

Les projets du PPR Océan et climat doivent s'adresser à quatre zones prioritaires sur lesquelles sont identifiés des enjeux forts de bouleversement climatique, de pressions anthropiques multiples et d'ampleur inédite, de préservation de la biodiversité et des services écosystémiques, d'économie durable, de souveraineté ou de diplomatie : les océans polaires, les Outre-mer, l'océan profond et les zones marines et côtières métropolitaines vulnérables. A noter que ce programme se focalisant sur l'anticipation des changements globaux d'origine anthropique impactant les océans, les géosciences relatives à la tectonique ou à la sismologie ne sont pas inclus dans le périmètre de ce programme, de même que les infrastructures littorales (aménagements terrestres, ports, estuaires...).

Le PPR Océan & Climat est structuré autour de 7 grands défis qui sont les suivants :

Défi 1 : Prévoir les impacts des phénomènes extrêmes liés au changement climatique en outre-mer pour guider les politiques territoriales

Mots-clés : outre-mer, zone intertropicale, phénomènes extrêmes, climat, impacts, risques, sociétés, adaptation, crise.

Ce défi s'articulera autour de trois axes de recherche conduisant à co-construire des projets avec les acteurs locaux à l'échelle d'un ou de plusieurs territoires d'Outre-mer. Il s'attachera à identifier et proposer des réponses aux enjeux de vulnérabilité pour guider les politiques publiques territoriales en matière de gestion des risques :

Axe 1.1 : Améliorer notre connaissance des événements extrêmes climatiques en outre-mer (notamment tempêtes et cyclones tropicaux, épisodes de submersion côtière, vagues de chaleur océanique, sécheresses, événements de précipitations extrêmes) et notre capacité à prévoir leur évolution à différents horizons temporels (de la saison à la fin du siècle). Les grandes échelles climatiques jouent un rôle central vis-à-vis de ces questions à fort impact régional.

Axe 1.2 : Augmenter les capacités de prédiction des impacts de ces événements sur les territoires d'outre-mer par une approche interdisciplinaire, en particulier sur les écosystèmes marins (biodiversité, fonctionnement, vulnérabilité, résilience, services écosystémiques), sur le littoral sous contraintes environnementales, physiques et anthropiques, et sur les économies et sociétés qui en dépendent. Les étudier à des échelles régionales et locales à partir de scénarios d'exposition, au regard de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation des territoires, et des trajectoires d'évolution des sociétés.

Axe 1.3 : Identifier des solutions potentielles à forte probabilité de réduction du risque en fonction des spécificités des territoires. Explorer par exemple la pertinence des solutions d'adaptation basées sur les écosystèmes. **Accompagner les acteurs locaux du développement de ces territoires**, y compris ceux de l'ESR, dans la définition de leurs politiques de formation et de gestion répondant aux vulnérabilités, aux impacts identifiés, et aux différents scénarios d'adaptation.

Défi 2 : Intensifier les recherches dans des océans polaires en pleine mutation et aux enjeux géostratégiques majeurs

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

En cohérence avec le plan Stratégique Polaire, ce défi privilégiera la construction de questions scientifiques interdisciplinaires spécifiques aux océans polaires, y compris leurs interactions avec les échelles globales, et en support à la construction de scénarios pour identifier les trajectoires d'évolution des changements dans les océans polaires, et les opportunités / risques associés à ces trajectoires. Il prendra en compte les défis et lacunes d'observation inhérentes à ces milieux extrêmes. Il s'agira de caractériser les **enjeux environnementaux, économiques, sociaux, juridiques, stratégiques et politiques associés aux changements dans les océans polaires** (en lien par exemple avec les changements environnementaux et la demande croissante sur les biens et services liés aux écosystèmes polaires, le développement des activités humaines), et proposer des approches intégrées des questions de gouvernance qui en découlent. Il se déclinera selon trois axes visant à :

Axe 2.1 : Caractériser et prévoir les évolutions physiques des océans polaires en lien avec le changement climatique, les rétroactions et couplages avec les autres compartiments du système terre, notamment les cryosphères marine et terrestre, leurs connexions avec les échelles globales océaniques et atmosphériques, et leurs impacts sur les grands cycles biogéochimiques et la production primaire marine.

