auprès des pêcheurs professionnels. C'est un moyen fiable de visualiser son travail, celui de ses collaborateurs, et d'y porter un regard réflexif.

Cartographie et gestion durable du whale watching dans les Petites Antilles

L. Wouldenberg¹

¹Université des Antilles

Les écosystèmes marins des Petites Antilles, riches mais fragiles, subissent de nombreuses pressions anthropiques, dont le tourisme. Le whale watching, bien qu'alternatif à d'autres formes de tourisme de masse, peut entraîner des perturbations écologiques si mal encadré. Cette présentation explore comment l'intégration des systèmes d'information géographique (SIG) peut contribuer à une gestion durable de cette activité. En combinant les données GPS des bateaux touristiques, la cartographie des habitats de cétacés et l'analyse des corridors marins, cette approche identifie les zones critiques de chevauchement entre tourisme et biodiversité. Les résultats visuels issus des SIG permettront de proposer des régulations adaptées, telles que des quotas de visiteurs, des codes de conduite pour les opérateurs, et des zonages marins préservant les corridors écologiques essentiels. Cette méthodologie contribue également à renforcer la gouvernance locale par une implication accrue des parties prenantes. En facilitant une planification territoriale éclairée, ce projet démontre que le whale watching peut devenir un levier de développement durable tout en minimisant ses impacts environnementaux.

L'intelligence géospatiale appliquée à la surveillance des espaces maritimes du bassin Pacifique

A.C. Duverger¹, C. Carré¹, V. Litoux¹, C. Ray¹, J.M. Kowalski¹

¹Ecole Navale

L'intelligence géospatiale ou GEOINT s'est surtout structurée autour d'analyses terrestres : planification et aménagement du territoire (espaces péri-urbains, sécurité alimentaire), gestion de l'environnement (cyclones, tremblements de terre), sécurité transfrontalière (mobilités humaines, trafics de drogues) ... Pourtant, les enjeux maritimes sont de plus en plus présents : zones économiques exclusives en litige, exploitation de ressources naturelles, ruptures de câbles Internet sous-marins, trafics illégaux...

C'est pourquoi la présente recherche, associant les sciences humaines et les sciences de la donnée, vise à jeter les bases d'une méthodologie propre à l'intelligence géospatiale maritime. Cette dernière peut se définir comme un système d'information qui permet d'acquérir des connaissances par l'utilisation de toutes ou partie des données acquises dans les quatre dimensions du milieu maritime (le plancher océanique, la colonne d'eau, la surface et l'espace), en vue d'effectuer des analyses prédictives. Du point de vue des activités de surface, elle repose notamment sur l'exploitation et le traitement de données AIS (Automatic Identification System). Concernant notre démarche, ces dernières sont annuelles, de couverture mondiale et complétées avec des données de l'assureur britannique Lloyds.

Ainsi, la communication proposée illustrera les enjeux d'une approche reposant sur l'intelligence géospatiale maritime, et ce, en s'appuyant sur des cas d'études relatifs à une région hautement maritime et dont les enjeux géopolitiques ne sont plus à démontrer : le bassin Pacifique et en particulier l'Océanie. Notre propos sera alimenté par des productions cartographiques et analyses qui concernent la veille des câbles Internet sous-marins et la sécurisation des échanges maritimes internationaux de la zone. Cela soulèvera des questions théoriques sur la place de l'interdisciplinarité, la spatialisation des territoires maritimes (par nature mouvants) et la représentation d'informations massives et temporelles ; des défis communs à l'étude des mers et océans du monde et qui nourrissent la recherche en géographie.

Vers une planification de la conservation des Ecosystèmes Marins Vulnérables en Méditerranée

J. Millot¹

¹Ifremer

Le chalutage de fond, responsable d'environ un quart des débarquements de ressources marines dans le monde, constitue la principale menace pour l'intégrité des plateaux continentaux et les communautés benthiques qui y vivent. Partageant leur habitat avec des espèces de poissons et de crustacés à fort intérêt commercial (merlu, rouget, langoustines), les écosystèmes benthiques dit « vulnérables » subissent les impacts collatéraux de la pêche de fond. Les espèces qui les composent, incluant des coraux froids, des pennatules, des éponges et des crinoïdes, vivent fixés et présentent des structures érigées facilement détruites par le passage du chalut. Leur faible résistance peut être aggravée par des traits d'histoire de vie (longévité, faible taux de reproduction...) limitant leur capacité de recolonisation après perturbation. Par ailleurs, les conditions environnementales stables dans lesquelles vivent ces écosystèmes de fonds pourraient être modifiées par les changements climatiques en cours, particulièrement intenses en Méditerranée.

A ce jour, la conservation des communautés benthiques des plateaux continentaux méditerranéens repose principalement sur les actions de la Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée (CGPM) qui vise à assurer la gestion écosystémique des pêcheries. Cependant, l'efficacité des mesures mises en place, dont les Zones de Restriction des Pêches (FRA), est limitée par le manque de connaissances sur la distribution spatiale des écosystèmes de fond. Cette présentation développera l'élaboration d'un exercice de Planification Systématique de la Conservation visant à identifier un réseau prioritaire de conservation des Ecosystèmes Marins Vulnérables (EMV) en Méditerranée. Ce réseau doit d'une part être représentatif de la diversité des communautés benthiques, cibler les hotspots d'espèces les plus sensibles au chalutage et être stable dans le temps face aux changements climatiques. D'autre part, ce réseau doit minimiser les coûts associés aux activités de chalutage et intégrer les activités humaines (extractions minière, Zones d'Energie renouvelables) ainsi que les réseaux de conservations déjà existants (AMP, FRA). Pour répondre à cet exercice, plusieurs couches spatiales ont été générées, incluant : 1) Une biorégionalisation des fonds chalutables de Méditerranée basée sur les communautés de méga-invertébrés benthiques ; 2) Des cartes de distribution des espèces benthiques les plus sensibles au chalutage, identifiées sur la base de leurs traits fonctionnels ; 3) Des prédictions de refuges climatiques, d'ici 2050, d'espèces indicatrices d'EMV par Modèles de Distribution d'Espèces. Au final, l'ensemble de ces informations spatiales sont intégrées dans un algorithme de priorisation (PrioritizeR) afin de tester différents scénarios de planification et aboutir à une solution optimale de réseau de conservation.

Enjeux de l'identification des zones d'importance pour les pêches : données, métriques et échelles

B. Trouillet¹, N. Rollo¹, O. Le Reste²

¹Nantes Université / LETG UMR 6554 – CNRS

²CAPACITES / LETG UMR 6554 - CNRS

Dans un contexte de partage croissant de l'espace maritime, la spatialisation des activités de pêche professionnelle est devenue un enjeu de connaissance essentiel pour objectiver la planification et en décliner une cartographie des vocations à l'échelle des différentes façades. Le caractère multiple (diversité des flottilles et métiers) ainsi que les variabilités spatiale (mobilité) et temporelle (saisonnalité, fluctuations interannuelles) associées à cette activité complexifient toutefois son intégration dans les instruments et démarches de gouvernance.

Au-delà de la représentation spatiale des pêches maritimes, ce travail vise à s'interroger sur la définition de « zones d'importance » à travers la combinaison de différents enjeux (économiques, sociaux, halieutiques, territoriaux, ...) en les déclinant à plusieurs niveaux (filière, pêcherie, métier, navire, ...) et échelles géographiques (nationale, façade, flottille régionale, quartier maritime, ...). Pour ce faire, l'équipe projet constituée de chercheurs de Nantes Université, du RICEP et de représentants des professionnels (comités des pêches), s'est basée sur les données spatiales du GIS Valpena (<https://valpena.univ-nantes.fr/>) qui ont été couplées aux données économiques issues du système VISIOMER (enregistrement des ventes en criées et de gré à gré) et du JCR (données de production annuelle par segment de navires).

Une série initiale d'analyses spatiales et économiques ont ainsi été menées dans le cadre d'une approche globale (fréquentation, volume et valeur débarqués) puis ciblée (dépendance économique, effets économiques à terre, diversité des métiers, ...). Enfin, une première version d'un indice composite, agrégeant différentes métriques incarnant les valeurs sociales, économiques et halieutiques des espaces, a été définie afin de proposer une représentation synthétique de l'importance des zones pour les pêches. Outre la base de données et les scripts de couplage et de traitement réalisés, ce projet a été valorisé sous la forme d'une cartographie interactive et d'un atlas, pour partie versé à la récente concertation « La mer en débat » organisée par la CNDP.

Traitement de données bathymétriques pour évaluer la dynamique sédimentaire post-exploitation d'un ancien site d'extraction de granulats marins

C. Guérin¹, B. Loubrieu¹, A. Gaillot¹, D. Pierre¹, H. Bisquay², L. Reverdy³, A. Lengronne⁴, L. Trébaol⁵, L. Simplet¹

¹Ifremer

²Génavir

³ISEN

⁴Université de Rouen

⁵IntechMer

Situé dans l'alignement de l'estuaire de la Loire, le site du Pilier a été exploité pour la production de granulats marins de 1986 à 2018. Au cours de cette période, environ 40 millions de m³ de sédiments ont été extraits, créant une souille de 2,5 km² et de 7-8 m de profondeur.

