

Septembre 2019

Vous avez dit marétique ?

Des opportunités à saisir à la confluence de la mer et du numérique en Bretagne

Rapporteur·e·s

Daniel CLOAREC et Anne COUËTIL



CESER
Conseil économique, social
et environnemental régional

Vous avez dit marétique ?
Des opportunités à saisir à la
confluence de la mer et du numérique
en Bretagne

Les derniers rapports de la section Mer-Littoral du CESER de Bretagne :

- La Bretagne et la mer à l'horizon 2040 (décembre 2017)
Rapporteur·e·s : Chantal BEVILLON et Antoine DOSDAT
- Produire ET résider sur le littoral en Bretagne ! (mai 2017)
Rapporteurs : Hervé MOULINIER et Gilles POUPARD
- Bâtir une stratégie maritime en Bretagne... au fanal de 15 ans d'analyses et de propositions du CESER 1999-2015 (septembre 2015)
Rapporteur : Jean-Yves LABBE
- Économie maritime en Bretagne : changeons de regard (octobre 2014)
Rapporteurs : Antoine DOSDAT et Hervé MOULINIER



Avant-propos

Du phare d'Alexandrie aux liaisons satellites, en passant par différents signaux visuels, puis le morse et la radio, la mer a été un lieu constant d'innovations pour les télécommunications. L'évolution du SOS, l'appel de détresse connu non seulement des marins mais aussi du monde entier, témoigne du chemin parcouru...

A l'aune des mutations qu'insufflent la transformation numérique dans notre société, nous avons souhaité regarder de plus près ce qu'il en est dans le monde maritime. Complémentaire des précédents travaux du CESER sur la mer et le littoral et d'une étude spécifique sur la transformation numérique des entreprises en Bretagne, ce sujet s'est imposé comme une évidence, car il traite de deux filières bien spécifiques de la Bretagne : la mer et le numérique et, à leur confluence, la marétique.

Nous étions loin d'imaginer toute la diversité que nous avons trouvée à la rencontre entre ces deux mondes... Des auditions variées nous ont permis d'explorer les multiples champs d'applications de la marétique et ce qu'elle offre comme opportunités pour les nombreuses activités maritimes que compte la Bretagne. De l'huître connectée au développement des énergies marines renouvelables, en passant par l'éducation à la mer, la voile de compétition ou la cyberdéfense, les innovations foisonnent... Nombre d'entreprises en ont fait leur fer de lance et nous avons trouvé de nombreuses pépites, qui nous permettent d'affirmer aujourd'hui que la « marétique » est bien une réalité en Bretagne.

Notre volonté est maintenant d'inviter les acteurs de la mer à s'approprier la marétique car, quels que soient les avis sur le sujet, la transformation numérique est initiée et se poursuivra, contre vents et marées.

Pour cela, nous retenons trois enjeux transversaux, liés aux attributions du Conseil régional de Bretagne : le croisement de filières pour impulser l'innovation, l'accompagnement des établissements de formation aux métiers de la mer, et enfin le soutien à la recherche et la gouvernance des données.

Nos recommandations contribueront, nous l'espérons, à la mise en œuvre d'une politique volontariste pour faire de la Bretagne un pôle d'excellence,

d'innovations et de rayonnement dans toutes les facettes de la marétique. Ne pas accompagner la transformation numérique serait une grave erreur qui nous priverait de nombreuses opportunités. Or, à l'heure de la Breizh COP, les opportunités offertes par la marétique peuvent tout à fait s'inscrire dans le cadre d'un projet partagé de développement durable pour la Bretagne.

Cette étude est devenue réalité grâce à l'aide précieuse de Marion OLLIVIER, cheffe du pôle Mer-Littoral, qui a su compiler et organiser un grand nombre d'informations. Il semble encore loin le temps où l'intelligence artificielle pourra en faire autant. Nous n'oublions pas non plus Stéphanie VINCENT, assistante du pôle, pour son écoute et son efficacité. Nous les remercions toutes deux chaleureusement.

Nous souhaitons aussi remercier les personnes auditionnées qui ont su partager avec enthousiasme les spécificités de leur métier et leur perception des enjeux, ainsi que les personnes qui nous ont transmis des contributions écrites richement argumentées.

Enfin, nous n'oublions pas l'ensemble des membres de la section Mer-Littoral qui se sont pris au jeu de la marétique. Nous les remercions pour les échanges nombreux, éclairants et structurants qui ont émaillé toutes nos réunions de travail. Cette expertise multiple fait bel et bien la force d'une étude du CESER. Nous vous souhaitons une bonne lecture !

Les rapporteur-e-s, Daniel CLOAREC et Anne COUËTIL

La section Mer-Littoral du CESER de Bretagne

Deuxième assemblée de la Région Bretagne, le Conseil économique, social et environnemental régional (CESER), dans sa fonction consultative, émet des avis sur le budget et les grandes politiques de la Région. Par son droit d'autosaisine, ou sur saisine de l'exécutif régional, il élabore, sous forme de rapports, des réflexions et propositions sur des sujets d'intérêt régional. Il est composé d'acteurs du tissu économique, social et environnemental de la Bretagne, représentant tous les courants de la société civile.

Le présent travail est une autosaisine ; il a été réalisé par la section Mer-Littoral dont la composition suit.

Rapporteur·e·s : Daniel CLOAREC et Anne COUËTIL

Membres de la section Mer-Littoral (depuis janvier 2018)

Goulven BREST	Jean KERHOAS
Danielle CHARLES-LE BIHAN	Jean-Yves LABBÉ
Michel CLECH	Eric LE COURTOIS
Daniel CLOAREC	Suzanne NOËL
Anne COUËTIL	Antoine PIERCHON
Stéphane CRÉACH	Jean-Yves PIRIOU
Antoine DOSDAT	Jehane PRUDHOMME
Sophie JÉZEQUEL	David RIOU

Personnalités extérieures de la section Mer-Littoral (depuis janvier 2018)

Erwann CHARLES	Hervé MOULINIER
Françoise GOURMELON	François POTIER
Marc HEMON	Didier OLIVRY
Céline LIRET	<i>1 siège vacant</i>

Assistance technique

Marion OLLIVIER, cheffe du pôle Mer-Littoral
Stéphanie VINCENT, assistante du pôle Mer-Littoral

Ce rapport a été présenté par les rapporteurs devant l'assemblée du CESER réunie en session plénière le 30 septembre 2019. Les interventions des membres du CESER en séance relatives à ce rapport sont consignées dans le document « Avis » publié le même jour et disponible sur le site du CESER (ceser.bretagne.bzh).

L'essentiel

Synthèse du rapport

Si, au cours de l'histoire, les océans ont été un vecteur de liens et de déplacements entre les continents, ils ont aussi pu représenter un obstacle à l'échange d'informations entre les peuples, obstacle que l'on a toujours cherché à dépasser.

Aujourd'hui, la rencontre entre le monde de la mer et celui des télécommunications, et plus globalement désormais du numérique, reste une source de challenges. A l'ère de la numérisation des échanges et d'une transformation numérique qui touche la société toute entière, la mer et les activités maritimes génèrent une masse croissante de données. Elles constituent un nouveau « terrain de jeu » pour les acteurs de la transformation numérique, qui ont ainsi l'opportunité d'explorer ce nouveau champ applicatif pour les outils et services numériques.

▾ Avez-vous déjà entendu parler de la « marétique » ?

La notion est apparue en 2010, pour désigner « l'ensemble des systèmes informatiques et électroniques utilisés dans la gestion et l'automatisation des opérations relatives aux activités maritimes, fluviales et portuaires »¹, mais elle est restée dans l'ombre, moins médiatisée que d'autres domaines applicatifs du numérique, tels que la domotique, l'e-santé... Pour autant, la marétique foisonne d'initiatives et offre un potentiel qui mérite qu'on s'y attarde.

Cette étude remet en lumière cette notion, entendue comme un nouveau domaine applicatif des outils et services numériques, aux multiples facettes. Le CESER y propose ainsi une approche globale de la marétique, de sa réalité et des opportunités de développement à saisir en Bretagne.

¹ ASSOCIATION @MARRER, CCI LE HAVRE, *Le Livre bleu de la marétique*. Pour une économie maritime numérique. 2013.

↳ Pourquoi s'intéresser à la marétique en Bretagne ?

D'une part, parce que, si la notion en elle-même n'est que peu utilisée, **elle est déjà une réalité en Bretagne**, où elle s'appuie sur des compétences numériques historiques et une volonté partagée de faire de la mer un pilier du développement durable régional. Cette volonté s'est concrétisée en juin 2018 dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral, qui constituera le volet maritime du Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET).

D'autre part, **parce que le CESER souhaite inviter l'ensemble des acteurs régionaux à s'approprier la marétique et à la déployer au service des activités maritimes**. Il s'agit de positionner la Bretagne comme une région d'innovations au croisement de la mer et du numérique.

1. La marétique, une réalité en Bretagne

Face à un processus de transformation numérique complexe, fantasmé par les uns, décrié par les autres, le CESER a souhaité explorer, avec un souci d'objectivité, les implications sociales, économiques et environnementales de la transformation numérique dans le domaine maritime : quels sont les risques et les promesses de la marétique pour les activités maritimes ? Comment les accompagne-t-elle déjà, et peut-elle les accompagner davantage dans leur transition vers un développement durable ?

1.1. Des opportunités déjà nombreuses au croisement de la mer et du numérique

Mieux connaître les écosystèmes marins et prévoir leurs changements, accompagner les activités maritimes dans leur transition énergétique et écologique, exploiter des ressources nouvelles ou de manière plus durable, optimiser la communication entre la terre et la mer, révéler la diversité du vivant marin, faciliter l'accès à la connaissance et à la culture maritimes, améliorer les conditions de travail et renforcer la sécurité en mer, sécuriser les infrastructures face à des paramètres environnementaux multiples, intégrer des énergies marines renouvelables dans le réseau électrique, concevoir des politiques maritimes plus éclairées...

Sans chercher l'exhaustivité, le CESER a choisi d'explorer la place de la marétique dans sept cas d'usages, qui ont une importance particulière en Bretagne :

- Connaître, surveiller et protéger les écosystèmes marins, en tenant compte de leurs interactions avec les activités humaines ;
- Concevoir et produire un navire, assurer sa maintenance ;
- Naviguer, être marin ;
- Exploiter et consommer les ressources marines alimentaires ;
- Renforcer et gérer les flux de personnes et de biens à l'interface entre la terre et la mer ;
- Produire et distribuer des énergies marines renouvelables ;
- Pratiquer la mer, expliquer et transmettre la culture maritime.

Il ressort de cette analyse que la marétique apporte une diversité d'outils et de services pour accompagner le développement des activités maritimes. De nombreuses opportunités ont d'ores et déjà été saisies et la proximité entre l'écosystème numérique et les acteurs maritimes a fait naître des compétences nouvelles et des champs d'expertises originaux en Bretagne.

➤ Zoom sur une compétence au service de la recherche... la bio-informatique marine

La nature et le volume des données en sciences du vivant ont considérablement évolué au cours des années 2000, à la lumière des progrès effectués dans le séquençage du génome. La Bretagne a d'ailleurs l'avantage de combiner, sur son territoire, des compétences en sciences marines, en bio-informatique et en biotechnologies.

La Station biologique de Roscoff, sous tutelle du CNRS et de Sorbonne Université, accueille ainsi la plateforme technologique ABiMS, chargée de l'analyse et du stockage de données génomiques et d'observation, et dont les capacités de stockage ont été multipliées par 13 entre 2011 et 2019. Le besoin croissant de profils combinant des connaissances en biodiversité marine et des compétences en sciences des données a conduit à la création d'une licence bi-disciplinaire originale de biologie informatique à Roscoff.

➤ Zoom sur un croisement de filières... l'observation satellitaire au service des activités maritimes

En Bretagne, plusieurs acteurs réunis au sein du groupement d'intérêt scientifique (GIS) BreTel, porté par l'IMT Atlantique, ont développé un savoir-faire dans le développement d'applications utilisant les observations

satellites. Un programme, le booster MORESPACE coordonné par le Pôle Mer Bretagne Atlantique, a été spécifiquement créé en vue de soutenir l'utilisation des données satellites au service des activités maritimes.

↳ Zoom sur une activité de niche... l'analyse de performance dans la voile de course

Dans la course au large, le déploiement de la fibre optique a entraîné une forte augmentation des capteurs installés sur les voiliers. Les données collectées constituent le guide d'utilisation et la clé de compréhension du bateau. Leur analyse sert l'optimisation des paramètres et l'amélioration de la performance.

Plusieurs entreprises bretonnes se sont positionnées sur ce créneau. Elles fournissent aux écuries de course différents services : analyse des données collectées, traduction des résultats, outils de visualisation, simulateurs et édition de recommandations.

↳ Zoom sur une filière en structuration... la cybersécurité maritime

Depuis quelques années, le secteur maritime a pris conscience de la vulnérabilité accrue des infrastructures maritimes et des navires, qui va de pair avec la mise en circulation d'une multitude de données numériques.

Au niveau européen, la Bretagne est considérée comme un territoire en pointe sur les questions de cybersécurité, avec l'Estonie et la Castille-et-León (Espagne). L'implantation d'acteurs emblématiques positionnés sur des activités duales (c'est-à-dire civiles et militaires) lui est très spécifique. La combinaison de la dimension cyber, des acteurs du numérique et d'activités maritimes est un élément différenciant pour le territoire régional, qui a conduit à la création d'un pôle d'excellence par l'Etat et le Conseil régional. Il comporte un volet maritime, formalisé par la Chaire « Cyberdéfense des systèmes navals », basée à l'Ecole Navale, et qui vise à stimuler la recherche et la formation. Un mastère « cybersécurité du monde maritime » a été annoncé pour 2020.

Au-delà de ces « zooms » sur des facettes originales de la marétique en région, toutes les filières de l'économie maritime ont des opportunités à saisir. Tous les savoir-faire et compétences actuels et à venir dans la marétique constituent un atout pour la Bretagne, sous réserve que les acteurs en prennent la pleine mesure et se l'approprient collectivement.

1.2. Des incertitudes et des risques à anticiper

Si la marétique s'appréhende comme une invitation à explorer un champ d'innovation très large et à développer de nouvelles compétences, elle conduit aussi à s'interroger sur les conditions dans lesquelles elle pourra bénéficier au plus grand nombre : quels sont les risques, les écueils à éviter et les précautions à prendre ? Quelles sont les pistes de différenciation pour la Bretagne ?

S'agissant d'un phénomène d'une grande complexité, la transformation numérique modifie les façons de produire et de travailler, avec des craintes sur la fragilisation de l'emploi actuel ou la réalité de l'emploi futur, la perte de certaines compétences et des enjeux de résilience et d'anticipation : les emplois de navigants ne risquent-ils pas de disparaître avec l'arrivée des navires autonomes ? Comment le rôle de l'agent de port pourrait-il évoluer avec le développement de la plaisance collaborative ?

Elle soulève aussi des questions du point de vue socio-économique, avec un risque de fracture entre catégories socio-professionnelles, métiers, territoires ou secteurs d'activités, voire des risques de fragmentation ou de conflits, entre usages nouveaux et anciens : les ports de Bretagne ont-ils la capacité à amortir les investissements numériques ? Ces investissements sont-ils soutenables pour des ports d'importance modeste à l'échelle mondiale ? Dans les domaines de la pêche, de l'aquaculture ou encore du nautisme, face à l'arrivée de nouveaux entrants et prestataires issus du numérique, ne faudrait-il pas mettre en place des mesures d'accompagnement pour les PME maritimes qui n'auraient pas les moyens humains et financiers d'engager leur transformation numérique ? Les technologies déployées dans le secteur industriel (automatisation, robotique...) bénéficient-elles aux industries navales implantées en Bretagne ? Peuvent-elles intégrer la chaîne de production d'un navire ?

Enfin, le rôle croissant joué par les données numériques, de toute nature, entraîne un phénomène de dépendance qui soulève des enjeux du point de vue de la cybersécurité et de la maîtrise de l'information, à l'échelle mondiale. A l'heure d'une accélération de la transformation numérique sous l'action des géants du Web, la valeur ajoutée tirée de l'exploitation de données produites localement peut être facilement captée depuis le monde entier. Dans ces conditions, comment créer et retenir en Bretagne la valeur ajoutée issue des données relatives à la mer et ses usages ? Comment ancrer sur le territoire les activités et les emplois tirés de ces données ?

Face aux menaces et aux risques que peuvent légitimement mettre en exergue certains acteurs de la mer et du littoral, et comme dans tous les domaines, le déploiement d'outils et de services numériques requiert une vigilance.

Au terme de cette étude, le CESER retient trois recommandations transversales, assorties de pistes d'actions à l'attention des acteurs régionaux.

2. Multiplier les croisements entre mer et numérique

La première recommandation est de **reconnaître et de déployer la marétique en Bretagne, en invitant à explorer davantage ce champ d'innovation**. Saisir les opportunités offertes appelle à multiplier les occasions, pour les acteurs de la mer et du numérique, de se rencontrer et de créer de l'émulation entre les technologies numériques et ce nouveau milieu d'application.

Le croisement entre les outils et services numériques et l'économie maritime comme nouveau champ applicatif contribue à faire émerger des modes de travail plus collaboratifs et soutient la constitution de communautés d'intérêts reconnues pour leurs compétences et leur double expertise. Il n'est pas aisément possible de dresser un bilan qualitatif précis des bénéfices du croisement entre mer et numérique en termes de créations d'emplois et d'entreprises, de dépôts de brevets, mais au terme de cette étude, les perspectives de fertilisation croisée ne semblent toutefois pas suffisamment partagées ni mises en valeur aujourd'hui, en Bretagne comme ailleurs.

Les politiques publiques encouragent déjà le croisement entre mer et numérique par des dispositifs divers, mais dont l'effet incitatif reste modeste et souvent rythmé par des appels à projets limités dans leur montant. Par ailleurs, ces dispositifs ne ciblent pas directement la marétique, un « OVNI » des politiques publiques, qui n'est pas identifié formellement comme un champ d'innovation.

Des feuilles de route ont été annoncées par le Conseil régional de Bretagne afin de décliner dans ses propres politiques les objectifs identifiés dans le cadre de la démarche Breizh COP. La mise en œuvre de la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral est quant à elle d'ores et déjà engagée. Ces échéances constituent, selon le CESER, une fenêtre favorable pour déployer la marétique au sein des politiques régionales. La période est d'autant plus propice que la marétique peut contribuer à accompagner les activités maritimes dans la transition énergétique et écologique, l'un des objectifs de la Breizh COP.

↳ Renforcer l'effet incitatif des dispositifs favorisant le croisement entre mer et numérique au sein de la politique régionale de soutien à l'innovation et à la recherche

Dans le cadre de la révision, annoncée pour 2020, de sa stratégie de spécialisation intelligente, le CESER invite le Conseil régional à identifier la marétique comme un champ stratégique de recherche et d'innovation et à maintenir, dans la durée, la dynamique des appels à projets. Une action auprès des instances européennes pour s'assurer de la place de la marétique dans les futurs instruments de financement est également à envisager.

↳ Structurer un écosystème complet dédié à la marétique

Le CESER identifie une responsabilité particulière du Conseil régional de Bretagne, avec l'appui du Pôle Mer Bretagne Atlantique, de mobilisation et d'entraînement de l'ensemble de ses partenaires pour soutenir la structuration d'un écosystème complet dédié à la marétique, réunissant des équipements de recherche et de formation, des tiers-lieux favorisant les échanges entre acteurs, des infrastructures de stockage et de calcul des données relatives à la mer, et les conditions permettant d'accroître les synergies. La combinaison des moyens techniques et des ressources humaines doit être valorisée comme un atout vis-à-vis d'entreprises qui souhaiteraient se développer sur le créneau de la marétique.

↳ Définir des mesures d'accompagnement à la transformation numérique

Dans le domaine maritime comme ailleurs, saisir les opportunités offertes par la marétique suppose, en miroir, d'identifier et de mettre en œuvre les mesures d'accompagnement qui s'imposent, afin que la transition s'effectue de manière optimale. En ce sens, des réflexions sont à conduire dans chaque secteur maritime pour identifier les points de fragilité et proposer des solutions, dans l'objectif de développer des emplois durables.

Notamment, le tissu des entreprises de l'économie maritime en Bretagne comporte un grand nombre de PME, dans l'industrie navale, la pêche, l'aquaculture, le nautisme... Face à l'arrivée de nouveaux entrants et prestataires issus du numérique, il faut réfléchir à la mise en place de mesures d'accompagnement spécifiques pour ces entreprises, qui n'ont pas forcément les moyens humains et financiers d'engager leur transformation numérique, afin de maintenir leur compétitivité et de leur donner la capacité à saisir les

opportunités qui s'offrent à elles. En ce qui concerne les ports de commerce, et face à la volonté de la Bretagne de renforcer son positionnement comme région de connexion européenne, l'accompagnement à la transformation numérique des ports de commerce bretons apparaît aussi comme une priorité pour trouver sa place dans le commerce mondial.

↳ Déployer la marétique dans d'autres politiques sectorielles

Il existe également de multiples opportunités à saisir dans d'autres domaines qui font la spécificité de la Bretagne maritime, tels que le tourisme, le patrimoine et la culture maritimes, l'éducation à la mer, etc. Le CESER incite le Conseil régional à donner une plus grande place à la marétique au sein des politiques sectorielles qui accompagnent le développement de ces activités. Par exemple, le croisement entre éducation à la mer et numérique pourrait constituer un champ d'innovation à explorer davantage en Bretagne, d'autant que le soutien à la culture scientifique, technique et industrielle est une compétence régionale depuis 2013. Le Conseil régional pourrait mobiliser les acteurs de l'éducation à la mer, le réseau des centres de culture scientifique, technique et industrielle (CCSTI) et les compétences numériques présentes en Bretagne autour du développement d'expériences maritimes virtuelles, envisagées comme un relais vers les expériences *in situ*.

Il y a aussi un enjeu à ce que les politiques régionales utilisent davantage les données publiques relatives à la mer et ses usages, comme cela a été fait dans le cadre de la planification des énergies marines au sein de la Conférence régionale pour la mer et le littoral. Cela peut être un axe de travail à approfondir au sein de cette instance, dans le cadre de la planification maritime désormais prévue par les directives européennes.

3. Former à la marétique en Bretagne

La deuxième recommandation est de **faire en sorte que les acteurs maritimes soient le moteur de la marétique**. Il est certain que les métiers maritimes s'exerceront demain dans un environnement où le numérique aura pris une place encore plus importante. La quantité de données produites n'aura cessé de croître et les femmes et les hommes travailleront, que ce soit à terre ou en mer, dans un océan de données.

Quelles pourraient être les conséquences sur les compétences ? Faut-il faire évoluer les formations initiales et continues, ou imaginer des dispositifs spécifiques dans certains secteurs ? Anticiper les évolutions touchant les

activités et les métiers maritimes est un impératif pour une formation maritime reconnue à l'international, en particulier celle dispensée dans les nombreux établissements bretons formant aux métiers de la mer.

↳ Intégrer la marétique dans les formations préparant aux métiers de la mer

Pour les métiers de la mer comme pour les autres, ce qui sera déterminant, c'est la capacité d'agir et les moyens d'adaptation des personnes dans un contexte en évolution permanente. Le CESER retient l'impératif d'intégrer davantage le numérique, notamment dans son volet marétique, aux formations préparant aux métiers de la mer, par des modules de formation spécifiques, des programmes d'animation... Il est important que chaque acteur maritime, tous secteurs et tous niveaux de qualification confondus, dispose d'un socle de connaissances lui permettant de s'adapter aux évolutions des métiers, ce qui implique notamment des connaissances relatives à la protection des données (personnelles et commerciales), à la cybersécurité maritime, au traitement des données relatives à la mer et la prise en main des nouveaux outils permettant d'améliorer la sécurité des emplois. Il s'agit de donner à chacun les clés pour comprendre les implications économiques, sociales et environnementales de la transformation numérique dans le cadre de ses activités professionnelles.

Le CESER appelle notamment à la vigilance concernant l'intégration et le développement d'équipements numériques performants dans les établissements formant aux métiers de la mer, et leur maintien en conditions opérationnelles. En particulier, il incite les lycées professionnels maritimes implantés en Bretagne à faire remonter leurs besoins et à saisir les opportunités de la marétique pour développer, ensemble, des outils innovants au service de la formation des élèves des quatre établissements. Une telle mutualisation de ces ressources contribuerait aussi au rayonnement et à l'attractivité de ces établissements à l'échelle nationale.

Au-delà des cursus de formation initiale et en ce qui concerne notamment les métiers de navigants, la place centrale de la formation continue tout au long de la carrière de marin doit être mise à profit pour développer et actualiser les compétences numériques et marétiques, tout au long de la vie.

↳ Ancrer en Bretagne des compétences exclusives sur des sujets marétiques de pointe

La Bretagne a matière à se distinguer dans des sujets de pointe (tels que la bio-informatique marine, la cybersécurité maritime, l'exploitation de données satellitaires au service des activités maritimes, etc.). Il faut cultiver ce niveau d'expertise, en multipliant et en soutenant les formations de haut niveau. Une telle action doit aller de pair avec le soutien des initiatives de recherche dans le domaine de la marétique (par exemple chaires, bourses doctorales...). Des formations et modules d'enseignement combinant science des données et sciences applicatives marines pourraient notamment être soutenues.

↳ Faire du numérique un facteur d'attractivité pour les métiers de la mer

L'attractivité des métiers de la mer, en particulier dans les filières de la pêche et de l'aquaculture, fait partie des chantiers à engager pour mettre en œuvre la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral. Renforcer l'attractivité de ces métiers et formations doit aussi être un facteur de mixité. Les outils numériques offrent de multiples possibilités en ce sens.

4. Cultiver en Bretagne les données relatives à la mer et ses usages

Les données relatives aux océans, aux littoraux, aux activités maritimes sont, et seront davantage demain, une ressource-clé de l'innovation dans le domaine maritime. Amenées à se multiplier encore à l'avenir, la valeur ajoutée tirée de leur exploitation intéresse de nombreux acteurs, dans le monde entier. Dans cette perspective, **la troisième recommandation du CESER est de reconnaître le caractère stratégique, pour la Bretagne, des données relatives à la mer et ses usages.**

Il n'existe pas de définition ni de vision intégrée de ces données, qui sont de nature très variée selon les sujets concernés : données produites par des entreprises privées, données issues de la recherche publique en sciences marines, données de surveillance environnementale, données d'observation satellitaire... Produites généralement dans un cadre unique (par exemple la surveillance du milieu marin, le suivi du trafic maritime...), ces données peuvent trouver des applications multiples et seront certainement à la base de nouveaux services et outils imaginés demain. Leur exploitation sera créatrice de valeur,

porteuse d'emplois et source de créativité, elle permettra de concevoir des modèles prédictifs et d'élaborer des politiques publiques maritimes plus efficaces.

En cela, ces données seront indispensables pour répondre aux objectifs de la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral. Le CESER appelle à prendre conscience de leur intérêt stratégique pour le développement régional, sur les plans économique, social et environnemental, et affirme la responsabilité des acteurs à ancrer, en Bretagne, leur chaîne de valorisation.

➤ Définir une stratégie à long terme des infrastructures de stockage et de traitement des données issues de la recherche publique en sciences marines en France et en Europe

Le réseau de recherche en sciences marines s'inscrit à une échelle nationale et internationale, mais il est dans le même temps très territorialisé du fait de l'implantation physique, en Bretagne, d'établissements de recherche et de compétences pluridisciplinaires d'interprétation des données... Ces organismes assurent un rôle primordial en matière d'acquisition, de stockage et de mise à disposition d'un ensemble de données relatives à la mer et ses usages, essentielles au développement régional. Leur activité doit être soutenue dans la durée.

Toutefois, dans un contexte d'accroissement du volume des données, les questions liées au stockage, à la mise à disposition et au traitement des données issues de la recherche publique se complexifient. Les investissements reposent pour l'instant essentiellement sur les fonds dédiés à la recherche publique, mais l'équation s'avère difficile à résoudre, dans un contexte budgétaire contraint alors que les besoins augmentent avec le volume de données, d'autant que la communauté scientifique européenne souhaite renforcer sa capacité de modélisation de l'océan à l'horizon 2030.

Il y a donc urgence à élaborer une stratégie à long terme des infrastructures de stockage et de traitement des données de recherche en sciences marines. Au terme de cette étude, plusieurs arguments démontrent l'opportunité d'une infrastructure dédiée en Bretagne, au plus proche des producteurs et gestionnaires de données (Ifremer, Service hydrographique et océanographique de la Marine, Station biologique de Roscoff...), des compétences pluridisciplinaires pour les exploiter et d'une diversité d'acteurs de la mer.

Le CESER invite notamment le Conseil régional, en lien avec ses partenaires, à réfléchir dès à présent au futur de DATARMOR, une infrastructure de stockage

et de traitement des données environnementales marines, basée à l'Ifremer. Deux voies d'amélioration sont à étudier : l'augmentation des capacités de stockage et la création d'un service de support technique et d'interface, pour accompagner les utilisateurs potentiels dans l'exploitation des données.

La communauté en sciences et techniques de la mer, dont l'activité de recherche s'inscrit aujourd'hui dans des réseaux européens et internationaux, aurait aussi intérêt à réfléchir à un projet de *cloud* européen, pour permettre la diffusion de toutes les données collectées sur la mer et ses usages au sein d'une alternative crédible face aux géants du Web. Il en va de la souveraineté de l'Union européenne et de son avenir dans la croissance bleue.

➤ Impulser une véritable politique de valorisation des données publiques relatives à la mer et ses usages

De nombreux acteurs bretons, publics et privés, opèrent tout au long du cycle de vie des données relatives à la mer et ses usages (collecte et acquisition, stockage et traitement, exploitation). Cette chaîne complète de valorisation est un atout pour la Bretagne et à l'avenir, son positionnement dans l'économie maritime dépendra fortement de sa capacité à les exploiter pleinement, notamment lorsqu'elles sont financées sur des fonds publics. Il existe en effet un enjeu à mieux valoriser les données publiques : malgré des évolutions réglementaires en faveur de l'*open data*, il existe encore des freins à l'ouverture de ces données.

Le Conseil régional est légitime à impulser une véritable politique de valorisation des données publiques relatives à la mer et ses usages. Il s'agit de soutenir leur chaîne de valeur et de créer les conditions pour permettre aux acteurs régionaux de les exploiter pleinement. L'un des enjeux est de promouvoir l'ouverture des données de recherche sur la mer, via des clauses ou des dispositifs incitatifs intégrés aux financements octroyés dans le cadre de la politique de soutien à la recherche. La création d'un pôle métier « mer et littoral » au sein de la plateforme GéoBretagne pourrait également être relancée.

Enfin, le développement de services d'interface entre gestionnaires et utilisateurs et la promotion de tiers-lieux, des espaces physiques destinés à rassembler chercheurs en sciences des données, chercheurs en sciences et techniques de la mer et entreprises, apparaissent également comme indispensables.

5. En conclusion...

Ces recommandations s'adressent à trois destinataires principaux : les acteurs de la transformation numérique, afin qu'ils perçoivent tout le potentiel du milieu marin et des activités maritimes comme nouveau domaine applicatif ; les acteurs de la mer et du littoral, afin qu'ils soient parties prenantes du développement de la marétique, qu'ils en perçoivent les opportunités et les risques vis-à-vis de leurs activités ; les acteurs publics, afin qu'ils valorisent ce champ d'innovation et qu'ils soient en capacité de soutenir et d'impulser de nouveaux projets à la confluence de la mer et du numérique.

Ensemble, ils doivent se positionner et se différencier sur trois volets indispensables pour déployer la marétique en Bretagne : le soutien à la recherche et à l'innovation, l'accompagnement des organismes de formation et la gouvernance de la donnée. En tant que collectivité cheffe de file en matière de développement économique et d'aménagement du territoire, le Conseil régional de Bretagne a une responsabilité particulière et une capacité réelle à entraîner les autres acteurs, publics et privés.

Une partie des pistes d'action identifiées ici dépasse les prérogatives de l'échelon régional, mais au terme de cette étude, le CESER retient 8 priorités d'action, que le Conseil régional peut engager dès à présent pour mettre le croisement entre le milieu marin, les activités maritimes, les outils et services numériques au service du développement durable de la Bretagne et faire de la région une référence et un moteur national, et international, de la marétique.

8 priorités d'action du Conseil régional pour impulser le déploiement de la marétique en Bretagne

1. Identifier la marétique comme un champ d'innovation de la stratégie de spécialisation intelligente de la Bretagne, au service du développement durable des activités maritimes
2. Mettre en place un programme MARETIC destiné à faciliter, accompagner et valoriser les projets au croisement de la mer et du numérique
3. Entraîner l'ensemble de ses partenaires pour accompagner la structuration d'un écosystème complet dédié à la marétique
4. Soutenir l'intégration de la marétique dans les formations préparant aux métiers de la mer et accompagner les lycées professionnels maritimes dans le développement d'outils innovants
5. Cultiver des compétences exclusives dans le domaine de la marétique, en soutenant le développement de la recherche et la formation de haut niveau
6. Soutenir dans la durée la collecte de données maritimes publiques et réfléchir au futur de DATARMOR
7. Promouvoir l'ouverture et le partage des données de la recherche publique en sciences et techniques de la mer, dans le cadre de sa politique de soutien à la recherche
8. Soutenir les services d'interface entre fournisseurs et utilisateurs potentiels de données et promouvoir des tiers-lieux destinés à rassembler chercheurs en sciences des données, chercheurs en sciences et techniques de la mer et entreprises.

Sommaire

du rapport

Introduction	1
1. Du lien entre mer, télécommunications, numérique... et « marétique »	1
2. La notion de « marétique » et son actualité	3
3. Pourquoi s'intéresser à la marétique en Bretagne ?	6
4. La démarche du CESER	10
Chapitre 1	15
La marétique, une réalité en Bretagne	15
1. Connaître, surveiller et protéger les écosystèmes marins, en tenant compte de leurs interactions avec les activités humaines	17
1.1. Des sources d'observation démultipliées	17
1.2. Une compréhension plus systémique des milieux marins et de la biodiversité	21
1.3. Une meilleure maîtrise des pressions sur les écosystèmes marins	24
2. Concevoir et produire un navire, assurer sa maintenance	27
2.1. La conception du navire : vers le jumeau numérique ?	27
2.2. Une chaîne de production du navire plus automatisée ?	29
2.3. L'exploitation du navire	30
2.4. La maintenance du navire : vers des activités opérées à distance	34
3. Naviguer, être marin	35
3.1. La formation	35
3.2. Une vie à bord qui se rapproche de la vie à terre	36
3.3. La navigation et l'exercice du métier	38
4. Exploiter et consommer les ressources marines alimentaires	44
4.1. Le suivi des activités de production	44
4.2. L'évolution de la chaîne de commercialisation des produits de la mer	47
5. Renforcer et gérer les flux de personnes et de biens à l'interface entre la terre et la mer	51
5.1. Une interface portuaire optimisée/fiabilisée	51
5.2. Des séjours et prestations personnalisés à l'interface entre la terre et la mer	55
6. Produire et distribuer des énergies marines renouvelables	61

6.1. L'identification et le choix du site	61
6.2. Une conception du système de production appuyée sur la modélisation	63
6.3. De la construction à l'installation des machines : une chaîne plus fluide	64
6.4. L'exploitation des machines : optimiser la production et la distribution d'énergie	64
6.5. La maintenance des machines	66
7. Pratiquer la mer, expliquer et transmettre la culture maritime	67
7.1. Des expériences maritimes virtuelles démultipliées	67
7.2. Une pratique de la mer accessible au plus grand nombre	70
7.3. L'accès à l'information sur la mer, pour agir en tant que « SEA-toyen » ?	71
Conclusion du chapitre 1	73

Chapitre 2	75
Multiplier les croisements entre mer et numérique en Bretagne	75

1. Se rencontrer pour stimuler l'innovation au croisement de la mer et du numérique	75
2. Les politiques publiques en Bretagne, facilitatrices du croisement entre mer et numérique	76
2.1. La marétique dans la politique régionale de soutien au développement économique, à l'innovation et à la recherche	77
2.2. La marétique dans la mise en œuvre du Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche	84
2.3. La marétique dans la politique de valorisation du patrimoine du Conseil régional de Bretagne	85
3. La marétique dans d'autres régions	86
4. Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?	87

Chapitre 3	93
Former à la marétique en Bretagne	93

1. Des formations préparant aux métiers de la mer en Bretagne qui évoluent avec le numérique	94
2. L'anticipation des besoins de formations au regard du développement du numérique	97
2.1. Une frontière qui s'estompe entre les métiers exercés à terre et les métiers exercés en mer	98
2.2. Une évolution vers le « marin augmenté » ?	99
2.3. Un rôle croissant joué par les données	101
3. Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?	102

Chapitre 4	107
Cultiver en Bretagne les données relatives à la mer et ses usages	107
1. De quelles données parle-t-on et pourquoi ?	107
1.1. La richesse des données relatives à la mer et ses usages	109
1.2. Le caractère stratégique des données relatives à la mer en Bretagne	112
2. Un positionnement-clé de la Bretagne dans le cycle de vie des données relatives à la mer et ses usages	113
2.1. Les acteurs en charge de l'acquisition des données relatives à la mer et ses usages	113
2.2. Le stockage et la mise à disposition des données publiques relatives à la mer et ses usages	116
2.3. La valorisation des données sur la mer : un potentiel dormant à exploiter et des applications à démultiplier	122
3. Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?	127
Conclusion	131
Remerciements	133
Glossaire	135
Table des matières	139

Introduction

1. Du lien entre mer, télécommunications, numérique... et « marétique »

Si, au cours de l'histoire, les océans ont été un vecteur de liens et de déplacements entre les continents, ils ont aussi pu représenter un obstacle à l'échange d'informations, que les peuples et les nations ont toujours cherché à dépasser. La rencontre entre le monde de la mer et celui des télécommunications a ainsi souvent été source de challenges et de ruptures².

Dès le début des années 1900, la télégraphie sans fil se déploie sur les navires, avec des systèmes d'émission et de réception qui font rapidement la preuve de leur utilité. Par exemple, lors du naufrage du Titanic en 1912, le système d'alerte permettra de sauver une partie des passagers, tout en montrant les limites du dispositif et les pistes d'amélioration. Plus récemment, des progrès conséquents ont été réalisés en matière de connectivité à bord des navires, même si le débit moyen reste encore sensiblement inférieur aux débits terrestres³. Des terminaux spécifiques ont notamment été développés pour la technologie 4G⁴, afin d'adapter le traitement du signal aux perturbations liées à la houle et aux mouvements du bateau. A l'avenir, la 5G et les nano-satellites de communication pourraient offrir de nouvelles opportunités mais le domaine maritime reste là encore une source de défis pour les opérateurs de télécommunications, et plus globalement aujourd'hui, pour les acteurs du numérique.

² Pour connaître les principales ruptures, voir l'histoire des télécommunications sur le site Internet de la Cité des télécoms de Pleumeur-Bodou.

³ Journée « La connectivité en mer sous toute ses formes » organisée par le Pôle Mer Bretagne Atlantique le 17 octobre 2018 à Roscoff.

⁴ Les générations (3G, 3G+, 4G et bientôt 5G) désignent les normes de téléphonie mobile, avec des applications plus ou moins élaborées selon les générations (débit, nature des données transférées).

En effet, à partir des années 1950, la numérisation de l'information est instituée comme « *le principe de base qui pour l'avenir structurera, au-delà de l'informatique, l'ensemble des technologies* »⁵. Cet avènement rend les technologies de l'information et de la communication indissociables du numérique, entendu comme l'ensemble des informations qui circulent sous codage informatique.

Progressivement, le terme de « transformation numérique » s'impose pour désigner une mutation globale de la société sous l'effet du déploiement de ces technologies : changements culturels et comportementaux, apparition de nouveaux services, organisation des entreprises... Ce qui caractérise aussi la transformation numérique, c'est le décalage entre, d'une part, une accélération exponentielle des capacités de production, de stockage, de calcul et de transmission des informations numérisées (dont certaines étaient encore récemment inaccessibles) et, d'autre part, notre capacité à les traiter et les valoriser.

En 2017, l'Organisation de coopération et de développement économique estimait que « *la science et la technologie comptent parmi les moteurs de développement les plus dynamiques de l'économie de la mer de demain* »⁶.

Dans l'étude prospective du CESER « *La Bretagne et la mer à l'horizon 2040* »⁷, les transformations à l'œuvre dans le monde maritime sous l'effet du déploiement du numérique constituaient l'un des moteurs du scénario *Sea-licon Valley*.