Axe 2.2 : Caractériser, prévoir et anticiper l'impact des changements régionaux et globaux sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes côtiers et hauturiers des océans polaires, y compris la disparition de niches écosystémiques liées à la disparition de la banquise arctique. Développer des indicateurs pertinents de ces changements et des états de référence. Analyser dans une démarche intégrative l'exposome physique, chimique et biologique et l'état de santé des organismes et la biodiversité polaires dans un contexte de changement global. En particulier, caractériser la nature et l'origine des sources de polluants actuels et émergents, les trajectoires privilégiées des polluants et leur devenir dans les réseaux trophiques des compartiments pélagique et benthique jusqu'à leurs impacts sur les populations locales.

Axe 2.3 : Analyser les valeurs de l'océan Arctique pour les populations riveraines et évaluer l'impact des changements environnementaux sur ces populations en prenant en compte les transformations sociales, culturelles et économiques à l'œuvre.

Défi 3 : Améliorer la protection et la résilience des milieux marins et le développement de nouvelles approches intégratives de gestion

Mots-clés : biodiversité, socio-écosystèmes, aires marines protégées, nouveaux usages, gouvernance, évolution et dynamique, bénéfico-risque, résilience, restauration, gestion durable, atténuation.

Ce défi vise à l'acquisition de connaissances afin de promouvoir des solutions et stratégies permettant la protection des milieux marins. Les projets devront s'appuyer sur des recherches interdisciplinaires, regroupant par exemple des chercheurs dans les domaines des sciences de l'environnement, des sciences de l'écologie et de l'évolution, et des domaines relevant des sciences humaines et sociales, et/ou transdisciplinaires¹. La participation des parties prenantes (ex. ONG, gestionnaires des milieux naturels, acteurs du monde économique) est encouragée. Quatre axes sont proposés :

Axe 3.1 : Définir les conditions (écologiques, environnementales, sociales et/ou politiques) permettant la mise en œuvre de stratégies efficaces de protection et gestion des milieux marins, y compris au travers des Aires Marines Protégées et Parcs Marins. Les projets pourront s'appuyer sur des analyses issues des expériences antérieures pour identifier les contraintes et bénéfices des options mises en œuvre ainsi que dégager les lacunes de connaissance. Ces analyses pourront concerner notamment la gouvernance, l'implication des parties prenantes, les moyens de surveillance, l'état de la biodiversité et ses dynamiques.

Axe 3.2 : Améliorer les connaissances et évaluer le potentiel des solutions basées sur la nature et/ou des actions d'interventions sur la biodiversité (ex. restauration, colonisation assistée, nouvelles technologies) dans le but de **protéger et conserver les milieux marins**. Les projets pourront s'appuyer sur des analyses critiques ou des preuves de concepts reposant sur des approches théoriques, expérimentales et/ou de modélisation.

Axe 3.3 : Acquérir des connaissances concernant les nouveaux usages en mer et la protection de la diversité marine. Ces nouveaux usages sont liés par exemple au développement d'infrastructures en mer (ex. ports, éoliennes), à l'urbanisation croissante et au développement mesures de conservation (protection, restauration). Ces projets devront viser à déterminer l'influence de ces nouveaux usages sur la dynamique et l'évolution de la biodiversité et/ou des socio-écosystèmes, notamment au travers du prisme de leurs effets écologiques et évolutifs (ex. effets récifs, effets refuges, modifications de la connectivité) ainsi que des transformations des socio-écosystèmes en prenant en compte les conflits d'usage et les nouvelles gouvernances. Les projets pourront également intégrer les synergies vs. antagonismes entre ces nouveaux usages et les autres pressions d'origine anthropique sur la protection de la biodiversité.

