



FMES

Fondation Méditerranéenne
d'Études Stratégiques

Rapport d'études de la 1^{ère} session maritime méditerranéenne

Quelle politique de la France pour les fonds marins en Méditerranée ?

Sous la direction de Thierry Duchesne et de Jean-Michel Martinet

L'Institut FMES

L'institut Fondation Méditerranéenne d'Etudes Stratégiques (FMES) est né il y a plus trente ans de la volonté de mieux faire connaître les enjeux et les perspectives du bassin méditerranéen et du Moyen-Orient aux acteurs politiques, de l'éducation, de l'entreprise, des collectivités, des armées et des administrations.

Centre de recherche spécialisé dans les questions géopolitiques et stratégiques, il dispose aussi depuis 2022 d'un département maritime chargé d'animer la réflexion et l'expertise dans ce domaine.

Il contribue également au développement de l'économie de défense dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dont il est un centre ressources.

Il assure ses missions grâce à des cycles d'enseignement de haut niveau, des séminaires thématiques, des colloques, des études, des travaux de recherche et des publications.

Il est partenaire de l'Institut des hautes études de défense nationale (IHEDN), des universités de Toulon, de Nice Côte-d'Azur et d'Aix-Marseille, de l'Institut d'études politiques d'Aix-en-Provence et du réseau euro-méditerranéen Euromesco.

Préambule à l'attention du lecteur

L'institut FMES propose une formation annuelle « Session maritime méditerranéenne » (S2M). Elle a vocation à délivrer aux cadres dirigeants des secteurs public et privé des enseignements sur les différentes politiques maritimes conduites en Méditerranée.

Grâce à son approche internationale, interministérielle et interdisciplinaire, cette formation offre aux auditeurs une vision transdisciplinaire, véritable clef de compréhension des principaux enjeux maritimes actuels.

La formation comprend neuf séminaires de conférences par de grands acteurs institutionnels et des visites centrées sur les différents volets des politiques maritimes mises en œuvre en Méditerranée. Un voyage d'étude dans un grand Etat voisin apporte aux auditeurs une analyse comparée des politiques qui peuvent y être conduites.

Elle permet par ailleurs aux auditeurs l'opportunité de prendre du temps pour la réflexion et la conduite de travaux de comités sur un thème correspondant à un grand sujet d'actualité.

Les travaux de comités des auditeurs de la 1^{ère} session maritime méditerranéenne ont porté sur « Quelle politique de la France sur les fonds marins en Méditerranée ? »

Le présent rapport rend compte de ces travaux et formule des recommandations à l'attention des responsables des politiques publiques maritimes.

Liste des auditeurs de la 1^{ère} session maritime méditerranéenne

Monsieur	BARRE	David	Directeur technique Exail
Commandant	CASTELLI	Isabelle	Chef de la division de police maritime et aéroportuaire de Monaco
Madame	CHATIN	Marie France	Journaliste Radio France Internationale (RFI)
Monsieur	COUPARD	Philippe	Directeur de l'agence CS GROUP de Toulon
Monsieur	DUCHEMIN	Matthieu	Océanographe
Capitaine de frégate	GAIDET	David	Bataillon des marins pompiers de Marseille
Madame	HEBERT	Hélène	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Madame	HERRY	Noémie	Vice-Présidente tribunal judiciaire de Toulon
Commissaire en chef	LANNES	Pierre-Eric	Force d'Action Navale
Capitaine de frégate	LORO	Jacky	Etat-major du Préfet maritime
Monsieur	OLLER	Tony	Directeur du port de Saint Tropez
Lieutenant-colonel	PARTOUCHE	Franck	Commandant la compagnie de gendarmerie maritime de Marseille
Madame	QUEVERT	Natalie	Yacht Club de Monaco – SEA Index
Inspecteur principal	SEYCHELLES	Jean-Eudes	Direction nationale des garde-côtes des douanes
Madame	TODE	Lina	Directrice adjointe du Plan Bleu
Monsieur	TRAMBALLI	Davide	ENI Plénitude - Chargé d'affaires France
Monsieur	TRAUTMANN	Xavier	Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques (DRASSM)



Table des matières

Synthèse de l'étude

1. *Des fonds marins dont la connaissance scientifique est encore parcellaire malgré des moyens français de haute technologie.....*11
2. *Le besoin de renforcer la position de la France dans un contexte de moratoire sur l'exploitation des ressources minières tout en préservant l'avenir.*13
3. *La nécessité de maintenir un haut niveau de technologies permettant l'intervention sous la mer.*14
4. *De nouvelles menaces pèsent sur les fonds marins.*16
5. *Une dimension environnementale de plus en plus prégnante.*18

Quelle politique de la France pour les fonds marins en Méditerranée - Liste des recommandations.....

21

Fiches d'analyse

Fiche n°1

Mieux coordonner la recherche française concernant les fonds marins.....23

Fiche n°2

Concentrer les efforts de recherche scientifique sur le fonctionnement des habitats sensibles identifiés en Méditerranée27

Fiche n°3

Mesurer de façon objective et dans la durée les effets du mouillage des petits navires de plaisance sur les herbiers de posidonies31

Fiche n° 4

Renforcer la cohérence de la position de la France concernant l'exploitation des fonds marins et lui permettre d'influer en Méditerranée dans le cadre de la Convention de Barcelone ...33

Fiche n°5

Doter la France des drones sous-marins permettant de satisfaire l'ambition de la stratégie ministérielle de maîtrise des fonds marins.....39

Fiche n°6

Maîtrise de la dissémination des sous-marins et engins sous-marins de plaisance en Méditerranée.....43

Fiche n°7

Prendre en compte des menaces pesant sur les fonds marins liées aux nouvelles technologies et aux nouveaux besoins de protection de l'Etat en mer47

Fiche n°8

Prendre en compte la dimension sous-marine des futurs parcs éoliens méditerranéens51

Fiche n°9

Mettre en place un accord international interétatique facilitant les interventions sur les câbles dans toutes les eaux de la Méditerranée55

Fiche n°10	
Instaurer une protection des épaves reposant dans la ZEE française, au-delà de la zone contiguë, contre les risques de pillage lié à l'arrivée des nouvelles technologies	59
Fiche n° 11	
Améliorer la prévention du risque de pillage des épaves historiques lié au développement des activités de loisirs et à l'arrivée de nouvelles technologies	65
Fiche n°12	
Poursuivre l'adaptation de l'archéologie sous-marine aux évolutions des techniques de plongée profonde (Drassm et Inrap)	69
Fiche n° 13	
Créer des zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA) en mer en particulier sur les zones portuaires historiques de compétence des préfets de département	71
Fiche n° 14	
Protéger les fonds marins et les épaves archéologiques des menaces que fait peser le chalutage.....	75
Fiche n°15	
Renforcer la protection des habitats benthiques en facturant les coûts liés à leur destruction. Application du principe pollueur /payeur à la destruction des habitats	79
Fiche n° 16	
Restaurer les petits fonds côtiers présentant une altération des fonctions écologiques et optimiser le rôle écologique des fonds côtiers artificialisés.....	83
Fiche n°17	
Nécessité de bien maîtriser les techniques de dessalement de l'eau de mer en raison des conséquences possibles pour les fonds marins et l'environnement.....	87

Synthèse de l'étude

Les espaces maritimes sont l'objet actuellement de trois bouleversements : une révolution technologique majeure, des appétits de territorialisation grandissants et un défi environnemental sans précédent. L'autre défi est constitué par la rapidité de ces mutations, accélération comme jamais notre Humanité ne l'a connu dans son histoire.

Mais, ces enjeux concernent encore plus un espace particulier de la mer, ignorée et délaissée jusqu'à une période récente, son fond ; les mystérieux fonds marins qui ont pour inconvénient de ne pas être connus et donc de susciter beaucoup de fantasmes, d'ignorance ou d'*a priori*.

Les fonds marins qu'on qualifie aussi de plancher océanique sont constitués de tous les fonds immergés des mers, de 0 à 11 000 mètres (fosse des Mariannes dans le Pacifique).

Cette étude s'est donc penchée sur les enjeux du fond de la Méditerranée, quel qu'en soit la profondeur. Et, comme pour la colonne d'eau, il est apparu rapidement que si les enjeux côtiers des fonds marins sont forts en raison d'une forte pression anthropique, ceux des grands fonds sont moins nombreux mais plus complexes car moins à la portée de la seule volonté de la France.

La France dispose d'énormes atouts dans le domaine de l'accès aux fonds marins, ce qui a toujours été un de ses domaines d'excellence, même si une forme de déclassement est en cours. Peu de pays disposent d'autant de points forts ; ce qui s'illustre tout particulièrement en Méditerranée : des industriels de renom (Exail Robotics, Alseamar), un organisme scientifique à la pointe de ces technologies (IFREMER avec une base drones exceptionnelle), un opérateur câblé d'importance internationale (Orange câbles basé à la Seyne-sur-Mer), la septième zone d'atterrissage mondiale de câbles sous-marins (Marseille), un service d'archéologie sous-marine comme il en existe peu à l'étranger (le DRASSM implanté à Marseille), un organisme de plongée profonde de la marine nationale (CEPHISMER), une base de sous-marins nucléaire d'attaque (Toulon), des sociétés de services de conseil en environnement experts dans les fonds marins comme Andromède Océanologie... Cette concentration est exceptionnelle par son haut niveau mais aussi compréhensible quand on sait que c'est en Méditerranée que tout a commencé... C'est en juin 1943, sur les bords de la « grande bleue »¹ qu'une équipe de jeunes officiers de marine parvenait à s'affranchir des contraintes du narguilé pour plonger en autonomie et ouvrir les fonds marins au plus grand nombre... l'épopée des « *mousquemers* » (Cousteau – Taillez – Dumas) était le début d'une nouvelle odyssee maritime.

1. Des fonds marins dont la connaissance scientifique est encore parcellaire malgré des moyens français de haute technologie.

Sur le plan scientifique, 20 % seulement des fonds marins ont fait l'objet d'une étude topographique, dont seulement 2% avec une précision métrique. La Méditerranée n'échappe pas à cette situation, même si le bassin occidental est mieux investigué que la partie orientale. Le bassin occidental qui s'étend entre Gibraltar et le canal de Sicile est moins profond (en moyenne 450 m mais avec quelques fosses) que le bassin oriental qui recèle la fosse la plus profonde de Méditerranée, *Calypso* (5.267 m) qui se trouve en mer ionienne, à l'ouest de la Grèce.

¹ Cette première plongée a été réalisée à la plage Barry, à Bandol (Var).

La France a depuis longtemps entamé d'importantes recherches scientifiques sur les fonds marins. Elle est actuellement la cinquième Nation pour les publications sur les ressources minérales sous-marines et la première en Méditerranée. Cette position a été rendue possible grâce à l'excellente coopération entre les organismes publics de recherche et les acteurs industriels de pointe. La Flotte Océanographique Française (FOF) mise en œuvre par l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER (IFREMER) peut ainsi compter sur des engins sous-marins performants comme le ROV *Victor 6000* et sur l'engin sous-marin autonome *UlyX* conçu par ECA et iXblue², capables de descendre à des profondeurs de 6.000 m.

Mais, si on n'y prend pas garde, il est possible que cette position de leader de la France décline rapidement. En effet, la recherche française sur les grands fonds a été largement portée et financée par les projets d'exploitation du fond des mers dans le domaine des ressources minérales. La décision du moratoire français sur le sujet risque de gripper ce domaine de la recherche si les engagements de recherches scientifiques sur l'impact de l'exploitation minière sous-marine ne sont pas tenus et si de nouvelles sources de financement ne sont pas identifiées.

Cette recherche doit s'appuyer aussi sur des Infrastructures de Recherche (IR) dont la Flotte Océanographique Française (FOF) qui a été restructurée en 2018. Cette structuration des moyens disponibles, même limités, permet à la France de continuer son effort dans l'acquisition de données scientifiques sur toutes les mers et de multiplier les chantiers disciplinaires.

La recherche académique française s'est également rapprochée des acteurs privés, via la mise en place en 2004 des Pôles de Compétitivité. Ces pôles contribuent à dynamiser la capacité d'innovation sur des thématiques et des territoires ciblés (Pôle Mer Méditerranée à Toulon) et le cadre de France Relance, initié en 2020, offre des perspectives concrètes d'investissement dans des projets novateurs. La Stratégie de maîtrise des Fonds Marins de la Marine nationale publiée en 2022³ a ainsi trouvé une de ses réalisations dans un appel à projet lancé début 2023 et qui exprime des besoins de nouveaux systèmes d'exploration.

Mais, une des difficultés de la recherche sur les fonds marins est sans doute liée à la compétition actuelle entre les organismes chargés de la recherche, notamment en raison du fonctionnement des financements par guichets d'appels à projet et d'une certaine défiance entre « chercheurs académiques » et « chercheurs industriels ». Des structures comme le CORIMER⁴ peuvent aussi trop se concentrer sur la dimension « innovations technologiques » et négliger les aspects liés à la recherche fondamentale.

Au-delà de ces difficultés, la recherche sur les fonds marins souffre d'un manque de coordination pour que tous les enjeux, les organismes et les infrastructures soient bien pris en compte (**recommandation 1**).

La connaissance du relief sous-marin est un facteur clé de la compréhension des effets de l'activité humaine sur les écosystèmes marins. Un effort de cartographie des fonds marins en Méditerranée doit donc être entrepris et la France possède une expertise ancienne dans le domaine de l'exploration océanographique.

² Ces deux sociétés ont fusionné en 2022 pour former Exail, un acteur mondial de la robotique de haute technologie.

³ Voir <https://www.defense.gouv.fr/actualites/armees-se-dotent-d-une-strategie-ministerielle-maitrise-fonds-marins>

⁴ Le CORIMER (Conseil d'Orientation pour la Recherche et l'Innovation des Industriels de la Mer) a été créé par la signature du Contrat Stratégique de Filière des Industriels de la Mer en 2018. Il a pris la suite du CORICAN. Ayant pour objectif le pilotage unifié du soutien à l'innovation de la filière, le CORIMER constitue une enceinte de dialogue État-filière, d'optimisation du soutien public à l'innovation et de fléchage des projets vers les dispositifs de soutien publics, en particulier ceux du Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) et de France 2030.

Les connaissances scientifiques sur les fonds inférieurs à 50 m, les plus accessibles, sont, sans surprise, les plus nombreuses. Des centaines de biocénoses ont été inventoriées⁵ (La Rivière *et al.*, 2021). Mais, les connaissances spécifiques de la biodiversité en Méditerranée restent néanmoins hétérogènes et souvent uniquement descriptives. Ces descriptions sont nécessaires et ont permis de mettre en place des réglementations de protection de l'environnement. Néanmoins, elles sont souvent insuffisantes pour permettre aux pouvoirs publics de développer de véritables outils de gestion.

Les habitats benthiques emblématiques des fonds marins méditerranéens des étages circalittoral (50 m – 200 m) et bathyal (> 200 m) sont les massifs coralligènes et les habitats obscurs⁶, ainsi que les zones de transition que forment les têtes de canyon. Mais le défi technologique rend difficile d'accès l'amélioration des connaissances sur le fonctionnement et les services rendus par ces écosystèmes, alors même que ces zones apparaissent de plus en plus fondamentales dans la dynamique de l'environnement marin en Méditerranée.

Néanmoins, il apparaît, au vu des connaissances scientifiques actuelles, qu'une priorité de recherche scientifique devrait être mise sur les têtes de canyon (**recommandation 2**). A la croisée des habitats circalittoraux et bathyaux, ils abritent une diversité de biocénoses, dont certaines fragiles et sensibles, mais sont aussi peuplés d'espèces peu connues comme les coraux froids et d'autres espèces, sans doute nombreuses, qui restent encore à découvrir.

Il est aussi recommandé de mutualiser et de concentrer l'effort de recherche, très conséquent, sur un site atelier comportant une tête de canyon et des habitats sensibles à substrats durs, plus longs à se régénérer, sur lequel une plateforme technologique pourrait déployer des mesures physiques et chimiques, sur de longues périodes, prélever des échantillons et transmettre des données en temps réel (**recommandation 2**).

La France a entrepris ces dernières années une ambitieuse politique de protection des herbiers de posidonie qui étaient détruits par les mouillages des navires de plaisance. D'importantes mesures ont été prises mais désormais il est important d'en vérifier les effets. Aussi, à des fins de connaissances scientifiques et d'amélioration de cette réglementation, il serait important de mettre en place une « zone atelier » pour évaluer les effets des mouillages des navires de plaisance de moins de 24 mètres sur les herbiers de posidonie et les coralligènes (**recommandation 3**). Les zones les plus adaptées à cette étude sont celles d'Antibes / Golfe Juan ou de la rade de Villefranche-sur-Mer / Saint Jean-Cap-Ferrat. Les résultats de cette étude seront déterminants pour l'adoption des nouvelles mesures de protection des fonds marins par le préfet maritime.

2. Le besoin de renforcer la position de la France dans un contexte de moratoire sur l'exploitation des ressources minières tout en préservant l'avenir.

La Méditerranée abrite, dans sa partie orientale, des gisements pétroliers, et surtout gaziers, importants, mais qui ne représentent que 2% des réserves mondiales (l'équivalent des réserves en gaz de la Norvège).

En ce qui concerne les ressources minérales, il semblerait que ces dernières soient assez limitées. Si la Méditerranée est pratiquement dépourvue de nodules polymétalliques et d'encroutements métallifères, l'activité volcanique dans la mer Tyrrhénienne et en mer Egée a, en revanche, permis la création de sites riches en sulfures hydrothermaux.

⁵ La Rivière (2021). Fiches descriptives des biocénoses benthiques de Méditerranée. UMS PatriNat éd., Paris : 660 pp.

⁶ Programme des Nations Unies pour l'Environnement/Plan d'Action pour la Méditerranée et Plan Bleu (2020). État de l'Environnement et du Développement en Méditerranée. Nairobi.

Néanmoins, en l'état actuel des connaissances, l'exploitation de ces ressources minérales représenterait un pari environnemental risqué pour l'avenir de notre planète. Les fonds marins ont un rôle majeur de puits de carbone. Aussi, ils contiennent de très grandes quantités d'hydrates de méthane qui pourraient être relargués à cause de ces exploitations et avoir un effet catastrophique sur le réchauffement climatique.

C'est pour cette raison que la France, qui pourtant dispose d'atouts majeurs pour une exploitation du fond des mers, a décidé de militer dans les instances internationales en faveur d'un moratoire international sur l'exploitation des ressources minérales dans l'attente d'études scientifiques plus poussées sur l'impact environnemental de ces activités.

La France, cependant, ne doit pas s'exclure de la communauté internationale sur ce point et mener un combat solitaire et vain. Elle doit aussi être en mesure d'agir au sein des instances internationales et de revenir dans la course, si les techniques d'extraction évoluent favorablement ou si l'innocuité de certaines exploitations est démontrée.

Pour être cohérente avec sa position de protection des fonds marins et de l'environnement en Méditerranée, la France aurait donc intérêt à signer rapidement le **Protocole Offshore** (1994) de la Convention pour la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée dite de Barcelone (**recommandation 4**). Cet instrument juridique réunit les Etats riverains de la Méditerranée dans un effort de "protection de la mer Méditerranée contre la pollution résultant de l'exploration et l'exploitation du plateau continental, du fond de la mer et de son sous-sol". Adopté en 1994, ce Protocole est entré en vigueur en 2011 mais n'a pas été encore ratifié par la France.

La décision de ratification par la France pourrait être annoncée en 2025, à l'occasion de la conférence des Nations-Unies sur les océans, qui se tiendra à Nice (en Méditerranée...) en 2025.

De cette manière, la France pourrait, après ratification, disposer d'un instrument juridique cohérent avec sa volonté politique de protection des fonds marins et indispensable pour se prémunir des pollutions générées par les autres Etats dans le cadre des activités d'exploitation de leur plateau continental. Ce Protocole fixe aussi des conditions d'exploitation et de protection de l'environnement communes à tous les Etats méditerranéens. L'absence de signature et de ratification par la France de ce Protocole ne lui permet pas, actuellement, d'être entendue ; ni sur le sujet de l'exploitation, ni sur celui de la protection des fonds marins en Méditerranée.

3. La nécessité de maintenir un haut niveau de technologies permettant l'intervention sous la mer.

Si de nombreuses technologies sont disponibles pour intervenir à faible profondeur, dans les fonds inférieurs à 300 mètres, la France a désormais un besoin impérieux de drones sous-marins de surveillance et d'intervention dans la tranche des 300 à 6000 mètres pour lui redonner des capacités d'intervention digne de ce nom. La recherche du sous-marin *Minerve* en 2019 a constitué un sérieux avertissement pour la Marine nationale sur la perte de ses capacités d'intervention sous-marine, domaine dans lequel elle excellait encore avant les années 2000. Les contraintes budgétaires avaient conduit à des choix drastiques. Mais désormais, l'enjeu stratégique des fonds marins, rappelé par l'ambitieuse stratégie de maîtrise des fonds marins du ministère des Armées, doit redonner à la Marine nationale la capacité à pouvoir agir sur 97% des espaces sous-marins mondiaux qui sont dans la tranche des 6000 mètres et moins. Ce soutien militaire aux technologies d'intervention à grande profondeur est d'autant plus important que, comme on l'a vu, les financements liés à l'exploitation des

ressources minières peuvent se réduire ; même si la France s'est engagée à poursuivre les recherches scientifiques sur les grands fonds dans une perspective éventuelle d'exploitation.

C'est pour répondre à cette exigence que la France doit favoriser les efforts de recherche et de développement de sa base industrielle et technologique de défense (BITD) pour permettre la réalisation d'un robot autonome sous-marin (en anglais AUV⁷) capable d'intervenir dans cette gamme de profondeurs (**recommandation 5**).

Dans le même temps, les progrès technologiques en matière de drones, de submersibles de plaisance ou simplement d'équipements de plongée autonome vont permettre de plus en plus l'accès à des profondeurs toujours plus importantes d'acteurs privés, là où, hier, seuls les opérateurs publics étaient présents.

L'exemple le plus significatif est celui des submersibles « grand public ». Les premiers exemplaires ont fait leur apparition il y a une dizaine d'années sous forme de prototypes destinés à de rares aventuriers des abysses ou à des entreprises de haute technologie. Depuis, leur développement ne cesse de s'accroître et leur prix les rendent de plus en plus accessibles comme pour les drones sous-marins.

Le temps des prototypes est révolu et la vitesse de développement des navires et drones sous-marins est impressionnante. Le salon de Düsseldorf de 2023 (*Boot Düsseldorf*) a encore permis de mesurer les avancées technologiques dans ce domaine. La production de submersibles en série est désormais une réalité (modèle Nemo du fabricant Néerlandais U-Boat Worx)⁸. Quant aux limites de profondeurs, elles sont aussi repoussées. Le sous-marin de plaisance d'U-Boat Worx, le *C-Researcher series 2*, peut ainsi atteindre une profondeur de 3.000m.

Dès lors de nouveaux risques apparaissent. On pense bien évidemment à des utilisations militaires mais aussi terroristes ou de pillage de notre patrimoine sous-marin. Ces nouveaux usagers de la mer peuvent aussi mettre en jeu leur propre sécurité ou celle des autres en cas de collision sous-marine.

Or, les services de l'Etat non spécialisés sont relativement mal informés de ces avancées technologiques et, en conséquence, souvent pas en mesure d'anticiper les risques et les menaces. C'est pour cette raison qu'une mesure relativement simple consisterait à faire réaliser une veille de ces technologies sous-marines au profit de la chaîne d'action de l'Etat en mer (SG Mer et PREMAR), grâce aux avis et recommandations des services de l'Etat qui se rendent, déjà, chaque année au salon de Düsseldorf (**recommandation 6**).

La dissémination de ces technologies de pointe par le domaine de la grande plaisance illustre bien la nature des nouvelles menaces auxquelles nos fonds marins vont devoir faire face. Si, en 2015, on pouvait encore penser que la profondeur constituait une protection suffisante contre les atteintes visant les fonds marins, les avancées scientifiques, la démocratisation des technologies et le renforcement de l'hybridité de la menace font peser dorénavant des risques directs et élevés.

L'Etat ne peut pas échapper à ses responsabilités concernant le contrôle de ces nouveaux espaces. Pour cela, il faudra qu'il puisse s'appuyer sur un dispositif intégré de surveillance basé sur de l'intelligence artificielle (IA) et qui mettra en œuvre des drones rodeurs (dissuasion), des moyens de détection de menaces sous-marines dans les zones sensibles et

⁷ AUV : *autonomous underwater vehicle*. Un AUV est un robot qui se déplace dans l'eau de manière autonome, contrairement à un véhicule sous-marin téléopéré (*remotely operated vehicle* ou ROV).

⁸ *Design Boom submersible 'u-boat worx NEMO' brings riders 330 feet below the sea* <https://www.designboom.com/technology/submersible-u-boat-worx-nemo-330>

de détection transhorizon couvrant la totalité de la ZEE pour repérer les éventuels porteurs de sous-marins ou de drones agissant depuis le large (**recommandation 7**).

Dans le domaine des nouvelles technologies, l'implantation de nombreux parcs éoliens constitue une rupture conséquente pour les fonds marins qui vont connaître une occupation de leur espace que seules les industries du pétrole et du gaz avaient déjà réalisée. En Méditerranée française, le premier parc pilote sera implanté lors du second trimestre 2023 (*Faraman* au large de Port-Saint-Louis-du-Rhône) et sera suivi de deux autres parcs pilotes au large des villes de Gruissan et du Barcarès. Les deux premières fermes commerciales de 250 MW seront ensuite posées dans le golfe du Lion.

La multiplication des sites éoliens en mer et leur rôle futur dans la souveraineté énergétique nationale, va nécessiter des moyens supplémentaires pour surveiller les fonds marins, comme la guerre en Ukraine nous a en fait prendre conscience (**recommandation 8**). Dans le contexte de l'exacerbation des tensions géopolitiques, les infrastructures industrielles d'éoliennes flottantes en mer seront exposées à un risque de sabotage encore plus élevé, en raison de leur complexité majeure, mais surtout à cause de leur éloignement des côtes et de la profondeur d'ancrage et de pose de câbles, qui rendent la surveillance et la dissuasion plus difficiles.

La présence des champs éoliens peut entraîner des perturbations du milieu marin comme la création de champ électromagnétique de faible intensité ou la modification de la courantologie. Du fait des interdictions de chalutage et des limitations des activités humaines dans les champs éoliens, ces zones constitueront, sans doute, des espaces de protection écologique potentiellement favorables à la reproduction des espèces.

C'est pour bien mesurer toutes ces incidences, qu'il est important de réaliser un état zéro de la situation écologique des zones dans lesquelles des parcs vont être installés (**recommandation 8**).

4. De nouvelles menaces pèsent sur les fonds marins.

Le sabotage des gazoducs Nord Stream 1 et 2, l'intérêt des Russes pour les câbles sous-marins et les lignes de transport électrique des parcs éoliens, nous ont bien sensibilisés au fait que les fonds marins font désormais partie du champ de conflictualité entre États.

La prolifération des systèmes sous-marins combinée aux développements en matière d'intelligence artificielle, de performances des senseurs et d'endurance des vecteurs en mesure d'opérer depuis ou sur les fonds marins constitue une menace en pleine expansion. Les avancées en matière de stations de rechargement en milieu sous-marin, sur lesquelles travaillent plusieurs industriels, sont une autre illustration des défis futurs. C'est pour y faire face que le ministère des armées a développé une stratégie de maîtrise des fonds marins. Elle doit être adaptée aux caractéristiques physiques de la Méditerranée.

La Méditerranée est le premier nœud de télécommunications du sud de l'Europe. Quatorze câbles sous-marins atterrissent à Marseille en provenance du monde entier, faisant de cette ville la septième place mondiale des *hubs* numériques. Cependant, notre dépendance aux échanges de données nous rend vulnérables aux risques de destruction accidentelle ou volontaire des câbles, ainsi qu'à, dans une moindre mesure pour des raisons techniques à ce stade, l'espionnage des flux d'informations qui y circulent. Grâce à la flotte câblière d'Orange Marine – 15% de la flotte mondiale – la France possède un opérateur qui a contribué au développement du réseau mondial en installant plus de 240.000 kilomètres de câbles sous-marins de fibre optique. Ses navires ont réalisé en 2022 plus de 670 réparations sur des

liaisons sous-marines, dont certaines à près de 6.000 mètres de profondeur. Face à ces enjeux, la France doit encore renforcer ses moyens de surveillance, de protection et de réparation du réseau de câbles numériques en Méditerranée.

Néanmoins, en raison de la territorialisation des espaces maritimes, les Etats côtiers sont de plus en plus réticents à appliquer les principes de liberté de pose et de réparation des câbles en haute mer (dont fait partie la ZEE au titre de la navigation).

Alors que l'enjeu des câbles sous-marins a pris une importance vitale et stratégique pour les Etats, le droit d'intervention des navires câbliers pour effectuer des réparations s'est progressivement affaibli en raison des nouvelles exigences des Etats côtiers et d'un manque d'affirmation de leurs prérogatives par les Etats du pavillon des navires câbliers.

En attendant la tenue d'une hypothétique actualisation du droit international sur le sujet, il serait pertinent d'établir pour toute la Méditerranée une procédure régionale unique d'intervention permettant le bon déroulement des opérations de pose et de maintenance des opérateurs câbliers. Ce cadre pourrait prendre la forme d'un Accord intergouvernemental (arrangement administratif ou déclaration d'intention) **(recommandation 9)**.

Ce qui est vrai pour les câbles numériques l'est aussi pour les gazoducs, dont l'importance va croître dans le contexte de la recherche de la fin de la dépendance au gaz russe. Cela le deviendra également pour les réseaux énergétiques au fur et à mesure du développement des champs éoliens en mer.

Les espaces sous-marins, en Méditerranée comme sur les autres mers, dissimulent et protègent sous leur surface un patrimoine inestimable mais méconnu. Ce patrimoine sous-marin est suivi au titre de l'archéologie sous-marine et fait l'objet d'une réglementation destinée à en protéger l'accès pour le conserver, l'étudier et ainsi faire progresser les connaissances.

Actuellement, 3.950 entités archéologiques⁹ reposent dans les eaux sous juridiction de la France en Méditerranée (épaves entières ou des objets isolés) sur un total de 7.000 pour la France. La très grande majorité, soit 97,9 %, sont situés à moins de 50 mètres de profondeur, le reste, environ 80 entités, reposant au-delà de 50 mètres. Ces biens culturels maritimes identifiés sont quasi exclusivement situés dans la mer territoriale (3.914) ; les autres se trouvant en zone contiguë (28) et en ZEE (8). Mais les progrès technologiques actuels vont sans doute faire évoluer « vers le large » les répartitions actuelles.