Afin d'évaluer la capacité de résilience morphologique du site à l'issue des travaux d'extraction, des levés bathymétriques (sondeur multifaisceau EM2040) ont été réalisés entre 2017 et 2022 dont certains (2021 et 2022) à deux périodes de l'année (printemps et automne). Pour pouvoir réaliser des inter-comparaisons fiables des différents jeux de données, une méthode harmonisée de traitement des données bathymétriques (correction de la marée et du tirant d'eau notamment) a été établie avec le logiciel GLOBE© (Ifremer, <https://doi.org/10.17882/70460>) ainsi qu'une estimation des gammes d'incertitudes en Z de chacun des levés.

Ensuite, l'approche géomatique a permis de réaliser une évaluation des écarts en Z entre les différents jeux de données et de leur appliquer les corrections nécessaires. Enfin, pour être en mesure de procéder à des calculs de bilan sédimentaire les plus réalistes possibles et permettre de discuter au mieux des évolutions morphologiques du site d'étude (secteurs en accrétion/dépôt ou en érosion), une analyse des seuils pertinents à appliquer a été réalisée. Il s'avère qu'un seuil spécifique doit être appliqué en fonction du pas de temps inter-levés (pluri-annuel, annuel, saisonnier).

L'ensemble des produits issus de ces travaux ont été référencés et mis à disposition selon le principe FAIR.

Fréquentations maritimes et impacts socio-écosystémiques : un cadre méthodologique intégré pour étudier les effets cumulés dans les Aires Marines Protégées

K. Cloarec¹, A. Le Doeuff², F. Audard², C. Tissot³, G. Schaal⁴, C. Bontet⁵

¹Université de Bretagne Occidentale – Brest

²Université de Bretagne Occidentale - UMR 6554 LETG Brest

³CNRS - UMR 6554 LETG Brest

⁴Université de Bretagne Occidentale - UMR 6539 LEMAR

⁵OFB - Parc Naturel Marin du Bassin d'Arcachon

La conservation des écosystèmes marins au sein des Aires Marines Protégées (AMP) revêt une importance cruciale face à l'intensification des usages anthropiques et des pressions associées. Les gestionnaires de ces zones font face à la double problématique de préserver la biodiversité et les services écosystémiques tout en répondant aux attentes socio-économiques des communautés locales et touristiques.

Une gestion durable de ces territoires repose sur une connaissance fine des processus de fréquentation et sur la compréhension de leurs effets cumulés sur les socio-écosystèmes. Il apparaît nécessaire de développer des approches méthodologiques capables de quantifier et de modéliser ces effets cumulés, afin d'optimiser les stratégies de conservation et de maintenir un équilibre entre usage et protection.

Associant scientifiques et gestionnaires d'AMP, l'objectif de cette recherche est de fixer un cadre méthodologique reproductible d'élaboration d'outils d'aide à la décision. Nous escomptons ainsi permettre de modéliser et visualiser des scénarios de gestion afin de concilier protection environnementale et usages socio-économiques, tout en assurant une interopérabilité applicable à d'autres AMP.

Pour répondre à ces enjeux, le projet MAcUMBA (Modélisation des ACTivités et Usages Maritimes dans le Bassin d'Arcachon) s'est concentré sur la compréhension, la prédiction et l'extrapolation des usages maritimes en utilisant des données multi-sources à haute résolution spatiale et temporelle. Nous présenterons ici les résultats de modélisations élaborées dans le cadre de ce projet. Puis nous montrerons comment ces données permettent l'évaluation des effets cumulés des fréquentations humaines littorales sur des environnements écologiquement et économiquement sensibles.

Modélisation de la Biomasse et des Stocks de Carbone dans la Végétation des Prés-Salés de la Baie de l'Aiguillon

I. El Jamaoui¹, C. Dupuy¹, B. Dubillot¹, N. Lachaussée¹, N. Volto¹, V. Huet¹, T. Guyot¹, P. Polsenaere²

¹LIENSs - UMR7266 La Rochelle Université – CNRS

²Ifremer

Dans le cadre du projet ESA Coastal Blue Carbon, nous étudions le rôle crucial des écosystèmes côtiers, tels que les mangroves, les prés-salés et les herbiers marins, en tant que puits de carbone contribuant à l'atténuation du changement climatique. La protection et la restauration de ces écosystèmes sont essentielles pour renforcer leur capacité de stockage de carbone. Le laboratoire LIENSs se concentre sur le pré-salé de la Réserve Naturelle Nationale de la Baie de l'Aiguillon, en identifiant les espèces végétales dominantes (*Aster maritime*, *Obione*, *Spartine* et *Agropyron*) et en développant une méthodologie permettant de modéliser la biomasse aérienne ainsi que les stocks de carbone, en utilisant des données de laboratoire, des images multispectrales prises par drones équipés de caméras multispectrales, ainsi que des images satellites Sentinel-2 et Pléiades. Grâce aux techniques de télédétection et à l'apprentissage automatique, un suivi spatio-temporel précis de la biomasse, des stocks de carbone est assuré.

Cartographier les variables essentielles de biodiversité côtière par imagerie satellite multi et hyperspectrale : Projet SCO-BioEOS

T. Bajjouk¹, A. Lavrard-Meyer¹, A. Minghelli², L. Drumetz³, P. Mouquet⁹, A. Huguet¹, M. Chami⁴, M. Dalla Mura⁵, S. Loyer⁶, J.B. Féret⁷, M. Duval¹, S. Bonhommeau¹, L. Bigot⁸

¹Ifremer

²Laboratoire d'Informatique et Systèmes (LIS) laboratory, Seatech, University de Toulon, CNRS-UMR 7020

³IMT Atlantique, Lab-STICC, UMR CNRS

⁴Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Sorbonne Université (UFR 918)

⁵Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, GIPSA-lab, Institut Universitaire de France (IUF)

⁶Shom

⁷TETIS, INRAE, AgroParisTech, CIRAD, CNRS, Université Montpellier

⁸UMR Université de La Réunion-IRD-CNRS-Ifremer-Université de la Nouvelle Calédonie

⁹UMR Espace-Dev/IRD

Soutenu par le Centre national d'études spatiales (CNES) et labellisé par l'Observatoire spatial du climat (SCO), le projet BioEOS vise à développer des outils d'observation pour caractériser la dynamique spatiotemporelle de la biodiversité côtière. Cette initiative permettra de cartographier les changements et de produire des indicateurs opérationnels en soutien à la conservation et à la restauration dans les Aires marines protégées (AMP).

Le projet s'appuie principalement sur des séries temporelles d'images provenant de systèmes satellitaires multispectraux (Pléiades, Sentinel-2, Vénus) et hyperspectraux (EnMAP, PRIS-MA). Un ensemble de métriques, proxy de la biodiversité, sont extraites grâce à l'intégration d'algorithmes à SRL (Scientific Readiness Level) élevés, largement utilisés par la communauté scientifique. Cette approche permet de générer des informations sur la bathymétrie, l'abondance des types d'habitats/fonds et les estimations des propriétés de la colonne d'eau. Les récifs coralliens et les herbiers marins de la région sud-ouest de l'océan Indien (La Réunion, Mayotte, Glorieuses et Bassas da India) sont les premiers écosystèmes ciblés pour cette expérimentation.

Nous proposons de présenter les principales avancées d'un démonstrateur fournissant des variables essentielles contribuant à diverses utilisations finales à travers quatre cas d'utilisation distincts. De plus, nous discuterons des points forts et des limites des systèmes satellitaires employés, à la lumière des objectifs initiaux fixés.

Fusion de séries temporelles d'images satellites Sentinel-2 pour la production d'images et la cartographie des fonds marins de la surface jusqu'aux profondeurs mésophotiques dans le sud-ouest de l'océan Indien

P. Mouquet¹

¹UMR Espace-Dev/IRD

A l'échelle mondiale les écosystèmes sont confrontés à des perturbations et pressions croissantes, entraînant une dégradation globale de leur état de santé. Bien qu'occupant moins de 0,3% de la surface des océans, les récifs coralliens et les herbiers de phanérogames marines sont parmi les écosystèmes marins les plus importants en termes de biodiversité, de protection des côtes, d'alimentation, de sécurité économique et sont essentiels au bien-être de centaines de millions de personnes du monde entier. En raison de leur proximité avec les côtes, ces habitats sont parmi les plus vulnérables de la planète aux menaces liées au changement climatique et aux activités humaines. Cette situation génère un besoin urgent d'améliorer les connaissances pour maintenir leur intégrité et comprendre leur résilience aux différents facteurs de stress. La télédétection optique est couramment utilisée pour cartographier et surveiller les habitats benthiques côtiers. En raison des contraintes liées aux caractéristiques de l'eau sur les images satellites individuelles (effets de surface, atténuation dans la colonne d'eau), ces dernières ne sont souvent utiles que pour cartographier les eaux claires et peu profondes, lorsque les conditions d'acquisition et de luminosité sont les plus favorables. Grâce aux évolutions rapides des capteurs et à la multiplication des missions spatiales, des collections d'images homogènes à hautes résolutions spatiales et temporelles sont aujourd'hui disponibles sur les océans à l'échelle mondiale. Des nouvelles images des fonds marins ont été produites à partir de séries temporelles d'images satellites Sentinel-2. Les chaînes de traitement spécifiques développées pour masquer les nuages, corriger les effets de surface, et calculer des statistiques temporelles sur des centaines d'images, ont permis d'améliorer le rapport signal sur bruit des données, révélant des informations sur les fonds marins mésophotiques (> 30m), à des profondeurs beaucoup plus importantes qu'avec les analyses traditionnelles d'images individuelles. Le nombre d'images fusionnées est déterminant pour la profondeur maximale de perception du fond (au-delà de 70 m par endroits). Cette méthode, appliquée sur des îles du sud-ouest de l'océan Indien (La Réunion, les Seychelles) a permis de produire des données d'intérêt dans des secteurs et à des profondeurs jusqu'à présent encore très mal cartographiés. La mise en production de ces algorithmes sur de larges échelles spatiales permettra de générer des jeux de données de référence pour répondre aux besoins des scientifiques et des gestionnaires.