Axe 3.4 : Proposer des métriques et/ou indicateurs permettant d'analyser les impacts sur la biodiversité et les socio-écosystèmes des mesures prises pour la conservation des écosystèmes marins. Il s'agira de définir et évaluer ces métriques et/ou indicateurs par des approches empiriques

¹ Selon le Rapport Global sur le développement durable des Nations Unies (2015), la transdisciplinarité combine l'interdisciplinarité et les approches participatives. Elle implique donc la participation de non-scientifiques, nécessite de s'adresser à diverses communautés et de prendre en compte les connaissances non scientifiques (par exemple, celles des communautés locales et indigènes, des groupes d'utilisateurs, du grand public et des organisations non gouvernementales) dans le processus de recherche.

et/ou théoriques, et dans le cas de mesures de conservation, l'efficacité et l'efficience de ces mesures pour la biodiversité. Les projets pourront de plus proposer des stratégies de suivi à différentes échelles de temps et d'espace de la dynamique de la biodiversité (incluant si possible différentes composantes génétiques, taxonomiques, fonctionnelles, écosystémiques), de ses contributions aux sociétés humaines et des pressions exercées.

Défi 4 : Bénéficier durablement des ressources de l'océan en s'appuyant sur la science de la durabilité

Mots-clés : ressources alimentaires, ressources énergétiques, usages durables, gestion intégrée, approche écosystémique, adaptation, gouvernance, services écosystémiques

Ce défi a pour ambition d'intégrer les dimensions écologique, sociale, économique et politique autour des ressources alimentaires, et énergétiques marines dans un contexte de changement global. En lien avec la position de la France concernant les ressources minérales profondes, ces dernières sont exclues du périmètre de cet appel. Concernant les outre-mer, l'océan profond et/ou le côtier métropolitain, il s'attachera plus particulièrement à :

Axe 4.1 : Développer les connaissances, outils et approches aidant à identifier et évaluer des stratégies alternatives et innovantes d'usages durables des ressources biologiques et/ou énergétiques dans un contexte à la fois économiquement viable, écologiquement soutenable et socialement équitable. Dans une perspective écosystémique, les projets estimeront, dans les zones sous juridiction européenne comme au-delà, les impacts de ces activités sur les ressources actuelles ou potentielles, ainsi que sur la biodiversité, les habitats marins, les autres activités maritimes et les services écosystémiques associés, et aideront à identifier les méthodes et les modes de gouvernance permettant de minimiser ces impacts et les conflits d'usage.

Axe 4.2 : Développer les connaissances en appui à une aquaculture (du végétal aux grands prédateurs) compatible avec les objectifs du développement durable. Les questions à aborder portent sur l'identification des arbitrages et synergies, et la levée des freins permettant la cohabitation entre l'aquaculture et les autres activités en zone côtière (ex. pressions sur les stocks naturels utilisés comme nourriture, conflits dans l'affectation des espaces, impacts environnementaux et sociétaux) au travers de l'expérimentation de nouvelles stratégies intégrées de développement aquacole, et d'accompagnement scientifique de politiques de soutien à ce développement.

Axe 4.3 : Anticiper la résilience des socio-écosystèmes en évaluant les impacts des pressions cumulées (usages des ressources biologiques et énergétiques combinées aux pollutions, changement climatique ou autres pressions...) sur les écosystèmes, et des changements environnementaux sur les activités maritimes et les sociétés, sous différents scénarios de changements globaux. Dans ce cadre, des approches basées sur la modélisation (par exemple, modélisation des réseaux trophiques, océanographie opérationnelle, modélisation bio-économique, modélisation des dynamiques sociales et spatiales, modélisation "end-to-end"...) et l'expérimentation, pourront être mises en avant pour éclairer les politiques publiques. Il sera également possible de proposer des projets visant à identifier les mécanismes permettant d'augmenter la résilience socio-écologique à différentes échelles temporelles et/ou spatiales (ex. épigénétique, processus adaptatifs,

connectivité fonctionnelle, réponses des activités et vulnérabilité des acteurs) et de soutenir une gestion adaptative.