Afin d'inventorier les biens culturels maritimes et d'en assurer la protection sur le littoral (domaine public maritime incluant les ports), comme en mer (jusqu'à la zone contiguë, soit 24 milles marins), la France dispose d'un service spécialisé dépendant du ministère de la Culture, le DRASSM¹⁰. Ce département a réalisé un travail considérable dans les domaines de la recherche, de la protection et de la conservation des épaves sous-marine depuis sa création en 1966 par André Malraux.

Mais, la conservation de ce patrimoine sous-marin est de plus en plus menacée. Par la surfréquentation du littoral méditerranéen qui génère une forte augmentation des mouillages (destruction de biens culturels par les ancres) et par la plongée de loisirs avide d'exploration de fonds marins toujours plus profonds (jusqu'à 80m avec équipements spécifiques). Par l'arrivée, aussi, de nouveaux engins (sous-marins et de ROV privés) qui constituent une

⁹ Une entité archéologique correspond à « un ensemble cohérent de vestiges présentant une unité chronologique et/ou fonctionnelle (pouvant avoir perduré dans le temps) sur un espace donné ».

¹⁰ Le département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (Drassm) est un service à compétence nationale établi à Marseille. En application du code du patrimoine, il est chargé de mettre en œuvre, en métropole comme en outre-mer, la législation sur les biens culturels maritimes. Il agit en mer dans le cadre de l'action de l'Etat en mer.

rupture technologique qui doit être anticipée. Ces technologies vont permettre à des entreprises privées d'accéder à de nouvelles épaves, toujours plus profondes pour alimenter le marché clandestin florissant de l'art.

C'est pour toutes ces raisons qu'il est désormais nécessaire que de nouvelles initiatives soient prises en faveur de l'archéologie sous-marine en Méditerranée, au risque qu'elle soit rapidement dépassée par la réalité matérielle. La priorité consiste dans une action législative urgente pour transposer en droit français les dispositions de la Convention sur la protection du patrimoine culturel subaquatique de l'UNESCO de 2001, ratifiée par la France en 2012. En l'état actuel de la situation, la police en mer sur un navire étranger pillant un site dans notre ZEE méditerranéenne (au-delà de la zone contiguë) n'est pas possible en l'absence de transposition dans le code du patrimoine de cette Convention de l'UNESCO (**recommandation 10**).

La protection des épaves en mer prend une importance cruciale. Elle doit passer par le renforcement de la coordination avec le dispositif de l'action de l'Etat en mer pour la surveillance des sites les plus sensibles (**recommandation 11**). Mais, il est aussi nécessaire que le DRASSM prenne le tournant de la plongée profonde non seulement pour ses moyens téléopérés, ce qui a été le cas, mais aussi pour ses archéologues. Pour ce faire, le DRASSM pourrait bénéficier, dans un premier temps, du soutien de l'organisme de plongée profonde de la marine nationale, le CEPHISMER, pour lui permettre de bénéficier d'un partage de savoir-faire et de retour d'expérience, dans le domaine des techniques d'intervention en grande profondeur (**recommandation 12**). Enfin, des mesures de renforcement de la protection des épaves dans les zones portuaires soumises à des aménagements sont très souhaitables en raison de destructions récentes de sites archéologiques. L'outil réglementaire existe avec la zone de présomption de prescription archéologique (**recommandation 13**). Il ne reste qu'à l'activer dans la concertation dans les ports concernés.

5. Une dimension environnementale de plus en plus prégnante.

En Méditerranée la prise de conscience de la sensibilité des fonds marins en Méditerranée est venue des petits fonds. La destruction de l'herbier de posidonie a eu au moins pour vertu de faire réaliser, à l'opinion publique comme aux décideurs, la grande sensibilité de ces fonds marins uniques indispensables à une biodiversité exceptionnelle.

Les herbiers de posidonies jouent un rôle essentiel de garde-manger, de refuge et de nurserie pour de nombreuses espèces de poissons, contribuant au renouvellement des stocks halieutiques. Ces herbiers sont également de remarquables outils de captation de CO₂ et de production d'oxygène et participent à la protection de la côte contre l'érosion. Présents jusqu'à 40m de fond, les herbiers sont sensibles à la qualité des eaux et très exposés aux pressions exercées par la pollution, les constructions littorales (enfouissement), la plaisance (mouillages) et la pêche. Caractérisés par une croissance très lente, les herbiers ont perdu 10% de leur surface en 100 ans.

Le nouveau combat environnemental devra concerner le coralligène qui constitue le deuxième écosystème clef de la biodiversité en Méditerranée. En effet, c'est lui qui assure un substrat pour la fixation et la croissance de très nombreuses espèces. Ainsi, 315 espèces d'algues, 1.241 espèces d'invertébrés et 110 espèces de poissons ont été dénombrées dans le coralligène¹¹. Présent jusqu'à plus de 100m de profondeur, le coralligène est très sensible à la pollution, aux changements de température, aux engins de pêche trainants et à la sur-fréquentation par les plongeurs.

Concernant les fonds marins, les débats relatifs au chalutage des grands fonds sont actuellement vifs. Il est vrai que la notion d'aire marine protégée n'est pas forcément

¹¹ Source : site du parc marin du Golfe du Lion

compatible avec la poursuite d'activité de chalutage peu sélective et parfois destructrice des habitats marins. Mais, il est aussi nécessaire de tenir compte des besoins alimentaires de la population, de souveraineté nationale et d'activité économique des pêcheurs. En revanche, cette étude a permis d'identifier une zone très spécifique où l'interdiction du chalutage aurait un impact très favorable pour les écosystèmes et le patrimoine archéologique : il s'agit de la zone est de la Corse (**recommandation 14**). C'est en effet dans les parties nord et orientale de la Corse, que viennent d'être identifiés, très récemment, des habitats et des espèces très sensibles et relativement encore bien préservés. C'est aussi dans ce secteur que se trouvent une trentaine d'épaves archéologiques situées à des profondeurs oscillant entre 70 et 500 mètres. La moitié de ces épaves date de l'époque romaine, mais, malheureusement, peu d'entre elles sont encore totalement épargnées par le passage des chaluts. Des trésors archéologiques sont en train de s'effacer alors qu'ils gisent depuis des millénaires sur les grands fonds. La mise en protection de ces épaves est désormais une urgence.

La destruction de l'environnement en mer, dont les habitats benthiques, est souvent la conséquence de décisions ou de négligences qui partent du postulat que l'environnement est une donnée négligeable, sans valeur financière. Cette situation pousse à la déresponsabilisation des usagers de la mer et aux atteintes à l'intérêt général. Or, dans la gestion des dossiers contentieux, on s'aperçoit que le montant des réparations financières est un aspect souvent pris très au sérieux par les Parties prenantes.

La protection des fonds marins passe aussi par le besoin de leur donner une valeur financière qui sera ensuite dissuasive.

Or, actuellement, dans ses dossiers contentieux liés à des événements de mer ou à des infractions à la réglementation, l'Etat est en mesure de facturer le coût des moyens mis en œuvre mais pas le préjudice écologique. Cette situation est la conséquence de l'absence de barème officiel des coûts environnementaux que l'Etat ou les personnes publiques pourrait facturer à l'occasion d'un accident de mer ou d'une atteinte grave à l'environnement. La mise en place d'un barème des coûts environnementaux qui commencerait par l'herbier de posidonie constituerait une avancée décisive dans ce domaine (**recommandation 15**).

Les fonds marins font, non seulement l'objet d'une grande attention, mais aussi de projets d'opérations de restauration dans le proche côtier. C'est en effet cette zone qui concentre le plus grand nombre d'atteintes au milieu marin en raison de la multiplicité des activités humaines qui s'y déploient (pêche, tourisme, ports, constructions, etc.).

Cette zone fragile offre de très importants services écosystémiques, notamment au titre du cycle de reproduction des espèces. Des opérations de restauration des herbiers de posidonies ou de rétablissement de la fonction de nurserie dans les zones portuaires ont été identifiées comme étant importante à la revitalisation de la biodiversité en Méditerranée. Mais, aujourd'hui, le principal frein à la restauration des petits fonds côtiers est réglementaire. En effet, largement dépendante d'innovations scientifiques et techniques, la restauration écologique se voit contrainte d'offrir, préalablement, des garanties solides quant à ses résultats ; chaque site présentant en outre d'importantes spécificités. Dès lors, l'instruction des demandes d'autorisation est fastidieuse, différente d'une région à l'autre et peut aboutir à un refus. La dynamisation de la restauration écologique des fonds marins passe donc par des dispositions réglementaires garantissant la rigueur des opérations envisagées, tout en étant ouvertes à leur dimension expérimentale. Une circulaire du ministère de la Transition écologique pourrait utilement fixer ce cadre que le projet de règlement européen précédemment évoqué ne devrait pas tarder à imposer de toute façon (**recommandation 16**).

Enfin, une découverte importante de cette étude concerne l'impact du dessalement de l'eau de mer. Séduisante sur le principe, cette technologie s'avère ne pas être neutre pour l'environnement et surtout pas pour les fonds marins en raison des rejets d'eaux saumâtres et de polluants toxiques. Les sources d'eau douce des populations doivent d'abord résider dans une meilleure gestion de la ressource (économies, réduction des pertes, stockage) ou dans l'utilisation de technologies moins impactantes comme la réutilisation d'eaux usées (REUT). Le dessalement ne doit être réservé qu'à des situations extrêmes, lorsqu'aucune autre alternative n'est possible (**recommandation 17**).

Quelle politique de la France pour les fonds marins en Méditerranée - Liste des recommandations

Recommandation n°1 : Dynamiser l'exploration des fonds marins en mettant en place une structure de coordination de la recherche nationale, permettant de disposer d'une vision globale, de prévoir des financements, de mettre en commun des moyens et d'accompagner dans la durée les travaux de recherche.

Recommandation n°2 : Concentrer les efforts de recherche sur les têtes de canyons et soutenir cette recherche par un appel à projet.

Recommandation n°3 : Mettre en place une zone atelier pour évaluer les effets des mouillages de la plaisance de moins de 24 mètres sur les herbiers de posidonies et les coralligènes.

Recommandation N°4 : Porter lors de la COP 23 de la Convention de Barcelone en décembre 2023 la décision de la signature par la France et par toutes les parties prenantes du Protocole « Offshore » de la Convention de Barcelone. Annoncer la décision de ratification par la France du Protocole offshore à l'occasion de la conférence des Nations-Unies sur les océans, qui se tiendra à Nice en juin 2025.

Recommandation n°5 : Concentrer les efforts de recherche et développement de la base industrielle et technologique de défense (BITD) pour mettre au point un AUV capable d'intervenir dans la tranche 300 à 6.000 mètres pour détecter les points d'intérêt et interrompre momentanément sa mission pour lever les doutes.

Recommandation n°6 : Mettre en place une veille des technologies des sous-marins et engins sous-marins de plaisance au profit du Secrétaire Général de la Mer et des préfets maritimes à l'occasion du salon de Düsseldorf (Boot Düsseldorf).

Recommandation n°7 : Mettre en place un dispositif intégré de surveillance s'appuyant sur l'intelligence artificielle (IA) et mettant en œuvre des drones rôdeurs, des moyens de détection de menaces sous-marines dans les zones sensibles et de détection transhorizon couvrant la totalité de la ZEE.

Recommandation n°8 : Prendre en compte les risques liés à la sûreté et à l'environnement sur les fonds marins des futurs parcs éoliens en mer. Réaliser un état zéro écologique des zones dans lesquelles des champs éoliens vont être installés pour en mesurer ensuite dans la durée les impacts écologiques sur les fonds marins.

Recommandation n°9 : En cas de besoin d'intervention sur un câble sous-marin, mettre en place au profit des opérateurs câblés, une procédure d'intervention commune à tous les Etats riverains de la Méditerranée. Cet Accord régional, en facilitant la continuité du service des transmissions de données mondiales répondrait aux nouveaux enjeux stratégiques des câbles sous-marins.

Recommandation n°10 : Transposer en droit français les dispositions de la Convention sur la protection du patrimoine culturel subaquatique de l'UNESCO de 2001, ratifiée en 2012, pour notamment compléter les dispositions du code du patrimoine concernant les biens culturels maritimes dans la ZEE française.

Recommandations n°11 : Prévenir le pillage des épaves historiques en associant les moyens étatiques (Marine nationale dont les sémaphores, la gendarmerie, la douane, les affaires maritimes...) par un partage des données du Drassm.

Former les inspecteurs de l'environnement aux missions de constatation des infractions aux biens culturels maritimes conformément aux dispositions du code de l'environnement.

Recommandation n°12 : Améliorer les compétences « plongée » des archéologues avec le soutien de la CEPHISMER pour passer à des appareils de plongée recycleurs.

Recommandation n°13 : Mettre en place des zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA) en mer pour anticiper les découvertes fortuites de biens culturels maritimes et éviter leur endommagement irréversible.

Recommandation n°14 : Pour assurer une protection des habitats marins et des épaves archéologiques, utiliser le dispositif de zone de protection forte pour interdire le chalutage dans la partie Est du parc naturel marin du Cap Corse et des Agriates et étendre ensuite cette mesure à la partie orientale de la Corse.

Recommandation n°15 : Renforcer les mesures de protection de l'herbier de posidonie en fixant un barème officiel du coût de la destruction (coralligènes dans un 2ème temps) afin de pouvoir le facturer en cas d'arrachage (préjudice écologique).

Recommandation n°16 : Lever les freins réglementaires à la restauration des petits fonds côtiers présentant une altération des fonctions écologiques et optimiser le rôle écologique des fonds côtiers artificialisés, grâce à l'adoption d'un cadre fixé par le ministère de la Transition écologique.

Recommandation n°17 : Compte tenu d'un bilan assez négatif en terme d'impact énergétique et environnemental, notamment pour les fonds marins, la technologie du dessalement de l'eau de mer ne doit plus être envisagée comme étant la solution idéale à la pénurie d'eau douce en Méditerranée. Les solutions doivent d'abord résider dans une meilleure gestion de la ressource (économies, réduction des pertes, stockage) ou dans l'utilisation de technologies moins impactantes comme la réutilisation d'eaux usées (REUT). Le dessalement ne doit être réservé qu'à des situations extrêmes, lorsqu'aucune autre alternative n'est possible.

Fiche n°1

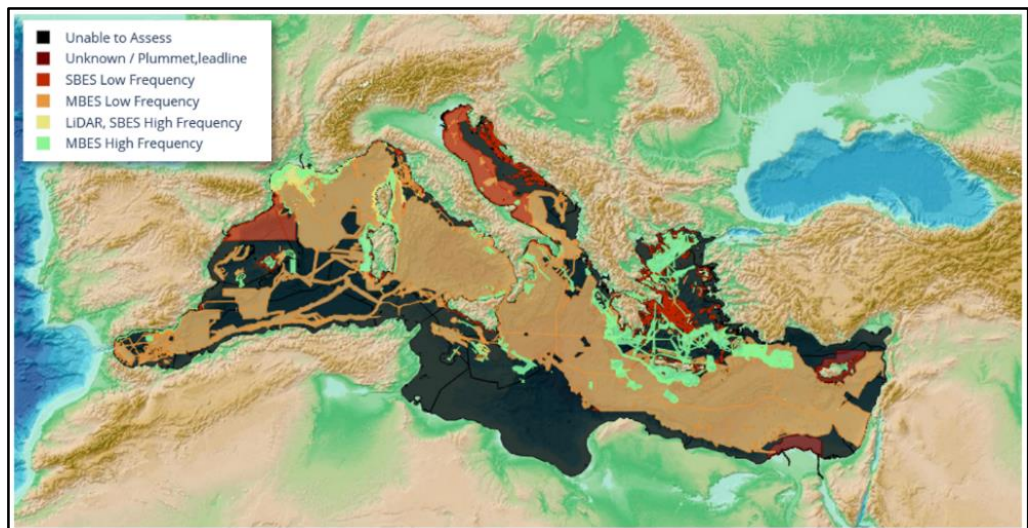
Mieux coordonner la recherche française concernant les fonds marins

1. Contexte et prospective sur l'état des connaissances en Méditerranée

Les fonds marins restent majoritairement un domaine inconnu à l'échelle planétaire, et la Méditerranée n'échappe pas à ce constat. Cette mer de dimension réduite (moins de 1% de la surface maritime mondiale) s'étend sur 4000 km d'ouest en est (de Gibraltar à l'est méditerranéen), a une profondeur maximale connue d'environ 5200 m (fosse Calypso, mer ionienne à proximité du Péloponnèse) pour une profondeur moyenne de 1500 m.

Les données disponibles compilées par le Shom (Service hydrographique et océanographique de la Marine) montrent l'hétérogénéité de la qualité et de la couverture cartographique, depuis les zones sans information avérée (en noir) jusqu'aux zones couvertes par les sondeurs bathymétriques de haute à très haute résolution (orange à vert).

Le bassin liguro-provençal et le golfe du Lion, au large des côtes françaises, semblent relativement bien cartographiés à cet égard. Néanmoins, seuls 24% des fonds sont cartographiés en Méditerranée à une résolution de 100 m (source seabed2030.org).



La Méditerranée, mer semi-fermée et affectée par une marée très faible, bénéficie d'un apport d'eau significatif de l'Atlantique via Gibraltar, sans lequel son niveau baisserait d'1 m par an. Cet apport d'eau, relativement plus froide, contribue à l'existence de courants thermiques à proximité. Plus généralement, et avec l'influence des conditions atmosphériques, la Méditerranée présente une circulation complexe et un taux de renouvellement des eaux très faible ce qui l'expose grandement au changement climatique.

Sous le fond marin, les structures tectoniques actives, à l'origine de séismes et tsunamis majeurs, restent également méconnues, mais sont à l'origine de séismes et tsunamis majeurs aujourd'hui souvent oubliés. Le contexte de vulnérabilité aujourd'hui est nettement plus marquée (vulnérabilité humaine, industrielle et économique), accrue par la montée lente du niveau d'eau. En 1908, le séisme, suivi d'un tsunami de plus de 10 m localement, avait causé la mort de plus de 70 000 victimes dans la région de Messine et détruit 90% des habitations. Le même événement aujourd'hui provoquerait des dégâts décuplés du fait des vulnérabilités côtières accrues. De la connaissance précise de la morphologie et de la tectonique sous-marine dépendent ainsi les estimations des risques associés, sur les territoires du littoral.

En Méditerranée, comme dans l'océan mondial, la mise en place des premiers câbles de télécommunication à la fin du 19^e siècle a rappelé aux décideurs et aux scientifiques la nécessité d'une meilleure connaissance de l'environnement pour réaliser les travaux en sécurité mais aussi pour assurer un environnement durable. Ainsi, la remontée du câble rompu

entre Sicile et Algérie, en 1860, a montré la présence d'organismes vivants à plus de 1500 m de profondeur¹². Les développements industriels, stratégiques et économiques offrent souvent de réelles perspectives d'amélioration des connaissances; rappelons ainsi l'accélération de la cartographie des dorsales océaniques suite aux besoins de cartes précises stratégiques en Atlantique dans les années 1950, réalisées grâce aux progrès en géophysique¹³.

2. Forces, faiblesses et opportunités de la recherche scientifique française sur les fonds marins en Méditerranée

Le panorama des dispositifs de recherche en France, dans le domaine des fonds marins, est relativement complet et s'appuie sur des structures de premier plan (universités, organismes).

La recherche s'appuie aussi sur des Infrastructures de Recherche (IR) (par exemple, la Flotte Océanographique Française (FOF) restructurée depuis 2018 dans ce cadre), qui s'organisent depuis quelques années avec un lien fort à l'international. Cette structuration des moyens disponibles, même limités, permet des projections dans toutes les mers et océans, et de multiplier les chantiers disciplinaires.

La recherche académique française s'est également rapprochée des acteurs privés, via la mise en place en 2004 des Pôles de Compétitivité. Ces pôles contribuent à dynamiser la capacité d'innovation sur des thématiques et territoires ciblés (Pôle Mer Méditerranée à Toulon), et le cadre de France Relance initié en 2020 offre des perspectives concrètes d'investissement dans des projets novateurs. La Stratégie de maîtrise des Fonds Marins publiée en 2022¹⁴ s'est ainsi déclinée dans un appel à projet lancé début 2023, autour de priorités sur le besoin de systèmes d'exploration, les capteurs et les composants nécessaires, les logiciels et les données.

Face à cette dynamique, dans le contexte actuel d'interrogations sur la poursuite des projets d'exploitation des fonds marins, la France se positionne sur une limitation à l'exploration. D'autres Etats avancent, eux, sur des plans d'exploitation qui leur permettront probablement d'avancer aussi plus vite sur l'exploration, ainsi que sur des possibilités d'investissements privés. C'est un risque à souligner de perte de vitesse pour la France, qui peut se voir privée d'accès à des données nouvelles. A contrario, la Méditerranée n'est pas identifiée comme source de matières à exploiter (à l'exception de possibles sulfures hydrothermaux en Méditerranée orientale), mais de nombreuses activités économiques au large, les éoliennes flottantes en premier lieu, après les plateformes pétrolières déjà présentes, sont appelées à s'y développer, et constituent un levier possible.

En matière de recherche et innovation, le dixième objectif de l'ambitieux programme de relance France 2030, se concentre sur les fonds marins. Le Comité interministériel de la mer (Cimer) de mars 2022¹⁵ en a décliné quatre missions principales (i) cartographies des zones de contrat possibles avec l'Autorité Internationale des Fonds Marins, (ii) planeur sous-marin pour surveillance du volcan de Mayotte, (iii) développement d'un drone sous-marin à capacité de 6000 m de profondeur, et (iv) ROV profond pour accéder aux zones d'intérêts. La priorité est donc surtout mise sur des développements technologiques aujourd'hui insuffisants en France. Néanmoins, au vu de sa profondeur moyenne accessible aux technologies déjà

¹² Martinez-Rius, B, Herran, N., L'exploitation sous-marine de la Méditerranée, de la surface aux grands fonds, Encyclopédie d'histoire numérique de l'Europe, 2023, <https://ehne.fr/node/21781>

¹³ Vine, F.J et Matthews, D.H. (1963), Magnetic Anomalies Over Oceanic Ridges, Nature, 199 (4897), 947-994

¹⁴ Voir <https://www.defense.gouv.fr/actualites/armees-se-dotent-d-une-strategie-ministerielle-maitrise-fonds-marins>

¹⁵ Voir https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/document/document/2022/03/dossier_de_presse_-_rapport_du_comite_interministeriel_de_la_mer_-17.03.2022.pdf

existantes, la Méditerranée peut devenir un véritable laboratoire de la recherche sur les fonds marins en France.

Recommandation n°1 : Dynamiser l'exploration des fonds marins en mettant en place une structure de coordination de la recherche nationale, permettant de disposer d'une vision globale, de prévoir des financements, de mettre en commun des moyens et d'accompagner dans la durée les travaux de recherche.

Si la recherche française est diversifiée, les moyens restent souvent insuffisants pour couvrir tous les domaines. A titre de comparaison, l'Allemagne a investi près d'un milliard d'euros pour le projet de navire scientifique polaire Polarstern2.

La compétition entre organismes est réelle dans le fonctionnement par guichets d'appels à projet, et il existe une certaine défiance entre académiques et industriels. Une structure telle que le Cimer, ou le Corimer (Conseil d'Orientation pour la Recherche et l'Innovation des Industriels de la Mer) se concentrent quasi exclusivement sur les innovations technologiques.

Au-delà, le manque de structuration de la recherche pour représenter tous les enjeux, organismes, infrastructures, se fait ressentir.

La recommandation centrale est donc de susciter et renforcer le rassemblement des acteurs pour la recherche sur les fonds marins.

L'action de l'Etat en mer a su regrouper les acteurs en présence pour mutualiser et gagner en efficacité opérationnelle. L'équivalent est à construire pour la science, autour des axes possibles suivants :

- Rassemblement des différentes infrastructures de recherche dans le domaine marin, parmi lesquelles, les observatoires de fonds de mer (EMSO¹⁶) ou du littoral (IR ILICO¹⁷) et les actions en géophysique Résif¹⁸, dans une démarche en cours de discussion.
- Publication des données et résultats en source ouverte, pour le bien de toute la communauté scientifique globale, et dans le sens des recommandations nationales et européennes de la science ouverte ; les enjeux de souveraineté et de secret industriel devront cependant être préservés.
- Mutualisation du recueil de données scientifiques pour garantir que lorsqu'une demande d'autorisation de déploiement instrumental est émise, le site bénéficie à toutes les communautés scientifiques. A titre d'exemple, les bouées météo pourraient être multi-instrumentées.

A l'instar du secrétariat général de la mer au niveau national chargé de la coordination des grandes politiques publiques, le préfet maritime de la Méditerranée pourrait être un des acteurs au centre de cette coordination. En effet, cette autorité en tant que représentant de l'Etat en mer, responsable de la coordination de l'action de l'Etat en mer (dont les missions scientifiques en mer font partie), de la protection de l'environnement en mer et des espèces marines et des autorisations pour les activités de recherche scientifique marine pour les organismes français semble bien placé pour remplir cette mission.

Il pourrait ainsi se voir confier un rôle de priorisation des appels à projet nationaux fléchés sur la thématique « fonds marins Méditerranée » (Agence Nationale de la Recherche, Agence Innovation Défense) en complément des contrats coordonnés par les opérateurs principaux

¹⁶ EMSO, European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory

¹⁷ Infrastructure de recherche littorale et côtière (ILICO)

¹⁸ Réseau sismologique et géodésique français

(Programme et équipement prioritaire de recherche, PEPR Grands Fonds Marins, par Ifremer, CNRS, IRD).

Il pourrait également, en tant que représentant de l'Etat en mer, animer la recherche en organisant des rencontres scientifiques nationales des fonds marins en Méditerranée rassemblant périodiquement les communautés impliquées dans les connaissances liées au fonds marins, depuis les approches fondamentales jusqu'aux applications pour l'environnement, les technologies, les enjeux de la société.

En complément de la recherche institutionnelle, les sciences citoyennes et participatives méritent d'être considérées et pourrait être intégrée à l'effort de coordination. Elles sont de plus en plus répandues, dans des disciplines toujours plus nombreuses. L'effort de recherche est ainsi décuplé. Néanmoins, l'intervention de néophytes doit rester prudente en limitant le manque de formation. Les initiatives de la Marine Nationale avec la mission Bougainville chargée d'échantillonner les 11 000 000 de km² de la zone économique afin de récupérer de l'ADN environnemental, les missions du voilier Tara, ou encore le programme Ferrybox¹⁹ des années 2010 sur les mers européennes doivent servir d'inspiration. Il faut souligner l'initiative du Yacht Club de Monaco qui a équipé les navires de ses membres d'enregistreur de données océanographiques.

¹⁹ https://www.ferrybox.com/routes_data/routes/mediterranean_sea/index.php.en

Fiche n°2

Concentrer les efforts de recherche scientifique sur le fonctionnement des habitats sensibles identifiés en Méditerranée

1. Des précédents d'actions réglementaires réussies, basées sur la connaissance scientifique

Dans les années 2000, le thon rouge en Méditerranée était menacé d'extinction en raison d'un effort de pêche déraisonnable et réalisé au mépris des zones et des périodes de reproduction de l'espèce. Aujourd'hui, ce poisson continue à être exploité, mais en suivant un plan de gestion rigoureux dans le cadre de l'organisation internationale ICCAT, permettant ainsi aux pêcheurs français de bien vivre de cette importante activité. Cette gestion raisonnée a, certes, demandée des énergies individuelles et collectives convergentes, mais n'a été possible que grâce à l'existence d'une masse de connaissances critiques sur le fonctionnement de l'espèce.

Encore, récemment, les herbiers de posidonies, écosystèmes emblématiques de la façade méditerranéenne française, étaient déracinés après chaque mouillage par le navigateur imprudent ou ignorant. La surface de ces herbiers avait perdu 10% de leur superficie en une cinquantaine d'année, voire près de 30% dans certaines rades très fréquentées par les navires de plaisance (baies d'Antibes, de St Tropez ou de Calvi). Grâce à toute une réglementation relative à l'organisation du mouillage des navires mise en place par le préfet maritime de la Méditerranée à partir de 2016, cette tendance a pu s'inverser et aujourd'hui l'heure est à la reconstitution de ces herbiers. Mais tout cela n'aurait pas pu se faire sans une somme de connaissances scientifiques sur le cycle biologique de la posidonie, du fonctionnement de cet habitat sensible et les facteurs l'impactant qui ont sous-tendu ces décisions réglementaires et son succès écologique.

Il ne peut pas y avoir de protection, de gestion ou de partage des usages d'un environnement, si sa connaissance scientifique est inexistante ou parcellaire. La Méditerranée peut être un laboratoire pour le développement durable de l'environnement marin, notamment au travers de ce cercle vertueux, connaissance – habitat sensible – plan de gestion, que traite cette recommandation.

2. La dégradation des fonds marins menace l'ensemble de l'environnement

Souvent considérée comme une mer pauvre en éléments nutritifs, la Méditerranée qui représente 0,3% du volume d'eau mondial, abrite néanmoins 7% des espèces marines connues (Plan Bleu, 2021). Cette forte biodiversité est également caractérisée par un pourcentage élevé (20% - 30%) d'espèces qui ne peuplent que cette mer. C'est le taux d'endémisme.

Mais cette grande biodiversité est également vulnérable.