Le meilleur des deux mondes ? Des annotations 2D à la construction de représentations 3D du paysage

M. Marcillat¹, K. Olu¹, L. Menot¹

¹Ifremer (BEEP/LEP)

L'imagerie est devenue un outil majeur pour l'exploration des patterns spatiaux des paysages sous-marins. C'est particulièrement le cas pour les environnements profonds, qui ne sont accessibles qu'à l'aide de véhicules sous-marins. D'une part, grâce à des outils en ligne collaboratifs et à des algorithmes d'apprentissage automatique, les caractéristiques biologiques et géologiques peuvent désormais être massivement annotées sur des images 2D. D'autre part, les géomorphométriques telles que la pente ou la rugosité dérivées des modèles 3D reconstruits à partir d'images (par photogrammétrie) peuvent être utilisées pour expliquer la distribution spatiale de ces patterns. Cependant, le géoréférencement précis des annotations 2D sur les modèles 3D s'est avéré difficile pour les images des grands fonds, en raison d'un décalage important entre la navigation obtenue à partir des véhicules sous-marins et la navigation optique calculée au cours du processus de construction des modèles 3D. En outre, bien que les modèles 3D puissent être directement annotés, les outils collaboratifs en ligne et d'annotation automatisés déjà développés pour les images ne sont pas directement adaptés au traitement de modèles 3D. Nous proposons un pipeline de traitement automatisé pour la construction de modèles 3D annotés à partir d'images. Ce protocole a été appliqué à un jardin de corail de 8 000 m², situé à 700 m de profondeur dans un canyon sous-marin au large de Brest, le canyon de Lampaul. Nous avons obtenu une carte de distribution des coraux et des espèces associées, ainsi qu'un modèle numérique de terrain de haute précision pour deux années consécutives. Cette représentation du paysage sous-marin fournit de nouvelles informations permettant de comprendre la microdistribution des espèces et les interactions biotiques à fine échelle.

Intégration de technologies à échelles multiples pour le programme italien de cartographie et de surveillance côtière, en mettant l'accent sur les herbiers de *Posidonia oceanica* et de *Cymodocea nodosa* (projet MER, PNRR)

B. Cajelot¹, M. Filippone¹, G. Giorgi², L. Tunesi², S.F. Rende²

¹Fugro, The Netherlands

²ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), Italy

Dans le cadre du projet de restauration des écosystèmes marins (MER), l'ISPRA prévoit de cartographier les habitats côtiers sur toute la côte italienne, une initiative innovante dans le cadre du Plan national de récupération et de résilience (PNRR). L'ISPRA a choisi le consortium dirigé par Fugro pour utiliser sa technologie de pointe pour cartographier les environnements côtiers, une approche révolutionnaire qui devrait transformer les efforts de conservation et de restauration des écosystèmes marins. Les activités de relevé seront menées sur l'ensemble du littoral Italien et comprendront la cartographie des herbiers de *Posidonia oceanica*, de *Cymodocea nodosa* et d'autres espèces majeures de phanérogames marines indigènes de la Méditerranée, en intégrant des technologies multi-échelles, notamment des capteurs opérés à partir de plateforme aériennes (LiDAR topo-bathymétrique, camera RGB et hyperspectral et gravimètre), des capteurs satellitaires, des capteurs de surface (type multifaisceaux) et enfin l'utilisation de véhicule sous-marin autonome (AUV) pour l'observation directe et haute résolution des écosystèmes côtiers.

Les herbiers marins constituent des habitats d'une très grande valeur en termes de conservation et sont également extrêmement importants car ils constituent un allié incroyable dans la lutte contre le changement climatique. Ils captent le carbone jusqu'à 35 fois plus vite que les forêts tropicales humides et représentent plus de 10 % du stockage total du carbone océanique alors qu'ils ne couvrent que 0,2 % du fond marin. De plus, ils offrent protection et nutrition et constituent un habitat pour d'autres formes de vie marine. Cette campagne de relevé extrêmes ambitieuse et sans précédent à l'échelle de l'ensemble du littoral italien fournira des données à très haute résolution qui amélioreront le processus décisionnel des administrations locales pour la protection et restauration des habitats et des espèces marines. Les ensembles de données et les bases de données résultant de ces initiatives à l'échelle nationale présentent une valeur immense pour diverses administrations, car ils comblent des lacunes critiques en matière de connaissances et soutiennent la protection, la conservation et la restauration des habitats, la quantification du carbone bleu, la gestion des aires marines protégées et des sites Natura 2000, considérant que les herbiers à *Posidonia oceanica* constituent le seul habitat marin prioritaire pour la mer Méditerranée au titre de la directive européenne « Habitats », la sécurité de la navigation, l'analyse des risques côtiers et la gestion intégrée des zones côtières. Le cadre s'aligne sur les objectifs mondiaux de protection d'un pourcentage des mers de chaque pays d'ici 2030, comme indiqué dans la stratégie européenne pour la biodiversité, et fait écho à la vision de la Décennie des Nations Unies pour la restauration des écosystèmes. Son succès peut créer un précédent pour un modèle collaboratif, évolutif et adaptable de cartographie des herbiers marins et de gestion des écosystèmes côtiers dans plusieurs pays.

Analyse des risques d'effets cumulés dans les sites Natura 2000 des estuaires de la Seine et de la Loire

F. Quemmerais¹, T. Lodier¹

¹OFB

Dans le cadre du programme Life Marha et en collaboration avec les Délégations de Façade Maritime (OFB) de Manche et mer du Nord et du Golfe de Gascogne, une analyse des risques d'effets cumulés entre les pressions anthropiques physiques et les habitats benthiques est menée sur les Zones Spéciales de Conservation (ZSC) du réseau Natura 2000 de l'estuaire de la Seine et de l'estuaire de la Loire.

La méthodologie et les outils mis en œuvre pour l'analyse des risques d'effets cumulés ont été développés dans le projet Carpediem (Quemmerais-Amice et al., 2020). L'analyse intègre les données descriptives des principales activités humaines industrielles et de pêche professionnelle et les pressions physiques qui interagissent avec les habitats benthiques.

La présentation s'attachera à présenter les points suivants :

- le contexte de l'étude,
- la méthodologie générale pour l'analyse des risques d'effets cumulés,
- la préparation des données descriptives des activités humaines avec notamment un focus sur l'effort de pêche des navires non suivi par VMS,
- la cartographie multi sources des habitats benthiques produite pour les besoins de l'exercice,
- la cartographie des risques d'effets cumulés pour les deux secteurs d'étude,
- les outils et méthodes d'aide à l'interprétation et à l'appropriation des résultats.

Les limites et contraintes de cette approche ainsi que les perspectives de développement et d'intégration de ces analyses dans la gestion des aires marines protégées seront discutés.

La spatialisation de l'état écologique des récifs coralliens pour une planification territoriale préventive et sécuritaire : Etude de cas à La Réunion

L. Broudic¹

¹Agence de Recherche pour la Biodiversité à La Réunion - Laboratoire EcoBio Université de Rennes - CEVIPOF SciencePo Paris

Les récifs coralliens sont l'un des écosystèmes les plus riches mais aussi les plus vulnérables au monde. En 2019, c'est environ la moitié des récifs qui ont disparu de la surface de la terre. A La Réunion, la perte du récif corallien en lien avec l'enrichissement du milieu par le bassin versant s'observe depuis les années 1969. Malgré le suivi de la dégradation depuis 1998, les pouvoirs publics, en lien avec la planification territoriale, semblent toujours être sans outils pour identifier les zones d'enjeux écologiques et pour hiérarchiser les pressions que subissent les récifs. La spatialisation permet d'explorer les liens de causalité entre l'état écologique et les pressions venant du bassin versant et ainsi, orienter les décideurs vers les aménagements prioritaires. En ce sens, les projets UTOPIAN, MOUVE et CONCILIER (thèse de Léo Broudic 2023 - 2027) convergent sur l'objectif d'apporter aux pouvoirs publics des outils d'aide à la décision spatiaux pour prioriser les actions d'aménagement du bassin versant dans une optique de minimiser les impacts sur les récifs coralliens. Bien qu'il existe des outils de spatialisation par imagerie aérienne à La Réunion, il est admis que la précision des images ne permet pas de caractériser les mécanismes écologiques témoignant d'une dégradation en cours. En ce sens, l'Initiative française pour les récifs coralliens (IFRECOR) a élaboré une méthode d'évaluation rapide nommée Coral Reef Rapid Assessment Method (CORRAM). L'objectif est de spatialiser et quantifier l'état écologique d'un récif corallien. Cette méthode de terrain basée sur de l'observation in situ, couplée à des outils de géostatistique comme le krigeage ordinaire permet de spatialiser et quantifier les différentes grilles de lecture de l'état écologique d'un récif corallien. Cette spatialisation est mise en lien avec des modèles de courantologie, de diffusion des sels nutritifs, de blanchissement et de géomorphologie du récif. L'analyse statistique des informations spatiales permet d'identifier des corrélations fortes entre l'état de santé du récif et les pressions venant du bassin versant.