Sea-licon Valley, un scénario prospectif

« Nous sommes en 2040. L'innovation technologique joue désormais un rôle majeur et déterminant dans le développement des activités économiques et particulièrement dans l'exploitation des ressources marines de toute nature. Les innovations technologiques de rupture (développement massif et maîtrise de la robotisation, de la commande à distance, de l'intelligence artificielle) se sont multipliées (...) ».

Plus globalement, et tous scénarios confondus, cette étude montrait que les outils et services numériques joueront un rôle majeur dans l'avenir maritime de la Bretagne. La multiplication des usages de ces technologies, et les choix et les arbitrages opérés à cet égard, devraient constituer un facteur déterminant de

⁵ Source : site Internet de la Cité des télécoms de Pleumeur-Bodou.

⁶ OCDE, *L'économie de la mer en 2030*, mai 2017.

⁷ CESER DE BRETAGNE, *La Bretagne et la mer à l'horizon 2040*. Décembre 2017.

l'évolution du rapport de la Bretagne à la mer, selon la capacité des acteurs à saisir les opportunités qui s'offrent à eux. En effet, les technologies reposant sur l'échange et l'exploitation d'informations numériques peuvent contribuer à répondre à de nombreux défis du monde maritime, tels que l'amélioration de la sécurité maritime, l'optimisation de la communication entre la terre et la mer, l'accroissement de la compétitivité des filières... Cependant, comme dans d'autres domaines, leur déploiement présente aussi certains risques (délocalisation de la compétence, captation de la valeur ajoutée, distanciation du lien à la mer, évolution du cadre juridique...).

Pour autant, alors qu'une majorité de domaines applicatifs des technologies numériques ont gagné leurs lettres de noblesse (l'e-santé, la domotique, etc.), le croisement entre mer et numérique reste dans l'ombre. Il foisonne pourtant d'initiatives et offre un potentiel qui mérite qu'on s'y attarde. Dans le même temps, il réinterroge les équilibres à l'œuvre dans le monde maritime.

Dans cette perspective, et afin de mettre en évidence les différentes facettes de ce vaste champ au croisement de la mer et du numérique, cette étude **remet en lumière la notion de « marétique », qui permet d'englober l'ensemble des usages maritimes des technologies numériques.**

2. La notion de « marétique » et son actualité

Ce néologisme émerge en 2010 dans les réseaux spécialisés, réunis autour de la Chambre de commerce et d'industrie du Havre. Présentée comme « le cluster de la marétique », l'association @Marrer est alors créée pour porter différentes initiatives (salon Seagital, challenge innovation Seagital Awards, groupe synergie au sein du Cluster Maritime Français...), notamment la rédaction d'un « *Livre bleu de la marétique* » entre 2011 et 2013⁸. Ce document mobilise plusieurs signataires, parmi lesquels le Cluster Maritime Français et STX France, soucieux de définir la notion et d'en poser les grands enjeux vis-à-vis des différents secteurs maritimes.

La marétique y est définie comme « *l'ensemble des systèmes informatiques et électroniques utilisés dans la gestion et l'automatisation des opérations relatives aux activités maritimes, fluviales et portuaires* ».

Mare (*la mer, en latin*) + (informa)tique

⁸ ASSOCIATION @MARRER, CCI LE HAVRE, *Le Livre bleu de la marétique. Pour une économie maritime numérique*. 2013.

Plus précisément, la marétique constitue « *un champ d'exploration des nouveaux usages des technologies de l'information et de la communication et un ensemble de ressources technologiques, dont l'exploitation est source de compétitivité pour les acteurs du numérique, du maritime, du portuaire et du fluvial* ».

Le terme se fait ensuite plus discret, comme en témoigne la relative faiblesse des occurrences sur le Web. Au cours des auditions conduites dans le cadre de cette étude, la notion n'a été utilisée qu'à une seule reprise. Pour autant, s'il est difficile d'extraire des éléments quantitatifs précis (par exemple en matière de brevets), l'actualité apporte de nombreuses preuves de la fertilité du croisement entre mer et numérique...

A l'échelle internationale, les alliances récentes entre géants du numérique et du maritime témoignent des perspectives économiques :

- En février 2017, CMA CGM et une filiale d'Alibaba, géant du commerce en ligne, ont signé un accord portant sur la mise en œuvre d'une plateforme commune de réservation de chargements⁹ ;
- Depuis mars 2017, Maersk et IBM œuvrent au déploiement de la *blockchain*¹⁰ dans le transport de conteneurs. A l'été 2018, ils ont lancé la plateforme TradeLens qui permet à l'ensemble des maillons de la chaîne logistique d'interagir grâce à un accès en temps réel aux données et aux documents d'expédition¹¹ ;
- En septembre 2017, Rolls-Royce s'est associé à Google, puis à Intel en novembre 2018, pour développer l'intelligence artificielle embarquée et travailler au déploiement de navires autonomes¹² ;
- Depuis décembre 2017, Bureau Veritas et Dassault Systèmes travaillent en commun à l'intégration du jumeau numérique dans le secteur de la construction et réparation navales¹³ ;
- Microsoft a fait appel aux compétences de Naval Group pour la phase 2 du projet Natick, visant au développement d'un datacenter sous-marin. En

⁹ Communiqué de presse de CMA CGM en date du 14 février 2017.

¹⁰ La *blockchain* est une base de données composée de « chaîne de blocs » qui permet de stocker et de transmettre des informations de manière sécurisée et transparente, sans organe ou instance de contrôle.

¹¹ FORBES, « [IBM-Maersk Blockchain platform adds 92 clients as part of global launch](#) », article de M. DEL CASTILLO, publié le 9 août 2018 ; L'ANTENNE, « [Blockchain : Maersk et IBM lancent la solution TradeLens](#) », article d'E. DEMANGEON, publié le 25 septembre 2018.

¹² Communiqués de presse de Rolls-Royce publiés les 3 octobre 2017 et 15 octobre 2018.

¹³ Site de Bureau Veritas.

juin 2018, ce serveur a été immergé à titre expérimental au large de l'Ecosse¹⁴ ;

- En janvier 2019, six grands groupes français, dont Naval Group, se sont alliés à Orange Cyberdéfense pour référencer les solutions existantes sur le marché et partager leurs expériences¹⁵ ;
- En avril 2019, les grands industriels européens de la construction et réparation navales se sont regroupés autour d'un programme de recherche sur le navire connecté et la définition de standards communs¹⁶.

Au niveau national, les médias, événements et réseaux spécialisés accordent une place importante au croisement entre mer et numérique, comme en témoignent les éditions les plus récentes des Assises de l'économie de la mer, des Assises du nautisme et de la plaisance et des Assises du Port du futur.

A l'échelle interrégionale, la place du numérique dans les projets labellisés au sein des six domaines d'actions stratégiques (DAS) du Pôle Mer Bretagne Atlantique constitue aussi un indicateur intéressant (Figure 1)¹⁷.

¹⁴ LES ECHOS, « Microsoft et Naval Group inaugurent leur premier serveur sous-marin », article d'Etienne COMBIER publié le 9 juin 2018.

¹⁵ L'USINE NOUVELLE, « [Le pacte de six grands industriels français autour d'Orange pour muscler leur cyberdéfense](#) », article de M. GARREAU, publié le 15 janvier 2019.

¹⁶ LE MARIN, « L'industrie navale européenne réunie autour du navire connecté », article de F. AUVRAY, publié le 25 avril 2019 : le programme réunit Naval group, les Chantiers de l'Atlantique, Fincantieri, Meyer werft, Lürssen, Navantia et Damen.

¹⁷ Chiffres communiqués par le Pôle Mer Bretagne Atlantique lors de la journée « Mer et numérique » sur la sécurité et la sûreté maritimes organisée à Lannion le 8 juin 2018.

Figure 1. Composante numérique dans les projets labellisés par le Pôle Mer Bretagne Atlantique

Domaine d'action stratégique (DAS)	Nombre de projets labellisés ayant une composante STIC significative (outils, modèles, capteurs, IA...)	Nombre total de projets labellisés fin 2018 dans ce DAS	Pourcentage de projets labellisés dans ce DAS, ayant une composante STIC significative
DAS 1 - Sécurité et sûreté maritime	41	43	95 %
DAS 2 – Naval et Nautisme	18	38	47 %
DAS 3 – Ressources énergétiques et minières marines	33	52	63 %
DAS 4 – Ressources biologiques marines	31	114	27 %
DAS 5 – Environnement et aménagement du littoral	43	54	80 %
DAS 6 – Ports, infrastructures et transports maritimes	5	9	56 %
TOTAL DES PROJETS	171	310	55 %

Source : Chiffres fournis par le Pôle Mer Bretagne Atlantique, septembre 2019.

3. Pourquoi s'intéresser à la marétique en Bretagne ?

La transformation numérique renvoie à une mutation globale de la société sous l'effet du déploiement de nouvelles technologies, mais surtout de leurs usages démultipliés qui accompagnent, impulsent ou facilitent l'évolution souvent très rapide vers de nouveaux modes de vie, de consommation, de production ou de travail. « A l'heure où le numérique s'impose partout dans la vie des citoyens (...), il s'impose pareillement dans le monde professionnel, créant un nouvel environnement, un nouveau langage et ne manquant pas d'interpeller sur l'évolution de la société »¹⁸.

Ces évolutions sont engagées depuis de nombreuses années et vont peu à peu imprégner l'ensemble de la société. Dans ce contexte, quelle pertinence y-a-t-il

¹⁸ CESER DE BRETAGNE, *Numérique et entreprises de Bretagne : urgence et opportunités*. Janvier 2017.

à analyser la transformation numérique dans le domaine maritime à l'échelle de la Bretagne ?

Du fait du poids de son économie maritime, de ses compétences dans le domaine des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC) et de la volonté de faire de la mer un pilier du développement durable régional, la transformation numérique telle qu'engagée dans le domaine maritime présente des opportunités et des risques particuliers pour la Bretagne.

- **Des compétences numériques historiques**

C'est avec l'implantation du Centre national d'études des télécommunications (CNET) en 1960 à Lannion que l'industrie de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication s'est implantée en Bretagne, dans un écosystème associant centres d'études, grandes écoles et universités, grands groupes et PME, laboratoires de recherche et filières de formation, technopoles, pôle de compétitivité Images & réseaux, IRT b<>com...

En 2014, la CCI Bretagne recensait 40 000 emplois et 2 700 établissements installés sur le territoire dans ce secteur¹⁹, positionnant l'économie numérique comme l'un des secteurs majeurs pour le territoire régional.

- **Une maritimité affirmée**

Avec près de 2 730 km de côtes, la réalité maritime de la Bretagne ne fait aucun doute. Cette proximité avec la mer donne indiscutablement un caractère spécifique au développement régional : 65 650 emplois directs (hors tourisme, qui en compte près de 50 000) liés à la mer au sein de 7 160 entreprises²⁰, une diversité d'activités exploitant les ressources marines, un pôle de premier plan de recherche en sciences marines, un patrimoine maritime riche, une activité touristique tournée principalement vers la mer...

¹⁹ CCI BRETAGNE, *L'économie numérique en Bretagne*, Repères économiques n°13, Décembre 2014.

²⁰ RESEAUX DES CCI ET AGENCES D'URBANISME ET DE DEVELOPPEMENT DE BRETAGNE, *Observatoire de l'économie maritime en Bretagne*, septembre 2018.

Depuis la dynamique engagée en 2007 avec la Charte des espaces côtiers bretons²¹, les acteurs de la mer, publics comme privés, partagent une ambition maritime pour la Bretagne, concrétisée en juin 2018 dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral. Cette stratégie cherche à renforcer ce lien privilégié avec la mer, dans un projet de développement économique, social et environnemental durable (Figure 2). Elle doit constituer le volet maritime du Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), un document intégrateur, prescriptif et opposable, élaboré dans le cadre du projet Breizh COP, qui associe l'ensemble des partenaires institutionnels, acteurs socio-économiques et citoyen·ne·s depuis 2017 dans la définition d'un projet d'avenir pour la Bretagne.

²¹ La Charte des espaces côtiers bretons a été proposée à la signature des acteurs de la mer et du littoral par la Région Bretagne en 2007, pour développer de nouvelles formes de gouvernance reposant sur la complémentarité des compétences et le décloisonnement des sujets. Elle prévoyait la mise en place de dispositifs pour favoriser la concertation, la mise en réseau et l'accompagnement des acteurs : la Conférence régionale de la mer et du littoral, un appel à projets de gestion intégrée des zones côtières et un réseau des acteurs de la mer et du littoral en Bretagne, le réseau MELGLAZ.

Figure 2. Les ambitions et objectifs stratégiques de la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral



Source : Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral, juin 2018.

En conséquence, la proximité entre l'écosystème numérique et les acteurs maritimes a déjà fait naître des compétences nouvelles et des champs d'expertises originaux en région, par exemple la cybersécurité maritime, la bio-informatique marine....

Ces éléments sont autant d'atouts pour accompagner et réussir, dans le domaine maritime, une transformation numérique qui soit propre à la Bretagne, avec un double enjeu :

- **Mettre cette force au service des ambitions maritimes de la Bretagne et, plus largement, de son développement durable.** Comme toute transition, la transformation numérique traduit le passage d'un mode de développement vers un autre et peut être porteuse de risques (cyberattaques, empreinte écologique...), d'échecs et d'exclusions pour celles et ceux qui ne pourraient pas s'adapter. Il s'agit donc de s'assurer que la transformation numérique profite à tous, en étudiant la manière dont les outils et services numériques peuvent contribuer à la transition maritime de la Bretagne et accompagner les mutations à l'œuvre dans certaines filières²² ;
- **Positionner la Bretagne comme un pôle d'innovations dans le domaine de la marétique.** Pour les acteurs de la transformation numérique, la mer offre l'opportunité d'inventer de nouveaux services et outils mais aussi d'explorer, pour les technologies existantes, de nouveaux usages. Au-delà des solutions à déployer au service des activités maritimes implantées en Bretagne, il y a aussi matière, en s'appuyant sur l'expertise d'usage des acteurs régionaux, à développer et commercialiser de multiples services et applications à destination d'acteurs extérieurs.

4. La démarche du CESER

(Re)mettre en lumière la marétique poursuit la volonté d'explorer ce qui la caractérise en Bretagne et d'inviter les acteurs à se l'approprier, démarche essentielle vis-à-vis d'une transformation numérique qui touche la société toute entière et qui se fera quoi qu'il arrive, et à la déployer en Bretagne.

Essentielle d'abord vis-à-vis des acteurs de la transformation numérique, afin qu'ils perçoivent le potentiel de ce nouveau domaine applicatif et en saisissent toutes les facettes et opportunités.

²² CESER DE BRETAGNE, *Produire ET résider sur le littoral en Bretagne !* Mai 2017.

Essentielle ensuite vis-à-vis des acteurs de la mer et du littoral, afin qu'ils s'approprient les outils numériques et soient acteurs de la multiplication de leurs usages, qu'ils en perçoivent les opportunités et les risques vis-à-vis du développement maritime durable.

Essentielle enfin vis-à-vis des acteurs publics, pour qu'ils impulsent ce champ d'innovation et qu'ils soient en capacité de l'accompagner en Bretagne.

Pour ces raisons, et en tant qu'assemblée consultative composée de femmes et d'hommes représentant une diversité d'entreprises, de syndicats, d'associations implantés en Bretagne, et de personnalités qualifiées, le CESER a souhaité apporter un éclairage sur ce sujet souvent clivant qu'est le numérique, objet de nombreuses attentes mais qui suscite aussi des inquiétudes. Cet éclairage repose sur une démarche collective et sur la construction d'une culture commune. Complétés par une vingtaine d'auditions et par des recherches nombreuses, le travail participatif et les débats ont permis d'aboutir à cette analyse et à ces propositions, qui s'inscrivent dans la continuité des précédentes contributions du CESER sur les enjeux de la mer et du littoral.

Dans un premier chapitre, le CESER explore les **implications économiques, sociales et environnementales du processus consistant à déployer, au service des activités maritimes, des outils reposant sur la collecte, la diffusion et l'exploitation d'informations numériques**. Il propose un état des lieux des déploiements actuels et envisagés à moyen terme, et une analyse à la lumière des ambitions affichées par la Bretagne pour la mer et le littoral : quelles sont les transformations à l'œuvre dans le monde maritime ? Comment la marétique accompagne-t-elle aujourd'hui le développement maritime de la Bretagne ? Comment l'accompagnera-t-elle demain ?

L'approche est volontairement extensive sans se vouloir exhaustive, car le processus diffère selon les secteurs. Le CESER a ainsi retenu sept cas d'usages, qui ont une importance particulière en Bretagne :

- Connaître, surveiller et protéger les écosystèmes marins, en tenant compte de leurs interactions avec les activités humaines ;
- Concevoir et produire un navire, assurer sa maintenance ;
- Naviguer, être marin ;
- Exploiter et consommer les ressources marines alimentaires ;
- Renforcer et gérer les flux de personnes et de biens à l'interface entre la terre et la mer ;
- Produire et distribuer des énergies marines renouvelables ;
- Pratiquer la mer, expliquer et transmettre la culture maritime.

Couvrant l'ensemble de ces usages, la « marétique » s'appréhende comme une invitation à explorer un champ d'innovation très large. Mais dans le contexte d'une transformation numérique d'une grande complexité, fantasmée par les uns, décriée par les autres, la notion doit aussi conduire à s'interroger sur les conditions selon lesquelles cette marétique est au service du développement durable des activités maritimes, en Bretagne mais pas seulement.

Comme dans les autres secteurs, l'ère numérique s'accompagne de certains paradoxes :

- Les navires et les infrastructures maritimes sont de plus en plus connectés, donc plus fiables, mais de ce fait aussi plus vulnérables (cyberattaques) ;
- La dimension virtuelle et dématérialisée du numérique doit être questionnée en ce sens qu'elle possède un versant physique, dont l'empreinte écologique est déjà considérable²³. Selon le CNRS, 10 % de la facture d'électricité mondiale seraient dus à Internet, soit 4 % des émissions de gaz à effet de serre²⁴. Cette part pourrait passer à 21 % en 2030 ;
- Si elle peut être au service d'emplois plus sécurisés ou de meilleures conditions de travail, la transformation numérique suscite aussi des craintes sur la fragilisation de l'emploi actuel et sur la réalité de l'emploi futur ;
- Le numérique semble abolir certaines limites géographiques (compression des distances, communication entre la terre et la mer...) mais soulève d'autres questions du point de vue de la cohésion sociale par exemple, avec un risque de fracture entre groupes sociaux (catégories socio-professionnelles, métiers...), territoires ou secteurs d'activités et de fragmentation, voire de conflits, entre usages nouveaux et anciens²⁵.

Aussi, face aux menaces et aux risques que peuvent légitimement mettre en exergue les acteurs, le déploiement d'outils et de services numériques au service des activités maritimes requiert une certaine vigilance.

²³ Sur ce sujet, voir l'étude du CESER sur les interactions entre les usages numériques et les mobilités, à paraître début 2020.

²⁴ OUEST-FRANCE, « Le numérique est plus polluant qu'il n'y paraît », article du 25 avril 2019. Il faut toutefois préciser que ces données brutes ne semblent pas prendre en compte les éventuelles externalités positives du numérique (par exemple, les économies en termes de déplacement permises par la visioconférence).

²⁵ Sur ce sujet, voir les études du CESER de Bretagne : *Numérique et entreprises de Bretagne : urgence et opportunités* (janvier 2017), *Vers un projet partagé de développement durable de la Bretagne* (octobre 2017), *L'illettrisme en entreprise : l'affaire de tous* (décembre 2018).

Dans cette perspective, le CESER a ensuite **dégagé plusieurs messages et recommandations à l'attention des acteurs régionaux**, pour saisir les opportunités qui s'offrent à la Bretagne, mais aussi anticiper les risques.

Le **premier message est de reconnaître la « marétique » comme une force à part entière de la Bretagne et de la déployer davantage**. Cela suppose un portage politique et un renforcement de l'effet incitatif des dispositifs favorisant le croisement de filières (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Le **deuxième message est de faire en sorte que les acteurs maritimes (marins comme non navigants) soient le principal moteur de ces évolutions**. La Bretagne a l'opportunité de promouvoir une marétique qui contribue à la qualité des emplois maritimes, dans toute leur diversité. Anticiper les questions de formation et d'accompagnement à la transition est un impératif pour une formation maritime, reconnue à l'international, en particulier celle dispensée dans les nombreux établissements bretons formant aux métiers de la mer (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Le **troisième message affirme que les données numériques relatives à la mer et ses usages sont, et seront encore davantage demain, une ressource-clé de l'innovation dans le domaine maritime** (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). De plus en plus hétérogènes, amenées à se multiplier, elles sont le carburant pour imaginer de nouveaux services et améliorer les politiques publiques maritimes. Dans cette perspective, le maintien d'une capacité de production, d'accès, de traitement et de valorisation des données sur la mer présente un caractère stratégique pour une région qui affiche ses ambitions maritimes. Ce chapitre aborde les données relatives à la mer et ses usages sous l'angle territorial : comment créer de la valeur ajoutée tirée de ces données et la retenir en Bretagne ? Quelles sont les perspectives économiques, sociales et environnementales liées à la valorisation de ce « *big data maritime* » ?

La marétique, une réalité en Bretagne

« Comme toute évolution, la transformation numérique comporte une part de radicalité, d'où la nécessité de regarder la révolution numérique dans ses multiples dimensions »²⁶

Les opportunités de la transformation numérique pour le domaine maritime sont multiples : mieux connaître les écosystèmes marins et prévoir leurs changements, accompagner les activités maritimes dans la transition énergétique et écologique, exploiter des ressources nouvelles ou de manière plus durable, optimiser la communication entre la terre et la mer, révéler la diversité du vivant marin, faciliter l'accès à la connaissance et à la culture maritimes, améliorer les conditions de travail et renforcer la sécurité en mer, sécuriser les infrastructures face à des paramètres environnementaux multiples, intégrer des énergies marines renouvelables dans le réseau électrique, concevoir des politiques maritimes plus éclairées...

La marétique apporte une diversité d'outils et de services pour accompagner le développement des activités maritimes. De nombreuses opportunités ont d'ores et déjà été saisies. Dans ce chapitre, le CESER explore les différentes facettes de la marétique en Bretagne et les transformations à l'œuvre, en l'état des déploiements actuels ou envisagés à moyen terme. Il choisit d'aborder les questions suivantes : quels sont les risques et les promesses de la marétique ? Comment accompagne-t-elle déjà les activités maritimes dans leur développement durable ?

²⁶ S. BRESTESCHE, Titulaire de la chaire RITE, Professeure de sociologie à l'IMT Atlantique, lors des Journées du risque « Escales autour du numérique. De l'innovation technologique à la transformation sociale », organisées par la Chaire RITE, les 11 et 12 septembre 2018 à Nantes.

Le contexte général n'est pas éludé mais l'analyse se concentre sur la Bretagne, à travers sept cas d'usages qui présentent un intérêt fort vis-à-vis du développement régional :

- Connaître, surveiller et protéger les écosystèmes marins, en tenant compte de leurs interactions avec les activités humaines ;
- Concevoir et produire un navire, assurer sa maintenance ;
- Naviguer, être marin ;
- Exploiter et consommer les ressources marines alimentaires ;
- Renforcer et gérer les flux de personnes et de biens à l'interface entre la terre et la mer ;
- Produire et distribuer des énergies marines renouvelables ;
- Pratiquer la mer, expliquer et transmettre la culture maritime.

↳ Note de lecture

Ces encadrés visent à rattacher l'actualité de la marétique aux priorités inscrites dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral, qui constituera le volet maritime du futur Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET).

Ces encadrés mettent en lumière certains enjeux transversaux et proposent des axes de développement et des pistes de différenciation pour la Bretagne. Pour cela, ils se réfèrent aux chantiers inscrits dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral.

La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral



1. Connaître, surveiller et protéger les écosystèmes marins, en tenant compte de leurs interactions avec les activités humaines

Le fonctionnement des écosystèmes marins et côtiers est complexe car il repose sur un ensemble d'interactions physiques, chimiques, biologiques, anthropiques qui interviennent à différentes échelles de temps et d'espace, depuis la surface jusqu'aux fonds des mers.

Alors que, selon l'Ifremer, 95 % des grands fonds resteraient encore inexplorés à ce jour et qu'entre 250 000 et 10 millions d'espèces seraient à découvrir²⁷, les outils numériques constituent une formidable opportunité pour faire **progresser l'état des connaissances sur les écosystèmes marins et côtiers**. En cela, ils sont à la base de la chaîne de compréhension de ces écosystèmes, et donc de leur préservation. Mieux comprendre leur fonctionnement permet d'identifier les services qu'ils rendent et les pressions qu'ils subissent, pour mieux les préserver et soutenir dans le temps les fonctions qu'ils assurent et les activités qu'ils supportent²⁸. La recherche d'une meilleure compréhension des écosystèmes marins est d'autant plus pertinente que le rôle des océans dans la régulation du climat est majeur à l'échelle planétaire. Si les effets du changement climatique sur les milieux sont avérés, des questions restent néanmoins en suspens sur leur intensité, leur fréquence et leurs conséquences.

En Bretagne, de nombreux acteurs interviennent tout au long de cette chaîne de production d'informations sur les écosystèmes marins et côtiers²⁹.

1.1. Des sources d'observation démultipliées

Les outils numériques, couplés aux nombreuses activités maritimes, constituent une nouvelle opportunité pour multiplier les sources de collecte et agréger les données sur l'environnement marin, selon un cercle vertueux : la collecte de données contribue à la connaissance des écosystèmes, la connaissance contribue à la préservation, l'existence d'écosystèmes préservés contribue à l'envie d'explorer la mer...

²⁷ Communiqué de l'Ifremer, [Les grands fonds comptent 17 espèces de plus](#), 14 novembre 2018.

²⁸ CESER DE BRETAGNE, Milieux côtiers, ressources marines et société, décembre 2011.

²⁹ Voir 2.1. Les acteurs en charge de l'acquisition des données relatives à la mer et ses usages.

- **La diversification des moyens de collecte**

La compréhension des écosystèmes marins et côtiers s'appuie sur des données de plus en plus nombreuses et variées (paramètres physico-chimiques, données génomiques, suivis de peuplements et des usages en mer...). L'accroissement de données en sciences marines est actuellement estimé de l'ordre de 20 à 50 % par an³⁰.

La collecte de ces données est bien évidemment antérieure aux technologies numériques mais celles-ci ont permis de diversifier et multiplier les moyens de collecte et d'améliorer leur performance (multi-capteurs, données en temps réel, constitution de longues séries d'observation...), avec une diminution importante des coûts et de l'encombrement des capteurs. Les scientifiques évoquent « *un véritable changement d'échelle de l'observation océanique* »³¹.

Aux navires et submersibles océanographiques, aux levés manuels et aux techniques d'enquêtes, se sont ajoutés, à partir des années 1990, les satellites et systèmes aéroportés, qui offrent une couverture globale et une connaissance continue de la surface océanique. COPERNICUS, le programme européen d'observation et de surveillance de la Terre, vise à doter l'Union européenne d'une capacité autonome et opérationnelle en matière d'infrastructures d'observation spatiale (missions Sentinelles) et *in situ* (mesures dans l'atmosphère, sur et dans l'océan ainsi qu'au sol). Il couvre six domaines de surveillance, dont le milieu marin (*Copernicus Marine Environment Monitoring Service*)³².

Les systèmes automatisés (bouées, flotteurs, drones, planeurs installés sur la côte ou les fonds marins) se sont aussi développés en complément des satellites, permettant un suivi continu, y compris dans des zones difficiles d'accès pour l'humain (coût, conditions de sécurité...). Lancé en 2000 par l'UNESCO et l'Organisation météorologique mondiale, le programme Argo repose sur un réseau de 4 000 flotteurs autonomes, qui mesurent la température et la salinité des océans, depuis la surface jusqu'à 2 000 mètres de profondeur.

Enfin, le développement et la miniaturisation des systèmes de positionnement et de transmission de la mer vers la terre ont suscité de nouvelles opportunités

³⁰ Audition de Gilbert MAUDIRE, Ifremer, 11 octobre 2018.

³¹ IRD LE MAG', *Océans, des labos géants*, article publié le 21 février 2019, en ligne sur <https://lemag.ird.fr/fr/dossier/oceans-des-labos-geants>.

³² FRANCE INTER, *Mission Copernicus, le chaperon de la Terre en orbite*, publié le 6 mars 2017.

de collecte, reposant sur l'utilisation des smartphones ou l'instrumentation d'infrastructures et de navires civils (bateaux de pêche, EMR...).

Certains animaux marins deviennent eux-mêmes producteurs de données, grâce à l'Internet des objets. Par exemple, dans le golfe du Mozambique, l'Ifremer a équipé des tortues de nouvelles balises peu coûteuses, basse consommation et autonomes en énergie³³. En mai 2019, Océanopolis a relâché à Plouarzel un phoque porteur d'une balise qui transmettra aux scientifiques, via le réseau téléphonique, des informations sur ses conditions de vie. Si l'essai est concluant, ce dispositif pourrait être ensuite déployé à plus grande échelle³⁴.

- **Un élargissement des catégories d'acteurs en charge de la collecte**

Les outils numériques ont contribué à élargir la palette des acteurs en capacité de collecter et de produire des données sur la mer. La participation des professionnels de la pêche, de la conchyliculture, des plaisanciers, voire du grand public, a été considérablement facilitée par la multiplication des capteurs, le développement du Web et des réseaux sociaux. Le nombre de programmes participatifs en milieu marin et littoral a ainsi « véritablement explosé depuis les années 2000 », selon le collectif Vigie Mer³⁵.

Cette participation multi-acteurs concerne par exemple les inventaires de biodiversité, l'observation participative des pollutions, la géolocalisation des déchets... Basée à Concarneau, l'association ANSEL porte par exemple le projet *Ocean Plastic Tracker*³⁶, consistant en une cartographie participative en ligne pour localiser les déchets dans la zone Atlantique (conteneurs perdus en mer, déversements depuis le bord). On peut aussi citer PHENOMER, un programme coordonné par l'Ifremer qui fait appel au grand public pour la signalisation de tous phénomènes inhabituels dans l'eau de mer, potentiellement liés aux microalgues (eaux colorées, mousses abondantes, mortalité d'espèces)³⁷.

Cette implication croissante contribue à une meilleure compréhension, par le plus grand nombre, des écosystèmes marins, mais peut entraîner un transfert partiel de la charge de l'observation sur les usagers, professionnels, associatifs ou citoyens. Cette observation participative ne doit pas remplacer l'expertise

³³ LE MARIN, article du 8 avril 2019.

³⁴ OUEST-FRANCE, article de G. HAUTEMULLE, publié le 10 mai 2019.

³⁵ Site des [Observatoires participatifs des espèces et de la nature](#), mis à jour le 7 mai 2019.

³⁶ Site de la cartographie participative : <https://oceanplastictracker.com/#/>

³⁷ Site de [Phenomer](#).

scientifique et la nécessité d'un suivi qualifié et global, en haute mer comme sur le littoral. Elle ne peut intervenir qu'en complément et non en substitution de l'observation réalisée par les scientifiques.

La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral Chantier « Education à la mer »

↳ La marétique au service de l'appropriation citoyenne des enjeux maritimes

En Bretagne, plusieurs indicateurs témoignent d'un dynamisme des sciences participatives³⁸, définies comme « *des formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non-scientifiques professionnels – qu'il s'agisse d'individus ou de groupes – participent de façon active et délibérée* »³⁹. La Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral positionne les sciences participatives comme l'un des vecteurs de l'éducation à la mer : « *en 2040, (...) les sciences participatives se sont développées et sont devenues un moyen efficace pour mieux gérer la mer* ».

Le développement de ces initiatives dans lesquelles des personnes, dont ce n'est pas le métier, participent à la collecte de données, est bénéfique du point de vue du volume et de la répartition géographique des données collectées, grâce à une diversification des sources qui enrichissent la connaissance, mais aussi de la compréhension des écosystèmes marins et de l'appropriation citoyenne des enjeux liés à leur préservation.

Appuyées sur les outils numériques, ces démarches peuvent bénéficier à un large public et accompagner la maritimisation de la Bretagne. Elles contribuent à tisser un lien, plus que jamais d'actualité, entre science et société⁴⁰. Elles appellent toutefois une certaine vigilance, face à l'émergence de médias facilement appropriables par des groupes de pression et des intérêts particuliers, et invitent à réaffirmer la place de l'expertise scientifique pour encadrer les protocoles, diffuser et interpréter les résultats.

³⁸ Notamment le nombre d'associations présentes sur le territoire qui organisent ou contribuent à ces démarches, le nombre d'adhérents à des associations œuvrant dans ce sens, le nombre de parties prenantes dans les projets, le volume de données produites... Pour en savoir plus, CESER DE BRETAGNE, *Recherche(s) et innovation en Bretagne. Pour une nouvelle stratégie de soutien au service des transitions vers un développement durable régional*, octobre 2018.

³⁹ F. HOULLIER, *Les sciences participatives en France*, 2016.

⁴⁰ Voir, sur ce sujet : CESER DE BRETAGNE, *Appropriation sociale et mise en débat des sciences et technologies en Bretagne : une approche prospective*. Mars 2012.

1.2. Une compréhension plus systémique des milieux marins et de la biodiversité

- **La prédiction des changements globaux**

D'un point de vue technologique, l'impact du numérique sur la compréhension des écosystèmes se ressent dans l'amélioration de la puissance de calcul des ordinateurs grâce aux processeurs de traitement des données graphiques (GPU)⁴¹, développés à l'origine pour le jeu vidéo. Le monde de la recherche s'empare progressivement de ces outils, particulièrement utiles pour l'apprentissage profond ou « *deep learning* »⁴². Ils favorisent l'intégration des données et la combinaison de plusieurs échelles d'observation, au profit d'études systémiques.

A l'heure actuelle, les modèles de calcul sont issus des observations et décrits sous forme mathématique (équations), ce qui permet de prédire certains phénomènes (un état de mer par exemple). Grâce à l'intelligence artificielle, les modèles sont enrichis pour être les plus efficaces possibles. Entraînés par des masses de données, les modèles et algorithmes sont de plus en plus précis et performants et offrent la capacité à rejouer certains scénarios en fonction de paramètres divers (conditions météorologiques ou climatiques, états de mer...), à réaliser des prévisions ou à émettre des prédictions. Auto-apprenants, ces modèles seraient en principe capables d'affiner leurs propres résultats, en allant chercher les données dont ils ont besoin.

Dans un milieu marin soumis à une dynamique constante, la notion d'incertitude restera une réalité mais l'intelligence artificielle peut contribuer à réduire la part d'aléas. Dans le contexte du changement climatique en particulier, les enjeux sont d'améliorer la compréhension des changements globaux, voire de prédire certains changements (composition phytoplanctonique, mobilité du trait de côte...). Par exemple, en février 2019, le CNRS a annoncé la conception d'un modèle qui, par l'analyse des données enregistrées depuis les années 1960,

⁴¹ GPU ou *Graphics Processing Unit*.

⁴² Le *deep learning* est un ensemble de méthodes d'apprentissage automatique fondées sur l'apprentissage de modèles de données. Les champs d'application sont multiples : vision par ordinateur et reconnaissance de formes, reconnaissance automatique de la parole, traitement automatique du langage, reconnaissance audio et bioinformatique...

permet de prédire, un an avant qu'ils ne se produisent, des changements biologiques rapides causés par les évolutions climatiques⁴³.

La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral Chantier « Adaptation au changement climatique »

↳ La marétique au service des stratégies d'adaptation au changement climatique des territoires littoraux

La Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral invite les territoires littoraux à s'engager dans des stratégies d'adaptation au changement climatique.

En effet, les conséquences des changements climatiques et leurs variations locales restent difficiles à prévoir et à anticiper. Il existe donc un enjeu de recherche concernant la génération d'algorithmes adaptés, pour modéliser et prédire les conséquences du changement climatique à l'échelle des territoires. Dans une région à la pointe de la recherche océanographique, il y a matière à travailler davantage en synergie avec les acteurs du numérique, pour développer de nouveaux outils et améliorer la détection d'anomalies telles que la hausse de la température de l'eau, l'acidification des océans, la baisse des effectifs de certaines espèces... Ces avancées pourraient bénéficier à d'autres territoires maritimes ou insulaires, aux échelles nationale et internationale.

Les technologies numériques apparaissent également comme un outil intéressant pour conserver la mémoire du risque et sensibiliser à l'élévation du niveau de la mer, aux risques d'inondation et de submersion marine. On peut citer les cartographies dynamiques permettant de simuler, sur un territoire donné, l'élévation du niveau de la mer en fonction des scénarios du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), ou encore l'outil CACTUS du Parc naturel du Golfe du Morbihan⁴⁴. Au-delà du développement de ces outils qui, pour certains, existent depuis plusieurs années, il importe aussi que les collectivités territoriales se les approprient et développent, ou conservent, une compétence pour les exploiter.

Ces différents usages peuvent aussi trouver leur place dans une stratégie régionale de prise en compte des changements climatiques et de leurs conséquences locales, en particulier sur les écosystèmes marins, qui aurait toute légitimité à être intégrée au SRADDET.

⁴³ « [Des changements biologiques sans précédent dans l'océan mondial](#) ». Communiqué de presse publié sur le site du CNRS le 25 février 2019.

⁴⁴ Site de [CACTUS](#).

- **La découverte de nouvelles espèces**

Peu étudiée jusqu'alors, notamment dans les zones profondes, la biodiversité marine a profité des progrès du numérique. Robotique et autres outils ont permis l'exploration de nouvelles zones et la découverte de nombreuses espèces. Ainsi, en novembre 2018, l'Ifremer a annoncé la découverte de 17 nouvelles espèces abyssales, remontées lors d'une campagne conduite en 2015 dans l'Océan Pacifique⁴⁵.

La Station biologique de Roscoff est aussi impliquée dans plusieurs projets visant à caractériser la diversité des espèces dans l'environnement marin⁴⁶ :

- TARA OCEANS, qui vise à échantillonner la diversité de la colonne d'eau en surface, sur tous les océans du globe ;
- MALASPINA 2010, une expédition coordonnée depuis l'Espagne pour échantillonner la diversité de toute la colonne d'eau ;
- OCEAN SAMPLING DAY, une démarche participative mondiale coordonnée depuis l'Allemagne qui propose aux plaisanciers, à chaque marée d'équinoxe, d'échantillonner l'eau pour mettre en lumière la diversité littorale sur leur territoire ;
- « Pourquoi pas les abysses », un projet piloté par l'Ifremer dans lequel la Station biologique est chargée d'étudier la diversité des annélides dans les zones les plus profondes.

- **L'accès au génome⁴⁷**

La nature et le volume des données en sciences du vivant ont considérablement évolué au cours des années 2000, à la lumière des progrès effectués en matière de séquençage du génome. La diminution du coût de cette technologie a ouvert d'importantes perspectives : approfondissement des connaissances en biologie, ouverture de l'éventail des modèles biologiques, caractérisation de la variabilité d'une population, mise en lumière des traits génétiques avantageux, identification des marqueurs génétiques liés à des pathologies, caractérisation de la diversité des espèces dans l'environnement, accès à la diversité biologique sans passer par la mise en culture...

⁴⁵ Communiqué de l'Ifremer, *Les grands fonds comptent 17 espèces de plus*, 14 novembre 2018.

⁴⁶ Audition d'Erwan CORRE, Station biologique de Roscoff, audition du 10 janvier 2019.

⁴⁷ Ibid.

Cette prise de conscience de la richesse et de la diversité des écosystèmes marins a suscité l'exploitation de nouvelles ressources, restées jusque-là inconnues ou inaccessibles (encadré suivant).

La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral Chantier « Biodiversité »

↳ La marétique au service de la valorisation de la biodiversité marine

Au-delà de la recherche fondamentale, les données génomiques servent ensuite de nombreux domaines, tels que la pharmacie, la cosmétique, la chimie des matériaux... Elles sont à la base de toute la filière des biotechnologies marines, aujourd'hui en plein essor.

En Bretagne, cette filière s'appuie sur un écosystème très riche⁴⁸, structuré autour des instituts de recherche et d'innovation, des organisations professionnelles, des collectivités territoriales, ainsi qu'un tissu de PME très dynamiques, et porté par une culture de la collaboration et une capacité de construction collective⁴⁹.

La combinaison, sur le territoire, de compétences en sciences marines, en bio-informatique et en biotechnologies est un atout pour la Bretagne. Elle appelle au maintien d'un effort continu sur la connaissance de la biodiversité marine pour mieux la protéger et mieux la valoriser.

1.3. Une meilleure maîtrise des pressions sur les écosystèmes marins

Au cours des dernières décennies, les progrès technologiques ont démultiplié le potentiel d'exploitation des ressources marines. Face aux risques d'une exploitation non soutenable, la marétique devrait constituer l'un des piliers d'une gestion durable des écosystèmes marins. L'enjeu est d'**assurer une gestion plus précise et plus réactive des pressions exercées par les activités sur les écosystèmes marins**, tout en donnant une meilleure visibilité aux professionnels.

