
PROGRAMME PRIORITAIRE DE RECHERCHE OCÉAN & CLIMAT 2021 – 2027

UN OCÉAN DE SOLUTIONS



2021 2030 Decenio de las Naciones Unidas
de las Ciencias Oceánicas
para el Desarrollo Sostenible

TABLE DES MATIÈRES

5 ENJEUX ET CONTEXTE

- | | |
|--------------------|--|
| 17 DÉFI N°1 | Prévoir les impacts des phénomènes extrêmes liés au changement climatique en outremer pour guider les politiques territoriales |
| 20 DÉFI N°2 | Intensifier les recherches dans des océans polaires en pleine mutation et aux enjeux géostratégiques majeurs |
| 22 DÉFI N°3 | Améliorer la protection et la résilience des milieux marins par le développement de nouvelles approches intégratives de gestion |
| 25 DÉFI N°4 | Exploiter durablement les ressources de l'océan en s'appuyant sur la science de la durabilité |
| 28 DÉFI N°5 | Caractériser l'exposome océanique pour protéger les écosystèmes marins |
| 30 DÉFI N°6 | Transversal : Développer des programmes d'observation et de modélisation innovants, pluridisciplinaires, multi-paramètres, multi-échelles et multi-acteurs, en accompagnement des défis identifiés |
| 33 DÉFI N°7 | Transversal : Partager avec le grand public la découverte de l'Océan et les enjeux sociétaux associés |
-

37 GOUVERNANCE DU PPR

39 ANIMATION DU PPR

41 MISE EN ŒUVRE OPÉRATIONNELLE DU PPR

- | | |
|-------------------|--|
| 43 ANNEXES | 45 Annexe 1: Paysage international des sciences océaniques |
| | 52 Annexe 2: Les principales infrastructures de recherche océaniques auxquelles la France contribue |
| | 63 Annexe 3: Articulation entre les défis du PPR et les défis de la décennie pour les sciences océaniques au service du développement durable |
| | 55 Annexe 4: Composition du Conseil Scientifique |
-

ENJEUX & CONTEXTE

L'océan recouvre 71 % des 510 millions de km² de notre planète. Il joue un rôle crucial dans la régulation du climat et est un formidable réservoir de ressources biologiques, énergétiques et minérales. Essentiel pour l'alimentation et la santé humaine, il permet depuis toujours la communication entre les peuples et le transport des biens à travers la planète : près de 30% de la population mondiale vit ainsi dans une bande littorale de moins de 100 km de large, ce qui entraîne une très forte pression sur les écosystèmes littoraux et côtiers, pression appelée à croître puisque les projections démographiques prévoient que cette proportion atteigne 75 % d'ici 2035, et 80 % en 2050. L'océan est au cœur des enjeux du développement durable. Sa préservation nécessite la production et le partage de connaissances scientifiques spécifiques, aux échelles globale et locale, aisément transférables non seulement vers les structures en charge de sa gestion et de sa gouvernance, mais aussi vers les entreprises, la société civile et vers le grand public.

L'océan, par sa capacité à piéger le dioxyde de carbone, joue un rôle majeur dans la régulation du climat. Il est aussi une source d'oxygène, *via* la photosynthèse, plus importante que celle de toutes les forêts de la planète. Il contribue, d'après l'OCDE, à la richesse mondiale à hauteur de 2,5 % (1500 milliards de dollars US). À tous ces titres, sa préservation est essentielle pour l'humanité toute entière et il représente donc un « bien commun », tant pour ses riverains que pour l'ensemble des habitants de la planète.

L'océan reste un **monde encore mal connu**, avec un volume de 1370 millions de km³ et une surface de 360 millions de km² dont seulement quelques pourcents sont cartographiés avec précision. Seules 270 000 espèces marines sont identifiées sur un total de plusieurs millions. L'océan

présente pourtant un énorme potentiel pour stimuler la croissance économique, l'emploi et l'innovation (rapport de l'OCDE, *L'économie de la mer en 2030*). L'identification de nouvelles bio-ressources marines est une source d'innovations majeures. La compréhension des mécanismes évolutifs et adaptatifs du vivant permettra, à terme, de prédire l'état de la biodiversité marine ainsi que la pérennité des services qu'elle soutient. Mais l'effort de recherche actuel sur l'océan représente moins de 4 % de l'effort déployé dans l'ensemble des sciences (*Global Ocean Science Report*, UNESCO – COI, 2020, <https://en.unesco.org/gosr>).

L'océan **est aujourd'hui gravement menacé**. Les principaux dangers qui pèsent sur lui sont les effets du réchauffement climatique (avec ses conséquences en termes d'intensification des événements extrêmes, d'acidification, de désoxygénation, de montée du niveau de la mer, de disparition d'écosystèmes), la pollution (par les substances chimiques, les déchets dont les plastiques, la pollution sonore...), la surexploitation de ses ressources, la dégradation et la destruction des habitats marins. À l'échelle globale de la planète, le récent rapport de l'IPBES (2019) pointe, en particulier, la pêche et les usages de l'océan comme les vecteurs principaux de la perte de biodiversité et de l'altération des services écosystémiques. Renforcer les recherches sur l'océan est donc un enjeu majeur, pour mieux caractériser son état actuel, comprendre et anticiper les réponses aux perturbations notamment climatiques, et développer sa gestion durable dans le respect de sa biodiversité.

Plusieurs études prospectives concernant les sciences océaniques ont été menées, à l'échelle nationale (groupe thématique de l'alliance AllEnvi, prospectives des organismes de recherche, prospectives plus ciblées sur des territoires, des écosystèmes

spécifiques ou des ressources), à l'échelle européenne (*JPI Ocean, European Marine Board...*) et mondiale (UNESCO ; *UN World Ocean Assessment ; think tanks*, plateformes et agences, tels que ICSU, *Future Earth, Belmont Forum, GIEC, IPBES...*). Les enjeux associés à l'océan et à son évolution sont donc bien documentés et il faut désormais focaliser les recherches sur les verrous scientifiques qui restent à lever pour concevoir et expérimenter des solutions efficaces permettant la préservation de l'océan et son exploitation durable. De même, il faudra veiller au partage des connaissances et des capacités entre tous les acteurs et pays concernés.

C'est dans ce contexte que l'Europe a lancé la *Mission Starfish 2030 : Restore our Ocean and Waters* proposée, dans le cadre d'Horizon Europe, par le *Mission Board on Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters* et que les Nations Unies ont lancé la décennie des sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030).

POSITION FRANÇAISE

La France a une situation particulière vis-à-vis de l'océan : présente dans la plupart des mers du globe et à toutes les latitudes (Atlantique, Manche, Mer du Nord, Méditerranée, Océan Pacifique, Océan Indien, Caraïbes, Antarctique), avec 11 millions de km² sous souveraineté ou juridiction nationale (dont 97 % situés Outre-mer), c'est le 2^e État en termes de zone économique exclusive marine, juste après les États-Unis et assez loin devant l'Australie. L'océan est donc porteur d'enjeux forts pour la France en termes de préservation des écosystèmes, de ressources (biologiques, minérales, énergétiques) et de durabilité des activités économiques associées, mais aussi en termes de géostratégie, de souveraineté et de diplomatie.

Dans ce contexte, la recherche française en sciences marines a un rôle important à jouer pour anticiper les modifications de l'océan liés aux changements globaux en cours, pour proposer des solutions scientifiquement valides d'atténuation, d'adaptation et de développement durable et pour éclairer les décideurs. La stratégie proposée par les acteurs français de l'enseignement supérieur et de la recherche est de s'appuyer sur les compétences développées dans leurs laboratoires pour contribuer à la connaissance de l'océan et au transfert vers les décideurs, les gestionnaires et les entreprises, et pour favoriser l'adaptation des sociétés aux modifications profondes que subit l'océan.

COMMUNAUTÉ FRANÇAISE DE RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES MARINES

- la restauration et l'ingénierie écologique marines ;
- la modélisation, la gestion et la gouvernance des systèmes socio-écologiques ;
- le droit et l'économie maritimes ;
- le génie maritime et les technologies marines.

La France a une implication en recherche remarquable dans de nombreux domaines intéressant l'océan, mais avec des approches encore fragmentées entre disciplines comme entre laboratoires et entre organismes. Les compétences reconnues s'inscrivent dans plusieurs domaines :

- l'océanographie physique, chimique et biogéochimique ;
- l'étude des interfaces océan-atmosphère, océan-lithosphère et le continuum terre-mer, incluant les interactions eau/sédiment ;
- le développement de modèles océaniques et climatiques ;
- la biologie, l'écologie et l'évolution de la biodiversité marine ;

Réalisée par le Comité spécialisé pour la recherche marine, maritime et littoral (COMER) et l'Ifremer à la demande du Conseil National de la Mer et des Littoraux (CNML), la cartographie de 2020 des ressources de la recherche publique française dans le domaine des sciences et technologies marines et des thématiques investies a mis en évidence qu'avec 7000 ETP répartis dans 222 entités, cette communauté représente 4,2 % de l'effort public de recherche. Si cette ressource est majoritairement regroupée dans des entités orientées exclusivement sur une thématique maritime, force est de constater que 2000 ETP sont présents dans des entités pour lesquelles la thématique maritime est secondaire. Les chercheurs au sens « statutaire » représentent 40 % de l'effectif.

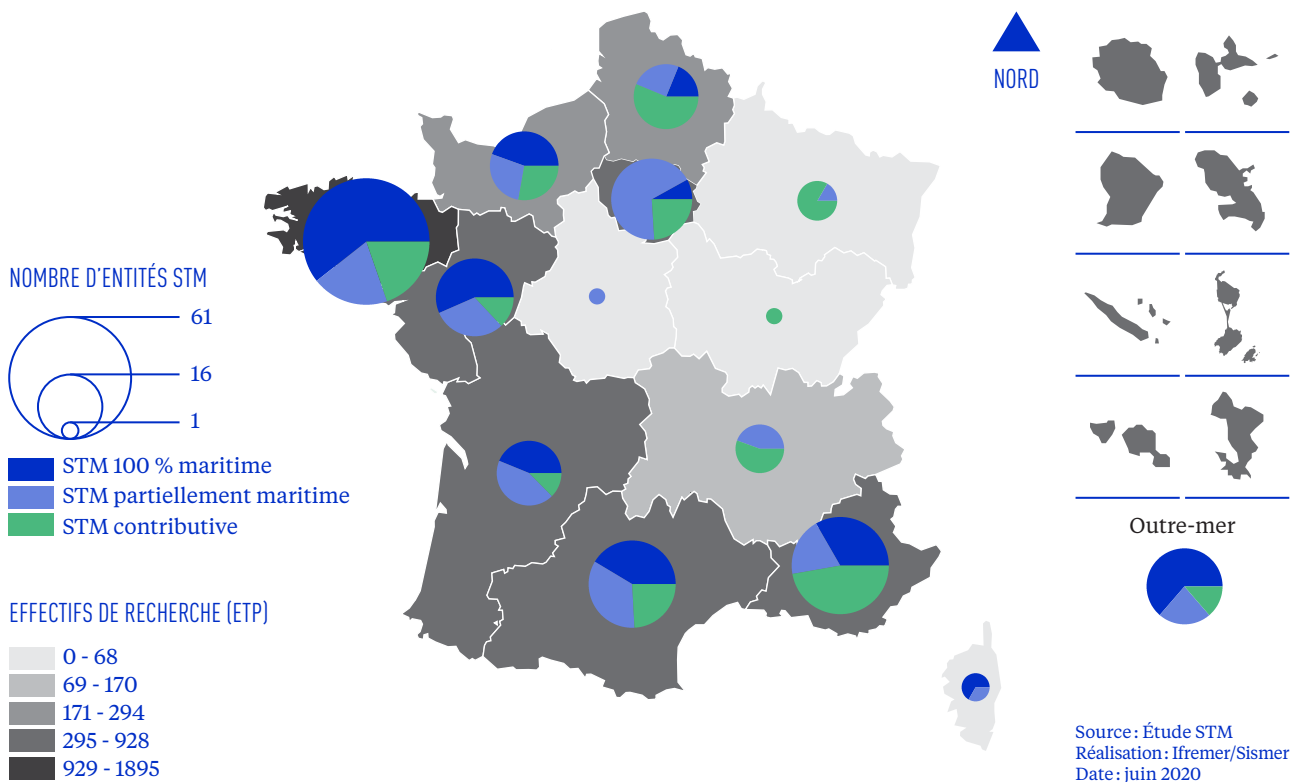


Figure 1. Répartition des entités de recherche en sciences et techniques marines et de leurs effectifs dans les différentes régions françaises en fonction du profil des entités (Étude STM, Ifremer/SISMER, juin 2020).

En termes de répartition géographique, la moitié de l'effectif s'ancre sur la façade Atlantique tandis que la Méditerranée concentre le quart des forces vives du secteur, le reste des compétences est partagé entre le littoral de la Manche-Mer du Nord, les régions parisienne et toulousaine et les outre-mers (Figure 1).

Un autre atout des équipes françaises de recherche est qu'elles déploient, grâce aux implantations ultramarines, à la flotte océanographique française et à l'IPEV, leurs activités sur l'ensemble des mers du globe, dans des environnements très variés (milieux tempérés, polaires, tropicaux et intertropicaux et conditions extrêmes des grands fonds). Elles sont aussi intégrées dans de nombreux dispositifs internationaux (IOC, IPBES, GIEC, *European Marine Board*, *European Polar Board* ; Plateforme Océan Climat) et très impliquées dans le pilotage d'infrastructures de recherche de dimension européenne, voire mondiale.

En termes de thématiques, une analyse des citations basée sur 9 catégories montre que l'environnement, la surveillance et l'observation côtière sont les thématiques principales avec ¼ des citations. Elles sont suivies par l'océanographie physique et chimique, d'une part, et la biologie marine, d'autre part. Le droit et la socio-économie arrive en 7^e position alors que les sciences de l'atmosphère et de la cryosphère ferment le classement en 9^e position. La prise en compte de ces différentes thématiques est variable en fonction des régions comme l'illustre la figure 2.