Cartographies des communautés de macroalgues Intertidales d'estran rocheux par combinaison de données LiDAR et de relevés in-situ

M. Helias¹, P. Bailly du Bois¹, A. Collin², E. Poizot¹, E. Jacquot³, R. Gallon-Garcia¹

¹LUSAC, Intechmer

²EPHE

³UNICAEN

Les habitats formés par les macroalgues, à l'interface entre milieux marins et terrestres, sont des zones productives et riches en biodiversité. Ils sont suivis en France dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM). La télédétection représente un grand intérêt dans l'étude et le suivi de ces habitats, car elle permet l'analyse de larges zones, parfois inaccessibles. Dans ce travail, les données LiDAR et un nouvel indicateur innovant, le Tidal Height Normalization (THN), sont couplés afin de réaliser la cartographie de deux sites du Nord-Cotentin en Normandie.

L'acquisition des données LiDAR a été réalisées sur les sites de Cap Lévi et d'Omonville-la-Rogue en février 2024 à l'aide du capteur infra-rouge porté par un drone. En parallèle, un récepteur GNSS (Global Navigation Satellite System) équipé d'une unité Real-Time Kinematic (RTK) a permis de réaliser des relevés précis in-situ de l'élévation de 13 espèces de macroalgues. Un total de 3494 mesures ont été obtenues pour les deux sites. L'utilisation du THN permet la normalisation verticale de ces données entre -1 et 1. La cartographie des habitats macroalgaux est obtenue en trois temps : 1) la séparation du substrat et des végétaux grâce aux valeurs infra-rouge, 2) la conversion des altitudes en valeurs de THN et 3) la classification des pixels selon leur valeur de THN via à des modèles d'apprentissage (RF, SVM, Nnet).

Utilisés conjointement, un capteur LiDAR infra-rouge et le THN rendent possible la cartographie précise des habitats macroalgaux intertidaux. Par la suite, couplée à des données géomorphologiques et morphométriques, cette méthode permettra de développer des modèles de distribution d'espèces applicables sur de grandes surfaces.

Posters

Stratégie de suivi du littorale en Normandie Hauts-de-France

A. Thulie¹, M. Lopin²

¹Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France

²ROLNHDF

Stratégie de suivi homogène, récurrent et pérenne du littoral coordonnée par le Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France.

Mise en œuvre d'un projet partenarial interrégional basé sur l'acquisition de données haute résolution depuis la baie du Mont Saint-Michel jusqu'à la frontière belge. Approche continue terre-mer avec la constitution d'une base de données topobathymétrique associée à une orthophoto littorale haute résolution.

Sextant, une infrastructure de données géographiques marines : mise en œuvre des protocoles OGC pour la diffusion des données maritimes

M. Treguer¹, J. Meillon¹, A. Thomas¹

¹Ifremer

À l'échelle nationale et européenne, divers projets se consacrent au développement de produits de données pour fournir aux utilisateurs finaux et aux parties prenantes des compilations ou analyses d'observations homogènes.

Ifremer a mis en place une Infrastructure de Données Géographiques (IDG) marines et littorales, nommée Sextant, afin d'offrir des outils favorisant et facilitant l'archivage, la consultation et la mise à disposition de ces données géographiques pour ses partenaires et le grand public. Grâce à sa conformité avec les normes OGC, ISO et INSPIRE, Sextant offre un cadre unique pour fédérer des descriptions homogènes et accéder aux produits de données marines issus de divers organismes et projets, tels que le pôle Océan ODATIS, le Service Marin de Copernicus, France Energie Marine, le Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France (ROLNHDF) ou encore l'association Globice (Groupe Local d'OBservation et d'Identification des CÉtacés).

Le service de découverte de Sextant repose sur un catalogue de métadonnées normalisées selon les normes ISO 191XX et les recommandations INSPIRE. L'accès à ce catalogue s'effectue via le service CSW (Catalogue Service for the Web) du standard OGC (Open Geospatial Consortium). L'accès aux données (visualisation et téléchargement) est possible grâce à différents services de ce standard, tels que les Web Map Services (WMS) et les Web Feature Services (WFS). Sextant propose plusieurs autres services OGC en fonction des thématiques, des régions et des projets (ex : WMTS pour les images hyperspectrales, NcWMS pour les modèles climatologiques).

De nouvelles fonctions sont en cours de développement pour améliorer la visualisation et l'accès aux données, notamment le filtrage des données, le traitement spatial en ligne via les services WPS (Web Processing Service), ainsi que l'accès aux données des capteurs grâce à l'API SensorThings.

Donnée et méthodologie adaptée au contexte géomorphologique pour une meilleure précision de la future limite terre mer ultra-marine

C. Netter¹, Y. Leroy¹, J.B. Suzanne¹, M. Durupt¹, E. Le Guen¹, B. Lequesne¹

¹Shom

La Limite terre-mer diffusée en 2021 remplace Histolitt® en métropole. Ces traits de côte de référence sont des co-productions réalisées par le Shom et l'IGN et correspondent à la "Limite Haute du Rivage". La Limite terre-mer est une limite de très bonne qualité géométrique, et contient des métadonnées relatives à son altitude, son type (artificiel ou naturel), sa date et sa qualité géométrique. La Limite terre-mer, se connectant avec les trois limites maritimes administratives (LTM, LSE et LAM), est considérée comme un trait de côte administratif. En 2024, la Limite terre-mer est mise en phase avec les Documents Stratégiques de Façade (DSF).

Dans les territoires ultra-marins, le trait de côte de référence reste Histolitt® produit dans les données 2000 à partir de sources de données hétérogènes. Ainsi, la production de la limite terre-mer est une des actions prioritaires proposée par le Shom, dans le cadre de la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte.

L'étude de la faisabilité d'une limite terre-mer en outre-mer a été initiée. L'adaptation des méthodes et des données aux territoires ultra-marins est nécessaire, tenant compte des dynamiques géomorphologiques et des spécificités biogéographiques locales.

Dans le cadre du projet de planification de l'espace maritime MSP-OR, une étude de faisabilité de la limite terre mer Guyane a été réalisée, visant à identifier les données existantes, leurs couvertures et la possibilité de les utiliser dans la réalisation d'une limite terre-mer de référence actualisée. La réalisation de cette étude de faisabilité menée par le Shom a été réalisée avec les autorités locales et les institutions concernées en Guyane française (DGTM Guyane, BRGM, IRD, CNRS).

La plateforme PING et l'application mobile Nav&co : des outils mis à disposition gratuitement pour un meilleur partage de l'information nautique

M. Landart¹

¹Shom

PING, nouvelle plateforme nationale de l'information nautique coéditée par le Shom et la Direction Générale des Affaires Maritimes de la Pêche et de l'Aquaculture (DGAMPA), avec le soutien financier de l'Union européenne, est destinée à faciliter la visualisation des zones sur lesquelles s'appliquent les différentes informations nautiques, telles que les avertissements de navigation et des réglementations.

Pour assurer une large diffusion, les informations peuvent être récupérées et affichées dans une application tierce. Elles sont fournies à la demande et reflètent en temps réel les données actualisées en continu sur le portail de la plateforme.

L'application mobile Nav&co est une illustration de l'interopérabilité des données et de l'utilisation des flux de la plateforme PING. Elle est développée par le Shom en partenariat avec l'OFB et la DGAMPA, elle permet d'informer le plaisancier et plus généralement le navigateur sur son environnement maritime immédiat (informations nautiques et points d'intérêts environnementaux). L'information géolocalisée est consultable directement sur son smartphone sous la forme d'une carte interactive. Un carnet de navigation permet d'enregistrer son parcours et de le conserver.

Cette application a un double objectif : diffuser et partager l'information nautique et sensibiliser sur la biodiversité marine environnante.

Il est à noter que le contenu de Nav& Co vient en complément des autres sources d'information et dispositifs officiels. Ce n'est pas un système de navigation.

Analyse de séries chronologiques d'images aériennes et satellitaires pour le suivi des blooms de macroalgues en milieu côtier

A. Le Bris¹, C. Daniel¹, S. Ballu¹, L. Cellier¹, S. Richier¹

¹CEVA

A travers le suivi des macroalgues opportunistes financé par les Agences de l'Eau dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), le CEVA a constitué, au cours des 20 dernières années, une base de données d'images aériennes de la zone côtière. Cette série chronologique comporte désormais plus de 17 000 observations in situ et de 300 000 clichés du littoral répartis entre l'île d'Oléron et la Baie de Somme, acquis selon un cahier des charges reproductible (période avril-octobre, proche basse mer, coefficients de vives eaux supérieurs à 75) et sur lesquels plus de 316 000 polygones d'échouages d'algues ont été tracés. Cette base de données unique permet de suivre la dynamique spatiale et temporelle pluriannuelle des échouages d'algues au regard des paramètres environnementaux et climatiques (température, flux nutritifs terrigènes, ensoleillement, etc.). Selon les conditions hydrodynamiques et géomorphologiques locales, des variations quantitatives des échouages et/ou des changements de communautés ont été mis en évidence et peuvent s'observer à différentes échelles spatiales et temporelles.

