

RAPPORT D'ÉTUDE n° 2 – 2022-2023

ÉTUDE SUR « LES GRANDS FONDS : UN IMPACT PLANÉTAIRE SUR LE TEMPS LONG »

Table des matières

1/ Constat

2/ Recommandations

Annexe 1 : Principales caractéristiques des Grands Fonds et de la Haute Mer

Annexe 2 : Pour un grand programme visant à développer la Plateforme Générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin.

1. Constat

Le 27 octobre 2021, la ministre de la mer a adressé une demande à l'Académie de Marine afin que soit conduite une analyse sur « la pertinence de lier innovation technologique, exploration des grands fonds et transition écologique ». Ces trois domaines d'action sont liés entre eux de multiples manières et s'insèrent dans un ensemble d'autres domaines avec lesquels ils sont étroitement liés. Nous allons décrire ces divers liens et les problématiques associées en essayant de dégager les critères les plus significatifs pour la définition d'une politique qui ne peut être qu'à long terme vu la lenteur des processus associés.

Disons tout de suite que, nonobstant les régimes juridiques, les grands fonds, qui représentent 60% de la surface de la planète, doivent être associés aux couches d'eau qui les surplombent pour au moins trois raisons : les travaux sur le fond seront généralement en liaison avec la surface et auront un impact sur les eaux traversées, on ne peut modéliser ce qui se passe près du fond sans modéliser l'ensemble de l'océan, et les négociations sur la biodiversité en haute mer incluent les grands fonds dans leurs périmètres.

Après une présentation synthétique des divers aspects du sujet, nous récapitulerons les principales recommandations ; des exposés plus détaillés seront ensuite présentés dans deux annexes, la première présentant une description plus détaillée des caractéristiques de l'océan et des moyens d'étude et d'exploration, la seconde un programme nouveau estimé nécessaire pour une connaissance fine de l'océan profond, applicable aussi dans les couches moins profondes.

La transition écologique recouvre les multiples évolutions nécessaires pour limiter le changement climatique, la perte de biodiversité et les diverses pollutions. Elle touche toutes les sociétés humaines et implique donc une gouvernance planétaire, rôle exercé par l'Organisation des Nations unies (ONU). Tous les peuples du monde sont maintenant sensibilisés aux problèmes du climat et des êtres vivants, mais la plupart des techniques exploitent des ressources limitées dont le recueil détériore souvent l'environnement. On peut donc s'attendre à des craintes pouvant provoquer des réactions de rejet face à des projets d'exploitation dont l'innocuité n'aurait pas été démontrée ; et même si elle est démontrée, on trouvera toujours des sceptiques, dont certaines organisations non gouvernementales (ONG) qui ont tendance à tenir des discours extrêmes.

Bien que la pêche ne soit pratiquée dans les grands fonds proprement dits qu'à l'intérieur des Zones économiques exclusives (ZEE)¹ donc marginalement pour le sujet qui nous préoccupe, la pêche en haute mer n'est pas sans impact sur les écosystèmes benthiques et les limitations aux diverses pêches posent souvent des problèmes aux populations qui en vivent.

La gouvernance globale s'appuie sur un dispositif juridique qui doit lui-même évoluer, ce qui est partiellement en cours pour les grands fonds dans le cadre des négociations (maintenant terminées) visant un accord juridiquement contraignant sur « la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine des zones ne relevant pas de la juridiction nationale » (BBNJ); ces espaces recouvrent la plupart des grands fonds, mais pas tous, et en particulier les zones de transition entre fonds relativement proches de la surface (à partir de 200 m) et plaines abyssales (talus continentaux notamment) sont pour beaucoup dans des ZEE ou des extensions de plateaux. Il faut noter que les ZEE des États ne sont pas visées par cet accord, et l'on peut anticiper qu'il sera difficile pour un État de trop s'éloigner des règles fixées par l'accord BBNJ, d'autant que la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (CNUDM) prévoit que les États parties appliquent les règles générales dans leurs ZEE, mais ce ne sera pas impossible.

L'exploration des grands fonds progresse depuis un peu plus d'un siècle, mais les écosystèmes des grands fonds sont encore très mal connus et il est probable que l'on n'accélérera pas le progrès sans objectif d'exploitation. Or les projets d'exploitation à plus ou moins long terme se multiplient, motivés par la raréfaction progressive de certaines ressources minières terrestres et des carburants fossiles, entraînant une hausse des cours, ainsi que par le désir de certains pays de diversifier leurs sources d'approvisionnement pour des raisons de souveraineté. Certaines de ces ressources sont nécessaires (cobalt et terres rares en particulier) pour la transition énergétique en l'état actuel des connaissances. Comme les ressources terrestres, les ressources minières des grands fonds ne sont pas inépuisables et mettent des millions d'années à se reconstituer, mais elles sont un moyen de poursuivre dans l'évolution technologique actuelle, en espérant à plus long terme des découvertes scientifiques et technologiques majeures conduisant à une meilleure durabilité.