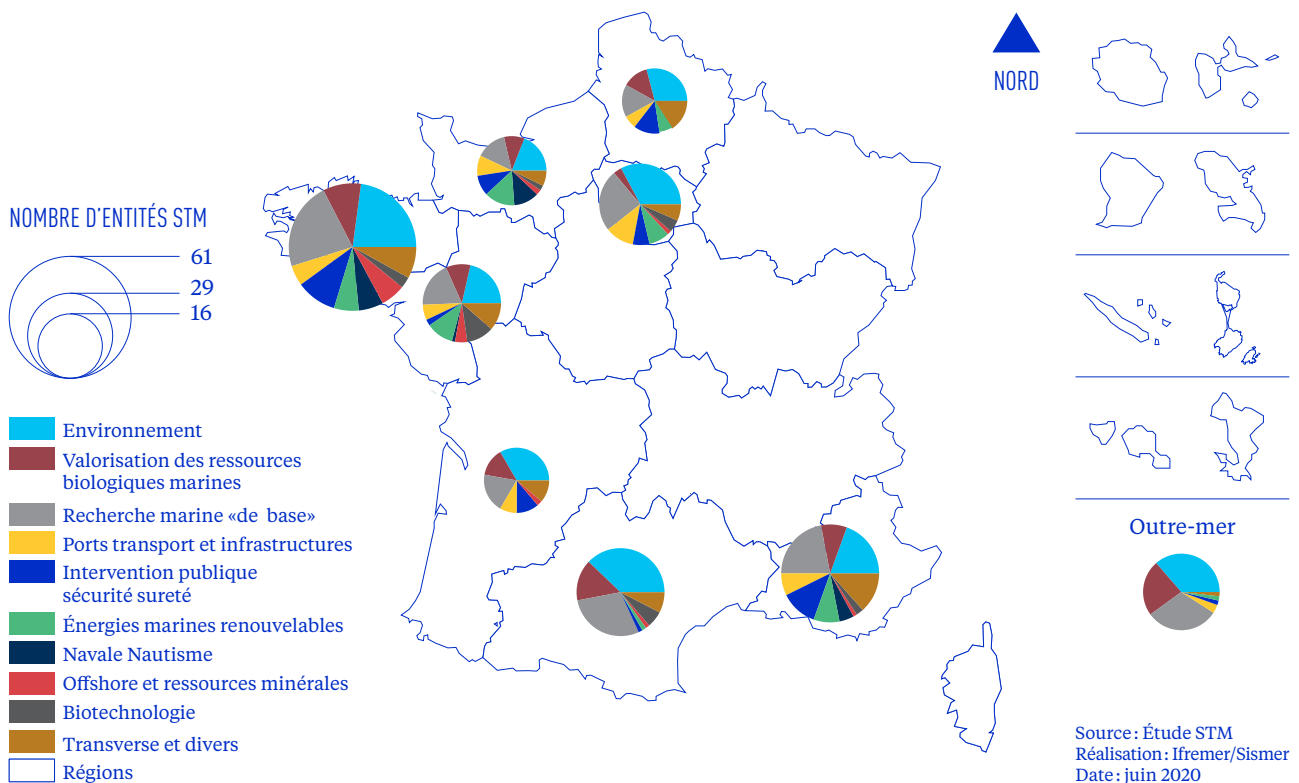


Figure 2. Répartition des thématiques de sciences et techniques marines traitées dans les différentes régions (Étude STM, Ifremer/SISMER, juin 2020).

POSITIONNEMENT INTERNATIONAL DE LA RECHERCHE FRANÇAISE EN SCIENCES MARINES

La figure 3 ci-dessous montre que la France est un des 10 pays qui publient le plus en sciences océaniques, et parmi les 3 pays d'Europe les plus actifs du domaine. Malgré ce bon score, le Global Ocean Sciences Report 2020 de l'UNESCO¹ positionne la France en 19^e position en terme de nombre de publications rapportées à un million d'habitants. Par contre, ce même rapport confirme la très forte implication des équipes françaises dans les coopérations internationales, dont le rôle essentiel en terme d'impact est souligné. En effet, les scientifiques français participent activement à de nombreux programmes européens et internationaux en sciences de la mer, tels que ceux déployés dans le cadre de la JPI Ocean (Joint Programme Initiative de la Commission Européenne) et de Future Earth (IMBeR, SOLAS, bioDISCOVERY),

1 — <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375147>

ainsi qu'à de nombreuses campagnes internationales. L'annexe 1 présente une vision synthétique du paysage international de la recherche en sciences océaniques et des priorités des principaux pays.

INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE

À l'échelle nationale, ces infrastructures sont principalement financées par le MESRI et les organismes de recherche. Certaines ont aussi bénéficié de financements du Programme Investissements d'Avenir (PIA) ou de financements régionaux. Plusieurs d'entre elles sont des composantes nationales d'infrastructures de portée européenne (financées dans le cadre de H2020, notamment de ESFRI), voire globale.

En France, le MESRI a élaboré une feuille de route des infrastructures d'observation marine *in situ* (voir en annexe 2 la description de ces infrastructures), hors TGIR flotte océanographique française : elle comprend

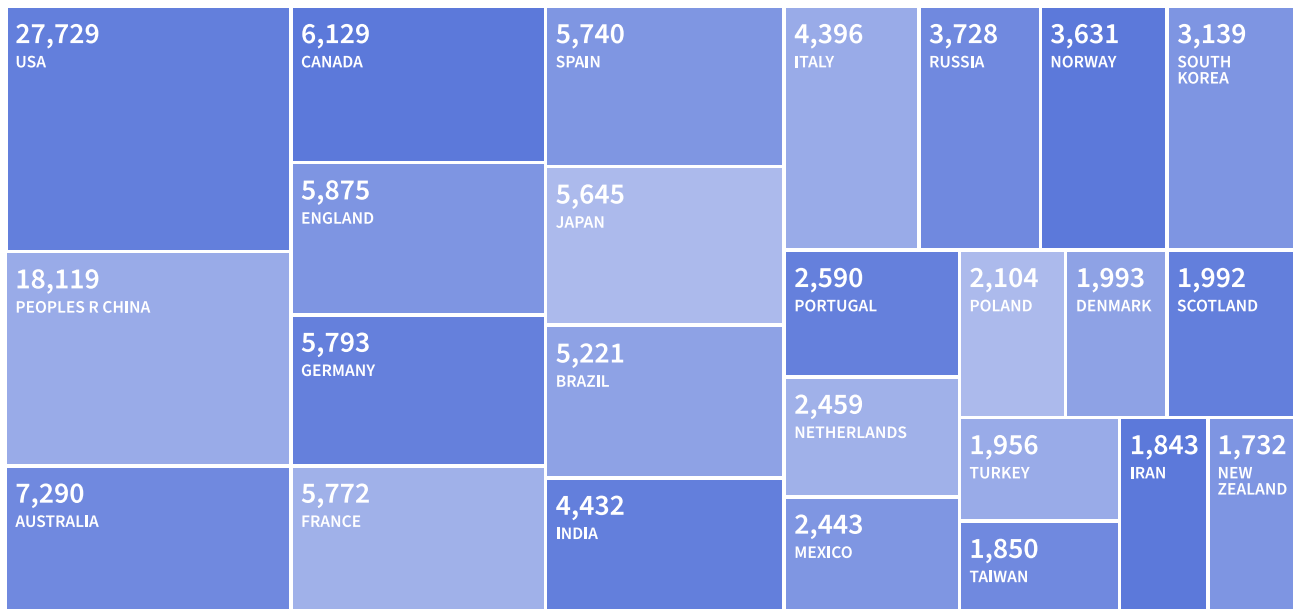


Figure 3. Ocean related publications records – 2014 – 2018 (from Web of Science).

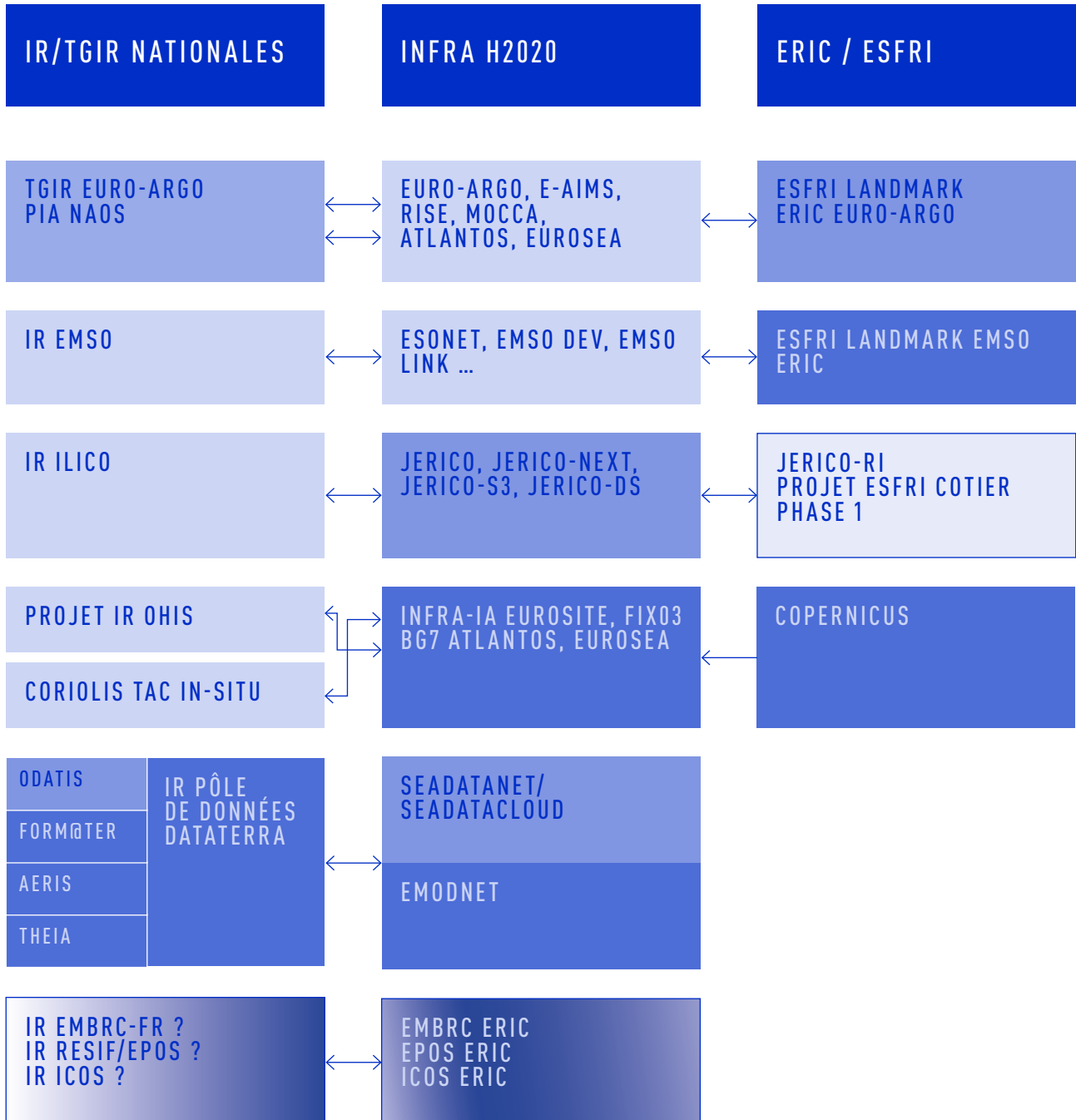
une Très Grande Infrastructure de Recherche (TGIR EURO ARGO), deux Infrastructures de Recherche (IR ILICO et EMSO) et un projet d'IR (OHIS). Le CNRS et l'Ifremer ont produit une note commune de *vision et ambition pour les infrastructures marines* en lien avec la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable : ce document propose une synergie, à terme, entre les composantes françaises des infrastructures existantes (EMSO-France, France-Euro-Argo, ILICO-JERICO) pour constituer une structure de type FrOOS (*French Ocean Observing system*) qui pourrait être le miroir du *European Ocean Observing System (EOOS)* et de *GOOS (Global Ocean Observing System)* au niveau mondial. Par ailleurs, la France participe activement à l'infrastructure ICOS (*Integrated Carbon Observation System*), qui a un volet marin important, à ECORD (*European Consortium for Ocean Research Drilling*) qui donne accès aux moyens de forage océanique profond au sein d'IODP (*International Ocean Drilling Program*), et à l'*European Research Infrastructure Consortium EMBRC (European Marine Biological Resources Centre)*, qui donne accès aux écosystèmes, aux ressources biologiques marines et à leurs moyens d'étude.

Des initiatives structurantes pilotées par des équipes françaises ont permis de créer des coopérations européennes et internationales favorisant un premier niveau de diffusion des connaissances. La France occupe ainsi une position centrale dans le domaine de l'océanographie opérationnelle en Europe au travers du *Copernicus Marine Service* piloté par *Mercator Ocean International* qui opère un service de couverture mondiale soutenant le développement d'applications et le besoin de connaissance de milliers d'abonnés à partir des données d'observations et de modèles préparés par les experts. *Mercator Océan International* se positionne aujourd'hui au niveau Européen comme fédérateur du concept de Jumeau Numérique de l'Océan, permettant l'intégration de données spatiales et *in situ* dans des modèles numériques de haute résolution.

À noter que la gestion de données d'observation *in situ* de l'océan servant à la fois les besoins de l'océanographie opérationnelle et de la recherche s'organise au niveau national et européen. Le projet inter-organismes CORIOLIS dispose d'une expérience unique en matière de base de données d'observation en temps réel de l'océan étalonnées et validées pour les besoins de l'océanographie opérationnelle, dans les domaines hauturier et côtier. De nombreuses données sur l'océan et sur les espaces côtiers sont collectées dans le cadre de missions conduites par le CNES, en partenariat avec d'autres agences spatiales (SARAL et SWOT avec la NASA pour l'océanographie physique et l'altimétrie, SMOS avec l'ESA et l'Espagne sur la salinité de l'océan, CFOSAT avec la Chine pour l'océanographie physique) et dans le cadre du programme spatial européen Copernicus dans lequel la France joue un rôle de leader dans le domaine marin avec Sentinel 3 et Sentinel 6.

Les liens avec l'IR DATA TERRA se construisent dans le cadre du pôle ODATIS (portail national de données océaniques) de cette infrastructure.

Le tableau ci-dessous montre l'articulation de ces infrastructures à l'échelle européenne.



D'UN PROGRAMME STRUCTURANT À UN PROGRAMME PRIORITAIRE DE RECHERCHE

Au vu des enjeux scientifiques, de la nature et de la complémentarité de leurs compétences, les organismes et établissements de recherche et d'enseignement supérieur français impliqués dans les sciences pour l'océan et rassemblés au sein de l'alliance AllEnvi, ont ainsi souhaité se fédérer en 2019 autour de questions de recherche prioritaires auxquelles ils sont en mesure d'apporter une contribution notable.

Le programme structurant proposé en 2019, rassemblant les thématiques identifiées comme prioritaires au niveau national dans le domaine des sciences et technologies marines, s'inscrivait résolument dans le contexte de la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030). Il se voulait être une contribution à la programmation nationale et européenne de la recherche dans le cadre de la préparation du programme-cadre Horizon Europe.

Un des objectifs principaux de ce programme structurant était d'accompagner la transition d'une recherche disciplinaire sur l'océan (physique, biologie, économie,...) vers une recherche intégrative et interdisciplinaire en capacité de répondre aux défis de la Décennie des Nations Unies et aux enjeux de la société française. Les thématiques prioritaires choisies autour de l'adaptation aux changements globaux, de préservation et d'exploitation durable ou de réduction de la pollution reflètent cette ambition de donner un cadre permettant aux différentes communautés scientifiques travaillant sur l'océan de collaborer et de se structurer pour y répondre.

Un autre objectif du programme structurant était de focaliser les thématiques de recherche sur quelques zones prioritaires sur lesquelles des enjeux forts de bouleversement climatique, de préservation des écosystèmes, d'économie durable, de souveraineté ou de diplomatie sont identifiés. L'Océan Arctique, les Outre-mer et l'océan profond avaient ainsi été identifiés comme répondant à ces critères et mis en avant au sein du programme. À noter que ce programme se focalisant sur l'anticipation des changements globaux d'origine anthropique impactant les océans (changements climatiques, exploitation, pollutions, espèces invasives), les géosciences relatives à la tectonique ou à la sismologie ne sont pas inclus dans le périmètre de ce programme, de même que le littoral (aménagement, ports, estuaires,...) sauf dans sa dimension de limite de la zone côtière océanique.