⁴⁸ F. GUERARD, L. VIC et al., *Biotechnologies marines : annuaire des métiers, compétences et formations en Bretagne et Pays de la Loire. Projet INTERREG IV B EA « Atlantic Blue Tech »*, 2015.

⁴⁹ CESER DE BRETAGNE, *Economie maritime en Bretagne : changeons de regard*. Rapporteurs : M. Antoine DOSDAT et M. Hervé MOULINIER, octobre 2014.

Le recueil de données en continu permet ainsi d'estimer les conséquences d'une activité sur le milieu et d'adapter les modes de gestion et d'exploitation des ressources marines, parfois même en temps réel : suivi de consommation des quotas de pêche, évaluation des stocks, surveillance à distance pour éviter la présence humaine dans des espaces sensibles ou protégés, contrôle des rejets, contrôle du taux de soufre émis par les navires, détection instantanée d'anomalies ou de substances polluantes dans l'eau (au service de la biodiversité mais aussi des acteurs de la mer), géolocalisation de conteneurs tombés à la mer, restrictions de trafic ou adaptation de la navigation, suivi des pollutions...

Par exemple, lors du naufrage du *Grande America*, l'entreprise CLS⁵⁰ a suivi, depuis son antenne à Plouzané, les nappes de pétrole pour évaluer les risques de pollution grâce à la transmission régulière d'images satellitaires. On peut aussi citer le programme de cartographie des bancs de maërl sur certains sites Natura 2000, mis en place par le Comité régional des pêches et des élevages marins de Bretagne, afin d'évaluer les impacts de l'exploitation des coquillages à la drague (programme DECIDER), ou encore le suivi du stock de coquilles Saint-Jacques en baie de Saint-Brieuc effectué par le Comité départemental des pêches et des élevages marins des Côtes d'Armor⁵¹.

De nouvelles techniques innovantes pour évaluer les impacts sur la biodiversité ont été développées, telles que celles proposées par la société *Quiet Ocean* ou par le Laboratoire International Associé BeBEST⁵². Basées sur des études acoustiques sous-marines, elles permettent de suivre l'impact des changements de l'environnement sonore liés à l'implantation d'une infrastructure, telle qu'une éolienne.

⁵⁰ CLS est une société internationale, filiale du CNES, d'ARDIAN et d'Ifremer, qui fournit des solutions d'observation et de surveillance de la Terre, dans 6 secteurs : gestion durable des pêches, surveillance environnementale, sécurité maritime, gestion de flottes, énergies & mines, espace & systèmes sols.

⁵¹ Ce programme est financé par le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (mesure 28), avec l'appui technique de l'Ifremer.

⁵² Un Laboratoire International Associé (LIA) associe autour d'un projet un laboratoire du CNRS et un laboratoire d'un autre pays. Le LIA BeBEST, qui associe un laboratoire de l'UBO et un laboratoire québécois, vise à développer de nouveaux concepts en écologie côtière.



↳ La marélique au service du bon état écologique des eaux marines

Dans le contexte d'un intérêt croissant pour l'étude de phénomènes sur un temps long et l'adoption d'approches écosystémiques⁵³, le numérique fait office de langage commun entre les disciplines scientifiques. Les améliorations en matière de puissance de calcul permettent d'intégrer des données variées, pour favoriser une compréhension plus globale des écosystèmes marins et de leurs interactions avec les activités humaines. Ces outils sont *a priori* moins intrusifs pour le milieu (pas de prélèvements d'échantillons).

Cet enjeu est particulièrement prégnant dans les directives sur l'eau (DCE) et « Stratégie pour le milieu marin » (DCSMM), que la France s'est engagée à appliquer afin d'atteindre le « bon état écologique » (BEE) des eaux. Concernant les eaux marines, l'atteinte du BEE, déjà reportée à 2027, doit s'apprécier au regard de paramètres multiples. Aussi, face à des coûts de collecte et d'échantillonnage en mer qui restent élevés, les outils numériques et l'automatisation des capteurs et des réseaux d'observation (suivi plus régulier et accès à des données dans des zones difficiles) seront à mobiliser au maximum pour atteindre, et maintenir, le bon état écologique des eaux marines.

Il existe un fort enjeu à maintenir et à développer la capacité à collecter des données environnementales sur la mer, car elles constituent une matière première indispensable. En effet, à l'avenir, la richesse, la régularité et la temporalité des séries de données seront indispensables pour alimenter les modèles et algorithmes permettant d'atteindre les objectifs de connaissance, de préservation et de valorisation des écosystèmes.

⁵³ Audition d'Erwan CORRE, Station biologique de Roscoff, le 10 janvier 2019.

2. Concevoir et produire un navire, assurer sa maintenance

La Bretagne accueille de nombreuses industries navales, dans ses composantes militaires et civiles. Comment évoluent le rôle et la place des opérateurs, bureaux d'études et chantiers navals, face au déploiement des outils numériques ?

Un exemple récent d'intégration des technologies numériques, de la conception à l'exploitation du navire, est la frégate Belh@rra commandée à Naval Group par la Marine nationale (système de communication avancé, e-maintenance...)⁵⁴.

2.1. La conception du navire : vers le jumeau numérique ?

Dans la phase de conception du navire, une transition vers la modélisation 3D est engagée, en particulier dans la plaisance et la Défense, qui travaillent déjà quasiment intégralement en numérique. L'opération consiste à dessiner l'ensemble de la structure sous forme numérique, de manière à concevoir un modèle qui présente plusieurs intérêts.

En phase d'**architecture et de conception du navire**, ce modèle permet d'anticiper ses performances, d'optimiser sa structure et ses paramètres en fonction des conditions réelles d'exploitation en mer (sources d'énergie, calcul de structure, répartition des charges...) et de tester ces différentes solutions en amont. Il peut aussi concerner un sous-système en particulier (par exemple la tuyauterie navale).

Dans le domaine de la voile de course, l'intérêt de la modélisation 3D est évident puisqu'elle permet de simuler différents paramètres et points de calcul en amont, limitant ainsi le recours aux tests en bassin de carène et réduisant en conséquence le coût de construction. On peut aussi citer l'exemple des foilers⁵⁵, ces bateaux « volants » équipés de foils, dont les premiers essais datent de 1908. Le vol consiste en un véritable exercice d'équilibriste, reposant sur la gestion du différentiel des forces entre l'eau et l'air : quelle que soit la taille du navire et du foil, la modélisation et la simulation permettent de s'assurer de sa tenue mécanique, de sa performance de vol, de son pilotage...

⁵⁴ MER ET MARINE, article de V. GROIZELEAU, publié le 18 octobre 2016.

⁵⁵ Audition de Christian LE PAPE, Pôle Finistère Course au large, 13 décembre 2018. Le foil est une aile profilée qui se déplace dans l'eau et transmet une force de portance à son support.

Le modèle numérique peut supporter certaines applications de réalité virtuelle, particulièrement utiles pour la prise en main du navire et la formation des futurs utilisateurs. La mise en situation d'utilisation réelle dans une réplique virtuelle du navire permet de tester en amont certains choix techniques et ergonomiques, avec un gain temporel et financier important.

La réalité virtuelle intervient aussi en appui à la commercialisation et à la personnalisation du produit, comme dans le cas de la promotion commerciale du « Shelti Breizh »⁵⁶. Ses créateurs se sont appuyés sur le modèle numérique développé par la société BookBeo pour commercialiser leur concept. Leur projet combinait un prospectus classique et une application de réalité augmentée pour visualiser l'intérieur des conteneurs en 3D. Cet outil a permis de démontrer la valeur ajoutée du produit, d'en présenter les différentes configurations et de le commercialiser avant même que la production ne débute.

En **phase d'industrialisation**, le modèle numérique permet de diffuser, à l'ensemble des intervenants de la chaîne, les informations liées à la conception du navire. Il s'agit de s'assurer que tous les intervenants, où qu'ils soient localisés, disposent d'un même niveau d'information tout au long du cycle de réalisation. En cela, le modèle numérique renforce la coordination entre les phases de conception et de production, par un échange permanent entre le concepteur et ses sous-traitants, à la condition que tous soient équipés de ces nouveaux outils de travail en commun, et formés à s'en servir.

De manière générale, le modèle numérique engage la transition vers une chaîne de production plus collaborative, qui sera complètement réalisée avec la généralisation de la maquette numérique, une sorte de *Business Information Modeling* (BIM)⁵⁷ appliquée à l'industrie navale. Le navire sera conçu intégralement sous une forme numérique avant d'être conçu physiquement, comme dans l'industrie automobile.

⁵⁶ Né de la coopération entre plusieurs entreprises membres de Bretagne Pôle Naval, le Shelti Breizh est un concept d'aménagement de conteneurs en équipements personnalisables destinés à l'économie maritime.

⁵⁷ Le concept de *Business information modeling* (BIM) peut être traduit par « modélisation des données du bâtiment ». Au sens étroit, il renvoie à la maquette numérique en 3D, ayant vocation à intégrer les informations des différents intervenants dans la vie d'un bâtiment. Ce fichier n'est pas seulement un catalogue d'objets positionnés dans l'espace ; il comprend aussi une description des relations entre objets et de leurs propriétés. Dès lors, la maquette numérique a vocation à servir de base à une méthode de travail collaborative, permettant une meilleure coordination de tous ceux qui interviennent dans la conception, la construction, la gestion et l'exploitation du bâtiment.

Compte tenu de la multiplicité des opérateurs pouvant intervenir dans la chaîne de conception et de production d'un navire, l'intérêt des architectes et sous-traitants est d'assurer un suivi complet de la conception. Par conséquent, la construction navale va devoir gérer des données techniques de plus en plus hétérogènes et massives, avec des enjeux liés à la mise en réseau des équipements, à la sauvegarde, au stockage et à l'archivage sur toute la durée de vie d'un navire (soit 25 à 30 ans), à la cybersécurité et à la confidentialité...

2.2. Une chaîne de production du navire plus automatisée ?

En phase de production industrielle d'un navire, les principales évolutions concernent le recours à la robotique, à l'automatisation et à l'impression 3D (d'un voilier par exemple). Difficile toutefois de parler d'une véritable « rupture » dans la chaîne de production, comme ce fut le cas dans l'industrie automobile ou aéronautique avec la généralisation de chaînes intégralement automatisées⁵⁸. Les principales raisons sont la forte dispersion et l'organisation particulière de la filière (multitude de chantiers, relation intégrateur/sous-traitants, diversité des navires conçus), qui ne permettent pas de dégager des solutions génériques pour les différents segments de marché. Selon certains observateurs⁵⁹, « *le taux d'automatisation dans la navale restera sans doute faible du fait de la nature même de l'industrie qui ne fonctionne pas sur des productions en série* ».

La numérisation des chaînes de production est finalement très différenciée selon les segments de flottille d'une part, et la nature des entreprises d'autre part. Si les principaux donneurs d'ordre (Naval Group, Chantiers de l'Atlantique) ont largement investi dans les technologies numériques, y compris celles de rupture, c'est moins le cas au sein des chantiers et sous-traitants plus modestes, dont les quantités produites ne permettent pas toujours d'amortir les investissements.

Le recours à l'automatisation vise en particulier certaines tâches, pour améliorer les conditions de travail : robot de préchauffage avant soudure, robot-soudeur effectuant certaines tâches sur un paquebot, drone sous-marin pour le carénage des bateaux de plaisance... Les systèmes développés dans d'autres domaines industriels pourraient inspirer l'industrie navale (mais aussi d'autres secteurs

⁵⁸ LE MARIN, « Nouveaux matériaux et numérique frappent à la porte des chantiers », article de F. AUVRAY publié le 22 novembre 2018.

⁵⁹ Ibid.

maritimes tels que la pêche et l'aquaculture ou la transformation des produits de la mer), notamment celui imaginé par E-Mage-IN 3D et Armor Lux, qui consiste en une combinaison intelligente qui prévient les risques de troubles musculo-squelettiques chez l'opérateur. Naval Group expérimente d'ailleurs, depuis avril 2018, plusieurs modèles d'exosquelettes pour limiter ou soulager ces troubles, faciliter certaines tâches et améliorer les postures. Plusieurs métiers sont d'ores et déjà concernés (soudeur, charpentier, électricien)⁶⁰.

La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral
Défi n°2 : Faire de la mer un levier de développement pour l'économie et l'emploi à l'échelle régionale

↳ Chantier « Industrie portuaire et maritime »

Face au potentiel de développement des activités liées à la mer, la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral ambitionne de faire de la mer, à l'horizon 2040, « un levier de développement pour l'économie et l'emploi à l'échelle régionale ».

Le numérique peut être un levier de compétitivité pour les entreprises de l'économie maritime mais l'analyse conduit aussi à constater les fragilités de certaines filières. Dans son étude « Numérique et entreprises de Bretagne : urgence et opportunités » (2017), le CESER invitait à faire une priorité du soutien à la transformation numérique des entreprises, notamment des TPE/PME.

Or, le tissu des entreprises de l'économie maritime en Bretagne comporte un grand nombre de PME, en particulier dans l'industrie navale. Il y a donc un effort particulier à porter sur l'accompagnement de ces entreprises dans leur transformation numérique, afin de maintenir leur compétitivité et de leur donner la capacité à saisir les opportunités qui s'offrent à elles.

2.3. L'exploitation du navire

Deux évolutions majeures sont à mettre en lumière en phase d'exploitation.

- **Vers une diversification des sources d'énergie**

Les impératifs d'optimisation de la consommation et de diversification du mix énergétique, dans la fonction de propulsion mais aussi dans la distribution

⁶⁰ LE TELEGRAMME, article de Sophie PREVOST, publié le 4 mai 2019.

d'énergie à bord, exigent la conception de bateaux de plus en plus complexes, intelligents et évolutifs.

En **appui à la propulsion**, principal poste de consommation énergétique d'un navire, les solutions de routage fondées sur l'intelligence artificielle permettent d'optimiser la consommation de carburant ou d'adapter la trajectoire en fonction des conditions météorologiques et océaniques. Ces capacités de prédiction sont une opportunité pour la Bretagne.

L'absence de fiabilité quant au temps de trajet était l'un des inconvénients majeurs du transport à la voile. Actuellement, plusieurs projets visant à redéployer la propulsion vélique, en complément d'autres énergies au sein de systèmes hybrides, s'appuient sur les technologies numériques qui permettent, d'une part, d'améliorer la fiabilité des statistiques météorologiques et, d'autre part, d'optimiser le plan de voilure et son contrôle-commande. Le concept *OceanWings* développé par l'architecte naval VPLPdesign repose par exemple sur une aile automatisée et équipée de capteurs. Elle est reliée à une intelligence embarquée qui analyse les conditions météorologiques et lui permet de s'y adapter⁶¹. Le projet NEOLINE vise quant à lui à concevoir un navire de transport de fret transatlantique à propulsion principalement vélique, dont le modèle économique est basé sur une connaissance précise des courants marins qui permet d'anticiper les temps de trajet. En s'appuyant sur la modélisation et la simulation, l'armateur choisit en amont la route maritime à emprunter et s'engage contractuellement sur une date de livraison⁶².

Concernant la **distribution énergétique à bord**, un navire utilise traditionnellement trois sources d'énergie (mécanique, électrique et hydraulique). Progressivement, le 100 % électrique se généralise à bord des navires. Dans ce contexte, le numérique permet de combiner les sources (gaz, vélique et solaire) et d'en optimiser l'utilisation (*via* une capacité de stockage). L'installation de réseaux électriques uniques et intelligents (*smartgrid*)⁶³ permettra de disposer d'une vue d'ensemble et de données sur les différentes fonctions requérant de l'électricité, de manière instantanée et avec une capacité de prédiction et d'optimisation de la consommation globale.

⁶¹ LE TELEGRAMME, article de B. LE BAGOUSSE, publié le 11 avril 2019.

⁶² www.neoline.eu

⁶³ Voir 6.4 L'exploitation des machines : optimiser la production et la distribution d'énergie.

↳ La marétique au service de l'accompagnement des activités maritimes dans leur transition écologique et énergétique

L'économie maritime est déjà résolument engagée dans la transition énergétique et écologique : intégration des énergies marines renouvelables sur le réseau de distribution, sélectivité accrue des engins de pêche, fiabilité du transport à la voile...

De nombreuses pratiques plus vertueuses s'appuient déjà sur le numérique, et il en reste sans doute encore tout autant à inventer. Il existe un fort enjeu d'innovation au croisement de la mer, du numérique et de la transition écologique. Accompagner les activités maritimes dans leur transition énergétique et écologique doit s'inscrire comme une priorité de développement de la marétique en Bretagne.

• **Le développement des systèmes autonomes**

Comme à terre avec le déploiement progressif des véhicules autonomes, les navires et systèmes autonomes sont actuellement au cœur des réflexions, notamment dans les pays du Nord de l'Europe. Dans ce contexte, la France ne doit pas se laisser distancer face à une tendance lourde, qui touchera le transport maritime comme de nombreux autres secteurs. La Région Bretagne soutient d'ailleurs le programme de recherche « Systèmes autonomes en milieu maritime » (SAMM), qui vise à développer une filière d'excellence dans le domaine des STIC pour les drones en milieu maritime.

Selon l'Organisation maritime internationale, le navire de surface autonome désigne « *un navire qui, à divers degrés, peut être exploité sans interaction humaine* ». Il importe de préciser que la transformation sera nécessairement différenciée, selon les segments de navigation et le degré réel d'autonomie des équipements envisagés⁶⁴ :

- un premier niveau vise l'intégration de systèmes autonomes embarqués dédiés à une fonction précise, par exemple le pilotage automatique, la manœuvre de port, le déploiement des voiles...
- un deuxième niveau vise le cas du navire téléopéré depuis la terre, ou de tout autre équipement guidé à distance (drone par exemple) ;
- un troisième niveau, le plus intégré, vise l'hypothèse d'un navire ou équipement fonctionnant sans aucune intervention humaine. Si ce

⁶⁴ Voir 3.3 La navigation et l'exercice du métier.

scénario d'autonomisation totale est envisageable sur le plan technique d'ici quelques décennies, il est difficile à accepter au sein de la communauté maritime, notamment en raison des risques de panne et des conditions de sécurité.

Au-delà de l'aspect strictement technologique, la transition vers ces nouveaux modes de navigation sera donc aussi sociale, générationnelle et institutionnelle. La réglementation internationale⁶⁵, les délais de certification et l'âge moyen de la flotte laissent présager une période transitoire où coexisteront les différents systèmes.

Enfin, l'information numérique ayant envahi les infrastructures, les réseaux maritimes et les navires, ceux-ci sont aussi plus exposés aux risques d'intrusions et d'attaques numériques (cyberattaques), particulièrement prégnants dans un contexte de tensions internationales et de tentatives de déstabilisation de l'économie mondialisée.

La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral
Défi n°2 : Faire de la mer un levier de développement pour l'économie et l'emploi à l'échelle régionale

↳ La marétique au service du développement d'une filière d'excellence pour la Bretagne

Depuis les dernières années, le secteur maritime prend progressivement conscience des enjeux liés à la cybersécurité et d'une vulnérabilité accrue des infrastructures maritimes et des navires, allant de pair avec leur numérisation croissante. Au niveau européen, la Bretagne est considérée comme l'un des territoires en pointe sur ces questions, avec l'Estonie et la Castille-et-León (Espagne). L'implantation d'acteurs emblématiques positionnés sur des activités duales (c'est-à-dire civiles et militaires), lui est très spécifique (avec le sud de la Région PACA).

La combinaison des acteurs du numérique, de la cybersécurité et d'une diversité d'activités maritimes est un élément différenciant pour la Bretagne, qui dispose de tous les atouts pour développer une filière complète de la cybersécurité maritime, structurée autour des 130 entreprises recensées par Bretagne Développement Innovation et de la Chaire de cybersécurité navale de l'Ecole navale⁶⁶.

⁶⁵ Voir 3.3 La navigation et l'exercice du métier.

⁶⁶ Audition de David BROSSET, Chaire de cybersécurité navale, devant le bureau du CESER, le 7 septembre 2017.

2.4. La maintenance du navire : vers des activités opérées à distance

Le numérique offre également des perspectives en phase de maintenance des navires, avec le développement des diagnostics et interventions opérés à distance, ainsi que pour l'exploitation des infrastructures maritimes et portuaires, à l'interface entre la terre et la mer⁶⁷.

L'e-maintenance prédictive est en plein essor dans l'industrie navale militaire comme civile. Elle consiste en la collecte et l'analyse de données variées sur le navire pour améliorer la prédiction de certaines pannes (notamment celles liées à l'usure des pièces) et anticiper autant que possible les opérations de maintenance. Selon la Marine nationale⁶⁸, la maintenance représente 60 % du coût global d'un navire. Pour le ministère des Armées, le développement de l'e-maintenance prédictive est donc un enjeu d'efficience, pour « *anticiper les besoins de réparation ou de modernisation de nos navires grâce à l'analyse de données massives, entraîner des modèles statistiques sur ces données, rendre nos bateaux plus intelligents et plus autonomes (...)* ».

De tels dispositifs sont développés par Naval Group ou dans le domaine de la plaisance, avec des systèmes permettant par exemple au plaisancier de recevoir automatiquement à l'escale une pièce de rechange. Il existe aussi des robots d'inspection de la corrosion (projet CORONAV labellisé par le Pôle Mer Bretagne Atlantique). Le concepteur et fabricant d'engins de pêche Le Drézen, basé au Guilvinec, développe quant à lui un service de maintenance à distance des sennes utilisées pour la pêche au thon, basé sur un espace en ligne où seront partagées différentes informations entre l'armateur et le fabricant, pour anticiper les opérations de maintenance⁶⁹.

Dans la voile de course, le déploiement d'une fibre optique adaptée a entraîné une forte augmentation des capteurs installés sur les voiliers. Les données collectées constituent le guide d'utilisation et la clé de compréhension du bateau. Leur analyse sert l'optimisation des paramètres et l'amélioration de la performance.

⁶⁷ Voir 5.1 Une interface portuaire optimisée/fiabilisée.

⁶⁸ ZONE MILITAIRE, L'ACTUALITE DE LA DEFENSE ET DE LA SECURITE, « [Pour la disponibilité de ses navires, la Marine nationale mise sur la maintenance prédictive](#) », article de L. LAGNEAU publié le 5 mars 2019.

⁶⁹ LE MARIN, article de F. JOURDAIN, publié le 27 septembre 2018.

3. Naviguer, être marin

Quelle que soit la spécialité du navigant (pêche, commerce, Marine nationale, voile de course, plaisance), son rôle, sa place et ses missions à bord évoluent du fait du déploiement des outils numériques.

Au-delà du navigant, on assiste évidemment à l'évolution de l'ensemble des emplois maritimes (manutention portuaire, agent de port, etc.).

3.1. La formation

Les évolutions touchent la formation initiale et continue, tant dans son contenu que dans les méthodes pédagogiques, avec l'émergence de nouvelles disciplines, la montée en puissance de certaines compétences (e-navigation, contrôle-commande des navires, data science, cybersécurité...) et le développement de nouveaux supports pédagogiques (simulation, salles immersives). Ces évolutions concernent tous les niveaux de qualification.

La simulation peut être utilisée pour la prise en main des navires ou l'exercice de certaines manœuvres (navigation en entrée de port, plongée), avec une mise en situation réelle d'utilisation. Les futurs commandants du *Honfleur* ont ainsi eu l'occasion de tester ce nouveau navire de la Brittany Ferries sur un simulateur installé au Havre, avant sa mise à l'eau. Ces simulations ont permis de détecter certains aménagements portuaires nécessaires à l'accueil du ferry⁷⁰. Dans les lycées maritimes, les enseignements s'appuient aussi sur des simulateurs pour la navigation, les machines, les radiocommunications.

La formation continue est une caractéristique forte de la vie professionnelle des marins, qui ont l'obligation d'acquérir, tout au long de leur carrière, des brevets complémentaires pour changer de fonctions à bord⁷¹. L'enseignement à distance tend à se développer dans ces formations, notamment pour les cycles de courte durée.

La numérisation des dispositifs de formation comme des compétences requises pour exercer un métier maritime peut potentiellement contribuer à rendre ces filières plus attractives et favoriser la captation de générations particulièrement

⁷⁰ LE MARIN, « Au Havre, les commandants du "*Honfleur*" prennent la barre virtuelle de leur navire », article du 31 janvier 2019.

⁷¹ CESER DE BRETAGNE, *Les formations aux métiers de la mer pour conforter la Bretagne comme grande région maritime*, septembre 2015.

ouvertes aux expériences numériques. C'est ce qu'exprime Najda, une lycéenne interviewée dans le cadre de la campagne « Lignes d'horizon » sur les raisons qui pourraient la pousser à exercer le métier de marin-pêcheuse : « *pour me donner envie de faire ce métier, il faudrait qu'il y ait du matériel moderne (...)* »⁷².

La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral
Défi n°2 : Faire de la mer un levier de développement pour l'économie et l'emploi à l'échelle régionale

↳ La marétique au service de l'attractivité des emplois maritimes

La Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral fait de l'attractivité des métiers de la mer une priorité. Cet enjeu est particulièrement prégnant dans certains domaines, notamment la pêche, où l'on estime qu'un tiers des entrants abandonne dès la première année⁷³.

Les outils numériques offrent de multiples possibilités pour attirer de nouveaux entrants et les fidéliser : ils sont à la fois une solution technique (emplois plus sécurisés, moins pénibles...) et un relais pour mieux communiquer sur la réalité des métiers. Ils constituent aussi une vitrine pour valoriser ces métiers et sont un vecteur d'attractivité pour les entreprises. C'est l'un des paris du Campus des industries navales dans le cadre de son « Navire des métiers ». On peut aussi citer la page Youtube ouverte par Naval Group pour présenter ses activités. Ils peuvent enfin être une aide à l'orientation. On peut citer l'exemple du défi « Adopte la mer.com », proposé dans le cadre de l'édition 2018 de l'*Ocean Hackathon*. L'idée était de proposer à toute personne en situation de choix de formation (initiale ou continue) un moyen de mesurer ses compétences par rapport aux attentes des entreprises du secteur et d'envisager son parcours pour parvenir à un métier en lien avec la mer.

3.2. Une vie à bord qui se rapproche de la vie à terre

Les outils numériques transforment également les conditions de vie à bord. Elles tendent à se rapprocher de plus en plus de la vie à terre, en ce qui concerne notamment **la connectivité et la communication depuis le bord**.

Il existe plusieurs solutions pour communiquer en mer, mais elles ont chacune leurs inconvénients :

⁷² L. LAGNEAU, *Pour la disponibilité de ses navires, la Marine nationale mise sur la maintenance prédictive*. Article publié sur le blog [Zone Militaire](#), le 5 mars 2019.

⁷³ LE MARIN, article du 14 mars 2019.

- la communication par satellite bénéficie d'une bonne couverture mais elle est très coûteuse. Or, les données échangées aujourd'hui exigent un débit de plus en plus important, nécessitant un coût encore plus élevé ;
- la communication VHF permet d'échanger de la voix sur des portées intéressantes, mais se limite au transfert de données peu volumineuses ;
- les équipements classiques comme les téléphones portables et les ordinateurs se sont généralisés à bord, mais leur efficacité est variable. D'une part, parce que les réseaux de communication sont principalement tournés vers la terre, et leur portée est donc limitée. D'autre part, les conditions de mer (roulis, propagation des ondes sur la mer...) compliquent la perception du signal.

Des progrès conséquents ont été réalisés dans ce domaine. Des terminaux 4G s'adaptant aux perturbations de la houle ont par exemple été développés et les navires peuvent désormais être connectés à Internet jusqu'à 20 milles des côtes. Ainsi, le projet NEPTULINK⁷⁴ visait à offrir du haut débit à moindre coût à bord des navires de pêche (100 Mégabits par seconde), pour leur donner la possibilité d'échanger avec la criée avant de rentrer au port. La technologie a convaincu les marins, d'autant qu'ils bénéficient par la même occasion d'une connexion mobile leur permettant de garder le contact avec leurs proches et d'accéder à des divertissements. Aujourd'hui, le groupe MVG commercialise son produit à des compagnies de transport (Brittany Ferries ou Penn Ar Bed), aux douanes, à la SNSM, à des bateaux scientifiques... Le débit moyen reste encore inférieur aux débits terrestres mais la 5G et les nano-satellites de communication pourraient offrir de nouvelles opportunités. En août 2019, l'entreprise rennais Unseenlabs était la première PME française à accéder à l'espace, avec le lancement de ses nano-satellites de moins de 10 kg destinés à la surveillance maritime⁷⁵.

L'amélioration de la capacité à se connecter et à communiquer depuis la mer apporte un confort indéniable du point de vue des marins et constitue désormais un facteur essentiel de leur qualité de vie individuelle à bord d'un navire. Dans le cadre d'une étude du Centre de recherche sur les liens sociaux (CERLIS), 31,5 % des répondants estimaient que l'éloignement de la famille participe au mal-être des navigants⁷⁶. Du point de vue du vivre ensemble toutefois, cette ouverture

⁷⁴ Présentation de R. BUTET, groupe MVG, lors de la journée Mer & numérique sur la pêche organisée par les pôles de compétitivité le 20 septembre 2018 à Quimper.

⁷⁵ OUEST-FRANCE, « Des nano-satellites rennais dans l'espace », article de L. LE GOFF publié le 14 août 2019.

⁷⁶ LE MARIN, article du 8 novembre 2018 ; M. MARUANI (dir.), A. GRÖVEL et J. STEVANOVIC, *Travailler à bord des navires de la Marine Marchande. Etude sociologique des risques et des*

vers l'extérieur n'est pas sans conséquence sur l'organisation et la convivialité à bord, certains observateurs estimant qu'elle contribue à distendre les liens collectifs et la solidarité entre les marins⁷⁷.

Cette connectivité renforcée depuis le bord participe à une meilleure attractivité des filières embarquées : « *Autre attente, avoir accès aux réseaux sociaux. Encore peu de navires de moins de 25 mètres ont une bonne connexion wifi. Mais cela progresse, grâce au renouvellement de la flotte. Pour attirer de jeunes marins, rien de tel que de jeunes navires* »⁷⁸.

Au-delà de la connectivité depuis le bord, le numérique sert aussi le marin dans ses relations avec l'administration. Un mouvement de dématérialisation a été engagé par la Direction des Affaires Maritimes avec le « Portail du marin »⁷⁹. Consultable sur ordinateur, tablette ou smartphone, il met à disposition du marin les informations sur ses titres de formation, son aptitude médicale, ses dérogations éventuelles... D'abord expérimenté dans les Bouches-du-Rhône et le Morbihan, son accès a été généralisé à tous les marins français fin 2016. Au 4 avril 2018, 10 000 marins y étaient inscrits.

3.3. La navigation et l'exercice du métier

Les transformations touchent enfin l'environnement de travail et l'exercice du métier de marin. Chaque spécialité de navigant voit l'exercice de son métier évoluer sous le déploiement du numérique, mais on relève deux grandes tendances.

- **L'amélioration de la sécurité en mer**

Historiquement, c'est en grande partie l'amélioration de la sécurité en mer qui a motivé l'innovation en matière de navigation. Ainsi, lors du naufrage du Titanic en 1912, le système d'alerte permit de sauver une partie des passagers, tout en montrant les limites du dispositif et les pistes d'amélioration⁸⁰.

violences physiques, psychologiques ou à caractère sexuel, Centre de recherche sur les liens sociaux, UMR 8070, Université Paris Descartes/CNRS, septembre 2017.

⁷⁷ Ibid.

⁷⁸ LE MARIN, article du 14 mars 2019.

⁷⁹ LE MARIN, article du 16 mai 2018.

⁸⁰ <http://www.slate.fr/story/53467/titanic-securite-apres>

La mer est un milieu dangereux, en mouvement constant. Elle appelle une vigilance continue, source de fatigue et qui peut être la cause d'accidents, en particulier pour les marins opérant seuls à bord (secteur de la pêche notamment). En 2016, l'Institut maritime de prévention a relevé une diminution globale de l'indice de fréquence des accidents enregistrés auprès de l'ENIM entre 1999 et 2016 dans les secteurs pêche, commerce, cultures marines. La pêche enregistre quand même 1 053 accidents du travail en France en 2016, dont 855 avec arrêt de travail. Par ailleurs, la gravité des accidents du travail maritime pour les 3 secteurs est supérieure au BTP, avec des indices de mortalité 3,2 à 4,4 fois supérieurs, et même 4,7 à 6,5 fois supérieurs pour la pêche⁸¹.

Du point de vue de la sécurité, les perspectives d'évolution sous l'effet du déploiement des technologies peuvent sembler contradictoires :

- la principale cause d'accident en mer est le défaut de veille, ce qui plaide pour le développement des systèmes autonomes d'aide à la navigation et à la veille ;
- la principale cause de sinistre à bord est l'incendie, contre lequel tous les marins ont l'obligation de se former, ce qui plaide pour le maintien d'équipes embarquées.

Vis-à-vis du développement de la marétique, il s'agit donc de recenser les fonctions sur lesquelles les STIC peuvent avoir une valeur ajoutée du point de vue de la sécurité (veille 24h/24, pilotage automatique, repérage des objets flottants non identifiés à bord d'un voilier de course...).

Le numérique sert d'abord **la prévention des accidents**.

C'était la finalité première de l'*Automatic Identification System* (AIS), mis en œuvre pour éviter les collisions, renforcer la connaissance des navires et des cargaisons par l'Etat côtier et gérer le trafic. L'AIS transmet des données de positionnement toutes les deux minutes. Il en existe deux classes : la classe A, obligatoire pour certains types de navires (transport maritime de charge, transport maritime de passagers, navires de pêche de plus de 15 mètres...), et la classe B, non obligatoire et destinée à des navires plus petits. De plus en plus de navires de plaisance en sont aujourd'hui équipés.

⁸¹ « Etat des lieux statistique de l'accidentologie professionnelle maritime », présentation de C. RENAULT, Institut maritime de prévention, lors de la journée nationale de la prévention des risques professionnels maritimes, le 8 décembre 2017 à Bordeaux.

Plus récemment, plusieurs projets portés par les administrations en charge de la sécurité maritime au sein du programme « Entrepreneur-e d'intérêt général » positionnent les technologies numériques au cœur de la prévention des accidents en mer⁸² :

- PrédiSauvetage (édition 2018), un projet de la direction des affaires maritimes pour sauver des vies en mer en prévenant les accidents maritimes grâce aux données ;
- B@liseNAV (édition 2018), un projet du SHOM pour rendre les trajets en mer plus sûrs, grâce à une carte marine augmentée ;
- CibNAV (édition 2019), un projet de la direction des affaires maritimes pour aider les agents en charge de la sécurité maritime à contrôler les navires en développant un outil de ciblage. Le projet vise à identifier les sources de données pertinentes, puis à établir un modèle statistique permettant de cibler les navires avec la plus grande probabilité d'infraction et/ou le plus fort risque en matière de sécurité. Ce modèle sera ensuite versé à une application numérique permettant aux agents de mieux piloter l'activité de contrôle.

Du point de vue de **l'intervention des secours en cas d'accident et du sauvetage**, de nombreux outils sont également en cours de déploiement, ou à développer : balises connectées sur les gilets de sauvetage, caméras thermiques sur les navires de la SNSM, télémédecine... Par exemple, la chute à la mer représente la première cause de mortalité chez les marins professionnels. Aussi, à compter du 1^{er} janvier 2020, les balises MOB (*Man OverBoard*) deviendront par exemple obligatoires pour les marins professionnels opérant seuls, notamment à bord des navires de pêche⁸³. Equipées d'un système à déclenchement automatique en cas de chute, elles transmettent les données de positionnement AIS au navire référent ou aux secours. Depuis 2017, l'entreprise Syrlinks (Cesson-Sévigné) commercialise par exemple une balise compacte qui s'insère dans le gilet de sauvetage⁸⁴.

⁸² Ce programme bénéficie du financement du Programme d'investissements d'avenir. Piloté par le Secrétariat général pour l'investissement et la Caisse des dépôts et consignations, il vise à intégrer pour 10 mois des profils aux compétences pointues (datascience, développement, design...) dans les administrations pour relever des défis numériques grâce aux données publiques. Les défis sont proposés par les administrations en répondant à un appel à projets.

⁸³ INSTITUT MARITIME DE PREVENTION (IMP), « *Localiser l'homme à la mer* », vidéo publiée le 3 mars 2019 sur le compte YouTube de l'IMP.

⁸⁴ OUEST-FRANCE, « [High-tech : la balise de détresse de Syrlinks est la plus petite au monde](#) », article publié le 2 juin 2017.

Les progrès apportés à la sécurité maritime sont particulièrement perceptibles dans le domaine de la course au large. Le développement des balises et des moyens de suivi et d'intervention, la réception en temps réel des données du bateau par l'équipe à terre, ont véritablement changé la donne.

A l'inverse, les offres qui se développent dans le domaine de la plaisance sont parfois critiquées du point de vue de la sécurité, avec des systèmes d'assistance à la navigation permettant d'embarquer sans expérience. L'entreprise angevine Kara Technology a conçu un voilier équipé de capteurs, caméras et tables tactiles, qui produisent des données dont la gestion est assurée par un système d'intelligence artificielle. A terme, ce système pourrait en théorie assurer une entrée et une sortie de port sans aucune intervention humaine⁸⁵.

• Vers un nouveau partage de responsabilité en mer ?

En mer, le commandant est traditionnellement réputé seul maître à bord, mais il voit sa place redéfinie face au rôle croissant joué par les données et au déploiement de systèmes autonomes.

Les impacts associés en termes d'emploi seront différenciés selon le degré réel d'autonomie des systèmes, mais une transition est clairement engagée.

Un nouveau partage d'autorité et de responsabilités se dessine entre la terre et la mer, entre le bord et le sol :

- quelles responsabilités du commandant vis-à-vis des « *fleet center* », ces centres opérationnels mis en place par un nombre croissant d'armateurs (notamment CMA CGM à Marseille), qui assurent un suivi en temps réel de l'ensemble de la flotte (allure, vitesse, consommation...), surveillent les conditions de navigation et émettent des recommandations au capitaine ?
- dans la voile de course, l'innovation a permis de battre des records de vitesse : en 40 ans (date de la première édition), on est passés de 23 jours à 7 jours en 2018 pour traverser l'Atlantique en solitaire ! Les skippeurs sont-ils trop assistés ?⁸⁶ Quel équilibre à trouver entre les actions opérées manuellement et l'appui fourni par les systèmes embarqués (aides à la navigation, routage météo, prise en main à distance des commandes...) ? La question de la régulation de l'usage des technologies peut se poser. Sur

⁸⁵ LES ECHOS, « Kara Technology, en marche vers le voilier sans pilote », article d'E. GUIMARD, publié le 7 novembre 2017.

⁸⁶ LE TELEGRAMME, « Vendée Globe. Sans assistance, vraiment ? », article du 4 novembre 2016.

la plupart des courses, l'assistance extérieure est interdite mais certains événements l'autorisent à certaines conditions.

- face à la robotisation à l'œuvre dans le domaine de la maintenance avec le développement de centres intervenant à distance, que deviendront les missions du chef mécanicien ? Par ailleurs, dans un contexte où la complexité des systèmes augmente tandis que l'équipage se réduit, les compétences d'un chef mécanicien ne pourraient-elles pas évoluer vers une plus grande polyvalence ?

Néanmoins, les développeurs positionnent l'intelligence artificielle comme une aide à la navigation, à la décision, au pilotage et à la sécurité maritime. Ainsi, CMA-CGM expérimente sur ses navires une technologie développée par la start-up Shone, qui consiste à agréger des données de multiples sources (radar, caméra, AIS), pour accroître la précision en matière de détection des collisions : *« il ne s'agit pas d'ôter l'homme des passerelles de commandement mais bien de lui permettre de gagner du temps pour qu'il se consacre aux tâches précises et complexes de courte durée, les tâches longues et répétitives étant alors confiées à l'intelligence artificielle ».*

- **L'adaptation du cadre juridique⁸⁷**

Au-delà des aspects technologiques, il faut prendre en compte le cadre juridique, qui évolue moins rapidement. Cette question dépasse le cadre de la Bretagne puisque la réglementation maritime est principalement définie aux échelles internationale et européenne, mais la France est force de propositions dans les négociations.

Des réflexions ont été engagées au sein de l'Organisation maritime internationale (OMI) au printemps 2018, sous l'impulsion de la Finlande, de la Norvège, du Japon, des Etats-Unis, de l'Australie et de la France. L'enjeu est de définir les responsabilités de l'humain, à terre et en mer⁸⁸ : sept niveaux d'autonomie fondés sur l'intensité du contrôle et de l'intervention humaine ou

⁸⁷ *Etat des travaux sur la réglementation pour l'emploi des navires autonomes et drones maritimes*, Présentation du Cluster maritime français lors de la journée « La connectivité en mer sous toutes ses formes » organisée par le Pôle Mer Bretagne Atlantique le 17 octobre 2018 à Roscoff.