Les nombreuses pressions d'activités humaines, comme la pêche ou le transport maritime, les apports telluriques (terrestres) ou encore le changement climatique, menacent les écosystèmes marins en Méditerranée. Par exemple, 11% des espèces marines sont menacées selon l'annexe II de la convention de l'UICN²⁰ et plus de 80 espèces non-indigènes

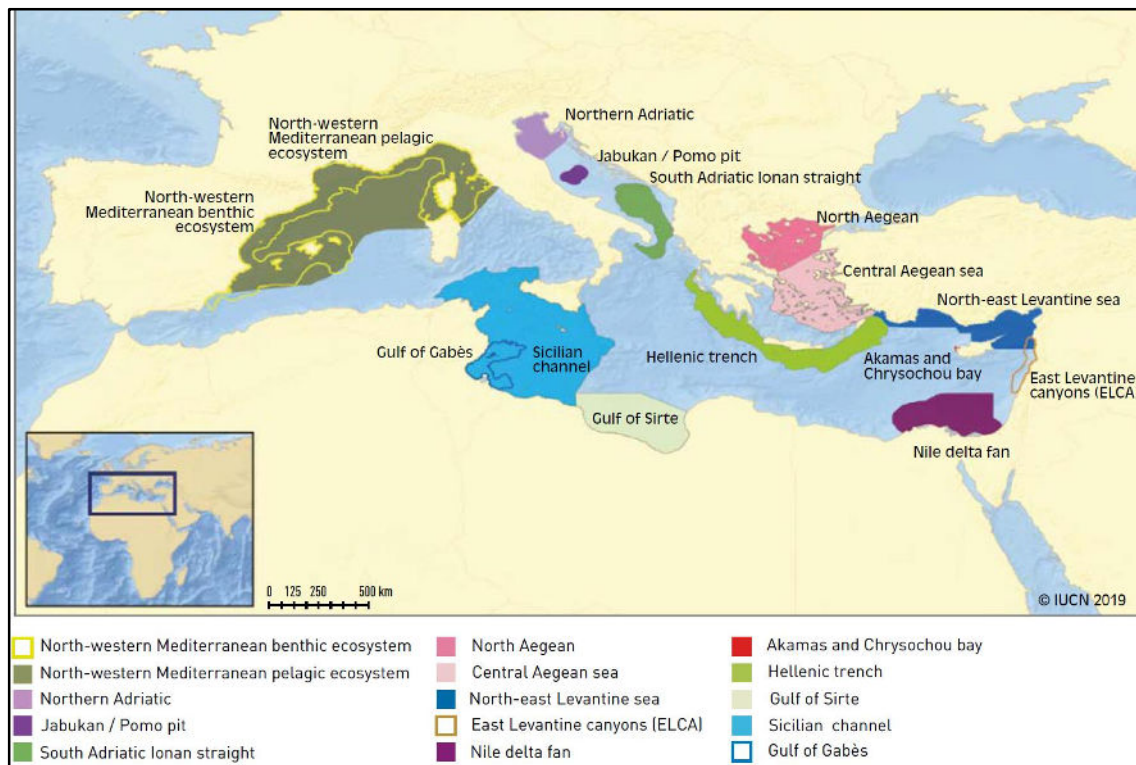
²⁰ UICN : Union Internationales pour la Conservation de la Nature. Le Comité français de l'UICN regroupe actuellement 2 ministères, 11 organismes publics, 55 organisations non-gouvernementales, ainsi qu'un réseau de plus de 250 experts rassemblés au sein de commissions thématiques et de groupes de travail

inventoriées sont considérées comme envahissantes, à l’instar du crabe bleu américain, *Calinectes sapidus*.

La communauté scientifique associe aujourd’hui le fonctionnement d’un écosystème et sa protection aux services rendus à l’environnement et à l’homme. Ces services sont parfois uniques, ou plus ou moins bien compris, et s’envisagent toujours dans un système dynamique. Ainsi les herbiers de posidonies se sont révélés être des écosystèmes-pivot sur les côtes méditerranéennes françaises, offrant une protection naturelle pour le recrutement larvaire ou juvénile. Ils sont aussi indispensables pour lutter contre l’érosion du trait de côte et le déplacement de bancs de sable ou enfin, comme puits de carbone.

Les fonds marins en Méditerranée peuvent être de substrat sableux, vaseux ou encore rocheux à différente profondeur. Ils offrent une structure géologique stable sur laquelle des structures vivantes vont pouvoir se développer et construire de véritables refuges pour différentes espèces. Les structures vivantes, molles ou dures, comme les concrétions calcaires d’origine animale (ex : coraux) ou végétale (ex : rhodolithes, maerl) protègent les espèces à différents stades de vie (œufs, recrutement larvaire, juvéniles, adultes) de la pression de prédation d’autres espèces, plus hautes dans la chaîne trophique. Cette protection structurelle permet le renouvellement des espèces.

Or, la plupart des espèces marines, dont celles pêchées, sont intimement liées à un habitat benthique, soit parce qu’ils sont sources de nourriture, soit parce qu’il s’agit d’une zone de reproduction ou d’une frayère. Dans ce schéma simplifié de genèse et de fonctionnement d’un écosystème benthique, il est aisé de comprendre que la destruction de l’habitat empêche le renouvellement des espèces et impacte brutalement la durabilité de l’environnement. Les habitats benthiques de la Méditerranée avaient déjà été reconnues comme zones écologiquement importante comme cela est représenté sur la carte ci-après. Ils sont clefs pour le fonctionnement de l’environnement marin.



AIRES MARINES D’IMPORTANCE ECOLOGIQUE OU BIOLOGIQUE (AIEB) CONSIDEREES DANS LA MER MEDITERRANEE PAR LA CONFERENCE DES PARTIES A LA CONVENTION DES NATIONS UNIES SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE (CDB) SIGNEE EN 1992 « AU SOMMET DE RIO » (PLAN BLEU, 2020).

Le benthos forme l'ensemble de ces écosystèmes sur lesquels il est désormais nécessaire de concentrer les efforts de recherche afin d'être en mesure de mieux les connaître et donc de mieux les gérer.

3. Face à l'étendue de la tâche comment prioriser les efforts de recherche

Les connaissances scientifiques sur les fonds inférieurs à 50 m, les plus accessibles, sont, sans surprise, les plus nombreuses. Des centaines de biocénoses ont été inventoriées²¹ (La Rivière *et al.*, 2021). Mais, les connaissances spécifiques de la biodiversité en Méditerranée restent néanmoins hétérogènes et souvent uniquement descriptives. Ces descriptions sont nécessaires et ont permis de mettre en place des réglementations de protection de l'environnement. Néanmoins, elles sont souvent insuffisantes pour permettre aux pouvoirs publics de développer de véritables outils de gestion.

Les habitats benthiques emblématiques des fonds marins méditerranéens des étages circalittoral (50 m – 200 m) et bathyal (> 200 m) sont les massifs coralligènes et les habitats obscurs²², ainsi que les zones de transition que forment les têtes de canyon. Mais le défi technologique rend difficile d'accès l'amélioration des connaissances sur le fonctionnement et des services rendus par ces écosystèmes alors même que ces zones apparaissent de plus en plus fondamentales dans la dynamique de l'environnement marin en Méditerranée.

En parallèle, il convient d'évaluer la sensibilité, la vulnérabilité, la résistance aux changements extérieurs, et la résilience d'un habitat. Ces travaux spécifiques vont au-delà d'une approche descriptive et nécessitent des suivis fréquents et répétitifs pour en déterminer les saisonnalités, les dynamiques et les interactions avec les facteurs physiques, chimiques et géochimiques. En 2016, La Rivière et ses collaborateurs dressaient l'inventaire de la sensibilité et de l'indice de fiabilité des biocénoses méditerranéennes, sous l'égide du Museum d'Histoire Naturelle. Pour nombre de ces biocénoses, les évaluations de sensibilité sont actuellement basées sur des « dires d'experts » ou de la littérature grise dans l'attente des compléments scientifiques indispensables.

Néanmoins, la tendance qui se dégage est que ce sont les têtes de canyon qui sont les sites d'exploration et d'investigation des fonds marins en Méditerranée à privilégier. A la croisée des habitats circalittoraux et bathyaux, ils abritent une diversité de biocénoses, dont certains fragiles et sensibles, mais sont aussi peuplées d'espèces peu connues comme les coraux froids et d'autres espèces, sans doute nombreuses, qui restent encore à découvrir.



**CORAIL BLANC (MADREPORA OCULATA)
FIXE SUR UN CABLE
CANYON DE CASSIDAIGNE –
CREDIT : OFFICE FRANÇAIS DE LA
BIODIVERSITE**

²¹ La Rivière (2021). Fiches descriptives des biocénoses benthiques de Méditerranée. UMS PatriNat éd., Paris : 660 pp.

²² Programme des Nations Unies pour l'Environnement/Plan d'Action pour la Méditerranée et Plan Bleu (2020). État de l'Environnement et du Développement en Méditerranée. Nairobi.

Recommandation n°2 : Concentrer les efforts de recherche sur les têtes de canyons et soutenir cette recherche par un appel à projet.

Le fonctionnement complexe des écosystèmes abrités par les têtes de canyons requière des approches pluridisciplinaires, des mesures bathymétriques en haute résolution ou de paramètres physico-chimiques du site d'investigation, mais également de son milieu, son hydrodynamisme local, son écologie benthique, la physiologie des espèces présentes, biogéochimie ou encore l'ingénierie écologique.

Les données ainsi collectées ou mesurées doivent ensuite être analysées, interprétées et validées par la communauté scientifique pour soutenir avec force le décideur. L'effort de recherche doit également se faire sur une période longue et répétée, pour en étudier la dynamique de fonctionnement, comme les saisonnalités. Il ne faut pas oublier les sciences sociales qui permettent de comprendre les services écosystémiques rendus aux activités humaines. La justesse des réglementations pour la durabilité d'un environnement est directement proportionnelle aux connaissances acquises.

Il est aussi recommandé de mutualiser et de concentrer l'effort de recherche, très conséquent, sur un site atelier présentant une tête de canyon et des habitats sensibles à substrats durs, plus longs à se régénérer, sur lequel une plateforme technologique pourrait déployer des mesures physiques et chimiques, sur de longues périodes, prélever des échantillons, transmettre des données en temps réels et surtout mettre en place une équipe de scientifiques en mesure d'interpréter ces informations et de produire des grilles de qualité pour les rendre utiles. Ce site atelier idéal devrait aussi intégrer les activités humaines, comme la pêche, éventuellement régulées et qui seraient prises en compte dans ce programme certes ambitieux, mais d'une grande valeur scientifique et sociétale.

Pour parvenir à fédérer et concentrer les efforts de recherche sur les têtes de canyons, il est recommandé la publication d'un appel à projet de recherche dédié à l'amélioration holistique des connaissances sur ces zones complexes en Méditerranée, sur un site atelier à définir, selon le cahier des charges respectant les principes précédemment détaillés.

Fiche n°3

Mesurer de façon objective et dans la durée les effets du mouillage des petits navires de plaisance sur les herbiers de posidonies

1. Des herbiers soumis à une très forte pression anthropique

Avec 421 374 embarcations immatriculées en 2020, la façade Méditerranée représente 40 % de la flotte métropolitaine. La flotte réelle correspondant aux bateaux effectivement en activité serait de 211 000 unités (512 000 au niveau national). Cette flotte est constituée d'une majorité de navires de moins de 6 mètres (77 % des embarcations immatriculées) et de bateaux à moteur (81 % des immatriculations). Si l'on considère les navires de plaisance d'une taille inférieure à 24 mètres, donc non concernés par les derniers arrêtés visant à protéger les herbiers de posidonies, leur part monte à 95 % des immatriculations.

Il y a, par ailleurs, de moins en moins de propriétaire de navires en raison notamment du coût d'entretien. La population se tourne donc vers la location de courte durée ou le prêt d'un navire (jours, semaines) de voiliers ou bateaux à moteur. Sur les plus petits navires, seul le permis bateau est demandé. Le manque de connaissance des milieux et d'expérience de la navigation de ces usagers causent souvent plus de dommages sur les fonds que les propriétaires de navires, généralement plus responsables.

En parallèle, le recouvrement des fonds sous-marins entre 0 et 40 m par l'herbier de posidonie dans chaque région de Méditerranée française représente : Occitanie 0,3%, Provence Alpes Côte d'Azur 33,5%, Corse 66,2%²³.

Les campagnes de sensibilisation de la plaisance sur la réglementation des mouillages et les bonnes pratiques des ancrages²⁴, ne sont plus une nouveauté sur nos côtes, mais face au développement toujours croissant de la petite et de la grande plaisance, la pression de leurs mouillages sur les fonds marins est fortement ressentie et continue de provoquer le recul des herbiers de posidonie.

2. La problématique de l'évaluation des effets des mouillages de la petite plaisance

L'évaluation des effets de la réglementation des mouillages sur les herbiers de posidonies est satisfaisant pour les navires de plaisance de plus de 24 mètres. Equipés de Système d'Identification Automatique (AIS), ces navires peuvent être suivis par les scientifiques. L'état observé des herbiers peut ensuite être confronté aux données consolidées de la fréquentation de ces zones par les mouillages de la grande plaisance²⁵.

La situation est différente pour les navires de moins de 24 mètres qui ne sont pas équipés d'AIS. Leur pression de mouillage, a priori importante, ne peut donc être étudiée grâce aux données de ces équipements. Et pourtant, entre les Iles de Lérins on compte jusqu'à 4500 bateaux au mouillage sur un weekend de trois jours.

Sans une approche globale de la plaisance prenant en compte, à la fois les bateaux de plus de 24 mètres et les navires de moins de 24 mètres qui représentent plus de 95% de la

²³ MEDTRIX (Avril 2019) Cahier de surveillance numéro 6 <https://medtrix.fr/wp-content/uploads/2019/09/cahier6.pdf>

²⁴ Préfet Maritime de la Méditerranée, Dossier de Presse Réglementer les mouillages en Méditerranée pour protéger les herbiers de posidonie et renforcer la sécurité en mer <https://www.premar-mediterranee.gouv.fr/uploads/mediterranee/news/pdf/2282eae3867b5e0d400f19f64ebd1634.pdf> [2023]

²⁵ Suivi des effets de l'évolution de la réglementation des mouillages en Méditerranée Française de 2016-2021 <https://medtrix.fr/note-dancrage-13/>

plaisance, la visualisation, la compréhension des pressions et la mise en œuvre de solutions pour préserver l'environnement sous-marin sont de facto parcellaires.

Cette approche est d'autant plus importante, qu'elle s'inscrit désormais dans un contexte sociétal complexe opposant les deux catégories de plaisanciers, chacun se rejetant la responsabilité de la destruction de la posidonie ou de l'acidification de la colonne d'eau par les émissions des navires contribuant à la destruction des coralligènes et des animaux à carapace calcaire.

Recommandation n°3 : Mettre en place une zone atelier pour évaluer les effets des mouillages de la plaisance de moins de 24 mètres sur les herbiers de posidonies et les coralligènes.

De la même manière que le Document Stratégique de Façade (Action AT-09) préconise de définir une aire marine protégée pilote pour le littoral afin de définir et d'expérimenter une méthode ainsi qu'un outil de visualisation pour la prise en compte des effets cumulés des activités anthropiques, il conviendrait d'inclure la plaisance (grande et petite) pour en mesurer la charge écologique sur les fonds marins.

En analysant les cartes de la plateforme Medtrix, deux zones semblent se distinguer pour devenir cette zone atelier qui permettrait une analyse des charges écologiques des navires grande plaisance et petite plaisance sur, à la fois, les posidonies, les coralligènes. Il s'agit d'Antibes/Golfe Juan et de la rade de Villefranche sur Mer/Saint Jean Cap Ferrat.

Il s'agira ensuite de règlementer le mouillage dans cette zone pour le limiter à la prise de bouées, tout en effectuant un état zéro de l'état des herbiers, des amas coralligènes et des espèces présentes.

Le suivi dans le temps long des effets induits par l'allègement de la pression des mouillages permettra, enfin, de mieux évaluer l'impact réel de la pression de la plaisance et de déterminer si des mesures d'accompagnement doivent être prises.

Fiche n° 4

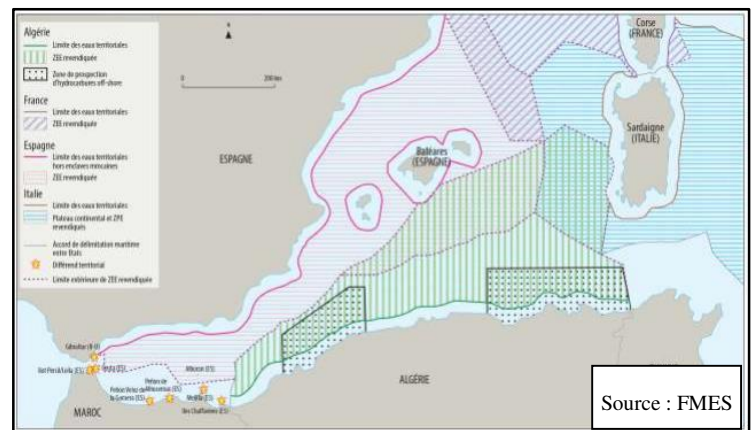
Renforcer la cohérence de la position de la France concernant l'exploitation des fonds marins et lui permettre d'influer en Méditerranée dans le cadre de la Convention de Barcelone

1. La position de la France dans le contexte d'exploitation des fonds marins en Méditerranée.

La Méditerranée abrite, dans sa partie orientale des gisements pétroliers, et surtout gaziers, importants. La tentation d'une exploitation plus intensive de ces ressources est forte même si l'impact de ces activités sur l'environnement marin est une préoccupation environnementale majeure.

La compétition pour l'exploitation de ces ressources réelles ou supposées est vive. C'est en Méditerranée orientale que les tensions sont les plus fortes compte-tenu de la politique expansionniste de la Turquie, notamment autour de Chypre.

Mais la Méditerranée occidentale pourrait ne pas être épargnée. L'Algérie a ainsi décrété en 2018 une ZEE qui chevauche celle de l'Espagne et de l'Italie. La France et l'Espagne, qui ont établi leurs ZEE respectivement en 2012 et 2013, revendiquent toutes deux une zone de plusieurs milliers de kilomètres carrés qui pourrait contenir des ressources en hydrocarbures.



L'exploitation minière des fonds marins est aussi une des grandes questions maritimes du moment. L'Humanité est partagée entre des besoins stratégiques en matières premières et la prise de conscience de la fragilité de notre planète en ces temps de réchauffement climatique et de déclin de la biodiversité.

Si la Méditerranée est quasi dépourvue de ressources en nodules polymétalliques du fait de conditions environnementales peu propices à leur formation, l'activité volcanique dans la mer Tyrrhénienne et en mer Egée a, en revanche, permis la création de sulfures hydrothermaux. La richesse biologique qui se développe autour des cheminées hydrothermales présente un intérêt pour les industries pharmaceutique et cosmétique, ainsi que pour la recherche, notamment dans le domaine du traitement des cancers.

Les minerais des gisements sous-marins ont une minéralogie complexe, ainsi qu'une porosité et une teneur en eau élevées. Une fois extraits des fonds marins, ils nécessitent un traitement long en plusieurs étapes ainsi qu'une grande quantité d'énergie (Hein, et al., 2020 ; Ochromowicz, et al., 2021). Ces contraintes d'extraction et de traitement posent la question de la viabilité technique et économique de l'exploitation minière des grands fonds marins (SystExt, 2022).

La communauté scientifique est aussi opposée à ces exploitations en raison des risques graves, voire irréversibles, que cette technologie pourrait faire peser sur les fonds marins et donc sur l'environnement des océans et de la planète.

"This mining, when it occurs, is going to be just massive in scale. It probably will have the largest footprint of any single human activity on the planet [...]." Craig Smith, océanographe à l'Université d'Hawaï (Grant, 19/12/2013, PRI)

Parmi les préoccupations spécifiques concernant les impacts de l'extraction minière en eaux profondes, dont certains seraient d'une persistance sur des durées de l'ordre du millier voire du million d'années (Gollner, et al., 2017), les scientifiques citent (Deep Sea Mining Science Statement) :

- La perte directe d'espèces et de populations uniques et écologiquement importantes suite à la dégradation, la destruction ou l'élimination de l'habitat du plancher océanique ; pour beaucoup, avant même d'avoir été découvertes et comprises ;
- La production de panaches sédimentaires vastes et persistants qui affecteraient le plancher océanique et les espèces et écosystèmes pélagiques bien au-delà des sites d'exploitation eux-mêmes ;
- L'interruption d'importants processus écologiques faisant le lien entre les écosystèmes pélagiques et benthiques ;
- La remise en suspension et le rejet dans la colonne d'eau de sédiments, de métaux et de toxines préjudiciables pour la vie marine, qui proviennent à la fois de l'exploitation du plancher océanique et du déversement par les bateaux des eaux usées générées par l'extraction minière ; cela inclut des risques de pollution pour des espèces de poissons comestibles importantes d'un point de vue commercial comme le thon ;
- La pollution sonore causée par l'activité des machines industrielles sur le plancher océanique et le transport des boues de minerais dans des tuyaux à la surface de la mer, qui pourrait engendrer un stress physiologique et comportemental pour des mammifères marins et d'autres espèces marines ;
- Des impacts incertains sur les dynamiques de séquestration du carbone et le stockage de carbone des fonds marins.

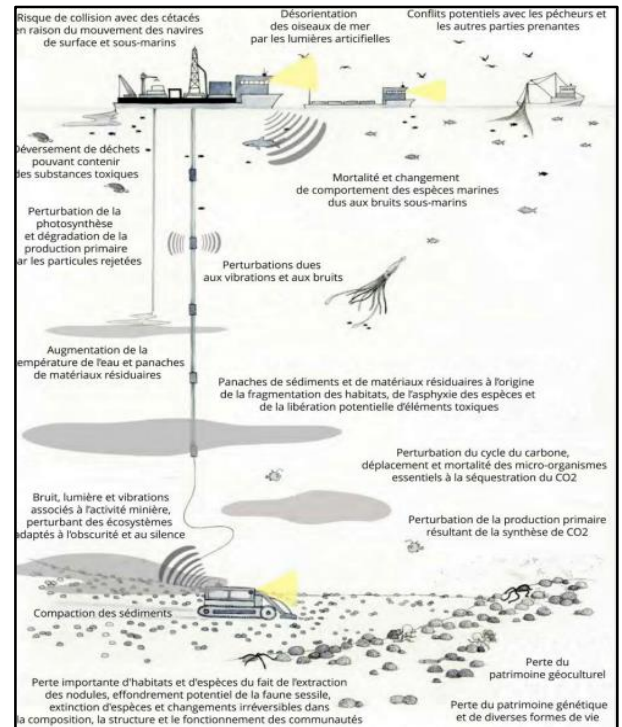


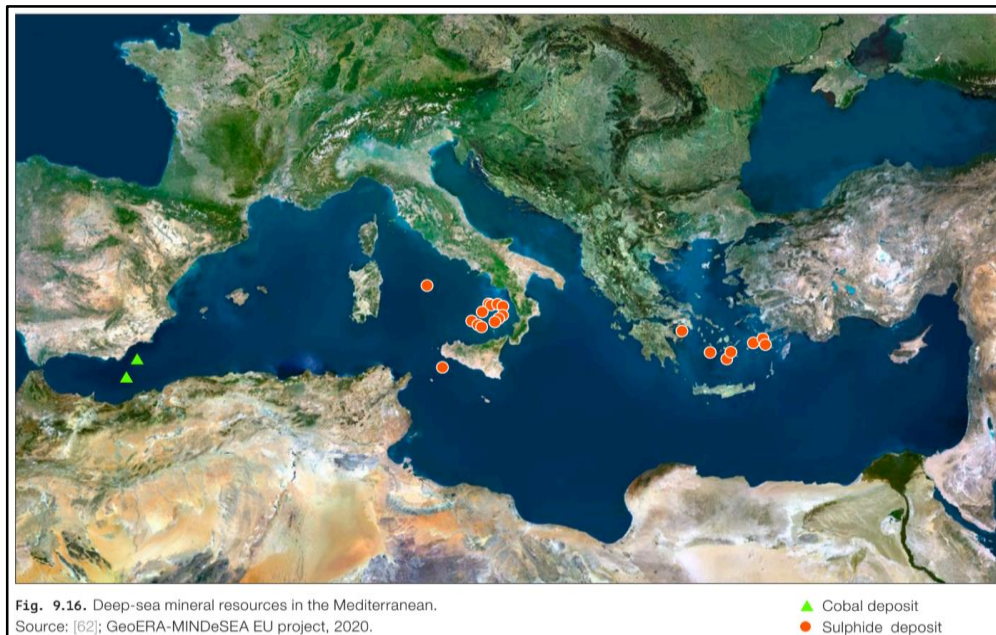
Schéma d'impacts et risques environnementaux liés à l'exploitation minière des fonds marins.

Les experts constatent un manque d'informations scientifiques sur les espèces et les écosystèmes d'eau profonde, ainsi que sur les services écosystémiques fournis par ceux-ci.

En l'absence de ces informations, les risques de l'exploitation minière en eaux profondes pour la biodiversité, les écosystèmes et le fonctionnement des fonds marins, comme pour le bien-être humain, ne peuvent être pleinement appréhendés. Les experts recommandent fortement que la transition vers l'exploitation des ressources minérales soit suspendue jusqu'à ce que des informations scientifiques suffisantes et solides aient été obtenues.

Les appels à une interdiction ou à un moratoire sur l'exploitation minière en eaux profondes sont aussi assez répandus²⁶.

Ressources minières dans les grands fonds en Méditerranée



Source: GeoERA-MINDeSEA EU project, 2020.

NB: La source ne spécifie pas s'il s'agit de ressources présumées ou connues.

2. Solutions et moyens déjà mis en œuvre par la France

Après la décision de la France d'adopter un moratoire sur la recherche des hydrocarbures en Méditerranée (avril 2016), le Président de la République a annoncé, le 30 juin 2022, lors de la Conférence des Nations Unies sur les Océans à Lisbonne, vouloir "mettre en place un cadre réglementaire pour mettre un terme à l'exploitation minière en haute mer et interdire toute nouvelle activité dangereuse pour les écosystèmes océaniques". Cette prise de position a été renforcée lors de la COP27 de la CCNUCC en Egypte, le 7 novembre 2022, lors de laquelle M. Emmanuel Macron a déclaré que "la France soutient l'interdiction de toute exploitation des grands fonds marins. J'assume cette position et la porterai dans les enceintes internationales." La France s'est attelée à la mobilisation d'une coalition d'Etats favorables à la mise en place d'un moratoire sur l'exploitation des grands fonds marins afin d'obtenir un accord international sur le sujet qui s'appliquerait aux eaux internationales.

Cette position de principe doit être cependant nuancée. Car ce moratoire est conditionné par l'évolution de la connaissance scientifique sur ce sujet. Lorsqu'il sera démontré que cette

²⁶ Liste des appels à un moratoire ou à une interdiction (Source: Basé sur SystExt - 2022) :

- 2018 : Résolution du Parlement européen, appel à un moratoire international
- 2019 : Appel à un moratoire de 10 ans par les Fidji, le Vanuatu et la Papouasie-Nouvelle-Guinée
- 2020 : Appel à un moratoire par la Commission européenne
- 2021 : Résolution du Parlement européen, durcissement des demandes
- 2021 : Résolution de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) · WCC 2020 Res 122
- 2021 : Appel à un moratoire et engagements par des entreprises
- 2022 : Appel à un moratoire par l'Action Mondiale des Parlementaires
- La "Deep Sea Mining Science Statement" (DSMSS) - une déclaration de 653 experts en sciences de la mer et en politique maritime de plus de 44 pays
- Actions par The Deep Sea Conservation Coalition (DSCC), Sustainable Ocean Alliance et The Oxygen Project.

activité extractive pourra être entreprise sans dégrader les écosystèmes marins et sans perte de la biodiversité marine, la France reverra sa position.

Recommandation n°4 : Porter lors de la COP 23 de la Convention de Barcelone en décembre 2023 la décision de la signature par la France et par toutes les parties prenantes du Protocole « Offshore » de la Convention de Barcelone (dans un esprit de moratoire et pas d'interdiction définitive).

Annoncer la décision de ratification par la France du Protocole *offshore* à l'occasion de la conférence des Nations-Unies sur les océans, qui se tiendra à Nice en juin 2025.

Pour être cohérente avec sa position de protection des fonds marins et de l'environnement en Méditerranée, la France aurait intérêt à signer rapidement le **Protocole Offshore** de la Convention pour la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée dite de Barcelone. Cet instrument juridique réunit les Etats riverains de la Méditerranée dans un effort de "*protection de la mer Méditerranée contre la pollution résultant de l'exploration et l'exploitation du plateau continental, du fond de la mer et de son sous-sol*". Adopté en 1994, ce Protocole est entré en vigueur en 2011 mais n'a pas été encore ratifié par la France. Il prévoit que les Parties contractantes "[...] prennent, [...] toutes mesures appropriées pour prévenir, réduire, combattre et maîtriser [...] la pollution résultant des activités²⁷, et s'assurent en particulier que les meilleures techniques disponibles, écologiquement efficaces et économiquement appropriées, sont mises en œuvre à cet effet. Les Parties s'assurent que toutes les mesures nécessaires sont prises pour que les activités n'engendrent pas de pollution."

La décision de ratification par la France pourrait être annoncée en 2025, à l'occasion de la conférence des Nations-Unies sur les océans, qui se tiendra à Nice (en Méditerranée...) en 2025.

De cette manière, la France pourrait, après ratification, disposer d'un instrument juridique cohérent avec sa volonté politique de protection des fonds marins et indispensable pour se prémunir des pollutions générées par les autres Etats dans le cadre des activités d'exploitation de leur plateau continental. Ce Protocole fixe aussi des conditions d'exploitation et de protection de l'environnement communes à tous les Etats méditerranéens. L'absence de signature et de ratification par la France de ce Protocole ne lui permet pas, actuellement, d'être entendue ; ni sur le sujet de l'exploitation, ni sur celui de la protection des fonds marins en Méditerranée.

²⁷ On entend par "activités d'exploration et/ou d'exploitation des ressources dans la zone du Protocole" (ci-après dénommées les "activités"): [i] Les activités de recherche scientifique portant sur les ressources du fond de la mer et de son sous-sol; [ii] Les activités d'exploration: – activités sismologiques; prospections du fond de la mer et de son sous-sol; prélèvement d'échantillons; – forages exploratoires; [iii] Les activités d'exploitation: – mise en place d'une installation aux fins d'extraire des ressources, et activités y relatives; – forages de mise en valeur; – extraction, traitement et entreposage; – transport jusqu'au rivage par conduites et chargement à bord de navires; – entretien, réparations et autres opérations auxiliaires".

Références :

- Convention de Barcelone:
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31970/bcp2019_web_fre.pdf
- Fauna & Flora International (2020). An assessment of the risks and impacts of seabed mining of marine ecosystems. Cambridge. Traduit et adapté par SystExt.
- GeoERA-MINDeSEA EU project (2020). <https://geoera.eu/projects/mindesea2/>
- Gollner, et al. (2017). Resilience of benthic deep-sea fauna to mining activities. *Marine Environmental Research*, 129, 76-10
- Hein, et al. (2020). Deep-ocean polymetallic nodules as a resource for critical materials. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(3), 158-169.
- Ochromowicz, et al. (2021). Recent Advancements in Metallurgical Processing of Marine Minerals. *Minerals*, 11(12), 1437.
- Parianos, J. (2016). Nautilus Minerals - General Update. Lien : <https://www.gceocean.no/media/1569/160428-subsea-innovation-day-deep-sea-mining-nautilus-minerals.pdf>
- SystExt - systèmes extractifs et environnements (2022). Exploration et exploitation minières en eaux profondes. Support utilisé lors d'un webinaire le 17 novembre 2022, contenant de nombreuses références scientifiques. https://www.systext.org/sites/all/documents/PRES_SystExt_Controverses-Volet2-Tome1.pdf
- Wegorzewski, et al. (2018). Thermal pre-treatment of polymetallic nodules to create metal (Ni, Cu, Co)-rich individual particles for further processing. *Minerals*, 8(11), 523.