Les thématiques et les zones prioritaires proposées dans ce programme structurant ont été discutées au sein des instances de gouvernance d'AllEnvi et de son GT Océan, afin que ses membres se les approprient, les amendent et identifient les moyens nécessaires à leur déploiement. Ces discussions ont été étendues au Comité National français pour la Commission Océanographique Intergouvernementale (CN-COI) de l'UNESCO dans le cadre de la décennie des sciences océaniques au service du développement durable ainsi qu'au Comité spécialisé pour la recherche marine, maritime et littorale (COMER) du Conseil national de la mer et des littoraux (CNML).

En décembre 2019, sur la base de ce programme structurant, le Président de la République a annoncé aux Assises de l'Économie de la Mer le lancement d'un Programme Prioritaire de Recherche sur l'océan dont le pilotage est confié au CNRS et à l'Ifremer. Les deux organismes se sont donc appuyés sur le programme structurant et sur le contenu de la lettre de mission qu'ils ont reçue, pour construire le PPR dont l'architecture générale ci-dessous a été

validée à l'occasion du premier comité de pilotage en septembre 2020 :

1. TROIS GRANDS OBJECTIFS

- Préviation de la réponse de l'océan au changement climatique et scénarios d'adaptation
- Exploitation durable de l'océan et préservation de sa biodiversité et de ses services écosystémiques
- Réduction de la pollution océanique : approche intégrée des stress d'origine anthropique et de leurs effets sur le milieu marin

2. UNE APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE TRANSVERSE

- L'océan à l'ère du numérique : observation, données et modélisation

3. QUATRE ZONES PRIORITAIRES

- Les territoires d'outre-mer
- L'océan profond
- Les océans polaires
- Les écosystèmes littoraux et côtiers sensibles métropolitains

4. UNE INTERFACE SCIENCE EN SOCIÉTÉ

- La « littératie océanique » pour impliquer la société civile dans la protection et la valorisation de l'océan

À partir de cette architecture, et après une analyse des grandes questions dans les 10 ans à venir concernant les quatre zones prioritaires croisées avec les trois grands objectifs, 7 défis ont été définis pour aborder les enjeux de recherche associant des questions d'économie bleue, de droit, de géostratégie, de gestion globale des socio-écosystèmes et du bien être des sociétés.

DÉFI 1

Prévoir les impacts des phénomènes extrêmes liés au changement climatique en outremer pour guider les politiques territoriales

DÉFI 2

Intensifier les recherches dans des océans polaires en pleine mutation et aux enjeux géostratégiques majeurs

DÉFI 3

Améliorer la protection et la résilience des milieux marins par le développement de nouvelles approches intégratives de gestion

DÉFI 4

Exploiter durablement les ressources de l'océan en s'appuyant sur la science de la durabilité

DÉFI 5

Caractériser l'exposome océanique pour protéger les écosystèmes marins

DÉFI 6

(transverse) : Développer des programmes d'observation et de modélisation innovants, pluridisciplinaires, multi-paramètres, multi-échelles et multi-acteurs, en accompagnement des défis identifiés

DÉFI 7

(transverse) : Partager avec le grand public la découverte de l'Océan et les enjeux sociétaux associés

Ces 7 défis doivent permettre la mise en place de projets de recherche interdisciplinaires, ambitieux et structurants et qui sont en phase avec les priorités de la décennie pour les sciences océaniques de l'UNESCO et sur lesquelles la France pourra apporter une contribution d'envergure. La figure 4 ci-dessous montre la façon dont ces défis se projettent sur les 4 zones prioritaires. Les recherches qui seront menées dans le cadre du PPR « Océan de solutions » pourront relever de plusieurs défis et/ou plusieurs zones géographiques.

Le contexte, les enjeux et les axes de recherche de ces différents défis sont décrits dans la suite du document et leur articulation avec les priorités de la décennie pour les sciences océaniques de l'UNESCO est présentée en annexe 3.

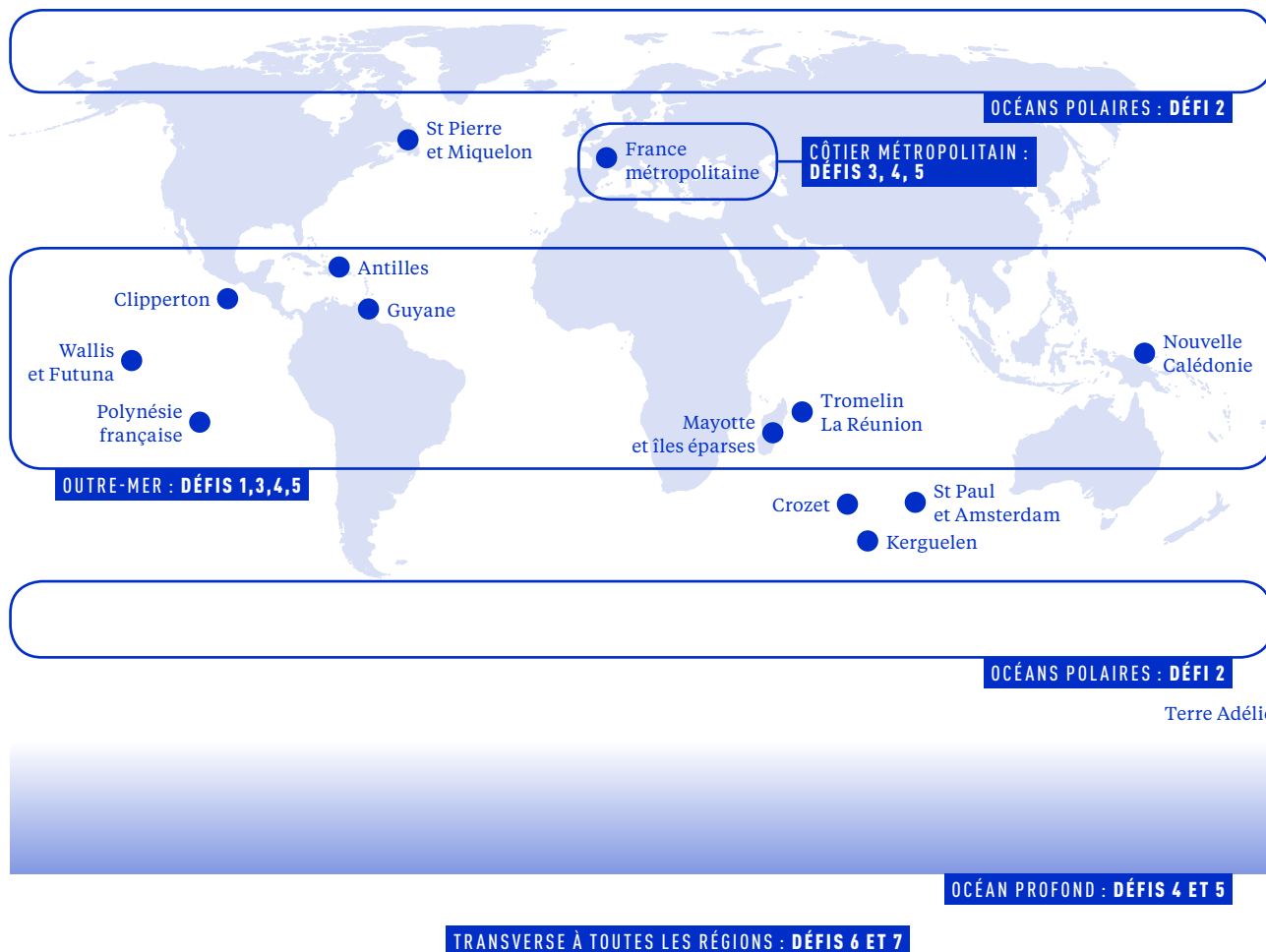


Figure 4: Projection géographique des défis sur les zones prioritaires du PPR.

SEPT DÉFIS

DÉFI 1 PRÉVOIR LES IMPACTS DES PHÉNOMÈNES EXTRÊMES LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN OUTREMER POUR GUIDER LES POLITIQUES TERRITORIALES

ENJEUX ET CONTEXTE

Dans les outremer, nous proposons un défi spécifique qui concerne la prévision et l'anticipation d'évènements extrêmes liés au changement climatique impliquant l'océan et impactant le périmètre de la zone côtière des territoires ultramarins (e.g. montée des eaux, température de l'eau, tempêtes tropicales, vagues).

Ces territoires placent la France, et par extension l'Europe, sur presque tous les océans du monde. Cette présence globale est le fondement de partenariats scientifiques et politiques d'importance stratégique pour la France et dont la préservation et le développement sont essentiels. Ils peuvent servir de support au développement de partenariats scientifiques et diplomatiques dans différentes régions du monde. Pelagos et benthos présentent des richesses spécifiques encore incomplètement décrites mais déjà reconnues comme étant parfois extraordinaires (nombre, endémisme, organisation, fonctions écologiques, ...) dans de nombreux habitats tels que les massifs coralliens, les herbiers... Et leurs ressources halieutiques, ainsi que les processus écologiques qui s'y développent, doivent être considérés comme des richesses qu'il convient de préserver au travers de gestions

intégrées incluant les impacts à venir du changement climatique.

Avec 123 000 km² (18 % des terres émergées françaises) répartis sur les 3 océans du globe et une population de 2,7 millions d'habitants, les territoires français d'outremer sont connus pour leur vulnérabilité face au changement climatique. Quasi exclusivement insulaires, ces territoires et leurs domaines maritimes associés (97 % de la ZEE française) sont soumis à des évènements climatiques extrêmes comme les ouragans, les pluies extrêmes ou les vagues de chaleur océaniques associés à la variabilité et à l'évolution de l'océan et de ses paramètres physiques. La réduction de la vulnérabilité de chacun de ces territoires face à ces risques et à leurs impacts — comme l'érosion côtière qui prend une dimension particulière du fait de l'insularité de ces territoires — impose des actions pour la résilience des écosystèmes marins mais également de larges capacités d'adaptation des sociétés humaines dont il est important d'étudier (1) la durabilité économique et sociale, et (2) les modes actuels et passés d'adaptations pour construire avec ces sociétés les moyens de se préparer aux évolutions futures.

La France possède un positionnement international fort dans le domaine des recherches océaniques en zone intertropicale avec d'une part une participation de premier plan aux réseaux d'observation comme PIRATA en Atlantique, TPOS dans le Pacifique et INDOOS dans l'océan Indien ainsi qu'au réseau global de flotteurs-profileurs ARGO, et d'autre

part une contribution majeure à la modélisation océanique de grande échelle grâce au modèle NEMO développé en France et utilisé par de nombreux pays européens. En parallèle, la France étudie et surveille depuis longtemps l'état environnemental et écologique des milieux côtiers de ses territoires ultramarins. Ce défi centré sur les événements extrêmes liés au changement climatique doit permettre de faire le lien entre les recherches de grande échelle sur la variabilité et l'évolution de l'océan et du climat, en particulier dans la zone intertropicale, et celles menées localement sur le fonctionnement et la résilience des écosystèmes marins en outremer et la préservation des services qu'ils apportent aux populations locales.

Ce défi aborde des questions importantes pour le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, le Ministère des Outre-mer, le Ministère de la mer et le Ministère de la transition écologique, ainsi que la question de la souveraineté et du rayonnement international de la France dans l'ensemble des océans. Plusieurs actions gouvernementales confortent ce défi dont trois principales :

- La Trajectoire Outre-mer 5,0 qui apporte un cadre durable à l'application des politiques publiques du Livre bleu outre-mer. Elle traduit une nouvelle manière de construire les outre-mer de demain autour de 5 objectifs dont l'objectif « zéro vulnérabilité : des territoires résilients face au changement climatique et aux risques naturels » ;
- Le Plan d'Innovation Outre-mer piloté par la Caisse des dépôts qui vient soutenir la trajectoire 5.0 pour le développement économique ;
- Les plateformes MESRI-MOM rassemblant les forces de recherche et d'innovation pour répondre aux enjeux des territoires dont la première a été ouverte à Saint-Pierre et Miquelon.

Mots-clés : outremer, phénomènes extrêmes, climat, impacts, risques, sociétés, adaptation, crise.

LES AXES DE RECHERCHE

Ce défi pourra s'articuler autour de trois axes de recherche principaux pour co-construire des recherches avec les politiques locales et les acteurs locaux de l'ESR afin de le traduire en capacité de gestion répondant aux vulnérabilités identifiées :

1. Améliorer notre connaissance des événements extrêmes liés au changement climatique, en particulier dans la zone intertropicale, (tempêtes tropicales, ouragans, vagues de chaleur océanique, montée du niveau de la mer, augmentation de la température de l'eau) et leur évolution à l'échelle décennale.

Les grandes échelles océaniques jouent un rôle central vis-à-vis de ces questions à fort impact régional, y compris pour la modélisation des phénomènes extrêmes atmosphériques qu'elles contrôlent largement.

2. Prévoir les impacts de ces événements sur les territoires ultramarins, en particulier sur les écosystèmes marins (fonctionnement, biodiversité, résilience) et le littoral sous contraintes environnementales, physiques et anthropiques. Une approche couplée interdisciplinaire est nécessaire pour aborder ces questions à des échelles régionales et locales.

3. Accompagner les acteurs locaux, y compris ceux de l'ESR, dans la définition de leurs politiques de formation et de gestion répondant aux vulnérabilités identifiées. L'appropriation sociétale des risques associés passe par la construction de « récits » (narratives en anglais) basés sur des scénarios climatiques et socio-économiques rendus ainsi accessibles aux populations concernées et aux décideurs sur leur territoire.

DÉFI 2 INTENSIFIER LES RECHERCHES DANS DES OCÉANS POLAIRES EN PLEINE MUTATION ET AUX ENJEUX GÉOSTRATÉGIQUES MAJEURS

ENJEUX ET CONTEXTE

Le 14 juin 2016, la France s'est dotée d'une Feuille de Route Nationale sur l'Arctique impliquant plusieurs ministères et ayant pour but de préciser les enjeux stratégiques pour la France dans cette région en lien notamment avec la recherche et la coopération et la protection de l'environnement marin arctique. La France est aussi signataire du Traité de l'Antarctique (1959) impliquant une coopération internationale sur ce territoire partagé pour la science. La France prendra en 2021 la présidence de ce Traité pour la première fois depuis 30 ans. Les recherches polaires, en Arctique comme en Antarctique, se font nécessairement en forte collaboration avec d'autres pays. Les recherches océaniques polaires offrent donc une belle opportunité à la communauté scientifique française de consolider la position de la France dans des coopérations internationales déjà solidement ancrées. Au cours des deux prochaines décennies, une augmentation supplémentaire de 4 à 5 °C est prévue en automne et en hiver en Arctique soit une augmentation deux fois supérieure à celle prévue pour le reste de la planète.

En conséquence de ce réchauffement, l'Océan Arctique aurait ainsi perdu environ 75 % du volume de ses glaces de mer depuis 1979 et plus de 40 % de sa couverture

estivale. La probabilité d'un océan Arctique libre de glaces en été avant la fin du siècle est relativement élevée. Associé à l'augmentation des températures, l'océan Arctique et l'océan Austral connaissent des modifications radicales de leurs propriétés hydrologiques et biogéochimiques (la distribution en eau douce, en sel et en chaleur, pH, teneur en carbone dissous...) et de leur circulation.

La situation en Antarctique se différencie de celle de l'Arctique, car marquée par 35 ans d'augmentation globale de l'étendue de la glace. Cependant les moyennes annuelles d'étendue de glace pour 2017 et 2018 sont les plus faibles de toute la période 1979-2018, effaçant ainsi la tendance précédente. Cette inversion spectaculaire des changements qui se produisent dans la glace de mer de l'Antarctique fournira des informations supplémentaires précieuses pour mieux comprendre les processus d'augmentation à long terme de la glace de mer de l'Antarctique.