Dans cette étude, une comparaison multi-échelles est réalisée pour évaluer la capacité de détection des échouages d'algues à partir des séries chronologiques d'images satellitaires multispectrales Sentinel-2 ou d'acquisitions d'images par drone à très haute résolution spatiale. Ces sources de données supplémentaires permettent de compléter les séries aériennes, notamment sur la période hivernale pendant laquelle aucun survol n'est réalisé et d'apporter des éléments de compréhension de la dynamique dont les mécanismes de reconduction d'une année à l'autre peuvent s'effectuer à des échelles spatiales très fines. La complémentarité des approches aérienne, satellitaire et drone vise à promouvoir l'efficacité de la surveillance du littoral et pourrait être adaptée pour la caractérisation d'autres phénomènes ou habitats endémiques dont la dynamique saisonnière évolue à différentes échelles spatiales et temporelles.

Modélisation de la pollution maritime induite par la création d'une zone SECA en Méditerranée

A. Prummel¹, C. Iphar², A. Napoli¹

¹Mines-Paris/PSL

²Université de Bretagne Occidentale

Le transport maritime représente une part importante du commerce mondial et pourrait continuer à croître dans les décennies à venir. Il contribue à hauteur de 15 à 25 % aux émissions mondiales totales d'oxydes d'azote (NOx) et à hauteur de 4 à 9 % aux émissions d'oxydes de soufre (SOx). L'Organisation Maritime Internationale, à travers la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL), réglemente les émissions de SOx et NOx des navires au niveau international. Actuellement, la surveillance des émissions des navires se fait principalement dans les ports par le biais de mesures in-situ, mais celles-ci peuvent être coûteuses et géographiquement limitées. Georgoulis et al. (2020) ont démontré la possibilité d'observer des panaches de polluants émis par les navires à l'aide de l'instrument TROPOMI embarqué sur l'un des satellites Sentinel.

Dans le cadre de la création d'une zone SECA en Méditerranée le 1er mai 2025 et du contrôle de la pollution due au trafic maritime, nous ambitionnons de développer une démarche méthodologique pour la détection et la modélisation des émissions et dépôts de polluants produits par un navire en Méditerranée. Notre approche consiste à combiner les méthodes de l'intelligence artificielle, les données AIS (localisation des navires), les mesures des composants atmosphériques par TROPOMI et les données de consommation des navires. Cette nouvelle approche pourrait (1) améliorer les estimations des émissions basées uniquement sur les données des navires, grâce à l'intégration des observations satellitaires et (2) évaluer les émissions des navires disposant de différentes techniques de décarbonations.

Enfin, les résultats de ces recherches pourront être exploités par différents acteurs afin de développer une nouvelle offre de services à l'attention des industriels et des collectivités locales des régions côtières afin de les aider à évaluer l'impact des émissions maritimes sur l'environnement marin et adopter de nouvelles mesures, pratiques et technologies, pour réduire l'empreinte sur les territoires maritimes et côtiers.

Caractérisation sédimentologique préalable aux implantations des futures zones EMR : apport des SIG à l'analyse et l'interprétation des données

L. Moutoussamy¹, M. Mérindol¹, A. Ignacio¹, M. Laurent¹, E. le Borgne¹

¹Shom

Le développement de l'éolien offshore nécessite une compréhension approfondie des caractéristiques des fonds marins et des conditions océanographiques dans les zones d'implantation. Dans ce contexte, le Shom (Service hydrographique et océanographique de la Marine) est mandaté par le gouvernement français pour étudier les sites des futurs parcs éoliens offshore ainsi que leurs zones. Ce travail se déroule en trois grandes étapes.

La première étape consiste en une synthèse des connaissances existantes afin d'alimenter les débats publics. Durant cette phase, le Shom compile l'ensemble des données disponibles sur les zones étudiées, incluant des cartes sédimentaires et bathymétriques, ainsi que des données sur la houle, les courants, les marées et les objets anthropiques. Ces données sont par la suite complétées et actualisées par des campagnes océanographiques menées par sa flotte, utilisant des sondeurs multifaisceaux pour la bathymétrie, des sondeurs multifaisceaux et monofaisceaux, des sonars à balayage latéral et des bennes de prélèvement pour caractériser la nature des fonds. L'épaisseur des sédiments est mesurée avec un Sub Bottom Profiler, tandis que les données de houle et de courants sont fournies par les bouées de Météo-France. Ces informations sont ensuite traitées par le Shom pour produire des modèles numériques de terrain (MNT), des cartes de l'épaisseur sédimentaire, des cartes sédimentaires, des inventaires d'objets anthropiques, ainsi que des cartes de courants, de houle et des variations du niveau de la mer.

Toutes ces données sont intégrées dans un système d'information géographique (SIG) à très haute résolution afin de répondre aux besoins des projet EMR. Une telle concentration de données océanographiques pour une zone justifie d'un potentiel d'application bien au-delà des projets EMR. Ainsi, l'utilisation des SIG permet de compiler et de partager ces données, facilitant leur exploitation à des fins d'études, de recherche en sédimentologie et au-delà. Cette base de données constitue une ressource précieuse, incitant les acteurs du monde la mer à l'utiliser pour mener à bien divers projets scientifiques.

Utilisation des outils SIG pour évaluer la dynamique sédimentaire post-exploitation d'un ancien site d'extraction de granulats marins à partir de données acoustiques et sédimentologiques

L. Simplet¹, A. Rieux¹, A. Lengronne², D. Texier³, J. Goslin¹

¹Ifremer

²Université de Rouen

³Université de la Rochelle

Situé dans l'alignement de l'estuaire de la Loire, le site du Pilier a été exploité pour la production de granulats marins de 1986 à 2018. Au cours de cette période, environ 40 millions de m³ de sédiments ont été extraits, créant une souille de 2,5 km² et de 7-8 m de profondeur. Les activités d'extraction se sont concentrées dans la partie ouest de la concession ainsi que dans des secteurs très localisés créant des dépressions isolées.

L'évolution morphologique de la concession, à l'issue de l'exploitation, a été évaluée à partir de 6 levés bathymétriques réalisés entre novembre 2017 et août 2022 et de leur analyse sous SIG. Plusieurs stratégies et combinaisons ont été testées afin d'estimer l'incertitude en Z spécifique à chaque MNTs. Des bilans sédimentaires ont ensuite été établis (au sein de la concession minière et 10 sous-secteurs) avec et sans l'application de seuils à des échelles de temps pluriannuelles, annuelles et saisonnières. L'évolution de la nature sédimentaire a également été suivie grâce à des analyses granulométriques d'échantillons de surface issus de chaque mission en mer.

Les conclusions de l'étude montrent que la concession est en accrétion depuis la fin des exploitations en 2017 jusqu'en août 2022 (+ 511 274 m³), mais que les dépôts ne sont pas répartis de manière homogène sur le site. Les secteurs à l'ouest de la concession (bordure nord-ouest, la souille principale et la dépression des « 3 griffes ») représentent les 4/5ème du bilan sédimentaire (+ 414 598 m³) de la concession (+ 511 274 m³) pour cette même période. Les 4/5ème de ce bilan sédimentaire se concentrent ainsi sur 1/5ème de la surface de la concession. L'influence de la tempête Aurore (octobre 2021) a été enregistrée grâce au levé de novembre 2021. Elle semble générer dans un premier temps une érosion au sein de la concession, puis permet dans un second temps de renforcer l'accrétion lors de la période estivale suivante, notamment le long de la bordure ouest. D'après les analyses granulométriques, les dépressions ont tendance à s'affiner avec le dépôt de vases et de sables fins (gris et roux). Des sédiments plus grossiers sont localisés dans les zones profondes de la bordure nord-ouest mettant en évidence le piégeage de matériaux charriés provenant de la plateforme mais aussi la mise à l'affleurement de dépôts grossiers par l'extraction de granulats marins. La direction principale du transit sédimentaire s'effectue vers l'est à la faveur des processus hydrodynamiques, comme en atteste la présence de nombreux rubans sableux dans la concession, la polarité des dunes observées à l'est de la concession ou encore l'accumulation de sables fins à l'aval du transit sédimentaire.