⁸⁸ On peut faire le parallèle avec la classification en 5 niveaux d'autonomie établie pour la voiture autonome : conduite manuelle, conduite assistée, conduite partiellement automatisée, conduite conditionnellement automatisée, conduite hautement automatisée et conduite totalement automatisée. Source : Site du [Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives](#), 22 novembre 2017.

sur la zone de navigation ont été proposés. Les responsabilités de l'équipage varient selon les niveaux et un navire peut être exploité à un ou plusieurs degrés d'autonomie au cours d'un même voyage. Les échanges consisteront ensuite à étudier comment les navires autonomes peuvent être pris en compte dans les conventions internationales qui régissent la navigation maritime (SOLAS⁸⁹, MARPOL⁹⁰, STCW⁹¹...).

Dans l'attente de la conclusion de ces travaux, les navires autonomes font l'objet d'un vide juridique. Aussi, le Cluster maritime français soutient en parallèle l'élaboration d'une norme industrielle ISO, avec trois facteurs qui influent sur le degré d'autonomie : la complexité des opérations, le niveau d'automatisation et la présence humaine.

Pour l'instant exclus du champ des réflexions de l'OMI, les drones maritimes de surface et sous-marins relèvent de la réglementation nationale. La loi LEROY leur a donné une existence légale en 2016, en leur consacrant un nouvel article dédié au sein du Code des transports⁹². Elle précise que les drones de surface ou sous-marins, commandés à partir d'un navire battant pavillon français, doivent porter des marques extérieures d'identification. Le drone est rattaché au navire depuis lequel il est piloté et placé sous sa responsabilité. Sont exclus de ce régime les drones autonomes et télé-opérés depuis la terre. La question de l'encadrement juridique des drones sous-marins à usage de loisirs n'est pas non plus envisagée à ce jour, même si leur développement interroge en termes de sécurité et Défense, ainsi que d'environnement.

Enfin, les processus et métiers de classification, de notation, de certification et d'inspection des navires évoluent également : en novembre 2018, la notation Smartship attestant d'un haut niveau d'automatisation a été délivrée pour la première fois en Chine⁹³ ; en mars 2019, les premiers tests d'inspection à distance ont été réalisés par Bureau Veritas, Bourbon et Kongsberg Maritime⁹⁴.

⁸⁹ SOLAS : convention internationale sur la Sauvegarde de la vie humaine en mer.

⁹⁰ MARPOL : convention internationale pour la prévention de la pollution marine par les navires.

⁹¹ STCW : convention internationale sur les normes de formation, de certification et de veille des gens de mer.

⁹² Article 87 de la loi n°2016-816 du 20 juin 2016 pour l'économie bleue publiée au JORF n°0143 du 21 juin 2016.

⁹³ LE MARIN, « Un premier minéralier promu navire intelligent », article de F. AUVRAY, publié le 29 novembre 2018.

⁹⁴ LE MARIN, « L'automatisation des navires à marche forcée », article de F. AUVRAY, publié dans le hors-série du jeudi 9 mai 2019.

4. Exploiter et consommer les ressources marines alimentaires

A l'heure actuelle, le rôle des outils numériques est perceptible à toutes les étapes de la chaîne de production et de commercialisation des produits de la mer.

4.1. Le suivi des activités de production

Du point de vue des producteurs des filières halieutiques et aquacoles, l'usage du numérique se développe sur de nombreux aspects.

- **Les activités de pêche et le numérique**

A bord des navires de pêche, l'intégration du numérique a d'abord principalement visé **le suivi des activités, la sécurité à bord et le contrôle du respect de la réglementation** par la collecte de données de positionnement en temps réel, transmises notamment aux autorités françaises.

Il existe aujourd'hui une multitude de systèmes et de technologies, donc de données à analyser, mais la latitude, la longitude, la vitesse et le cap du navire constituent les quatre informations de base qui sont transmises via l'AIS et le *Vessel Monitoring System (VMS)*⁹⁵, qui concerne tous les navires de pêche professionnelle de plus de 12 mètres immatriculés dans l'Union européenne. Le projet de révision du règlement (CE) n° 1224/2009 qui concerne le contrôle des pêches, actuellement en discussion au niveau européen, prévoit d'étendre cette obligation aux navires de moins de 12 mètres. Les données sont transmises au minimum toutes les 2h par satellite à un *Fishing Monitoring Center (FMC)*⁹⁶, un centre de collecte, de traitement et de stockage des données sur la pêche (il en existe en principe un par Etat). Ces données individuelles sont la propriété des professionnels. Elles sont récupérées par les services de l'Etat et peuvent être transmises aux structures professionnelles ou structures de recherche (données individuelles, données agrégées), selon les besoins et dans un cadre strict.

⁹⁵ Synthèse réalisée à partir de la présentation de P. GIRARD, Maritime Survey Consultants, lors de la journée Mer & numérique sur la pêche, organisée par le PMBA le 20 septembre 2018 à Quimper.

⁹⁶ La transmission se fait toutes les 2 heures au niveau européen, toutes les heures au niveau français. Cette fréquence peut être augmentée pour certaines pêcheries « à risque ».

Progressivement, le numérique a cherché à répondre à d'autres besoins avec, en premier lieu, **la sélectivité et la traçabilité des prises** (chalut connecté, valorisation des prises accessoires, sélectivité par l'acoustique sous-marine). Par exemple, le projet *Game of Trawls (Giving Artificial, Monitoring intelligence to Fishing)*, piloté par l'Ifremer, en partenariat avec l'Université de Bretagne Sud, Marport-France et le Comité départemental des pêches et des élevages marins du Morbihan (CDPMEM 56), vise à développer un outil d'aide à la décision pour le pêcheur. L'outil s'appuie sur une série de capteurs qui l'informeront en temps réel des espèces, de leur abondance et de leur taille, et de l'impact de l'engin de pêche sur l'environnement marin, pour le guider dans le déploiement du chalut et sa remontée, pour conserver ou non les espèces capturées. Le projet s'appuie sur l'intelligence artificielle, l'imagerie sous-marine, le traitement du signal acoustique et des logiciels d'analyse.

Les outils numériques servent aussi le suivi des conditions environnementales (capteurs embarqués pour assurer le suivi des stocks, la qualité de l'eau...), l'amélioration des conditions de travail, avec l'automatisation de certaines tâches, comme sur le bateau-usine *L'Emeraude* récemment mis à l'eau par la Compagnie des pêches de Saint-Malo, ou encore la dématérialisation de certaines formalités administratives. Le suivi des captures est ainsi assuré grâce au « logbook électronique », un journal de bord sur lequel les bateaux ont l'obligation de déclarer toutes leurs captures. Deux opérateurs (Agiltech et CLS) recueillent ces données et les transmettent ensuite aux services de l'Etat.

On peut aussi citer le dispositif TELECAPECHE, un outil initialement mis en place par le CDPMEM 56 pour la pêche à la civelle. Cette pêcherie nécessite un suivi extrêmement précis (au gramme près), pour être en mesure de la fermer très rapidement lorsque le quota est sur le point d'être atteint. Les fiches de déclaration papier posaient problème en raison d'une réception tardive des informations et d'une marge d'erreur importante. Les éventuels dépassements étaient alors amputés du quota de l'année suivante. TELECAPECHE permet une transmission par téléphone portable ou Internet, chaque jour, par chaque pêcheur, de l'espèce pêchée, du gisement concerné et de la quantité déclarée. De plus en plus utilisé en Bretagne pour les pêcheries de coquillage et d'algues, ce dispositif offre un suivi réactif et un taux d'erreur moins important. Au niveau national, l'outil est désormais reconnu par les services de l'Etat pour la pêche à pied des coquillages.

- **Les élevages marins et le numérique**

Du côté de la conchyliculture et des cultures marines, l'usage du numérique se développe aussi sur deux aspects principaux.

Le premier aspect est **le suivi des conditions environnementales sur les concessions par les professionnels**, grâce à des capteurs *in situ* et des dispositifs d'alerte. Les informations recueillies concernent notamment la température de l'eau et de l'air, le degré de salinité ou encore le temps d'exondation⁹⁷.

Les données récoltées permettent d'alimenter des modèles numériques qui, une fois exploités par des bureaux d'études ou organismes de recherche, peuvent conduire à faire évoluer les modes d'exploitation. Des réflexions sont engagées pour construire des réseaux de surveillance plus globaux et automatisés.

Le deuxième aspect est la **traçabilité des coquillages**, un enjeu central de la profession. Le numérique facilite le suivi des lots, tout au long des cycles de production (origine, types de produits, maturité, aspects sanitaires). En ce qui concerne les lots destinés à la consommation humaine, des logiciels dédiés ont été développés pour suivre les paramètres d'affinage, de purification, de conditionnement et d'expédition des lots et gérer l'arrivée des produits, leur calibrage, leur stockage, leur conditionnement et leur étiquetage.

Il faut noter aussi la dématérialisation croissante de certaines formalités, notamment celles qui concernent l'import et l'export des produits conchyliques.

Le numérique intervient enfin dans l'aide à la navigation, grâce à des systèmes embarqués pour le suivi et le géopositionnement des traits de dragage ou de semis des coquillages, ainsi que dans la surveillance des concessions (huître connectée qui détecte tout mouvement déclenché en cas de vol, surveillance par drone des densités en élevage, du respect des surfaces concédées et des modes d'exploitation). L'aquaculture industrielle, à terre et en mer, bénéficie quant à elle des mêmes technologies que les élevages intensifs (automatisation, télésurveillance sanitaire...).

⁹⁷ L'exondation désigne la sortie, hors de l'eau, d'une terre inondée.

4.2. L'évolution de la chaîne de commercialisation des produits de la mer⁹⁸

Deux tendances difficilement conciliables sont à l'œuvre dans la mise en marché des produits de la mer. Les criées, qui en sont le pivot historique, se modernisent et investissent dans les outils numériques pour accroître leur compétitivité, mais leur rôle est dans le même temps réinterrogé en raison de l'évolution des modes d'accès aux marchés.

4.2.1 La criée, une « place de marché dématérialisée »⁹⁹

Les criées jouent un rôle central dans l'entrée sur le marché des produits de la mer. Il y a d'ailleurs une volonté des autorités d'en faire un passage obligé, par souci de traçabilité et de garantie sanitaire.

Dans les dernières années, les criées ont fortement investi dans les technologies numériques. « Véritable révolution » selon les professionnels, les criées se sont engagées dans une stratégie d'informatisation des halles à marée : 60 % des ventes sont désormais effectuées à distance dans les criées et halles à marée françaises et 100 % des criées sont ouvertes à l'achat à distance.

L'ensemble des données sur les lots mis à la vente est regroupé sur un système d'information, à chaque étape du processus (prévisions d'apports, débarquement, allotissement et pesée, catalogues de vente...). L'enjeu est de faciliter l'acte d'achat à distance par une meilleure prévision des apports et une garantie de traçabilité, du débarquement à la consommation. Mis en ligne en février 2019, le site prevapport.fr renseigne par exemple les prévisions d'apports aux usagers des criées françaises et les met à jour en temps réel.

La traçabilité du produit doit permettre un suivi, tout au long de la chaîne, des lots. Cet enjeu est aussi important pour les produits transformés, de manière à connaître les modes et conditions de transformation. Des recherches mobilisent en ce sens des technologies telles que la *blockchain* ou la photonique (utilisée

⁹⁸ Ce paragraphe s'appuie principalement sur les présentations réalisées lors de la journée « Du poisson dans nos boîtes à lettres ? » organisée par Agrocampus Ouest, le 31 mai 2018 à Rennes, couplées à une revue bibliographique.

⁹⁹ Ce paragraphe s'appuie principalement sur la présentation de C. HAMEL, Président de l'Association des directeurs et responsables des halles à marée de France, lors de la journée Mer & numérique sur la pêche, organisée à Quimper le 20 septembre 2018.

dans le cadre du projet DEEPBLUE pour analyser par laser la fraîcheur d'un poisson¹⁰⁰).

4.2.2 De nouveaux modes d'accès aux marchés s'appuyant sur le numérique

Si les criées restent une place forte de la commercialisation des produits de la mer, elles sont de plus en réinterrogées à l'aune d'une banalisation de l'achat en ligne, qui irrigue progressivement le marché des produits de la mer, réputé plus contraignant.

Selon une enquête réalisée en 2015 par l'institut BVA auprès de 1 006 Français¹⁰¹, les achats sur internet de produits alimentaires frais restent peu courants mais intéressent la moitié des interrogés. Toutefois, 23 % des consommateurs se disent plus réticents à acheter du poisson en ligne.

- **Le numérique soutient l'émergence de nouveaux intermédiaires**

L'achat en ligne sur le marché professionnel se développe avec l'émergence de nouveaux intermédiaires, tels que des sites d'e-mareyage, des criées et des grossistes en ligne... Un exemple emblématique est celui de Procsea, une plateforme d'achat destinée aux professionnels et basée à Rennes¹⁰², qui se positionne comme un intermédiaire unique de mise en relation entre le producteur et le professionnel (restaurateur, poissonnier, distributeur), avec une promesse de livraison en 24h. En mai 2018, Procsea annonçait un chiffre d'affaires en augmentation de 20 % par mois et le lancement d'une quinzaine de recrutements¹⁰³.

Si ces nouveaux entrants offrent des services innovants et bénéficient d'une visibilité médiatique, leur modèle économique ne semble pas tout à fait stabilisé. Par ailleurs, présentés comme des intermédiaires « uniques » qui simplifient la chaîne de distribution, ils n'en sont pas moins des acteurs qui s'ajoutent à une

¹⁰⁰ Présentation de S. TREBAOL, de l'ENSSAT, lors de la journée Mer et numérique sur la pêche organisée par les pôles de compétitivité le 20 septembre 2018 à Quimper : la photonique est la branche de la physique dédiée aux sciences et technologies de la lumière. Le projet DEEPBLUE consiste à mobiliser cette technologie pour développer de nouveaux outils et services au bénéfice de la mer, allant de la détection des pollutions à la traçabilité du poisson.

¹⁰¹ B. BOSI, [*La vente en ligne de produits frais séduit les consommateurs*](#). Agrapresse Hebdo, 2015.

¹⁰² Site de [Procsea](#).

¹⁰³ OUEST-France, article du 29 mai 2018.

chaîne de valeur déjà fragmentée. Dans le domaine de la commercialisation des produits de la pêche, ils s'ajoutent, voire se substituent, aux autres maillons de la filière que sont les mareyeurs, grossistes, transformateurs et poissonniers... Selon l'Union des mareyeurs français, le nombre d'opérateurs aurait presque triplé depuis 2013¹⁰⁴.

En cela, ces intermédiaires réinterrogent les filières et questionnent les stratégies des acteurs historiques : quel est le positionnement à adopter vis-à-vis de ces pratiques ? Quels sont les risques en termes de fragmentation des filières ? Quel doit être le statut de ces nouveaux opérateurs ? N'y-a-t-il pas, à terme, un risque de dépendance des professionnels vis-à-vis de ces entrants ? Enfin, c'est sans compter sur l'existence d'opérateurs de l'agroalimentaire en ligne ou de GMS qui décideraient aussi de s'engager dans la vente directe au consommateur final (pêche à la demande).

- **Le numérique contribue à instaurer un lien direct avec le consommateur**

Au cours des dernières années, les professionnels ont accru leur présence dans les médias et sur les réseaux sociaux, pour valoriser leurs métiers et leurs produits et développer leur notoriété commerciale.

Les produits de la mer bénéficient ainsi d'une nouvelle visibilité, sur toute leur chaîne de valeur. Catalogue en ligne, comptes sur les réseaux sociaux, sites ou applications renseignant sur l'état des stocks... Les professionnels cherchent à construire et à entretenir un lien de confiance avec leurs clients potentiels.

Cette présence en ligne sert aussi le développement de nouveaux circuits de vente, par exemple la vente directe ou la vente à distance (poissonneries en ligne, systèmes d'abonnement et ventes de paniers...). Les circuits traditionnels restent dominants mais ces pratiques émergentes bénéficient aussi de progrès opérés dans la logistique et le conditionnement, avec le développement de solutions pour le transport de produits frais (Chronofresh par exemple). Installée à Saint-Quay-Portrieux depuis 2007, la « criée en ligne » Luximer regroupe ainsi, sur une plateforme commune, plusieurs producteurs qui proposent leurs produits en livraison dans la France entière¹⁰⁵.

¹⁰⁴ Présentation de Peter SAMSON, Union des mareyeurs français, lors du colloque organisé par Agrocampus Ouest.

¹⁰⁵ Présentation de Stéphane LE ROUZES, Luximer, lors du colloque organisé par Agrocampus Ouest.

Pour le vendeur à distance, l'enjeu est de faciliter l'acte d'achat en palliant l'absence de sensorialité. Le site des *Ligneurs de Bretagne* propose par exemple de saisir les références de l'étiquette d'un poisson acheté pour accéder à des informations sur le pêcheur, son navire et sa zone de pêche.

Différents outils peuvent aussi être proposés au consommateur pour comprendre sa consommation et adapter ses achats en conséquence : site pour vérifier l'état des stocks, application pour accéder à des informations sur la ressource et trouver des recettes...

Ces nouvelles pratiques supposent, du côté du professionnel, des compétences en informatique, en communication et en marketing, pour maîtriser sa présence sur les différents médias. A défaut, elles supposent d'avoir recours à des outils et prestataires qui peuvent être onéreux. Par ailleurs, elles restent pour l'instant à l'initiative de groupements ou de plateformes : en 2018, Agrocampus Ouest n'avait identifié aucun pêcheur français disposant de son propre site de vente en ligne¹⁰⁶.

Du côté du consommateur, ces outils instaurent une certaine proximité, malgré une production qui peut être sensiblement éloignée des bassins et cibles de consommation prioritaires. Le e-commerce peut contribuer, dans une certaine mesure, à pallier une tendance à la diminution des lieux de distribution en produits de la mer (qui se vérifie à l'échelle nationale, excepté sur la côte), en permettant à un plus grand nombre de consommateurs d'accéder à ces produits, mais il peut dans le même temps précipiter la fermeture des lieux subsistants. Il faut aussi noter que la part du transport dans le coût final reste importante et pose question sur le plan environnemental car si le consommateur ne se déplace pas, c'est la marchandise qui vient à lui. Il y a potentiellement aussi une perte de lien social.

Enfin, l'e-commerce contribue sans doute à renouveler le profil des consommateurs, en suscitant l'acte d'achat de la part de générations plus confiantes vis-à-vis de ces nouvelles pratiques. Celles-ci restent toutefois concentrées sur des marchés de niche et haut de gamme : le profil type de l'acheteur de produits de la mer en ligne est un couple de 25 à 55 ans, habitant en ville ou périphérie, avec un ou deux enfants et disposant de revenus moyens ou élevés¹⁰⁷. Le risque est donc de réserver ces produits aux populations aisées.

¹⁰⁶ D. ROUSSEL, M. LESUEUR, S. GOUIN. *Le marché du e-commerce : du secteur alimentaire aux produits aquatiques*. Synthèse. Projet VALOCEAN. Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST, n° 51, 2018.

¹⁰⁷ Ibid.

5. Renforcer et gérer les flux de personnes et de biens à l'interface entre la terre et la mer

Les outils numériques facilitent la communication entre la mer et la terre, ils donnent le sentiment d'une réduction des distances. En un sens, la digitalisation du monde maritime réinterroge la frontière physique existant entre la mer et la terre, entre les réseaux terrestres et maritimes.

5.1. Une interface portuaire optimisée/fiabilisée

En tant que principaux nœuds où se rencontrent les réseaux terrestres et maritimes, les ports font face à des enjeux de fiabilité et de fluidité des flux de personnes, de biens et de marchandises.

Au sein des écosystèmes portuaires et logistiques, « *l'apport de la digitalisation se traduit depuis deux décennies par des changements sur les navires¹⁰⁸ comme dans les ports, modifiant le management des outils portuaires, les conditions de travail des agents, les processus logistiques et la commercialisation* »¹⁰⁹.

- **L'automatisation et l'intelligence artificielle au service de la gestion des outils portuaires : vers le « *smart terminal* »**

La numérisation vise une plus grande efficacité des opérations portuaires. Elle repose d'abord sur des logiciels pour optimiser les plans de chargement des navires (*ship planning*), optimiser le fonctionnement des terminaux ou renforcer les échanges entre les engins et les conteneurs.

L'automatisation des terminaux contribue aussi à réduire le risque de rupture dans la chaîne. Le terminal à conteneurs automatisé est une réalité dans les grands ports depuis une dizaine d'années. Pour l'avenir, le potentiel technologique laisse présager un fonctionnement de plus en plus autonome des terminaux, où la gestion des infrastructures et outillages sera assurée par un système intelligent, capable de s'adapter en temps réel aux évolutions du contexte commercial et des flux.

¹⁰⁸ Voir 2. Concevoir et produire un navire, assurer sa maintenance.

¹⁰⁹ ISEMAR, « 20 ans d'apports des technologies aux industries maritimes ». Note de synthèse n°191, juin 2017.

- **La dématérialisation au service du suivi des marchandises, tout au long de la chaîne logistique**

La fluidité de la chaîne logistique repose sur l'échange d'informations entre les acteurs publics et privés de la communauté portuaire. On distingue deux grands types de systèmes d'information, progressivement dématérialisés :

- les *Cargo community system* (CCS), qui relient les intervenants de la chaîne (transitaires, douanes, armateurs, autorité portuaire, manutentionnaires...) autour du partage d'informations centrées sur la marchandise. Les ports régionaux de Brest, Lorient et Saint-Malo sont équipés du système AP+ ;
- certains ports ont ensuite développé les « *Port community system* » (PCS), pour étendre à un panel élargi d'acteurs les informations liées à l'escale du navire, de manière sécurisée.

Le niveau d'intégration de ces dispositifs varie puisque chaque port dispose de son propre logiciel (Figure suivante).

Figure 3. Liste des ports et des logiciels portuaires

Ports	Logiciels portuaires
GPM Dunkerque	SIRENE
GPM Le Havre ; GPM de Nantes	S-WING 1
GPM Rouen	OPEN RIVE
GPM Marseille	NEPTUNE
Saint-Malo ; Brest ; Lorient ; GPM La Rochelle ; GPM Bordeaux ; Bayonne ; Port Vendres ; Port-la-Nouvelle ; Sète ; GPM Guadeloupe ; GPM Martinique ; GPM Guyane ; Toulon	VIGIE SIP
Ajaccio ; Propriano ; Bonifacio ; Porto-Vecchio	ERISLINER Corse du sud
Bastia ; L'Île Rousse ; Calvi	ERISLINER Haute Corse
Calais ; Boulogne-sur-Mer ; Le Tréport ; Dieppe ; Fécamp ; Caen-Ouistreham ; Cherbourg ; Tréguier ; Douarnenez ; Quimper ; Les Sables d'Olonne ; Rochefort ; Tonnay-Charente ; Nice -Villefranche/Mer ; Port-Réunion ; Mayotte ; Dielette ; Barneville-Carteret ; Granville ; Cannes ; Golfe Juan ; Antibes ; Menton ; Quimper	<u>E-SCALEPORT</u>

Source : ministère de la Transition écologique et solidaire, février 2017.

Une directive applicable depuis le 1^{er} juin 2015¹¹⁰ impose le regroupement, sous une forme dématérialisée, de l'ensemble des documents réglementaires liés aux navires, aux marchandises, aux navigants, aux passagers. Ce « guichet unique portuaire » a vocation à simplifier le contrôle douanier à l'entrée et à la sortie des ports de l'Union européenne et à faciliter la coopération entre les autorités et les acteurs privés. Un nouveau règlement européen devrait être publié prochainement pour renforcer encore le niveau d'harmonisation.

Pour mutualiser le développement de services portuaires numériques dans le cadre du « guichet unique portuaire », 15 ports français ont créé le Groupement d'intérêt économique VIGIE ports. Leur première action a été de développer VIGIEsip, un système qui dématérialise l'ensemble des formalités administratives du passage portuaire de la marchandise, tout en gérant les droits de port. La Région Bretagne, membre de ce GIE, a équipé les ports de Brest, Concarneau, Lorient, Roscoff, Saint-Brieuc Le Légué et Saint-Malo du système VIGIEsip.

Plus récemment, les craintes liées à la saturation des terminaux portuaires dans l'hypothèse d'un Brexit dur, qui entraînerait la réinstauration des frontières avec le Royaume-Uni, ont accéléré le processus de dématérialisation, avec l'arrivée sur le marché d'une nouvelle génération de PCS, par exemple celui proposé par la société SOGET depuis fin 2018 (EasyBrexit).

Dans le cadre d'un appel à projets lancé par le Conseil régional de Bretagne en 2018, l'entreprise CLS, l'Irisa, SEMSOFT (éditeur de logiciel rennais) et HSBC bénéficient d'un financement pour concevoir une solution automatisant le suivi et les contrôles effectués par les institutions financières sur l'ensemble des opérations d'un transport international de marchandises par conteneur.

- **L'Internet des objets et la *blockchain* au service du conteneur connecté**

La nécessité de suivre la marchandise tout au long de la chaîne logistique, au-delà de l'interface portuaire, pousse les acteurs à développer des outils pour suivre de plus en plus finement la mobilité de chaque conteneur.

Les programmes de R&D portent notamment sur le conteneur connecté, avec l'ambition de développer un conteneur géolocalisable en permanence, capable

¹¹⁰ Directive 2010/65/UE du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010, concernant les formalités déclaratives applicables aux navires à l'entrée et/ou à la sortie des ports des États membres et abrogeant la directive 2002/6/CE.

de communiquer des informations ciblées sur l'état de la marchandise (températures, humidité, chocs...). Au-delà du suivi de la marchandise, il existe des applications potentielles dans la détection des anomalies et des fraudes et la géolocalisation des conteneurs en cas de perte à la mer.

Les recherches portent également sur la *blockchain*, une véritable opportunité pour assurer la traçabilité des marchandises, d'autant que ses coûts ont baissé. A l'été 2018, Maersk et IBM ont lancé la plateforme TradeLens, qui permet à l'ensemble des maillons de la chaîne logistique d'interagir grâce à un accès en temps réel aux données et aux documents d'expédition¹¹¹. En mai 2019, les deux géants du transport maritime CMA CGM et MSC ont annoncé qu'ils rejoignent la plateforme¹¹².

Le suivi et le recueil de données opérés conteneur par conteneur visent aussi la lutte contre la fraude ou l'assurance. Grâce à l'analyse de données massives sur plusieurs années, les douanes souhaitent par exemple établir des normes comportementales par typologie de marchandises, pour améliorer la détection des anomalies et mieux cibler les contrôles¹¹³.

En conclusion, on perçoit combien l'intégration des technologies numériques est un enjeu de performance pour les grands ports, dans un contexte mondial ultra-concurrentiel. Mais pour les ports d'envergure plus modeste, il s'agit plutôt de **trouver un équilibre entre, d'une part, un risque de décrochage dans un mouvement qui s'intensifie et, d'autre part, les dangers de surinvestissement et de dépendance vis-à-vis des acteurs qui développent ces systèmes.**

¹¹¹ FORBES, « [IBM-Maersk Blockchain platform adds 92 clients as part of global launch](#) », article de M. DEL CASTILLO, publié le 9 août 2018 ; L'ANTENNE, « [Blockchain : Maersk et IBM lancent la solution TradeLens](#) », article d'E. DEMANGEON, publié le 25 septembre 2018.

¹¹² LA REVUE DU DIGITAL, [Les transporteurs maritimes CMA CGM et MSC rejoignent la blockchain logistique TradeLens](#), article publié le 29 mai 2019.

¹¹³ LE MARIN, article du 21 mars 2019.

↳ Chantier « Industrie portuaire et maritime »

La Bretagne accueille une diversité de ports d'envergure modeste, mais qui contribuent de manière importante à la vitalité de leur hinterland. Le projet d'avenir pour la Bretagne élaboré dans le cadre de la Breizh COP affiche deux objectifs concernant le transport maritime : « *atteindre un développement logistique de + 30% du transport maritime conteneurisé au départ et à l'arrivée de la Bretagne* » ; « *développer de nouvelles chaînes logistiques maritimes innovantes et vertueuses* ».

Les investissements numériques semblent indispensables dans les ports de Bretagne pour atteindre ces objectifs, dans un contexte mondial. La puissance publique peut soutenir ces investissements, mais l'équation est difficile à résoudre : ces ports auront-ils la capacité à amortir ces investissements, qui sont déjà lourds pour les grands ports ? Ces investissements sont-ils soutenables ?

Face à la volonté de la Bretagne de renforcer son positionnement comme région de connexion européenne, l'accompagnement à la transformation numérique des ports de commerce bretons apparaît comme une priorité pour trouver sa place dans le commerce mondial et créer une offre portuaire globale cohérente. Mais l'ampleur de ces investissements exige de disposer d'une lisibilité pluriannuelle des investissements, réalisés et à venir dans les différents ports bretons, comme le CESER l'a souligné à plusieurs reprises dans ses avis rendus sur les politiques portuaires régionales.

5.2. Des séjours et prestations personnalisées à l'interface entre la terre et la mer

En Bretagne comme ailleurs, le littoral fait l'objet d'une attractivité particulière, du point de vue touristique notamment, liée en partie à la présence de la mer.

5.2.1 La transformation numérique dans le secteur du tourisme¹¹⁴

Si la part spécifiquement maritime de l'activité est délicate à mesurer, il est établi que la mer contribue à la notoriété de la Bretagne. D'ailleurs, la fréquentation et

¹¹⁴ Ce paragraphe reprend les enseignements de l'étude du CESER de Bretagne « *Numérique et entreprises de Bretagne : urgence et opportunités* » (janvier 2017), accompagnés d'exemples « maritimes » tirés de la presse.

l'offre d'hébergements sont nettement concentrées sur le littoral. Le nombre d'emplois y est conséquent, la transformation du secteur avec le développement du numérique aura donc des implications importantes en région.

Le CESER a retenu le tourisme parmi les trois secteurs d'activité sur lesquels il s'est concentré dans l'étude « Numérique et entreprises de Bretagne : urgence et opportunités » de 2017. Si l'activité touristique prend de multiples formes, cette étude relevait trois principaux aspects de la transformation numérique dans ce secteur.

- **L'évolution des modes d'accès aux marchés**

Le tourisme est l'un des secteurs dans lequel le commerce en ligne est le plus développé, par rapport au commerce physique. La transformation numérique a bouleversé les modes d'accès aux marchés avec l'apparition de plateformes devenues incontournables. Dans ce contexte, l'image en ligne des entreprises est cruciale. Or, elle leur échappe largement dans la mesure où cette image est coproduite par les clients, grâce à divers systèmes d'avis, de référencement et de citation.

Ces évolutions permettent de toucher une clientèle plus large, et donc de mieux valoriser des offres de niche. Dans le même temps, le coût d'accès au marché progresse rapidement : coût du référencement, de la publicité en ligne, mais aussi des commissions versées aux plateformes.

- **L'évolution des modes de production de l'offre touristique**

La dématérialisation touche à la fois l'acte d'achat (vente et réservation en ligne) mais aussi la réalisation de la prestation touristique, les professionnels utilisant le numérique pour proposer une « expérience client » différenciante (réalité augmentée, géolocalisation...).

Brest Terres Océanes s'est par exemple appuyé sur une application mobile spécialisée pour créer, en collaboration avec l'Ecole supérieure de commerce des affaires et de management de Brest, trois circuits de « géocaching », c'est-à-dire une sorte de chasse au trésor autour des phares¹¹⁵.

¹¹⁵ LE TELEGRAMME, article de D. CORMIER, publié le 29 mai 2019. Le géocaching est un loisir qui consiste à utiliser, à l'occasion d'une promenade, le géopositionnement par satellite (GPS) pour rechercher des « caches », un contenant comprenant un registre des visites et parfois des récompenses.

Lors de la Semaine du Golfe, une manifestation qui se déroule tous les deux ans, Golfe du Morbihan - Vannes agglomération a fait appel à l'application Imagina, créée par une start-up vannetaise, pour guider en temps réel le visiteur et l'inciter à visiter les animations et sites incontournables se déroulant à proximité¹¹⁶.

- **Les évolutions dans l'organisation de la filière**

Pour les entreprises implantées en Bretagne, le numérique ouvre des opportunités en même temps qu'elles font apparaître le risque d'une captation de la valeur ajoutée par des acteurs souvent situés en-dehors du territoire. Aussi, l'un des enjeux pour les entreprises est de travailler sur l'une des conditions ayant permis le succès des plateformes, à savoir la dispersion des acteurs. Si les acteurs partagent leurs données et se coordonnent, ils doivent être en mesure de proposer des offres aussi personnalisées et réactives que possible, sans passer par les plateformes en ligne.

C'est tout l'enjeu de l'« Internet de séjour », qui vise à faire converger divers outils numériques dans le but d'informer en permanence les touristes présents dans un lieu donné et de leur proposer des biens et services correspondant à leurs attentes. Si la mise en œuvre de ces projets implique une profonde évolution des manières de travailler au sein de la filière, elle n'en est pas moins urgente dans la mesure où certains géants du web tentent également de développer des applications de ce type. Contrairement aux entreprises du tourisme, ils ne possèdent pas la connaissance fine du terrain mais disposent d'un autre atout, à savoir les données qu'ils ont accumulées et qui, bien exploitées, peuvent leur permettre d'émettre des recommandations précises.

¹¹⁶ OUEST-FRANCE, article de P. CROGUENNEC, publié le 22 mai 2019.

↳ La marétique au service d'activités de loisirs durables

En Bretagne, les opportunités du numérique dans le secteur du tourisme et des loisirs sont à saisir. Toutefois, alors qu'une majorité de projets visent à développer le volume des flux et à renforcer l'attractivité du territoire, il est aussi pertinent de s'interroger sur la qualité de ces flux et sur les conditions à réunir pour développer un tourisme durable, l'un des objectifs de la Breizh COP. Cela suppose de réfléchir à la polarisation et à la saisonnalité des flux, à la mixité sociale et générationnelle en zone littorale, à la pression foncière et environnementale¹¹⁷...

Ces problématiques appellent à développer des outils numériques innovants au service des territoires littoraux : suivre l'évolution de l'urbanisation littorale, calculer et prendre en compte la capacité d'accueil des territoires, gérer la saisonnalité des flux et les éventuels phénomènes d'encombrement (suivi des risques sanitaires, surveillance en temps réel de la qualité des eaux de baignade et conchylicoles, prévision et gestion des flux touristiques, gestion facilitée des places d'escale dans les ports de plaisance, suivi en temps réel et recensement des places de parkings).

Le numérique apparaît aussi comme une opportunité pour dépasser la polarisation des flux touristiques et maximiser les retombées touristiques sur l'ensemble du territoire régional. En s'appuyant sur l'attractivité des territoires maritimes, il serait possible de diffuser les flux vers les territoires ruraux et développer un tourisme moins standard, en proposant par exemple des itinéraires individualisés combinant la terre et la mer (opportunité d'un « Internet de séjour maritime » ?).

Les réseaux sociaux doivent être mobilisés impérativement en ce sens. Ils offrent de multiples possibilités pour promouvoir, de manière globale, la spécificité maritime des territoires et pour mettre en valeur leurs différents atouts, qu'ils soient économiques, sociaux ou environnementaux (tissu économique, ressources humaines et compétences, cadre de vie...) ¹¹⁸.

¹¹⁷ Sur ce sujet, voir aussi l'étude du CESER sur les interactions entre les usages numériques et les mobilités, à paraître début 2020.

¹¹⁸ CESER DE BRETAGNE, *Produire ET résider sur le littoral en Bretagne !* Mai 2017.

5.2.2 Une « explosion » du nombre de prestataires d'activités nautiques en ligne

Comme dans le tourisme, la transformation numérique du nautisme a bouleversé les modes d'accès aux marchés et favorisé l'émergence de nouveaux opérateurs proposant diverses prestations et services nautiques.

Si les outils numériques ont accéléré ces pratiques, il est important de souligner, à l'instar de COLPORTERRE et de l'Association des ports de plaisance de Bretagne¹¹⁹, qu'elles « *découlent avant tout d'un changement de fond : les consommateurs privilégient de plus en plus l'usage* ». Cet essor de l'économie collaborative « *trouve racine dans les multiples crises, économique mais aussi sociale, écologique et sanitaire* ».

Ces plateformes, le plus souvent des intermédiaires qui, via des applications ou des sites Internet, mettent en relation les différentes parties prenantes d'une activité et deviennent elles-mêmes le support de multiples services¹²⁰, l'ont bien compris. Elles cherchent à répondre à la demande d'une clientèle caractérisée par des profils « *plus jeunes et moins expérimentés (...) avant tout à la recherche de l'expérience et de l'immédiateté. Ils privilégient les options de navigation les moins onéreuses et surtout, les moins contraignantes* »¹²¹.

Les plus emblématiques de ces plateformes sont SamBoat et Click&Boat, les deux géants de la location de bateaux entre particuliers. En juillet 2019, Click&Boat a annoncé son arrivée prochaine à Lorient suite au rachat d'une société concurrente, pour renforcer son ancrage en Bretagne¹²².

On trouve aussi :

- Share My Sea (Nantes), une application de partage de sorties en mer entre particuliers ;
- Shakabay (Plouzané) : réservation en ligne de cours et de séjours de surf dans le monde entier, environ 350 prestations proposées en Bretagne ;
- HelloNautic (Saint-Malo) : un site destiné à rassembler et uniformiser toutes les informations nécessaires au plaisancier pour naviguer, dans l'idée de créer des communautés autour des ports ;

¹¹⁹ COLPORTERRE, ASSOCIATION DES PORTS DE PLAISANCE DE BRETAGNE, *La plaisance collaborative. Etat des lieux et enjeux pour les gestionnaires de port*. 2017.

¹²⁰ CESER DE BRETAGNE, *Numérique et entreprises de Bretagne : urgence et opportunités*. Janvier 2017.

¹²¹ Idem.

¹²² LE TELEGRAMME, article du 26 juillet 2019.

- IDNautic.com (Pleurtuit) : un outil de vente en ligne pour les loisirs nautiques, qui permet aux opérateurs (principalement des associations) de créer leur boutique en ligne pour commercialiser leurs prestations (stage de voile, dégustation de fruits de mer à bord d'un voilier, plongée, permis côtier...);
- Morbi'embark (Vannes) : une plateforme gratuite mettant en relation les propriétaires de bateaux (clients des ports gérés par la Compagnie des Ports du Morbihan) avec des équipiers désireux de naviguer ;
- Loc'Boats (Ploumagoar) : un site qui met en relation les propriétaires de bateaux et les locataires désireux de naviguer.

Certains professionnels estiment que l'achat à distance pourrait concerner 80 % des locations de navires d'ici 2022¹²³. Si ces évolutions offrent des opportunités aux prestataires, pour toucher une clientèle plus large, renouveler le profil des pratiquants, mieux valoriser des offres de niche, elles font apparaître le risque d'une captation de la valeur ajoutée par des acteurs situés en dehors du territoire, ce qui serait particulièrement préjudiciable dans la mesure où la filière nautique représente plus de 6 000 emplois en Bretagne, dont 2 000 liés à la prestation de services de sports nautiques¹²⁴.

Nombre de prestataires de sports nautiques sont bien sûr présents en ligne et disposent de sites dédiés mais la vigilance est de mise, car 50 % d'entre eux sont des associations¹²⁵. Par ailleurs, les entreprises intervenant dans ce secteur sont quasi exclusivement toutes des PME ou TPE¹²⁶.

Après une période de scepticisme, voire de rejet vis-à-vis des nouveaux entrants issus de l'économie collaborative, les acteurs historiques (prestataires de sports nautiques, collectivités...) se sont mobilisés pour appréhender les implications sur leur filière et étoffer leur offre de services, afin d'attirer de nouveaux plaisanciers et fédérer leurs clients : bouquets de services personnalisés pour les propriétaires, offres de pratiques pour les pratiquants occasionnels (bateaux en libre-service, boat-clubs), prestations nautiques ciblant le grand public, etc.

¹²³ Présentation de F. ROUSSEAU, Responsable Développement Commercial chez Samboat.fr, lors des Rencontres nationales Ports, nautisme et littoral organisées par IDEAL Connaissances les 28 et 29 mars 2018 à Brest.

¹²⁴ RESEAUX DES CCI ET DES AGENCES D'URBANISME DE BRETAGNE, op. cit.

¹²⁵ NAUTISME EN BRETAGNE, CONSEIL REGIONAL DE BRETAGNE, *Tourisme, sports nautiques et de bord de mer*. Données 2017.

¹²⁶ RESEAUX DES CCI ET DES AGENCES D'URBANISME DE BRETAGNE, op. cit.