Dans des écosystèmes polaires encore trop peu décrits y compris lorsque l'on s'intéresse aux cycles de la matière (Si, C, N...), l'ensemble de ces changements climatiques a de vastes conséquences sur la dynamique écologique marine polaire. En effet, la productivité et les interactions entre espèces (trophique, pathogènes nouveaux,...) peuvent perturber fortement l'endémisme (en Antarctique) et la biodiversité exceptionnels de ces territoires.

Dans ce contexte, il est crucial que les recherches futures s'intéressent simultanément aux propriétés/bouleversements

physiques des océans polaires et à la biodiversité des organismes marins, leur capacité à s'adapter aux changements, et leur rôle dans les grands cycles biogéochimiques et dans l'atténuation du changement climatique (sequestration du carbone et effet albedo).

Par ailleurs, la diminution de la banquise en Arctique ouvre la voie à une augmentation des activités humaines dans ces régions autrefois réputées inaccessibles, entraînant un usage inédit de l'espace polaire, notamment en lien avec la navigation, la pêche ou l'exploitation minière, et introduisant des perturbations additionnelles telles que la pollution chimique (incluant les microplastiques), la pollution sonore, la migration de nouvelles espèces et l'arrivée d'espèces invasives dont il nous faudra mesurer l'impact sur les écosystèmes et les populations locales afin d'établir des mesures de gestion.

Ce défi est donc l'occasion de mettre en œuvre quelques projets structurants pour regrouper des communautés de différents champs disciplinaires travaillant dans l'océan Arctique côtier et hauturier.

Mots-clés: climat, glace de mer, biodiversité, circulation océanique, biogéochimie, services écosystémiques, pollutions, continuum terre-mer, socio-écosystèmes.

LES AXES DE RECHERCHE

Ce défi pourrait être décliné selon les quatre axes suivants, en privilégiant la construction de questions scientifiques interdisciplinaires, et en support à la construction de scénarios pour les décennies à venir :

1. Prévoir la réponse des premiers échelons de la chaîne trophique aux changements physiques dans les océans hauturiers de l'Arctique et de l'Antarctique

(structure et circulation de l'océan, interactions avec la banquise et impacts sur les flux biogéochimiques conditionnant production primaire et secondaire).

2. Anticiper l'impact des changements globaux sur les écosystèmes côtiers et la biodiversité des océans polaires et sur les populations autochtones en Arctique

dans un contexte de fonte du pergélisol côtier, d'érosion sous-glaciaires des glaciers maritimes et des ice-shelves, de changements de la distribution de la banquise côtière et de modifications hydrologiques des eaux côtières.

3. Caractériser la distribution et l'impact des pollutions polaires actuelles (métaux, pesticides...) et émergentes (bruit, plastiques, liées à la navigation, introduction d'espèces...)

dans un contexte de changement climatique modifiant lui-même les compartiments pélagiques et benthiques.

4. Intégrer les enjeux géostratégiques liées aux océans polaires,

en particulier pour anticiper les conséquences de l'évolution de la banquise en termes d'usage, sur les plans juridique, géopolitique et opérationnel.

DÉFI 3 AMÉLIORER LA PROTECTION ET LA RÉSILIENCE DES MILIEUX MARINS PAR LE DÉVELOPPEMENT DE NOUVELLES APPROCHES INTÉGRATIVES DE GESTION

ENJEUX ET CONTEXTE

Les changements globaux survenus au cours des 50 dernières années se sont produits à un rythme inédit dans l'histoire de l'humanité, entraînant une diminution drastique de la biodiversité marine mais aussi des biens et services écosystémiques pourtant clés qui lui sont associés. Les facteurs directs qui ont eu les incidences les plus lourdes sur la détérioration de la nature à l'échelle mondiale sont, par ordre décroissant : la modification de l'utilisation des terres et des mers, l'exploitation directe des organismes, les changements climatiques, la pollution et les espèces exotiques envahissantes.

Dans les écosystèmes marins, il est reconnu que c'est l'exploitation directe des organismes, principalement la pêche, qui a l'incidence relative la plus importante sur la dégradation des ressources biologiques, suivie par le changement d'utilisation des terres et des mers (cf Rapport IPBES 2019²). Mais les changements globaux, au-delà de leur impact sur les ressources biologiques, entraînent aussi des modifications profondes des écosystèmes marins, en particulier des habitats côtiers comme les récifs lagunaires, dont le rôle dans la protection naturelle du littoral peut être affaibli. Ces forçages directs

découlent d'un ensemble de causes sous-jacentes, qui reposent sur des valeurs sociales et des pratiques incluant les systèmes de production et les modes de consommation, la dynamique et les tendances démographiques, les flux financiers et commerciaux, les innovations technologiques et la gouvernance, depuis le niveau local jusqu'au niveau mondial.

Les trajectoires actuelles en termes de conservation et d'exploitation durable de l'océan ne permettront pas d'atteindre les objectifs 2030 du développement durable, et notamment l'ODD 14. Pour les atteindre, des changements en profondeur sur les plans économique, social, politique, technologique voire juridique sont indispensables. Et si la mise en œuvre des stratégies et mesures de conservation et de gestion plus durable de l'océan a progressé ces dix dernières années, avec une augmentation notable du nombre d'Aires Marines Protégées (AMP) et un taux de couverture de 22 % de l'espace maritime français en 2019, seuls 1,6 % des aires protégées bénéficient d'une protection renforcée (0,04 % si l'on considère les seules eaux territoriales métropolitaines).

Des études scientifiques basées sur des retours d'expériences³ ont montré que les bénéfices des AMP sont nombreux, de nature écologique, halieutique, et socio-économique, et débordent le plus souvent à l'extérieur des limites de l'aire. Ces bénéfices sont d'autant plus importants que les aires protégées sont grandes, établies depuis longtemps, font l'objet d'une protection

2 — www.ipbes.net/global-assessment

3 — *Rebuilding marine life* — Carlos M. Duarte et al. — Nature | Vol 580 | 2 April 2020 | 39

forte et s'intègrent au sein d'un réseau bien relié permettant une connectivité écologique. À court terme, la qualité de l'habitat est améliorée: des espèces disparues opèrent un retour, et d'autres voient leurs effectifs et leurs caractéristiques se régénérer.

C'est ainsi qu'en octobre 2019, à la suite de sa rencontre avec les scientifiques de la Plateforme Intergouvernementale sur la Biodiversité et les Services Écosystémiques (IPBES), porteurs de constats alarmants sur le déclin des espèces vivantes, le Président de la République a annoncé vouloir protéger 30 % des eaux et du territoire national d'ici à 2022, dont « un tiers en pleine naturalité »⁴. C'est une ambition particulièrement forte pour le milieu marin, puisque la France dispose du deuxième espace maritime le plus étendu au monde (plus de 10 millions de kilomètres carrés avec les outre-mers), rassemblant 10 % des récifs coralliens et 20 % des atolls de la planète, et accueillant en outre-mer près de 10 % de la diversité mondiale des espèces marines.

En parallèle, des actions à grande échelle en faveur de la préservation de l'océan peuvent être envisagées. Des négociations menées sous l'égide des Nations Unies sont en cours, sur le plan juridique et politique, pour donner un statut aux zones marines situées au-delà des juridictions nationales (ZAJN), qui représentent 45 % de la surface de la Terre, et en protéger la biodiversité et en encadrer l'utilisation à travers le projet de traité dit BBNJ — pour Biodiversity Beyond National Jurisdiction. Au-delà de cet instrument intergouvernemental en cours d'élaboration, une initiative internationale se déploie actuellement afin de qualifier, plus largement, l'Océan de « Bien Commun ».

Depuis 2003, la France a engagé un grand programme d'extension de son plateau continental: plus de 700 000 km² ont ainsi d'ores et déjà été obtenus. Ce programme est appelé à se poursuivre jusqu'en 2030, avec un enjeu qui porte sur plus de 500 000 km² supplémentaires. Au regard de la richesse des fonds marins des zones

déjà obtenues ou des zones susceptibles de l'être, il sera important d'étudier les questions relatives à leurs usages, à leur gestion et à leur gouvernance en tenant compte des enjeux de souveraineté, de protection et d'exploitation. Cette question fait naturellement le lien avec le défi 4.

Mots-clés: biodiversité, services écosystémiques, zones étendues, préservation, résilience, restauration, compensation, aires marines protégées, parcs naturels marins, gouvernance, gestion durable, océan bien commun.

LES AXES DE RECHERCHE

Trois axes de recherche pourront être envisagés pour ce défi qui nécessitera des approches très interdisciplinaires et qui impliquera aussi des parties prenantes :

1. Définir les conditions environnementales et de gouvernance optimales de mise en œuvre des AMP (Aires Marines Protégées) et des Parcs Naturels Marins, en analysant les expériences antérieures (contraintes, bénéfices obtenus, mode de gouvernance, implication des parties prenantes, moyens de surveillance déployés...) et en proposant de nouvelles approches.

2. Analyser les verrous scientifiques, juridiques, politiques, socio-économiques et émotionnels pour promouvoir la notion d'« Océan, bien commun ». Les projets portés par les communautés SHS (politologues, économistes, sociologues, anthropologues, géographes et juristes), en association ou en collaboration avec des

scientifiques de l'environnement seront encouragés. La participation des parties prenantes, comme les ONG environnementalistes et les acteurs du monde économique, sera nécessaire.

3. Anticiper les opportunités futures comme les zones étendues ou le développement des énergies marines renouvelables pour concilier nouveaux usages, observations à long terme et préservation du milieu marin. Au-delà des préconisations et des mesures de compensation environnementale qui peuvent être demandées pour de nouveaux usages du milieu marin (énergies marines renouvelables, aménagements littoraux et portuaires, aquaculture, exploitation des ressources...), il est proposé d'étudier comment les installations qui en résultent peuvent contribuer à la connaissance et la protection des environnements marins.

DÉFI 4 EXPLOITER DURABLEMENT LES RESSOURCES DE L'OCÉAN EN S'APPUYANT SUR LA SCIENCE DE LA DURABILITÉ

Du fait des ressources alimentaires, minérales, énergétiques et biologiques qu'il abrite, l'océan a un rôle majeur à jouer pour réussir les grandes transitions qui s'imposent à notre société. Cet enjeu adresse de multiples défis à la communauté scientifique en lien avec l'intégralité des chaînes de valeur associées aux ressources marines depuis leur identification jusqu'à leur exploitation durable :

- **Identifier de nouvelles ressources et caractériser leur potentiel et leur vulnérabilité** tout en considérant les leviers et les limites socio-économiques et environnementaux afin de poser les fondations du développement d'une économie bleue durable.
- **Accompagner la maîtrise des risques associés à l'exploitation des ressources marines** par la prise en compte des impacts cumulés sur les socio-écosystèmes dans un contexte de changement global ;
- **Éclairer la gestion des compromis entre les trois piliers du développement durable** (i.e., environnemental, économique et social). Cette démarche s'appuiera sur le développement d'outils permettant d'opérationnaliser l'approche écosystémique de la gestion des activités humaines à l'échelle des écorégions ;

Avec une ZEE de plus de 11 millions de km², la France dispose d'un avantage considérable pour devenir un acteur incontournable à l'échelle mondiale dans le domaine de l'économie bleue durable au service des grandes transitions.

Aussi, l'enjeu scientifique porté par ce défi du PPR est le développement d'une science de la durabilité permettant de concilier économie bleue et préservation des milieux dans un contexte de changement global. Cet enjeu scientifique à fort impact sociétal est transversal aux Objectifs du Développement Durable 2 (zéro faim), 12 (consommation et production responsable), 13 (mesures relatives à la lutte contre le changement climatique) et 14 (vie aquatique). En s'appuyant sur une approche problème-centrée et sur une démarche transdisciplinaire et multi-acteurs qui sont les principaux marqueurs de la science de la durabilité, cet enjeu apportera des solutions originales aux multiples défis auxquels sont confrontées la communauté scientifique et les parties prenantes, depuis l'identification des ressources jusqu'à leur exploitation durable. Aussi, dans un objectif d'accroissement de la durabilité des pratiques, cette thématique du PPR porte une attention particulière à :

- **La prise en compte des impacts cumulés de l'exploitation des ressources océaniques et du changement climatique** sur les écosystèmes et en particulier des effets non additifs (i.e., synergiques ou antagonistes) d'une part ; l'identification des points de basculement, des changements de régime et de la résilience des écosystèmes d'autre part, sans oublier les politiques de protection mises en œuvre.
- **La mise en œuvre d'une gouvernance adaptée**, avec un renforcement du dialogue Science — Décideurs et Science — Société et la prise en compte des

éventuels conflits d'usage, sera une contribution au développement ou à l'adaptation de politiques publiques adaptées. La définition de nouvelles mesures de protection s'appuyant sur l'analyse des politiques de gestion des milieux marins sera un sujet d'attention particulier dans un contexte où il y a un fort développement des protections côtières et de la haute mer.

- **La promotion d'une science de la durabilité**, s'appuyant sur une approche transdisciplinaire et multi-acteurs articulant entre eux les trois piliers du développement durable (i.e., environnemental, économique et social), mais aussi les différents éléments au sein de chaque pilier (i.e., les différents compartiments des écosystèmes pour le pilier environnemental, les différents usages et différents objectifs de gestion des politiques publiques maritimes pour les piliers économique et social).

La problématique des ressources marines et de leur exploitation est peu prise en compte voire quasi absente des travaux de la mission européenne Starfish 2050 et du Green Deal. Elle a par contre fait l'objet d'une mission spécifique dédiée à la stratégie française d'exploration et d'exploitation des ressources minérales des grands fonds marins. Les travaux réalisés dans le cadre de ce défi pourront contribuer à la mise en œuvre des recommandations issues de cette mission mais aussi au partenariat européen sur l'économie bleue en cours d'élaboration.

Mots-clés : ressources alimentaires, ressources génétiques, ressources énergétiques, ressources minérales, exploitation, gestion durable, adaptation, gouvernance, services écosystémiques

5 — Rapport de mission relatif à la thématique de l'exploration et de l'exploitation des ressources minérales dans les grands fonds marins, Jean-Louis Levet, janvier 2021: https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/contenu/piece-jointe/2021/01/a.4.1.cimer2020_gfm_document_communicable.pdf

La ZEE française étant située dans sa très grande majorité dans l'océan profond (96 % des fonds sont supérieurs à 200 m), une attention particulière sera portée sur ces environnements permettant ainsi de relever le défi de l'océan profond tant sur les plans de la connaissance que de son exploitation et de sa protection⁵ en mobilisant des compétences scientifiques et des moyens technologiques dont dispose la communauté nationale. À ce titre, les équipes pourront s'appuyer sur les moyens de la Flotte Océanographique Française ainsi que sur les infrastructures existantes et les observatoires en cours de développement notamment dans les outre-mers.

La zone littorale et côtière est aussi une zone à enjeu dans le cadre de ce défi. En effet, en concentrant une part importante de la population et des activités économiques, elle impose un regard critique sur la cohabitation des activités.