Fiche n°5

Doter la France des drones sous-marins permettant de satisfaire l'ambition de la stratégie ministérielle de maîtrise des fonds marins

En juin 2019, le sous-marin la Minerve qui avait disparu le 27 janvier 1968 était enfin retrouvé par des moyens sous-marins. Si la Marine nationale avait bien participé à ces recherches ; c'était néanmoins avec des moyens d'investigation sous-marins d'une société américaine que cette opération avait pu aboutir favorablement. Le 26 septembre 2022, le monde découvre avec effroi ce que les experts savaient déjà : les infrastructures sous-marines, en l'occurrence les gazoducs Nord Stream 1 et 2, deviennent des cibles en cas de conflit entre Etats. La France réalise aussi à cette occasion qu'elle ne dispose pas toujours de la technologie la plus adaptée pour contrer les nouvelles menaces sous-marines ou faire peser une dissuasion sur les nouveaux compétiteurs.

1. Le besoin de la France de continuer à s'affirmer comme un acteur majeur dans toute la dimension maritime.

C'est dans ce contexte que le Ministre des Armées a annoncé, en février 2022, la publication d'une stratégie destinée à remettre la France à niveau dans ce segment de son affirmation de souveraineté et de maîtrise des menaces :

"Si le ministère des Armées se dote aujourd'hui d'une stratégie de maîtrise des fonds marins, c'est pour répondre à trois impératifs de notre défense :

- *[...] Garantir la liberté d'action de nos forces [...]* ;
- *[...] Garantir les intérêts de la France, en contribuant notamment à la protection des infrastructures sous-marines [...]*
- *[...] Faire peser une menace crédible sur les compétiteurs stratégiques [...]*

Avec la deuxième ZEE au monde, la France ne peut rester sur le rivage en se contentant d'observer de loin ce qui se déroule dans les abysses. Le Ministère des Armées se dote donc aujourd'hui d'une stratégie de maîtrise des fonds marins à la hauteur de cette ambition et des enjeux.

Notre ambition tient en trois mots : « connaître, surveiller, agir ».

Cette ambition se concrétise aussi par un crash programme destiné à doter la marine nationale de deux drones pouvant intervenir jusqu'à 6000 mètres de profondeur pour compléter la gamme des moyens de surveillance et d'intervention des fonds marins. Avec ces équipements la Marine sera en mesure d'atteindre le plancher océanique sur la totalité de la zone d'intérêt de la France.

Cette ambition se double du besoin de connaissances des fonds marins dans le cadre des travaux de recherche scientifique réalisés par l'IFREMER. Si cet organisme a su, jusqu'à ce jour rester à la pointe de ces technologies (notamment grâce au financement des programmes de recherche relatifs à l'exploitation du fond des mers), il aura un besoin indispensable de rester à la pointe des technologies, notamment pour réaliser le programme de suivi scientifique des grands fonds marins.

2. Etat des lieux des capacités de surveillance et d'intervention sur les fonds marins

Zone de 0 à 5 mètres

Dans cette zone côtière, également appelée *surf zone*, si des actions humaines sont possibles, l'utilisation de capteurs sous-marins est souvent difficile et ces derniers sont perturbés par les effets de la surface. L'utilisation de capteurs aéroportés, sur des porteurs conventionnels ou des drones, pourrait assurer une constance dans les mesures effectuées et leurs précisions.

C'est ce que réalise, par exemple, le drone aérien dans la solution rMCM²⁸ (SKELDAR V200, VTOL) équipé de capteurs spécifiques, EO/IR²⁹ et LIDAR (de type LIDAR bathymétrique) dont les fonctions de guerre des mines sont développées par EXAIL pour détecter et identifier les éléments en VSW³⁰ et en surface.

Zone de 5 à 300 mètres

Les technologies pour connaître, surveiller et agir existent et sont principalement mises en œuvre dans le domaine de la guerre des mines.

Les systèmes développés pour la 3^{ème} génération de systèmes de guerre des mines, comme SLAMF³¹ pour la France ou rMCM pour la Belgique et les Pays-Bas, proposent des systèmes pour cartographier avec précision, détecter automatiquement les objets d'intérêts de taille décimétrique, identifier sans équivoque ces objets et même les détruire ou les remonter (actions des plongeurs démineurs ou des Clearance Diver Teams).

Ces solutions de *stand-off MCM* sont basées sur une suite de drones de surface (USV³²), sous-marins autonomes (AUV³³), remorqués (TUV³⁴) ainsi que de ROV³⁵ (pour l'identification et la neutralisation).

Zone supérieure de 300m et jusqu'à 6.000 mètres

Peu de solutions existent en revanche dans cette tranche de profondeur, car atteindre des immersions supérieures à 1.500 mètres impose des solutions techniques pointues nécessitant des coûts importants d'étude et de réalisation pour être en mesure de supporter les pressions extrêmes, la corrosion, l'endurance, l'autonomie décisionnelle, la communication ...

Les principaux AUV présents sur le marché des AUV grands fonds sont actuellement :

- Kongsberg : AUV Hugin, 6.000 mètres (Suède)
- Teledyne : AUV SEARAPTOR, 6.000 mètres (USA)
- General Dynamics : AUV Bluefin 21, 4.500 mètres (USA)
- HII, REMUS 6.000 mètres (USA)
- Exail : A18-D, 3.000 mètres (France)
- ISE : Explorer 3.000 mètres et 6.000 mètres (Canada)

Ces véhicules sont peu diffusés. Ils présentent tous des fonctions d'AUV de « *survey* », c'est-à-dire qu'ils sont capables d'effectuer des relevés à vitesse constante (3 à 4 nœuds) de la

²⁸ rMCM : remote Mine Counter Measure, nom du programme Belge et Néerlandais de nouveau système de guerre des mines de 3eme génération.

²⁹ EO/IR : boucle optronique Electro-Optique / Infra Rouge.

³⁰ VSW : Very Shallow Water, habituellement 0-20m d'immersion.

³¹ SLAMF : Système de Lutte Anti mines du Futur, nom du programme Français de nouveau système de guerre des mines de 3eme génération.

³² USV : Unmanned Surface Vehicle

³³ AUV : Autonomous Underwater Vehicle

³⁴ TUV : Towed Underwater Vehicle

³⁵ ROV : Remotely Operated Vehicle

bathymétrie, d'images sonar du fond, de photogrammétrie ou de relevés de mesures physico-chimiques.

En revanche, ces engins n'ont pas de capacité d'arrêt sur point d'intérêt et ont des capacités d'évitement du relief limitées. Le traitement des données s'effectue après récupération du véhicule, en surface. D'une part, ce traitement postérieur prend du temps, d'autre part, il génère dans les détections des faux positifs. Or, l'objectif des détections est de programmer une mission de ROV pour identifier et intervenir sur l'objet détecté. Les faux positifs peuvent alors générer des missions complexes et longues de ROV.

Les fonctionnalités de détection automatique embarquée sont en développement sur certains systèmes, mais leurs performances sont limitées en raison de la faible quantité de données vérifiées entrant dans les algorithmes d'IA³⁶.

Recommandation n°5 : Concentrer les efforts de recherche et développement de la base industrielle et technologique de défense (BITD pour mettre au point un AUV capable d'intervenir dans la tranche 300 à 6.000 mètres pour détecter les points d'intérêt et interrompre momentanément sa mission pour lever les doutes.

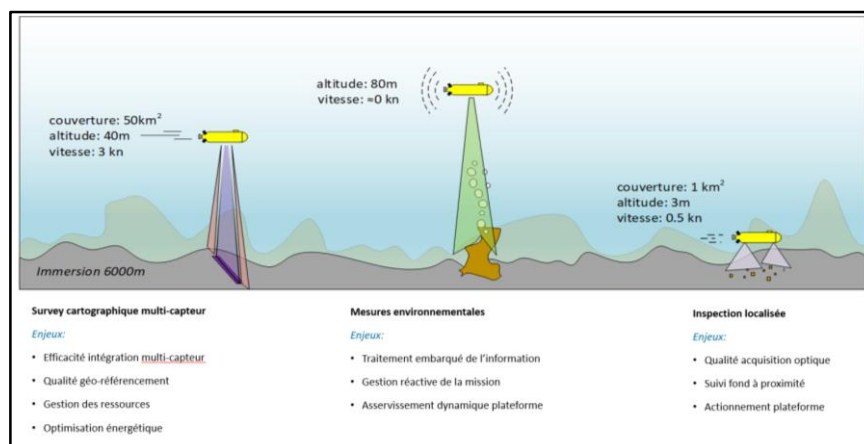
L'IFREMER, acteur en pointe de l'exploration des fonds marins, a travaillé au développement et opère des engins grands fonds de différents types.

Le dernier véhicule conçu par IFREMER et Exail est UIYx, inauguré en 2020 et en cours d'expérimentations. Il offre une capacité inédite d'identification des objets en plus de la fonction de « survey » commune avec les autres AUV grands fonds.

Cette voie doit être suivie pour développer un AUV différencié des systèmes du marché, de surveillance et d'identification (DCLI), capable d'auto-détecter les points d'intérêt et d'interrompre momentanément le « *survey* » initial pour aller identifier ces contacts afin de lever les doutes et d'éviter des plongées ultérieures de ROV, longues et coûteuses, sur des « faux positifs ».

Ce type d'AUV reprendrait ensuite sa mission initiale là où elle a été interrompue et transmettrait par communication acoustique une imagerie et les coordonnées de l'objet d'intérêt.

Cette démarche est celle à laquelle a abouti IFREMER, au regard de son expérience des interventions et recherches profondes, en spécifiant l'AUV UIYx à EXAIL. Des cas de fonctionnement typiques sont illustrés ci-dessous.



³⁶ IA : Intelligence Artificielle

Cette solution nécessite que la BITD se fédère autour de sujets techniques convergeant vers une solution d'excellence dès la conception et la réalisation du véhicule sous-marin :

- **Améliorer la précision du positionnement sous-marin** qui est une clé pour ces missions sans remontée à la surface pendant 24 à 48 heures. Les centrales inertielles, leurs faibles dérives, leur capacité de fusion de données, le recalage par système acoustique externe (USBL, LBL) ou sur amers sont les sujets principaux liés à ce thème ;
- **Garantir une capacité de communication sous-marine** avec un débit suffisant ;
- Permettre l'endurance du véhicule, et donc **la capacité énergétique et la sécurité des batteries**, qui sont également des sujets sur lesquels des acteurs français ont une expertise reconnue.

Seule une convergence de la BITD permettra également de développer les capteurs et les charges utiles permettant un traitement embarqué autonome associé à une re-planification autonome de la mission. Pour cela les capteurs devront être capables de :

- **Auto-détecter et auto-identifier des points d'intérêt** : par l'ajout de cette fonctionnalité d'identification sur ses drones sous-marins, la France se doterait d'une capacité qui n'est actuellement pas sur le marché pour ses concurrents et qui a été développée par la BITD ;
- **Auto-détecter des changements** par rapport à une mission précédente sur la même zone.

En complément, des équipements pourront être associés à ce véhicule comme des infrastructures de recharge et de transmission de données haut débit de type *docking* sous-marin.

Afin d'inciter les entreprises de la BITD à investir dans ces développements complexes et à y trouver de la rentabilité, la France et la DGA³⁷ peuvent également promouvoir cette solution à des pays partenaires afin de dupliquer la solution développée, de permettre et de financer l'amélioration dans le temps des algorithmes d'IA.

³⁷ DGA : Direction Générale de l'Armement

Fiche n°6

Maitrise de la dissémination des sous-marins et engins sous-marins de plaisance en Méditerranée

1. Evolution de la plaisance de luxe en Méditerranée

La plaisance de luxe s'est considérablement développée en Méditerranée. Selon les estimations de Riviera Yachting Network, ses retombées économiques pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur sont passées de 728 millions d'euros dont 9 millions d'euros pour la Corse³⁸ en 2017, à 2 milliards d'euros en 2021. Sa contribution à l'économie régionale est donc majeure. S'accompagnant d'une course au gigantisme des yachts, elle a permis la renaissance et de développement de plusieurs chantiers d'entretien et de réparation sur le littoral.

L'industrie de la grande plaisance est néanmoins en proie à des changements profonds et fait face à de multiples défis :

- Economiques avec le départ des Russes depuis le conflit en Ukraine, les sanctions internationales et la pression de l'opinion publique.
- Environnementaux ayant bien intégré la nécessité de construire des navires moins polluants.
- Technologiques avec le besoin de développer de nouveaux modes de propulsions et des installations moins gourmandes en énergie pour la vie à bord.

Un autre défi majeur est de pouvoir s'adapter à une nouvelle clientèle de plus en plus jeune, de plus en plus fortunée, propriétaires de navires de plus en plus grands et souvent possédant moins d'expérience maritime que les générations précédentes.

Cette nouvelle génération est également en quête de sensations fortes, d'expériences nouvelles et inédites. L'industrie évolue en ce sens pour répondre à cette tendance croissante et n'a cessé de proposer des innovations pour cette clientèle.

2. Une prolifération nouvelle de sous-marins de plaisance

Parmi les innovations répondant à la demande nouvelle de cette clientèle fortunée, on note un essor des moyens d'exploration sous-marins, notamment les submersibles³⁹ et le matériel de plongée permettant d'atteindre des profondeurs jusqu'ici inaccessibles à la grande plaisance⁴⁰. Le temps des prototypes est révolu et la vitesse de développement est impressionnante. Le salon de Düsseldorf de 2023 a permis une mise en lumière du secteur, avec par exemple la production de submersibles en série (modèle Nemo du fabricant Néerlandais *U- Boat Worx*)⁴¹.








Les limites des profondeurs sont repoussées : le modèle d'*U- Boat Worx C-Researcher series 2*, 9.960kgs, pouvant atteindre une profondeur de 3.000m.

³⁸ Michel Desse et Simon Charrier (2017) <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.10562>

³⁹ Superyacht Technology Network: <https://superyachttechnologynetwork.com/toys/u-boat-worx-is-set-to-deliver-15-nemo-private-submarines-in-2023/#:~:text=U-Boat>.

⁴⁰ SEA Craft Poland <https://seacraft.eu/go-deeper/> feet-09-19-2022/.

⁴¹ Design Boom submersible 'u-boat worx NEMO' brings riders 330 feet below the sea <https://www.designboom.com/technology/submersible-u-boat-worx-nemo-330>

C-RESEARCHER SERIES	NEXUS SERIES	CRUISE SUB SERIES	SUPER YACHT SUB																																																																												
 <table border="1"> <tr><td>C-RESEARCHER 2</td><td>500 M</td><td>5,750 KG</td><td>2</td></tr> <tr><td>C-RESEARCHER 2</td><td>1,140 M</td><td>7,200 KG</td><td>2</td></tr> <tr><td>C-RESEARCHER 2</td><td>3,000 M</td><td>8,960 KG</td><td>2</td></tr> <tr><td>C-RESEARCHER 3</td><td>300 M</td><td>6,300 KG</td><td>3</td></tr> <tr><td>C-RESEARCHER 3</td><td>1,140 M</td><td>8,900 KG</td><td>3</td></tr> <tr><td>C-RESEARCHER 3</td><td>2,500 M</td><td>11,300 KG</td><td>3</td></tr> <tr><td>C-RESEARCHER 3 LH</td><td>500 M</td><td>4,100 KG</td><td>3</td></tr> <tr><td>C-RESEARCHER 3 LH</td><td>1,700 M</td><td>10,500 KG</td><td>3</td></tr> <tr><td>C-RESEARCHER 5</td><td>300 M</td><td>8,600 KG</td><td>5</td></tr> </table> <p>LEARN ABOUT THE C-RESEARCHER SERIES</p>	C-RESEARCHER 2	500 M	5,750 KG	2	C-RESEARCHER 2	1,140 M	7,200 KG	2	C-RESEARCHER 2	3,000 M	8,960 KG	2	C-RESEARCHER 3	300 M	6,300 KG	3	C-RESEARCHER 3	1,140 M	8,900 KG	3	C-RESEARCHER 3	2,500 M	11,300 KG	3	C-RESEARCHER 3 LH	500 M	4,100 KG	3	C-RESEARCHER 3 LH	1,700 M	10,500 KG	3	C-RESEARCHER 5	300 M	8,600 KG	5	 <table border="1"> <tr><td>NEXUS 7</td><td>200 M</td><td>11,000 KG</td><td>7</td></tr> <tr><td>NEXUS 9</td><td>200 M</td><td>12,000 KG</td><td>9</td></tr> </table> <p>LEARN ABOUT THE NEXUS SERIES</p>	NEXUS 7	200 M	11,000 KG	7	NEXUS 9	200 M	12,000 KG	9	 <table border="1"> <tr><td>CRUISE SUB 5</td><td>500 M</td><td>8,500 KG</td><td>5</td></tr> <tr><td>CRUISE SUB 5</td><td>1,140 M</td><td>11,000 KG</td><td>5</td></tr> <tr><td>CRUISE SUB 5</td><td>1,700 M</td><td>16,000 KG</td><td>5</td></tr> <tr><td>CRUISE SUB 7</td><td>300 M</td><td>9,500 KG</td><td>7</td></tr> <tr><td>CRUISE SUB 7</td><td>1,140 M</td><td>14,500 KG</td><td>7</td></tr> <tr><td>CRUISE SUB 9</td><td>300 M</td><td>11,000 KG</td><td>9</td></tr> <tr><td>CRUISE SUB 11</td><td>200 M</td><td>13,300 KG</td><td>11</td></tr> </table> <p>LEARN ABOUT THE CRUISE SUB SERIES</p>	CRUISE SUB 5	500 M	8,500 KG	5	CRUISE SUB 5	1,140 M	11,000 KG	5	CRUISE SUB 5	1,700 M	16,000 KG	5	CRUISE SUB 7	300 M	9,500 KG	7	CRUISE SUB 7	1,140 M	14,500 KG	7	CRUISE SUB 9	300 M	11,000 KG	9	CRUISE SUB 11	200 M	13,300 KG	11	 <table border="1"> <tr><td>SUPER YACHT SUB 3</td><td>300 M</td><td>3,800 KG</td><td>3</td></tr> </table> <p>LEARN ABOUT THE SUPER YACHT SUB</p>	SUPER YACHT SUB 3	300 M	3,800 KG	3
C-RESEARCHER 2	500 M	5,750 KG	2																																																																												
C-RESEARCHER 2	1,140 M	7,200 KG	2																																																																												
C-RESEARCHER 2	3,000 M	8,960 KG	2																																																																												
C-RESEARCHER 3	300 M	6,300 KG	3																																																																												
C-RESEARCHER 3	1,140 M	8,900 KG	3																																																																												
C-RESEARCHER 3	2,500 M	11,300 KG	3																																																																												
C-RESEARCHER 3 LH	500 M	4,100 KG	3																																																																												
C-RESEARCHER 3 LH	1,700 M	10,500 KG	3																																																																												
C-RESEARCHER 5	300 M	8,600 KG	5																																																																												
NEXUS 7	200 M	11,000 KG	7																																																																												
NEXUS 9	200 M	12,000 KG	9																																																																												
CRUISE SUB 5	500 M	8,500 KG	5																																																																												
CRUISE SUB 5	1,140 M	11,000 KG	5																																																																												
CRUISE SUB 5	1,700 M	16,000 KG	5																																																																												
CRUISE SUB 7	300 M	9,500 KG	7																																																																												
CRUISE SUB 7	1,140 M	14,500 KG	7																																																																												
CRUISE SUB 9	300 M	11,000 KG	9																																																																												
CRUISE SUB 11	200 M	13,300 KG	11																																																																												
SUPER YACHT SUB 3	300 M	3,800 KG	3																																																																												
 <table border="1"> <tr><td>C-EXPLORER 3</td><td>300 M</td><td>6,010 KG</td><td>3</td></tr> <tr><td>C-EXPLORER 5</td><td>200 M</td><td>7,340 KG</td><td>5</td></tr> </table> <p>LEARN ABOUT THE C-EXPLORER SERIES</p>	C-EXPLORER 3	300 M	6,010 KG	3	C-EXPLORER 5	200 M	7,340 KG	5	 <p>NEMO SERIES STARTING FROM € 545,000</p> <table border="1"> <tr><td>NEMO 2</td><td>100 M</td><td>2,500 KG</td><td>2</td></tr> <tr><td>NEMO 1</td><td>100 M</td><td>2,000 KG</td><td>1</td></tr> </table> <p>LEARN ABOUT THE NEMO SERIES</p>	NEMO 2	100 M	2,500 KG	2	NEMO 1	100 M	2,000 KG	1	 <table border="1"> <tr><td>SUPER SUB</td><td>300 M</td><td>9,000 KG</td><td>3</td></tr> </table> <p>LEARN ABOUT THE SUPER SUB</p>	SUPER SUB	300 M	9,000 KG	3																																																									
C-EXPLORER 3	300 M	6,010 KG	3																																																																												
C-EXPLORER 5	200 M	7,340 KG	5																																																																												
NEMO 2	100 M	2,500 KG	2																																																																												
NEMO 1	100 M	2,000 KG	1																																																																												
SUPER SUB	300 M	9,000 KG	3																																																																												

La capacité d'endurance et d'autonomie, selon les brochures commerciales, peut aller jusqu'à quelques jours en cas d'avarie (4 jours pour le modèle NEMO).

Actuellement en développement le modèle UWEP (*Under Water Entertainment Program*) 150m², 120 pax, 100m de profondeur⁴².



⁴² UWEP Under Water Entertainment Platform <https://www.U-Boatworx.com/model/uwep>.

On peut noter également une baisse des prix de ces engins : 545.000 euros pour un submersible d'entrée de gamme, 4 passagers, atteignant 100m de profondeur, contre 4 millions d'euros il y a 10 ans.

La massification des moyens de production est une autre évolution important. L'objectif du constructeur *U- Boat Worx* par exemple est d'atteindre 1000 submersibles en opération à l'horizon 2030⁴³.

Hangar U- Boat Worx, Breda Pay Bas 2023



Les facilités de mise à l'eau enfin, sur certains modèles, sont comparables à celles d'un bateau de petite plaisance ou d'un semi-rigide par exemple, avec une simple remorque.



Recommandation n°6 : Mettre en place une veille des technologies des sous-marins et engins sous-marins de plaisance au profit du Secrétaire Général de la Mer et des préfets maritimes à l'occasion du salon de Düsseldorf (*Boot Düsseldorf*).

En 2023, le BOOT a réuni près de 237,000 visiteurs, de plus de 100 pays, 1500 exposants venant de 68 nations, sur un parc exposant 220,000 m² répartis sur 16 pavillons⁴⁴. Il s'agit du plus grand salon professionnel dédié à la plaisance au monde⁴⁵.

Il n'y a qu'à ce croisé de l'Europe que l'on peut découvrir un tel concentré des innovations de la plaisance, à ce jour on ne retrouve cela nulle part ailleurs. Prochaine édition du 20 au 28 janvier 2024.

Certains services spécialisés de l'Etat, comme ceux de la marine nationale, sont déjà présents au salon de Düsseldorf mais ne s'intéressent qu'aux sujets techniques de leur domaine de

⁴³ Design Boom submersible 'u-boat worx NEMO' brings riders 330 feet below the sea <https://www.designboom.com/technology/submersible-u-boat-worx-nemo-330/>

⁴⁴ BOOT Düsseldorf figures : https://www.boot.com/en/Media_News/Press/Press_Material/Press_Releases/boot_Düsseldorf_rebooted

⁴⁵ Vidéo BOOT : <https://vimeo.com/791843914>

compétence. La visite du salon BOOT de Düsseldorf représente une opportunité bien plus large pour les instances maritimes françaises coordinatrices, de prendre la mesure des développements des innovations dans le secteur privé. Ces développements créeront, d'année en année, de nouveaux enjeux sécuritaires, réglementaires, environnementaux, patrimoniaux et commerciaux, auxquels l'Etat va devoir apporter une réponse.

Cette veille serait facile à organiser dans le cadre de l'action de l'Etat en mer puisqu'il suffirait de demander aux services de l'Etat présents à ce salon de faire parvenir leurs observations et leurs commentaires sur les technologies présentées et leur appréciation sur les risques que peuvent faire peser sur l'Etat certaines nouvelles activités. De cette manière l'Etat serait en mesure d'anticiper en faisant évoluer si besoin le cadre législatif et réglementaire, en produisant de nouvelles instructions interministérielles et en prenant localement la réglementation la plus adaptée à l'instar de l'arrêté du préfet maritime de la Méditerranée du 25 juillet 2017 qui régleme désormais la navigation des navires sous-marins privés dans les eaux intérieures et territoriales françaises de Méditerranée.

Fiche n°7

Prendre en compte des menaces pesant sur les fonds marins liées aux nouvelles technologies et aux nouveaux besoins de protection de l'Etat en mer

1. Une sensibilité croissante des besoins de protection des fonds de la mer

Si, en 2015, on pouvait encore penser que la profondeur constituait une protection suffisante contre les atteintes visant les fonds marins⁴⁶, les avancées scientifiques, la démocratisation des technologies et le renforcement de l'hybridité de la menace font peser dorénavant des risques directs et élevés ; le sabotage récent des gazoducs Nord Stream 1 et 2 en étant l'illustration la plus récente.

Or l'importance des fonds marins en Méditerranée qui est déjà sensible ne fera que croître avec le temps en raison des nouveaux enjeux énergétiques, de transmission de données et de protection du patrimoine ou de l'environnement.

La France, Etat méditerranéen, doit désormais prendre en compte de nouveaux risques dans ses espaces maritimes :

- 79% des fonds méditerranéens d'une profondeur inférieure à 3000m sont désormais accessibles par les technologies sous-marines actuels
- Riveraine par la mer de nombreux Etats parfois en crise, la France ne peut pas compter sur la profondeur stratégique pour prévenir des menaces à son intégrité ou à son patrimoine. Il faut moins de 24h pour aller, par la mer, de la rive Sud à la rive Nord du bassin occidental. Par ailleurs, cette mer étant très fréquentée, il est aisé pour un agresseur ou un délinquant de se fondre dans la masse du trafic maritime (plaisance, commerce, pêche...).

Si les biens à protéger en Méditerranée sont les mêmes que sur les autres façades françaises, il existe cependant des spécificités méditerranéennes :

- Le *hub* de Marseille concentrera⁴⁷ en 2023 l'atterrage de 16 câbles sous-marins⁴⁸.
- Pour les flux d'énergie, si la ZEE française n'abrite pas encore de *pipe-line* (hors projet France/Espagne⁴⁹), les futurs champs éoliens en méditerranée deviendront des cibles critiques, tant au niveau des infrastructures flottantes, que pour les câbles de puissance ramenant l'électricité produite à terre. Une attaque sur un câble de ce type serait plus efficace que sur le champ d'éolienne. Le câble électrique Sardaigne/Corse/Italie traverse également la ZEE française.
- L'histoire et la géographie de la Méditerranée font que cette mer recèle un grand nombre d'épaves ou de sites archéologiques, de plus en plus accessibles aux pillages du fait des nouvelles technologies et de l'absence de marées d'amplitude.
- Si les ressources naturelles minières restent à évaluer, 30% des ressources naturelles (faune et flore) sont endémiques à la Méditerranée. Cette situation explique la forte densité d'aires marines protégées (AMP) dont certaines sont dédiées à la protection des fonds marins. Si ces AMP sont des outils administratifs adaptés à l'objectif de protection de la biodiversité, elles n'en nécessitent pas moins la mise en œuvre de moyens de surveillance efficaces notamment sous-marins en raison des nouveaux enjeux.

⁴⁶ https://www.lemonde.fr/pixels/article/2015/12/15/haut-debit-en-eau-profonde_4832100_4408996.html

⁴⁷ Cartographie mondiale des câbles sous-marins : <https://cablemap.info/>

⁴⁸ <https://mesinfos.fr/provence-alpes-cote-dazur/un-16e-cable-sous-marin-internet-s-ancre-a-marseille-115993.html>

⁴⁹ <https://www.lesechos.fr/monde/europe/la-france-et-lespagne-sentendent-sur-un-gazoduc-entre-marseille-et-barcelone-1871424>

2. La nature des nouvelles menaces

La menace est multiple et comporte des moyens étatiques ou privés d'accès aux fonds marins : sous-marins habités (scientifique⁵⁰ ou de plaisance⁵¹), ROV et drones autonomes. La démocratisation relative de ces moyens permet un accès facile aux moyennes et grandes profondeurs et offre des capacités de recueil d'informations, d'évaluation des possibilités d'action contre les zones d'intérêts, de dépôt de capteurs et/ou d'explosifs, d'attaque de câbles ou d'infrastructures, pillage de ressources... Ces actions peuvent être conduites aussi bien depuis des navires spécialisés que depuis des navires « standards », ce dernier cas assurant une plus grande discrétion à l'action malveillante.

Le déséquilibre entre les capacités actuelles de surveillance (portée réduite des radars côtiers, moyens de surveillance surface, aériens ou sous-marins limités) face au volume à traiter (surface de la ZEE française ou longueur des câbles) renforce le défi de la protection de nos intérêts. De plus il faut tenir compte d'une autre donnée qui est que certaines installations ne sont pas intégralement situés en ZEE FR (ex : les câbles arrivant en France peuvent être attaqués en dehors de la ZEE FR, en Méditerranée ce risque est augmenté du fait de la densité de conflictualité).

Concernant les câbles sous-marins, le Hub Marseillais permet théoriquement une attaque sous-marine unique (pose de charges explosives ou simple dragage sur le fond) ciblant plusieurs câbles pour un impact maximum. Si une attaque terrestre est plus facile à réaliser⁵², elle permet aussi une réaction et des réparations plus aisées et rapides. En mer, malgré les accords de réactivité avec les câblo-opérateurs, les réparations peuvent prendre plusieurs jours voir beaucoup plus longtemps dans le cas d'une attaque multiple sur un même câble, augmentant le délai de remise en fonction. Si les mécanismes de redondances d'Internet permettent de compenser en partie la perte de service, l'atteinte économique serait doublée d'une atteinte symbolique forte.

L'utilisation de drones autonomes, dont la mise en œuvre peut être réalisée en haute mer de manière rapide et discrète, permet d'obtenir un délai entre la préparation de l'attaque (pose d'une charge explosive) et le déclenchement de cette attaque (éventuellement des jours ou des semaines après). Ce mode opératoire, probablement utilisé pour Nord Stream 1 et 2 augmente la difficulté d'attribution de l'attaque, et autorise même la préparation d'attaques multiples et synchronisées avec peu de moyens.

La mise en place par des puissances malveillantes de dispositifs de surveillance acoustique dans nos approches maritimes est aisée, soit directement, soit sous couvert d'activités de recherche scientifique servant à masquer la nature de leurs réelles intentions.