Application des méthodes Machine Learning pour le Suivi et cartographie multi-temporel (1990-2022) de la mangrove du Parc National d'Akanda (Gabon) à partir des images satellites Sentinel-2 et Landsat-4

D.C. Biloghe Ella¹, S. Niculescu², M.D. Mouganga³

¹IUEM

²IUEM-UBO

³CENAREST-Gabon

La mangrove du Parc National d'Akanda au Gabon subi des pressions dues à l'extension urbaine très importante à partir des années 2000. En effet, la création du Parc national d'Akanda en 2002 entre la ville de Libreville et ses zones périphériques (la commune d'Akanda et la commune de Ntoun) met en difficulté l'intégrité de ce Parc en termes de superficie, érosion de la biodiversité, destruction de la mangrove, etc. Par conséquent, les différents écosystèmes présents dans ce Parc dont l'écosystème de mangrove sont perturbés par la pression urbaine et anthropique depuis plus d'une vingtaine d'années. Ce travail vise à réaliser un suivi et une cartographie par télédétection à travers l'utilisation des méthodes Machine Learning en utilisant par application de l'algorithme de l'Intelligence Artificielle (IA) Random Forest (RF) avec l'outil OrfeoToolBox d'un côté, et d'un autre côté, l'utilisation des diversités alpha et bêta avec biodivMap. L'objectif est d'identifier le modèle adapté et efficace pour notre zone d'étude et notre problématique afin de mettre en évidence les changements d'occupation du sol et l'évolution des forêts de mangrove dans le Parc National d'Akanda à une échelle de temps de 32 ans. L'algorithme a été appliqué à partir des images multi-dates satellites Sentinel-2 (2017, 2018 et 2021) et Landsat-4 (1990) permettant de cartographier d'une manière précise l'évolution de l'occupation du sol du Parc et de la mangrove du Parc. Ces méthodes nous ont permis de reconstituer l'évolution des forêts de mangroves face aux pressions urbaines dans la zone d'étude à l'échelle temporelle de 32 ans. L'enchaînement méthodologique consiste dans l'application, dans un premier temps, des pré traitements : les données ont été calibrées notamment par le ré-échantillonnage, la concaténation et des nouveaux canaux (calcul du NDVI) ont été initiés. Ultérieurement, une série temporelle de plusieurs dates et plusieurs bandes a été générée. Un masque de nuages a été utilisé et nous avons défini un pas temporel de 6 mois pour la nouvelle série interpolée afin d'éviter des échantillons d'apprentissage sur les pixels ennuagés. Concernant les classifications supervisées des données satellite, le RF se base sur l'image calibrée : il est question tout d'abord de préparer les échantillons, ensuite l'apprentissage du modèle qui consiste à déterminer les règles de décisions qui permettront d'assigner un label à un pixel, puis la classification qui consiste en l'application du modèle précédemment paramétré sur l'ensemble des pixels de l'image. La méthode avec R à partir du package biodivMap quant à elle se base sur le calcul des indicateurs de diversité calculés puis, associés aux composantes α et β de la biodiversité. C'est une méthode qui repose sur l'hypothèse de la variation spectrale et tire parti des informations multispectrales à haute résolution spatiale pour différencier les espèces ou les groupes d'espèces sur la base des traits optiques correspondant à la réflectance de chaque pixel.

Les sous-rectangles statistiques pour le suivi halieutique

G. Plougoulen¹, A. Rouyer¹, S. Demaneche¹, E. Le Roy¹, C. Netter², E. Le Guen², A. Charbonneau³, P. Calvy³

¹Ifremer

²Shom

³DGAMPA

La couche shapefile des sous-rectangles statistiques halieutiques de la façade Atlantique métropolitaine constitue l'un des 93 référentiels du SIH (Système d'Information Halieutique). Ces sous-rectangles ont été créés par le SIH pour permettre de collecter et de restituer la donnée halieutique à une échelle plus fine que le rectangle statistique CIEM (Conseil International pour l'Exploitation de la Mer). Ils ont été conçus de manière à ce qu'ils soient strictement compris dans les rectangles statistiques CIEM du Nord-Est de l'Atlantique.

La création de cette couche vectorielle provient d'une concertation avec les pêcheurs professionnels (Comité des pêches), les observateurs du SIH, ainsi que l'analyse des données renseignées dans la base de données halieutiques Harmonie. A l'origine, ce découpage a été réalisé sur des cartes papiers puis numérisé dans les années 2010. Il est utilisé pour les enquêtes halieutiques du SIH et pour le calcul du traitement SACROIS.

Pour certains sous-rectangles, un rectangle statistique – de 0.5 degré de latitude sur 1 degré de longitude – est découpé en quatre sous-rectangles de superficie équivalente, soit 0.125 degré de latitude sur 0.25 degré de longitude. Pour d'autres, si le rectangle est traversé par au moins une délimitation maritime officielle (3MN, 12 MN ou limite de la Zone Economique Exclusive), un découpage est appliqué suivant ces limites.

Sur le littoral, la limite estuarienne considérée est la limite de salure des eaux (source Shom). Les mers semi-fermées, comme le Golfe du Morbihan ou le Bassin d'Arcachon, et les eaux saumâtres, au niveau des embouchures ou dans les rias, ont aussi fait l'objet d'un sous-découpage.

Le Shom, en collaboration avec la DGAMPA et l'Ifremer, a retravaillé le découpage des polygones et diffusera cette couche géographique aux formats standards des SIG dont des flux WMS et WFS sur son portail géographique data.shom.fr.

Apports des modèles numériques de terrain topo-bathymétriques pour la prévision des submersions à Tahiti et Moorea

C. Gicquel¹, T. Dupont², L. Avisse¹, C. Vrignaud¹, X. Mathias¹

¹Shom

²Météo-France, Tahiti, Polynésie Française

Le Shom réalise des Modèles Numériques de Terrain (MNT) bathymétriques et topo-bathymétriques à haute résolution, essentiels pour la gestion du littoral et la prévention des risques côtiers. Dans le cadre d'une collaboration avec Météo-France, trois MNT ont été créés en données ouvertes pour le dispositif de prévision de submersions marines en Polynésie Française : un MNT bathymétrique de façade de Tahiti et Moorea avec une résolution de 0.001° (~ 100 m), ainsi que deux MNT topo-bathymétriques côtiers, chacun à une résolution de 0.0002° (~ 20 m), pour les zones littorales des deux îles. La méthodologie adoptée combine des levés hydrographiques récents avec des données historiques et intègre des données acquises par lidar aéroporté ainsi que des données innovantes de bathymétrie dérivée d'images satellites (Sentinel-2 L1C). Cette approche multi-sources optimise la densité des données utilisées dans l'interpolation B-Spline multiniveaux, en particulier dans les zones côtières peu profondes, où la représentation est déterminante pour la modélisation des vagues et surcotes marines. Pour les MNT côtiers (0-100 m de profondeur), 75 % des mailles bathymétriques proviennent de mesures directes et 25 % sont obtenues par interpolation. Le MNT de Tahiti et Moorea à ~ 100 m de résolution a été intégré dans le modèle de vagues WAVEWATCH III couplé avec le modèle météorologique Arome Tropic. Ce dispositif est opérationnel depuis octobre 2023 pour les prévisionnistes en Polynésie Française. Le modèle a également servi à réaliser des rejeux numériques pour calibrer des seuils de vigilance « vagues-submersion » dans le cadre de l'amélioration du dispositif d'alerte en avril 2024. En 2025, les MNT côtiers à ~ 20 m de résolution seront utilisés pour implémenter plusieurs transects de modélisation XBeach1D. Le profil des transects permettra de simuler les événements extrêmes afin d'améliorer les prévisions de submersion. Ainsi, ces travaux ont considérablement affiné la représentation des lagons et des abords des îles de Tahiti et Moorea, ce qui a permis d'améliorer la modélisation des vagues et surcotes marines. Ils illustrent la capacité du Shom à exploiter diverses sources de données tout en répondant aux contraintes logistiques, temporelles et budgétaires pour produire des MNT. Ces derniers sont essentiels à la mise en œuvre des dispositifs opérationnels de gestion des risques littoraux, tels que la prévention des submersions marines opérée par Météo-France.

Modélisation géographique floue des pratiques de pêche lagonaire à Moorea

C. Iphar¹, T. Quesnot¹

¹Université de Bretagne Occidentale

Les pratiques de pêche lagonaire à Moorea (Polynésie française) sont intrinsèquement liées à un patrimoine culturel immatériel qui s'enracine dans une relation affective et symbolique avec le lagon. Cependant, les modèles de gestion actuels, basés d'une part sur des zonages fixes et des délimitations précises, et matérialisés d'autre part au sein de SIG pratiquant le tiers exclu aristotélicien dans la représentation cartographique, peinent à retranscrire la complexité de cet « espace vécu ». Pour répondre à cette problématique, nous proposons de développer une approche de cartographie reposant sur la modélisation floue. Cette méthodologie vise à représenter le lagon non pas comme un territoire géométrisé aux limites rigides, mais comme un environnement sensible, où se mêlent perceptions individuelles, symboles culturels et émotions.

La démarche méthodologique consiste, à partir d'une collecte de dessins à main levée et de récits de vie des pêcheurs, à représenter leur territoire à travers la captation de leurs représentations mentales et leurs affectivités spatiales. Chaque lieu évoqué est ainsi spatialement matérialisé sous la forme de triplets {sujet, prédicat spatial, objet} permettant de formaliser la description de l'environnement de pêche tel que décrit par les pêcheurs. Ces triplets, enrichis par une étape d'herméneutique cartographique, permettent la représentation floue des territoires de pêche, et offrent in fine un espace de réinterprétation des spatialités des pêcheurs, capturant les nuances de leurs attachements et de leurs perceptions.