Les implications sur l'aménagement des territoires littoraux doivent aussi être anticipées. Ainsi, les ports de plaisance doivent désormais être connectés et proposer des services variés (gestion dynamique des mouillages, gestion des fluides par bornes sans contact, communication en temps réel des consommations en eau et en électricité...), faisant évoluer le profil de l'agent portuaire¹²⁷.

6. Produire et distribuer des énergies marines renouvelables

En phase expérimentale comme en phase d'exploitation commerciale, les investissements sont particulièrement élevés dans le domaine des énergies marines renouvelables (EMR), en raison de la nouveauté de ces systèmes, qu'il faut coupler à une multitude de paramètres physiques et environnementaux. Le caractère mouvant de l'environnement suppose en effet des structures dynamiques et sensibles.

Les technologies numériques sont particulièrement mobilisées tout au long de la chaîne de conception, de production et d'exploitation des EMR.

6.1. L'identification et le choix du site

La connaissance de l'environnement et de la ressource disponible s'appuie sur un grand nombre de données, collectées au préalable par le porteur de projet. La constitution de cet état initial représente un investissement considérable, sans qu'il n'y ait à ce stade de certitude quant à la rentabilité du projet. Ces études sont donc le plus souvent conduites en plusieurs étapes.

Les données collectées alimentent diverses modélisations :

- acquérir une connaissance précise des contraintes environnementales, de manière à adapter le dimensionnement des structures et optimiser la durée de vie des systèmes ;
- acquérir une connaissance précise de la ressource disponible, de manière à évaluer la rentabilité du projet (vis-à-vis des banques notamment) et le coût de l'énergie produite ;

¹²⁷ Voir 1. Des formations préparant aux métiers de la mer en Bretagne qui évoluent avec le numérique.

- acquérir une connaissance précise de l'état de référence du site, de manière à conduire une étude d'impact, conformément à la réglementation. Les informations collectées renseignent sur les impacts environnementaux et socio-économiques, favorisent l'acceptabilité du projet et servent à l'élaboration des demandes d'autorisations. Une modélisation de l'impact acoustique peut par exemple être réalisée pour étudier la propagation en mer des bruits produits par la turbine.

Dans le cadre du processus de planification des EMR en Bretagne, les données fournies par le Service hydrographique et océanique de la Marine (SHOM) ont permis de définir les sites les plus propices à l'implantation de ces technologies. Complétées d'informations socio-économiques sur les pratiques de pêche, elles ont conduit à identifier collectivement les zones de moindre contrainte.

Le numérique représente aussi une opportunité dans la phase de concertation, qui suit un processus rigoureux¹²⁸. La réalité virtuelle, la simulation ou les *serious game* (jeux sérieux) peuvent faciliter une représentation réaliste des projets et favoriser leur appropriation. *« Outre un accès simplifié aux informations, le numérique permet de présenter des supports visuels qui facilitent les échanges et rendent les projets plus concrets. Dans le cadre du projet des éoliennes flottantes de Groix et Belle-Ile, les technologies ayant permis d'optimiser la concertation sont principalement la création de visuels 3D (images et vidéos), de photomontages, d'un site web dédié, de l'exposition itinérante ainsi que la plaquette d'informations et la newsletter du projet (...) diffusée à plus de 500 personnes regroupant aussi bien des locaux, des associations que des professionnels du secteurs ». Toutefois, « ces techniques d'informations et de communication restent avant tout des outils, qui appuient le travail réalisé sur le terrain par le développeur du projet. Elles ne répondent pas à toutes les interrogations et ne remplacent pas les échanges plus personnalisés qui permettent de diminuer, voire de faire disparaître, les inquiétudes légitimes que tout un chacun peut avoir. Il est également important pour la population locale de voir que derrière ces projets de grande ampleur, des personnes « réelles » et engagées sont mobilisées pour leur bon déroulement »¹²⁹.*

¹²⁸ Sur la concertation, voir l'étude du CESER DE BRETAGNE, *Produire ET résider sur le littoral en Bretagne !* Mai 2017, ainsi que la loi n°2018-1021 du 23 novembre 2018 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique, dite Loi ELAN, qui a renforcé les conditions de mise en œuvre de la concertation préalable pour les projets assujettis à une évaluation environnementale.

¹²⁹ Extrait d'une contribution écrite transmise par Lise GROS, chargée de concertation et de suivi environnemental chez EOLFI, août 2019.

↳ La marétique au service de la planification spatiale maritime

Le numérique constitue un outil au service de la conception, du suivi et de l'évaluation des politiques (appui à la décision, objectivation des orientations politiques, démonstration de la pertinence des transitions à conduire, appropriation...). En ce sens, il présente un intérêt pour la mise en œuvre d'une politique maritime intégrée fondée sur la planification spatiale maritime, les stratégies de gestion intégrée de la mer et du littoral et de gestion des aires marines protégées.

En matière de planification maritime intégrée, le numérique peut être le support d'une planification plus dynamique, appuyée sur les données ouvertes et les outils de diagnostic et de prospectives. L'enjeu est celui d'une **meilleure intégration des données relatives aux usages de l'espace maritime**. Or, cette donnée décrivant les usages est souvent manquante, car la caractérisation des activités maritimes, dans le temps et l'espace, est un exercice délicat¹³⁰. Des outils innovants au service des politiques maritimes ont été développés en Bretagne et ailleurs. Ils gagneraient à être davantage utilisés par les acteurs publics, à toutes les échelles de territoire (expertise géomatique du bureau d'étude Terra Maris, outil DeSEAsion développé par un laboratoire de l'IMT Atlantique et basé sur l'intelligence artificielle¹³¹, portail démonstrateur SIMNORAT¹³²).

6.2. Une conception du système de production appuyée sur la modélisation

En phase d'installation comme d'exploitation, la modélisation du comportement d'ensemble du système est nécessaire car la mer constitue un environnement complexe en termes de sollicitations mécaniques.

¹³⁰ Audition de Matthieu LE TIXERANT, Terra Maris, 13 septembre 2018.

¹³¹ B. CESSIEUX, « Une carte qui redessine la mer », *Sciences Ouest*, n°364, septembre 2018 : selon l'équipe du Lab-Sticc, l'outil prend en compte des données quantitatives (force du courant et du vent), mais aussi des données qualitatives (l'attitude des riverains, du préfet ou des associations) pour définir les limites d'un parc d'éoliennes par exemple.

¹³² Le projet européen SIMNORAT vise à soutenir la mise en œuvre de la planification de l'espace maritime dans les eaux françaises, espagnoles et portugaises. L'un des objectifs est d'identifier les données géographiques utiles à la planification spatiale maritime et de mettre au point un portail démonstrateur pour visualiser ces données.

D'une part, la modélisation intervient dans le dimensionnement des moyens d'installation, dans l'évaluation des contraintes qui peuvent être tolérées par la structure (matériaux et assemblage) pendant cette phase, ainsi que dans la sécurisation du personnel. D'autre part, elle permet d'optimiser la structure et le couplage des différents sous-systèmes (fondation ou flotteur, ancrages, mât, pales, générateur...) en fonction des paramètres physiques et d'estimer le productible. Cette optimisation de la structure repose sur un calcul complexe, nécessitant le développement d'algorithmes spécialisés.

6.3. De la construction à l'installation des machines : une chaîne plus fluide

L'exploitation des EMR nécessite des structures volumineuses, composées de différents sous-systèmes conçus dans des usines qui peuvent être éloignées les unes des autres. Par ailleurs, leur installation en mer exige des conditions météorologiques particulières, qui contraignent l'ensemble des opérations amont. Durant cette phase, l'enjeu est d'optimiser l'organisation industrielle et de garantir la fluidité des opérations tout au long de la chaîne, de la fabrication des machines jusqu'à leur acheminement sur le site final.

Cette optimisation passe d'abord par l'automatisation du processus de fabrication des machines (« usines du futur »). S'agissant de machines volumineuses composées de plusieurs sous-systèmes, l'optimisation suppose ensuite une logistique rigoureuse, reposant sur des outils pour modéliser le chantier, planifier les tâches d'assemblage et optimiser l'occupation des espaces portuaires. Ces tâches vont de pair avec une gestion intelligente des flux et du transport car la moindre rupture dans la chaîne peut provoquer l'encombrement des terminaux. La modélisation des opérations logistiques terrestres et la prédiction des conditions météorologiques et environnementales pour la détermination des fenêtres optimales pour les opérations d'installation en mer permettent d'éviter, autant que possible, ces situations d'encombrement.

6.4. L'exploitation des machines : optimiser la production et la distribution d'énergie

Durant l'exploitation, le pilotage et le contrôle des parcs sont principalement opérés depuis des centrales à terre qui supervisent les systèmes grâce à des outils de surveillance à distance (par exemple des drones équipés de caméras et capteurs) et un système de communication sécurisé. L'utilisation de capteurs

intelligents et connectés permet d'optimiser en temps réel la performance des machines, et donc le productible. Cela contribue à la diminution du coût de l'énergie. C'est l'objet du « e-Penon », un projet développé par Michel DESJOYEUX : ce capteur connecté, développé à Port-La-Forêt pour la course au large, a été adapté pour optimiser le rendement des éoliennes en adaptant le positionnement des pales¹³³.

Les *smarts grids*, ou réseaux électriques intelligents¹³⁴, offrent également des perspectives intéressantes. Jusqu'à présent, l'électricité était principalement produite par des centrales de production nucléaire et hydraulique, puis acheminée par le réseau de transport (RTE) et de distribution (Enedis) jusqu'aux domiciles des particuliers. Avec le déploiement des énergies renouvelables, on se dirige vers une production disséminée plus proche des territoires et directement raccordée au réseau de distribution.

Ces réseaux permettent aussi d'optimiser la consommation individuelle, via des applications qui proposent un suivi en temps réel de la consommation et qui alertent sur l'évolution des coûts.

Ces réseaux sont considérés comme le maillon nécessaire pour franchir une nouvelle étape dans le déploiement des énergies marines. S'agissant de sources renouvelables caractérisées par leur variabilité, la prédiction du productible constitue une information essentielle pour le gestionnaire de réseau, dans la perspective de l'injection de l'énergie produite. Or, le calcul de cette information repose sur l'analyse de nombreuses données (comportement des structures, contexte océanographique et météorologique...).

Enfin, les infrastructures de production électrique installées en mer pourraient être utilisées pour apporter certains services secondaires : systèmes télécoms pour améliorer la couverture des moyens de sécurité, capteurs pour l'observation du milieu, refroidissement de *data centers*...

¹³³ OUEST-FRANCE, « [Le navigateur Michel Desjoyeux invente un capteur connecté pour doper l'éolien](#) », article de V. MOSSER publié le 22 juin 2019.

¹³⁴ Les *smart grids* (ou réseaux électriques intelligents) sont des réseaux de distribution d'électricité qui favorisent la circulation d'information entre les fournisseurs et les consommateurs, afin d'ajuster le flux d'électricité en temps réel et permettre une gestion plus efficace du réseau électrique.

↳ La marétique au service de l'intégration des EMR dans le réseau

Dans le contexte du Pacte électrique breton et de la Breizh COP, qui fixent des objectifs ambitieux en matière de maîtrise de la demande en électricité, de sécurisation de l'alimentation électrique et d'une augmentation de la production d'électricité renouvelable d'ici 2020, le croisement entre mer, numérique et énergie apparaît comme un enjeu fort pour la Bretagne et, plus globalement pour les zones non interconnectées et les îles, qui pourraient bénéficier des déploiements en la matière.

Le projet expérimental mené à Ouessant vise ainsi à démontrer la pertinence d'un modèle combinant les différentes technologies (énergies renouvelables et *smart grids*) pour offrir des solutions énergétiques autonomes aux territoires insulaires (« île intelligente ») : centre de pilotage intelligent adaptant, en temps réel, l'offre et la demande en électricité, capteurs installés sur les compteurs électriques pour encourager la consommation en fonction des marées et de l'ensoleillement, etc.

6.5. La maintenance des machines

En phase de maintenance, le numérique est particulièrement mobilisé pour la maintenance prédictive, qui consiste à prévenir les avaries majeures et repose sur des capteurs, installés en nombre sur les systèmes, qui permettent d'anticiper les défaillances (soudure par exemple). Cette anticipation réduit le coût de maintenance et d'intervention et les pertes de productible, ce qui contribue également à réduire les coûts de production de l'énergie.

Les outils numériques sont aussi utilisés pour planifier et optimiser les interventions en mer, de la même manière qu'en phase de construction et d'installation. En phase de démantèlement, le numérique est mobilisé de la même manière qu'en phase d'installation (gestion et optimisation des flux).

7. Pratiquer la mer, expliquer et transmettre la culture maritime

7.1. Des expériences maritimes virtuelles démultipliées

Alors que les premiers jeux vidéos abordant la thématique maritime, apparus dès le début des années 90, n'avaient aucune visée pédagogique, les médias numériques ont aujourd'hui un impact significatif dans l'éducation à la mer. Ce qui la caractérise à l'ère numérique, c'est **la multiplication et la diversification des médias évoquant la mer, avec une capacité accrue de proposition et de personnalisation d'expériences maritimes virtuelles et un fort potentiel de diffusion** grâce aux réseaux sociaux : podcasts, magazines, reportages, réseaux sociaux, blogs, régates virtuelles, dispositifs immersifs utilisés en muséographie, *serious game*...

Ces dernières années ont ainsi vu le déploiement des dispositifs de réalités virtuelle et augmentée dans les musées, les centres de culture scientifique, industrielle et technique (CCSTI) ou sur les sites touristiques et patrimoniaux. Les retours d'expérience témoignent de la valeur ajoutée de ces dispositifs, lorsqu'ils sont utilisés en complément de la médiation. Ces dispositifs ont aussi des implications sur le rôle des médiateurs, qui peuvent peiner à trouver leur place en complément de ces nouveaux outils.

Ces technologies ont également pris place sur les salons professionnels, comme lors de la dernière édition du Nautic, et même à bord des navires à passagers. La connectivité à bord est devenue un véritable atout marketing vis-à-vis de la clientèle, elle détermine le niveau de services et l'image de marque de la compagnie. Brittany Ferries propose par exemple à ses passagers différents dispositifs de réalité augmentée et d'imprimantes 3D à vocation ludique¹³⁵.

L'utilisation des outils numériques repositionne le visiteur et lui propose un autre regard, en stimulant ses différents sens. Le caractère immersif de ces expériences est particulièrement adapté à la complexité du milieu marin, en ce qu'il suscite le ressenti, les émotions et sensations du visiteur. C'est ce leitmotiv qu'Océanopolis met au cœur de sa stratégie d'utilisation des outils numériques : *« créer des émotions chez le visiteur, par l'immersion et la présentation du vivant, avec une exigence de rigueur dans la transmission scientifique »*.

¹³⁵ LE PARISIEN, « La compagnie maritime Brittany Ferries se lance dans le numérique », article publié le 7 octobre 2016.

Ces technologies présentent notamment un intérêt pour les publics rencontrant des difficultés d'accès à la mer (personnes à mobilité réduite, populations éloignées du littoral...), mais aussi pour explorer des lieux réputés inaccessibles (fonds sous-marins, cavités, épaves...) ou découvrir des espèces invisibles à l'œil nu. L'application Planktomania-AR vise par exemple à faire découvrir le plancton à travers un jeu de 7 familles en réalité augmentée, dont les cartes permettent de faire apparaître les différentes espèces. Cette application fait partie d'un kit complet dédié au plancton, accessible via un site dédié et qui propose différentes ressources pédagogiques (vidéo immersive, patrons permettant l'impression 3D des différentes espèces...)¹³⁶.

Elles sont aussi utilisées pour transmettre la mémoire ou porter un nouveau regard sur le patrimoine :

- l'association pour le développement des recherches en archéologie maritime a par exemple réalisé une modélisation 3D de l'épave du *Fetlar*, qui a sombré en 1919 et repose désormais à 26 mètres de profondeur au large de Saint-Malo. Une application propose une plongée virtuelle près de ce navire, qui risque de disparaître sous l'effet de la corrosion¹³⁷ ;
- dans le cadre d'une collaboration entre le master Histoire des sciences et techniques de l'Université de Bretagne Occidentale et Brest Métropole, une modélisation du marteau-pilon des forges de Pontaniou, l'une des plus anciennes machines de l'arsenal, a été réalisée à partir de données LIDAR (technique de détection optique utilisant la lumière)¹³⁸ ;
- depuis deux ans, un dépliant *Sur la route des phares* est distribué dans le pays de Brest. L'application qui l'accompagne permet, grâce à la réalité augmentée, de visualiser sur son smartphone des photos et vidéos qui présentent les phares¹³⁹.

Dans un registre différent, le développement des cybersports, dont la pratique virtuelle combine gestes sportifs et images de synthèse, est aussi un exemple parlant puisque la technologie numérique permet aujourd'hui de simuler de grands espaces tout en étant physiquement dans une piscine (applications en plongée) ou dans un espace réduit. Au-delà des applications ludiques, ces

¹³⁶ Site de [Planktomania](#).

¹³⁷ Application [L'épave du FETLAR](#), disponible sur Google Play.

¹³⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=UZ6qd4G6oqE>

¹³⁹ LE TELEGRAMME, « [Route des phares, trois circuits en géocaching](#) », article de D. CORMIER, publié le 28 mai 2019.

technologies peuvent aussi être utiles dans la préparation sportive et l'apprentissage, notamment pour les disciplines à risque telles que la plongée¹⁴⁰.

Les cas d'usage du numérique dans le domaine de l'éducation à la mer doivent poursuivre la finalité d'amener les individus à la mer. Ils sont à positionner comme des relais vers des expériences maritimes réelles, et non pas comme des médias qui se suffisent à eux-mêmes, au risque d'entraîner une déconnexion avec le milieu réel. Dans ce cas, en effet, l'expérience virtuelle viendrait se substituer à l'expérience réelle, avec le risque de renforcer les situations existantes d'éloignement à la mer ou d'en créer de nouvelles. En ce sens, il serait intéressant d'évaluer les effets leviers de ces outils sur l'appropriation des enjeux maritimes et sur la maritimisation de la Bretagne, pour s'assurer qu'ils sont utilisés à bon escient.

La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral Chantier « Education à la mer »

↳ Chantier « Education à la mer »

Dans une région qui affiche des ambitions maritimes, l'appropriation citoyenne des enjeux de la mer et du littoral doit s'appréhender comme un effort de long terme. La Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral positionne l'éducation à la mer comme « *le meilleur moyen pour favoriser une appropriation collective des enjeux maritimes et pour faire évoluer les comportements individuels* ».

L'éducation à la mer en Bretagne réunit de nombreux acteurs, avec près de 400 actions qui ont été recensées en 2015¹⁴¹. Face au potentiel représenté par les médias numériques pour « parler de la mer », il existe un enjeu à davantage croiser les compétences en matière d'éducation à la mer et les technologies de réalité virtuelle et réalité augmentée, pour transmettre de manière innovante les enjeux maritimes.

A l'heure où plusieurs régions se réapproprient leur façade maritime, c'est peut-être une occasion de valoriser les dispositifs d'éducation à la mer développés par les acteurs en Bretagne. Il y a là une piste de différenciation à soutenir car ces acteurs de l'éducation à la mer, principalement issus du monde associatif et de l'éducation populaire, n'ont pas tous les moyens d'investir dans ces technologies et de les renouveler dans le temps.

¹⁴⁰ Audition de Philippe CARREZ, Président, Immersion Tools/SubOceana, 8 novembre 2018.

¹⁴¹ RESEAU D'EDUCATION A L'ENVIRONNEMENT EN BRETAGNE, *Guide Eduquer à la mer et au littoral*, décembre 2015.

7.2. Une pratique de la mer accessible au plus grand nombre

L'engouement suscité pour les simulateurs de course à la voile et les régates virtuelles témoigne d'une attirance du public pour la navigation. On peut citer le premier championnat du monde d'*e-sailing*, compétition de voile numérique organisée sur la plateforme en ligne *Virtual Regatta* en 2018, qui a ainsi réuni près de 20 000 joueurs dans le monde entier.

Pour autant, ce large public ne bénéficie pas forcément d'un égal accès à la mer et à la navigation. Il y a sans doute une certaine appréhension face à la possibilité « d'aller en mer » quand on est novice. La pratique peut également être empêchée par des problèmes de santé ou des handicaps.

Le numérique peut être un levier pour démocratiser la navigation et rendre la mer accessible au plus grand nombre. Par exemple, les « Papys codeurs », une équipe constituée lors d'une édition de l'*Ocean Hackaton*, ont développé une représentation 3D des fonds marins à destination des personnes en situation de déficience visuelle. Par ailleurs, dans le cadre du projet SARA, né en 2011 de la rencontre entre un employé d'Orange et l'association Orion, une application mobile a été développée pour fournir des informations de navigation en utilisant la synthèse vocale lors d'une course à la voile¹⁴². Elle permet aux marins déficients visuels d'utiliser le système sur n'importe quel voilier.

Dans un autre registre, la plateforme *Ocean Skills* est un dispositif d'apprentissage en ligne de la navigation à la voile, combinant modules pratiques et théoriques. L'application Goseap se présente quant à elle comme le « Waze de la mer ». Soutenue par Naval Group, elle permet l'échange d'informations en temps réel entre plaisanciers pour enrichir leur expérience de navigation.

Enfin, faciliter l'accès à la mer, c'est aussi permettre d'accéder plus facilement à un service ou une prestation maritime. Comme on l'a vu plus haut, on peut désormais, en quelques clics, réserver un cours de surf ou un voilier. Ces services peuvent aussi, à certaines conditions, contribuer à la démocratisation des pratiques et à faire entrer la mer dans le quotidien des individus.

¹⁴² Application SARA, pour *Sail and Race Audioguide*.

7.3. L'accès à l'information sur la mer, pour agir en tant que « SEA-toyen » ?

L'un des avantages du numérique est la capacité à accéder à des flux d'informations variés et personnalisés, en fonction de son âge, de ses centres d'intérêt... Ainsi, il peut faciliter la compréhension, par le plus grand nombre, de l'incidence des activités humaines sur les grands équilibres écologiques, et des interactions entre les milieux terrestres et marins.

Au-delà de l'accès à l'information, le numérique peut aussi être un levier pour agir en faveur de la transition énergétique et écologique, selon les possibilités et aspirations de chacun. Aussi, la marétique doit être envisagée comme un moyen pour agir en tant SEA-toyen et développer des pratiques plus vertueuses vis-à-vis du milieu marin. Il existe ainsi de nombreuses applications et plateformes qui suscitent une action de la part de leur utilisateur : faire évoluer ses pratiques (géolocalisation des bacs à marée installés sur les plages pour récupérer les déchets, conseils sur le tri et la réduction des déchets...), contribuer à une démarche de sciences participatives, financer un projet maritime (plateformes de *crowdfunding* (EKOSEA) ou de *crowdlending*¹⁴³)... Dans le domaine de la pêche récréative par exemple, le numérique peut être utilisé pour la maîtrise des effets potentiellement néfastes d'une attractivité accrue de l'éstran, en facilitant l'accès à la réglementation, via le développement d'applications pour porter à connaissance la taille minimale de capture, les dates de fermeture et d'ouverture... Mais la multiplicité et le caractère sans doute confidentiel de ces applications en font aussi des outils sous-exploités : combien de téléchargements sont-ils réellement enregistrés ? Sur le nombre de personnes ayant téléchargé l'application, quel est le pourcentage d'utilisateurs réguliers ? Quels sont les impacts réels sur l'évolution des comportements ?

Il existe aussi un enjeu à garantir la véracité et l'objectivité des informations délivrées, dans la mesure où ces outils peuvent être aisément mis à profit par des groupes de pression. Ces questionnements, s'ils ne sont pas spécifiques au domaine maritime, sont à souligner dans une région qui souhaite renforcer l'appropriation, par le plus grand nombre, des enjeux de la mer et du littoral.

¹⁴³ Le *crowdlending* est une forme de financement participatif (*crowdfunding*), par laquelle une personne physique prête une somme afin de financer un projet. Cette somme doit lui être rendue avec ou sans intérêts, selon les conditions définies avec le porteur de projet.



La marétique dans la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral
Chantiers « Conférence régionale de la mer et du littoral » et « Réseau
Territoires Maritimes »

↳ **La marétique au service de l'engagement des acteurs bretons dans la mise en œuvre de la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral**

Le numérique ne remplacera pas les échanges et la mobilisation des acteurs mais la gouvernance des enjeux maritimes en Bretagne peut être dynamisée par un usage raisonné des outils numériques. Ils peuvent notamment favoriser la mise en réseau, l'échange d'informations et l'engagement de chacun, par exemple au sein de la Conférence régionale pour la mer et le littoral. Cette dernière peut aussi être le lieu où l'on interroge les modalités de la transformation numérique et les conditions dans lesquelles elle bénéficiera à tous.

Conclusion du chapitre 1

A l'heure où de nombreux regards se tournent vers la mer, cette exploration au croisement de la mer et du numérique montre la diversité des opportunités à saisir au profit du développement durable des activités maritimes. Mais le numérique n'apportera pas non plus toutes les solutions et ce panorama révèle en miroir certaines menaces et points de vigilance : addiction numérique, perte d'intelligence collective et délocalisation de la valeur ajoutée, perte de certaines compétences... Il révèle aussi des besoins en termes de gouvernance et d'évolution du cadre juridique, d'inclusion numérique et de cohésion sociale, d'accompagnement à la transition...

Ce panorama rappelle enfin qu'il faut faire preuve d'une certaine modestie face à la transformation numérique. Dans un monde qui évolue très vite, les verrous technologiques qui subsistent encore sauteront un jour ou l'autre.

Comme le concluait le CESER en 2017 dans son étude sur la transformation numérique des entreprises¹⁴⁴, « *la stratégie la plus risquée n'est-elle pas celle de l'attentisme ?* ». Si, sur ce sujet, une partie des leviers d'actions dépasse la Bretagne, la région dispose de plusieurs atouts pour déployer une marétique au service des acteurs de la mer et du littoral et, plus largement, du développement régional.

L'échelon régional est d'autant plus pertinent que certaines pistes d'action se rattachent à **des champs de compétence du Conseil régional de Bretagne** :

- le croisement de filières pour impulser l'innovation (chapitre 2) ;
- l'accompagnement des établissements de formation aux métiers de la mer (chapitre 3) ;
- le soutien à la recherche et la gouvernance des données (chapitre 4).

Ce sont les trois volets sur lesquels le CESER propose que les acteurs de la mer et du littoral, au premier rang desquels le Conseil régional de Bretagne, se positionnent. Ne pas se poser les questions qui suivent serait prendre le risque de passer à côté des opportunités offertes dans la marétique. C'est la capacité de la Bretagne à se différencier sur ces trois volets qui sera décisive.

¹⁴⁴ CESER DE BRETAGNE, *Numérique et entreprises de Bretagne : urgence et opportunités*. Janvier 2017.

Multiplier les croisements entre mer et numérique en Bretagne

Le premier message porté par cette étude est de reconnaître et déployer la place de la marétique comme une force à part entière de la Bretagne, au service du développement durable des activités maritimes, et d'inciter les acteurs à explorer davantage ce nouveau domaine applicatif des technologies numériques. La marétique constitue *in fine* un nouveau terrain d'aventure et d'innovation, mais quelles en sont les règles du jeu ? Comment peut-elle accompagner davantage, le territoire régional dans sa transition maritime ? Quels sont les axes prometteurs et les pistes de différenciation de la Bretagne ?

1. Se rencontrer pour stimuler l'innovation au croisement de la mer et du numérique

Dans une étude de 2017¹⁴⁵, les CESER de l'Atlantique se sont intéressés aux ressorts de l'innovation dans le domaine maritime. Quatre forces participent à la genèse de l'innovation :

- elle naît à l'interface entre les différents domaines d'activités de l'économie maritime, ainsi qu'à l'interface entre l'économie maritime et d'autres secteurs de l'économie (on parle alors de fertilisation croisée) ;
- elle naît de la collaboration entre une diversité d'acteurs (établissements de recherche publique, entreprises, acteurs institutionnels, société civile) ;

¹⁴⁵ CESER DE L'ATLANTIQUE, *Innovation et économie maritime : un océan d'opportunités pour les régions de la façade atlantique française*. Juin 2017.

- elle est facilitée par la mise en réseau des acteurs. Avant de coopérer, ils doivent avant tout s'identifier et apprendre à se connaître, chacun dans leur domaine de compétence ;
- démarche d'anticipation, de créativité et d'ouverture, elle mobilise des compétences de créativité aux niveaux individuel et collectif et est de plus en plus ouverte. Elle ne se développe plus seulement à partir des ressources internes des entreprises ou des laboratoires mais mobilise des acteurs et des ressources externes.

Saisir les opportunités offertes au croisement de la mer et du numérique appelle à multiplier les occasions, pour des acteurs qui peuvent paraître assez éloignés les uns des autres, de se rencontrer et de créer de l'émulation à l'interface entre les outils numériques et ce nouveau domaine applicatif composé des activités maritimes.

D'une part, il s'agit de permettre aux acteurs maritimes d'appréhender le champ des possibles numériques et les solutions qui peuvent être apportées dans leurs domaines respectifs, voire même d'en inspirer certaines.

D'autre part, pour les acteurs du numérique, il s'agit de percevoir les opportunités à saisir et le potentiel de ce domaine applicatif :

- inventer de nouveaux outils et services au profit des acteurs maritimes, c'est-à-dire proposer de nouvelles solutions de ruptures ;
- explorer de nouveaux cas d'usage pour des technologies existantes. L'usage de technologies et de services, considérés comme matures dans leurs applications terrestres, peut aussi bénéficier au monde maritime, mais cela suppose qu'ils soient adaptés à ses spécificités.

2. Les politiques publiques en Bretagne, facilitatrices du croisement entre mer et numérique

La Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral identifie la mutation numérique comme un « *nouveau secteur à part entière de l'économie maritime* », mais le terme de marétique n'y est pas utilisé. Le numérique y apparaît comme un « *moyen de promouvoir une utilisation plus sobre des ressources naturelles et de réduire l'impact de nos activités sur les écosystèmes marins* ». Dans le précédent chapitre, des encadrés soulignent les contributions possibles du numérique aux chantiers engagés pour mettre en œuvre cette

stratégie régionale et les axes possibles de déploiement et de différenciation de la marétique en Bretagne.

En complément, il est également utile d'étudier la prise en compte de la marétique au sein de politiques publiques plus sectorielles. Si elle n'y est pas identifiée comme un objectif, cela ne signifie pas que les projets au croisement de la mer et du numérique ne peuvent bénéficier d'aucun soutien des politiques publiques. Il existe d'ailleurs une volonté des acteurs publics et des acteurs du transfert et de la valorisation¹⁴⁶ de diversifier les champs d'application des outils et services numériques. Différents dispositifs sont mobilisés en ce sens, tels que des lieux d'expérimentation, des plateformes de données, des appels à projets...

2.1. La marétique dans la politique régionale de soutien au développement économique, à l'innovation et à la recherche

Les Conseils régionaux ont été confortés dans leur rôle de chef de file du développement économique par les lois MAPTAM et NOTRe (2014 et 2015)¹⁴⁷, ainsi que dans l'intervention des collectivités en soutien à l'enseignement supérieur et la recherche (loi Fioraso de 2013)¹⁴⁸. Au vu toutefois de l'enchevêtrement des niveaux d'intervention dans le soutien au développement économique, à la recherche et à l'innovation, l'efficacité de leur intervention ne peut être définie qu'au regard de celles des autres acteurs publics que sont l'Union européenne, l'Etat et les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI), avec l'appui des acteurs chargés d'accompagner le développement économique et l'innovation (par exemple les pôles de compétitivité)¹⁴⁹.

¹⁴⁶ CESER DE BRETAGNE, *Recherche(s) et innovation en Bretagne. Pour une nouvelle stratégie de soutien au service des transitions vers un développement régional durable*. Octobre 2018. Il existe de nombreux acteurs du transfert et de la valorisation : structures généralistes de l'innovation, de l'entrepreneuriat et des modèles économiques (technopoles par exemple), structures thématiques (centres d'innovation technologiques, pôles de compétitivité...), structures de valorisation de la recherche publique, agence de développement économique régionale, etc.

¹⁴⁷ Loi n°2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles, dite « Loi MAPTAM » ; Loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République, dite « Loi NOTRe ».

¹⁴⁸ Loi n°2013-660 du 22 juillet 2013 relative à l'enseignement supérieur et à la recherche, dite « Loi Fioraso ».

¹⁴⁹ CESER DE BRETAGNE, *Recherche(s) et innovation en Bretagne (...)* op. cit.

- **La marétique dans les filières émergentes de la Bretagne**

La politique régionale de soutien au développement économique promeut une approche par filière (filières alimentaires, naval-nautisme, tourisme, numérique, biotechnologies, véhicules et mobilités, énergies marines renouvelables, Défense et sécurité, éco-activités, santé, bâtiment, écoconstruction et éco-rénovation). Les filières émergentes font l'objet d'un accompagnement spécifique, centré sur la coordination des acteurs et la structuration de l'écosystème.

Il existe, même s'il n'est pas formellement identifié, un volet marétique dans plusieurs « grands programmes structurants » inscrits dans la feuille de route de Bretagne Développement Innovation (BDI) :

- la voile de compétition (programme Eurolarge), avec l'émergence d'entreprises spécialisées dans l'analyse de performance, qui traitent les données collectées sur les voiliers et traduisent les résultats sous différents formats de visualisation ou de recommandations. En juillet 2019, BDI recensait un socle de 80 entreprises du numérique ayant les compétences pour intervenir dans la chaîne de valorisation des données de la voile de course : 44 entreprises y sont d'ores et déjà actives (par exemple KND Sailing Performance ou AIM45), dont 26 bureaux d'études et architectes ; les 36 autres entreprises travaillent sur des marchés en lien avec le maritime et ont les compétences pour s'y positionner à l'avenir¹⁵⁰ ;
- la cybersécurité, avec la création à Rennes d'un pôle d'excellence qui regroupe la Direction générale de l'armement, des entreprises ainsi que des acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche. Il comporte un volet maritime formalisé par la création de la Chaire « Cyberdéfense des systèmes navals » basée à l'Ecole Navale. En partenariat avec l'IMT Atlantique, Thales et Naval group, la chaire vise à stimuler la recherche et la formation (doctorat et post-doctorat) sur ce sujet. La création d'un mastère « cybersécurité du monde maritime » a été annoncée¹⁵¹ ;
- les énergies marines renouvelables, au croisement avec les *smart grids*, qui constituent chacun un programme structurant¹⁵².

¹⁵⁰ Chiffres fournis par Carole BOURLON, Responsable voile de compétition et composites, et Sabrina PINCET, cheffe de projet études économiques, Bretagne Développement Innovation, dans le cadre du programme Eurolarge Innovation, juillet 2019.

¹⁵¹ Site de [la Chaire « Cyberdéfense des systèmes navals »](#), 4 juillet 2019.

¹⁵² Voir 6.4. L'exploitation des machines : .

- **La marélique dans la politique de soutien à la recherche et à l'innovation du Conseil régional de Bretagne¹⁵³**

Au préalable, il importe de souligner que le soutien à l'innovation repose sur un écosystème complexe, dans lequel interviennent de nombreux acteurs. Politique régionale et nationale sont difficilement dissociables, car il s'agit le plus souvent de financements croisés. Ainsi, par exemple, un appui et un financement régional peuvent être nécessaires pour bénéficier de certains financements nationaux, tandis que les organismes d'interface (comme les pôles de compétitivité), qui mettent en relation les entreprises entre elles et/ou avec des laboratoires publics, bénéficient de co-financements de la Région, de l'Etat, voire aussi de l'Union européenne. La Région Bretagne intervient donc majoritairement en cofinancement avec d'autres acteurs.

Les interventions du Conseil régional de Bretagne qui concernent la recherche et l'innovation sont priorisées sur certains types d'entreprises (en règle générale, des PME voire des ETI), certains types de recherches (plutôt appliquées) et surtout sur les filières et domaines d'innovation qu'elle a identifiés comme prioritaires dans le cadre de sa stratégie de spécialisation intelligente (S3).

En vertu de ce document, la politique régionale de soutien à l'innovation cible sept thématiques, les « domaines d'innovations stratégiques » (DIS) :

- DIS 1 : Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative ;
- DIS 2 : Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité ;
- **DIS 3 : Activités maritimes pour une croissance bleue ;**
- **DIS 4 : Technologies pour la société numérique ;**
- DIS 5 : Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie ;
- DIS 6 : Technologies de pointe pour les applications industrielles ;
- **DIS 7 : Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement.**

Le croisement mer et numérique peut s'exprimer au titre des DIS 3, 4 et 7, qui avaient respectivement bénéficié, en 2017, de 13, 25 et 13 % des financements régionaux affectés aux politiques de soutien à l'innovation, à l'enseignement

¹⁵³ Ce paragraphe s'appuie sur l'étude du CESER DE BRETAGNE, *Recherche(s) et innovation en Bretagne (...)*. op. cit.

supérieur et à la recherche (soit 6,7 millions, 13,2 millions et 6,8 millions sur un total de 52,8 millions d'euros)¹⁵⁴.

Une partie de ces financements est attribuée dans le cadre d'appels à projets lancés par le Conseil régional de Bretagne. Conduit avec les pôles de compétitivité et les technopoles, l'appel à projets « Innovation collaborative au croisement des filières » encourage par exemple les PME à s'associer entre elles et avec un centre de recherche, afin d'élaborer des projets de R&D structurants pour l'économie régionale.

Parmi les trente projets sélectionnés durant les précédentes éditions, cinq se situent au croisement de la mer et du numérique¹⁵⁵ :

- CREDOC (solution automatisant le suivi et les contrôles effectués par les institutions financières lors du transport maritime de marchandises) ;
- SOLID SAIL 2.0 (concept de voile en panneaux rigides, qui se déploient sans intervention extérieure) ;
- WINFIELD (réseau de micro-capteurs laser pour la mesure du vent en temps réel, comme une aide à la navigation) ;
- DEEP BLUE (technologie laser pour détecter en temps réel des microplastiques, des bactéries, des hydrocarbures ou d'autres polluants dans les océans) ;
- uLISS.EMR (solution de lissage de production hydrolienne par une technologie innovante de stockage d'énergie).

Cet appel à projets, dont la 4^{ème} édition est en cours, est intéressant pour les acteurs mais son effet levier reste limité. Le budget des projets présentés doit être compris entre 500 000 et 1 million d'euros, avec une subvention portée à 45 % des dépenses éligibles pour les PME, 30 % pour les entreprises de taille intermédiaire et 25 % pour les grandes entreprises.

L'appel à projets « Expérimentations d'innovations numériques » encourage quant à lui les PME du numérique à collaborer avec d'autres acteurs pour trouver de nouveaux cas applicatifs ou pénétrer de nouveaux marchés.

En ce qui concerne le soutien à l'enseignement supérieur et à la recherche, le Conseil régional de Bretagne finance chaque année des thèses et des contrats postdoctoraux sur des sujets au croisement de la mer et du numérique. On peut

¹⁵⁴ Chiffres fournis par le Conseil régional de Bretagne dans le cadre de l'étude du CESER sur la recherche et l'innovation en Bretagne.

¹⁵⁵ Communiqué de presse du Conseil régional de Bretagne, 9 janvier 2019.

citer par exemple le programme pluriannuel de recherche en émergence SAMM, déjà évoqué dans le chapitre 1, qui vise à développer une filière d'excellence dans le domaine des STIC pour les drones en milieu maritime. Il consiste en un soutien régional sur la durée dans cinq domaines (intelligence, capteurs et algorithmes, systèmes embarqués, *data mining* et interactions homme/machines, communications)¹⁵⁶ : 13 thèses et 2 contrats postdoctoraux ont été financés depuis 2017. On peut aussi citer les allocations de recherche doctorale (ARED) accordées par le Conseil régional. Il n'existe pas de fléchage marétique de ces financements mais si l'on prend l'exemple de l'Ecole doctorale des sciences de la mer, qui a bénéficié en 2019 de 25 demi-allocations réparties entre les établissements (dont les universités, Ifremer - Centre de Bretagne, le CNRS, les grandes écoles et l'Ecole universitaire de recherche ISBLUE, qui cofinancent à 50 % ces projets de thèse), une grande majorité des sujets traités dans les laboratoires utilisent le numérique¹⁵⁷.

S'ils existent, ces soutiens régionaux à la recherche dans le domaine de la marétique manquent toutefois de visibilité. Ils gagneraient à être mieux connus et mieux valorisés.