LES AXES DE RECHERCHE

Ce défi a pour ambition d'intégrer les dimensions écologique, sociale, économique et politique de l'exploitation des ressources alimentaires, génétiques, énergétiques et minérales marines afin de définir les leviers d'une gestion durable et équitable dans un contexte de changement global. Il s'attachera plus particulièrement à :

1. Assurer la durabilité de l'exploitation et du partage équitable des ressources naturelles (biologiques, énergétiques et minérales) : Ces activités concernent les outremer, l'océan profond (en cohérence avec la stratégie pour les grands fonds marins) et le côtier métropolitain. Elles nécessitent d'estimer leurs impacts sur les stocks, la biodiversité et l'habitat marin et de définir les technologies et les politiques nécessaires pour minimiser ces impacts et les conflits d'usage.

2. Développer une aquaculture (du végétal au grand prédateur) compatible avec les objectifs du développement durable : Ces activités concernent les outremer et le côtier métropolitain. Les questions à aborder portent sur la levée des freins permettant la cohabitation entre l'aquaculture et les autres activités réalisées en zone côtière (pressions sur les stocks naturels utilisés comme nourriture, impacts environnementaux et sociétaux) au travers du développement de nouvelles techniques aquacoles intégrées et des politiques de mise en œuvre.

3. Anticiper la résilience des socio-écosystèmes en évaluant l'impact des pressions (exploitation minière, pêche, changement climatique...) sur les populations et les écosystèmes. Dans ce cadre, des approches basées sur la modélisation des réseaux trophiques et l'océanographie opérationnelle pourront être mises en avant pour éclairer les politiques publiques.

DÉFI 5 CARACTÉRISER L'EXPOSOME OCÉANIQUE POUR PROTÉGER LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

ENJEUX ET CONTEXTE

Les écosystèmes marins sont exposés à une multitude de stress incluant plusieurs milliers de polluants chimiques historiques et émergents, des déchets, plastiques notamment, des organismes pathogènes et leurs métabolites (virus, bactéries, parasites, toxines) ainsi qu'à d'importantes variations de facteurs naturels physico-chimiques (pH, température, oxygène, bruit, érosion, champs magnétiques) aujourd'hui modulés par les activités humaines. Ces différents facteurs de stress anthropiques qui constituent l'exposome océanique, peuvent affecter la biodiversité et les services écosystémiques.

La préservation des océans passe donc par la connaissance de l'exposition globale de ces derniers en considérant, pour les différents facteurs de stress, leurs sources, leur distribution et leur dynamique. La connaissance de cet exposome océanique nécessite d'être en capacité de mesurer, de manière fiable, ces différents stress et leurs évolutions au travers de développements métrologiques innovants tant en matière de collecte que d'analyse et de traitement des échantillons.

Au-delà de la connaissance de l'exposome, la compréhension de ses effets sur les organismes et plus largement sur les services écosystémiques est un enjeu essentiel qui doit passer par l'étude des interactions

(additivité, synergie, antagonisme) entre les différents facteurs de l'exposome. Cela impose le développement de méthodologies originales adossées à des approches pluridisciplinaires et des systèmes complexes.

Le défi proposé ici est un défi métrologique avec une part de cognitif qui sera traité de manière transversale dans les différentes zones à enjeu identifiées dans le cadre de ce PPR. Les actions mises en œuvre pourront s'appuyer sur des infrastructures de recherche et d'observation telles qu'ILICO +(JERICO) mais aussi sur les réseaux de surveillance REPHY, ROCCH.

Les contaminations qui affectent l'océan sont majoritairement d'origine continentale. Ce sont donc des mesures à terre qui peuvent servir de levier pour réduire cette contamination. Les connaissances acquises dans le cadre de ce défi contribueront d'une part à l'évolution des réglementations tant sur les substances que sur les milieux terrestres et marins et d'autre part à la définition des mesures les plus efficaces.

Ce défi du PPR contribuera significativement à des océans propres où les sources de pollution sont recensées et réduites ou éliminées. Il permettra aussi de tendre vers des océans sains et résilients où les écosystèmes marins sont bien connus, protégés, restaurés et gérés, ainsi que vers des océans productifs qui permettent un approvisionnement alimentaire et une économie océanique durables. À ce titre, il contribuera à deux défis de la Décennie des Nations Unies pour les Sciences Océaniques :

- Comprendre et cartographier les sources marines et terrestres de polluants et de contaminants, déterminer leurs effets

potentiels sur la santé humaine et les écosystèmes océaniques et concevoir des solutions pour les éliminer ou les limiter;

- Comprendre les effets de multiples facteurs de stress sur les écosystèmes océaniques et élaborer des solutions pour surveiller, protéger, gérer et restaurer les écosystèmes et leur biodiversité en tenant compte de l'évolution des conditions environnementales, sociales et climatiques.

La compréhension et la maîtrise des pollutions qui affectent les écosystèmes est un enjeu majeur pour nos sociétés comme le souligne par exemple l'agenda stratégique de recherche et d'innovation de l'initiative BlueMed. Aussi, cet objectif est clairement identifié dans d'autres instruments financiers au niveau européen. C'est le cas du Green Deal au travers de son objectif « zero pollution — toxic free environment ». C'est aussi le cas de la Mission Starfish 2030 : Restore our Ocean and Waters proposée, dans le cadre d'Horizon Europe, par le mission board « Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters » qui a fait de la lutte contre la pollution l'une de ses 5 priorités. Les actions engagées dans le PPR devront alors nécessairement s'articuler avec les actions proposées dans ces différents cadres.

Au niveau national, les travaux mis en œuvre dans ce défi du PPR viendront alimenter, au-delà des actions relevant directement de la protection des mers et des océans, les actions engagées afin d'améliorer la santé unique (One Health) notamment dans le cadre du Plan National Santé Environnement. Ils seront également une contribution utile au volet zéro pollution de la feuille de route 5.0 pour l'Outre-Mer visant à réduire les expositions des populations et des écosystèmes aux polluants chimiques notamment d'origine agricole.

Mots-clés: exposome, pollution chimique, pollution biologique, changement

climatique, réglementation environnementale, biodiversité, services écosystémiques, continuum terre-mer

LES AXES DE RECHERCHE

Ce défi pourrait se décliner selon les deux axes suivants :

1. Développer des concepts et méthodes permettant de caractériser la contamination globale du milieu marin dans un objectif d'évolution de la réglementation, des méthodes de surveillance et des mesures de lutte contre les pollutions du milieu marin.

2. Comprendre les impacts conjugués des contaminations du milieu marin sur les écosystèmes et les services écosystémiques dans un contexte de changement climatique (acidification, réchauffement des eaux...) pour proposer des méthodes de réduction des pollutions.

DÉFI 6 TRANSVERSAL : DÉVELOPPER DES PROGRAMMES D'OBSERVATION ET DE MODÉLISATION INNOVANTS, PLURIDISCIPLINAIRES, MULTI-PARAMÈTRES, MULTI-ÉCHELLES ET MULTI-ACTEURS, EN ACCOMPAGNEMENT DES DÉFIS IDENTIFIÉS

ENJEUX ET CONTEXTE

À l'occasion de la conférence internationale Ocean'Obs 2019 qui a eu lieu à Hawaï en septembre 2019, le CNRS, l'Ifremer et l'IRD ont publié une déclaration officielle intitulée « *Towards a French roadmap for global ocean observing in preparation for the UN decade of ocean science for sustainable development (2021-2030)* » dans laquelle les trois organismes précisent les priorités françaises en termes d'observation de l'océan :

In summary, French research institutions are currently coordinating their efforts to support more integrated, sustainable and energy-efficient observation of the ocean, accompanied by the implementation of data sharing worldwide, in order to efficiently contribute to the Ocean Decade strategic action plan towards 'The Ocean we need for the Future we want'.

La stratégie proposée par les instituts de recherche français s'appuie sur l'expertise développée dans les laboratoires pour apporter une contribution significative à la

connaissance de l'océan et sur les initiatives favorisant le transfert de cette connaissance aux décideurs et aux gestionnaires afin de favoriser l'adaptation des sociétés aux changements océaniques. Dans un contexte de changement global, une meilleure compréhension des écosystèmes marins, de la dynamique océanique et des interfaces océan-atmosphère ou océan-lithosphère nécessite des observations et des modèles multidisciplinaires, intégrés, systémiques et multi-échelles. Elle nécessite également une politique de données et de modélisation ambitieuse à l'échelle nationale. Si la France est déjà très impliquée sur ces sujets à travers diverses infrastructures et programmes, de nombreux défis restent à relever pour aller vers une observation et une modélisation plus intégrées (couplant des approches physiques, biogéochimiques, biologiques, et socio-économiques), mais aussi plus durables, consommant moins d'énergie, avec une prise en charge du partage de données, des ressources de stockage et de traitement face aux enjeux de l'exascale etc.

Pour cela, il est nécessaire de numériser l'océan autrement en développant des approches pluridisciplinaires, multi-paramètres et multi-échelles spatiales et temporelles, utilisant les approches numériques et l'Intelligence Artificielle, pour comprendre

et prévoir les évolutions futures de l'océan, de l'exposome océanique (« cocktails » de pollutions chimique, biologique, métallique et acoustique) et des écosystèmes marins (biodiversité inter et intra-spécifique, indicateurs trophiques, ADN environnemental, technologies « omics », comportements d'animaux marins,...), en appui aux politiques publiques.

Ce défi à finalité prédictive, intégrant la dimension sociétale, nécessite donc une approche méthodologique transversale, décloisonnant les disciplines et les acteurs:

- **les disciplines:** caractérisation du milieu océanique dans ses composantes principales (dynamique physique, mécanismes chimiques, richesse spécifique, réponses biologiques, utilisation d'archives naturelles et de proxies en milieux terrestres et océaniques), pour en éclairer les variations naturelles et identifier les perturbations majeures en cours et attendues selon des scénarios de changements globaux induisant des modifications du système océan-atmosphère et des facteurs de pression anthropiques (pollutions chimique, biologique, métallique et acoustique; surexploitation des ressources et destructions d'habitats, introduction d'espèces). Au-delà de la caractérisation du milieu, le recours à l'observation intégrée, systémique et multi-échelles, à l'expérimentation, à la modélisation et à la mise en place de scénarios pour l'analyse et la mise en œuvre de politiques de gestion des milieux marins côtiers et hauturiers, permettra d'élargir ce sujet à des disciplines relevant des sciences humaines et sociales;
 - **les acteurs:** mise en relation des experts des sciences océaniques et climatiques (océanographes, écologues, climatologues) avec les experts de l'ingénierie des capteurs pour le milieu marin (sciences de l'ingénieur) et du numérique (mathématiciens, modélisateurs, informaticiens, experts en traitement du signal et des données), des sciences humaines et sociales (usages, politiques de la nature) et avec les utilisateurs finaux (décideurs, services publics, industriels des nouveaux usages maritimes...) et le grand public (sciences participatives, navires d'opportunité,...).
- Forte de ses compétences interdisciplinaires en sciences océaniques, la France doit donc pouvoir grâce à ce PPR proposer des concepts novateurs et originaux de programmes d'observation et de modélisation permettant de répondre à un ou plusieurs des enjeux suivants :
- renforcer la mise en œuvre de systèmes d'observations et de modélisation multidisciplinaires, intégrées, systémiques, multi-paramètres et multi-échelles par une innovation de rupture et des technologies émergentes ;
 - accompagner le développement de la modélisation opérationnelle intégrée de l'océan telle que la développe *Mercator Océan International* en s'attaquant aux verrous de recherche amont pour *in fine* permettre d'en faire un outil d'aide à la décision publique ;
 - développer, en lien avec les sciences des données et technologies issues du *big data* (*data mining, machine learning, intelligence artificielle*), et les méthodes automatisées et de modélisation, de nouveaux protocoles d'acquisition, de collecte, de stockage de données validées, leur traitement et mise à disposition ;
 - apporter une plus-value significative, en terme d'interprétation des paramètres mesurés pour (1) la pluri-disciplinarité, (2) la mise au point de nouveaux descripteurs de l'océan et (3) le développement et la validation des modèles numériques.

LES AXES DE RECHERCHE

Ce défi transverse pourrait s'articuler autour de trois axes principaux dont l'importance devra être adaptée en fonction des projets financés par ailleurs de type EquipEx+ et GreenDeal. À noter qu'un des projets retenus dans EquipEx+, DeepSea'nnovation, sera intégré à ce PPR.

1. Lever les verrous méthodologiques et technologiques pour développer un Ocean Digital Twin français :

Cet axe se place dans la perspective stratégique des grandes tendances européennes et internationales autour de l'océan numérique qui visent à améliorer notre capacité à modéliser l'océan pour guider les politiques de développement durable. Les questions abordées pourront porter sur l'assimilation de données, l'évolution vers le HPC⁶, HPDA⁷ ou la gestion des « cascades de modèles » allant de la physique aux SHS en passant par les écosystèmes, mais également tous les nouveaux outils d'interactivité favorisant les usages et l'implication citoyenne directe ;

2. Proposer des preuves de Concept pour développer des observatoires dit « augmentés » :

Cet axe vise à promouvoir de nouveaux concepts pour observer de façon intégrée (de la physique, la chimie à la biologie et la biodiversité) l'océan dans toutes ses dimensions pour en explorer les zones et les compartiments les plus méconnus, en comprendre le fonctionnement et étudier ses potentiel et vulnérabilité dans un contexte de développement durable. L'objectif n'est pas de proposer de nouvelles infrastructures ou observatoires mais de démontrer l'apport de nouvelles observations à l'étude de l'océan ;

3. Faire émerger des capteurs innovants et durables :

Cet axe mettra en avant une innovation de rupture pour mesurer de nouveaux paramètres et leurs liens fonctionnels et développer des capteurs à bas coût, durables.

6 — Calcul à Haute Performance

7 — Analyse de Données à Haute Performance

DÉFI 7 TRANSVERSAL : PARTAGER AVEC LE GRAND PUBLIC LA DÉCOUVERTE DE L'OCÉAN ET LES ENJEUX SOCIÉTAUX ASSOCIÉS

ENJEUX ET CONTEXTE

La communauté française des sciences marines contribue à une meilleure connaissance de l'Océan et ainsi à éclairer les politiques publiques et à l'innovation pour une économie bleue durable. Elle doit donc à ce titre sensibiliser le grand public aux grands enjeux maritimes et à ceux de la Décennie de l'Océan.

Il est essentiel dans ce contexte de changement global d'inspirer et d'informer les générations futures, dans leur devenir de citoyens éclairés, responsables, et mieux préparés pour agir et préserver notre environnement. C'est en construisant une relation durable avec la société et en œuvrant à une prise de conscience, sur des bases scientifiques solides, que pourront être renforcées les capacités d'agir de chaque individu, en pleine connaissance des enjeux et des options, pour participer collectivement au maintien du bon état de notre bien commun — l'océan.