Le résultat consiste donc en la production de cartographies « non-aristotéliennes » des pratiques de pêche au sein d'un SIG, dans une représentation qui autorise l'usage du flou afin de mieux refléter les continuités et ambiguïtés de l'expérience humaine du lagon. Ces cartographies offrent par la même occasion un outil précieux pour les décideurs, en vue d'une gestion des ressources lagonaires plus inclusive, et en accord avec la culture et le vécu des communautés locales de l'île de Moorea.

Morphodynamique des hermelles, dunes et schorres en baie du Mont-Saint-Michel via l'imagerie satellite à très haute résolution temporelle PlanetScope et l'intelligence artificielle

L. Nogue¹, A. Collin¹, N. Lamontagne¹, D. James¹, M. Lesacher¹, M. Aubert, Y. Daniel, M. Grivaud, G. Hervouet, B. Caline, E. Feunteun¹

¹CGEL-EPHE/PSL

Les zones littorales caractérisées par un régime macro- voire mégatidal abritent des écosystèmes et géosystèmes d'intérêt, tels que les récifs d'hermelles, les marais maritimes (schorres) ou les cordons coquillers. En baie du Mont-Saint-Michel, l'amplitude maximale de l'ordre de 14 m de marnage fait apparaître un phénomène particulier : la production et la migration de « pulses » de sédiments coquillers, sous forme de cordons voire de dunes. Ce stock sédimentaire mouvant constituerait un lien morphodynamique entre les récifs d'hermelles, en zone intertidale basse, et les schorres, en zone intertidale haute. Une série temporelle à haute résolution spatiale et temporelle permettrait de confirmer cette hypothèse. Bien que l'imagerie aérienne soit pourvue d'une très haute résolution spatiale, qu'elle soit par drone ou avion, elle ne peut être acquise à haute résolution temporelle.

En tant qu'innovation changeant la donne, la constellation de nano-satellites PlanetScope offre une potentialité de créer une série temporelle à haute résolution temporelle tout en fournissant de la haute résolution spatiale (3 m).

Le but de cette recherche est de produire, pour la première fois, une chronologie à haute résolution spatiale et temporelle d'une zone de 40 km² de la baie du Mont-Saint-Michel (des récifs d'hermelles aux schorres) au pas mensuel de 2017 à 2024. L'évolution de la surface des habitats est réalisée à l'aide de la classification supervisée par apprentissage automatique de type *Random Forest*.

Les premiers résultats de classification mono-date révèlent un score Kappa de Cohen moyen environnant les 0,80 et une moyenne de précision globale de 82,9%. Ce type de classification permet d'identifier l'occupation du sol sur notre zone d'étude et, ainsi, d'observer la formation et la progression des dunes de sables arrivant sur les prés salés.

Des classifications multi-dates ont également été entreprises dans l'optique d'évaluer la pertinence de l'accumulation de plusieurs images pour l'entraînement de modèles de classification *Random Forest*. À première vue, la qualité de la prédiction des modèles entraînés diminue avec l'augmentation du nombre d'images d'entraînement.

Cette démarche va être réitérée au travers de modèles d'apprentissage profond (*Convolutional Neural Network*) afin d'obtenir de meilleurs résultats et de construire un modèle capable de classer de manière systématique les images aériennes de PlanetScope.

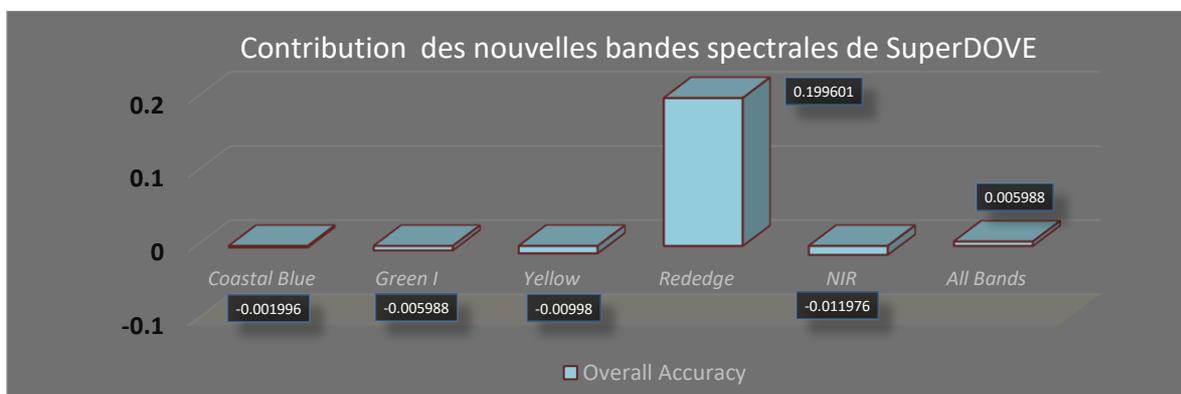
Contribution des informations spectrales du satellite SuperDove à la classification par Random Forest des habitats bio-sédimentaires en baie du Mont-Saint-Michel

M. Lesacher¹, A. Collin¹, N. Lamontagne¹, D. James¹, B. Caline, M. Grivaud, G. Hervouet, E. Feunteun¹

¹CGEL-EPHE/PSL

La baie du Mont-Saint-Michel accueille une grande diversité biologique et écosystémique en raison de ses spécificités océanographiques, sédimentologiques et écologiques. Dotée d'un marnage de 14 m en période équinoxiale, elle se caractérise par des prés salés très étendus (parmi les plus vastes d'Europe), des vasières nourricières pour les invertébrés et les limicoles, et les plus grands récifs biogéniques (hermelles) d'Europe. Cette richesse est le fruit des nombreux habitats que l'on peut identifier in situ. Une question peut légitimement se poser : quelle est la surface de ces habitats ?

La combinaison entre données in situ et imagerie aéroportée ou spatioportée in silico au travers de l'apprentissage automatique permet habituellement d'y répondre. Or, il est rare d'obtenir une imagerie d'une grande zone d'étude (qui ne peut être couverte par un drone aérien) contemporaine ou quasi-contemporaine de la campagne de terrain. L'utilisation novatrice de l'imagerie satellite SuperDOVE à très haute fréquence permet de pallier cette lacune. Pourvue de huit bandes spectrales à la résolution spatiale de 3 m, une imagerie SuperDOVE sans nuages a pu être acquise seulement deux jours après notre mission d'acquisition de terrain du 16 octobre 2024. Lors de cette campagne, menée entre le banc des hermelles et les prés salés, les analyses des échantillons photographiques et sédimentologiques géoréférencés ont permis d'établir 6 classes de sédiments : cailloutis, graviers fins, sables grossiers, sables fins, sables vaseux, vase. Nous avons ensuite testé la contribution des huit bandes spectrales sur la performance de classification des principaux habitats biosédimentaires par l'algorithme *Random Forest* du logiciel ouvert SAGA. Les combinaisons suivantes ont été mises en oeuvre: *RGB* ; *RGB + Coastal Blue* ; *RGB + Green I* ; *RGB + Yellow* ; *RGB + Rededge*, *RGB + NIR* ; *All bands*. Il apparaît, au vu des résultats obtenus, que la contribution du *Rededge* soit la plus efficace pour la classification de ce type d'habitats.



La meilleure combinaison spectrale a, par la suite, été analysée pour mesurer les surfaces et les proportions de ces habitats.

Les données d'observation de la Terre en appui à la connaissance et la gestion des Parcs Naturels Marins, l'exemple du projet SUIVISAT dans le PNM du Golfe du Lion

V. Pillet¹, G. Agin², O. Regniers¹, C. Rozo¹

¹i-Sea

²OFB

Le projet SUIVISAT, initié par le Parc naturel marin du golfe du Lion (PNMGL), a démontré les avantages concrets de l'imagerie satellite pour une surveillance efficace des espaces protégés. Grâce à une couverture rapide des 4 000 km² et à des observations fréquentes, ce projet a permis de collecter des données essentielles sur l'évolution des écosystèmes côtiers. Il a enrichi la compréhension des dynamiques environnementales, tout en alimentant le tableau de bord du Parc avec des informations précises sur les changements observés. En s'appuyant sur des indicateurs clés identifiés lors de l'étude SENVISAT, SUIVISAT offre une vision approfondie des phénomènes morpho-hydro-sédimentaires ainsi que des impacts des tempêtes et des activités humaines sur le littoral. Ce projet met en évidence l'efficacité des techniques d'imagerie satellite pour renforcer et compléter les suivis environnementaux traditionnels, en fournissant une vision spatiale exhaustive. SUIVISAT illustre la démocratisation des technologies spatiales au service des acteurs de l'aménagement et de la protection du littoral, en contribuant à l'accélération des politiques publiques en faveur de la protection du littoral et de la biodiversité. Il offre aux gestionnaires d'espaces protégés des observations multi-échelles, complémentaires aux données in situ des observatoires locaux.

Enfin, ce projet met en avant le potentiel de ces approches technologiques, répliquables et adaptables à d'autres Parcs Naturels Marins, pour améliorer la gestion des espaces marins protégés en fournissant des indicateurs fiables et mis à jour.