Défi 5 : Caractériser l'exposome océanique et ses impacts pour protéger les écosystèmes marins

Mots-clés : facteurs climatiques et non-climatiques, pollution chimique, pathogènes, impacts de stress multiples, effets biologiques, écologiques et biogéochimiques, réglementation environnementale, services écosystémiques, solutions

Ce défi a pour objectif de développer la compréhension des multiples facteurs de stress qui affectent de concert les organismes et les écosystèmes. Les facteurs de stress considérés sont très larges : climatiques, pollutions chimiques et autres. Les impacts peuvent concerner les processus biologiques et écologiques, l'érosion de la biodiversité, et les conséquences sur les cycles biogéochimiques et les services écosystémiques. Le défi vise notamment à identifier les traits communs ou particuliers de santé des organismes et des écosystèmes marins pour une meilleure mise en œuvre des mesures, y compris réglementaires, qui peuvent limiter les facteurs de stress et minimiser leurs impacts. Ce défi se décline selon deux axes complémentaires dont le traitement conjoint permettra de considérer un continuum exposition/effets :

Axe 5.1 : Développer des concepts et méthodes permettant de caractériser les multi-expositions (contaminants, pathogènes, stress physiques et climatiques) des organismes marins dans un objectif de compréhension des sources et des processus qui contrôlent les impacts conjugués de ces expositions sur les organismes et les écosystèmes.

Axe 5.2 : Identifier les facteurs de risque pour la santé des organismes marins affectant les écosystèmes et les services écosystémiques dans un contexte de changement climatique et de pression environnementale pour proposer des méthodes et approches innovantes de prévention et de réduction des pollutions et d'évolution de la réglementation, des méthodes de surveillance, et des solutions fondées sur l'océan.

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

Mots-clés : systèmes d'observation, jumeaux numériques, observatoires augmentés, modélisation numérique, intelligence artificielle, masses de données, synergie modèles-données

Ce défi vise à lever les verrous scientifiques, méthodologiques et technologiques posés aux programmes internationaux d'observation et de modélisation de l'océan. À ce titre, les projets proposés devront expliciter leurs objectifs et stratégies en termes de contribution et de coordination de

l'expertise française à ce défi, au niveau national et européen. Ils devront également démontrer la pertinence de leurs développements méthodologiques et technologiques en lien avec au moins un des défis 1 à 5 du PPR. Ce défi transverse s'articule autour de trois axes principaux.

Axe 6.1 : Proposer des Preuves de Concept contribuant au développement d'observatoires dits « augmentés » : Cet axe vise à promouvoir une observation intégrée de l'océan dans toutes ses dimensions (de la physique, la chimie, la biologie et la biodiversité à la caractérisation environnementale et aux dimensions économiques et sociales) pour en explorer le fonctionnement, le potentiel et les vulnérabilités des zones et compartiments les plus méconnus. Un des objectifs, non exclusif, est de démontrer l'apport de capteurs innovants à bas coût, de nouvelles observations et de nouvelles technologies d'intégration.

Axe 6.2 : Lever les verrous scientifiques, méthodologiques et technologiques d'un jumeau numérique² de l'océan pour améliorer notre capacité à observer, simuler, comprendre et prévoir l'océan pour guider les politiques de développement durable, notamment vis-à-vis des impacts anthropiques, de la gestion des ressources, des événements extrêmes et des échelles climatiques. Les questions abordées pourront notamment porter sur la modélisation de processus mal ou non-résolus (e.g., processus de petites échelles, extrêmes, interactions physique-chimie-biologie-sociétés, diversité biologique, évolution, processus aux interfaces), l'apport du big data, du calcul haute performance et de l'IA à la modélisation numérique des océans, les synergies modèle-données, la gestion des "cascades" de modèles couplés et d'une manière générale la capacité d'intégrer différentes solutions numériques dans une plateforme interactive permettant de tester et valider des scénarios impactant pour l'océan et l'environnement marin.

Axe 6.3 : Développer des solutions de gestion et traitement des masses de données multi-sources d'observation et modélisation des océans et des impacts socio-économiques et géopolitiques associés, pour favoriser leur utilisation et la création de nouvelles connaissances et services (océanographie opérationnelle, surveillance, prévision, incertitudes, gestion des usages, jeux de puissance, ...). Ceci comprend à la fois les verrous scientifiques et technologiques permettant d'exploiter des sources de données marines distribuées, hétérogènes et multi-sources et les solutions (e.g., de type IA) permettant d'extraire de nouvelles représentations multi-modales d'indicateurs pertinents et des variables essentielles de l'océan.