La démocratisation des moyens d'accès aux fonds marins (drones autonomes, sous-marins de plaisance avec bras/pinces) en l'absence d'une capacité de surveillance étendue, a introduit un risque nouveau et important sur les ressources naturelles ou culturelles qui pourraient être pillées (prospection, prélèvement ou exploitation illégale) sans activité de surface notable (particulièrement pour la prospection).

La densité du trafic en Méditerranée facilite également la dilution du navire porteur et l'hybridité de la menace (couverture sous forme de navire de plaisance, croisière, pêche, scientifique...).

⁵⁰ <https://fr.euronews.com/2023/04/20/europe-du-nord-la-russie-soupconnee-de-preparer-des-actions-de-sabotage>

⁵¹ Exemples de 9 modèles de sous-marins de plaisance, de 100m à 2500m : <https://www.uboatworx.com/>

⁵² Sabotage de câbles à terre : <https://www.it-connect.fr/internet-un-acte-de-vandalisme-a-marseille-perturbe-les-liaisons-sous-marines-vers-le-reste-du-monde/>

Recommandation n°7 : Mettre en place un dispositif intégré de surveillance s'appuyant sur l'intelligence artificielle (IA) et mettant en œuvre des drones rodeurs, des moyens de détection de menaces sous-marines dans les zones sensibles et de détection radar transhorizon couvrant la totalité de la ZEE.

Les capacités de surveillance peuvent néanmoins être renforcées en fusionnant les technologies actuelles afin de permettre une approche holistique de la surveillance, de la côte vers le large. Les technologies de renforts proposées sont les suivantes :

1 - Senseurs d'activité sous-marine

Doter les câbles, les infrastructures ou les zones sensibles, de moyens légers (portée 0 à 200 m) de détection d'activité sous-marine (sonar anti-plongeur, senseurs acoustiques actifs et passifs), qui permettrait un réel contrôle de la colonne d'eau et des fonds et ainsi ajouter une couche de dissuasion au *process* de surveillance. La concentration des moyens permettrait une prise en compte effective de la menace, même discontinue.

La possibilité de disposer d'un système fixe de senseurs afin de garantir la sécurité de nos approches maritimes est également une des sept propositions émises par la mission d'information *flash* sur les fonds marins conduite par les députés Lysiane METAYER et Aurélien SAINTOUL dans le cadre de la Commission de la Défense nationale et des forces armées de l'Assemblée nationale⁵³.

L'installation de ce réseau de capteurs peut être réalisée lors de la pose du câble ou à la faveur des réparations ou d'opérations de maintenance.

2 - Dronisation de la surveillance

La démocratisation des drones peut être également un avantage pour la surveillance. L'emploi de drones autonomes (surface, air ou sous-marins) de faible envergure (coût achat/possession moindre) peut autoriser la mise en œuvre du concept de « drone rodeur ». Ces drones autonomes effectuent des patrouilles le long des câbles/gazoducs ou dans les environs des sites ou des infrastructures sensibles (ports militaire ou civil, polygones de mesures, zones d'entraînement, plateformes éoliennes, aires marines protégées...), avec des parcours aléatoires afin qu'un éventuel adversaire ne puisse pas planifier une intervention : l'attaquant peut craindre à tout moment d'être détecté ;

La nouvelle génération de drones planeurs grande profondeur comme le drone Manta de MarineTech combine les possibilités de tenue dans la durée et d'élongation dans l'action (fonction planneur/glider), de capacité d'action dans la profondeur (-3000 mètres actuellement, -6000 mètres à terme) et de possibilité d'aide à l'identification (senseur optronique embarqués).

Cette capacité « drone rôdeur autonome » peut également être mise en œuvre pour les plateformes éoliennes ou les zones de type AMP, avec des dispositifs de « station de recharge » automatiques autorisant une mise en œuvre sans intervention humaine dans la durée, diminuant les coûts d'usage, et le poids RH du dispositif.

Cette capacité pose néanmoins la question de la sécurité de la navigation sous-marine pour les autres acteurs. Cette question doit être prise en compte notamment pour l'information des sous-marins alliés. Elle ne doit néanmoins pas constituer un frein à sa mise en œuvre rapide, d'autres puissances ou acteurs malveillants agissant déjà dans les profondeurs.

⁵³ https://videos.assemblee-nationale.fr/video.12868781_63e35672d28bc.commission-de-la-defense--examen-des-conclusions-de-la-mission-d-information-flash-sur-les-fonds-ma-8-fevrier-2023

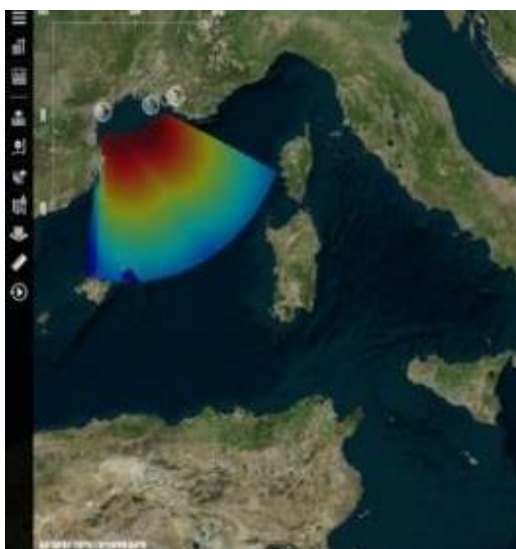
3 - Moyens de détection radar transhorizon (OTH)

La surveillance des fonds marins commence nécessairement par la surface, qui représente un des accès les plus fréquents aux fonds marins. Pour prévenir une menace d'atteinte à un bien situé sur le fond de la mer, il est nécessaire que l'Etat soit en mesure de détecter à temps un navire mettant en œuvre un engin sous-marins. Ceci nécessite en particulier des radars transhorizon (*OTH = Over The Horizon*).

Malheureusement les capacités actuelles de surveillance de la ZEE française en Méditerranée restent limitées. Elles reposent sur :

- Les radars côtiers (regroupés dans le système de surveillance *Spatonav*), dont la portée efficace est directement liée à la portée optique (rotondité de la terre) et à l'altitude du senseur, soit une portée moyenne de 20 à 25 nautiques ;
- Le traitement des données AIS⁵⁴ (côtier ou satellite), moyen limité à la fois par la portée des émetteurs et récepteurs, et par le côté déclaratif/coopératif de l'émission. Il est facile de stopper l'émission du signal ou de le modifier (leurrage) ; de plus l'utilisation de l'AIS n'est pas obligatoire pour tous les navires ;
- La surveillance satellitaire (d'origine optronique, radar ou électro-magnétique), mais dont la couverture est limitée à la fois en termes géographique et temporelle en fonction de la fréquence et de l'étendue des fauchées. Ces senseurs sont également sensibles à la météo (pour l'optronique) et au masquage/leurrage (extinction des émissions EM à bord du navire).

Dans les eaux territoriales françaises (ETF), les moyens de l'Etat sont en mesure d'effectuer la surveillance, en opportunité, des routes de câbles ou des zones d'intérêt (futurs champs éoliens, AMP...) et de contrôler en surface ceux qui se trouveraient à proximité. En dehors des ETF, la situation se complique en raison de la dilution des moyens navals et de l'éloignement des routes des câbles par rapport aux routes maritimes habituelles. Cette dilution peut néanmoins devenir un atout pour les systèmes de surveillance étatiques ; la détection d'un navire éloigné des routes habituelles et au comportement suspect permettant de constituer une alerte pouvant déboucher sur une identification plus poussée voir un contrôle dans le respect des règles du droit international (ce contrôle pouvant se limiter à la reconnaissance).



Exemple de couverture des radars trans-horizons en Méditerranée : OTH 200 (fixe)

⁵⁴ L'AIS ou *Automatic Identification System* (AIS), en français le **Système d'identification automatique** (SIA) est un système d'échanges automatisés de messages entre navires par radio VHF qui permet aux navires et aux centres étatiques de surveillance de la navigation de connaître l'identité, le statut, la position et la route des navires jusqu'à une certaine distance de la côte.

Fiche n°8

Prendre en compte la dimension sous-marine des futurs parcs éoliens méditerranéens

1. L'éolien flottant, solution privilégiée en Méditerranée

L'éolien *offshore* (en mer) existe depuis plusieurs décennies, principalement dans les mers du nord de l'Europe (Mer du Nord, Baltique). La croissance du secteur sous ces latitudes est due surtout à l'abondance des ressources éoliennes, mais aussi à la morphologie des fonds marins, qui présentent de faibles bathymétries même à plusieurs kilomètres de la côte : cela permet l'installation de turbines avec des fondations fixes de type monopieu ou similaire.

En Méditerranée le profil bathymétrique est très différent. Sauf dans de rares cas, à quelques centaines de mètres de la côte, le fond marin chute souvent de manière importante, ce qui rend impossible l'installation de parcs éoliens offshore de type fixe.

Les éoliennes flottantes (FOWT : *Floating Offshore Wind Turbine*) sont une technologie récente et innovante qui permet de construire des fondations et d'installer des éoliennes en mer sur des fonds profonds à une grande distance de la côte. Cette solution présente plusieurs avantages, dont la réduction de l'impact visuel, la possibilité d'installer des éoliennes là où il n'y a pas de biocénose de valeur (posidonie, cymodocée) et la possibilité d'utiliser la meilleure ressource éolienne disponible. En outre, étant assemblées à terre puis à quai et remorquées jusqu'au site final d'installation, les éoliennes *offshores* permettent de réduire l'impact sur l'environnement marin pendant l'installation.

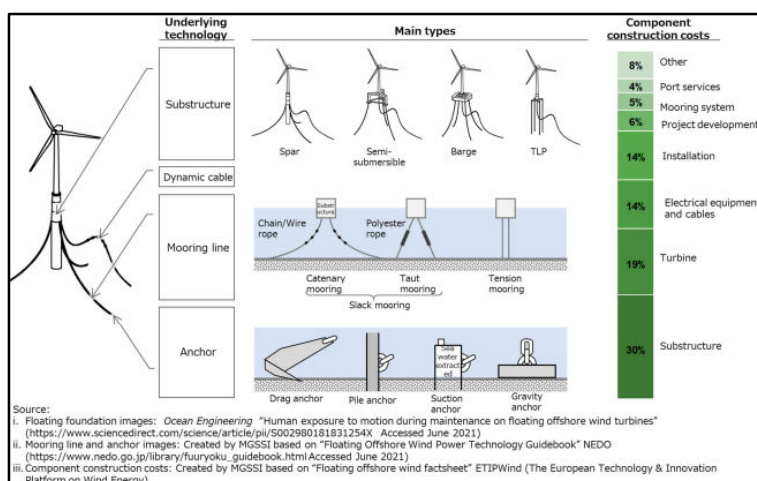
2. Éléments de conception des champs d'éoliennes flottantes ayant un impact sur les fonds marins

Deux éléments de conception sont susceptibles d'avoir un impact sur les fonds marins : l'ancrage et les câbles électriques.

Les modèles des systèmes d'ancrage d'éoliennes les plus courants visent à garantir les meilleures performances environnementales, tout en minimisant l'impact sur les fonds marins.

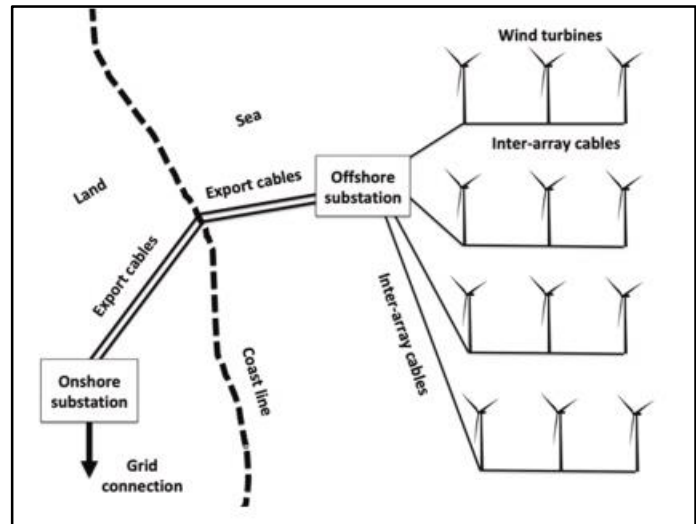
La conception du système d'amarrage tient aussi compte des combinaisons de données relatives au vent (direction, vitesse, turbulence), aux vagues (orientation, hauteur, période), aux courants (profil d'orientation, vitesse) ainsi qu'aux propriétés mécaniques du fond marin et à aux risques sismiques des régions concernées.

Ils vont du système caténaire (le plus répandu) à l'intégration de systèmes d'amarrage tendus techniquement plus sophistiqués, obtenus par l'utilisation de structures ponctuelles sur le fond marin (« fondations gravitaires » telles des poids morts, pieux battus ou vissés, etc.).



Le second impact est provoqué par les câbles sous-marins. Ces derniers jouent un rôle essentiel dans les projets d'éoliennes mais constituent l'un des éléments les plus vulnérables du projet. D'un point de vue électrique, les parcs éoliens sont souvent regroupés en plusieurs sous-champs.

Les turbines de chaque sous-champ sont interconnectées entre elles par des câbles à haute tension (de 33 à 66 kV), tandis que les différents sous-champs peuvent être reliés électriquement à une seule sous-station électrique en mer.



Source : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121008571#bib7>

Dans cette sous-station, la tension de l'énergie provenant du parc éolien (25-66 kV env.) est convertie en une tension de 138 à 230 kV par l'intermédiaire des transformateurs, à la sortie desquels se trouve une connexion maritime qui atteindra le point d'arrivée à terre et, par la suite, le point de connexion avec le réseau national d'électricité.

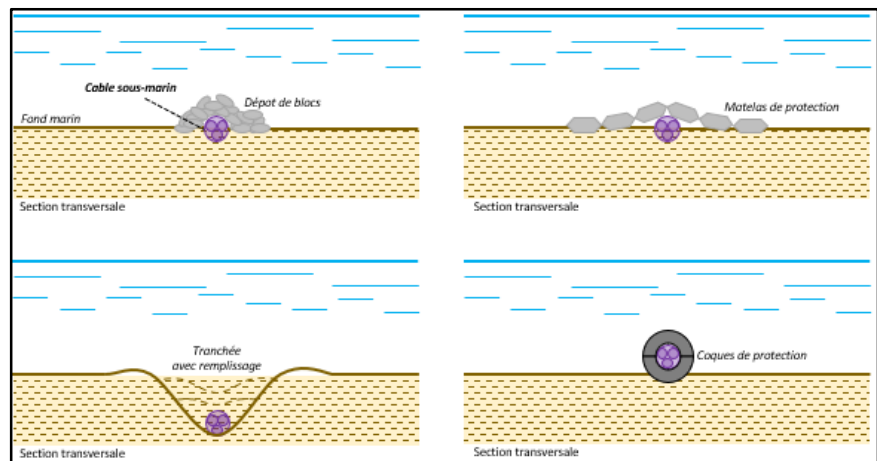
Le câble maritime de raccordement peut avoir une longueur de plusieurs dizaines de kilomètres avant d'arriver sur la côte. Le tracé ne doit pas interférer avec les zones protégées ou naturelles, ni avec les zones militaires, les zones de pêche et les sites archéologiques.

3. Impacts sur les fonds marins des champs d'éoliennes flottantes

Deux impacts majeurs des champs éoliens sont à craindre.

Le premier est physique. En raison des perturbations anthropogéniques et naturelles qui peuvent agir sur le câble de transport d'électricité, il est nécessaire de protéger le câble contre les dommages potentiellement causés par l'utilisation d'engins de pêche, d'ancres, d'une forte action hydrodynamique.

La protection des câbles sous-marins est souvent réalisée via la technique de tranchée ou *jet-trenching* (principalement dans les zones dépourvues de biocénose de valeur), avec une protection externe qui consiste en une dépose sur le fond sans tranchée du câble d'énergie et sa protection ultérieure par le dépôt de blocs naturels ou des matelas préfabriqués composés d'un matériau approprié (pouvant être du ciment par exemple). Une autre solution consiste en des coquilles de métal ou de polymère assemblées sur le câble, là où il y a présence d'habitats sensibles afin de réduire les impacts.



Le second impact est électromagnétique. Les projets d'énergie éolienne en mer peuvent utiliser des câbles inter-réseaux de tension allant jusqu'à 66 kV, et les câbles d'export peuvent aller jusqu'à 230 kV. Les câbles d'export transmettent un courant alternatif à 60 hertz. Par

conséquent, un faible champ magnétique alternatif de 60 hertz se propage dans les eaux entourant chaque câble.

Ce champ est lié à la quantité de courant et pas à la tension du câble⁵⁵. Il s'agit de niveaux électromagnétiques très faibles, inférieurs à ceux mesurés en moyenne dans les habitations et bien en deçà des lignes directrices réglementaires existantes en ce qui concerne la santé humaine⁵⁶.

Recommandation n°8 : Prendre en compte les risques liés à la sûreté et à l'environnement sur les fonds marins des futurs parcs éoliens en mer.

Réaliser un état zéro écologique des zones dans lesquels des champs éoliens vont être installés pour en mesurer ensuite dans la durée les impacts écologiques sur les fonds marins.

A côté de ses impacts directs des champs éoliens, la multiplication des sites éoliens en mer et leur rôle futur de premier plan dans la souveraineté énergétique nationale, va nécessiter des moyens supplémentaires pour surveiller les fonds marins.

La guerre en Ukraine a créé une prise de conscience quant aux risques de sabotage des infrastructures énergétiques offshore et sous-marines - y compris, évidemment, les parcs éoliens marins. L'attaque et le sabotage des pipelines Nord Stream en septembre 2022 ont souligné la vulnérabilité de l'infrastructure énergétique offshore de l'Europe.

Dans le contexte de l'exacerbation des tensions géopolitiques, les infrastructures industrielles d'éoliennes flottantes en mer seront exposées à un risque de sabotage encore plus élevé, en raison de leur complexité majeure, mais surtout en raison de leur éloignement des côtes et de la profondeur d'ancrage et de pose de câbles, qui rend la surveillance et la dissuasion plus difficiles.

Le faible impact environnemental, la grande flexibilité d'installation et la capacité à exploiter pleinement le potentiel éolien font de l'éolien flottant la solution stratégiquement performante sur laquelle miser pour les futurs développements éoliens français en Méditerranée.

En ce qui concerne les systèmes d'ancrage, il existe déjà une grande variété de solutions qui peuvent être adaptées au cas par cas aux exigences du projet. Les câbles sous-marins restent l'un des aspects les plus délicats et les plus fragiles de tout projet offshore. Les solutions impliquant des coques de protection modulaires semblent offrir à la fois plus de protection aux câbles et moins d'impact sur la faune environnementale.

Du fait des interdictions de chalutage et des limitations des activités humaines dans les champs éoliens, ces zones peuvent constituer des espaces de protection écologique potentiellement favorables à la reproduction des espèces.

En synthèse, il est probable que les effets des parcs éoliens en Méditerranée sur les écosystèmes soient limités et puissent même, à la marge, avoir des impacts positifs par la limitation de certaines activités humaines. Pour en être certain, il convient d'établir rapidement un état zéro de la situation écologique des zones dans lesquelles des parcs vont être installés.

⁵⁵ https://www.boem.gov/sites/default/files/documents/renewable-energy/state-activities/BOEM-Electromagnetic-Fields-Offshore-Wind-Facilities_0.pdf

⁵⁶ *Measuring electromagnetic fields (EMF) around wind turbines in Canada: is there a human health concern?* <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3943383/>

Fiche n°9

Mettre en place un accord international interétatique facilitant les interventions sur les câbles dans toutes les eaux de la Méditerranée

1. L'enjeu stratégique des câbles sous-marins en Méditerranée

Il n'est plus nécessaire d'expliquer l'importance stratégique des câbles sous-marins qui désormais représentent le système nerveux de notre monde ultra-connecté. En assurant la transmission de 99% des flux de données échangés dans le monde, ces infrastructures implantées sur le fond de la mer sont devenues des installations très sensibles pour la communauté internationale.

La France par son positionnement central entre l'Atlantique et la Méditerranée a un rôle pivot dans la connectivité de l'Europe. C'est d'ailleurs le pays le plus connecté de l'Union européenne. Actuellement 23 câbles sous-marins passent par la France et assurent des connexions atlantiques, méditerranéennes ou encore avec l'Asie via le canal de Suez.

En Méditerranée, deux grands *hubs* d'accueil des nœuds de raccordements se détachent. Il y a d'une part l'Égypte avec 17 câbles passant notamment par les villes d'Abu Talat et d'Alexandrie ; et de l'autre, la France qui accueille 18 câbles en Méditerranée, dont 14 arrivent directement à Marseille. En 10 ans, Marseille est passé du rang de 44ème hub mondial à celui de 7ème hub mondial. En devenant le point d'entrée majeurs des données numériques entre l'Europe, l'Afrique, le Moyen-Orient et l'Asie, Marseille est devenu un important point névralgique de la connectivité mondiale.



Cette croissance de la cité phocéenne ne devrait pas s'arrêter là car avec l'arrivée, en novembre 2022, du câble 2Africa reliant trente-trois pays en Europe, en Afrique et en Asie, avec de nouveaux projets permettant de relier Marseille à l'Amérique latine et de renforcer ses connexions avec l'Afrique de l'Ouest et du Sud, Marseille a pour ambition de devenir le 5ème hub mondial.

2. Menaces pesant sur les câbles sous-marins

Le maintien des communications passant par ces câbles constitue désormais un enjeu stratégique majeur pour tous les pays. Notre dépendance aux échanges de données par câbles sous-marins est devenue telle que toute interruption des flux de données peut avoir des conséquences dramatiques pour le bon fonctionnement de nos sociétés.

Or, les interruptions de service sont possibles dans deux cas de figure possible : soit en raison de coupures volontaires liées à des actions militaires ou terroristes soit à cause d'interruptions accidentelles.

La guerre entre l'Ukraine et la Russie a révélé aux yeux du public la dépendance de nos sociétés aux données numériques mais aussi leurs fragilités en cas de sabotage de leurs

vecteurs principaux que sont les câbles sous-marins. En France, cette menace est prise très au sérieux par les autorités publiques qui, dès 2015, avaient évoqué cette menace dans la stratégie nationale de sûreté des espaces maritimes⁵⁷. Dans son plan MERCATOR Accélération 2021, la marine nationale considère que « *la maîtrise des fonds marins constitue un domaine prioritaire* », tandis que l'actualisation stratégique de 2021 exprime, pour la première fois, le fait que « *les fonds marins deviennent également de plus en plus un terrain de rapports de force (seabed warfare) avec l'enjeu clef des câbles sous-marins* ». La terminologie de guerre des fonds marins ou *seabed warfare* est de plus en plus usitée, notamment du fait des stratégies hybrides dont ils pourraient être le théâtre.

Afin de s'adapter à cette menace tant économique que militaire, le ministère des Armées a publié, en février 2022, une *stratégie ministérielle de maîtrise des fonds marins*. Celle-ci s'articule autour du triptyque : « *connaître, surveiller et agir* ». Les deux grands objectifs sont l'accroissement de la connaissance des fonds marins, ainsi que l'acquisition de moyens pour y accéder (ROV, AUV, etc.). Ils se déclinent au sein de quatre volets : le maintien de la liberté d'action ; la protection des infrastructures sous-marines ; la préservation des intérêts français en matière minière et énergétique, ainsi que la capacité d'action dissuasive pour préserver les intérêts nationaux.

Mais les câbles sous-marins peuvent être sujet aussi de ruptures accidentelles liées à l'activité humaine ou à des phénomènes naturels ou biologiques. La plupart des incidents sont causés par des ancres de navires et des filets de pêche qui accrochent les câbles et peuvent les sectionner. Les câbles sous-marins peuvent aussi être endommagés par des mouvements sur le fond de la mer (houle, éruptions volcaniques, séismes...) ou à des interactions avec la faune marine (morsure de requin...).

Dans tous les cas, le rétablissement rapide des liaisons d'un ou de câbles sectionnés a pris une sensibilité considérable.

Ces travaux sont réalisés par des navires câbliers répartis à travers le monde entier et appartenant à des opérateurs. La flotte mondiale représentait 51 navires en service en 2021.

Cette flotte agit dans le cadre de deux types de contrats de maintenance : des contrats de zone et des contrats de maintenance assurés par les opérateurs privés.

Concernant les contrats de zone, les propriétaires de câble font appel au consortium de maintenance de la zone concernée pour demander une intervention en cas de rupture d'un câble. Cet opérateur a alors pour obligation d'intervenir dans les plus brefs délais (en 2018 la durée d'intervention moyenne était de 12 jours). La charge financière du coût de ce service est financée par tous les propriétaires de câbles de la zone pour se garantir un service fonctionnant en permanence et capable d'intervenir à tout moment.

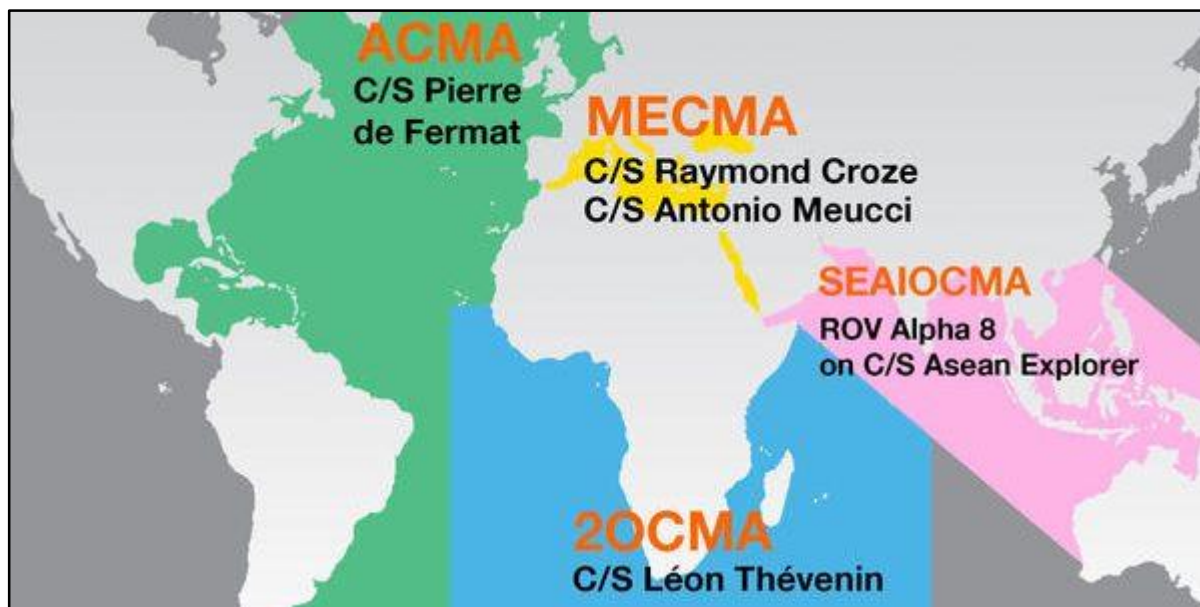
En Méditerranée, la zone concernée est la zone MECMA (*Mediterranean Cable Maintenance Agreement*) pour des opérations en Méditerranée, (y compris la mer Noire) et en mer Rouge (71 000 km de câbles sous-marins).

La France dispose d'un grand atout. Grâce à la flotte câblière d'Orange Marine – 15% de la flotte mondiale – la France possède un opérateur majeur et stratégique qui a contribué au développement du réseau mondial en installant plus de 240.000 kilomètres de câbles sous-marins de fibre optique. Ces quinze dernières années, les navires d'Orange marine ont réalisé plus de 585 réparations sur des liaisons sous-marines, dont certaines à près de 6.000 mètres de profondeur.

⁵⁷ Stratégie adoptée en comité interministériel de la mer le 22 octobre 2015 par le Premier ministre et révisée le 10 décembre 2019.

Ce sont les navires d'Orange Marine qui interviennent en Méditerranée dans le cadre de l'accord MECMA depuis la base marine de la Seyne sur Mer.

Ces accords de zone fonctionnent bien sous l'angle technique. Ils ont fait leur preuve. Les interventions doivent être rapides ; de nombreux contrats de maintenance imposent, en effet, un temps de mobilisation des navires câbliers de moins de 24h. Mais ce n'est pas toujours le cas car les opérateurs (Orange Marine pour la Méditerranée) sont de plus en plus confrontés à des exigences de la part des Etats côtiers. Les Etats côtiers peuvent en effet subordonner les interventions des câbliers dans leurs zones économiques à des conditions ou à des délais qui ne sont pas compatibles avec la sensibilité et l'urgence de telles opérations de réparation.



Recommandation n°9 : En cas de besoin d'intervention sur un câble sous-marin, mettre en place au profit des opérateurs câbliers, une procédure d'intervention commune à tous les Etats riverains de la Méditerranée. Cet Accord régional, en facilitant la continuité du service des transmissions de données mondiales répondrait aux nouveaux enjeux stratégiques des câbles sous-marins.

Le régime juridique des câbles sous-marins est régi en droit international par la Convention des Nations unies sur le droit de la mer du 10 décembre 1982 et par la Convention internationale sur la protection des câbles sous-marins adoptée à Paris en 1884. Le droit des câbles sous-marins est en théorie un droit de la liberté de pose et de réparation en haute mer (dont fait partie la ZEE au sens du droit de la navigation et des câbles). En revanche, l'Etat côtier est souverain pour toutes ces opérations dans sa mer territoriale.

Malheureusement, alors que l'enjeu des câbles sous-marins n'a fait que croître, le droit d'intervention des navires câbliers pour effectuer des réparations s'est progressivement affaibli en raison des nouvelles exigences des Etats côtiers et d'un manque d'affirmation de leurs prérogatives par les Etats du pavillon des navires câbliers.

Dans ces conditions, un opérateur comme Orange Marine en Méditerranée rencontre désormais d'importantes difficultés pour pouvoir intervenir. En effet, après avoir fait une déclaration d'intervention à la suite d'une rupture de câbles, l'Etat côtier peut soit fixer des délais supplémentaires, soit mettre des conditions abusives à l'intervention, soit créer une situation d'insécurité juridique à la demande en ne répondant pas.

Cette situation n'est pas compatible avec l'extraordinaire sensibilité de ces infrastructures sous-marines pour les Etats. Comme le souligne de nombreux juristes, l'actualisation du statut

juridique des câbles sous-marins en droit international est devenu une priorité. Ce droit ne peut plus reposer uniquement sur une Convention de 1884 alors que le statut des espaces maritimes a considérablement évolué depuis cette époque, ainsi que les technologies.