Enfin, le soutien à la recherche et à l'innovation dans la politique régionale s'exprime aussi par la mobilisation des acteurs et l'activation des réseaux politiques. L'illustration la plus visible est la création du pôle d'excellence cyber (au croisement du numérique et de la Défense), rendue possible par la mobilisation conjointe de l'Etat, de la Région, d'acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche publics ainsi que d'entreprises. Si les financements apportés par la Région ne représentent qu'une partie du budget alloué, celui-ci n'aurait probablement pas vu le jour sans un fort volontarisme politique régional. L'Université de Rennes 1 a aussi été récemment lauréate de l'appel à projets « Ecoles universitaires de recherche », financé au titre du Programme d'investissements d'avenir (PIA)¹⁵⁸, pour son projet portant sur la cybersécurité en général (il ne comporte pas de volet maritime spécifique).

- **La marétique dans la feuille de route des pôles de compétitivité**

Les pôles de compétitivité sont des acteurs importants du soutien à l'innovation. La Bretagne est comprise dans le périmètre d'actions de sept pôles de

¹⁵⁶ Chiffres communiqués par Jean-Philippe DIGUET, directeur de recherche au CNRS, Lab-STICC – UMR 6285, dans le cadre de la coordination du programme SAMM, août 2019.

¹⁵⁷ Chiffres fournis par l'Ecole doctorale des sciences de la mer, septembre 2019.

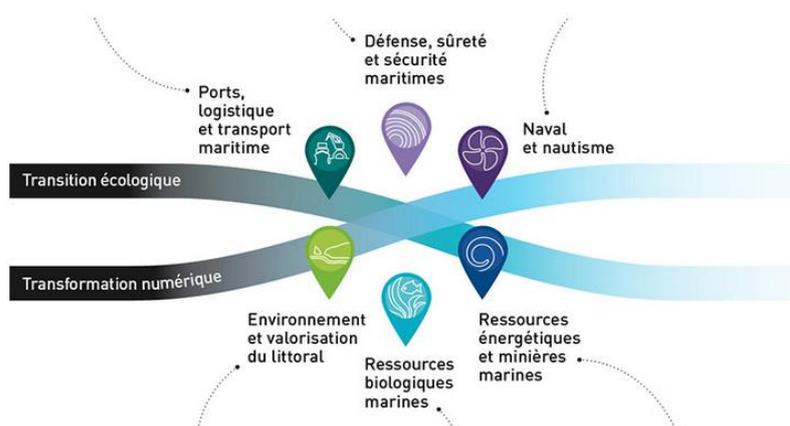
¹⁵⁸ OUEST-FRANCE, article du 30 août 2019.

compétitivité interrégionaux. Deux d'entre eux ont *a priori* vocation à soutenir des projets dans le domaine de la marétique, le Pôle Mer Bretagne Atlantique et le Pôle Images & réseaux. Ce dernier n'a cependant pas choisi la mer comme l'un de ses domaines applicatifs¹⁵⁹, sans doute parce qu'il existait déjà un pôle de compétitivité dédié avec le Pôle Mer Bretagne Atlantique.

Sous l'impulsion du PMBA, les deux pôles coordonnent le booster MORESPACE, un programme lancé par le Comité de concertation Etat-Industrie sur l'espace (COSPACE) qui vise à mieux utiliser les données satellitaires au service des activités maritimes. Depuis deux ans, ils proposent aussi un programme commun d'animations pour favoriser la rencontre entre leurs écosystèmes respectifs. Enfin, si jusqu'à présent, on trouvait peu d'exemples de projets co-labellisés par les deux pôles, une coopération intensifiée et plus structurée sur le croisement de filières « mer et numérique » doit être mise en place au cours de la phase IV des pôles¹⁶⁰.

Pour la période 2019-2022, le PMBA a aussi ajusté sa feuille de route pour intégrer deux enjeux transverses à ses domaines d'action stratégique. En cohérence avec les stratégies portées par les Régions Bretagne et Pays de la Loire et avec les priorités des filières maritimes, la transformation numérique et la transition écologique sont d'une part des axes d'animation et, d'autre part, elles sont élevées au rang de critères, au prisme desquels chaque projet candidat à la labellisation sera désormais analysé (Figure 4).

Figure 4. La feuille de route du Pôle Mer Bretagne Atlantique



Source : Site du Pôle Mer Bretagne Atlantique, 2018.

¹⁵⁹ Les marchés applicatifs du Pôle Images & réseaux sont la maison intelligente, le territoire intelligent, la santé et l'e-éducation.

¹⁶⁰ L'appel à candidatures pour la phase IV des pôles de compétitivité a conduit le gouvernement à sélectionner les 56 pôles labellisés, qui pourront bénéficier de financements sur une nouvelle période de 4 ans (2019-2022).

- **La marétique à d'autres échelles de territoire : l'exemple du Campus mondial de la mer¹⁶¹**

Les lois MAPTAM et NOTRe (2014 et 2015)¹⁶² ont confirmé le rôle des EPCI, particulièrement des métropoles, en matière de développement économique et de soutien à l'enseignement supérieur et à la recherche, aux côtés des Régions. A l'inverse, les compétences départementales ont été recentrées : leur capacité à intervenir en soutien au développement économique a été supprimée (aides directes aux entreprises) mais ils conservent la possibilité de soutenir l'enseignement supérieur. Leur niveau d'engagement reste d'ailleurs important en Bretagne. Le Département du Finistère soutient par exemple les pôles d'excellence de formation et de recherche, parmi lesquels sont identifiés le secteur naval et le nautisme, les biotechnologies, l'océanographie et le numérique...

La Stratégie métropolitaine de développement économique de Brest Métropole¹⁶³ prévoyait la création du Campus mondial de la mer, une communauté d'acteurs des sciences et technologies de la mer, visant à faire de Brest, et plus globalement de la Bretagne, l'une des places mondiales de la valorisation des océans. Il s'agit de faire rayonner les recherches régionales à l'échelle internationale et d'accompagner le développement d'une économie maritime durable.

Portée par le Campus, l'initiative ALLOha¹⁶⁴ réunit les chercheurs en sciences marines et en *data science*, ainsi que les entreprises qui innovent dans ces domaines. Il s'agit à la fois d'une communauté, d'un programme d'animation, d'une offre de services numériques et d'un tiers-lieu dédié à l'innovation collaborative. L'objectif est de créer un environnement propice à la collaboration et à l'émergence de solutions innovantes au service des activités maritimes¹⁶⁵.

L'un des évènements-phares organisé par le Campus à Brest est l'*Ocean Hackathon*, qui s'exportera dans huit villes pour sa 4^{ème} édition (Champs-sur-

¹⁶¹ Sur l'intervention des collectivités en matière de développement économique, de soutien à la recherche et à l'innovation, voir : CESER DE BRETAGNE, *Recherche(s) et innovation en Bretagne (...)*. op. cit.

¹⁶² Loi n°2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles, dite « Loi MAPTAM » ; Loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République, dite « Loi NOTRe ».

¹⁶³ BREST METROPOLE, *Stratégie métropolitaine de développement économique*, juin 2016.

¹⁶⁴ ALLOha est l'acronyme de « *Advanced Living Lab for Ocean Hacks* ».

¹⁶⁵ Audition de Juliette RIMETZ, Campus mondial de la mer/Technopole Brest-Iroise, 13 septembre 2018.

Marne, Cherbourg, Dinan, La Rochelle, Mexico, Papeete, Sète et Toulon)¹⁶⁶. Contraction de « marathon » et « hackers », le « hackathon » désigne un « événement où un groupe de développeurs volontaires se réunissent pour faire de la programmation informatique collaborative sur plusieurs jours »¹⁶⁷. L'ambition de cet événement est de provoquer la rencontre entre fournisseurs et utilisateurs de données relatives à la mer et ses usages et de favoriser l'accessibilité et la compréhension de ces données, pour susciter de nouveaux projets.

2.2. La marétique dans la mise en œuvre du Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche

Le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (FEAMP) est l'outil financier attaché à la politique communautaire des pêches. Il est organisé autour des priorités suivantes :

- « Promouvoir une pêche durable du point de vue de l'environnement, efficace dans l'utilisation des ressources, innovante, compétitive et fondée sur les connaissances ;
- Favoriser une aquaculture durable du point de vue de l'environnement, efficace dans l'utilisation des ressources, innovante, compétitive et fondée sur les connaissances ;
- Favoriser la mise en œuvre de la politique communautaire des pêches, par le soutien à la connaissance scientifique, à la collecte et à la gestion des données, au contrôle et à l'exécution ;
- Augmenter l'emploi et la cohésion territoriale ;
- Favoriser la commercialisation et la transformation ;
- Favoriser la mise en œuvre de la politique maritime intégrée ».

La mise en œuvre du FEAMP fait aujourd'hui l'objet d'une gestion partagée entre l'Etat et la Région Bretagne. Il n'existe pas d'enveloppe fléchée spécifiquement sur les outils et services numériques mais le FEAMP s'inscrit, au titre de plusieurs mesures, comme un outil d'accompagnement des filières de la pêche et de l'aquaculture dans leur transformation numérique.

Ces mesures concernent d'abord le soutien aux entreprises de la pêche et de l'aquaculture dans leurs investissements nécessaires à leur productivité. Ont été

¹⁶⁶ Voir 2.3. La valorisation des données sur la mer : un potentiel dormant à exploiter et des applications à démultiplier.

¹⁶⁷ Définition du « hackathon » par Wikipédia.

considérés comme éligibles l'acquisition d'automates par des entreprises conchylicoles, les opérations de modernisation des systèmes informatiques, les systèmes informatiques et logiciels pour l'enregistrement des captures et la pesée...

Ces mesures concernent aussi l'innovation, la recherche et la protection de l'environnement. Les outils et services numériques sont susceptibles d'être financés :

- lorsqu'ils sont employés pour améliorer la collecte de données sur la ressource et les dispositifs de surveillance (ou de contrôle, mais cette mesure n'est ouverte qu'aux services de l'Etat). Par exemple, au titre de la mesure 28 (partenariats entre scientifiques et pêcheurs), peuvent être financées l'instrumentation de navires pour évaluer la distribution spatiale de l'activité, l'installation d'équipements d'échantillonnage automatisé... L'acquisition de sondes et bouées pour le suivi environnemental par des professionnels a également été financée au titre de la mesure 62. Au titre de la mesure 37 enfin, les comités des pêches peuvent aussi développer des outils informatiques permettant d'améliorer la gestion des pêches (suivi des autorisations administratives, suivi des consommations de quota, suivi des captures, etc.) ;
- lorsqu'ils visent à soutenir le développement ou l'introduction au sein des filières de produits, équipements et modes de gestion innovants. On trouve par exemple des projets portant sur l'amélioration de la sélectivité des captures (mesure 39), sur la traçabilité des produits de la mer ou la lutte contre la prédation par les daurades dans les élevages conchylicoles (mesure 47).

2.3. La marétique dans la politique de valorisation du patrimoine du Conseil régional de Bretagne

Lancé à trois reprises en 2017, 2018 et 2019, l'appel à projets « NEPTUNE » visait à stimuler les démarches de connaissance, de sensibilisation, de sauvegarde et de valorisation du patrimoine archéologique sous-marin, subaquatique et de l'estran de Bretagne¹⁶⁸.

L'appel à projets comportait un volet visant spécifiquement le soutien à l'emploi de technologies de l'information et de la communication pour développer de nouveaux outils de recherche, de découverte et de promotion :

¹⁶⁸ Communiqué de presse du Conseil régional de Bretagne, 15 mars 2019.

- réalisation d'une plongée virtuelle sur des épaves emblématiques de la mer d'Iroise, accessible sur ordinateur et mobile (Association Groupe de Recherche en Archéologie Navale) ;
- interprétation de données sonar sur la zone présumée de naufrage du navire *La Cordelière* (Ifremer) ;
- réalisation d'images d'épaves datant de la Première guerre mondiale, situées au-delà de la zone d'intervention humaine, dans le cadre d'une exposition numérique (Musée sous-marin du Pays de Lorient) ;
- création d'une « route virtuelle des épaves », qui enrichit la base de données des sites archéologiques du littoral Atlantique et la complète par une application mobile géolocalisée permettant de découvrir le patrimoine maritime immergé à partir des sentiers côtiers ;
- mise à disposition de robots sous-marins par l'ENSTA Bretagne dans le cadre du projet de recherche du navire *La Cordelière*.

3. La marétique dans d'autres régions

Comme on l'a vu plus haut, la marétique est une notion développée autour de la CCI du Havre, sur la logistique portuaire notamment¹⁶⁹. Dans son étude de décembre 2017 conduite sur les filières maritimes¹⁷⁰, le CESER de Normandie indiquait que la Région Normandie soutenait l'association @Marrer, créée en septembre 2010 pour préfigurer la création d'un « Cluster Marétique ». Il invitait la Région à accompagner l'émergence de cet organe et à l'accompagner dans sa montée en puissance.

Sans parler à proprement parler de « marétique », plusieurs régions de la façade atlantique soutiennent elles-aussi le croisement mer et numérique.

Par son appel à projets « Pays de la Loire - Port de plaisance innovant » lancé en juin 2019, la Région Pays de la Loire entend soutenir les projets visant à l'émergence du port de plaisance du futur, sur trois volets : le port connecté, le port lieu d'expérimentation et le port à énergie positive¹⁷¹.

Dans le domaine des industries navales, les Régions Bretagne, Normandie, Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire soutiennent une initiative commune en faveur de la formation, avec la création du Campus des industries navales. Par

¹⁶⁹ Voir en introduction, 2. La notion de « marétique » et son actualité.

¹⁷⁰ CESER DE NORMANDIE, *Maritimité : Normandie, cap sur la croissance bleue !* Décembre 2017.

¹⁷¹ Site de la [Région Pays de la Loire](https://www.region-pays-de-la-loire.fr/).

une déclaration d'intention signée en 2017, elles se sont engagées pour la préservation et le développement de ces compétences rares, sophistiquées et évolutives. La transformation numérique et la transition énergétique sont inscrits comme les deux principaux vecteurs d'évolution de ces métiers, faisant évoluer les besoins de recrutement des entreprises du secteur.

4. Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?

Le croisement entre les outils et services numériques et l'économie maritime comme nouveau champ applicatif contribue à faire émerger des modes de travail plus collaboratifs et soutient la constitution de communautés d'intérêts qui, pour certaines, sont devenues de véritables pôles reconnus pour leurs compétences et leur double expertise.

Il n'est pas possible de dresser un bilan qualitatif précis des bénéfices du croisement en termes de créations d'emplois et d'entreprises ou de dépôts de brevets, mais les perspectives de fertilisation croisée ne semblent toutefois pas suffisamment partagées ni mises en valeur aujourd'hui, en Bretagne comme ailleurs.

1. Renforcer l'effet incitatif des dispositifs favorisant le croisement entre mer et numérique au sein de la politique de soutien à l'innovation et à la recherche

Destinataire principal : le Conseil régional de Bretagne, en lien avec ses partenaires qui accompagnent l'innovation et la recherche

Dans un contexte de désengagement progressif de l'Etat sur le soutien à l'innovation, avec une diminution du Fonds unique interministériel (FUI)¹⁷² et une reconfiguration de son soutien aux pôles de compétitivité, les guichets de soutien à l'innovation évoluent. Dans ce cadre, il y a un message fort à lancer vis-à-vis des collectivités qui accompagnent l'innovation (Etat, Conseil régional de Bretagne, EPCI).

En ce sens, le CESER souhaite notamment **réaffirmer le caractère fondamental et structurant de la politique régionale des croisements de filière** et son effet

¹⁷² Le Fonds unique interministériel (FUI) est le programme destiné à soutenir la recherche appliquée, par le financement de projets collaboratifs labellisés par les pôles de compétitivité. Il est maintenu pour 2019 mais sera réduit de moitié en 2020 et quasi-nul en 2021.

levier. Toutefois, les soutiens dédiés à la marétique y restent ponctuels, non spécifiques et rythmés par des appels à projets dont les financements restent relativement modestes.

Le Conseil régional dispose de plusieurs leviers d'action.

↳ En premier lieu, déployer la marétique doit être identifié comme un enjeu à part entière.

La nouvelle période de programmation des fonds structurels va donner lieu à un processus de refonte de la S3 qui, d'ici 2021, devrait conduire la Bretagne à identifier ses champs stratégiques d'innovation. Les premières orientations indiquent que l'Union européenne exigerait des Régions des stratégies de spécialisation intelligente davantage resserrées et plus discriminantes, tournées vers la réponse aux défis sociétaux.

Dans son étude de 2018 sur la recherche et l'innovation¹⁷³, le CESER proposait que, dans le cadre de ce processus de refonte, le Conseil régional de Bretagne identifie les axes de recherche et d'innovation les plus différenciants, sur lesquels pourraient être concentrée une partie des fonds européens.

Au terme de cette étude, le CESER affirme que la marétique peut constituer l'un de ces axes de différenciation. En ce sens, il invite le Conseil régional à **identifier la marétique comme un champ stratégique d'innovation à part entière de la S3**. Un volet particulier sur la cybersécurité maritime pourrait également être inscrit, la capacité à regrouper sur le même territoire les activités maritimes, le numérique et la dimension cyber étant un élément réellement différenciant de la Bretagne. La présence de ces compétences sur le territoire régional pourrait être un levier pour le développement de la marétique, et plus précisément des activités liées à la donnée.

Enfin, ces mesures doivent s'accompagner d'une action en direction des autorités européennes, pour peser sur la définition des futurs instruments et appels à projets et s'assurer de la place de la marétique.

↳ Le CESER invite vivement le Conseil régional à **maintenir dans la durée la dynamique des appels à projets, tout en renforçant en leur sein la place de la marétique**. Il s'agit de rendre plus visible et de soutenir davantage les projets maritimes dans les appels à projets à destination des acteurs du numérique, pour les inciter à investir un champ d'application stratégique en Bretagne et,

¹⁷³ CESER DE BRETAGNE, *Recherche(s) et innovation en Bretagne (...)*, op.cit.

réciroquement, à renforcer le volet numérique dans les appels à projets dédiés aux acteurs maritimes.

↳ En complément de ces financements et pour renforcer leur visibilité, le Conseil régional pourrait envisager **la mise en place d'un programme spécifiquement dédié à faciliter, accompagner et valoriser les projets d'innovation au croisement entre numérique et activités maritimes**. Ce « programme Maretic » pourrait s'inspirer du programme Agretic, qui vise à développer de nouveaux marchés (filière numérique) et à améliorer la compétitivité des filières agricoles et agroalimentaires¹⁷⁴. Initié en 2011 par la Région, avec le constat que ces deux mondes se connaissaient peu malgré leurs poids économiques respectifs, il est apparu pertinent pour faciliter l'expérimentation de solutions numériques dans l'agroalimentaire, ou encore le développement de projets innovants par des acteurs de l'agri-agro, avec l'appui de compétences issues du numérique.

2. Soutenir la structuration d'un écosystème complet dédié à la marétique

Des feuilles de route ont été annoncées par le Conseil régional de Bretagne afin de décliner dans ses propres politiques les objectifs identifiés dans le cadre de la démarche Breizh COP. La mise en œuvre de la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral est quant à elle d'ores et déjà engagée. Ces échéances constituent, selon le CESER, une fenêtre favorable pour déployer la marétique au sein des politiques régionales. La période est d'autant plus propice que la marétique peut contribuer à accompagner les activités maritimes dans la transition énergétique et écologique, l'un des objectifs de la Breizh COP.

↳ Le CESER identifie **une responsabilité particulière du Conseil régional de Bretagne, avec l'appui du Pôle Mer Bretagne Atlantique, de mobilisation et d'entraînement de l'ensemble de ses partenaires pour soutenir la structuration d'un écosystème complet dédié à la marétique**, réunissant des équipements de recherche et de formation, des tiers-lieux favorisant les échanges entre acteurs, des infrastructures de stockage et de calcul des données relatives à la mer, et les conditions permettant d'accroître les synergies. La combinaison des moyens techniques et des ressources humaines doit être valorisée comme un atout vis-à-vis d'entreprises qui souhaiteraient se développer sur le créneau de la marétique.

↳ Par exemple, le Comité interministériel de la mer (CIMER), réuni le 15 novembre 2018, avait annoncé la préfiguration d'un centre national de coordination de la cybersécurité pour le maritime (mesure 46). Le CESER soutient

¹⁷⁴ Site de [Bretagne Développement Innovation](#).

l'implantation de ce centre à Brest, à proximité du « MICA Center »¹⁷⁵ et de la Chaire de cybersécurité des systèmes navals. En ce sens, il invite le Conseil régional et ses partenaires, notamment Brest Métropole, à poursuivre la mobilisation en ce sens¹⁷⁶.

3. Définir les mesures d'accompagnement à la transformation

Comme toute transition, la transformation numérique traduit le passage d'un mode de développement vers un autre et peut être porteuse, d'échecs et d'exclusions pour celles et ceux (personnes, entreprises, associations) qui ne pourraient pas s'adapter. Si elle ouvre de nombreuses opportunités, la transformation numérique peut modifier en profondeur les façons de produire et de travailler, avec des enjeux en termes d'emplois, de résilience et d'anticipation.

Dans le domaine maritime comme ailleurs, saisir les opportunités du numérique suppose, en miroir, d'identifier et de mettre en œuvre les mesures d'accompagnement qui s'imposent. Ces réflexions sont à conduire dans chaque secteur pour identifier les points de fragilité et proposer des mesures d'accompagnement. L'analyse ici conduite permet d'ores et déjà d'alerter sur plusieurs points.

↳ Le tissu des entreprises de l'économie maritime en Bretagne comporte un grand nombre de PME, dans l'industrie navale, la pêche, l'aquaculture, le nautisme... Il y a un effort particulier à porter sur l'accompagnement à la transformation numérique de ces entreprises, afin de maintenir leur compétitivité et de leur donner la capacité à saisir les opportunités qui s'offrent à elles. Dans les domaines de la pêche, de l'aquaculture ou encore du nautisme, face à l'arrivée de nouveaux entrants et prestataires issus du numérique, il faut réfléchir à la mise en place de mesures d'accompagnement pour les PME et TPE maritimes qui n'auraient pas les moyens humains et financiers d'engager leur transformation numérique. Des financements dédiés, par exemple au sein du FEAMP, ne pourraient-ils pas être fléchés ? En ce qui concerne les filières pêche et aquaculture, ce peut être un axe de travail pour le groupement d'intérêt public (GIP) Pêche de Bretagne, récemment créé.

¹⁷⁵ MICA Center est l'abréviation pour « *Maritime information cooperation and awareness center* ». Implanté à Brest et dépendant de la Marine nationale, ce centre reçoit, de la part des navires marchands, des informations sécuritaires sur les zones maritimes.

¹⁷⁶ LE TELEGRAMME, *Cybersécurité maritime. Bientôt un centre national à Brest ?* Article publié le 30 août 2019.

↳ En ce qui concerne les ports de commerce, et face à la volonté de la Bretagne de renforcer son positionnement comme région de connexion européenne¹⁷⁷, l'accompagnement à la transformation numérique des ports de commerce bretons apparaît comme une priorité pour trouver sa place dans le commerce mondial et créer une offre portuaire globale cohérente. Mais l'ampleur de ces investissements exige de disposer d'une lisibilité pluriannuelle des investissements, réalisés et à venir dans les différents ports bretons, comme le CESER l'a souligné à plusieurs reprises dans ses avis rendus sur les politiques portuaires régionales.

4. Déployer la marétique dans d'autres politiques sectorielles

Il existe également de multiples opportunités à saisir dans d'autres domaines qui font la spécificité de la Bretagne maritime, tels que le tourisme, le patrimoine et la culture maritimes, l'éducation à la mer, etc. Le CESER incite le Conseil régional à donner une plus grande place à la marétique au sein des politiques sectorielles qui accompagnent le développement de ces activités. Plusieurs axes de travail sont proposés dans les encadrés du chapitre 1.

↳ Par exemple, le croisement entre éducation à la mer et numérique pourrait constituer un champ d'innovation à explorer davantage en Bretagne, d'autant que le soutien à la culture scientifique, technique et industrielle est une compétence régionale depuis 2013. Le Conseil régional pourrait mobiliser les acteurs de l'éducation à la mer, le réseau des centres de culture scientifique, technique et industrielle (CCSTI) et les compétences numériques présentes en Bretagne autour du développement d'expériences maritimes virtuelles, envisagées comme un relais vers les expériences *in situ* : proposer une plateforme « e-classe de mer » référençant les prestataires et prestations existantes, créer un label des applications et plateformes existantes... Ce travail pourrait être conduit au sein du Pôle régional Bretagne culture scientifique¹⁷⁸ ou comme prolongement aux travaux du groupe « Eduquer à la mer » de la Conférence régionale pour la mer et le littoral.

¹⁷⁷ Sur ce point, le CESER invite à consulter son [voeu pour l'intégration des ports bretons dans les réseaux transeuropéens](#), adopté lors de sa session plénière du 8 octobre 2018.

¹⁷⁸ Le Pôle Bretagne culture scientifique fédère les acteurs de la culture scientifique, technique et industrielle (Océanopolis à Brest, La Cité des télécoms à Pleumeur-Bodou, l'Espace des sciences/Maison de la mer à Lorient, le Planétarium de Bretagne à Pleumeur-Bodou, les Petits débrouillards et l'Espace des sciences à Rennes).

Former à la marétique en Bretagne

Comme le CESER l'a soulevé dans plusieurs travaux¹⁷⁹, le déploiement des outils et services numériques peut exclure celles et ceux qui n'en ont pas la maîtrise, et seraient ainsi écartés de ses bénéfices. Si le numérique apparaît comme un levier de développement, il fait aussi peser des risques sur certaines filières et métiers, qui pourraient « décrocher » faute d'anticipation, d'adaptation aux évolutions ou d'accompagnement.

En ce sens, le deuxième message porté par cette étude est de **faire en sorte que ceux qui travaillent en mer et sur le littoral soient le moteur de la marétique**. Par les bouleversements qu'elle entraîne dans tous les secteurs de l'économie maritime, la transformation numérique fait évoluer les emplois et métiers, les compétences et les besoins de formation : comment s'exerceront les métiers de demain ? Quelles pourraient être les conséquences sur les profils et compétences recherchés ? Faudra-t-il faire évoluer les dispositifs de formation initiale et continue ? De nouvelles formations sont-elles à créer ?

Anticiper ces questions et proposer des solutions est un impératif pour une formation maritime, reconnue à l'international, et en particulier celle dispensée dans les nombreux établissements bretons formant aux métiers de la mer.

L'enjeu, pour la Bretagne, est de valoriser et de renforcer une double expertise au croisement de la mer et du numérique, pour ancrer ces compétences dans la région. A cet effet, des moyens d'accompagnement des organismes de formation et des entreprises peuvent être nécessaires, pour conforter le potentiel régional en matière de formation aux métiers de la mer, en lien avec les régions voisines.

¹⁷⁹ CESER DE BRETAGNE, *Vers un projet partagé de développement durable de la Bretagne. Trois priorités stratégiques pour accompagner, réussir et anticiper les transitions*, octobre 2017.

1. Des formations préparant aux métiers de la mer en Bretagne qui évoluent avec le numérique

Le CESER de Bretagne a dressé le panorama de l'offre de formations aux métiers de la mer dans son étude « *Les formations aux métiers de la mer pour conforter la Bretagne comme grande région maritime* », publiée en 2015¹⁸⁰.

La famille des métiers de la mer regroupe deux catégories principales :

- Les métiers de navigants, strictement marins, qui imposent des compétences spécifiques liées à la conduite du navire, à son entretien, à la vie à bord et à la sécurité ;
- Les métiers maritimes exercés à terre, ou partiellement à terre, qui regroupent un ensemble hétérogène d'emplois exercés en lien avec la mer.

En Bretagne, il est possible d'accéder à de nombreuses formations initiales et continues préparant aux métiers de la mer, de tous les niveaux de qualification : du CAP jusqu'au doctorat, en passant par des baccalauréats professionnels, des BTS, des DUT, des licences professionnelles, des masters et des diplômes d'ingénieur.

La région se distingue par la présence sur son territoire de quatre lycées professionnels maritimes (un par département), de l'un des quatre centres de l'Ecole nationale supérieure maritime (ENSM), ainsi que de nombreuses formations dépendant de la Marine nationale (par exemple l'Ecole Navale). Elle se distingue aussi par la présence de certaines formations ayant un caractère maritime et qui sont dispensées dans les lycées technologiques et professionnels (charpenterie navale ou voilerie par exemple), dans les universités et les écoles d'ingénieurs (Institut universitaire européen de la mer, ENSTA Bretagne...), ainsi que dans certains centres de formation des apprentis (CFA) et centres de l'Agence nationale pour la formation des adultes (AFPA).

A ces établissements publics d'enseignement s'ajoutent des centres de formation divers, dont la liste ci-dessous n'est pas exhaustive :

- le Centre européen de formation continue maritime (CEFCM), dont le siège est situé à Concarneau et dispose d'un centre à Lorient ;

¹⁸⁰ CESER DE BRETAGNE, *Les formations aux métiers de la mer pour conforter la Bretagne comme grande région maritime*. Septembre 2015.

- le Centre d'étude et de pratique de la survie (CEPS) qui a un centre à Lorient ;
- l'Institut de formation à la prévention et à la sécurité (IFOPSE) spécialisé dans la sécurité incendie, qui a son siège à Nivillac, dans le Morbihan ;
- le Centre d'activité Plongée (CAP) de Trébeurden ;
- le SURTYMAR, spécialisé dans la sûreté maritime et portuaire et qui a son siège à Rennes ;
- l'Institut nautique de Bretagne, qui a son siège à Concarneau ;
- le Centre de formation de Nautisme en Bretagne, qui a son siège à Sainte-Marine ;
- l'Ecole nationale de voile et des sports nautiques, qui a son siège à Saint-Pierre Quiberon...

L'entrée du monde maritime dans l'ère digitale, qui n'est pas toute récente, et l'exploration de la mer comme nouveau terrain applicatif des outils numériques réinterrogent cette offre de formation aux métiers de la mer.

- **Les formations aux métiers de la mer intègrent de plus en plus le numérique**

Les formations aux métiers de la mer intègrent de plus en plus le numérique, suivant en cela une tendance qui touche l'enseignement de manière générale. Comme partout ailleurs, le numérique s'est imposé dans une majorité de parcours de formation, avec un recours accru aux ordinateurs, à Internet, aux équipements interactifs....

En ce qui concerne les formations destinées aux navigants, les enseignements s'appuient sur des équipements « jumeaux » de ceux dont les navires sont généralement équipés et sur des simulations performantes (simulateur de navigation, simulateur de radiocommunications, simulateur machine).

La formation à distance se développe également, notamment pour les cycles courts de formation continue. En formation initiale, l'ENSM souhaite ainsi développer, sur son centre de formation du Havre, la formation à distance durant la période d'embarquement des étudiants en 4^{ème} année, mais les moyens de communication actuels, qui restent très variables, ne permettent pas encore de le réaliser de manière optimale.

Toutefois, l'enjeu pour les établissements est de connaître les outils disponibles, de réussir à financer les équipements nécessaires et de disposer de formateurs·trices aguerris·es à leur maîtrise.

- **Le numérique fait émerger de nouveaux métiers et requiert de nouvelles spécialités**

Les acteurs de la mer et du littoral expriment de nouveaux besoins en compétences et font évoluer leurs stratégies de recrutement en conséquence. On peut ainsi citer la mécatronique navale, qui conjugue mécanique, électronique et informatique appliquée à l'industrie navale, ou la création prochaine, par la Marine nationale, d'une école de drones aéromaritimes à Lann-Bihoué¹⁸¹.

Dans la voile de course, le rôle central joué par les données fait évoluer la composition des équipes¹⁸². Les tests de recrutement intègrent désormais des jeux de traitement d'informations en situation de stress ou de fatigue. La majorité des nouveaux skippers et équipiers est aujourd'hui titulaire d'un diplôme d'ingénieur, avec des profils combinant la navigation, l'expertise technique et l'analyse de performance (science des données).

La science des données intègre progressivement la recherche en sciences marines. Les chercheurs doivent désormais acquérir une maîtrise parfaite de l'informatique, allant au-delà de l'analyse quantitative et incluant des compétences en gestion de bases de données. Leur acquisition nécessite une formation informatique et statistique dispensée dès le premier cycle, avec l'intégration de ces composantes dans les programmes d'études en sciences de la mer. Le besoin croissant de profils combinant connaissances en biodiversité marine et compétences en sciences des données a conduit par exemple à la création d'une licence bi-disciplinaire de biologie et d'informatique à Roscoff¹⁸³.

Depuis 2012, le Comité régional des pêches et des élevages marins de Bretagne accueille un géomaticien¹⁸⁴, dont le recrutement est devenu nécessaire dans le cadre de la démarche de planification des EMR et de l'évaluation des pratiques de pêche au regard des nouvelles activités (projet VALPENA). Le besoin de définir les zones de moindre contrainte vis-à-vis des pêcheurs a conduit l'organisation professionnelle à s'attacher ces compétences en analyse spatiale.

¹⁸¹ LE MARIN, interview de l'amiral C. PRAZUCK, chef d'état-major de la Marine, publiée le 18 octobre 2018.

¹⁸² Audition de Christian LE PAPE, Pôle Finistère Course au large, 13 décembre 2018.

¹⁸³ Audition d'Erwan CORRE, Station biologique de Roscoff, 10 janvier 2019.

¹⁸⁴ Selon l'ONISEP, le métier de géomaticien est à la croisée de la géographie et de l'informatique. Il exploite les données pour modéliser le territoire et intervient dans tous les secteurs qui ont besoin d'analyse spatiale.

- **Le numérique fait aussi évoluer les métiers et les formations maritimes de manière indirecte...**

Par exemple, dans les ports de plaisance, les usages relevant de l'économie collaborative, dont l'émergence a été considérablement facilitée par les outils numériques, font progressivement évoluer le métier d'agent-e de port. Initialement doté d'un profil plutôt technique, pour l'entretien et la maintenance des pontons et des bornes, les manœuvres et placements de bateaux, le métier évolue vers une activité plus commerciale (relation client, accueil et conseil, services à l'utilisateur, élaboration de contrats...)¹⁸⁵. La licence professionnelle « Nautisme et métiers de la plaisance » dispensée à l'Université de Bretagne Sud a évolué en conséquence, avec une dimension commerciale accrue.

Comme on l'a vu plus haut¹⁸⁶, l'intégration du numérique dans les musées, CCSTI et sites de valorisation du patrimoine entraîne aussi une évolution des métiers de médiation.

2. L'anticipation des besoins de formations au regard du développement du numérique

Dans son étude de 2015 sur les formations aux métiers de la mer¹⁸⁷, le CESER attirait l'attention des décideurs sur les moyens qui permettront à l'offre régionale de formation de répondre au mieux aux besoins et aux évolutions de l'économie, en même temps qu'aux besoins de sécurisation des parcours et aux aspirations des personnes.

L'un de ces moyens est bien entendu l'anticipation des évolutions touchant les activités et les métiers. Être capable d'anticiper les évolutions découlant du déploiement du numérique doit aussi permettre de mettre la marine au service du développement durable.

Il existe de nombreuses études sur les effets du numérique sur l'emploi mais les emplois maritimes paraissent avoir été peu étudiés, ou ne l'ont été que partiellement. L'Observatoire paritaire, prospectif et analytique des métiers et qualifications de la métallurgie, qui s'est penché par exemple sur le secteur

¹⁸⁵ LE TELEGRAMME, article du 26 avril 2019 (cité dans la newsletter n°325 du GREF).

¹⁸⁶ Voir 7.1. Des expériences maritimes virtuelles démultipliées.

¹⁸⁷ CESER DE BRETAGNE, *Les formations aux métiers de la mer (...)* op. cit.

naval, identifie le numérique comme une thématique de formation prioritaire¹⁸⁸. Il insiste sur la nécessité de développer les compétences numériques dans les métiers de la construction navale, pour suivre la mise en œuvre des nouvelles méthodes de conception collaborative et de maintenance¹⁸⁹ et, dans un futur plus ou moins proche, dans les métiers liés à la navigation¹⁹⁰. Cette étude souligne aussi que dans les métiers de cadres en conception notamment, les profils numériques sont rares et très demandés.

L'exercice ne consiste pas à prédire les environnements de travail et les métiers futurs, mais le CESER retient quelques grandes tendances d'évolution des métiers de la mer et des besoins en compétences. Il a aussi pour objectif d'apporter des éléments de réponse face aux interrogations exprimées par la communauté maritime quant à la disparition éventuelle des spécificités des métiers de la mer dans ce nouveau contexte (niveau de risque lié au milieu d'exercice du métier, distance des centres de maintenance, isolement...).

2.1. Une frontière qui s'estompe entre les métiers exercés à terre et les métiers exercés en mer

Grâce aux progrès effectués dans la communication et la transmission d'informations entre la terre et la mer, la « frontière » entre ces environnements tend à se réduire et un nouveau partage de responsabilités se dessine. Certaines responsabilités incombant traditionnellement aux navigants sont désormais dévolues à des personnels à terre, des opérations à bord peuvent désormais s'effectuer à distance depuis un centre à terre...

Le renouvellement de la flotte et des équipements prendra un certain temps et les implications sur l'emploi seront très différentes selon le niveau d'intégration et d'autonomie des technologies, mais il est probable que la répartition entre les métiers de navigants et les métiers exercés à terre continue d'évoluer.

En effet, si les tendances actuelles se prolongent en matière de développement des opérations à distance, certains emplois de navigants pourraient être moins nombreux, par exemple dans la maintenance et la conduite des navires, ou encore les servitudes maritimes :

¹⁸⁸ OBSERVATOIRE PARITAIRE, PROSPECTIF ET ANALYTIQUE DES METIERS ET QUALIFICATIONS DE LA METALLURGIE, *Etude prospective sur le secteur naval : la construction navale, la réparation navale, la déconstruction de navires*. Septembre 2018.

¹⁸⁹ Voir 2. Concevoir et produire un navire, assurer sa maintenance.

¹⁹⁰ Voir 3. Naviguer, être marin.

- dans la Marine marchande, une tendance à la réduction des équipages est déjà constatée¹⁹¹ ;
- le nouveau navire *L'Emeraude* de la Compagnie des pêches de Saint-Malo accueille 35 marins, soit trois de moins que ses prédécesseurs, moins automatisés¹⁹² ;
- sur les nouvelles générations de FREMM de la Marine nationale, les effectifs ont déjà été divisés par deux. Toutefois, deux équipes se relayent désormais, ce qui a permis d'augmenter le nombre de jours à la mer¹⁹³.

A l'inverse, certaines opérations ou manœuvres, parmi les plus délicates ou pour lesquelles la technologie n'apporte pas encore de solution mature, justifieront le maintien d'effectifs en mer : sauvetage et secours, lutte contre les incendies, services sur les navires à passagers... Par ailleurs, il faut rappeler que les conventions internationales qui régissent la navigation prévoient encore des exigences d'effectifs minima à bord.

2.2. Une évolution vers le « marin augmenté » ?

Les métiers embarqués dépendent d'un milieu naturel en dynamique constante, et dans lequel les situations prédéterminées sont rares, d'autant que les conditions de sécurité sont aussi dépendantes des autres activités humaines en mer. Malgré la capacité toujours plus grande à modéliser l'environnement marin et à prédire ses évolutions¹⁹⁴, il subsiste toujours une part d'incertitudes. Les progrès technologiques, s'ils apportent une aide à la navigation, ne seront pas en mesure de supprimer ce caractère aléatoire.

La dimension dynamique du milieu est centrale pour le navigant. C'est ce qu'expriment les résultats de l'enquête menée sur la Marine marchande par le Centre de recherche sur les liens sociaux (CERLIS) : « *Les conditions climatiques auxquelles les navires sont exposés composeraient a priori un des générateurs de risque "physique" majeurs (...) Malgré la conception de navires toujours plus solides et plus sécuritaires, le temps joue un rôle crucial dans le bon déroulement de l'expédition maritime (...) Enfin et surtout, une mer capricieuse impacte plus ou moins fortement la condition physique et mentale des navigants : un peu*

¹⁹¹ LE MARIN, article de K. STORME, publié le 8 novembre 2018.

¹⁹² LE MARIN, article de H.- M. THOMAS, publié le 24 mai 2018.

¹⁹³ LE MARIN, article de O. MELENNEC, publié le 21 mars 2018 ; LE MARIN, article de J.-M. TANGUY, publié le 16 juillet 2018.

¹⁹⁴ Voir 1.2. Une compréhension plus systémique des milieux marins et de la biodiversité.

moins de deux répondants sur cinq déclarent que "le mal de mer" relève bien d'une des pénibilités de leur travail »¹⁹⁵. Elle affecte aussi d'autres métiers, dont l'exercice dépend des conditions de mer (dans la recherche, dans les ports, dans la conchyliculture...).