Ce partage de savoirs avec la société est au cœur de ce défi ambitionnant d'« Amener l'Océan à tous les publics ». Pour sensibiliser le grand public aux enjeux portés par le PPR, et développer une littératie de l'Océan, plusieurs types d'actions pourront être proposées, en s'appuyant sur la contribution des projets de recherche sélectionnés :

- **Développer les capacités des citoyens** à débattre d'enjeux environnementaux et sociétaux en s'appuyant sur les résultats scientifiques. L'objectif est d'encourager l'investissement des citoyens, en particulier des jeunes dans le débat public, armés d'un esprit critique aiguisé et mieux informés des questions environnementales, géopolitiques et sociétales qui touchent l'océan.
- **Réaliser un état des lieux et un suivi de la perception sociétale des enjeux associés aux sciences océaniques.** Des enquêtes seront mises en œuvre afin d'identifier les attentes de la société vis-à-vis de certains défis. En complément, nous proposons de mener une/des enquêtes pour mieux cerner le niveau de connaissance, de conscience et de sensibilité à ces enjeux. Le PPR pourrait sur la période de programmation les mener en s'appuyant sur des groupes de citoyens et en intégrant à l'étude des chercheurs en SHS et des statisticiens.
- **Connecter l'ensemble des citoyens à l'océan**, par le partage des connaissances. L'enjeu de préservation de l'océan n'est pas qu'une affaire d'environnement côtier mais concerne tous les territoires. Il est nécessaire de connecter les citoyens éloignés du littoral à cette priorité globale et susciter une nouvelle forme d'implication des scientifiques en particulier au travers de l'éducation. Suivre l'évolution d'un outil d'observation (satellite, flotteur), d'un bateau de course, d'un petit bout de littoral ou de mer, d'une espèce... D'autre part, la recherche française bénéficie d'une FOF de haut niveau

qui pourrait offrir un vecteur de formation et de communication unique pour le grand public par exemple au travers « d'écoles flottantes », d'expositions ou de conférences à l'occasion des escales,...

- **Développer des approches participatives pour la collecte de données.**

Il s'agit d'identifier des projets pour lesquels le public pourrait participer à la collecte et à l'analyse des données et/ou images. Cette action est plus classique mais elle a montré toute sa valeur aussi bien pour des projets terrestres que marins. On pourrait s'appuyer sur des associations d'usagers réguliers du littoral (ex pêche loisir), des fonds marins (plongée) pour activer une nouvelle forme d'observation continue des écosystèmes.

- **Stimuler la dimension émotionnelle et culturelle de l'océan en associant science et art.**

Cette action spécifique à l'interface de l'art et de la science pourrait être mise en place afin de proposer un regard différent sur les sujets traités dans le cadre du PPR. Pour sensibiliser à la richesse de l'océan mais aussi à sa vulnérabilité, nous pourrions faire appel à des artistes afin de concevoir des parcours pédagogiques où l'imaginaire et le processus de création artistique invitent les citoyens et les jeunes publics à s'approprier des enjeux complexes comme la préservation des écosystèmes marins. Des évènementiels invitant les artistes à s'emparer des enjeux du PPR pour les transcrire dans un registre émotionnel et symbolique pourront contribuer à sensibiliser un public nouveau mais pourrait aussi être vu comme une contribution au plan de relance du secteur de la culture durement affecté par la crise sanitaire.

Mots-clés : éducation par la recherche, éducation au débat démocratique, culture, arts, engagement des citoyens pour l'océan, lien affectif à l'océan, appropriation de l'océan comme bien commun, appropriation de la connaissance.

GOUVERNANCE, ANIMATION & MISE EN ŒUVRE DU PPR

GOUVERNANCE DU PPR

Comité de pilotage : MESRI, MinMer, MTE, MOM, MinArm, MEAE, SGPI, SGMer, ANR, CNRS et Ifremer.

- Valide la stratégie générale et les budgets
- Valide les termes des appels à projets
- Est informé de la sélection des projets et suit l'avancement du PPR.

Comité de direction : les 2 co-pilotes CNRS-Ifremer, assistés d'un ou deux chargés de projet :

- Assure le pilotage scientifique et opérationnel du PPR ;
- Propose la stratégie générale au comité de pilotage en interaction avec la présidente du CS.

Conseil Scientifique : Président et 14 membres (voir sa composition en annexe 4)

- **Mission :** Le conseil scientifique éclaire de façon indépendante le comité de direction sur la stratégie générale du PPR, sur sa mise en œuvre et sur l'animation scientifique associée. Le conseil scientifique :
 - contribue, en lien avec l'ANR, à la rédaction de l'appel à propositions sur la base des orientations générales actées par le comité de pilotage ;
 - évalue la portée scientifique des résultats obtenus par les différents projets et actions financées dans le cadre du PPR ;
 - émet des avis sur l'avancement du PPR, avis qu'il communique au comité de direction et au comité de pilotage ;
 - anime les communautés scientifiques au sein de chacun des défis, entre défis et avec les parties prenantes.
- **Composition :** Le conseil scientifique est constitué afin de garantir une bonne couverture thématique (défis et zones géographiques prioritaires) et pluridisciplinaire (biologie et écologie marines,

océanographie, géosciences marines, sciences économiques et sociales...). Pour des raisons d'efficacité, ses membres appartiennent à la communauté scientifique française.

- **Fonctionnement :** Le secrétariat du conseil scientifique est assuré par les deux organismes en charge du copilotage du PPR (CNRS et Ifremer). Les membres du conseil scientifique n'ont pas vocation à porter des projets financés par le PPR. Ils sont attentifs à préciser leurs conflits d'intérêt avec les équipes impliquées dans ces actions et projets.

Comité inter-établissements :

- **Mission :** Le comité inter-établissements s'assure que l'ensemble de la communauté scientifique publique potentiellement concernée par les thèmes du PPR soit informée des orientations et des activités du programme et puisse participer aux actions d'animation. Le comité inter-établissements :
 - est consulté sur la stratégie générale du PPR ;
 - est informé de l'avancement du PPR (projets, actions d'animation...);
 - sollicite ses communautés pour contribuer aux actions d'animation du PPR ;
 - émet des avis qui sont communiqués au comité de pilotage du PPR.
- **Composition :** Outre les deux organismes en charge du copilotage du PPR (CNRS et Ifremer) sont représentés au comité inter-établissements :
 - CNES, au titre de l'observation spatiale de l'océan ;
 - IRD, au titre de ses recherches sur les milieux, ressources et activités marines dans les outre-mer et dans les zones méditerranéennes et tropicales ;
 - Météo-France, au titre de la surveillance de l'océan superficiel, de la modélisation des interactions

océan-atmosphère et de la modélisation du climat ;

- MNHN, au titre de son expertise et de ses recherches sur la biodiversité marine ;
 - SHOM, au titre de son expertise et de ses recherches en hydrographie marine ;
 - Sorbonne Université, au titre de sa reconnaissance internationale en océanographie et de la coordination du réseau des universités marines ;
 - Université de Bretagne occidentale, au titre de sa reconnaissance internationale en océanographie, de l'école universitaire de recherche ISblue et de l'université européenne SEA-EU.
-
- **Fonctionnement** : Le comité inter-établissements se réunit au moins une fois par an. Il peut aussi être réuni en tant que de besoin à l'initiative des deux organismes en charge du copilotage du PPR (CNRS et Ifremer). Le secrétariat du comité inter-établissements est assuré par les deux organismes en charge du copilotage du PPR (CNRS et Ifremer).

ANIMATION DU PPR

L'animation proposée se décline autour de quatre objectifs complémentaires qui doivent permettre, *in fine*, à la communauté scientifique dédiée à l'océan d'interagir avec la société dans son ensemble.

1. ASSOCIER L'ENSEMBLE DES ACTEURS À LA DÉFINITION ET À L'ENRICHISSEMENT DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES AUTOUR DES DÉFIS DU PPR OCÉAN DE SOLUTIONS

Parce qu'ils nécessiteront une interdisciplinarité importante ou qu'ils s'appuieront sur des communautés scientifiques dispersées, certains défis du PPR nécessiteront une réflexion amont, mobilisant largement la communauté scientifique afin de proposer une réponse pertinente, à la hauteur des enjeux. Pour ces différents défis, des séminaires de travail seront organisés, sur la première année du PPR, afin de permettre un rapprochement des acteurs et une co-construction de la réponse. Une telle démarche permettra notamment d'associer dans la construction des réponses les communautés qui sont peu ou pas impliquées dans le domaine des sciences marines comme par exemple les sciences humaines et sociales.

Parce que les résultats du PPR doivent percoler dans la société, il est proposé d'associer la société et les parties prenantes à l'enrichissement des questions scientifiques liées aux défis du PPR et à leur suivi. Des instances existantes, comme l'Océan KAN dont la France a obtenu l'accueil de l'International Project Office, permettront d'identifier et d'impliquer efficacement ces communautés qui pourraient bénéficier des études menées au sein du PPR.

2. ANIMER LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE NATIONALE AUTOUR DES SUJETS ÉMERGENTS DANS LE DOMAINE DES SCIENCES, TECHNOLOGIES ET POLITIQUES MARINES

Le PPR est un instrument scientifique qui s'inscrit dans le temps long. Il est donc certain que de nouveaux sujets vont émerger pendant les 6 ans du PPR et avec eux leur lot de défis pour l'ensemble de la communauté des sciences et technologies marines. Cette situation impose de rester en veille pour préparer la stratégie française autour des sciences marines à l'après PPR. Il est donc proposé, en s'appuyant sur le conseil scientifique, les consortiums des projets et le comité inter-établissements, de mettre en place des outils pour réaliser et diffuser une veille des signaux faibles dans le domaine des sciences, technologies et politiques marines. La mobilisation du comité des organismes dans ce contexte permettra de s'appuyer sur les services d'information scientifique de ces derniers mais aussi de se structurer en réponse à des sujets émergents. Sous la coordination du CS, nous proposons de mener quelques revues systématiques de littérature scientifique, selon les standards du « *Collaboration for Environmental Evidence* », afin de dresser un bilan des forces de recherche françaises (thématiques, questions, techniques liées aux 7 défis) dans un contexte international, d'évaluer les capacités de transformation de la recherche dans une fenêtre temporelle décennale, d'identifier les lacunes de connaissance, et d'apporter des éléments de réponse par la méta-analyse des données de la revue systématique. Ce travail de synthèse a le potentiel d'orienter les priorités de recherche sur des bases scientifiques, d'identifier les questions sociétales qui nécessitent un renforcement des connaissances, et de communiquer aux décideurs et au grand public les faits marquants, les leviers d'action documentés, les sources de succès et d'échec de mise en œuvre de politiques de gestion.

3. DONNER DE LA VISIBILITÉ AU PPR AUPRÈS DU GRAND PUBLIC AU TRAVERS D' ACTIONS DE COMMUNICATION

Une action orientée vers le grand public et permettant de créer de la visibilité sur ce PPR serait d'organiser des grands rendez-vous avec la Presse sur les différents défis proposés dans ce PPR au travers de la communication des enjeux scientifiques et sociétaux, et de la diffusion des connaissances et des innovations. Les actions de communication *via* les médias permettront de préciser le rôle du scientifique, mais aussi de la société au sens large pour répondre aux enjeux de la Décennie de l'océan.

4. ORGANISER UN CYCLE DE SÉMINAIRES À L'INTENTION DES ADMINISTRATIONS CONCERNÉES PAR LES ENJEUX OCÉANIQUE, MARITIMES ET DE SOUVERAINETÉ

En complément des actions de médiation scientifique, tournées vers un large public, et de projets de sciences participatives, avec et pour des acteurs de la société civile (associations, ONG, professionnels de la mer, citoyens, communauté éducative), il est proposé d'organiser un cycle de séminaires (ou de webinaires) sur invitation à destination des élus (parlementaires nationaux, élus des collectivités) et des cadres des différents ministères concernés par les enjeux océaniques, maritimes et de souveraineté. Chaque séminaire aurait vocation à croiser sur un sujet bien délimité les analyses et regards d'experts relevant de différentes disciplines ou de différentes cultures.

Enfin, pour donner une visibilité européenne au PPR Océan-Climat et à ce cycle de séminaires, certains d'entre eux pourraient être ouverts aux parlementaires européens dans le cadre de la mission « Starfish 2030: Restore our oceans and waters ».

Les quatre animations proposées ci-dessus seront complétées par un colloque national de lancement du PPR, une manifestation culturelle Art & Sciences (en lien avec le Défi 7), ainsi que par un colloque international de clôture.

MISE EN ŒUVRE OPÉRATIONNELLE DU PPR

1. APPEL À PROJETS STRUCTURANTS

Cet appel à projets sera construit sur plusieurs valeurs essentielles :

Afficher clairement une volonté de structurer les communautés scientifiques autour des axes de recherche des défis (qui restent modulables).

Définir les attendus incontournables pour les projets des défis : excellence du projet, prise en compte des enjeux pour la société, effet transformant, rupture technologique et méthodologique, implication de parties prenantes, approche intégrative, prise de risque, acculturation du grand public, De plus, le CS proposera le cadre moyen attendu d'un projet (durée, montant, format du dossier) et les critères/grilles d'évaluation pour les différents défis.

À l'issue du COPIL, il faudra que nous travaillions avec l'ANR et le SGPI pour préparer le document officiel de lancement. L'objectif serait de lancer cet appel en même temps que la journée de l'Océan qui se déroule le 08 juin 2021.

La clôture de cet appel pourrait être à l'automne 2021 pour permettre aux équipes de construire des projets ambitieux.

À l'issue de cette clôture, nous pourrions avoir des défis sans dépôt de projet. De même, suite à la phase d'évaluation, certains défis pourraient ne pas avoir de projet retenu si les critères d'excellence et d'attendus du PPR n'étaient pas satisfaits (pas d'enjeu sociétal, non transformant, pas de vision intégrative, communautés divisées, etc.). Nous proposons à ce stade de mettre en œuvre le point 1 de l'animation pour accompagner la maturation de certains projets et/ou la structuration de certaines communautés pour éventuellement compléter la 1^{re} vague par quelques projets stratégiques

après validation scientifique qui seraient déposés en 2022. Les modalités de sélection de cette 2^{nde} vague de projets sont à définir.

2. ACTIONS INCITATIVES EN SOUTIEN À LA STRATÉGIE ET À LA VISIBILITÉ DU PPR

L'objectif de ces actions est de donner une visibilité plus large au PPR en soutenant la formation par la recherche, les thématiques exploratoires issues des travaux du conseil scientifique et le lien à l'international.

Pour constituer une « génération PPR Océan-Climat », nous proposons de lancer en 2022 et 2024 deux appels d'offres pour le financement de 15-20 thèses en tout, en lien avec les 7 défis. La cohésion de cette génération de jeunes docteurs sera assurée au travers de différentes propositions d'animation dont une ou deux écoles thématiques ouvertes à l'international. En tout cela correspondrait à un budget de 2 M€ en y rajoutant une somme d'accompagnement moyen de 10 k€ par thèse et les deux écoles thématiques.

Pour soutenir des recherches sur des thématiques émergentes ou exploratoires identifiées à l'issue des travaux de revues systématiques du conseil scientifique, nous proposons de garder un budget incitatif sous la responsabilité du CS pour financer en 2024 des projets plus ciblés et à risque. Ils viendront enrichir la connaissance sur le périmètre du PPR Océan-Climat et permettront d'ouvrir de nouvelles perspectives pour un océan de solutions.