En attendant la tenue d'une hypothétique session internationale sur ce sujet, il serait pertinent de mettre en place en Méditerranée un cadre international aux opérations de maintenance des opérateurs câbliers. Ce cadre pourrait prendre la forme d'un Accord intergouvernemental soit sous la forme d'un arrangement administratif entre les ministres compétents de chaque Etat soit d'une déclaration d'intention. Cet Accord aurait pour intérêt de définir :

- Le point de contact dans chaque Etat côtier ;
- De disposer d'une procédure unique et commune à tous les Etats méditerranéens ;
- Les conditions propres à chaque Etat côtier dans le respect du droit international.

Ce projet pourrait être porté soit par la France dans le cadre d'une initiative régionale, soit par une organisation régionale comme l'Union pour la Méditerranée, soit par une organisation internationale comme le Comité international de protection des câbles.

Cet Accord sur les câbles sous-marins méditerranéen pourrait ensuite définir l'enceinte régionale dans laquelle il serait possible de pouvoir disposer d'une vision globale de ces infrastructures et non pas cette approche morcelée par Etat qui ne correspond pas à la nature internationale de ces installations stratégiques pour tous les États riverains et la communauté internationale.

Fiche n°10

Instaurer une protection des épaves reposant dans la ZEE française, au-delà de la zone contiguë, contre les risques de pillage lié à l'arrivée des nouvelles technologies

1. Rappels historiques sur le droit français relatif à la sauvegarde du patrimoine culturel immergé qui est l'un des plus protecteurs du monde

La France dispose d'une des législations les plus anciennes du monde en matière de police des épaves maritimes. Se fondant sur le droit romain puis sur « *l'Ordonnance du Roy François premier touchant l'Amirauté de France* » de février 1543, l'Etat français est parvenu dès le XVII^e siècle à imposer, par « *l'Ordonnance de la Marine du mois d'Aoust 1681* » voulue par Colbert, un système juridique des épaves protégeant en premier lieu les intérêts du propriétaire puis, si non identifié, celui-ci, les intérêts de l'Etat français. Les principes en sont simples : I) l'épave maritime est placée sous la protection de l'autorité publique qui veille à sa conservation pour le compte de son propriétaire légitime ; II) le découvreur de l'épave a droit à une récompense ; III) dans le cas où le propriétaire reste inconnu l'épave appartient à l'Etat. Si le codex s'est naturellement étoffé au fil des siècles, en particulier dans le domaine des sites sous-marins présentant un intérêt patrimonial, les textes successifs n'ont jamais remis en cause la validité des principes fondamentaux posés par Jean-Baptiste Colbert, de sorte que l'Etat joue, en droit et en devoir, un rôle de premier plan dans la gestion des épaves maritimes.

Si les fondements de notre législation sont pérennes, le XX^e siècle a en revanche permis une évolution notable lorsque la loi n° 61-1262 du 24 novembre 1961 a pour la première fois admis l'existence d'épaves présentant « *...un caractère archéologique, historique ou artistique...* », puis quand la loi n° 89-874 du 1^{er} décembre 1989 a, d'une part substitué à la notion d'épave celle, autrement plus étendue, de *biens culturels maritimes* (BCM), d'autre part élargi le champ géographique de la législation. De fait, celle-ci ne s'applique plus seulement au domaine public maritime de la mer territoriale, qui s'étend jusqu'à 12 milles marins (22,22 km) à partir de la *ligne de base de la mer territoriale*, mais aussi à la zone contiguë, comprise entre 12 et 24 milles marins (de 22 à 44 km de la ligne de base).

Si cet instrument juridique, intégré depuis 2004 dans le Code du patrimoine, s'est étoffé et précisé au fil des décennies, dans le contexte notamment de la loi relative à la liberté de création, à l'architecture et au patrimoine (LCAP) puis des lois de finance rectificatives 2017 et 2018, elle n'a pas déployé pour autant l'application de ses principes législatifs au-delà de la zone contiguë alors même que la France possède la deuxième Zone Economique Exclusive (ZEE) la plus vaste au monde. A cela, il y eut à l'origine, et pour longtemps, une raison précise.

Au cœur de cette ZEE, dont le territoire maritime s'étend jusqu'à 200 milles (370,4 km) de la ligne de base de la mer territoriale, le sort des épaves a été globalement négligé car nul ne les a jugées dignes d'intérêt économique. Or le critère économique était précisément le fondement structurant de la Convention de Montego Bay sur le droit de la mer du 10 décembre 1982. Et le patrimoine archéologique sous-marin échappe aux prescriptions des articles 56 et 246 de la CNUDM qui s'appliquent exclusivement à la recherche scientifique marine (RSM). Les spécialistes du patrimoine immergé ont réagi et réclamé des textes plus protecteurs. Une longue négociation a conduit le 6 novembre 2001 à la ratification par le Président de la Conférence générale de l'Unesco et son Directeur général d'une *Convention sur la protection du patrimoine culturel subaquatique* composée de trente-cinq articles et d'une annexe de trente-six règles.

Elle a pour objet principal, en le reconnaissant comme faisant partie du patrimoine culturel de l'humanité, de permettre aux Etats adhérents de mieux protéger le patrimoine subaquatique. Elle a établi, notamment, un régime spécifique de coopération internationale articulé autour d'un système de déclarations, de consultations et de coordination mais elle est surtout venue compléter les dispositions de la Convention de Montego Bay. En effet, cette dernière ne consacre que deux articles à la protection « des objets de caractère archéologique ou historique » et ne permet à l'Etat côtier d'agir que dans sa mer territoriale et dans sa zone contiguë. L'article 10, alinéa 2 de la Convention de l'Unesco a introduit une nouveauté appréciable, au regard de la loi française, en élargissant la protection du patrimoine immergé à l'ensemble de la ZEE. Cet article établit en effet « *qu'un Etat partie dans la zone économique exclusive ou sur le plateau continental duquel se trouve le patrimoine culturel subaquatique a le droit d'interdire ou d'autoriser toute intervention sur ce patrimoine pour empêcher toute atteinte à ses droits souverains ou à sa juridiction tels qu'ils sont reconnus par le droit international, y compris la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer* ».

Ce patrimoine n'est couvert par la Convention que s'il est immergé depuis cent ans au moins, mais rien n'interdit à un Etat de réduire dans son droit interne cette durée.

Mais la France s'est, au même titre qu'une quinzaine de grandes nations maritimes, immédiatement désolidarisé du texte proposé par l'Unesco. La principale motivation de ce désaveu réside dans les termes imprécis de l'article 7 de la Convention qui ne fait pas suffisamment obligation à l'Etat sur le territoire maritime duquel est localisé un bien culturel maritime à la nationalité bien identifiée d'en informer l'Etat du pavillon. Cette remise en cause *de facto* du *droit du Pavillon*, qui accorde une immunité souveraine aux épaves de navire d'Etat, et le peu de cas manifesté par l'article 10 pour l'un des principes fondateurs de la législation française, à savoir la reconnaissance de droits de propriété prioritaires au légitime détenteur du bien, furent ainsi à l'origine des réticences françaises.

La légitimité de moins en moins contestée du droit du Pavillon et l'évolution préoccupante de la situation du patrimoine immergé, qui est tout particulièrement dans les ZEE, soumis à des menaces croissantes (pillages opérés par des « chasseurs d'épaves », interventions industrielles, pêche de grand fond, etc.), a cependant au cours de la décennie 2001 à 2010 changé la donne et conduit la France, sous l'impulsion de son ministère de la Culture, à réviser sa position. C'est en particulier cette disposition qui a permis d'emporter en 2012 la décision de ratifier la Convention.

2. L'intérêt juridique de la ratification de la *Convention sur la protection du patrimoine culturel subaquatique* de l'UNESCO

Plusieurs raisons ont permis de mettre en évidence l'intérêt de ratifier la Convention sur la protection du patrimoine culturel subaquatique de l'UNESCO.

Il est d'abord apparu que le silence de la Convention de Montego Bay sur le statut des épaves localisées au-delà de la zone contiguë contribuait à offrir aux entreprises les plus indélicates un « cheval de Troie » idéal pour prospecter de long en large la ZEE de notre pays sans qu'il soit possible de leur imposer des demandes préalables d'autorisation de prospection de nos fonds marins...

L'exemple le plus flagrant de ce contournement de l'esprit de Montego Bay réside dans les interventions répétées opérées au tournant des années 2000-2010 par un groupe privé américain au large de zones militaires françaises sensibles. Sillonnant jour et nuit la ZEE aux abords des ports de Brest et de Cherbourg, prétextant la recherche archéologique d'épaves historiques et dotés à cet effet d'équipements électroniques très performants, capables à coup sûr de localiser des épaves mais aptes tout autant à collecter des données exhaustives

sur les fonds marins français comme sur les transports ou les submersibles qui y circulent..., les navires de cet opérateur basé en Floride mais dont l'enquête du Drassm a révélé une franche proximité avec le *Department of State* et l'*US Navy* ont rapidement suscité la plus grande circonspection du ministère de la Culture, puis de l'ensemble des ministères agissant en mer. Faute de pouvoir aisément officialiser cette défiance, il est ainsi apparu que la Convention de 2001 était le seul texte susceptible après ratification et appropriation, de palier les lacunes du droit français en matière de gestion de la ZEE.

Avant la ratification de la Convention, et dans l'urgence, des mesures spécifiques de lutte ont été prises pour interdire la poursuite des activités de l'opérateur américain, au risque d'ailleurs d'un procès que l'Etat acceptait par avance de perdre. Les arguments juridiques mis en œuvre pour s'opposer aux actions d'*Odyssey Marine Exploration* au large de la Bretagne se sont finalement soldées par un jugement favorable du tribunal administratif de Rennes du 4 décembre 2014⁵⁸, mais ils ne sont pas satisfaisants.

Les difficultés de traitement de cette affaire ont incité la France à ratifier la Convention (loi n°2012-1476 du 28 décembre 2012). La Convention est ainsi entrée en vigueur pour la France le 7 mai 2013, après dépôt de son instrument de ratification le 7 février.

Récemment encore, à l'automne 2020, une société lettone spécialisée dans l'exploitation du chargement de navires coulés a souhaité exploiter les épaves de deux navires britanniques reposant dans la ZEE française au large du Finistère (cargos contenant des métaux divers et de l'étain). Le Drassm a traité ce dossier après la saisine des autorités françaises d'une demande autorisation d'exploitation par la société. Ces deux navires ont été coulés, l'un pendant la première GM (1917), l'autre lors de la seconde GM (1940). L'une des deux épaves se trouvant au-delà de la limite des 100 ans de la Convention de l'Unesco, la France, en tant qu'Etat partie, avait un argument pour interdire son exploitation commerciale dans sa ZEE. L'autre navire, reconnu également d'importance historique par le Royaume-Uni (mais sous pavillon grec au moment de son naufrage), n'était cependant pas couvert par le seul texte de l'Unesco du fait de son naufrage plus récent. Après plusieurs mois d'échanges, la France a finalement opposé un refus d'exploitation des deux navires en se basant sur sa ratification de la Convention sur la protection du patrimoine culturel subaquatique de l'UNESCO de 2001. La société lettone n'a pas répliqué et l'affaire était close. Reste que l'ajout dans notre droit interne de dispositions claires concernant la ZEE éviterait à l'avenir toute tergiversation et incertitude juridique sur le traitement de ces demandes.

Une seconde raison qui touche à la santé des populations a conduit les autorités françaises à procéder à la ratification de la Convention de 2001. Il est en effet apparu lors des enquêtes de terrain menées par le Drassm, en association parfois avec la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, ou Convention OSPAR⁵⁹, qu'un certain nombre de cargaisons dangereuses envoyées par le fond lors des deux grands conflits contemporains ou volontairement immergées après 1945, notamment dans les espaces maritimes de la ZEE, étaient désormais susceptibles, à court terme, par le jeu de la corrosion maritime de se répandre dans les eaux de notre pays. Or, ce risque, difficile d'emblée à juguler, est a fortiori accru dans le contexte d'interventions incontrôlées menées par des opérateurs mobilisés à la récupération de ces épaves historiques sans avoir, faute de législation ad hoc, prévenu les autorités françaises ni sollicité leur aval.

⁵⁸ Jugement du 4 décembre 2014, société Odyssey Marine Exploration Inc. (OME)/préfets maritimes de l'Atlantique et de la Manche-Mer du Nord, n°10.03924. OME attaquait un arrêté pris par les préfets de Brest et de Cherbourg prévoyant une simple obligation d'information pour les « activités maritimes de recherches d'épaves ou de bien culturel » dans la ZEE de l'Atlantique, de la Manche et de la Mer du Nord, tout projet d'archéologie sous-marine devant faire l'objet d'une déclaration préalable précisant notamment les sites concernés et l'objet de la recherche. OME remettait en cause les bases légales de l'arrêté, mais l'enquête a rapidement démontré que les explorations prétendument archéologiques d'OME masquaient en réalité des opérations de prospection minière, lesquelles – à la différence des recherches archéologiques – relèvent du droit souverain de la France dans sa ZEE, ce qui a permis de débouter le plaignant.

⁵⁹ Convention OSPAR (OSPAR pour « Oslo-Paris »), 25 mars 1998, remplace les Conventions d'Oslo et de Paris.

Recommandation n°10 : Transposer en droit français les dispositions de la Convention sur la protection du patrimoine culturel subaquatique de l'UNESCO de 2001, ratifiée en 2012, pour notamment compléter les dispositions du code du patrimoine concernant les biens culturels maritimes dans la ZEE française.

La ratification de la Convention de 2001 a été une première étape qui ne garantit néanmoins pas toute la protection nécessaire de la ZEE.

Les Conventions internationales primant sur le droit national, la France est aujourd'hui légitime à intervenir à tout moment en ZEE pour prévenir les risques de dégradation ou mettre un terme à des destructions et pillages du patrimoine culturel subaquatique. Mais les administrations en charge de l'Action de l'Etat en Mer ne disposent pas du cadre juridique national propre à motiver et structurer leur action.

L'intégration attendue des principes de la Convention de 2001 dans la législation nationale réclame donc désormais d'être considérée comme une priorité. Pourtant, peu de choses ont été faites depuis 2013, et il reste que les biens culturels maritimes qui se trouvent dans les 9 638 607 km² de la ZEE de la France ne sont pas mieux protégés du pillage qu'avant. En effet, en l'absence de texte de transposition des principes de la Convention dans notre droit national, ses outils préventifs et répressifs ne trouvent pas d'application juridique.

Ainsi, si un navire venant d'un autre Etat pille un site dans notre ZEE méditerranéenne au-delà de la zone contiguë, la France Etat côtier ne sera pas juridiquement en mesure de l'en empêcher.

Enfin, il existe des implications en termes d'archéologie préventive. Dans l'état actuel du code du patrimoine, les dispositifs d'évaluation ou de diagnostic archéologiques ne sont applicables que pour les aménagements en mer se trouvant dans la mer territoriale ou en zone contiguë. Un aménageur peut être incité à conventionner pour une évaluation en cas d'aménagement ayant un impact sur le fond de la mer dans le reste de la ZEE, mais il n'est en aucun cas obligé de s'y plier. L'Etat risque ainsi de ne pas être à même de parer aux risques archéologiques pour les futurs projets d'aménagements relativement lointains, comme de futurs parcs éoliens en mer ; le périmètre de l'AO6 en Méditerranée se trouve déjà aujourd'hui en limite externe de la zone contiguë.

Un projet d'ordonnance relative à la protection des BCM, et visant à modifier le code du patrimoine pour prendre en compte les attendus de la Convention de l'Unesco, avait pourtant été préparé par le ministère de la Culture, en lien avec le SG Mer, au début de l'année 2017. Ce projet n'ayant pu aboutir avant l'entrée en période électorale au printemps 2017, il est tombé dans l'oubli, et n'a pas été réactivé depuis.

Il est recommandé de transposer les dispositions de la Convention de l'Unesco de 2001, notamment celles qui ne figurent pas à ce jour dans le code du patrimoine, afin d'étendre la protection des BCM à toute la ZEE française.

Il s'agirait ainsi de :

- Étendre la notion de bien culturel maritime à ceux situés dans la ZEE et sur le plateau continental. Un nouvel article devra ainsi préciser le rôle de l'Etat français lors de son intervention sur des BCM situés dans la ZEE ou sur le plateau continental. Il conviendra aussi d'étendre le système déclaratif en cas de découverte d'un BCM à la ZEE et au plateau continental.
- Prévoir l'instauration de « mesures de sauvegarde » « visant à empêcher tout danger immédiat pour le patrimoine culturel subaquatique retrouvé dans la ZEE ou sur le plateau continental, notamment le pillage ».

- Préciser le régime de sanctions concernant le défaut de déclaration en cas de découverte, la fausse déclaration quant au lieu et à la composition du gisement sur lequel l'objet a été découvert, les prospections, sondages, prélèvements ou fouilles sur des BCM, ou déplacements de ces biens, ou prélèvement de ceux-ci, réalisés sans autorisation de l'Etat.
- Obliger tout ressortissant français ou tout capitaine d'un navire battant pavillon français qui fait une découverte ou envisage une intervention sur le patrimoine culturel subaquatique situé dans la ZEE ou sur le plateau continental français, ou dans la ZEE ou sur le plateau continental d'un autre Etat partie ou dans la Zone, de déclarer à l'Etat français cette découverte ou son intervention.

Le texte pourrait en outre prévoir des dispositions pour :

- Empêcher l'entrée sur le territoire français, le commerce et la possession de patrimoine culturel subaquatique exporté illicitement et/ou récupéré en contravention avec la Convention.
- Interdire l'utilisation du territoire français, y compris les ports maritimes, ainsi que les îles artificielles, installations et structures relevant de la juridiction exclusive ou placées sous le contrôle exclusif de la France, à l'appui d'interventions sur le patrimoine culturel subaquatique non conformes aux dispositions de la Convention.
- S'assurer que les ressortissants français et les navires battant pavillon français s'abstiennent de procéder à des interventions sur le patrimoine culturel subaquatique d'une manière non conforme à la Convention.
- Permettre aux autorités françaises de saisir en territoire français des éléments du patrimoine culturel subaquatique qui ont été récupérés d'une manière non conforme aux dispositions de la Convention, puis de les enregistrer, les protéger et prendre toutes les mesures raisonnables pour en assurer la stabilisation.

De manière collatérale, mais non dépourvue d'importance, la transposition de la Convention aura également des conséquences sur la préservation de l'environnement marin. La possibilité pour la France d'être informée de toute opération concernant, à un titre ou à un autre, le patrimoine immergé sur son plateau continental à une distance de plus de 24 milles nautiques permettra, le cas échéant, de prévenir des dommages environnementaux dans le cas de la découverte d'une épave recelant une cargaison dangereuse.

Ce travail de transposition doit bien évidemment être porté par le ministère de la Culture, compétent pour la gestion des biens culturels maritimes. Cependant, compte tenu de ces implications interministérielles, il devra recevoir un fort soutien du Secrétaire Général de la Mer.

Fiche n° 11

Améliorer la prévention du risque de pillage des épaves historiques lié au développement des activités de loisirs et à l'arrivée de nouvelles technologies

1- La dégradation du patrimoine culturel subaquatique présente un risque identifié qui croîtra à l'avenir du fait d'une activité décomplexée en mer.

Les espaces sous-marins, en Méditerranée comme sur les autres mers, dissimulent et protègent sous leur surface un patrimoine inestimable mais méconnu. Ce patrimoine sous-marin est suivi au titre de l'archéologie sous-marine et fait l'objet d'une réglementation destinée à en protéger l'accès pour le conserver, l'étudier et ainsi faire progresser les connaissances.

Le « patrimoine culturel subaquatique » fait référence aux traces d'existence humaine, immergées depuis 100 ans au moins, les épaves historiques n'en étant que la partie la plus connue du grand public. En effet, ce patrimoine englobe aussi les sites et les lieux de vie désormais submergés, témoignages de l'occupation du territoire des Hommes. La France dispose d'un service spécialisé dépendant du ministère de la Culture, le Drassm⁶⁰. Ce service est chargé d'inventorier les biens culturels maritimes et d'en assurer la protection sur le littoral (domaine public maritime incluant les ports) comme en mer (jusqu'à la zone contiguë, soit 24 milles marins). Le Drassm défend une définition élargie de ce patrimoine pour y inclure également les sites les plus récents, notamment les vestiges des deux guerres mondiales.

Mais ce patrimoine maritime est menacé par une sur-fréquentation humaine avec notamment de nombreux « explorateurs du monde marin » (c'est-à-dire les plongeurs de loisir) connaissant mal les règles de protection de ces biens culturels et leur fragilité. Constatant une activité décomplexée qui tend à se développer sur notre littoral ou dans les ports (travaux d'aménagement, dragages...), le risque de dégradation des biens culturels maritimes s'accroît en raison :

- D'une forte augmentation des mouillages de navires de plaisance dans la bande littorale où sont présents de nombreux biens culturels maritimes ;
- D'un accès débridé d'un public avide d'exploration des fonds marins immédiatement accessibles via la plongée autonome (jusqu'à 80m avec équipements spécifiques) ou via l'exploration des fonds utilisant des moyens ROV. Ces nouvelles technologies ne peuvent que connaître un essor à l'avenir vu l'engouement pour le « monde du silence », rare espace encore à explorer. Jusqu'alors non accessibles aux amateurs, le monde sous-marin est en cours de vulgarisation en raison de la dissémination des hautes technologies liées à la plongée. Cette nouvelle donne a pour conséquence une multiplication des découvertes ou des explorations de sites, ces « primo-découvrent » opérant souvent sans suivi de protocoles stricts visant à garantir l'absence d'impact visible ou invisible sur ces sites très vulnérables ;
- Du développement de la criminalité liée aux œuvres d'art ; le marché clandestin de l'art étant toujours très demandeur de ce type de biens rares, quel qu'en soit le prix⁶¹. Grâce aux nouvelles technologies sous-marines, les pilleurs d'épaves ont désormais accès à de nombreuses épaves jusqu'alors protégées par leur grande profondeur.

⁶⁰ Le département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (Drassm) est un service à compétence nationale établi à Marseille. En application du code du patrimoine, il est chargé de mettre en œuvre, en métropole comme en outre-mer, la législation sur les biens culturels maritimes. Il agit en mer dans le cadre de l'action de l'Etat en mer.

⁶¹ Une amphore en bon état de conservation se vend plusieurs milliers d'euros.

On recense aujourd'hui en Méditerranée française 3.950 entités archéologiques (que ce soit des épaves entières ou des objets isolés) sur un total de 7.000 pour toutes les eaux sous juridiction française. La très grande majorité, soit 97,9 %, sont situés à moins de 50 mètres de fond, et le reste, environ 80 entités, au-delà de 50 mètres. Ces biens culturels maritimes identifiés sont quasi exclusivement situés dans la mer territoriale (3.914). On en dénombre 28 en zone contiguë, et seulement 8 dans la ZEE.

2- Une problématique anticipée pour laquelle des leviers existent pour la contenir.

L'importance de la réglementation française sur la protection des épaves démontre que les pouvoirs publics avaient bien anticipé la problématique de protection des biens culturels maritimes, notamment, en incluant plusieurs sujets dans la liste des missions en mer incombant à l'État (**Arrêté du 22 mars 2007**) :

- Dans la catégorie sauvegarde des personnes et des biens en mer, la protection des épaves maritimes est une mission octroyée par cet arrêté aux ministères compétents ;
- Dans la catégorie gestion du patrimoine marin et des ressources publiques marines, la protection des biens culturels maritimes, comme des épaves archéologiques, est une mission clairement identifiée de l'AEM dans les espaces placés sous juridiction de la France.

Par ailleurs, le code du patrimoine (article L532-7)⁶² régleme les recherches archéologiques qui ne peuvent être menées sans autorisation de l'Etat. Les infractions ne concernent pas uniquement le pillage, elles s'appliquent aussi, par exemple, aux atteintes portées à un bien découvert telles que définies au premier alinéa de l'article L. 532-3 ou aux recherches effectuées par des personnes non autorisées (articles L. 532-7 et L. 532-8).

A ce corpus réglementaire, la gouvernance en mer sous l'égide du préfet maritime (PRÉMAR) optimise la coordination de l'action en mer des administrations concourant à la mise en œuvre de leurs moyens et informations d'intérêt maritime.

Cette surveillance sur la bande littorale où se situent principalement de nombreux biens culturels maritimes est plus particulièrement dévolue à la chaîne sémaphorique, composante opérationnelle de la Marine nationale. Répartis sur l'ensemble de la façade maritime française en Méditerranée, les sémaphores armés de leurs guetteurs assurent une veille continue des côtes françaises qui contribue de manière efficace à la surveillance de nos espaces maritimes jusqu'à 20 milles marins. Cela constitue un ensemble de capteurs humains et matériels (optique, infrarouge, radar...), maillée de façon à garantir la surveillance continue du littoral français de métropole. Parmi leurs missions, la surveillance des sites de biens culturels connus ou communiqués par le Drassm (pour certaines zones d'interdiction promulguée par arrêté du préfet maritime) et la possibilité singulière pour les guetteurs de la flotte d'être habilités à rechercher et à constater les infractions relatives à cette mission démontrent une prise de conscience, dès 2004, de ces enjeux de respect de zones « vulnérables » du patrimoine maritime. Dans ces conditions, un dialogue nourri entre le Drassm et PREMAR MED faciliterait une meilleure compréhension des enjeux de surveillance dans ce domaine.

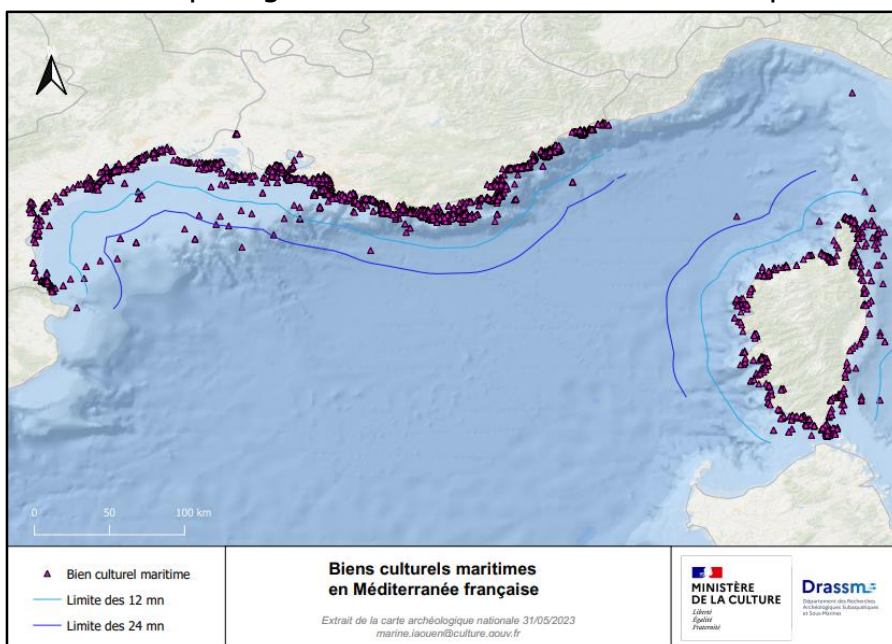
⁶² "Nul ne peut procéder à des prospections à l'aide de matériels spécialisés permettant d'établir la localisation d'un bien culturel maritime, à des fouilles ou à des sondages sans en avoir, au préalable, obtenu l'autorisation administrative délivrée en fonction de la qualification du demandeur ainsi que de la nature et des modalités de la recherche."

Recommandations n°11 : Prévenir le pillage des épaves historiques en associant les moyens étatiques (Marine nationale dont les sémaphores, la gendarmerie, la douane, les affaires maritimes...) par un partage des données du Drassm.

Former les inspecteurs de l'environnement aux missions de constatation des infractions aux biens culturels maritimes conformément aux dispositions du code de l'environnement.

Face à cet enjeu grandissant des risques d'atteinte au patrimoine culturel subaquatique, il est important d'améliorer les mécanismes de coordination et d'échange d'informations dans le cadre de l'action de l'Etat en mer.

Les coordonnées précises des épaves répertoriées et des sites submergés constituent des données d'une grande sensibilité difficilement partageable en l'état par le DRASSM. Néanmoins ces données pour des épaves sensibles pourraient faire l'objet d'un partage d'informations avec le centre opérationnel du préfet maritime de la Méditerranée (COM)⁶³ sur la base des mêmes règles de protection du secret. L'adoption de telles règles de classification du secret par le DRASSM permettrait de partager aisément l'information avec les personnes habilitées du COM grâce aux mentions de manipulation afférentes (personnel du COM habilité à manipuler des informations confidentielles). C'est, notamment, sur cette base que le COM serait en mesure de donner des instructions de surveillance aux différents sémaphores du littoral afin d'orienter la veille des guetteurs de la marine sur les sites archéologiques sensibles situés dans leurs champs de surveillance.



Par ailleurs, il conviendrait de faire dialoguer davantage les bases de données du service hydrographique et océanographie de la marine (SHOM) et celle de la carte archéologique nationale (Culture/Drassm/Patriarche) afin de préciser les localisations et d'améliorer la caractérisation des obstacles recensés sur le fond. La base de données du SHOM recense environ 600 points en Méditerranée française, certains sont conjoints avec la base Patriarche du Drassm, d'autres ne sont pas encore vérifiés comme étant ou non des biens culturels maritimes.

Le renforcement de la protection des épaves doit aussi passer par la mise en œuvre d'autres acteurs. Pour cela, il est proposé de former les inspecteurs de l'environnement « eau et nature » à la recherche et à la constatation des infractions à la police des biens culturels maritimes. En effet, l'art. L334-2-1 du code de l'environnement prévoit, qu'outre les officiers et agents de police judiciaire, les inspecteurs de l'environnement mentionnés à l'article L. 172-1 sont

⁶³ Centre des opérations de la Méditerranée basé à Toulon.

habilités à rechercher et à constater (commissionnement), dans les aires marines protégées (mentionnées au III de l'article L. 334-1), les infractions à la police des biens culturels maritimes définies aux articles L. 544-5 à L. 544-7 du code du patrimoine.

Aujourd'hui, la principale difficulté est l'absence de formation dédiée pour rechercher et constater ce type d'infractions. Cela engendre une méconnaissance de la réglementation et des actions à mettre à œuvre de la part de ces agents publics ; souvent implantés dans des zones riches en patrimoine historique.

Enfin, s'agissant du socle réglementaire, cette problématique de pillage d'épaves tendant à se développer, la prochaine mise à jour des missions AEM par le SGMER pourrait davantage faire apparaître l'importance accordée à la protection patrimoine culturel subaquatique en mentionnant nommément comme mission la lutte contre le pillage des épaves historiques parmi la catégorie des activités maritimes illicites.