Dans la presse comme lors des auditions conduites, de nombreux acteurs insistent sur le rôle, peut-être plus important qu'ailleurs, du « ressenti » ou du « sens marin ». Selon Christian LE PAPE, directeur du Pôle Finistère Course au large, « *face aux aléas, c'est la capacité de réactivité qui distinguera le champion d'un skipper lambda* »¹⁹⁶. Pour Pierre BLANCHARD, président de l'Association française des capitaines de navires, « *le marin reste le meilleur garant de la sécurité maritime. Tout confier à l'intelligence artificielle, c'est risquer de perdre ces compétences si particulières acquises au fil de l'expérience* »¹⁹⁷.

De manière plus objective, ce « ressenti » vise un ensemble de savoir-faire et savoir-être qui se combinent dans l'exercice du métier : des capacités accrues de réactivité et d'adaptabilité dans un milieu qui évolue constamment, une vigilance de tous les instants, la solidarité entre marins, l'expérience de la navigation, l'anticipation des évolutions des conditions de mer et des réactions du navire... Si les outils numériques contribueront à sécuriser davantage l'exercice du métier pour les navigants qui continueront à être employés à bord (prévention des accidents et des chutes à la mer, réduction des délais d'intervention des secours, accès au diagnostic et aux soins à distance, réduction de la pénibilité des emplois)¹⁹⁸, ils ne bouleverseront pas l'organisation à bord et les conditions de travail, telles qu'elles sont imposées par la mer (tempêtes, marées, mal de mer, horaires fractionnés...)¹⁹⁹.

En revanche, l'exercice du métier devrait mobiliser une part croissante d'applications relevant de « l'humain augmenté ». L'augmentation des capacités pourra être physique, cognitive ou de communication²⁰⁰. Elle pourra porter sur l'amélioration ou l'amplification des sens existants (vision dans les infra-rouges ou dans le noir, vision de loin, perception des ultrasons), l'ajout de nouveaux

¹⁹⁵ A. GROVEL et J. STEVANOVIC sous la direction de M. MARUANI, *Travailler à bord des navires de la Marine marchande : étude sociologique des risques et violences physiques, psychologiques ou à caractère sexuel*, CERLIS, septembre 2017.

¹⁹⁶ Audition de Christian LE PAPE, 13 décembre 2018.

¹⁹⁷ LE MARIN, article du 31 mai 2018.

¹⁹⁸ Voir 3.3. La navigation et l'exercice du métier.

¹⁹⁹ LE MARIN, article du 8 novembre 2018.

²⁰⁰ Site du [CLARTE](#), un centre de ressources technologiques spécialisé en réalité virtuelle, réalité augmentée et technologies émergentes.

sens afin d'enrichir la perception de la réalité (vision 360°, données spatialisées...), l'augmentation des capacités physiques (force, capacités motrices, sens de l'équilibre), l'augmentation des capacités cognitives (traitement et stockage de l'information grâce à des intelligences artificielles, à l'image du « Shazam de la mer » de Thales et des « oreilles d'or digitales » de Naval Group²⁰¹).

Ces technologies semblent particulièrement pertinentes pour les métiers de navigants, par exemple dans les sous-marins, qui s'exercent dans un environnement en quatre dimensions, avec de multiples paramètres à prendre en compte. De nouveaux champs applicatifs sont à explorer dans le domaine de la « *spatialisation de l'information dans l'environnement* », qui consiste à capter le réel pour transmettre une réalité enrichie à l'opérateur²⁰². Ces applications pourraient aussi bénéficier à certains métiers dans la plongée, la construction/réparation navale, les EMR, les produits de la mer... Il ne s'agira pas d'opérer à la place de l'utilisateur, mais de lui fournir des informations et services complémentaires sur son environnement, afin qu'il puisse intervenir de la manière la plus efficace et la plus sécurisée possible.

2.3. Un rôle croissant joué par les données

L'augmentation des capacités humaines s'appuiera aussi sur les données, avec le développement de techniques telles que le *deep learning* ou la modélisation...

La part de tâches routinières et/ou chronophages assurées par l'intelligence artificielle pourrait ainsi progresser, permettant aux individus de se concentrer sur des opérations à plus forte valeur ajoutée. Toutefois, la numérisation mal maîtrisée peut aussi conduire à ce que la saisie d'informations prenne une place de plus en plus importante dans le quotidien d'opérateurs dont ce n'est pas le métier initial, au détriment parfois d'autres activités. Cette évolution ne va pas forcément dans le sens d'une amélioration des conditions de travail ou d'une évolution positive de la qualification des métiers.

²⁰¹ [Communiqué de presse](#) de Thales, 10 août 2018 ; LE MARIN, *Naval group invente les oreilles d'or digitales*, article de F. JOURDAIN, 6 juin 2019. Le projet de Naval Group est de développer un système d'intelligence artificielle de reconnaissance acoustique automatique au service des sous-marinières chargés d'analyser les sons sous les mers. Une base de données recensant tous les bruits susceptibles d'être perçus est en cours de construction.

²⁰² Audition de David LE MEUR, BookBeo, 8 novembre 2018.

En ce sens, il faut s'attendre à un renforcement des besoins en sciences des données, qui se définit comme la capacité à extraire de la connaissance depuis les données. Cette discipline se situe à la croisée des mathématiques, de l'informatique et des sciences applicatives.

3. Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?

La liste des évolutions que nous avons dressée ici est loin d'être complète mais elle donne une idée de quelques-unes des tendances dont le déploiement pourrait avoir des effets sur les métiers, les compétences et donc les besoins de formations. Il est certain que les métiers maritimes s'exerceront demain dans un environnement où le numérique aura pris une place toujours plus importante. La quantité de données produites n'aura cessé de croître et les femmes et les hommes travailleront, que ce soit à terre ou en mer, dans un océan de données.

Dans son étude de 2015, le CESER avait souligné l'importance des formations aux métiers de la mer pour soutenir la Bretagne comme grande région maritime²⁰³. Cette étude n'abordait que peu la question du numérique. Aujourd'hui, le CESER souhaite attirer l'attention sur le fait qu'il paraît indispensable, et sans doute même déterminant, **d'inscrire le numérique et la marétique comme des éléments importants des formations aux métiers de la mer, pour que l'offre proposée en Bretagne puisse conserver son positionnement et rayonner à l'international.**

De nombreuses choses se font déjà, à toutes les échelles. Le CESER propose ici quelques pistes pour aller plus loin et analyser comment le Conseil régional peut impulser ce déploiement.

Les besoins se situent à plusieurs niveaux.

1. Développer la culture numérique, un enjeu de société

Pour les métiers de la mer comme pour les autres, ce qui sera déterminant, c'est la capacité d'agir et les moyens d'adaptation des personnes dans un contexte en évolution permanente.

Dans son étude de 2017 sur la transformation numérique des entreprises, le CESER recensait des priorités que l'on peut reprendre ici :

²⁰³ CESER DE BRETAGNE, *Les formations aux métiers de la mer (...)* op. cit.

- Continuer à développer les formations aux métiers de la filière numérique (développeurs, intégrateurs web, *data scientist*, spécialistes de la sécurité des réseaux) et aux métiers situés au croisement du numérique avec d'autres domaines (*community manager*, directeur des données...) ;
- Intégrer la transformation numérique dans toutes les formations initiales et continues, avec deux dimensions, l'une technique (c'est-à-dire spécifique au métier) et l'autre de nature plus culturelle (sécurité informatique, capacité à travailler à distance et/ou en mode collaboratif, maîtrise des codes liés à l'Internet, capacité à faire évoluer ses compétences en permanence, etc.) ;
- Développer des outils de formation qui permettent de se former très régulièrement sur leur lieu de travail (MOOC²⁰⁴, *webinaires*, etc.). Il semble également pertinent de développer de tels outils à destination des formateurs.

Dans une autre de ses études, portant celle-ci sur la lutte contre l'illettrisme, le CESER soulignait aussi la nécessité de développer les formations aux compétences de base en écriture et en calcul, pour accompagner le développement du numérique dans les entreprises. Car le déploiement du numérique dans toutes les activités s'accompagne aussi du développement de l'écrit²⁰⁵.

2. Intégrer la marétique dans les formations préparant aux métiers de la mer

↳ Le CESER retient l'impératif d'**intégrer davantage le numérique, notamment dans son volet marétique, aux formations préparant aux métiers de la mer, par des modules de formations spécifiques, des programmes d'animation...** Il est important que chaque acteur maritime, tous secteurs et tous niveaux de qualification confondus, dispose d'un socle de connaissances lui permettant de s'adapter aux évolutions des métiers, ce qui implique notamment des connaissances relatives à la protection des données (personnelles et commerciales), à la cybersécurité maritime, au traitement des données relatives à la mer...

L'enjeu est de donner à chacun les clés pour comprendre les implications économiques, sociales et environnementales de la transformation numérique

²⁰⁴ Un MOOC (*massive open online course*) désigne un module de formation ou un cours en ligne ouvert à tous.

²⁰⁵ CESER DE BRETAGNE, *L'illettrisme en entreprise : l'affaire de tous*, décembre 2018.

dans le cadre de ses activités professionnelles, qu'elles soient positives ou négatives, et d'agir en conséquence, voire d'inspirer de nouveaux usages des technologies numériques (innovation d'usage).

↳ Le CESER appelle notamment à la vigilance concernant l'intégration et le développement d'équipements numériques performants dans les établissements formant aux métiers de la mer, et à leur maintien en condition opérationnelle. Il incite notamment les lycées professionnels maritimes implantés en Bretagne à faire remonter leurs besoins et les invite à saisir l'opportunité du numérique pour développer, ensemble, des outils innovants qui peuvent bénéficier aux élèves des quatre établissements. Une telle mise en réseau et une mutualisation des ressources et équipements numériques contribueraient aussi au rayonnement et à l'attractivité de ces établissements à l'échelle nationale.

↳ Le Conseil régional de Bretagne pourrait, lorsqu'il contribue à financer certaines infrastructures ou équipements destinés à un établissement, favoriser leur mise à disposition et leur mutualisation auprès d'autres établissements.

↳ Enfin, au-delà des cursus de formation initiale et en ce qui concerne notamment les métiers de navigants, la place centrale de la formation continue tout au long de la carrière de marin doit être mise à profit pour développer et actualiser les compétences numériques et marétiques, tout au long de la vie.

3. Ancrer en Bretagne des compétences exclusives sur des sujets de pointe dans le champ de la marétique

Il existe ensuite un niveau d'expertise (formations diplômantes, programmes de recherche), à cultiver sur des sujets de pointe sur lesquels la Bretagne a matière à se distinguer. Parmi les domaines d'excellence qui paraissent à promouvoir en ce sens, figurent par exemple la bio-informatique marine, la cybersécurité, l'analyse de performance dans la voile de course, l'exploitation de données satellites au service des activités maritimes...

↳ Le CESER propose de favoriser le développement de formations et de modules d'enseignement combinant sciences de la donnée et sciences applicatives marines, dans plusieurs domaines et à différents niveaux de qualification. Le territoire régional accueille un dense appareil de recherche et de formation en sciences marines, sur lequel s'appuyer en ce sens.

↳ Le développement de ces formations de haut niveau doit aller de pair avec le soutien des initiatives de recherche dans le domaine de la marétique (par exemple chaires, bourses doctorales...)²⁰⁶.

4. Faire du numérique un facteur d'attractivité pour les métiers de la mer

L'attractivité des métiers de la mer, en particulier dans les filières de la pêche et de l'aquaculture, fait partie des chantiers à engager pour mettre en œuvre la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral. Renforcer l'attractivité de ces métiers et formations doit aussi être un facteur de mixité.

Les outils numériques offrent de multiples possibilités pour attirer de nouveaux entrants et les fidéliser. De nombreuses initiatives sont engagées, telles que le Campus des industries navales, et doivent être renforcées en ce sens.

²⁰⁶ Voir 2. Soutenir la structuration d'un écosystème complet dédié à la marétique.

Cultiver en Bretagne les données relatives à la mer et ses usages

Le troisième message que le CESER souhaite affirmer est que **les données relatives à la mer et ses usages sont, et seront encore davantage demain, une ressource-clé de l'innovation dans le domaine maritime**. Mais à l'heure d'une accélération de la transformation numérique, sous l'impulsion des GAFAM et des BATX²⁰⁷, la valeur ajoutée tirée des données peut être facilement captée depuis le monde entier.

Dans cette perspective, et alors que les données seront amenées à se multiplier encore à l'avenir, l'objectif est ici de **porter un regard, du point de vue du territoire, sur les données qui concernent la mer** : de quelle nature sont ces données ? Quelles sont les perspectives économiques, sociales et environnementales liées à leur valorisation ? Comment créer et retenir en région la valeur ajoutée tirée de leur exploitation ? Quelle stratégie le territoire doit-il adopter vis-à-vis de ce « *big data maritime* » ?

1. De quelles données parle-t-on et pourquoi ?

Il est difficile d'évoquer la transformation numérique sans être confronté au sujet des « données ». Utilisé de manière générique pour l'ensemble des informations qui circulent sous format numérique, le terme couvre en réalité des éléments qui n'ont pas tous la même valeur, selon qu'il s'agit de données brutes, de données traitées ou simulées (encadré suivant).

²⁰⁷ GAFAM est l'acronyme des géants du web, à savoir Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft. BATX désigne les géants du web chinois (Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi).

Les différentes valeurs attachées à la « donnée »

↳ La « donnée brute »

C'est la donnée de base, acquise par de multiples méthodes (mesures de laboratoire, capteurs, etc.) et vecteurs (satellites, bouées, navires...), ou saisie par un opérateur. Pour être utilisable, la donnée brute doit être qualifiée et validée. Sa description s'accompagne de « métadonnées », c'est-à-dire un ensemble d'informations décrivant la donnée et le contexte de son acquisition (date, lieu, conditions, méthode...).

↳ La « donnée stockée »

Elle rejoint une base de données, c'est-à-dire « *un ensemble structuré et organisé de données, qui représente un système d'informations sélectionnées de telle sorte qu'elles puissent être consultées par des utilisateurs ou par des programmes* »²⁰⁸. Toutes les données n'ont cependant pas besoin d'être stockées et conservées.

Selon leur nature, ces bases de données peuvent être mises à disposition d'autres utilisateurs (start-up, PME, grands groupes, laboratoires de recherche...) pour être valorisées et réutilisées.

↳ La « donnée traitée »

C'est la donnée qui a fait l'objet d'une correction, d'un calcul ou d'un traitement (par exemple la modélisation ou l'analyse spatiale), c'est-à-dire qui a été transformée en information.

Il importe notamment de distinguer les données de simulation numérique produites par des logiciels, par exemple pour l'application de modèles climatiques ou économiques. Les données brutes permettent en effet de tester des modèles qui génèrent des données massives. Corrélées avec les données acquises, elles permettent de délivrer un volume de données bien supérieur et des services que les observations seules ne permettent pas de fournir. Il n'est pas nécessaire de conserver toutes ces données mais il est indispensable de décrire le modèle utilisé et d'archiver toutes les informations qui permettront de reproduire de nouvelles données. Dans le domaine maritime, ces modèles concernent principalement pour l'instant l'océanographie et la météorologie, mais devraient se développer dans d'autres secteurs d'activité (bassin d'essais numériques, simulation de foiler...).

Dans tous les domaines, la tendance est à l'accroissement exponentiel de la masse de données. Si leur coût individuel d'obtention a tendance à diminuer grâce aux progrès technologiques, les données sont de plus en plus nombreuses. Dans son étude sur la transformation numérique des entreprises de 2017²⁰⁹, le CESER indiquait que 6 PME bretonnes sur 10 déclaraient devoir faire face à une augmentation constante du volume de données numériques.

²⁰⁸ Définition du [Larousse](#) en ligne.

²⁰⁹ CESER DE BRETAGNE, *Numérique et entreprises de Bretagne : urgence et opportunités*. Janvier 2017.

Cet accroissement de la masse de données caractérise l'entrée de notre société dans l'ère du *big data*, ou des données massives. Quatre critères²¹⁰, appelés « les 4V », caractérisent le *big data* :

- le volume : grâce à l'évolution des technologies, les données brutes collectées sont considérables et en augmentation constante. Le coût global lié à leur acquisition, à leur traitement, à leur stockage et à leur mise à disposition évolue en conséquence ;
- la variété : les données sont de plus en plus hétérogènes (structurées/non structurées, texte/médias, issues de capteurs, etc.) ;
- la vitesse : les données sont de plus en plus souvent dynamiques, c'est-à-dire traitées et disponibles en temps réel, ou quasi-réel ;
- la véracité : ce critère concerne la cohérence, la fiabilité, la qualité et la prédictibilité des données.

Le monde maritime suit la tendance générale.

1.1. La richesse des données relatives à la mer et ses usages

Les premiers pas du secteur maritime dans l'ère du *big data* ont commencé avec la généralisation des données satellitaires (on parle de pétaoctets, soit un million de milliards de caractères²¹¹) puis de l'AIS²¹², avec près de 61 millions de positions transmises chaque jour par 72 000 navires²¹³. Aujourd'hui, dans la voile de course par exemple, un bateau de la catégorie Ultime peut produire jusqu'à 190 millions de données par 24 heures, soit 9,5 milliards pour un tour du monde de 50 jours²¹⁴.

Il n'existe pas de définition ni de vision intégrée des données relatives à la mer et ses usages, qui sont de nature très variée selon les sujets concernés. Schématiquement, on peut toutefois les répartir en deux catégories principales, selon la nature des informations qu'elles délivrent.

²¹⁰ Audition de Gérard LE BIHAN, Pôle Images & réseaux, 5 juillet 2018.

²¹¹ Audition de Gilbert MAUDIRE, Ifremer, 11 octobre 2018.

²¹² Présentation de S.-A. RIOU, SINAY, lors de la rencontre « *Big data et environnement : la massification des données environnementales. Quelles innovations, pour quels services et à quel prix ?* », organisée par le PMBA, le 24 avril 2019 à Dinard.

²¹³ Site de [Maritime Survey](#).

²¹⁴ Conférence Eurolarge sur l'exploitation des données dans la voile de course, organisée par Bretagne Développement Innovation le 26 juin 2018 à Lorient.

- **Les données portant sur l'environnement marin**

Principalement acquises dans le cadre de la recherche en sciences marines, ces données portent sur la compréhension des écosystèmes marins et de leurs évolutions²¹⁵. Cet objectif nécessite de coupler des paramètres variés, et donc des données hétérogènes, qui peuvent être de nature biologique, génomique, physique, chimique...

En termes d'échelle temporelle, les séries de données collectées peuvent être très anciennes, sans pour autant perdre de leur intérêt. L'Ifremer possède par exemple des séries longues, remontant à près d'un siècle²¹⁶.

Malgré les progrès technologiques, ces données restent coûteuses à acquérir et leur collecte mobilise des moyens *in situ* et *ex situ* importants, en raison des difficultés d'accès à un milieu océanique étendu et difficilement pénétrable. Les difficultés de transmission de données au sein de la colonne d'eau complexifient aussi la phase d'acquisition.

- **Les données sur les usages de la mer**

Cette seconde catégorie recouvre un **ensemble de données collectées dans le cadre d'une activité maritime**, qui sont de nature économique, réglementaire, sanitaire, douanière... Il peut s'agir d'informations sur le positionnement ou l'intensité d'une activité, la fréquentation d'un site, l'exploitation et la maintenance d'un navire ou d'une infrastructure, le prix du poisson...

Certaines de ces informations présentent une sensibilité ou un caractère de confidentialité et peuvent, de ce fait, faire l'objet d'une réglementation particulière (encadré suivant).

Par exemple, la consultation libre sur le Web des données AIS fournies par les navires²¹⁷ permet d'évaluer assez précisément leurs zones de pêche. Cette information peut être utilisée par les autres professionnels ou par des groupes de pression.

Dans la voile de course, toutes les données relatives au vent, à la position GPS, à l'attitude, aux charges pesant sur le navire, à l'état des voiles, sont exploitées et

²¹⁵ Voir 1. Connaître, surveiller et protéger les écosystèmes marins, en tenant compte de leurs interactions avec les activités humaines.

²¹⁶ Audition de Gilbert MAUDIRE, Ifremer, 11 octobre 2018.

²¹⁷ Les positions AIS sont consultables sur <https://www.marinetraffic.com>.

constituent un élément-clé de performance et de différenciation vis-à-vis des autres compétiteurs. En ce sens, si l'enjeu d'une meilleure circulation des informations est exprimé par la filière, les équipes peuvent être réticentes à partager leurs données²¹⁸.

Des données faisant l'objet d'une réglementation de plus en plus stricte...

↘ Une protection accrue des données à caractère personnel

Les « données à caractère personnel » sont visées par le règlement général sur la protection des données (RGPD), adopté par l'Union européenne en 2016 et applicable dans tous les Etats membres depuis 2018. Ce texte met à la charge des entreprises, administrations, associations, de nouvelles obligations en matière de captation et de traitement des données personnelles.

La notion de « donnée à caractère personnel » vise toute information se rapportant à une personne physique identifiée ou identifiable, directement ou non, grâce à un identifiant ou à un ou plusieurs éléments propres à son identité²¹⁹.

↘ La sécurité des systèmes d'information²²⁰

La France est le premier pays à avoir inscrit dans la loi, dès 2006, la mise en place d'un dispositif de sécurité de ses infrastructures critiques, en définissant des « secteurs d'activités d'importance vitale » (SAIV) qui ont trait à la production et à la distribution de biens ou de services jugés indispensables ou qui peuvent présenter un danger pour la population. Douze secteurs sont concernés, parmi lesquels les transports ou encore l'énergie. Dans ces secteurs, 259 « opérateurs d'importance vitale » (OIV) ont été identifiés mais leur liste nominative est confidentielle.

Avec le renforcement des menaces en matière de cybersécurité et l'intégration d'un volet dédié au sein de la loi de programmation militaire (2013)²²¹, l'Etat a engagé le renforcement de la sécurité des systèmes d'information exploités par ces opérateurs, avec des obligations en matière de formation, d'analyse des risques, d'établissement d'un plan de sécurité, d'identification des points nécessitant une protection particulière...

²¹⁸ « *Temps réel, data processing, calcul : les outils de la performance. Quels usages pour la voile de compétition ?* ». Conférence organisée dans le cadre du programme Eurolarge, le 26 juin 2018 à Lorient.

²¹⁹ www.service-public.fr

²²⁰ Site de l'[Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information](http://www.anssi.fr) (ANSSI), chargée d'accompagner les opérateurs dans la mise en œuvre de ce dispositif.

²²¹ Loi n°2013-1168 du 18 décembre 2013 relative à la programmation militaire pour les années 2014 à 2019 et portant diverses dispositions concernant la défense et la sécurité nationale.

Le dispositif a inspiré une réglementation similaire à l'échelle européenne, avec l'adoption de la directive *Network and Information Security* (dite directive NIS)²²², qui vise une liste de secteurs plus large : énergie, transports, logistique, banques, infrastructures de marchés financiers, assurances, social, emploi et formation professionnelle, santé, fourniture et distribution d'eau potable, traitement des eaux non-potables, infrastructures numériques, éducation, restauration. Elle s'adresse notamment à des « opérateurs de services essentiels » (OSE), publics ou privés, qui offrent des services essentiels au fonctionnement de la société ou de l'économie. La liste des opérateurs, qui seront soumis à des obligations d'un niveau légèrement inférieur aux OIV, est confidentielle mais près de 600 entreprises sont visées²²³.

Compte tenu de leur rôle dans l'économie, les ports français sont sans doute concernés par l'un ou l'autre de ces dispositifs, en fonction de leur importance.

1.2. Le caractère stratégique des données relatives à la mer en Bretagne

Dans son étude sur la transformation numérique des entreprises de 2017²²⁴, le CESER a montré combien les données numériques sont au cœur de nouveaux modèles économiques.

Si nous n'en sommes encore qu'au tout début en ce qui concerne les données relatives à la mer et ses usages, le *big data* et l'intelligence artificielle ouvrent des perspectives pour imaginer de nouvelles valorisations des ressources marines.

Produites généralement dans un cadre unique (par exemple la surveillance du milieu marin, le suivi d'une activité...), les données relatives à la mer et ses usages trouvent souvent des applications multiples. De ce fait, certaines données collectées aujourd'hui seront certainement à la base de nouveaux services et outils imaginés demain.

L'exemple le plus parlant est l'AIS, dont la finalité première était d'améliorer la sécurité en mer (éviter les collisions, donner aux Etats côtiers des informations sur les navires et leurs cargaisons, gérer le trafic). Aujourd'hui, ce système est à la base de services diversifiés, allant de la mesure des courants marins à

²²² Directive (UE) 2016/1148 du Parlement européen et du Conseil du 6 juillet 2016, concernant des mesures destinées à assurer un niveau élevé commun de sécurité des réseaux et des systèmes d'information dans l'Union.

²²³ LE FIGARO, *Cybersécurité : la France comptera 5 à 600 entreprises particulièrement protégées*, article du 20 juin 2019.

²²⁴ CESER DE BRETAGNE, *Numérique et entreprises de Bretagne (...)* op. cit.

l'optimisation des trajectoires des navires, en passant par la caractérisation du trafic maritime ou l'anticipation des situations d'encombrement dans les ports.

Créatrices de valeur, porteuses d'emplois et d'activités maritimes, carburant de l'innovation, sources de créativité, de modèles prédictifs et de politiques publiques maritimes plus efficaces, les données relatives à la mer et ses usages seront indispensables pour répondre aux objectifs que se sont fixés les acteurs de la Conférence régionale pour la mer et le littoral au sein de la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral (Figure 2. Les ambitions et objectifs stratégiques de la Stratégie de la Bretagne pour la mer et le littoral, en introduction).

En ce sens, **le CESER appelle à prendre conscience de l'intérêt stratégique des données relatives à la mer et ses usages pour le développement économique, social et environnemental régional. Il affirme la responsabilité des acteurs à ancrer, en Bretagne, leur chaîne de valorisation.**

2. Un positionnement-clé de la Bretagne dans le cycle de vie des données relatives à la mer et ses usages

En Bretagne, de nombreux organismes, publics et privés, collectent, traitent et/ou exploitent des données relatives à la mer et ses usages. Le territoire accueille également des concepteurs de capteurs et d'instruments développés pour la mesure, le positionnement, la transmission et le traitement de ces données, comme NKE Marine Electronics ou Neotek.

La capacité à accueillir l'ensemble de cette chaîne de valorisation des données maritimes est un atout pour le développement régional, et une opportunité à saisir.

2.1. Les acteurs en charge de l'acquisition des données relatives à la mer et ses usages

De nombreux acteurs produisent des données relatives à la mer et ses usages.

Il s'agit d'abord d'acteurs privés. Compte tenu de la diversité et de la multiplicité des activités maritimes en Bretagne, il existe une profusion de données d'ordre privé. Celles-ci peuvent présenter un caractère confidentiel, économique ou stratégique. Selon leur nature, le partage de ces données fait l'objet de différents

cas de figure : certaines d'entre elles peuvent être transmises à des autorités (les douanes, la réglementation des pêches...) ; d'autres peuvent être partagées avec les organismes de recherche ; d'autres encore font l'objet d'un accès public (par exemple, les données AIS).

De nombreux acteurs privés recueillent notamment, à des fins d'exploitation qui leur sont propres (pour les EMR et autres travaux publics, mais aussi pour les ressources biologiques), des données environnementales sur le domaine public maritime ou la zone économique exclusive (ZEE). Le modèle de mise à disposition de ces données, collectées à des fins privées sur le domaine public maritime, peut faire l'objet de réflexions. La suite de cette étude s'est toutefois concentrée sur les données publiques, c'est-à-dire acquise sur des fonds publics, car leur utilisation et leur valorisation soulèvent des enjeux d'actualité.

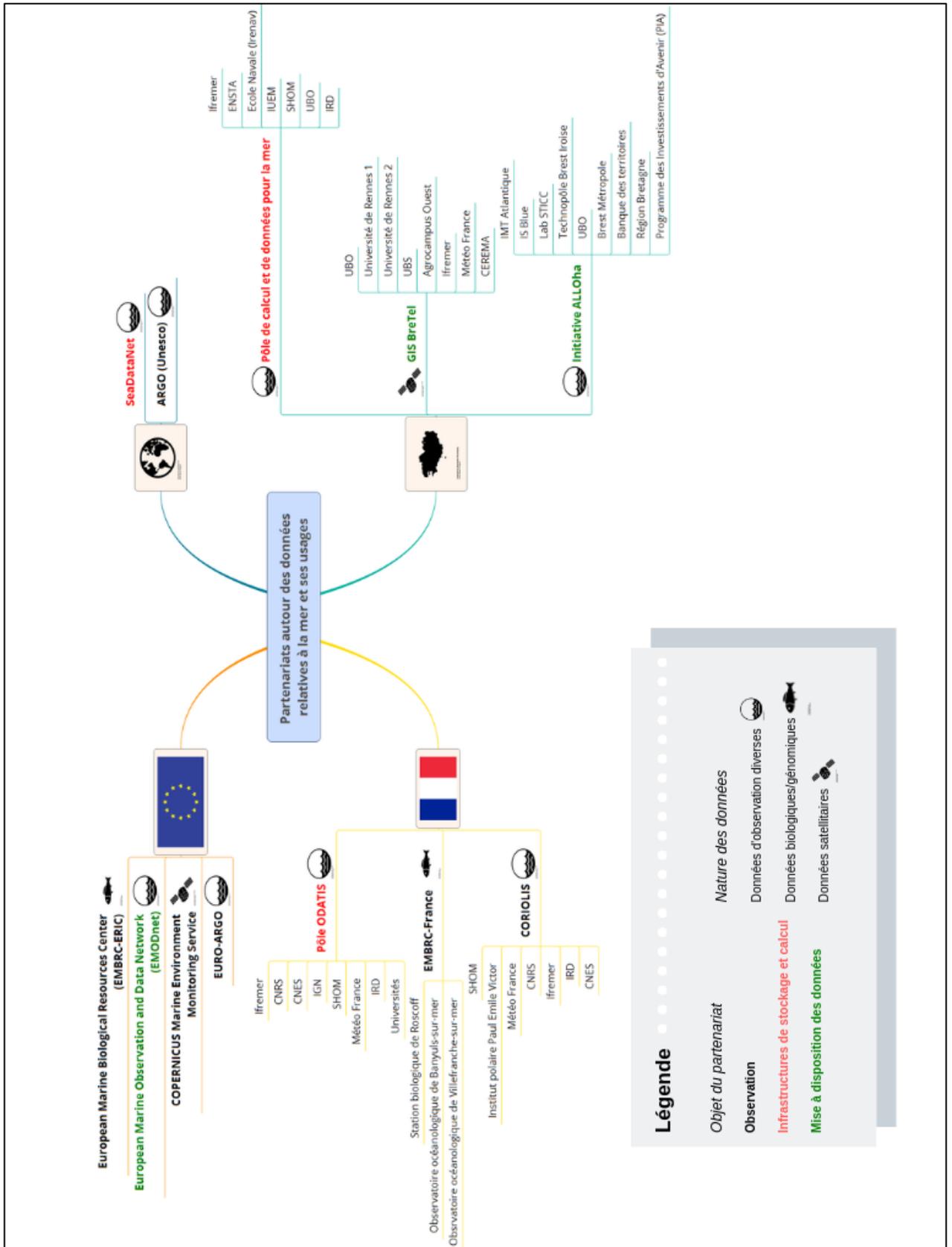
Les producteurs de données peuvent ensuite être des établissements publics ou des organismes de recherche. Il existe de nombreux réseaux européens et internationaux dédiés à l'observation et à la collecte de données sur la mer et ses usages (Figure 5), par exemple le programme Argo²²⁵.

Plusieurs établissements publics qui ont leur implantation principale en Bretagne ou, pour d'autres, y disposent d'une antenne, jouent un rôle central dans ces partenariats²²⁶. Par cette activité, ils collectent et disposent de données sur toutes les mers du globe. Ces données d'envergure nationale, voire internationale, sont ainsi collectées, exploitées et stockées en Bretagne.

²²⁵ Voir 1.1 Des sources d'observation démultipliées.

²²⁶ Agence française pour la biodiversité, Ifremer, SHOM, Observatoires des sciences de l'univers (Institut Universitaire Européen de la Mer et Station biologique de Roscoff), ainsi que les stations marines du MNHN de Concarneau et Dinard...

Figure 5. Exemples de partenariats autour des données relatives à la mer et ses usages



Source : CESER DE BRETAGNE, 2019.

2.2. Le stockage et la mise à disposition des données publiques relatives à la mer et ses usages

La gestion et le traitement des données publiques relatives à la mer s'inscrit dans un mouvement international (*open data*) en faveur d'une plus grande ouverture des informations publiques, notamment environnementales²²⁷.

Ce principe a fait son entrée dans le droit français en 2011 avec la transposition de la directive européenne INSPIRE, qui vise à établir dans la communauté européenne une infrastructure d'information géographique pour favoriser la protection de l'environnement²²⁸. Elle impose aux autorités publiques de publier sur le web leurs données environnementales géoréférencées et de les partager entre elles. Il s'agit de faciliter la conception, le suivi et l'évaluation des politiques environnementales, mais aussi de favoriser le développement de nouveaux services et applications tirées de ces données. Ces dispositions ont été complétées par la loi Valter (2015) et la loi pour une République numérique dite loi Lemaire (2016), conduisant à la création du **portail unique interministériel data.gouv.fr** et de la mission Etalab²²⁹.

Le Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (MESRI) a aussi renforcé cette tendance en 2018 avec l'adoption d'un Plan national pour la science ouverte qui vise à rendre obligatoire la diffusion ouverte des données de recherche financées par appels à projets sur fonds publics²³⁰.

Ces réglementations en matière de gestion des données ont des implications sur les politiques de stockage et de mise à disposition des données et sur les responsabilités des gestionnaires. Leur rôle se transforme, passant de la gestion « interne » de bases de données à la prestation de services numériques.

²²⁷ F. MERRIEN, M. LEOBET, M. FRANCES, *La directive Inspire pour les néophytes*, Mission de l'information géographique, version 4.5 du 12 octobre 2016.

²²⁸ Directive 2007/2/CE du Parlement européen et du Conseil du 14 mars 2007 établissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (INSPIRE).

²²⁹ Loi n°2015-1779 du 28 décembre 2015 relative à la gratuité et aux modalités de la réutilisation des informations du secteur public, dite Loi Valter ; Loi n°2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique, dite Loi Lemaire. ETALAB est une mission placée sous l'autorité du Premier ministre, chargée de la mise en œuvre du « service public de la donnée ».

²³⁰ MESRI, *Plan national pour la science ouverte*, juillet 2018.

2.2.1 Le rôle essentiel d'opérateurs publics implantés en Bretagne

Trois exemples d'opérateurs publics implantés en Bretagne et gérant des bases de données relatives à la mer et ses usages peuvent être cités. Elles comportent des données qui restent à un niveau de traitement assez proche de la donnée brute. Leur exploitation et leur interprétation supposent une capacité matérielle (logiciels, infrastructures, puissance de calcul...) et un savoir-faire.

- **L'Ifremer**²³¹

La gestion des données et de l'information marines est inscrite de longue date dans les statuts de l'institut, puisqu'à sa création en 1985, elle apparaît comme l'un de ses mandats principaux. C'est le service des systèmes d'informations scientifiques de la mer (SISMER) qui est aujourd'hui le pivot de cette activité.

L'Ifremer est labellisé « Centre national de données marines » par l'UNESCO. Il a pour mission d'opérer en continu les services de données et d'assurer la collecte, la bancarisation, la qualification, l'archivage et la diffusion des données marines. Il gère aussi le volet « environnement marin » de l'infrastructure de recherche nationale des bases dédiées à l'observation environnementale (DATA TERRA).

Ses bases de données (encadré suivant) sont principalement orientées vers la connaissance du milieu et de son évolution. Elles renseignent également sur certaines activités maritimes (pêche, conchyliculture).

Les principales bases de données gérées par l'Ifremer

- **Coriolis** : infrastructure d'observation *in situ* de l'océan dédiée à la collecte de paramètres physiques et biogéochimiques, acquis de façon systématique en temps réel ou peu différé.
- **Quadrige**² : système d'information dédié à la gestion et à la valorisation des données de l'environnement littoral et côtier (hydrologie littorale, plancton, contaminants, etc.).
- **Bigood** : base regroupant les échantillons biologiques et géologiques prélevés ou conservés par l'Ifremer, ainsi que les analyses associées.
- **Harmonie** : système d'information halieutique regroupant les statistiques de pêche, les résultats des observations, campagnes et enquêtes, les données économiques... C'est la mémoire de l'activité halieutique en France, et de son évolution.
- **CATDS/CPDC et Cersat** : centre de données destiné à archiver et traiter les données de capteurs spatiaux qui concernent la surface de la mer et les interactions air-mer.

²³¹ Audition de Gilbert MAUDIRE, Ifremer, 11 octobre 2018.

L'Ifremer propose des services différenciés, allant de l'hébergement technique des données à la gestion de bases thématiques proposant différents services (bancarisation, contrôle qualité, publication de jeux de données...). Certaines de ces bases sont accessibles depuis le *Portail des données marines*, une porte d'entrée unique destinée à faciliter l'accès aux données marines.

L'institut opère le serveur SEXTANT, une infrastructure de données géographiques marines et littorales alimentée depuis 1999 et accessible en ligne depuis 2006. Ses évolutions successives s'inscrivent dans le cadre de la mise en œuvre de la directive INSPIRE et du Grenelle de la Mer, puisque ce serveur a pour objectif de faciliter l'archivage, la consultation et la mise à disposition des données géographiques relevant du milieu marin.

- **Le Service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM)**

Le SHOM est un ancien service de la Marine nationale, devenu établissement public à caractère administratif en 2007, œuvrant pour la sécurité de la navigation et l'appui aux politiques publiques de la mer et du littoral. Il est en quelque sorte l'équivalent maritime de l'Institut Géographique National ou de Météo France, sous tutelle du ministère des armées. Ses activités se partagent entre la Défense et la fourniture de services au secteur civil (cartes marines, alertes nautiques, prévision des marées, études des fonds marins dans le cadre du zonage des EMR...).

Les données produites et gérées par le SHOM concernent la sécurité de la navigation, la bathymétrie et la réglementation. La numérisation des cartes et la résolution spatiale des données bathymétriques ont fait exploser la quantité de données stockées et mises en ligne.

Avec la transposition de la directive Inspire, le changement de posture du SHOM vis-à-vis du partage des données a été rapide : d'une institution militaire, il est devenu opérateur d'une plateforme en *open data*. En juin 2018, il a ouvert, avec le Secrétariat général de la mer, le Portail national des limites maritimes, qui met en accès libre et gratuit l'ensemble des informations sur les limites des espaces maritimes français. Il propose aussi des formations, ciblées sur l'usage des données disponibles sur sa plateforme (systèmes d'information géographique appliqués à la mer, exploitation des données Litto3D²³²).

²³² Edité par le SHOM, Litto3D permet de réaliser par laser aéroporté des relevés de relief et des mesures de profondeurs marines, offrant une connaissance précise de l'ensemble du littoral métropolitain et ultramarin.

- **La Station biologique de Roscoff**²³³

Centre de recherche et d'enseignement en biologie et écologie marines sous la tutelle du CNRS et de Sorbonne Université (Université Pierre et Marie Curie), la Station biologique de Roscoff accueille la plateforme technologique ABiMS (*Analysis and Bioinformatics for Marine Science*), chargée de l'analyse et du stockage de données marines, génomiques et d'observation. Ses activités couvrent la mise à disposition de l'infrastructure comme de l'expertise de calcul associée. Cinq services sont proposés en appui aux projets de recherche :

- Ingénierie logicielle (logiciels, création de bases de données) ;
- Analyses bio-informatique (analyse de données) ;
- E-infrastructure (cluster informatique, espace de stockage ou outils bio-informatiques) ;
- Support et soutien à l'utilisation des ressources de la plateforme (logiciels, données, etc.) ;
- Formation aux utilisateurs (méthodes bio-informatiques et formation logicielle).

600 utilisateurs sont recensés sur la plateforme, dont une majorité sont extérieurs à la station. Initialement circonscrite à la station, la communauté d'utilisateurs s'est progressivement élargie au réseau interrégional de plateformes technologiques en sciences du vivant et de l'environnement Biogenouest, au Centre national de ressources biologiques marines (EMBRC-France) et à l'Institut français de bio-informatique (IFB), ainsi qu'à l'échelle européenne, à l'*European Marine Biological Resources Center* (EMBRC-Europe) et à l'organisation intergouvernementale de bioinformatique ELIXIR²³⁴.

2.2.2 La mutualisation des infrastructures de stockage des données publiques relatives à la mer et ses usages

L'activité de recherche s'inscrit de manière croissante au sein de réseaux nationaux, européens et internationaux. Cette mise en réseau, dont le format et le niveau de formalisation varient selon les cas, est organisée par thématique ou nature des données (Figure 5, plus haut), qui restent donc relativement dispersées et sectorisées. De l'extérieur, il est difficile d'avoir une vision

²³³ Audition d'Erwan CORRE, Station biologique de Roscoff, audition du 10 janvier 2019.