Modélisation spatiale des macroalgues intertidales via la science citoyenne et la télédétection par Ortholittorale, Litto3D et drone

A. Bouet¹, A. Collin², D. James², C.L. Rintz³, E. Feunteun²

¹Planète Mer

²CGEL-EPHE/PSL

³Museum national d'Histoire naturelle

La zone de balancement des marées en environnement rocheux accueille de nombreuses espèces de macroalgues pourvues d'une multitude de services écosystémiques, telles que le support à la biodiversité en tant que nourriceries, l'approvisionnement en matières premières pour l'agro-alimentaire, la régulation du cycle de carbone, ou la cueillette récréoculturelle.

En contexte de changement climatique, la distribution géographique, à la fois à l'échelle régionale, mais aussi locale sur l'estran, répond aux facteurs environnementaux, tels que température (air et mer), acidité, houle/vent, mais aussi anthropiques, tels qu'eutrophisation ou sédimentation.

La gestion éclairée de ces macroalgues nécessite un suivi spatial fin et continu le plus fréquemment possible. Récemment, il a été démontré que les données collectées par la science citoyenne (Programme Biolit piloté par le MNHN et Planète Mer) peuvent être d'une aide précieuse pour calibrer et valider les données aériennes par drone, multispectrales et topographiques. Bien que le suivi par drone bénéficie d'une résolution spatiale ultra fine (centimétrique) et continue, il ne peut couvrir que des zones de dizaines d'hectares par vol.

Cette recherche propose une modélisation spatiale régionale de l'abondance des macroalgues intertidales de l'estran rocheux via la fusion des bandes multispectrales de l'Ortholittorale V3, et de la topobathymétrie du Litto3D, entraînées par des données collectées par un protocole citoyen sur trois sites de la Côte d'Emeraude.

Cartographie multivariée des facteurs socio-environnementaux : vers une prise en compte opérationnelle du risque d'effets cumulés dans le réseau Natura 2000 en mer

T. Lodier¹, F. Quemmerais¹

¹OFB

Le Life Marha (Life 16 IPE FR001) possède une action d'analyse des pressions sur les habitats marins au sein du réseau Natura 2000 en mer. C'est dans ce contexte qu'a été mise en œuvre la méthodologie d'analyse du risque d'effets cumulés (REFC) des activités anthropiques Carpediem (Quemmerais-Amice et al., 2020) sur les sites Natura 2000 pilotes Baie de Seine Orientale / Estuaire de la Seine (FR2300121 et FR2502021) et Estuaire de la Loire Nord / Sud - Baie de Bourgneuf (FR5202011 et FR5202012).

L'interprétation du REFC pouvant être abstraite dans une optique de gestion, l'objectif de cette étude est de développer une méthodologie d'analyse des résultats spatialement explicite liant REFC et caractéristiques des territoires, afin de fournir un outil visuel d'aide à la compréhension des enjeux des sites.

Pour ce faire, les informations utilisées pour décrire le territoire (activités - pressions - habitats) sont synthétisées via une méthode exploratoire d'analyse non-supervisée. Afin de conserver l'information spatiale, c'est une méthode de classification hiérarchique à contraintes géographiques qui est testée ici sur des données socio-environnementales (Bellanger & Coulon, 2021). Les classes ainsi identifiées sont comparées statistiquement selon leur score de REFC respectifs.

Les résultats de la classification font ressortir les éléments clefs structurant les territoires d'étude, offrant un nouvel angle d'étude et d'analyse fonction des données insérées en entrée. Les enjeux en matière de REFC sont spatialisés, visualisés et mis en contexte, facilitant ainsi la saisie par les gestionnaires de thématiques complexes comme la prise en compte des effets cumulés dans la protection de leurs sites.

Littosat - tableau de bord satellitaire du littoral

M. Jagaille¹, M. Lennon¹

¹Hytech-imaging

Littosat propose un tableau de bord pour les gestionnaires de territoires littoraux et d'aires marines protégées, alimenté par de nouvelles données issues d'images satellitaires, et permettant le suivi en temps peu différé des paramètres de l'environnement littoral (végétation côtière, morphodynamique des petits fonds, turbidité et blooms de microalgues).

La première version de Littosat-viewer fournit des données sur les paramètres de la végétation de l'estran, avec :

- des mosaïques d'images saisonnières à l'échelle régionale à marée haute et marée basse, avec une résolution spatiale de 10m ;
- des indices de végétation de l'estran émergé et des cartes de changement (gain ou perte de végétation) entre les saisons avec une résolution spatiale de 10m.

Littosat-viewer s'appuie

- sur une interface de visualisation web simple, intuitive et open source. Elle est déployée en Bretagne <https://littosat.hytech-imaging.fr/littosat-bzh/>
- sur une infrastructure de production des données saisonnières entièrement automatisée.

Cette infrastructure permet dès aujourd'hui un déploiement de Littosat sur une Région en quelques jours. Le déploiement à l'échelle de la façade Manche Atlantique est en cours (livraison en 2025).

Elle permettra aussi à court terme

- le développement de services de calcul à la demande pour la sélection d'images du littoral selon des critères de marée et de couverture nuageuse définis par les utilisateurs (service d'API en cours de développement en 2025). Il s'agit du seul service à ce jour de sélection automatique des meilleures images Sentinel 2 pour le suivi de l'estran.
- le développement de services de calcul à la demande d'évolution d'indicateurs de l'état de santé de la végétation de l'estran à un rythme saisonnier (élaboration des indicateurs avec l'IUEM en cours de développement en 2025). Il s'agira de pouvoir exporter des statistiques d'évolution d'indicateurs d'état de santé de la végétation (ex : couverture, densité, etc). pouvant alimenter des tableaux de bord, des services d'alerte, des mises à jour de référentiels, etc.

L'ensemble des produits satellitaires déjà disponibles en Bretagne sont référencés sur dans le catalogue de l'Infrastructure de Données Spatiales régionale GéoBretagne.

Seamounts habitat mapping and characterization of faunal communities using a non-intrusive and multi-scale approach with an AUV on Mediterranean Sea (Corsica, France)

J. Marticorena¹, J.D. Bergeron¹, M. Colinet¹, A. Caro², J.L. Massey²

¹ABYSSA

²OFB

Seamounts are considered as biodiversity hotspots and usually hosts habitats and species of special interest, such as cold-water coral reefs, deep-sea sponge aggregations and abundant fish assemblages. Their management is crucial for conservation, and it has been hypothesized as effective ways to protect numerous species. Several methods can be considered for seamount surveys, but slow approaches with high data resolution acquired by low-speed vehicles (e.g., Remotely Operated Vehicles, submersibles or camera sleds) are preferred in most studies. Yet, these approaches are not compatible with large scale monitoring purposes, required in the context of MPA management. In this study, we applied a multi-scale approach using an Autonomous Underwater Vehicle (AUV) to study two contrasting seamounts situated 30 kms away from Corsica's coast (France) and laying on a 2500 meters depth seabed. The first step consisted in obtaining an extensive bathymetry of the seamounts, from the ground to the summit by using the multibeam echosounder and operating the AUV at an altitude of 60 meters. This allowed us to get a high-resolution bathymetry (2 to 3 m) of a significant part of the seamount within a few days and to define appropriate areas for sonar image acquisition. Next, we operated the AUV at 15 m of altitude and recorded high-resolution digital images (few centimetres) using the synthetic aperture sonar (SAS) to detect notable topographic structures which may constitute suitable habitats for benthic species. Finally, we compiled the whole data to identify specific targets where the AUV could navigate around 5 meters above the seabed, and to record optical camera images for the characterization of faunal communities. The results of this approach were conclusive as we increased the resolution of the previous bathymetry obtained thanks to hull-mounted multibeam from 100 to 2-3 meters using an AUV. We also identified notable geological structures thanks to the SAS mosaic and obtained a coarse taxonomic resolution within targeted habitats thanks to optical records. In conclusion, this approach appears to be a good way to get both extensive bathymetric data and some punctual high-resolution information on some targeted areas. This method represents an ideal preliminary work for programming a complementary study, in which the use of slow vehicles such as ROVs will be optimized by the global knowledge of the area.

Litto3D : 20 ans et 20 000 km²

V. Donato¹, C. Monpert¹

¹Shom

Dans le cadre du programme Litto3D de cartographie côtière, le Shom a mené en 2023 un levé LiDAR topo-bathymétrique de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon. Le résultat final est un modèle d'élévation terre-mer couvrant 715 km² avec une profondeur de pénétration maximale de 29 m. En raison des conditions environnementales (brouillard, humidité, état de mer, turbidité), seuls 11 jours d'acquisition ont été possibles sur une période de 45 jours.

Afin de fournir de la donnée qualifiée, une stratégie de contrôle a été mise en place. Sur le terrain, des comparaisons entre les relevés quotidiens par LiDAR et des zones de référence topographiques et bathymétriques ont été réalisées. Suite au traitement, les incertitudes du produit ont été évaluées à l'aide de comparaisons entre les lignes de vols aux points de croisement et au positionnement d'objets remarquables, à terre et en mer. La densité a également été évaluée selon les gammes de profondeurs. Ces opérations de contrôle ont permis de qualifier le levé au regard des normes de l'Organisation Hydrographique Internationale.

L'approche collaborative entre les équipes du SHOM et le prestataire du levé (Hexagon) a permis de produire un jeu de données fiable et qualifié, désormais disponible en open data pour la communauté scientifique et les utilisateurs opérationnels.