Fiche n°12

Poursuivre l'adaptation de l'archéologie sous-marine aux évolutions des techniques de plongée profonde (Drassm⁶⁴ et Inrap⁶⁵)

1. Les techniques de plongée utilisées aujourd'hui par les archéologues institutionnels ont peu évolué depuis plusieurs décennies

Aujourd'hui, les plongeurs du DRASMM ou de l'INRAP sont de classe IB ou IIB. Les archéologues les plus « capés » sont classés IIBb. Ils sont donc limités à une activité à 50 mètres de profondeur, opérant en général en plongée bouteille air comprimé ou nitrox. Les plongeurs archéologues sont soumis à la réglementation élaborée par la Direction Générale du Travail et regroupée dans le code du travail, notamment le décret n°2011-45 du 11 janvier 2011 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare.

Les règles de sécurité régissant le domaine de la plongée contraignent l'activité sur les sites pour les archéologues institutionnels. La durée quotidienne de plongée est au maximum de 6 heures y compris le temps de décompression, réduite à 3 heures dans certains cas (température, houle, fatigue, etc.). Les tables de décompression utilisées sont celles du ministère du travail⁶⁶.

Concrètement, une opération de fouille comme sur l'épave Sanguinaires C, à 20 mètres de profondeur, est organisée en palanquées avec un travail au fond en circuit ouvert limité à une vingtaine de minutes, d'autant plus qu'il faut intégrer l'effort fourni par les plongeurs qui ont beaucoup de matériau à déplacer.

La conséquence d'un manque d'entraînement en plongée entraîne par ailleurs régulièrement la perte de certaines compétences et *de facto* des difficultés pour réacquérir le niveau précédemment acquis.

En parallèle, fait nouveau, on constate avec la vulgarisation de l'archéologie, que les archéologues institutionnels sont « challengés » par de plus en plus de bénévoles associatifs qui pratiquent la plongée sportive, certains pouvant opérer par grande profondeur.

Les archéologues institutionnels constatent également la montée en gamme d'autres partenaires institutionnels (personnels des parcs marins, biologistes, universitaires...).

Enfin, le risque grandissant constaté posé par les pilleurs d'épaves renforce le besoin d'une présence accrue par le DRASSM afin de détecter et de contenir les dommages liés à ces pillages.

2. Un accent mis sur le « tout robotique » au détriment de la montée en compétence « plongée » des archéologues institutionnels

Depuis 2010, l'accent a été mis sur la robotique pour « économiser » l'humain. Mais si le robot rend bien des services, il ne peut pas tout. Un prototype humanoïde comme *Ocean One K* reste à ce jour un prototype. Rien ne remplace pour le moment, et sans doute encore pour longtemps, au fond de l'eau la précision des gestes de l'être humain.

Des opérations conjointes ont également ponctuellement été montées avec la marine nationale et le concours de CEPHISMER⁶⁷ ou le Groupement de plongeurs démineurs sur des

⁶⁴ DRASSM : département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines

⁶⁵ INRAP : Institut national de recherches archéologiques préventives

⁶⁶ Arrêté du 14 mai 2019 relatif aux travaux hyperbares effectués en milieu subaquatique

⁶⁷ CEPHISMER : Cellule plongée Humaine et intervention sous la mer

« plongées profondes », comme sur l'épave de *Cap Sicié 4* à – 85 mètres programmée en décembre 2023.

Ce type de concours ne peut être fait qu'en fonction de la disponibilité des équipes de CEPHISMER et ne peut être un mode de travail régulier et pérenne. Par ailleurs les archéologues sont « dépendants » d'autres plongeurs pour travailler au fond à leur place.

Recommandation n°12 : Améliorer les compétences « plongée » des archéologues avec le soutien de la CEPHISMER pour passer à des appareils de plongée recycleurs.

Deux options sont possibles pour accroître le domaine d'emploi des plongeurs du DRASMM ou de l'INRAP :

- La première consiste à envisager le passage à la classe IIIBb qui permet de descendre à 100 m en circuit ouvert. Mais à cette profondeur, le temps de travail utile au fond se limite à 10 minutes.
- La seconde consiste à passer à l'utilisation du recycleur.

Le recycleur, technologie très différente et requérant une autre approche de la plongée, permettrait d'accroître la durée de travail en plongée et la sécurité, ainsi que d'ouvrir l'accès à des profondeurs supérieures selon les choix qui seront faits. En maintenant une pression partielle d'oxygène stable, le recycleur permet une grande autonomie du plongeur et optimise automatiquement la désaturation. Le plongeur peut sans problème réaliser un travail demandant du temps et de la précision comme la photogrammétrie, le dessin ou la prise de mesures. Ainsi un travail spécifique peut être réalisé en une seule immersion, limitant ainsi le nombre de plongées et le nombre de plongeurs nécessaires. Ce paramètre est d'autant plus important que les opérations d'archéologie sous-marine sont très dépendantes de la météo et de l'état de la mer. Les opérations sont prévues pour une durée forcément limitée du fait du coût de leur organisation. Profiter des jours de beau temps en maximisant le temps de plongée ne peut donc qu'améliorer l'atteinte des objectifs fixés à ces opérations.

Trois niveaux d'utilisation du recycleur sont envisageables :

- Le premier donne accès à 40 mètres de profondeur.
- Le deuxième « trimix normoxique » donne accès jusqu'à 60 ou 70 mètres.
- Le troisième « trimix hypoxique » donne accès à 120 mètres.

Le troisième niveau est bien évidemment le plus complexe à acquérir. S'il était maîtrisé par les archéologues, il donnerait l'avantage de pouvoir travailler à grande profondeur. L'intérêt serait aussi de mettre au point des chantiers de fouilles avec un travail homme/robot en complémentarité. Un chantier emblématique pourrait être la fouille de l'épave de la Lune au large de Toulon.

Tout en étant conscient du coût élevé relatif à l'acquisition et l'entretien d'un recycleur, ainsi qu'aux exigences en termes de formation et d'entraînement des plongeurs, cette deuxième option est la voie à explorer.

Bien que les cadres réglementaires interministériel et normatif diffèrent entre le Drassm et la marine nationale⁶⁸, l'expertise sur la plongée humaine de la CEPHISMER pourrait être mise à profit pour soutenir le Drassm et l'Inrap dans leurs choix. Un partenariat pourrait être mis en place pour un partage de savoir-faire et de retour d'expérience visant à optimiser la préparation des missions, les méthodologies de travail en grande profondeur, les techniques en complémentarité plongeur, la définition des normes d'entraînement.

⁶⁸ Le Ministère des Armées n'applique pas le décret n°2011-45 relatif à la protection des travailleurs en milieu hyperbare compte tenu du cadre d'emploi spécifiques de ses plongeurs militaires.

Fiche n° 13

Créer des zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA) en mer en particulier sur les zones portuaires historiques de compétence des préfets de département.

1. Les limites de la pratique réglementaire actuelle

L'archéologie préventive, y compris en mer, a largement permis depuis 2001 de protéger les vestiges sous-marins avant tout aménagement d'ampleur, mais des lacunes persistent et l'accident est toujours possible

Sur l'ensemble du territoire national, le Code du patrimoine prévoit que certaines catégories de travaux et aménagements fassent l'objet d'une transmission systématique et obligatoire au préfet de région ou au département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (Drassm) afin qu'ils apprécient les risques d'atteinte au patrimoine archéologique et qu'ils émettent, le cas échéant, des prescriptions de diagnostic ou de fouille.

Concernant le domaine public maritime (DPM), ces travaux d'ampleur sont essentiellement ceux qui sont soumis à étude d'impact (comme l'implantation de parcs éoliens offshore, de câbles sous-marins, des grands travaux de dragage ou de construction de digues dans les zones portuaires...). Les services officiels chargés de l'instruction des dossiers au regard de l'archéologie préventive sont aujourd'hui moins ordinairement mis devant le fait accompli, les aménageurs choisissent même quelquefois de s'investir dans la promotion de la recherche archéologique en favorisant la communication des scientifiques autour des découvertes effectuées lors des opérations préalables à la réalisation de leurs grands équipements.

En retard d'un point de vue opérationnel par rapport à l'archéologie terrestre, on constate cependant que depuis au moins 2020, les procédures d'instructions des dossiers maritimes fonctionnent de manière satisfaisante et les équipes d'archéologues professionnels œuvrant au contexte préventif se consolident.

Il reste néanmoins le cas de certains aménagements non considérés comme ayant un impact important sur le sol sous-marin et qui ne font pas l'objet de déclaration préalable.

Le sujet a été identifié au tout début de 2023 lors de l'opération de déplacement d'un corps-mort de 15 tonnes dans le port Vauban à Antibes, qui s'est enfoncé dans la vase et est venu arracher un ensemble de 3 canons du XVI^e siècle. L'opération effectuée par des plongeurs consistait en un simple changement de mouillage et n'a de ce fait pas fait l'objet d'une déclaration préalable.

L'Anse Saint-Roch à Antibes est un bon exemple d'un port abrité fréquenté depuis longtemps avec un contexte archéologique spécifique : une abduction d'eaux romaine, des vestiges isolés d'époque massaliète et grecque, 300 monnaies romaines...pour ne parler que des vestiges antiques.

Les années 1970 ont connu d'importantes opérations de dragage de l'anse, ce qui a été un désastre archéologique à l'époque. Les résidus ont été rejetés pour constituer des plages artificielles, et les habitants s'y sont alors livré à une véritable chasse au trésor, car on pouvait y retrouver des objets datés de l'époque archaïque jusqu'à l'époque moderne.

On savait que malgré ces dragages, l'anse Saint-Roch abritait encore une concentration exceptionnelle de vestiges et aurait pu être ainsi qualifiée de zone à haut potentiel archéologique.



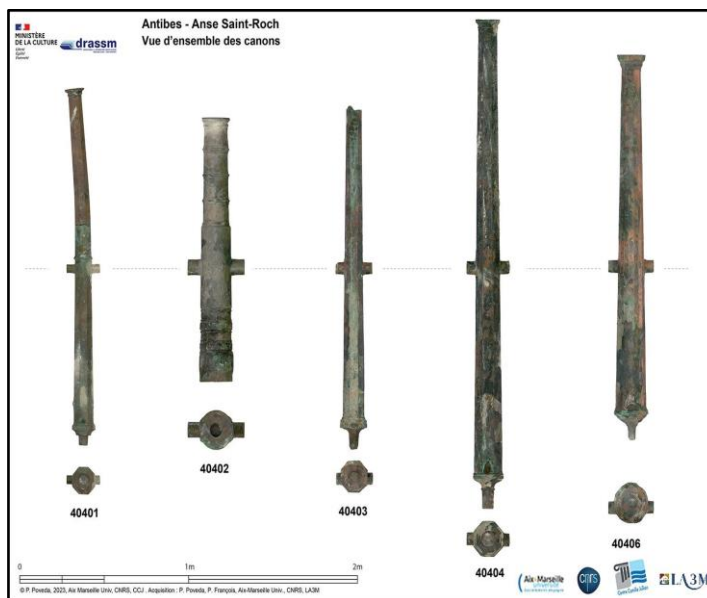
Le triangle rose indique la zone de découverte des canons

Qui plus est, après cette découverte, comme après la découverte de deux autres canons dans le port faite quelques mois plus tôt à l'automne 2022, le port a informé la direction régionale des affaires culturelles (DRAC), et non le Drassm, service compétent pour les opérations archéologiques sur le DPM. Les canons ont été remontés par les plongeurs de la société Mare Nostrum et transportés dans une zone fermée et abritée, sans que soient opérées dans l'immédiat d'actions de conservation préventive.

2. Des dégâts archéologiques d'ampleur

Dans le cas du port d'Antibes, l'information a donc tardé à parvenir au service compétent en matière de gestion des biens culturels maritimes. L'arrachement par le corps mort a provoqué une destruction totale du contexte archéologique, les plongeurs qui ont procédé à son installation ont été incapables de décrire l'organisation des canons. Certaines surfaces de ceux-ci ont été altérées par la mise en place du corps-mort.

Le Drassm, une fois averti, a monté en urgence une mission pour réaliser une couverture numérique des canons et de l'affût en bois retrouvé avec eux à l'aide de scanners portatifs, ainsi qu'une étude de l'affût en vue de sa destruction ultérieure, puis une prise du poids des canons. Tous les canons sont décorés, notamment de fleurs de lys, ce qui en fait une découverte exceptionnelle.



Une opération sous-marine a été ensuite menée en mars 2023 pour tenter d'identifier le contexte archéologique de ces canons qui pourraient correspondre à l'une des galères perdues par Andrea Doria lors du siège d'Antibes en 1536. L'objectif était de réaliser une prospection autour du corps-mort, de réaliser quatre sondages, de réaliser un piquetage, pour tenter de confirmer si, au-delà des canons, une épave est présente ou non. La présence d'une épave n'a pas pu être formellement établie, seuls un fragment d'étrave et une courbe

de bau ont été remontés. Ils correspondent à la partie haute d'un navire et ne sont pas incompatibles avec les structures légères d'une galère.

Les canons ont été rapatriés au Drassm afin de leur apporter les traitements nécessaires pour les conserver et arrêter la corrosion massive qui avait commencé après leur remontée de l'eau.

Les opérations de sauvetage de ce type nécessitent une forte réactivité avec des moyens humains réduits, et ne sont qu'un pis-aller pour tenter de sauver ce qui peut l'être, en acceptant d'avoir perdu un certain nombre d'informations du contexte archéologique. Aussi il paraît nécessaire de mettre en œuvre des mesures d'information préalable avant tout aménagement, même le plus léger soit-il, qui risque de perturber les fonds marins dans certaines zones préalablement définies comme hautement sensibles.

Recommandation n°13 : Mettre en place des zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA) en mer pour anticiper les découvertes fortuites de biens culturels maritimes et éviter leur endommagement irréversible.

La situation du port d'Antibes est susceptible de se reproduire dans d'autres ports et dans le cadre d'autres petits travaux non soumis à étude d'impact. Pourtant le Code du Patrimoine ouvre une possibilité d'une meilleure remontée d'information, à condition que les aménageurs soient également bien au fait de l'autorité compétente sur le DPM qui doit être sollicitée.

Pour éviter à l'avenir les découvertes fortuites exceptionnelles comme celle-ci, une réflexion pourrait être menée, notamment sur les zones portuaires que l'on sait fréquentées depuis très longtemps par l'activité maritime humaine, sur la définition de zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA), ce qui permettrait de faire remonter une information avant tout aménagement, même les plus légers, dans ces zones.

Le Code du patrimoine prévoit en effet d'établir, commune par commune, des zones dans lesquelles s'appliquent des dispositions particulières spécifiques à chacune d'entre elles et précisées dans un arrêté préfectoral. Ces ZPPA viennent compléter le dispositif général de l'archéologie préventive en l'affinant.

Elles permettent à l'Etat, tout comme dans le dispositif général, de prendre en compte dans une étude scientifique ou une conservation éventuelle « les éléments du patrimoine archéologique affectés ou susceptibles d'être affectés par les travaux publics ou privés concourant à l'aménagement ».

La délimitation des ZPPA repose sur une compilation des données de la carte archéologique nationale. Les ZPPA tiennent compte des orientations de la programmation nationale arrêtée par le Conseil national de la recherche archéologique, de l'état actuel des connaissances, de la programmation régionale et sont « déterminées par arrêté du préfet de région après avis de la Commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA) ». De ce point de vue, les ZPPA peuvent intégrer des secteurs du territoire considérés comme à fort potentiel archéologique même si pour l'heure aucun vestige n'est avéré.

Ce dispositif est déjà appliqué sur la terre ferme, notamment en région PACA et ce dans un nombre désormais assez important de communes. Il n'a pas en revanche trouvé aujourd'hui d'application au regard du domaine public maritime, alors même que le texte ne l'interdit pas.

Il est donc proposé de définir des ZPPA dans des zones portuaires en Méditerranée de grande sensibilité archéologique, notamment celles dont on sait qu'elles font l'objet depuis longtemps d'un trafic maritime important.

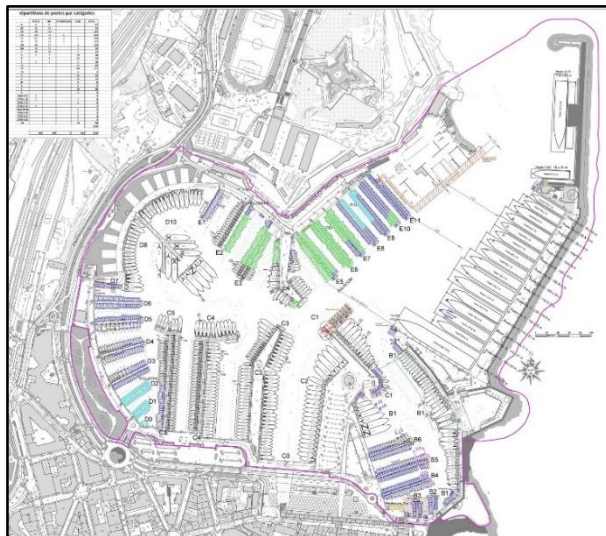
L'Anse Saint-Roch à Antibes pourrait ainsi très certainement devenir une ZPPA. Au cas d'espèce, le Drassm définirait des zonages sur la base des données de la carte archéologique. Les dossiers de proposition de création de ZPPA seront alors soumis pour avis de la CTRA

compétente (CTRA Sud Est pour PACA et Corse, CTRA Sud-ouest pour l'Occitanie), et devront ensuite faire l'objet d'un arrêté préfectoral (préfet terrestre compétent pour les zones portuaires).

En parallèle, il conviendra de renforcer l'information des autorités portuaires afin qu'elles sachent sans ambiguïté à quel service adresser les dossiers d'instruction pour leurs aménagements ainsi que les éventuelles déclarations de découvertes fortuites de biens culturels maritimes dans leurs eaux.

Il est vrai que les différents cas de figure possibles de gestion des ports (collectivités territoriales, chambres de commerce et d'industrie, etc.) et les subtilités des limites tracées au DPM portuaire ne facilitent pas la lisibilité de la répartition des compétences.

En rose le domaine public concédé à la CCI à Port Vauban



Fiche n° 14

Protéger les fonds marins et les épaves archéologiques des menaces que fait peser le chalutage

Depuis quelques années, des techniques de pêche permettent de chaluter les grands fonds marins grâce à de nouvelles technologies. Traîné par un chalutier, le chalut peut racler les fonds marins jusqu'à des profondeurs de 1 500 à 1 800 mètres. Non seulement cette technique peut détruire des habitats marins très sensibles mais elle provoque aussi la capture non sélective d'espèces abyssales rares et ayant des développements lents ainsi que la destruction des nombreuses épaves archéologiques dont la Méditerranée est très riche et qui étaient jusqu'alors préservées par la grande profondeur.

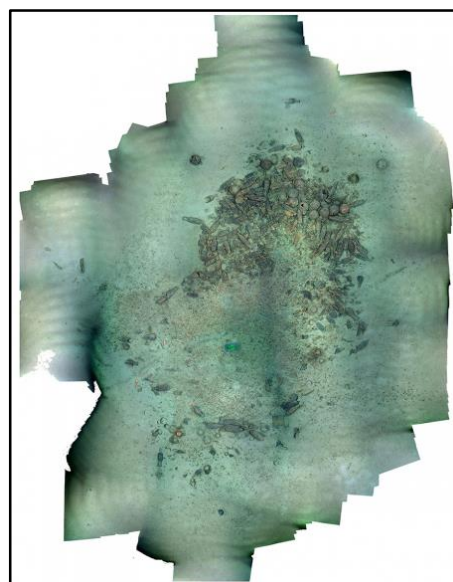
1. Depuis le milieu des années 2010, les missions du DRASSM sur les épaves profondes au large de la Corse ont montré les dégâts causés par le passage des chalutiers

Les menaces que font peser les activités de pêche aux arts trainants sur le patrimoine archéologique sous-marin sont désormais avérées.

Selon le DRASSM, vingt-six épaves archéologiques sont actuellement identifiées au large de la côte orientale de la Corse à des profondeurs situées entre 70 et 500 mètres. La moitié datent de l'époque romaine, mais, malheureusement, peu d'entre elles sont encore totalement épargnées par le passage des chaluts. Les passages récurrents des chaluts sur ces trésors archéologiques sont en train d'effacer, petit à petit, un patrimoine historique exceptionnel.

Ainsi, au large de la Corse orientale, le DRASSM a pu démontrer les dommages graves occasionnés à l'épave romaine *Aléria 1* qui repose à plusieurs centaines de mètres de profondeur et qui a été tranchée transversalement, du sud-ouest vers le nord-est, par un chalut.

L'épave *Carro 3*⁶⁹, au large de Martigues, a été étêtée de plusieurs centaines de bouteilles par le passage d'un chalut. D'autres épaves, contemporaines, sont aussi désormais « ensachées » dans des poches de chalut restées accrochées sur les vestiges sous-marins.



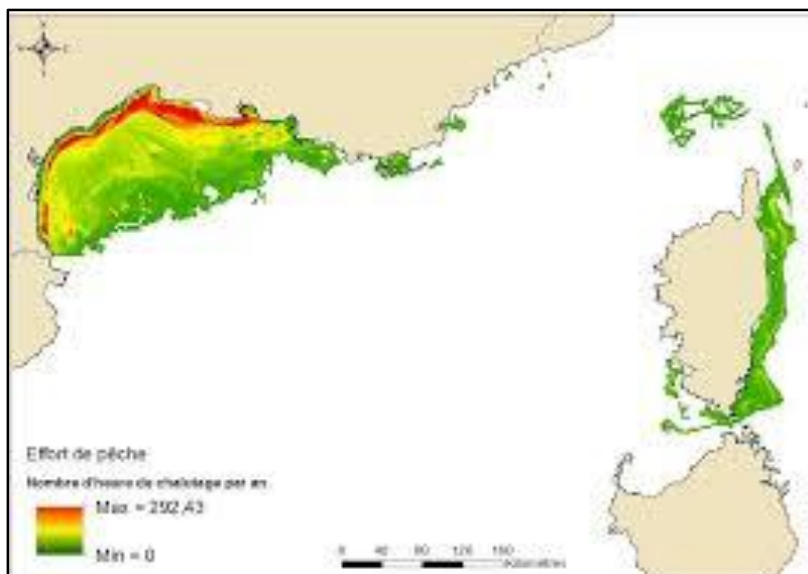
Orthophotographie de l'épave *Aléria 1*
Cliché : Drassm / restitution : M. Seguin (Inrap)

2. Une technique qui peut occasionner aussi des dommages graves pour l'environnement marin

Le chalutage sur petits fonds ou sur grands fonds peut aussi provoquer de graves dégâts environnementaux et réduire durablement la ressource s'il est mal employé ou s'il est réalisé dans des zones non adaptées à cette technique de pêche. De nombreuses études scientifiques démontrent désormais les effets néfastes du chalutage pour la biodiversité et l'environnement marin s'il est réalisé dans de mauvaises conditions ou dans des secteurs non adaptés à cette technique de pêche.

⁶⁹ Epave de la première moitié du XIXe siècle à 39 mètres de fond identifiée comme celle de *La Chinoise* naufragée en 1851, ce navire de commerce transportait de 12 000 à 15 000 contenants vides).

En Méditerranée, le chalutage concerne deux secteurs particuliers : le golfe du Lion où l'effort est intense et la côte est de la Corse où la pression est actuellement plus faible.



Effort de pêche en Méditerranée (source IFREMER)

Cette situation est bien comprise des autorités nationales comme européennes. Si pour le Gouvernement français le choix entre la protection intégrale des aires marines protégées et la sauvegarde de la pêche constitue un arbitrage délicat ; la Commission européenne a fait un choix clair en faveur de la protection des écosystèmes vulnérables des fonds marins et de la biodiversité. D'abord en interdisant, depuis 2016, le chalutage en dessous d'une profondeur de 800 mètres mais, aussi, en prenant récemment des engagements allant dans le sens d'une interdiction totale du chalutage de fond dans les aires marines protégées. C'est ainsi que les Etats membres devront prendre des mesures réglementaires pour progressivement interdire tout chalutage dans les aires marines protégées, quelqu'en soit la profondeur.

3. La côte orientale de la Corse : un secteur particulièrement sensible à la pêche au chalut

La côte est de la Corse a été identifiée comme étant sans doute la zone la plus sensible aux actions de pêche au chalut en raison de ses impacts sur la protection des épaves archéologiques et la préservation de rares habitats marins méditerranéens.

Dans le secteur maritime correspondant au parc naturel marin du Cap Corse et des Agriates,⁷⁰ les épaves sont représentatives de toutes les périodes historiques ; de l'époque romaine (*Tour d'Agnello 1, Giraglia Sud 1, Tour Sainte Marie 1, Ouest Giraglia 2, Capo Sagro 2*), à l'époque contemporaine (*P47 Thunderbolt de Ste-Sévère, Bonaparte, Francesco Crispi*)⁷¹.



Source : Atlas PALM

⁷⁰ <https://www.atlaspalm.fr>

⁷¹ Ces épaves archéologiques, d'importance majeure, ont été recensées grâce à la liste du site de l'Atlas PALM.

Dans le domaine environnemental, c'est aussi dans les parties nord et orientale de la Corse, que viennent d'être identifiés, très récemment, des habitats et des espèces très sensibles. En effet, à la lisière de l'herbier de posidonie, entre 40 et 60 mètres de profondeur, on vient de découvrir qu'une espèce de poissons, le picarel, tapissait le fond de la mer de millions de nids. Cette biomasse considérable attire de nombreux prédateurs comme le très rare ange de mer, aujourd'hui classé en danger critique d'extinction par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Les scientifiques d'Andromède Océanologie, qui ont fait ces découvertes, conduisent actuellement des études sur ces deux espèces dont un des derniers refuges se trouve désormais en Corse orientale⁷².

Une autre caractéristique de ce secteur réside dans la présence d'environ un millier d'anneaux de corail situés à une douzaine de milles au nord du Cap Corse, à la limite extérieure du parc naturel marin. Ces coralligènes, reposant à 120 mètres de fond, ont fait l'objet d'une étude plus poussée lors de la mission *Gombessa 6* d'Andromède Océanologie en juillet 2021.

Plus à l'est, l'épave du *Francesco Crispi*, à 500 mètres de fond, est recouverte de spectaculaires colonies de coraux d'eau froide avec deux espèces identifiées (*Desmophyllum pertusum* et *Desmophyllum dianthus*). Les coraux, habitats « biogéniques » à l'instar des herbiers de posidonie, sont très sensibles à l'arrachage causé par les chaluts et leur reconstitution peut prendre des décennies ; parfois, la perte est définitive.

Espérer qu'un prochain passage de chalutier ne viendra pas détruire ces habitats fragiles – et les témoignages culturels que l'on trouve parmi eux – n'est pas une solution acceptable ; des mesures plus strictes s'imposent.

Recommandation n°14 : Pour assurer une protection des habitats marins et des épaves archéologiques, utiliser le dispositif de zone de protection forte pour interdire le chalutage dans la partie Est du parc naturel marin du Cap Corse et des Agriates et étendre ensuite cette mesure à la partie orientale de la Corse.

Compte tenu des éléments déjà évoqués, il apparaît clairement que le nord et la partie orientale de la Corse est le secteur à privilégier pour un renforcement des règles de protection avec l'interdiction du chalutage.

Cette mesure pourrait être prise rapidement car ce secteur ne fait pas, pour le moment, l'objet d'une pression chalutière trop importante, en comparaison avec le golfe du Lion. Cette zone est fréquentée par peu de chalutiers, essentiellement français, dont l'activité est en déclin. De plus elle donnerait un contenu à la notion de zone de protection forte qui a dû mal se concrétiser en mer.

Pour préserver les épaves antiques encore intactes au large du Cap Corse, ainsi que celles qui s'y cachent encore et qui seront découvertes à l'avenir, et pour préserver de même les habitats exceptionnels qui s'y trouvent, il est proposé de mettre en place une interdiction stricte de la pêche aux arts trainants, y compris à grande profondeur (soit au-delà de 400 mètres).

Cette mesure d'interdiction serait justifiée par :

- Le besoin de protection des nombreuses épaves antiques. En effet, à la différence des épaves plus contemporaines qui conservent une certaine élévation⁷³, les épaves

⁷² Cf. communiqué de presse d'avril 2022 : « DesANGES et des NIDS – La Corse, dernier refuge d'une espèce marine en danger critique d'extinction : le requin « Ange de mer commun » ».

⁷³ Les épaves contemporaines sont surélevées et constituent de ce fait des obstacles souvent identifiés et marqués sur les cartes du SHOM. En présence de ce type d'épave, les chalutiers font une manœuvre d'évitement afin de ne pas endommager leurs filets ou crocher l'épave.

antiques sont « plates », presque invisibles, souvent seulement matérialisées par des tumuli d'amphores. Elles ne constituent pas de ce fait un obstacle majeur et sont donc souvent traversées par les chaluts. Qui plus est, le caractère exceptionnel de certaines de ces épaves implique que le Drassm évite de donner leur localisation précise afin de les préserver de toute tentative de pillage ;

- Le besoin de protéger les habitats sensibles qui sont nombreux dans cette zone et qui sont représentés par des coraux d'eau froide, les habitats de picarels, les anneaux de coraux et la plus grande concentration d'herbiers de posidonie de la méditerranée française.

Dans un premier temps, la zone d'interdiction de chalutage pourrait recouvrir les eaux de la partie orientale du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate, depuis le sémaphore du Cap Corse jusqu'à la limite sud-est du Parc. Ce périmètre pourrait devenir une zone de protection forte (ZPF) dans le sens du décret n° 2022-527 du 12 avril 2022 définissant cette notion. Les mesures mises en place dans cette ZPF comprendraient clairement l'interdiction de la pratique des arts trainants.

La mesure quoique radicale n'est pas complètement nouvelle puisque la Commission européenne a déjà mis en place depuis septembre 2022 une interdiction d'accès à 87 zones sensibles de l'Atlantique Nord-Est à tous les engins de fond (chalutage en dessous de 400 mètres de profondeur).

Dans un deuxième temps, cette mesure pourrait être étendue à l'intégralité des eaux françaises au large de la côte orientale de la Corse, du Cap Corse aux Bouches-de-Bonifacio compte tenu de l'importance des enjeux environnementaux et archéologiques de toute cette zone ; faiblement pêchée et encore préservée.

Fiche n°15

Renforcer la protection des habitats benthiques en facturant les coûts liés à leur destruction. Application du principe pollueur /payeur à la destruction des habitats

1. Contexte

La destruction des fonds marins est un sujet préoccupant en raison de leur caractère essentiel pour la biodiversité méditerranéenne. Ces destructions sont souvent liées à la faible valeur accordée par les usagers de la mer pour des milieux « invisibles » et « insignifiants ». Or la prise en compte du coût réel de ces destructions serait un puissant moteur de responsabilisation et de prise de conscience.