²³⁴ Fondée en 2014, ELIXIR est une organisation intergouvernementale qui coordonne au sein d'une infrastructure unique différentes ressources en sciences de la vie provenant de toute l'Europe (bases de données, logiciels, matériel de formation, stockage en nuage, superordinateurs) (Source : site d'ELIXIR).

exhaustive de cette toile, même s'il existe en France une volonté de mutualisation des infrastructures et d'intégration des données et des disciplines.

On peut citer deux infrastructures numériques exclusivement dédiées aux données relatives à la mer :

- A l'échelle nationale, **Océan-ODATIS** est l'un des quatre pôles créés par les organismes de recherche (CNRS, CNES, IGN, Ifremer, Institut de recherche pour le développement, Météo France, SHOM et universités) pour une gestion coordonnée et un accès centralisé aux données satellitaires, aéroportées et *in-situ*, acquises et gérées par ces établissements²³⁵. Coordonné par l'Ifremer, sa mission est de mettre à disposition de la communauté scientifique des données, produits, logiciels, outils et services pour réaliser des études sur l'océan. Il prend en compte certaines données et produits d'observation géolocalisés relatifs à l'océan et disponibles sous forme numérique.
- A l'échelle internationale, **SEADATANET** est une infrastructure de gestion des données marines et océanographiques réunissant une centaine de centres dans 35 pays. L'objectif est de normaliser, pérenniser et faciliter l'accès à des données physiques, géophysiques, géologiques, biologiques et chimiques via un portail unique.

Dans un contexte d'accroissement des données, la question du stockage, de leur mise à disposition, mais aussi de leur traitement, se complexifie, que ce soit en termes d'échelle de gouvernance, d'aménagement du territoire ou d'impacts environnementaux liés à la consommation des serveurs. Par ailleurs, les investissements en matière de stockage de ces données publiques reposent essentiellement sur les financements dédiés à la recherche publique. L'équation s'avère difficile à résoudre, dans un contexte où ces budgets ont tendance à baisser, tandis que les besoins augmentent avec l'accroissement du volume de données. Le défi qui s'annonce est d'autant plus grand que la communauté scientifique européenne souhaite renforcer sa capacité de modélisation de l'océan. A l'horizon 2030, elle vise à disposer d'un modèle multidisciplinaire et à haute résolution de l'océan, laissant présager une croissance sans précédent des besoins de stockage.

Globalement, en matière de stockage de données (pas seulement maritimes), il existe deux tendances : le stockage local à proximité des ressources de calcul intensif et la « cloudification » des données des traitements.

²³⁵ Site du [Pôle Océan-ODATIS](#).

Certains membres de la communauté scientifique prônent le stockage des données au plus proche de leurs capacités de traitement. Considérant que les compétences et la capacité de traitement en sciences marines sont nombreuses en Bretagne, le projet DATARMOR, porté en France par les principaux acteurs en sciences marines, s'est inscrit dans cette logique (Encadré suivant).

Le projet DATARMOR²³⁶

Porté par le Pôle de calcul intensif pour la mer (PCIM), un partenariat régional d'acteurs souhaitant se doter d'un équipement de calcul scientifique commun et performant²³⁷, ce projet s'inscrit dans la continuité de l'équipement CAPARMOR.

CAPARMOR a été remplacé en juin 2017 par le supercalculateur DATARMOR, hébergé et opéré par l'Ifremer et financé dans le cadre du Contrat de plan Etat-Région Bretagne. Plus puissante, cette infrastructure présente l'originalité, par rapport aux équipements existants, de combiner la capacité de calcul intensif et de traitement et la fonction de conservation et d'archivage des données. Elle offre, au sein d'une structure informatique unique, la capacité de calculer, stocker des données et héberger des services en ligne.

A l'inverse, le *cloud computing* ou « informatique en nuage » consiste à exploiter la puissance de calcul ou de stockage de serveurs informatiques distants, par l'intermédiaire d'un réseau, généralement Internet haut débit. Cette solution est notamment proposée par les géants du web, à l'égard desquels, en l'absence d'offres alternatives satisfaisantes, existe un risque de dépendance. Cela revient à externaliser l'activité de stockage des données à une structure privée, avec toutes les questions que cela peut poser en matière de propriété des données, de sécurité et de contrôle de leur utilisation.

En matière de données marines, le *cloud* présente encore certaines contraintes techniques, puisque le débit des réseaux n'est à ce stade pas suffisant pour garantir le transfert des données dans des conditions optimales.

La communauté scientifique reste divisée sur la solution à privilégier. Le MESRI conduit par exemple une politique de rationalisation des infrastructures et services numériques au service de l'enseignement supérieur et de la recherche²³⁸, qui incite chaque région à disposer de centres de données dédiés à la recherche. Il est difficile de se projeter dans l'avenir et le positionnement de

²³⁶ Audition de Gilbert MAUDIRE, Ifremer, 11 octobre 2018.

²³⁷ Le PCIM a été mis en place en janvier 2002 par l'Ifremer, l'ENSTA, l'Irenav de l'Ecole navale, l'IUEM, le SHOM et l'UBO, rejoints ensuite par d'autres utilisateurs tels que l'IRD et soutenus par les collectivités territoriales (Région Bretagne, Conseil départemental du Finistère, Brest Métropole).

²³⁸ MESRI, *Stratégie nationale des infrastructures de recherche*, 2018.

la recherche européenne en sciences marines dépendront en partie de ces questions. Sur le plan technologique, les contraintes techniques pesant encore sur le développement du *cloud* finiront sans doute par être levées, l'enjeu étant de savoir à quel horizon la vitesse de croissance du débit des réseaux va dépasser la vitesse de croissance des données. Sur le plan stratégique, plusieurs questions se posent sur le positionnement des acteurs, en particulier de l'Union européenne, vis-à-vis du *cloud*.

2.3. La valorisation des données sur la mer : un potentiel dormant à exploiter et des applications à démultiplier

A l'ère du *big data*, l'enjeu est davantage celui de l'analyse des données que de leur collecte car pour en dégager une valeur, elles doivent faire l'objet d'une interprétation. Il ne suffit pas que la donnée brute existe, il faut qu'elle soit transformée en information.

Il y a de nombreuses applications à créer à partir des millions de téraoctets issus des observations de l'océan et de la collecte de données sur les activités maritimes. Les données sont par exemple exploitées de manière massive dans la voile de course pour des applications multiples, alors que leur utilisation n'était pas envisageable il y a une dizaine d'années.

Néanmoins, la variété des données maritimes disponibles, leurs échelles de temps variées et leur densité sont un frein à leur valorisation. Peu d'acteurs, publics ou privés, sont en capacité de combiner des données aussi diverses pour en développer des produits et applications qui répondent aux besoins du monde maritime et les structures publiques n'ont pas les moyens et la capacité d'exploiter ces données (ou ce n'est pas leur rôle).

Aujourd'hui, la création de valeur à partir des données relatives à la mer est principalement assurée par des start-up, PME, grands groupes... On peut citer plusieurs réussites (encadré suivant) mais le nombre d'entreprises et d'emplois créés reste modeste.

Quelques « success stories » liées à la valorisation des données sur la mer en Bretagne, membres du Pôle Mer Bretagne Atlantique

CLS (750 salariés sur les différents sites) a développé l'outil MAS (*Maritime awareness system*), qui agrège des données de sources multiples (AIS, VMS, images radar et optiques...) au sein d'un outil de visualisation en temps réel. Il peut être utilisé par les autorités pour la surveillance maritime (suivi du trafic, détection de comportements suspects...).

eOdyn mesure les courants de surface en analysant les données AIS émises par les navires à un instant T, sur tous les océans du globe. Cette innovation trouve des applications dans le sauvetage en mer (dérive d'un homme à la mer), la lutte contre les pollutions marines (dérive d'une nappe) et pourrait également servir à la détection de signaux AIS anormaux ou falsifiés. Pour l'instant considérés comme une anomalie, ils intéressent la sécurité maritime.

SINAY, dont le siège et le centre de calcul sont basés à Caen mais qui dispose d'une antenne à Brest, a été financée par Horizon 2020 et l'ADEME pour mettre en place une plateforme de *big data* maritime. Elle comporte plus de 6 000 jeux de données, est connectée à des milliers de bouées et bases de données (Ifremer, EMODnet...), éléments auxquels il faut ajouter les données propres des clients. Une centaine d'algorithmes est proposée, ainsi que différents outils de visualisation.

Basée à Brest, **ExWexs** fournit des prévisions météo avec une grande précision spatiale et temporelle. Elle délivre ses services (compagnies offshore, voile de course, constructeur d'énergies marines...), avec la promesse suivante : « À tel point du globe, dans 30 minutes, vous aurez des nuages de telle forme, avec tels vent et précipitations »²³⁹.

Selon les marchés visés et le profil de l'utilisateur final (professionnel, consommateur, institutionnel, etc.), les problématiques de développement peuvent être différentes mais la capacité d'accès aux données apparaît comme un facteur-clé de réussite. Dans l'exemple cité plus haut sur l'AIS, le caractère public et librement accessible des données a en effet grandement facilité leur valorisation.

Faciliter l'accès aux données à ceux qui ont la capacité de les valoriser, faciliter le développement de programmes et le passage de relais à des entreprises apparaît comme un impératif en Bretagne. L'accès aux données sous-tend en fait deux questions :

- Où peut-on avoir accès (que ce soit physiquement ou à distance par des réseaux spécialisés) aux données relatives à la mer et ses usages ?
- Comment, et selon quelles modalités, peut-on avoir accès aux données, au sens de la propriété et de leur utilisabilité ?

²³⁹ LE TELEGRAMME, « [ExWexs. La tête dans les nuages](#) », article publié le 18 mai 2017.

- **Où peut-on avoir accès, physiquement ou à distance par des réseaux spécialisés, aux données relatives à la mer et ses usages ?**

Comme on l'a vu, il existe aujourd'hui un mouvement national en faveur de l'ouverture des données produites par les organismes publics, pour favoriser leur valorisation et le développement de nouvelles applications.

Deux plateformes généralistes en *open data* proposent ainsi d'accéder à des données relatives à la mer et au littoral :

- le [portail data.gouv.fr](https://portail.data.gouv.fr), une plateforme de diffusion de données publiques, qui vise à mettre à disposition les données de référence qui présentent le plus fort impact économique et social, en vue de faciliter leur réutilisation. On y trouve par exemple un jeu de données regroupant les statistiques d'interventions d'assistance et de sauvetage coordonnées par les Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage (CROSS), soit l'équivalent de plusieurs centaines de milliers de lignes. Il renseigne, pour chaque opération coordonnée en eaux françaises, le motif d'intervention, le type et les moyens de l'alerte, le contexte météorologique et géographique, les moyens engagés, le bilan humain...
- [GéoBretagne](#), une plateforme d'échange de données conforme à la directive Inspire, inscrite dans le contrat de projets Etat-Région en Bretagne et interfacée avec diverses autres plateformes généralistes (GéoPortail) ou thématiques (portails de l'Ifremer ou du SHOM). Au 1^{er} mai 2019, elle réunissait 141 partenaires et animait une dizaine de « Pôles Métiers », des groupes thématiques créés pour favoriser la collaboration à travers la mise en cohérence et le partage de données. Il y a quelques années, la constitution d'un « Pôle métier Mer & littoral » avait été envisagée mais le projet n'a pas abouti.

Plus récemment, plusieurs initiatives spécifiques ont été lancées pour permettre aux acteurs d'accéder le plus facilement possible aux données sur la mer. Elles formalisent des « points d'entrée » uniques :

- à l'échelle nationale, un arrêté du 8 juillet 2019 a approuvé le schéma national des données sur le milieu marin, conformément à l'article R.131-34 du Code de l'environnement qui prévoyait la mise en place d'un système d'information sur le milieu marin. Ce schéma crée un portail unique d'accès aux données publiques sur le milieu marin²⁴⁰, accessible

²⁴⁰ Par la notion de « données sur le milieu marin », ce schéma vise les données utilisées pour la description et la caractérisation de l'état des écosystèmes marins et littoraux, ainsi que la caractérisation des activités et des usages, en mer et sur le littoral.

sur www.milieumarinfrance.fr. Ce système fournira différents services en réseau (consultation, téléchargement, traitement de jeux de données, *datavisualisation...*) ;

- à l'échelle régionale, on peut citer le *Portail des infrastructures et équipements de recherche*, qui propose une cartographie alimentée par le Campus mondial de la mer. On y trouve l'offre de services proposée par les acteurs des sciences et technologies de la mer du territoire. Dans la catégorie « numérique », ce portail recensait, au 28 juin 2019, 37 entités permettant l'accès aux données spatiales, données *in situ* et modélisation et 12 infrastructures de calcul scientifique²⁴¹. Le calculateur DATARMOR est par exemple accessible aux PME locales à hauteur de 20 % du temps de calcul, mais son utilisation nécessite une expertise particulière. De la même manière, le Centre de météorologie spatiale indiquait en 2018 être disposé à ouvrir ses bases de données météorologiques et à partager en temps réel les informations dont il dispose, et le cas échéant, à accueillir des start-up et utilisateurs potentiels pour mettre à leur disposition du temps de calcul²⁴².

- **Comment, et selon quelles modalités, avoir accès aux données relatives à la mer et à ses usages ?**

Au-delà de la capacité physique à accéder aux données, la problématique sous-entend aussi la question de la propriété et de leur utilisabilité.

D'une part, malgré des évolutions réglementaires promouvant l'*open data*, le partage et la mise à disposition des données publiques restent un sujet en débat au sein de la communauté scientifique. La culture de la donnée ouverte se diffuse de plus en plus largement, mais des questions restent en suspens : quel degré de traitement de la donnée brute avant qu'elle ne soit rendue publique ? Comment reconnaître une certaine « primauté » scientifique à ceux qui ont investi pour acquérir et traiter la donnée brute ? Quelle rémunération du coût d'acquisition et de prétraitement de la donnée par ceux qui pourraient l'exploitation à titre commercial ?

²⁴¹ <https://www.infras-campusmer.fr/fr/> : Les autres éléments de la catégorie « numérique » sont les équipements dédiés à l'information scientifique et technique, à savoir la bibliothèque La Pérouse et la cartographie en ligne d'Investir en Finistère, les équipements logiciels ainsi qu'un équipement de réalité virtuelle (le simulateur « Urgences en mouvement » du SUMO).

²⁴² Présentation de Sylvain LE MOAL, Centre de météorologie spatiale, lors de la journée Mer & numérique sur la sécurité et la sûreté maritimes organisée par les pôles de compétitivité à Lannion, le 8 juin 2018.

D'autre part, il y a un paradoxe : le caractère virtuel de la donnée peut laisser penser qu'il ne serait pas nécessaire de disposer de lieux physiques pour permettre aux acteurs d'exploiter la donnée. Or, la capacité à accéder aux données n'est pas toujours suffisante et doit aller de pair avec la mobilisation de compétences humaines pluridisciplinaires, pour créer de l'émulation à partir de ces données, les mettre en intelligence et leur trouver des applications. Bien souvent, la possibilité de se rencontrer au sein d'un lieu physique facilite cela.

C'est l'idée de l'*Ocean hackaton*, lancé en 2016 pour provoquer la rencontre entre fournisseurs de données et utilisateurs potentiels²⁴³. L'événement permet à des développeurs de s'emparer des données mises à disposition par les organismes publics, pour faire émerger des idées et les transformer en services accessibles et utilisables par un large public. Certaines écoles d'ingénieurs ont permis à leurs étudiants d'y participer. Progressivement, la culture du partage des données s'est diffusée et a inspiré la création de la communauté permanente ALLOha. Les services offerts à titre expérimental durant sa première année d'existence sont de la formation, des ateliers d'échange, l'accès à des données et à du temps de calcul. Ces animations ont réuni 1 300 participants, dont une proportion importante a participé à plusieurs événements²⁴⁴.

D'autres hackathons organisés sur les thématiques maritimes

- ↳ Le week-end « Mers et océans » organisé à Boulogne-sur-Mer²⁴⁵.
- ↳ Le *Fishackathon pour une pêche et une aquaculture durable* organisé en février 2018 dans plusieurs villes mondiales²⁴⁶.
- ↳ L'*Open Sea Lab* organisé à Anvers en 2017 par le Réseau européen d'observation et de données marines (EMODnet)²⁴⁷.

²⁴³ Voir 2.1 La marétique dans la politique régionale de soutien au développement économique, à l'innovation et à la recherche.

²⁴⁴ Chiffres fournis par le Campus mondial de la mer, juillet 2019.

²⁴⁵ <https://hackathon-mers-océans.fr/>

²⁴⁶ <http://fishackathon.hackernest.com/>

²⁴⁷ Ce réseau se compose d'une centaine d'organismes qui rassemblent des données marines, standardisées, interopérables entre elles et exemptes de restrictions sur l'utilisation, de manière à les rendre plus disponibles pour les utilisateurs potentiels.

3. Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?

La Bretagne dispose d'atouts évidents en la matière, car elle a l'opportunité d'ancrer sur son territoire une chaîne complète de valorisation des données maritimes. A l'avenir, son positionnement en matière d'innovation dans le domaine maritime dépendra fortement de sa capacité à exploiter au maximum les multiples données relatives à la mer et ses usages, dans une optique de développement durable.

Les organismes publics assurent un rôle essentiel en matière d'acquisition, de stockage et de mise à disposition d'un ensemble de données essentielles au développement durable régional. Cette activité est primordiale et doit être soutenue dans la durée. A leurs côtés, doivent également être soutenues les sociétés spécialisées qui souhaitent valoriser ces données pour en tirer de nouveaux services et outils au service du monde maritime.

Face aux freins qui subsistent dans l'accès aux données, les acteurs régionaux, organismes de recherche, établissements publics, financeurs, doivent saisir tous les leviers à leur disposition.

1. Définir une stratégie à long terme des infrastructures de stockage et de traitement des données de recherche en sciences marines

Destinataire : la communauté de recherche en sciences marines

Le réseau de recherche en sciences marines s'inscrit à une échelle nationale et internationale, mais il est dans le même temps très territorialisé du fait de l'implantation physique, en Bretagne, d'établissements de recherche et de compétences pluridisciplinaires d'interprétation des données relatives à la mer et ses usages.

↳ Face à l'accroissement du volume des données et à l'évolution des besoins de stockage et de mise à disposition, il y a urgence à élaborer **une stratégie à long terme des infrastructures de données de recherche en sciences marines**. Au-delà des contraintes existant encore sur le *cloud*, plusieurs arguments démontrent l'opportunité d'une telle infrastructure en Bretagne, localisée au plus proche de la communauté en sciences marines.

D'abord, l'hétérogénéité des données relatives à la mer et ses usages justifie que l'activité de stockage et de calcul puisse être localisée au plus proche de

l'expertise des gestionnaires de données et des compétences pluridisciplinaires pour les exploiter.

Ensuite, la diversité et la proximité physique des acteurs de la mer, qui pourront être les utilisateurs finaux des outils et services développés, peuvent à la fois inspirer les innovations et servir à démontrer leur pertinence, comme une vitrine avant un déploiement commercial plus large.

Dans cette perspective, des partenariats nationaux et internationaux sont à créer pour identifier les besoins et rendre le financement possible. Cela nécessite que l'ensemble des acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche et des acteurs publics en Bretagne se mobilisent conjointement en ce sens. La volonté politique de développer la marétique sera déterminante, mais ne sera efficace que si les élus parviennent à comprendre ses enjeux pour le territoire, à fédérer (au niveau régional, tout en activant des réseaux plus larges) et à convaincre (aux niveaux national et européen).

↳ Notamment, le CESER invite **le Conseil régional, en lien avec ses partenaires, à réfléchir dès à présent au futur de DATARMOR**. En la matière, les choix politiques sont vite remis en cause par les évolutions technologiques et il faut donc étudier dès à présent aux solutions pour prendre la suite de cette infrastructure combinant les fonctions de stockage, d'archivage et de calcul. Entre 2018 et 2024, l'Ifremer estime qu'une augmentation de 8 à 90 pétaoctets, soit + 50% par an, de la capacité de stockage de DATARMOR, sera nécessaire en ce qui concerne les données environnementales marines. Si l'infrastructure est amenée à prendre en charge d'autres types de données, la capacité de stockage devra être encore supérieure. Deux voies d'amélioration sont à étudier dans le cadre du prochain CPER :

- d'une part, l'augmentation des capacités de stockage de DATARMOR, pour prendre en compte l'augmentation du volume de données environnementales marines ;
- d'autre part, la création d'un service de support technique et d'interface, attaché à DATARMOR, pour accompagner les utilisateurs potentiels dans l'exploitation des données (comprendre les besoins de l'utilisateur et préparer les jeux de données en conséquence).

↳ La communauté en sciences et techniques de la mer, dont l'activité s'inscrit dans des réseaux européens et internationaux, a aussi intérêt à réfléchir à un projet de *cloud* européen, pour permettre la diffusion des données maritimes au sein d'un projet qui soit une alternative crédible face aux géants du Web. Il en va de la souveraineté de l'Union européenne et de son avenir dans la croissance bleue.

2. Impulser une politique de valorisation des données publiques relatives à la mer et ses usages

Destinataire : le Conseil régional de Bretagne

Tous les leviers d'action ne sont pas régionaux, mais nombre de régions, dont la Bretagne, réfléchissent actuellement à leur positionnement vis-à-vis des données massives qui présentent un intérêt du point de vue du développement territorial.

Considérant la place stratégique occupée par les données relatives à la mer et ses usages en Bretagne, le Conseil régional est légitime à impulser une véritable politique de valorisation de ces données publiques. Il s'agit de soutenir leur chaîne de valeur et de créer les conditions (outils de modélisation, infrastructures de calcul et de stockage, formations...) pour permettre aux acteurs régionaux de les exploiter.

Nous identifions plusieurs leviers.

↳ La première voie est de continuer à **soutenir dans le temps la collecte de données publiques sur la mer et ses usages**, qui sont à la base de toute la chaîne de valeur et seront une matière première essentielle dans l'avenir.

Il existe notamment un fort enjeu à maintenir et à développer la capacité à collecter des données environnementales sur la mer. A l'avenir, la richesse, la régularité et la temporalité des séries de données seront indispensables pour alimenter les modèles et algorithmes permettant d'atteindre les objectifs de connaissance, de préservation et de valorisation des écosystèmes.

En ce qui concerne les données produites par la recherche publique, et dans le cadre de la politique d'aide à la recherche, il y a un enjeu à soutenir l'adoption des principes FAIR²⁴⁸ auprès de tous les producteurs de données de référence sur la mer, par la labellisation ou l'inscription de ces principes au sein des conventionnements. Certaines données sont évidemment plus sensibles que d'autres, mais des réflexions sont à conduire sur le modèle de mise à disposition des données de référence sur la mer et les usages, c'est-à-dire les modalités selon lesquelles les acteurs privés peuvent avoir accès aux données acquises grâce au financement public.

²⁴⁸ Le « FAIR DATA » s'inscrit dans le mouvement de l'*open data*. La notion désigne un ensemble de données qui respectent quatre grands principes. Ces données doivent être « *Findable* », « *Accessible* », « *Interoperable* » et « *Reusable* », c'est-à-dire faciles à trouver par tous, accessibles, interopérables et réutilisables.

En tant qu'acteur public, le Conseil régional a tout intérêt à faire circuler ces données. En ce sens, la relance du projet de Pôle métier « Mer-Littoral » au sein de GéoBretagne pourrait aussi être envisagée. Le Conseil régional pourrait aussi soutenir davantage l'ouverture des données, via des clauses ou des dispositifs incitatifs intégrés aux financements octroyés dans le cadre de sa politique de soutien à la recherche (thèses, bourses...).

Le Conseil régional gagnerait également à s'appuyer davantage sur les données relatives à la mer et ses usages, comme un outil au service de la planification maritime. Ce peut être un axe de travail pour la Conférence régionale pour la mer et le littoral.

↳ La deuxième voie est **d'accompagner les initiatives et projets visant à favoriser la captation de la valeur ajoutée tirée de ces données**. Il existe notamment un enjeu particulier autour du soutien à l'activité de modélisation, qui permettra de produire plus de données qu'on ne peut en observer. Ces données permettront, demain, de créer de la valeur, mais cela requiert des compétences et des moyens de calcul intensifs fiables, qu'il faut anticiper dès aujourd'hui.

↳ Il y a enfin un soutien particulier à apporter au moment du passage de relais entre les fournisseurs de données et les utilisateurs potentiels. Si, en tant que telle, l'infrastructure dédiée au stockage, au traitement et au partage des données (préconisation précédente) est indispensable, elle ne se suffit pas à elle-même. Il faut lui associer l'expertise et certains services nécessaires pour exploiter les données. En complément, il faut **soutenir les services d'interface entre gestionnaires et utilisateurs et promouvoir des tiers-lieux, c'est-à-dire des espaces physiques destinés à rassembler chercheurs en sciences des données, chercheurs en sciences et techniques de la mer et entreprises**, pour augmenter les collaborations entre eux. Le modèle de la communauté ALLOha pourrait être pérennisé et dupliqué, avec l'aide du Conseil régional, pour constituer d'autres communautés d'intérêt, par exemple autour de la *Blue Valley* à Roscoff, ou de la *Sailing Valley*, à Lorient, Port-La-Forêt et Concarneau.

Conclusion

Ces messages et recommandations s'adressent à trois destinataires principaux :

- Les acteurs du numérique, afin qu'ils perçoivent la mer comme domaine applicatif et en saisissent toutes les facettes ;
- Les acteurs de la mer et du littoral, afin qu'ils soient parties prenantes de la marétique, qu'ils en perçoivent les opportunités et les risques ;
- Les acteurs publics, afin qu'ils perçoivent tout le potentiel de ce champ d'innovation et qu'ils soient en capacité de soutenir et d'impulser de nouveaux projets à la confluence de la mer et du numérique.

Ensemble, ils doivent se positionner et se différencier sur trois volets pour déployer la marétique en Bretagne : le soutien à la recherche et à l'innovation, l'accompagnement des organismes de formation et la gouvernance de la donnée. En tant que collectivité cheffe de file en matière de développement économique et d'aménagement du territoire, le Conseil régional de Bretagne a une responsabilité particulière et une capacité réelle à entraîner les autres acteurs, publics et privés.

Une partie des pistes d'action identifiées ici dépasse les prérogatives de l'échelon régional, mais au terme de cette étude, le CESER retient 8 priorités d'action, que le Conseil régional peut engager dès à présent pour mettre le croisement entre le milieu marin, les activités maritimes, les outils et services numériques au service du développement durable de la Bretagne et faire de la région une référence et un moteur national, et international, de la marétique.

8 priorités d'action du Conseil régional pour impulser le déploiement de la marétique en Bretagne

1. Identifier la marétique comme un champ d'innovation de la stratégie de spécialisation intelligente de la Bretagne, au service du développement durable des activités maritimes
2. Mettre en place un programme MARETIC destiné à faciliter, accompagner et valoriser les projets au croisement de la mer et du numérique
3. Entraîner l'ensemble de ses partenaires pour accompagner la structuration d'un écosystème complet dédié à la marétique
4. Soutenir l'intégration de la marétique dans les formations préparant aux métiers de la mer et accompagner les lycées professionnels maritimes dans le développement d'outils innovants
5. Cultiver des compétences exclusives dans le domaine de la marétique, en soutenant le développement de la recherche et la formation de haut niveau
6. Soutenir dans la durée la collecte de données maritimes publiques et réfléchir au futur de DATARMOR
7. Promouvoir l'ouverture et le partage des données de la recherche publique en sciences et techniques de la mer, dans le cadre de sa politique de soutien à la recherche
8. Soutenir les services d'interface entre fournisseurs et utilisateurs potentiels de données et promouvoir des tiers-lieux destinés à rassembler chercheurs en sciences des données, chercheurs en sciences et techniques de la mer et entreprises.

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes auditionnées par la section dans le cadre de ce travail. Les titres et les mandats mentionnés sont ceux des personnes au moment de leur audition.

- Philippe CARREZ** Président, Immersion Tools/SubOceana
- Erwan CORRE** Responsable du service Informatique et bioinformatique, Station biologique de Roscoff
- René GARELLO** Professeur, IMT Atlantique
- Leslie HATTON** Architecte *Smart Grids*, Bretagne Développement Innovation
- Gérard LE BIHAN** Directeur général, Pôle Images & réseaux
- David LE MEUR** Responsable commercial et export, BookBeo
- Christian LE PAPE** Directeur, Pôle Finistère Course au large
- Matthieu LE TIXERANT** Directeur, Terra Maris
- Pascal LEMESLE** Président du directoire, Bureau MAURIC
- Gilbert MAUDIRE** Directeur adjoint du département Infrastructures de recherche et systèmes d'information, Ifremer
- Juliette RIMETZ-PLANCHON** Chargée de l'organisation d'événements scientifiques, Technopôle Brest Iroise/Campus mondial de la mer
- Philippe THIEFFRY** Chef de projet EMR, *Bretagne Ocean Power*
- Yann VACHIAS** Directeur du site de Nantes, ENSM Nantes

Nous remercions aussi toutes les personnes ayant produit une contribution écrite ou apporté des informations complémentaires. Les titres et les mandats mentionnés correspondent à leur situation au moment des échanges.

- Camille BEAUQUIN-JUAREZ** Chargée de mission Excellence et Internationalisation de la recherche, Région Bretagne
- Elisabeth BONDU** Gestionnaire, Ecole doctorale des sciences de la mer/Université de Bretagne Occidentale
- Carole BOURLON** Responsable « Filière Eurolarge Innovation », Bretagne Développement Innovation
- Jean-Philippe DIGUET** Directeur de recherches, coordinateur du programme SAMM, CNRS/Université de Bretagne Sud, Lab-STICC - UMR 6285
- Clothilde DUROT** Cheffe de projet Interreg France (Manche) Angleterre VISTA-AR, Région Bretagne
- Lise GROS** Chargée de concertation et de suivi environnemental, EOLFI
- Alice GUILLEMOT** Directrice adjointe, Lycée public maritime du Guilvinec
- Éric HAZANE** Référent territorial pour la Bretagne, délégué à la sécurité numérique de la région Bretagne, Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI)
- Anouck HUBERT** Cheffe de projet ALLOha, Campus mondial de la mer
- Tiphaine LE DUC** Cheffe de projet « Filière Cybersécurité », Bretagne Développement Innovation
- Marc LEBAS** Directeur, Lycée maritime de Paimpol
- Thibaut MARREL** Coordinateur pour le secteur maritime, Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI)
- Sabrina PINCET** Cheffe de projet « Etudes et cartographie voile de compétition, EMR, *smart grids* », Bretagne Développement Innovation
- Marjorie POITEVIN** Chargée d'études, Ligue pour la protection des oiseaux
- Dominique SENNEDOT** Directeur, Campus des Industries Navales
- Arnaud SERRY** Professeur en géographie, Université du Havre
- Yves TERTRIN** Chef de division gens de mer, enseignement maritime, Direction interrégionale de la mer - Nord Atlantique Manche Ouest (DIRM NAMO)

Glossaire

- ABiMS** *Analysis and bioinformatics for marine science* - plateforme technologique de bioinformatique de la Station biologique de Roscoff
- ADEME** Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- AIS** *Automatic identification system* – Système d'identification automatique des navires
- ANSEL** Association de nettoyage au service de l'environnement et du littoral
- ANSSI** Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information
- BATX** Acronyme désignant les géants chinois du web (Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi)
- BDI** Bretagne Développement Innovation
- BEE** Bon état écologique
- BIM** *Building information modeling* - Modélisation des données du bâtiment
- CCS** *Cargo community system* – Plateforme d'échange et de gestion des flux d'informations de la chaîne portuaire
- CCSTI** Centre de culture scientifique, industrielle et technique
- CDPMEM** Comité départemental des pêches maritimes et des élevages marins
- CEFCM** Centre européen de formation continue maritime
- CEPS** Centre d'étude et de pratique de la survie
- CERLIS** Centre de recherche sur les liens sociaux
- CNES** Centre national d'études spatiales
- CNET** Centre national d'études des télécommunications
- CNRS** Centre national de la recherche scientifique
- COSPACE** Comité de concertation Etat-Industrie sur l'espace

- CROSS** Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage
- DAS** Domaine d'actions stratégiques du Pôle Mer Bretagne Atlantique
- DCE** Directive cadre sur l'eau
- DCSMM** Directive cadre « Stratégie pour le milieu marin »
- DIS** Domaine d'innovation stratégique de la stratégie de spécialisation intelligente du Conseil régional de Bretagne
- EMBRC** *European marine biological resources center* - Centre national de ressources biologiques marines
- EMR** Energies marines renouvelables
- ENIM** Établissement national des invalides de la marine
- ENSM** Ecole nationale supérieure maritime
- ENSTA** École nationale supérieure de techniques avancées
- ETI** Entreprise de taille intermédiaire
- FEAMP** Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche
- FMC** *Fishing monitoring center* – Centre de contrôle des pêches
- FREMM** Frégate multi-missions
- FUI** Fonds unique interministériel
- GAFAM** Acronyme désignant les géants américains du web (Google, Apple, Facebook, Amazone, Microsoft)
- GIE** Groupement d'intérêt économique
- GIEC** Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
- GPS** Géopositionnement par satellite
- GPU** *Graphics processing unit* - Processeur graphique
- IFB** Institut français de bio-informatique
- IFOPSE** Institut de formation à la prévention et à la sécurité
- IGN** Institut national de l'information géographique et forestière
- IMP** Institut maritime de prévention

IMT Atlantique	École nationale supérieure Mines-Télécom Atlantique Bretagne-Pays de la Loire
IUEM	Institut universitaire européen de la mer
MESRI	Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation
MNHN	Muséum national d'histoire naturelle
MOOC	<i>Massive open online course</i> – cours en ligne ouvert
OIV	Opérateurs d'importance vitale
OMI	Organisation maritime internationale
OSE	Opérateur de services essentiels
PCIM	Pôle de calcul intensif pour la mer
PCS	<i>Port community system</i> – Système d'informations de la chaîne portuaire et logistique
PMBA	Pôle Mer Bretagne Atlantique
RGPD	Règlement général sur la protection des données
SAIV	Secteur d'activités d'importance vitale
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la Marine
SNSM	Société nationale de sauvetage en mer
SRADDET	Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires
STIC	Sciences et technologies de l'information et de la communication
UBO	Université de Bretagne Occidentale
VMS	<i>Vessel monitoring system</i> – Système d'informations pour le contrôle des pêches

Table des matières

Introduction	1
1. Du lien entre mer, télécommunications, numérique... et « marétique »	1
2. La notion de « marétique » et son actualité	3
3. Pourquoi s'intéresser à la marétique en Bretagne ?	6
4. La démarche du CESER	10

Chapitre 1	15
La marétique, une réalité en Bretagne	15

1. Connaître, surveiller et protéger les écosystèmes marins, en tenant compte de leurs interactions avec les activités humaines	17
1.1. Des sources d'observation démultipliées	17
1.2. Une compréhension plus systémique des milieux marins et de la biodiversité	21
1.3. Une meilleure maîtrise des pressions sur les écosystèmes marins	24
2. Concevoir et produire un navire, assurer sa maintenance	27
2.1. La conception du navire : vers le jumeau numérique ?	27
2.2. Une chaîne de production du navire plus automatisée ?	29
2.3. L'exploitation du navire	30
2.4. La maintenance du navire : vers des activités opérées à distance	34
3. Naviguer, être marin	35
3.1. La formation	35
3.2. Une vie à bord qui se rapproche de la vie à terre	36
3.3. La navigation et l'exercice du métier	38
4. Exploiter et consommer les ressources marines alimentaires	44
4.1. Le suivi des activités de production	44
4.2. L'évolution de la chaîne de commercialisation des produits de la mer	47
4.2.1 La criée, une « place de marché dématérialisée »	47
4.2.2 De nouveaux modes d'accès aux marchés s'appuyant sur le numérique	48
5. Renforcer et gérer les flux de personnes et de biens à l'interface entre la terre et la mer	51
5.1. Une interface portuaire optimisée/fiabilisée	51
5.2. Des séjours et prestations personnalisées à l'interface entre la terre et la mer	55

5.2.1	La transformation numérique dans le secteur du tourisme	55
5.2.2	Une « explosion » du nombre de prestataires d'activités nautiques en ligne	59
6.	Produire et distribuer des énergies marines renouvelables	61
6.1.	L'identification et le choix du site	61
6.2.	Une conception du système de production appuyée sur la modélisation	63
6.3.	De la construction à l'installation des machines : une chaîne plus fluide	64
6.4.	L'exploitation des machines : optimiser la production et la distribution d'énergie	64
6.5.	La maintenance des machines	66
7.	Pratiquer la mer, expliquer et transmettre la culture maritime	67
7.1.	Des expériences maritimes virtuelles démultipliées	67
7.2.	Une pratique de la mer accessible au plus grand nombre	70
7.3.	L'accès à l'information sur la mer, pour agir en tant que « SEA-toyen » ?	71
	Conclusion du chapitre 1	73

Chapitre 2	75
Multiplier les croisements entre mer et numérique en Bretagne	75

1.	Se rencontrer pour stimuler l'innovation au croisement de la mer et du numérique	75
2.	Les politiques publiques en Bretagne, facilitatrices du croisement entre mer et numérique	76
2.1.	La marétique dans la politique régionale de soutien au développement économique, à l'innovation et à la recherche	77
2.2.	La marétique dans la mise en œuvre du Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche	84
2.3.	La marétique dans la politique de valorisation du patrimoine du Conseil régional de Bretagne	85
3.	La marétique dans d'autres régions	86
4.	Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?	87

Chapitre 3	93
Former à la marétique en Bretagne	93

1.	Des formations préparant aux métiers de la mer en Bretagne qui évoluent avec le numérique	94
2.	L'anticipation des besoins de formations au regard du développement du numérique	97
2.1.	Une frontière qui s'estompe entre les métiers exercés à terre et les métiers exercés en mer	98
2.2.	Une évolution vers le « marin augmenté » ?	99
2.3.	Un rôle croissant joué par les données	101
3.	Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?	102

Chapitre 4	107
Cultiver en Bretagne les données relatives à la mer et ses usages	107
1. De quelles données parle-t-on et pourquoi ?	107
1.1. La richesse des données relatives à la mer et ses usages	109
1.2. Le caractère stratégique des données relatives à la mer en Bretagne	112
2. Un positionnement-clé de la Bretagne dans le cycle de vie des données relatives à la mer et ses usages	113
2.1. Les acteurs en charge de l'acquisition des données relatives à la mer et ses usages	113
2.2. Le stockage et la mise à disposition des données publiques relatives à la mer et ses usages	116
2.2.1 Le rôle essentiel d'opérateurs publics implantés en Bretagne	117
2.2.2 La mutualisation des infrastructures de stockage des données publiques relatives à la mer et ses usages	119
2.3. La valorisation des données sur la mer : un potentiel dormant à exploiter et des applications à démultiplier	122
3. Quelles sont les pistes d'action et les préconisations du CESER pour aller plus loin ?	127
Conclusion	131
Remerciements	133
Glossaire	135
Table des matières	139

Avez-vous déjà entendu parler de « marétique » ? Apparue en 2010 pour désigner l'application au domaine marin des outils et services numériques, la notion est restée dans l'ombre, moins médiatisée que d'autres domaines applicatifs du numérique... La marétique est pourtant déjà une réalité en Bretagne : de nombreuses opportunités ont été saisies, faisant naître des compétences nouvelles et des champs d'expertises originaux.

Le CESER en propose ici une approche nouvelle et globale, il révèle ses multiples facettes et les opportunités à saisir. Il invite l'ensemble des acteurs régionaux à se l'approprier, à l'explorer et à la déployer au service des activités maritimes en Bretagne.

Au terme de cette étude, il incite à explorer davantage ce large champ d'innovation et s'interroge sur les écueils à éviter, les précautions à prendre, et plus généralement les conditions dans lesquelles la marétique pourra bénéficier au plus grand nombre. Il retient trois recommandations, assorties de pistes d'actions à l'attention des acteurs régionaux, pour mettre le croisement entre mer et numérique au service du développement durable de la Bretagne, et faire de la région une référence et un moteur national, et international, de la marétique.

CESER / BRETAGNE / MARÉTIQUE / MER / NUMÉRIQUE / INNOVATION

Les rapports du CESER peuvent être :

- Téléchargés sur le site Internet
- Envoyés gratuitement sur demande
- Présentés publiquement sur demande



CESER
Conseil économique, social
et environnemental régional

7 rue du Général Guillaudot – CS 26918 – 35 069 Rennes Cedex
T. 02 99 87 18 75 • contact@ceser.bretagne.bzh
🐦 twitter.com/ceserbretagne • ceser.bretagne.bzh