Défi 7 transversal : Partager avec les publics la découverte de l'Océan et les enjeux sociétaux associés

Mots clés : éducation, formation, partage et co-construction des questionnements, connaissances et méthodes scientifiques, acculturation aux sciences, science-art, médiation scientifique, engagement des citoyens, participation, sciences participatives, littératie océanique, bien commun

² Par jumeau numérique de l'océan, on entend une représentation numérique de l'ensemble des composantes d'intérêt de l'océan et de leurs interactions permettant d'intégrer l'ensemble des connaissances et données disponibles pour en simuler ou prédire l'évolution.

La co-construction des questionnements et le partage des connaissances scientifiques avec la société sont au cœur de ce défi. Il est nécessaire d'identifier quels sont les liens à l'océan, de développer la littératie océanique et de déterminer dans quelles conditions on peut parler de bien commun. Pour sensibiliser les publics aux enjeux portés par le PPR, et développer une littératie de l'Océan, des actions pourront être proposées en relation avec les questions de recherche développées dans les défis 1 à 5. Les approches collaboratives, associant à des degrés divers des parties prenantes, dans l'élaboration et la mise en œuvre de programmes de recherche et celles qui favorisent l'engagement des acteurs de la société sont encouragées. Les actions relèvent de la formation, de la médiation, des approches participatives et artistiques. **Pour l'ensemble des actions menées dans le défi 7, il est indispensable de construire une analyse réflexive des démarches menées (atteinte des objectifs en termes de publics visés, effets attendus ou non, engagement des scientifiques et des publics...) et de procéder à leur évaluation. Les méthodes d'évaluation (ex ante, in itinere, ex post) doivent être précisées.**

Axe 7.1 : L'océan bien commun : fondements d'une littératie océanique

Il est important de réaliser un état des lieux et un suivi des connaissances, des représentations sociales des enjeux et des attentes de la société, dans toute sa diversité, vis-à-vis des océans. Les aspects sociaux, environnementaux, géographiques et temporels devront être pris en compte. Une analyse pluridisciplinaire (juridique, politique, économique, philosophique, psychologique, écologique, culturelle, environnementale) de la notion d'"Océan, bien commun", tenant compte de la diversité culturelle française (métropole, outre-mer), sera susceptible d'éclairer les enjeux autour des océans dans un contexte de changement global.

Axe 7.2 : Connecter l'ensemble des citoyens à l'océan, par le partage des connaissances et favoriser les débats sur les enjeux. L'enjeu de connaissance et de préservation de l'océan concerne tous les citoyens, y compris ceux éloignés des littoraux. De nouvelles formes d'implication des scientifiques et de médiation doivent se construire pour permettre une appropriation des connaissances et des enjeux de l'océan en prenant en compte la diversité de la société française. Cela nécessite une acculturation aux sciences dans leur diversité, une capacité à développer une approche systémique et un renforcement des compétences pour permettre les débats. Un exemple parmi d'autres pourrait être d'utiliser la flotte océanographique française de haut niveau comme un vecteur de formation et de communication vers le grand public au travers « d'écoles flottantes », d'expositions ou de conférences à l'occasion des escales. Il est aussi important de réaliser un état des lieux et un suivi des connaissances, des représentations sociales des enjeux et des attentes de la société vis-à-vis des océans.

Axe 7.3 : Renforcer les objectifs scientifiques et sociaux dans les projets de recherche participative (co-conception, co-développement et co-implémentation des projets de recherche). Parallèlement aux bénéfices scientifiques qu'elles produisent (par exemple sur l'observation en continu sur de larges espaces, sur l'identification de nouvelles questions de recherches ou sur le développement de nouveaux champs de recherche aux interfaces sciences-sociétés), les recherches collaboratives permettent une acculturation à la science, aux questionnements et aux résultats scientifiques. La production de savoirs et de données, rigoureuses et structurées, par le public ou les parties prenantes est possible grâce à la collaboration entre équipes de recherches et partenaires (associations d'usagers, ou de professionnels, ONG, détenteurs de savoirs autochtones...).

Axe 7.4 : Stimuler la dimension émotionnelle de l'océan en associant science et art. Cet axe propose un regard différent sur les questionnements scientifiques et enjeux sociétaux. Le processus de création artistique invite les citoyens et les jeunes publics à s'approprier des enjeux complexes. Au-delà de la médiation, les collaborations arts-sciences participent à la construction de questions de recherche et de données nouvelles.