A cet égard, la posidonie, qui est protégée depuis de nombreuses années en France (loi du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature et arrêté du 19 juillet 1988 relatif à la liste des espèces marines végétales protégées) permet d'avoir un premier regard sur la question de l'ampleur et du coût de ces destructions.

Selon une approche judiciaire civiliste de la question, une évaluation du coût des destructions permettrait de mettre en œuvre les mécanismes du droit de la responsabilité civile en permettant la réparation du préjudice écologique résultant de l'arrachage des posidonies.

L'article 1246 du code civil dispose que « Toute personne responsable d'un préjudice écologique est tenue de le réparer ». L'article 1249 précise que : « *La réparation du préjudice écologique s'effectue par priorité en nature.*

En cas d'impossibilité de droit ou de fait ou d'insuffisance des mesures de réparation, le juge condamne le responsable à verser des dommages et intérêts, affectés à la réparation de l'environnement, au demandeur ou, si celui-ci ne peut prendre les mesures utiles à cette fin, à l'Etat.

L'évaluation du préjudice tient compte, le cas échéant, des mesures de réparation déjà intervenues, en particulier dans le cadre de la mise en œuvre du titre VI du livre Ier du code de l'environnement ».

La réparation du préjudice écologique répond aux critères de mise en œuvre du droit de la responsabilité civile sans faute à savoir, même en l'absence de faute, la démonstration de l'existence du préjudice ayant un lien de causalité direct avec le fait dommageable.

Ainsi, la principale difficulté pour obtenir une réparation en justice d'un préjudice écologique est la quantification du préjudice pour en faire un préjudice réparable.

Une approche pénaliste de la question permet de s'affranchir de la quantification exacte du préjudice causé pour se concentrer sur une valeur que l'Etat décide de protéger. Le degré de protection et donc l'importance donnée à la valeur protégée se mesurant par l'échelle des peines encourues.

Ainsi par exemple, l'article L.5242-2 du code des transports prévoit 1 an d'emprisonnement et 150 000 € d'amende encourus par tout capitaine de navire enfreignant certains règlements pris par le ministre chargé de la Mer et du préfet maritime. Par exemple : les arrêtés du préfet maritime délimitant des zones d'interdiction de mouillage dans les herbiers de posidonie.

2. Etat actuel

L'approche pénaliste est relativement bien développée. Ainsi, par l'adoption d'arrêtés du préfet maritime en 2016 et 2019 concernant le mouillage des navires de plus de 24 mètres a permis d'accroître la protection des herbiers de posidonie et ont été suivis de nombreux arrêtés locaux réglementant le mouillage des navires de plus de 24 mètres. Ces mesures ont été suivies d'effet puisque le tribunal maritime de Marseille a déjà condamné à plusieurs reprises des capitaines de navires pour mouillage illégal dans des zones réglementées. Grace à cette politique volontariste, il a été constaté un net recul des infractions au mouillage de ces navires dans l'herbier de posidonie⁷⁴.

En revanche, dans l'approche civiliste de la protection de l'herbier de posidonie, la jurisprudence est rare, même si la notion de préjudice écologique née au début des années 2000 dans la jurisprudence et consacrée par la loi française en 2016 (loi du 8 août 2016 instaurant l'article 1246 dans le code civil) a fait avancer considérablement le droit de l'environnement.

Cela est probablement dû à la difficulté intrinsèque de démontrer et de quantifier le préjudice écologique à réparer en matière de fonds marins.

Cette situation est notamment dû à l'absence de barème officiel des couts environnementaux que l'Etat ou les personnes publiques pourrait facturer à l'occasion d'un accident de mer ou d'une atteinte grâce à l'environnement. Autant l'Etat est en mesure de facturer les couts de ses agents et de ses moyens dans une opération de protection de l'environnement (lutte anti-pollution par exemple), autant il est incapable de facturer le coût des atteintes à l'environnement en l'absence de tout barème officiel des couts liés aux atteintes aux habitats ou aux espèces marines.

L'intérêt d'un tel barème consisterait dans la responsabilisation des usagers de la mer qui peuvent considérer l'environnement comme négligeable et donc ne pas se conformer aux règles et aux usages maritimes. Il donnerait de la visibilité au service écologique rendu par la mer à la collectivité.

L'absence d'un barème pertinent est paradoxalement la conséquence d'un grand nombre de méthodes d'évaluation du préjudice écologique répertoriées dans la littérature scientifique (plus de 150 méthodes répertoriées dans le monde si l'on prend en compte tous les préjudices écologiques). En l'absence de tout barème officiel, l'Etat est à chaque fois dans l'incapacité de facturer le cout environnemental d'une négligence.

La posidonie consistant en un « objet écologique » bien déterminé et surtout bien étudié pourrait être le premier habitat marin à donner lieu à l'établissement d'un barème public, sur le modèle des barèmes appliqués par les juridictions civiles en matière d'indemnisation du préjudice corporel par exemple. La barémisation du coût de la destruction permettrait ainsi aux services de l'Etat de solliciter en justice la réparation du préjudice écologique consécutif à la destruction de la posidonie.

Recommandation n°15 : Renforcer les mesures de protection de l'herbier de posidonie en fixant un barème officiel du cout de la destruction (coralligènes dans un 2ème temps) afin de pouvoir le facturer en cas d'arrachage (préjudice écologique).

⁷⁴ Société Française d'écologie et d'évolution (SFE²), R104, Julie DETER ([R104 : La préservation des posidonies, par Julie Deter et al. - sfecologie.org](https://www.sfecologie.org/)).

La réintroduction d'une espèce ou la restauration de son milieu ou de l'écosystème a un coût qui peut être évalué. C'est cette logique qui a été mise en œuvre par le parc National des Calanques dans une affaire de braconnage à la pêche. Le Parc national a en effet fondé son évaluation non pas sur un prix attribué aux spécimens prélevés illégalement par les braconniers mais sur une estimation du budget qui devra être consacré à la régénération de cette biomasse. Il est aujourd'hui aussi plus aisé de calculer les coûts de restauration pour les herbiers de posidonies puisque on commence à avoir des données précises.

Si des institutions « membrées » comme les parcs nationaux ou les parcs marins sont en mesure de donner une évaluation du coût de la destruction d'un environnement, ce n'est pas le cas de toutes les aires marines protégées ni des secteurs non couverts par un régime de protection environnementale. C'est pour ces situations que l'existence d'un barème national du coût écologique de l'herbier de posidonie prend tout son sens et tout son intérêt. L'Etat est alors en mesure de facturer un coût à la destruction constatée qui a une forte valeur pédagogique. La facturation de l'impact d'une faute ou d'une négligence ne peut qu'inciter les usagers de la mer à la plus grande prudence. L'intérêt d'un barème unique des coûts environnementaux d'une espèce réside aussi dans l'absence de contestation des tarifs retenus, qui peuvent, sinon, varier d'une structure à une autre.

L'ampleur d'un tel projet nécessiterait qu'il soit mis en œuvre par un service de l'Etat faisant référence en matière de recherche scientifique.

Fiche n° 16

Restaurer les petits fonds côtiers présentant une altération des fonctions écologiques et optimiser le rôle écologique des fonds côtiers artificialisés

1. Cadre général de la restauration écologique des fonds marins

Dans une acception stricte, la restauration écologique vise à rétablir un site dégradé ou détruit dans son état d'origine. En réalité, cet état d'origine est rarement documenté avec précision. Par ailleurs, l'objectif est rarement atteignable au regard des activités humaines qui se sont développées.

Ainsi en est-il des infrastructures portuaires⁷⁵ qu'il ne s'agit pas de démanteler, mais dont il est important de restaurer la fonction de nurserie qui préexistait dans ces zones côtières abritées. Une opération de restauration consiste donc à améliorer l'état d'un site, au besoin par des moyens artificiels, pour rétablir une ou plusieurs fonctions écologiques sur la base des services attendus (environnementaux, économiques, socio-culturels). Dans tous les cas, elle impose au préalable une bonne qualité des eaux et un arrêt, a minima une maîtrise, des causes de la dégradation.

Les premières opérations de traitement des habitats ont vu le jour dans les années 60. Elles ont notamment consisté à immerger des pneus usagés en guise d'habitats artificiels (ex. : site de Vallauris - Golfe Juan) ; ce qui ensuite s'est avéré désastreux pour l'environnement. Sur une base scientifique plus robuste, les opérations de restauration du milieu marin ont pris un véritable essor à partir de 2010. En dépit d'un caractère expérimental encore marqué, elles ont fait progressivement l'objet d'un socle documentaire de référence.

Découlant des politiques publiques visant à préserver le milieu marin, les opérations de restauration des fonds marins s'inscrivent dans le cadre du plan d'action pour le milieu marin (PAMM) lui-même décliné dans le document stratégique de façade pour la Méditerranée.

Elaboré par la DIRM⁷⁶ Méditerranée en 2019, le document stratégique pour la restauration écologique en Méditerranée intègre « la restauration écologique dans l'ensemble des politiques existantes de non-dégradation et de gestion des usages en mer et sur le littoral ».

A l'échelon local, ce document institue les schémas territoriaux de restauration écologique (STERE) qui identifient précisément les besoins d'un site et constituent un outil de gestion et de planification des opérations de restauration, en relation avec les plans marins existants (zone Natura 2000, AMP, contrats de baie).

A ce jour, la réglementation n'impose pas aux pouvoirs publics d'obligation de restauration des sites dégradés, dont l'initiative revient souvent aux collectivités territoriales et aux directeurs de ports. Néanmoins, le 28 juin 2022, la Commission européenne a rendu public un projet de règlement pour la restauration de la nature, actuellement examiné par le Conseil de l'Union européenne et le Parlement européen. S'il est adopté en l'état, ce règlement imposera aux états-membres de prendre des mesures de restauration de la nature dans au moins 20% des zones terrestres et marines de l'Union européenne d'ici à 2030 et, d'ici à 2050, d'étendre ces mesures à tous les écosystèmes qui doivent être préservés.

2. Une priorité à accorder à la proche bordure côtière

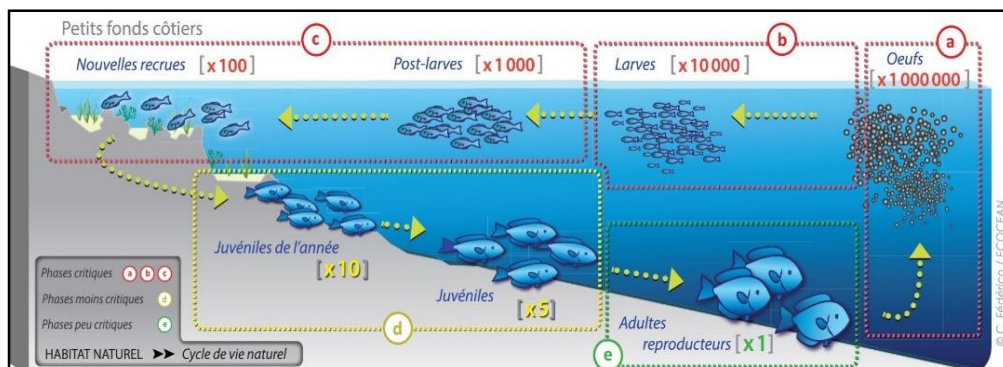
La zone cible pour des actions de restauration est la proche bordure côtière. C'est en effet cette zone qui concentre le plus grand nombre d'atteintes au milieu marin en raison de la

⁷⁵ Ex. : Gudefin A., Lenfant P., Fonbonne S., Boissery P. 2022. Guide technique - Evaluation des pilotes expérimentaux et des travaux de restauration écologique, cas des nurseries portuaires. ICO Solutions / DRIVER / Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 54p.

⁷⁶ DIRM : Direction Interrégionale de la Mer

multiplicité des activités humaines qui s’y déploient (pêche, tourisme, ports, constructions, etc.). Interface entre la mer et la côte, la proche bordure côtière subit de plein fouet une pression démographique croissante. Elle voit ainsi une part significative de sa surface⁷⁷ occupée par des aménagements littoraux et a subi pendant des décennies le déversement d’eaux usées non épurées.

Or, cette zone fragile offre de très importants services écosystémiques. C’est en particulier dans cette zone que se joue le cycle de reproduction des espèces.



Les herbiers de posidonies y jouent un rôle essentiel de garde-manger, de refuge et de nurserie pour de nombreuses espèces de poissons, contribuant au renouvellement des stocks halieutiques. Ces herbiers sont également de remarquables outils de captation de CO₂ et de production d’oxygène et participent à la protection de la côte contre l’érosion. Présents jusqu’à 40m de fond, les herbiers sont sensibles à la qualité des eaux et très exposés aux pressions exercées par la pollution, les constructions littorales (enfouissement), la plaisance (mouillages) et la pêche. Caractérisés par une croissance très lente, les herbiers ont perdu 10% de leur surface en 100 ans. Pour le compte de l’agence de l’eau Rhône, Méditerranée, Corse, la société Andromède Océanologie a réalisé l’inventaire des zones marines côtières nécessitant des actions de restauration écologiques et du paysage. Elle identifie 16 « zones très adaptées » à la restauration des herbiers de posidonies, représentant 129 hectares entre 5 et 20 mètres de profondeur (projet IZOMARE, 2023 <https://www.andromede-ocean.com/ecological-restauration/>).

Le coralligène constitue le deuxième écosystème clef de biodiversité en Méditerranée, assurant un substrat pour la fixation et la croissance de très nombreuses espèces. Ainsi, 315 espèces d’algues, 1.241 espèces d’invertébrés et 110 espèces de poissons ont été dénombrées dans le coralligène⁷⁸. Présent jusqu’à plus de 100m de profondeur, le coralligène est très sensible à la pollution, aux changements de température, aux engins de pêche trainants et à la sur-fréquentation par les plongeurs.

Comme précédemment indiqué, le rétablissement de la fonction de nurserie dans les zones portuaires constitue un autre axe important de restauration ; dès lors que peut être assurée la connectivité avec les autres espaces nécessaires aux différents stades de développement des poissons.

3. Des techniques de restauration en plein développement

Une action de restauration n’a de sens qu’en lien avec des actions préalables de non-dégradation⁷⁹ et d’amélioration de la qualité des eaux. Sur ce dernier point, la Méditerranée en général reste une des mers considérées comme des plus polluées. La qualité des eaux du littoral français et du bassin occidental nord de la Méditerranée fait exception. Elle s’est considérablement améliorée depuis plusieurs années, grâce aux efforts consentis en matière d’assainissement des eaux usées, ainsi que de lutte contre les pollutions marines et des

⁷⁷ De l’ordre de 30% dans les Alpes maritimes.

⁷⁸ Source : site du parc marin du Golfe du Lion

⁷⁹ Ex. : interdiction des mouillages forains, et/ou de la pêche au chalut

bassins versants. Sur le littoral français, ce préalable peut être considéré comme acquis, même s'il reste encore d'importants efforts à conduire pour le traitement des eaux pluviales.

Des sociétés spécialisées dans l'éco-ingénierie⁸⁰ proposent des solutions techniques matures ou encore expérimentales.

L'immersion d'habitats artificiels, offrant abri et nourriture à différentes espèces, est une solution mise en œuvre depuis longtemps et qui bénéficie d'une forte acceptabilité car le repeuplement conjugue des bénéfices écologiques, économiques (pêche) et récréatifs (plongée). Avec 400 récifs artificiels immergés sur 200 hectares dans la baie du Prado à Marseille en 2008, l'opération PRADO reste une opération d'immersion emblématique. L'évaluation précise des bénéfices écologiques des récifs artificiels est néanmoins sujette à débat et pose question lorsqu'ils sont posés sur un sol sableux, modifiant ainsi le milieu d'origine. Les récifs semblent tout particulièrement adaptés à des sites dont le substrat est trop profondément dégradé, ne permettant plus la fixation de la flore et de la faune (cas de l'ancienne zone de rejet du cap Sicié). Ils peuvent également constituer une connexion efficace entre deux sites qu'une dégradation a séparés. La tendance est désormais à la conception de récifs individualisés, adaptés aux caractéristiques propres de chaque site d'implantation, et au biomimétisme⁸¹ dans le choix des matériaux et de l'architecture que l'impression 3D permet d'optimiser pour un service écologique maximal.

Porté par la recherche d'une image éco-responsable, l'équipement des ports en dispositifs de nurseries et refuges artificiels est en plein essor. Ces dispositifs (ex. : Biohut, ReFISH) offrent nourriture et protection aux larves, recrues et juvéniles. Représentant 50% de l'artificialisation de la côte méditerranéenne, les ports renouent ainsi, pour partie, avec le rôle écologique ancien des sites calmes et abrités dans lesquels ils sont implantés. En 2021, 45 sur 121 ports de Méditerranée sont équipés de nurseries artificielles⁸².

Encore expérimentale, la restauration des peuplements végétaux sous-marins a connu de nombreux échecs. En particulier, la posidonie est caractérisée par une croissance lente et une reproduction difficile ; la fixation au sol de jeunes pousses constitue un vrai défi. Pour autant, des opérations récentes de transplantation, de mottes (ex. : Safe Bent - Monaco - 2017) ou de pieds précédemment arrachés par des pêcheurs ou plaisanciers (ex. : REPIC - 2019 et site du Costa Concordia - 2022), présentent des résultats très encourageants (taux de survie d'environ 80%) qui offrent la perspective de gagner un temps considérable sur une reconquête naturelle, de surcroît très aléatoire.



Opération REPIC, Laurent Ballesta, Agence de l'eau

Récentes et prometteuses également, des opérations de restauration de coralligènes ont été réalisées par désensevelissement et nettoyage avec reconquête passive (ex. : Monaco - Cap

⁸⁰ Ex. : Andromède Océanologie - Ecocean - Seaboost - Suez.

⁸¹ Le biomimétisme au service des opérations de restauration écologique et de non dégradation des petits fonds côtiers - DRIVER - Bocquet et al, 2022

⁸² Université de Montpellier, 2022. Synthèse des travaux sur la restauration écologique des petits fonds côtiers de Méditerranée. 69 pages

Ferrat), ainsi que des opérations de restauration ou transplantation de corail et gorgones (ex. : parc national des Calanques - site du Costa Concordia - projet MERCES en Italie).

La capture de post-larves pour un développement en aquarium permettant d'atteindre la taille-refuge avant relâche en milieu naturel, est un moyen de « booster » le repeuplement des milieux dégradés, en assurant aux poissons un taux de survie largement supérieur à celui normalement constaté (cf. schéma supra). Par ailleurs, des laboratoires de recherche français, comme Stella Mare, se sont spécialisés dans ces travaux de restauration écologique en étudiant les conditions de reproduction, d'alimentation et de croissance d'espèces marines réputées très difficiles à élever.

D'autres démarches s'inscrivent également dans une dynamique de restauration, mais restent complexes à conduire (ex. : lutte contre les espèces non indigènes invasives comme le crabe bleu) ou ne font l'objet que de rares initiatives (ex. : retrait de filets de pêche abandonnés sur les fonds).

Recommandation n°16 : Lever les freins réglementaires à la restauration des petits fonds côtiers présentant une altération des fonctions écologiques et optimiser le rôle écologique des fonds côtiers artificialisés, grâce à l'adoption d'un cadre fixé par le ministère de la Transition écologique.

Portée par le dynamisme d'acteurs institutionnels et privés, la restauration écologique offre des perspectives très intéressantes en termes de reconquête des services écosystémiques rendus par les petits fonds côtiers lorsqu'ils sont en bonne santé. Elle prolonge fort logiquement les efforts entrepris depuis des années pour améliorer la qualité des eaux et réduire les pressions sur l'environnement marin (mouillage, pêche, AMP, etc.).

Valorisantes pour les collectivités ou les ports qui les portent, les opérations de restauration bénéficient en outre d'un bon niveau de financement (collectivités, agence de l'eau, et, dans une moindre mesure, FEDER). Filiale de la Caisse des dépôts, la Caisse de consignment Biodiversité apparaît néanmoins peu présente dans le domaine de la restauration écologique marine⁸³, alors qu'elle soutient de nombreux projets terrestres. L'augmentation du nombre de projets maritimes devrait s'accompagner d'un soutien accru de cette caisse.

La restauration écologique est encore marquée par des débats sur son intérêt par rapport à une reconquête naturelle des sites. Mais les résultats obtenus ces dernières années, ainsi que le caractère irréversible de certaines dégradations sans intervention humaines (cas d'enfouissement par des remblais ou des pollutions), atténuent progressivement l'acuité des débats.

Aujourd'hui, le principal frein à la restauration des petits fonds côtiers est réglementaire. En effet, largement dépendante d'innovations scientifiques et techniques, la restauration écologique ne peut offrir, a priori et à ce jour, de garanties solides quant à ses résultats ; chaque site présentant en outre d'importantes spécificités. Par ailleurs, la réglementation dans la zone littorale est complexe, alors que la relative jeunesse de la restauration écologique ne lui permet pas de disposer d'un statut juridique consolidé. Dès lors, l'instruction des demandes d'autorisation est fastidieuse, différente d'une région à l'autre et peut aboutir à un refus. La dynamisation de la restauration écologique des fonds marins passe donc par des dispositions réglementaires garantissant la rigueur⁸⁴ des opérations envisagées, tout en étant ouvertes à leur dimension expérimentale. Une circulaire du ministère de la Transition écologique pourrait utilement fixer ce cadre que le projet de règlement européen précédemment évoqué ne devrait pas tarder à imposer de toute façon.

⁸³ Un seul projet marin identifié sur le site de CDC Biodiversité.

⁸⁴ S'agissant en particulier de la définition d'objectifs précis et quantifiables, de la description des moyens envisagés, du suivi et d'évaluation.

Fiche n°17

Nécessité de bien maîtriser les techniques de dessalement de l'eau de mer en raison des conséquences possibles pour les fonds marins et l'environnement

1. Les besoins en eau en Méditerranée

L'actualité récente a encore montré combien les rives méditerranéennes de la France sont fortement touchées par un stress hydrique dont chacun commence à mesurer les conséquences et les besoins d'adaptation. L'inadéquation entre les ressources en eau disponibles et la demande des populations et de certaines activités économiques comme l'agriculture, l'industrie et le tourisme est désormais patente. Cette situation inquiétante va sans doute s'aggraver avec les conséquences annoncées du changement climatique qui accentuent la rareté de la ressource, notamment pendant les mois d'été où la très forte demande en eau des populations estivales n'est plus contrebalancée par des précipitations ou des réserves en eau suffisantes.

Les autres pays méditerranéens connaissent les mêmes difficultés, voire des situations plus graves. C'est pour y faire face que plusieurs pays méditerranéens ont décidé de s'orienter vers la technique du dessalement de l'eau de mer avec l'implantation d'usines sur leur littoral méditerranéen. En 2019, les plus importants producteurs d'eau douce par dessalement en sont Israël (645 millions de m³), l'Algérie (631 millions de m³), l'Espagne (405 millions de m³) et l'Égypte (200 millions de m³). Malte est le leader du dessalement en termes de pourcentage dans l'eau consommé, avec plus de la moitié de son approvisionnement en eau potable produite par dessalement. Les projections disponibles suggèrent que la production d'eau dessalée dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) sera multipliée par treize d'ici 2040 par rapport à 2014 (PNUE/PAM et Plan Bleu, 2020).



Usine de dessalement à Ashkelon, Israël
Source: IDE Technologies Ltd

2. Les besoins et les conséquences des techniques de dessalement de l'eau de mer

Parmi les solutions techniques proposées pour pallier au problème de la rareté en eau douce, les mesures de restriction de la consommation, de réutilisation des eaux usées traitées ou d'utilisation des eaux pluviales peuvent apparaître comme peu vendeuses ou délicates à mettre en œuvre. Dans un tel contexte, la technologie du dessalement de l'eau de mer peut apparaître comme séduisante. Cette technologie largement utilisée en Méditerranée commence à intéresser la France ; notamment en Corse où la commune de Rogliano va recourir à cette technologie dès l'été 2023 pour résoudre ses difficultés en eau.

Le dessalement est le processus qui consiste à éliminer les sels de l'eau. Mais cette technique n'est pas sans conséquence pour le milieu marin. En effet, un des sous-produits de ce processus est une saumure toxique qui peut dégrader les écosystèmes côtiers et marins si elle n'est pas correctement traitée. Les fonds marins à proximité des lieux de rejet sont particulièrement impactés. La plupart des processus de dessalement génèrent entre 1,5 et 4 litres de liquide pollué par le chlore et le cuivre pour chaque litre d'eau potable produit. Outre une augmentation de la salinité et de la température dans les lieux de rejet des saumures en mer, la saumure toxique épuise l'oxygène et a un impact sur les organismes de la chaîne alimentaire lorsqu'elle est rejetée dans la mer (PNUE, 2019).



Rejets en mer à l'usine de dessalement à Hadera,
Source: Luciano Santandreu/Shutterstock Israël

C'est pourquoi il convient d'être très prudent sur les rejets dans le milieu marin de ces saumures polluées. Si un rejet au large dans un océan aura des effets limités, il n'en n'est pas de même dans une mer fermée comme la Méditerranée avec parfois des conséquences irréversibles pour les fonds marins comme cela est déjà constaté à Chypre.

Le dessalement s'accompagne également d'une forte demande énergétique avec son lot d'impacts économiques et environnementaux selon la source d'énergie utilisée.

Il est aussi nécessaire de bien appréhender les autres contraintes et vulnérabilités que peut poser cette technologie si elle est mal maîtrisée :

- dépendance à l'accès à l'énergie pour une activité qui est particulièrement énergivore ;
- besoin d'une très bonne qualité d'eau de mer. En 2017, Israël a dû arrêter trois de ses cinq usines de dessalement pendant trois jours à cause d'une pollution de l'eau de mer provoquée par la défaillance d'un pipeline pétrolier. La présence d'hydrocarbures dans l'eau risquait, en effet, d'endommager les membranes des usines de dessalement⁸⁵. De manière similaire, des rejets d'eaux usées insuffisamment traitées à proximité des usines de dessalement peuvent engendrer leur arrêt (PNUE/PAM et Plan Bleu, 2020).) ;
- besoin en foncier sur le littoral qui pourrait contrecarrer, pour la France, les politiques de "zéro artificialisation nette" du littoral et alors que celui-ci est déjà très sollicité pour de nombreux usages (conflits d'usages et difficulté d'acceptation sociale) ;
- création de nouvelles infrastructures stratégiques à protéger ;
- nécessité de disposer de capacités importants de financement : l'usine de dessalement de Sorek, à 15 km dans le Sud de Tel Aviv, a été mise en service en 2013 avec une capacité de traitement de 624,000m³/jour (la plus grande usine au monde à cette date). L'usine a nécessité un investissement de 400 millions de \$US (Water Technology, 2023).

⁸⁵<https://www.timesofisrael.com/2017-oil-spill-closed-three-desalination-plants-for-three-days-official-reveals/>

Recommandation n°17 : Compte tenu d'un bilan assez négatif en terme d'impact énergétique et environnemental, notamment pour les fonds marins, la technologie du dessalement de l'eau de mer ne doit plus être envisagée comme étant la solution idéale à la pénurie d'eau douce en Méditerranée. Les solutions doivent d'abord résider dans une meilleure gestion de la ressource (économies, réduction des pertes, stockage) ou dans l'utilisation de technologies moins impactantes comme la réutilisation d'eaux usées (REUT). Le dessalement ne doit être réservé qu'à des situations extrêmes, lorsqu'aucune autre alternative n'est possible.

L'analyse de ce processus technologique démontre qu'il convient d'être très prudent sur ce qui n'est pas forcément la « martingale » espérée. A ce titre la résilience du procédé doit être examinée avec attention. En effet, si le dessalement de l'eau de mer est à première vue une solution facile et séduisante pour faire face à une pénurie en eau, cette technologie peut aussi engendrer une multitude d'impacts non-souhaitables.

Les mesures de gestion de la demande en eau sont généralement plus coût-efficaces ont toutes un cout efficacité (€/m³ mobilisé) que les mesures d'augmentation de l'offre, dont le dessalement (Plan Bleu et GWP-MED, 2012). Après avoir actionné tous les leviers de la gestion de la demande en eau, les ressources en eau dites "non-conventionnelles" peuvent aussi être mobilisées. Parmi celles-ci figurent la réutilisation des eaux usées traitées (REUT). Bien que parfois plus chère, la REUT a des impacts environnementaux bien moindres que le dessalement.

Compte tenu de son empreinte écologique forte, notamment des risques que cette technologie peut faire courir aux fonds marins (herbiers de posidonie notamment), le dessalement ne devrait être réservé qu'aux cas où aucune autre mesure de gestion (notamment de réduction de la demande) n'est envisageable et où aucune autre technologie moins impactante n'est possible (notamment la REUT).

Si la mise en place d'une usine de dessalement est envisagée après avoir observé les recommandations ci-dessus, il est nécessaire de veiller à la réduction de son impact environnemental : faire fonctionner l'usine de dessalement en utilisant des sources d'énergies renouvelables; ne pas la mettre en place dans des zones protégées; utiliser la meilleure technologie disponible en termes de réduction des impacts environnementaux, y compris consommation d'énergie et de produits chimiques; disposer d'un suivi scientifique précis et, enfin, échanger sur les meilleures pratiques et technologies avec d'autres pays méditerranéens ayant une expérience consolidée dans ce domaine⁸⁶.

Références:

Marc-Antoine Eyl-Mazzega , Elise Cassagnol, IFRI, Géopolitique du dessalement d'eau de mer, sept. 2022, <https://www.ifri.org/fr/publications/etudes-de-lifri/geopolitique-dessalement-deau-de-mer>

Elsaid K., Kamil M., Sayed E.T., Abdelkareem M.A., Wilberforce T., et Olabi A. 2020. Environmental impact of desalination technologies: A review. Science of The Total Environment, 748. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141528

Ihsanullah I., Atieh M.A., Sajid M., et Nazal M.K. 2021. Desalination and environment: A critical analysis of impacts, mitigation strategies, and greener desalination technologies. Science of The Total Environment, 780. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146585

Plan Bleu et GWP-MED (2012). La gestion de la demande en eau: L'expérience méditerranéenne.

⁸⁶ Les pays méditerranéens se sont engagés dans le cadre de la Convention de Barcelone (Article 4.4.b) à coopérer en matière de meilleures technologies, techniques et pratiques environnementales. Cet engagement peut aussi porter sur le dessalement, certains pays méditerranéens étant à la pointe du savoir-faire en matière de dessalement.

PNUE/PAM et Plan Bleu (2020). État de l'environnement et du développement en Méditerranée. Nairobi.
<https://planbleu.org/soed/>

Water Technology (consulté 18 mai 2023). Sorek Desalination Plant. <https://www.water-technology.net/projects/sorek-desalination-plant/>

The state of desalination and brine production: A global outlook ; Edward Jones, Manzoor Quadir....Seong-mu Kang ; Science of The Total Environment , Volume 657, 20 March 2019, Pages 1343-1356