4. RÉPARTITION BUDGÉTAIRE

La répartition du budget de 40 M€ entre les différentes actions évoquées plus haut se fera approximativement de la façon suivante :

1. **Pilotage et animation : 1,5 M€** (1 ETP; 3 ans de post doc pour 3 revues systématiques, ateliers, colloques, enquêtes, école sur FOF,...)
2. **Actions d'animation « génération PPR » : 2 M€** (financement de thèses)
3. **Appels à projets structurants : 28 M€** (10-15 projets à 2-3 M€ sur 5-6 ans, soit 1 ou 2 projets par défi)
4. **Appel à projets exploratoires : 3 M€**
5. **EquipEx+ DeepSea'nnovation : 4 M€**
6. **Frais de gestion ANR : 1,5 M€**

ANNEXES

ANNEXE 1 PAYSAGE INTERNATIONAL DES SCIENCES OCÉANIQUES

Au cours des dernières années, l’océan — sa biodiversité, ses interactions avec le climat, les pollutions qui l’affectent, ses ressources vivantes et physiques et le potentiel de développement des activités maritimes — et les recherches qui lui sont dédiées ont donné lieu à de nombreux rapports et à plusieurs initiatives de portée mondiale ou européenne. Une synthèse en est esquissée ici.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Au niveau mondial, plusieurs documents récents traitent des enjeux liés à l’océan, dans leurs dimensions environnementales, économiques et sociétales. Citons ici :

- le premier rapport mondial publié en 2016 sur l’état de l’océan⁸ ;
- le rapport du G7 de 2018 qui insiste notamment sur les questions relatives à la pollution des océans⁹ ;
- l’évaluation globale de la biodiversité réalisée en 2019 par l’IPBES, dont plusieurs sections font référence à l’état et à la dégradation de la biodiversité marine, à la fois mal connue, support de services écosystémiques et menacée par la surexploitation de ses ressources, par les pollutions de diverses origines, l’acidification de l’océan et les impacts cumulés des activités humaines¹⁰ ;
- le rapport spécial du GIEC publié en 2019 et qui insiste à la fois sur le rôle de régulation de l’océan et de la cryosphère au

sein du système terre et sur les impacts du dérèglement climatique sur les milieux marins¹¹ ;

- les deux rapports de 2016 et 2020 de l’OCDE sur le potentiel de développement de l’économie océanique à l’horizon 2030¹², avec un focus plus particulier sur les pays en développement¹³.

Trois autres documents permettent d’avoir une vision globale du paysage mondial de la recherche en sciences et technologies marines :

- les deux rapports produits par la commission océanographique intergouvernementale de l’UNESCO sur les sciences océaniques en 2017¹⁴ et 2020¹⁵ ;
- de façon plus sectorielle, le plan d’action proposé par la communauté scientifique impliquée dans l’observation de l’océan suite à la conférence OceanObs’ 19¹⁶.

Au niveau européen, quatre autres documents récents méritent également d’être cités :

- deux rapports de l’European Marine Board publiés en 2019, son 5e rapport de prospective¹⁷ et un rapport dédié aux flottes océanographiques qui jouent un rôle critique dans l’observation *in situ*¹⁸ ;
- le rapport de la mission européenne « *Starfish2030. Restore our Ocean and Waters* » dédiée à la santé des océans, des mers et des eaux côtières et intérieures, présidée par Pascal Lamy¹⁹ ;
- le rapport du projet européen EU-Polarnet « The integrated European Polar Research Programme » publié en 2020 et dédié aux enjeux et priorités de recherche ainsi

qu'aux infrastructures de recherche européennes en Arctique et Antarctique. Les questions liées aux océans y tiennent une place importante²⁰.

De façon très synthétique, ces rapports mettent en avant les points suivants :

- L'océan apparaît comme une frontière de la connaissance et son observation est un enjeu d'autant plus important qu'elle doit combiner une grande variété de données *in situ*, dont le coût d'acquisition est considérable, et des données spatiales;
- L'océan joue un rôle clé dans le système climatique ; simultanément, son fonctionnement, sa biodiversité et sa dynamique sont profondément affectés par le dérèglement climatique;
- La biodiversité marine, encore très mal connue, est menacée par la surexploitation des ressources halieutiques, par la diversification des usages maritimes et les conflits qui en découlent, par les pollutions et contaminations physiques, chimiques et biologiques, qui proviennent en majeure partie du continent. Ces menaces appellent à la fois une compréhension des impacts cumulés des activités humaines et des mesures de protection renforcées;
- L'océan fournit des services écosystémiques et recèle des ressources biologiques et physiques considérables qui sont encore mal documentées et dont la valorisation doit s'inscrire dans une perspective de développement durable;
- Le développement des sciences et technologies numériques permet à la fois d'envisager de nouvelles manières d'observer et modéliser l'océan et de générer de nouveaux services à destination des pouvoirs publics, des entreprises du secteur maritime et des citoyens.

DISPOSITIFS ET PROGRAMMES DE PORTÉE INTERNATIONALE

En tant que bien commun, l'océan est naturellement l'objet d'initiatives et de dispositifs collectifs de portée internationale qui prennent différentes formes.

L'océan est ainsi concerné par plusieurs objectifs du développement durable de l'agenda 2030, et pas seulement par l'ODD14 qui lui est dédié. Après celle de 2017, une nouvelle conférence internationale sur les océans était prévue en 2020 à Lisbonne; reportée, elle devrait se tenir en 2021.

La Conférence intergouvernementale sur un instrument international juridiquement contraignant se rapportant à la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer et portant sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine des zones ne relevant pas de la juridiction nationale (BBNJ: *Biodiversity Beyond National Jurisdiction*) a été initiée fin 2017²¹. Elle pose des questions de recherche dans différents registres : connaissance de la biodiversité; efficacité des mesures de protection; gouvernance de la haute mer et de l'usage des ressources biologiques profondes.

Depuis longtemps, les organismes et établissements impliqués dans la recherche océanique ont pris l'habitude de se concerter, de se coordonner et de partager des ressources communes. Outre les différents accords de mer régionale, trois dispositifs méritent ainsi d'être cités :

- la commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO qui coordonne GOOS (*Global Ocean Observation System*), le grand programme d'observation de l'océan²², et qui est à l'origine de la décennie des Nations Unies

pour les sciences océaniques au service du développement durable²³;

- l'autorité internationale des fonds marins (AIFM), organisme intergouvernemental autonome fondé en 1994 sous l'égide de l'ONU pour organiser et contrôler toutes les activités relatives aux ressources minérales des fonds marins dans la zone internationale au-delà des limites de la juridiction nationale²⁴;
- le *European Marine Board* qui rassemble les organismes et établissements de recherche marine en Europe et qui produit régulièrement des analyses prospectives globales ou thématiques^{10,11}.

Deux domaines très actifs de coopération internationale concernent, d'une part, la pêche avec des dispositifs européens et des organisations régionales dédiés qui fondent leur décision sur la connaissance des ressources halieutiques et de leur dynamique et, d'autre part, l'observation de l'océan, organisée en grands programmes qui ont des déclinaisons européennes et nationales. Plusieurs de ces programmes s'appuient sur des infrastructures de recherche qui ont une composante nationale. Par exemple: c'est dans le cadre de GOOS que s'insèrent le réseau mondial ARGO de 4000 flotteurs autonomes qui suit en continu les interactions océan — climat en mesurant la température et la salinité de l'océan ou le réseau européen EMSO d'observatoires de fond mer et de la colonne d'eau²⁵.

L'extension et l'amélioration de ces réseaux d'observation physique de l'océan, leur couplage avec des modèles sont des enjeux majeurs pour continuer à développer l'océanographie opérationnelle. Au niveau européen, la société civile *Mercator Ocean International*, fruit de l'investissement collectif du CNES, du CNRS, de l'Ifremer, de l'IRD, de MétéoFrance et du SHOM développe l'océanographie opérationnelle et les services numériques dérivés sur la base de ces observations et des modèles et porte le service d'observation marin de

Copernicus²⁶ et conduit pour l'UE le service de surveillance et prévision marine de Copernicus²⁷.

En matière d'observation, l'un des enjeux majeurs de la coopération internationale va être de développer le volet biologique tant pour les ressources halieutiques que pour les autres organismes vivants. C'est dans cette perspective que s'inscrit l'infrastructure européenne EMBRC²⁸ et que le partenariat pour l'observation de l'océan global (POGO²⁹) propose à la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable de construire un grand réseau d'observation biomoléculaire de l'océan.

Enfin, des mécanismes de coordination des flottes océanographiques nationales (navires, engins sous-marins et autres équipements lourds afférents) existent, afin notamment de partager des accès à ces très grandes infrastructures de recherche qui demeurent un enjeu de souveraineté puisque leur disponibilité conditionne les observations *in situ*. La modernisation des flottes est ainsi un enjeu scientifique et technologique majeur¹¹.

DEUX INITIATIVES MAJEURES

Le PPR a vocation à être une contribution de la France à la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030) qui propose un cadre global pour soutenir la coopération scientifique dans ce domaine.

Le plan de mise en œuvre de cette décennie identifie 10 défis:

5 DÉFIS RELATIFS AUX CONNAISSANCES ET AUX SOLUTIONS

- Comprendre et cartographier les sources marines et terrestres de polluants et de contaminants, déterminer leurs effets potentiels sur la santé humaine et les écosystèmes océaniques et concevoir des solutions pour les éliminer ou les limiter.
- Comprendre les effets de multiples facteurs de stress sur les écosystèmes océaniques et élaborer des solutions pour surveiller, protéger, gérer et restaurer les écosystèmes et leur biodiversité en tenant compte de l'évolution des conditions environnementales, sociales et climatiques.
- Produire des connaissances, soutenir l'innovation et imaginer des solutions pour optimiser le rôle des océans en tant que source d'alimentation durable pour la population mondiale dans des conditions environnementales, sociales et climatiques en évolution.
- Produire des connaissances, soutenir l'innovation et imaginer des solutions pour le développement équitable et durable de l'économie océanique dans des conditions environnementales, sociales et climatiques en évolution.
- Approfondir la compréhension du lien océan-climat et créer des connaissances et des solutions pour atténuer les effets des changements climatiques, s'y adapter et accroître la résilience face à ceux-ci dans toutes les zones géographiques et à toutes les échelles, ainsi que pour perfectionner certains services, notamment les prédictions océaniques, climatiques et météorologiques.

3 DÉFIS LIÉS AUX INFRASTRUCTURES ESSENTIELLES

- Renforcer les services d'alerte rapide multirisque pour l'ensemble des aléas géophysiques, écologiques, biologiques, météorologiques, climatiques et anthropiques liés aux océans et aux zones côtières, et accorder une place d'importance à la préparation et à la résilience des populations.
- Mettre en place, pour tous les bassins océaniques, un système viable d'observation de l'océan qui fournisse des données et des informations accessibles, actuelles et exploitables à tous les utilisateurs.
- Grâce à une collaboration multipartite, concevoir une représentation numérique complète des océans, comprenant notamment une carte dynamique, qui permette un accès libre et ouvert pour explorer, découvrir et visualiser l'état passé, actuel et futur des océans d'une façon adaptée à diverses parties prenantes.

2 DÉFIS STRUCTURELS

- Assurer un renforcement global des capacités et l'accès équitable aux données, à l'information, aux connaissances et à la technologie en sciences océaniques dans toutes leurs dimensions et pour toutes les parties prenantes.
- Garantir que la valeur inestimable des océans et les services qu'ils assurent pour le bien-être humain, la culture et le développement durable soient largement compris, et recenser et surmonter les obstacles au changement des comportements — élément indispensable pour faire évoluer progressivement le rapport que l'humanité entretient avec les océans.»

Au niveau européen, la mission « *Starfish2030: Restore our Ocean and Waters* »¹² est appelée à jouer un rôle structurant pour les recherches océaniques au sein du programme-cadre Horizon Europe, tout comme le partenariat *A climate neutral, sustainable and productive Blue Economy* qui sera une composante de Horizon Europe et que la France soutient.

Elle identifie cinq objectifs principaux qui concernent principalement l'océan et mettent en jeu le continuum entre les eaux continentales et marines, entre les activités humaines et l'ensemble des écosystèmes aquatiques :

- Comblent le déficit de connaissances et le déficit émotionnel
- Régénérer les écosystèmes marins et aquatiques
- Zéro pollution
- Décarboner les activités humaines relatives à l'océan, aux mers et aux eaux intérieures
- Réorganiser la gouvernance.

Le PPR contribuera aussi au programme « Green Deal » et au plan de relance européen.



STRATÉGIES NATIONALES

Outre leur contribution à ces stratégies globales ou européennes, les différents pays ont, chacun des stratégies nationales dont quelques éléments saillants sont soulignés ici³⁰ :

- Les États-Unis d'Amérique sont de fait un acteur essentiel de la recherche océanique avec : une agence qui couple recherche atmosphérique, climatique et océanique (NOAA) qui investit dans les tous les champs des recherches marines et joue un rôle structurant dans le domaine de l'observation et de la numérisation des données et services marins; des instituts d'excellence mondialement connus en océanographie (*Woods Hole Oceanographic Institution* dans le Massachusetts; *Scripps Institution of Oceanography* à l'Université de Californie à San Diego); et un grand nombre d'universités;

- Les recherches océaniques chinoises sont en plein développement, dans tous les domaines thématiques et disciplinaires, avec notamment des investissements importants, scientifiques et technologiques, en matière d'exploration des environnements profonds;

- Au Japon outre les universités, un institut de recherche joue un rôle particulier : le Jamstec (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology). Il a en particulier en charge toute la surveillance et les observations sismologiques du Japon (terre et mer) et possède un bateau foreur utilisé par certaines de nos équipes en collaboration car nous n'en avons pas dans la FOF. D'autre part cet institut est très bien placé dans les sciences marines des grands fonds. Dans le cadre du dialogue maritime franco-japonais et dans le cadre de la décennie de l'Océan des Nations unies un atelier franco-japonais a été organisé en 2019 pour renforcer la coopération maritime entre l'Ifremer et le JAMSTEC au travers d'un projet d'observatoire de l'Océan dans la zone de la Nouvelle Calédonie. À noter que l'Australie a aussi des enjeux communs avec la France sur ces territoires;

- La recherche océanique en Allemagne est menée par plus d'une dizaine d'instituts et universités, dont trois sont plus particulièrement visibles : le centre pour la recherche océanique de Kiel (GEOMAR, avec notamment des compétences en géosciences), l'Institut Alfred Wegener (AWI) pour la recherche polaire et marine, le centre pour les sciences de l'environnement marin de l'Université de Brême. La coordination des recherches marines allemandes est un enjeu qui a donné lieu à la création en 2020 de la *Deutsch Allianz Meeresforschung* (DAM) dotée de 100 M€ sur 4 ans dans le cadre d'un accord entre l'État fédéral et les *Länder* du Nord de l'Allemagne. Ce financement, additionnel aux ressources usuelles de ses membres, vise à produire des connaissances axées sur des solutions pour la gestion durable

des mers et des océans. Sont notamment visées : la protection des écosystèmes marins et de leur biodiversité ; leur contribution au stockage du carbone ; la coordination et l'optimisation des infrastructures de recherche ; la gestion et la numérisation des données marines. Cette initiative est ouverte aux collaborations bilatérales et doit permettre à l'Allemagne de contribuer à la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable ;

- La Norvège traditionnellement concentrée sur la recherche marine polaire et sur les recherches halieutiques et aquacoles est en train de monter en puissance à la fois en termes d'infrastructures de recherche (flotte : navires et engins) et d'étude des fonds marins.
- Depuis quelques années, l'Inde et la Chine investissent fortement sur l'océan profond, à la fois dans le cadre des contrats d'exploration de ces deux pays avec l'AIFM et de grands programmes de recherche et développement qui incluent une capacité technologique d'exploration par des engins sous-marins..

8 — UN. 2016. *The First Global Integrated Marine Assessment*. <http://www.un.org/depts/los/globalreporting/WOARPROC/WOARCompilation.pdf>

9 — G7. 2018. *Charlevoix Blueprint for Healthy Oceans, Seas and Resilient Coastal Communities*. <https://g7.gc.ca/en/official-documents/charlevoix-blueprint-healthy-oceans-seas-resilient-coastal-communities/>

10 — IPBES. 2019. *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Díaz et al. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>

11 — IPCC 2019. *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Pörtner et al. (Eds.). <https://www.ipcc.ch/srocc/>

12 — OCDE 2016. *The Ocean Economy in 2030*. Éditions OCDE, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264251724-en>.

13 — OCDE 2020. *Sustainable Ocean for All. Harnessing the Benefits of Sustainable Ocean Economies for Developing Countries*. Éditions OCDE, Paris. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/9789264251724-en>

14 — IOC-UNESCO. 2017. *Global Ocean Science Report 2017. The current status of ocean science around the world*. L. Valdés et al. (eds), Paris, UNESCO Publishing. unesdoc.unesco.org/images/0025/002504/250428e.pdf

15 — IOC-UNESCO. 2020. *Global Ocean Science Report 2020. Charting Capacity for Ocean Sustainability*. K. Isensee (ed.), Paris, UNESCO Publishing.

16 — OceanObs'19. *The Living Action Plan*. <http://www.oceanobs19.net/living-action-plan/>

17 — European Marine Board. 2019. *Navigating the Future V: Marine Science for a Sustainable Future*. Position Paper 24. of the European Marine Board, Ostend, Belgium. DOI: [10.5281/zenodo.2809392](https://doi.org/10.5281/zenodo.2809392)

18 — Nieuwejaar et al. 2019. *Next Generation European Research Vessels: Current Status and Foreseeable Evolution*. *Position Paper 25 of the European Marine Board, Ostend, Belgium*. DOI: [10.5281/zenodo.3477893](https://doi.org/10.5281/zenodo.3477893)

19 — Lamy et al. 2020. *Proposed Mission: Mission Starfish 2030: Restore our Ocean and Waters*. European Commission, Report of the Mission Board Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters. DOI: [10.2777/70828](https://doi.org/10.2777/70828)

20 — EU-PolarNet (2020) *Integrated European Polar Research Programme* (Eds. Velázquez D, Houssais MN, Biebow N). 91 pp. Bremerhaven:

Alfred Wegener Institute. <https://eu-polarnet.eu/wp-content/uploads/2020/11/EPRP.pdf>

21 — <https://www.un.org/bbnj/fr>

22 — <https://www.goosocean.org/>

23 — <https://fr.unesco.org/ocean-decade>

24 — <https://www.isa.org.jm/>. L'Ifremer porte pour la France 2 des 30 contrats de l'AIFM pour l'exploration des ressources minérales dans la zone internationale.

25 — La TGIR ARGO (<https://www.euro-argo.eu/>) et l'IR EMSO (<http://emso.eu/>) vont être soutenues par le PIA au travers des deux projets d'Equipex+ Argo2030 et Marmor. Elles vont aussi bénéficier du plan d'investissement scientifique exceptionnel de l'Ifremer

26 — <https://www.mercator-ocean.fr/>

27 — <https://www.marine.copernicus.eu/>

28 — <https://www.embrc.eu/>. La composante française va être soutenue par le PIA au travers du projet AOEMBRC.

29 — <https://pogo-ocean.org/>

30 — Produire une synthèse des stratégies maritimes nationales et de leur volet scientifique est, en soi, un travail considérable. Une telle veille scientifique et technologique n'est conduite de façon régulière que sur les ressources minérales des grands fonds, dans le cadre d'une convention entre l'Ifremer et le ministère de la Transition écologique (MTE), et dans une moindre mesure sur l'économie maritime par l'UMR AMURE (Brest).

ANNEXE 2 LES PRINCIPALES INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE OCÉANIQUE AUXQUELLES LA FRANCE CONTRIBUE

Nous décrivons ci-dessous en quelques lignes les infrastructures les plus significatives pour la communauté :

- Euro-Argo est la contribution européenne au réseau international Argo constitué de près de 4000 flotteurs autonomes qui mesurent en temps réel la température et la salinité depuis la surface jusqu'à 2000 mètres de profondeur sur l'ensemble des océans. Euro-Argo est une structure légale européenne (*European Research Infrastructure Consortium*, ERIC) coordonnée par la France et qui pérennise et renforce les contributions européennes au réseau Argo.
- Le projet JERICO (*Joint European Research Infrastructure network for Coastal Observatories*) permet de développer et tester des stratégies innovantes de surveillance du milieu marin côtier pour aider à mieux le protéger, informer et orienter la mise en œuvre de politiques environnementales. L'infrastructure associe maintenant des mesures physiques, biochimiques et biologiques pour atteindre un haut niveau de compréhension des écosystèmes. Ces activités sont également liées à l'élaboration de « meilleures pratiques » pour la métrologie, l'acquisition des données et leur traitement, toujours dans un contexte « *open access* » et « *open source* ».
- EMSO (*European Multidisciplinary Sea-Floor and water column Observatory*) est un réseau européen d'observatoires du fond de mer et de la colonne d'eau, au point fixe, qui a pour objectif scientifique d'observer en temps réel les processus environnementaux liés aux interactions entre géosphère, biosphère et hydrosphère. EMSO vise à acquérir des séries temporelles longues (10 à 20 ans au moins) dans les mers du pourtour européen, de l'Arctique à l'Atlantique, de la Méditerranée à la mer Noire.
- OHIS (Océan Hauturier/In situ), infrastructure en construction, doit être le lieu où se développent les stratégies scientifiques communes à tous les réseaux hauturiers et où s'amorcent et se discutent les actions de coopération internationale, incluant les partenariats au Sud. Le périmètre d'OHIS intègrera les activités couvertes actuellement par Coriolis R&D.
- EMBRC-France (Centre National de Ressources Biologiques Marines) offre aux scientifiques académiques et aux entreprises un accès simplifié aux écosystèmes, aux ressources biologiques marines, aux équipements de pointe et aux compétences complémentaires des trois stations marines de Sorbonne Université et du CNRS : Banyuls, Roscoff et Villefranche-sur-Mer. Par l'accueil sur place ou les prestations à distance, EMBRC-France lève le verrou du difficile accès aux ressources biologiques marines et met à disposition un outil majeur pour l'exploration et l'exploitation de la biodiversité marine, de l'échelle moléculaire aux écosystèmes.
- ECORD - IODP (European Consortium for Ocean Drilling Research - International Ocean Discovery). C'est une TGIR du ministère de l'Enseignement supérieur de la Recherche et de l'Innovation.

La France participe au Programme international de forage profond en mer en contribuant par la partie européenne au programme ECORD et au programme international IODP. Le forage océanique et les techniques associées sont des outils essentiels et indispensables pour comprendre et prédire le fonctionnement du système Terre. Le programme IODP aborde quatre grands thèmes scientifiques : Changements climatiques et environnementaux ; Biosphère en subsurface océanique et biodiversité et forage environnemental des écosystèmes ; Processus profonds et impact sur les environnements superficiels ; Terre en mouvement avec un focus sur les processus et risques à l'échelle humaine.

- La FOF (Flotte Océanographique Française), opérée par Ifremer, rassemble les navires de recherche nationaux qui permettent de mener en milieu marin côtier et hauturier des recherches en sciences de l'univers et de l'environnement dans de nombreux domaines : géosciences, océanographie physique et biologique, biogéochimie des océans, paléoclimatologie, biodiversité... Elle participe à la formation par et pour la recherche. Elle contribue à des missions de service public de surveillance et d'expertise : hydrographie, environnement côtier, ressources halieutiques, biodiversité, évaluation de risques naturels (sismique, volcanique, gravitaire, tsunami). Elle compte :
 - 4 navires hauturiers : *Atalante*, *Pourquoi Pas ?*, *Thalassa*, *Marion Dufresne* ;
 - 2 navires semi-hauturiers menant des missions en outremer : *Alis*, *Antea* ;
 - 5 navires côtiers utilisés en Manche-Atlantique et en Méditerranée : *Thetys*, *L'Europe*, *Thalia*, *Côtes de la Manche*, *Haliotis* ;
 - des engins sous-marins : *Nautile* (habité), robot télé-opéré Victor 6000, AUV ;
 - des instruments scientifiques : sismique, pénétromètre Penfeld, carottier.

ANNEXE 3 ARTICULATION ENTRE LES DÉFIS DU PPR ET LES DÉFIS DE LA DÉCENNIE POUR LES SCIENCES OCÉANIQUES AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

LES 10 DÉFIS DE LA DÉCENNIE POUR LES SCIENCES OCÉANIQUES

- **Défi 1 :** Comprendre et cartographier les sources marines et terrestres **de polluants et de contaminants**, déterminer leurs effets potentiels sur la santé humaine et les écosystèmes océaniques et concevoir des solutions pour les limiter ou les éliminer.
 - **Défi 2 :** Comprendre les effets de multiples facteurs de stress sur les écosystèmes océaniques et élaborer des **solutions pour protéger, surveiller, gérer et restaurer les écosystèmes et leur biodiversité** en tenant compte de l'évolution des conditions environnementales, y compris du climat.
 - **Défi 3 :** Produire des connaissances, soutenir l'innovation et imaginer des solutions pour optimiser le rôle des océans en tant que **source d'alimentation durable pour la population mondiale** dans des conditions environnementales et sociales en évolution.
 - **Défi 4 :** Produire des connaissances, soutenir l'innovation et imaginer des solutions pour contribuer au **développement équitable et durable de**
- l'économie océanique** dans des conditions environnementales et sociales en évolution.
- **Défi 5 :** Approfondir la compréhension du **lien océan-climat** et se servir de ces **connaissances** pour créer des solutions d'atténuation, d'adaptation et de résilience face aux effets des changements climatiques ainsi que pour perfectionner certains services, notamment les prédictions et les prévisions météorologiques, climatiques et océaniques.
 - **Défi 6 :** Étendre les **dispositifs d'alerte multirisque** à l'ensemble des aléas biologiques, géophysiques, météorologiques **et** climatiques liés aux océans, et accorder une place d'importance à la préparation et à la résilience des populations.
 - **Défi 7 :** Mettre en place un **système d'observation de l'océan** qui fournisse des données et des **informations** accessibles à tous les utilisateurs sur l'état des océans, et ce pour toutes les régions océaniques.
 - **Défi 8 :** Concevoir, grâce à une collaboration multipartite, une **représentation numérique complète des océans**, comprenant notamment une carte dynamique, qui permette un accès libre et ouvert pour explorer, découvrir et visualiser l'état passé, actuel et futur des océans.
 - **Défi 9 :** Assurer un **renforcement global des capacités et l'accès équitable aux**

données, à l'information, aux connaissances et à la technologie en sciences océaniques dans toutes leurs dimensions et pour toutes les parties prenantes, quels que soient leur origine géographique, leur genre, leur culture ou leur âge.

- **Défi 10** : Garantir que la valeur inestimable des océans pour le bien-être humain, la culture et le développement durable soit reconnue et largement comprise ainsi que **recenser et surmonter les obstacles au changement des comportements** élément indispensable pour faire évoluer progressivement le rapport que l'humanité entretient avec les océans.
- **Défi 1**. Prévoir et anticiper les impacts des phénomènes extrêmes liés au changement climatique en outremer : **Défis 5 et 6 de la Décennie**
- **Défi 2**. Les océans polaires : des écosystèmes peu connus, en mutation rapide et aux ressources convoitées : **Défis 1,2 et 5 de la Décennie**
- **Défi 3**. Protection et résilience des milieux marins : analyse des actions menées et développement d'approches innovantes de gestion : **Défi 2 de la Décennie**
- **Défi 4**. Contribuer au développement d'une économie durable via la maîtrise de ses impacts et des modes de gouvernance adaptés : **Défis 3 et 4 de la Décennie**
- **Défi 5**. Caractériser et quantifier par des approches intégrées les stress anthropiques et leurs effets sur les écosystèmes marins pour définir des seuils et des réglementations adaptées : **Défi 1 de la Décennie**
- **Défi 6**. Développer des programmes d'observation et de modélisation innovants, pluridisciplinaires, multi-paramètres, multi-échelles et multi-acteurs, en accompagnement des défis identifiés : **Défis 7, 8, 9 de la Décennie**
- **Défi 7**. Partager avec le grand public la découverte de l'Océan et les enjeux associés en développant les sciences participatives et une politique de science ouverte : **Défi 10 de la Décennie**

LIENS AVEC LES DÉFIS DU PPR

ANNEXE 4 COMPOSITION DU CONSEIL SCIENTIFIQUE

Présidente : Yunne Shin, directrice de recherche IRD, UMR MARBEC (Montpellier)

Liste des membres :

	AFFILIATION	MOTS-CLÉS	DÉFIS
MARIE BONNIN	LEMAR (Brest)	Droit de l'environnement marin	3
LAURENT BOPP	IPSL (Paris)	Cycle du carbone, Océano physique, modélisation, IPCC, CC	6, 1, 2
MATHILDE CANNAT	IPGP (Paris)	Géosciences marines, EMSO, croûte océanique, campagnes océano	6
ANNE CHENUIL	IMBE (Marseille)	Phylogénie, phylogéographie et génétique des populations marines, nouvelles techniques génomique, biodiversité, tropical, antarctic	1,2
FRÉDÉRIQUE CHLOUS	MNHN (Paris)	Socio-ethnologue, gestion participative multi-acteurs, communautés côtières, Pdt CS OFB	7
DOMINIQUE DURAND	NORCE (Norvège)	Ingénierie marine capteurs, systèmes d'observation	6
RONAN FABLET	Lab STICC (Brest)	Méthodes numériques, traitement signal, IA. Interface sciences des données et sciences océaniques (océanographie spatiale et écologie marine), événements extrêmes env tropical	6
JEAN-PIERRE GATTUSO	LOV (Villefranche s/ Mer) et associé IDDRI	Acidification des océans, contribution au rapport GIEC – SROCC (2019), CC, Nature-based solutions	1, 2, 3
MARIE-NOËLLE HOUSSAIS	LOCEANS (Paris)	Dynamique des océans polaires, convection océanique, interactions ocean-cryosphere	1
FRÉDÉRIC MÉNARD	MIO (Marseille)	Outre-mer, campagnes océanographiques, analyse isotopes, pélagique hauturier, chargé mission Outre-Mer IRD	1
CHRISTOPHE MINIER	SEBIO (Le Havre)	Ecotoxicologie, Anses comité experts Reach-CLP, perturbateurs endocriniens, effets sur poissons et bivalves	5
PIERRE-MARIE SARRADIN	BEEP (ex LEP) (Brest)	Ecosystèmes profonds, réseaux trophiques sources hydrothermales, permis nodules et sulfure, interactions avec biologie	4
OLIVIER THÉBAUD	AMURE (Brest)	Economie environnementale, ressources naturelles, ex-dir AMURE, modélisation	4, 7
FRÉDÉRIQUE VIARD	ISEM (Montpellier)	Invasions biologiques, écologie moléculaire, génétique des populations, écosystèmes côtiers, connectivité, ADNe, metabarcoding	3

Auteurs

Ifremer :
Anne Renault,
Wilfried Sanchez

CNRS :
Anne Corval,
Cyril Moulin,
Laurent Chauvaud

IRD :
Yunne Shin



Centre Bretagne
ZI de la Pointe du Diable
CS 10070
29280 Plouzané
Tél. 02 98 22 40 40
www.ifremer.fr



CNRS
3 Rue michel ange
75016 Paris
Tél. 01 44 96 40 00
www.cnrs.fr



Remerciements à l'ensemble des personnes
qui ont contribué à la réalisation
de ce rapport.

Conception graphique

Jérémy Barrault + Léa Audouze

Impression

Média Graphic

Ce document est imprimé sur du papier
Nautilus classic 100 % recyclé 240 g et 120 g.