On identifie également les grands fonds comme sources de molécules nouvelles, utiles entre autres pour des médicaments. S'il ne s'agit que de recueillir des exemplaires reproduits ensuite à terre, on restera dans le domaine de l'exploration, mais on peut aussi imaginer des récoltes in situ et l'on sera alors dans un processus analogue à l'exploitation minière, éventuellement conjoint avec elle.

Pour permettre une exploitation maîtrisée, l'exploration doit être poussée jusqu'à une modélisation opérationnelle, une sorte de météo de l'océan, du type de celle que l'on utilise pour les couches moins profondes, notamment dans les services européens « Copernicus » assurés par Mercator Ocean International (Toulouse) ; les modèles globaux sont nécessaires pour des modèles locaux à plus haute résolution qui accompagneront les projets de chantiers. De multiples recherches, développements et investissements sont nécessaires pour arriver à un premier ensemble opérationnel, en modélisation comme en instrumentation, et il faudra ensuite continuer à perfectionner pendant longtemps. Il faudra également veiller à poursuivre les programmes de mesures continues qui alimentent le Système mondial d'observation de l'Océan (GOOS), notamment par flotteurs ARGO et par satellite, et donc à les financer.

La modélisation des caractéristiques physico-chimiques ne suffira pas. Il faudra identifier les différents habitats, dont certains sont très fragiles, et les caractériser (et il y en a encore beaucoup d'inconnus), de manière à pouvoir les protéger à proportion de leur fragilité et de leur singularité.

¹ À l'exception de quelques monts sous-marins

Une stratégie ambitieuse de recherche et d'innovation doit donc être poursuivie si l'on veut progresser dans l'exploration. Les modélisations devront inclure les écosystèmes présents sur le fond et à proximité, car il faudra pour exploiter durablement prouver de manière crédible que l'on préserve la biodiversité et la santé biologique des grands fonds. Certains rapports semblent se focaliser sur la bathymétrie, dont une connaissance à haute résolution est certes nécessaire, mais il faudra aller beaucoup plus loin dans les mesures de grandeurs bio-physico-chimiques et dans leur modélisation. Pour des exploitations totalement maîtrisées, il faut probablement compter en décennies. Les seules exploitations qui pourraient être lancées plus tôt devraient garder un caractère expérimental et rester dans des zones restreintes. Il est probable que certains acteurs voudront aller plus vite, en particulier dans des ZEE de pays peu regardants, en minimisant les effets négatifs, qui mettront probablement assez longtemps à se manifester de manière évidente pour les non-spécialistes, et en maximisant la pertinence de modèles sommaires ; conflits en perspective ! Les ONG réclament un « moratoire » sur l'exploitation et la France soutient une interdiction d'exploiter, notamment à la COP 27 par la bouche de son Président, sans que la durée soit précisée, mais la décennie fixée par beaucoup paraît raisonnable, permettant de progresser dans la recherche et l'innovation et de mieux analyser les risques, conduisant probablement à une prolongation du moratoire sur la plupart des exploitations. Précisons que le terme de « moratoire » doit être considéré ici comme conditionnel, c'est-à-dire devant être levé lorsque les conditions d'innocuité, pour une zone et une exploitation données, seront officiellement constatées.

Devant tous ces enjeux, il faut souligner que la systématisation de l'exploration des grands fonds demandera d'importants moyens à la mer, en surface comme au fond. Il faut donc maintenir et développer les capacités dans ces domaines.

Répercussions sur le fond et dans les couches supérieures de l'océan. On imagine des panaches de sédiments remis en suspension près du fond par l'exploitation. Pourront-ils remonter dans certains cas, près d'upwellings en particulier ? Il est par ailleurs probable que des sédiments ou autres déchets seront lâchés pendant la remontée ; on peut aussi s'attendre à ce que les exploitants essaient de se débarrasser sur place de tout ce qui sera inutile, organismes vivants en particulier, mais on peut également imaginer des traitements sur place, ne serait-ce qu'un lavage, produisant des déchets rejetés à la mer. Tout cela devra être modélisé et traité dans les dossiers d'autorisation des exploitations en démontrant l'innocuité des procédés. On voit que c'est tout le volume de l'océan qui doit être modélisé. Il faudra également des vérifications de la conformité des modèles à la réalité, à effectuer par des organismes publics ou parapublics, dérivés des ceux impliqués dans les travaux d'exploration.

Un dispositif réglementaire et normatif sera nécessaire. Sans normes on ne peut rien vérifier de manière crédible. S'agissant d'innovations, le processus sera complexe et lent, et il devra évoluer en fonction des avancées de la recherche et des techniques. A titre de comparaison, on dit officieusement à l'OMI (Organisation maritime internationale) que le temps minimum pour établir et approuver une norme nouvelle est de six ans ; et il faut d'abord maîtriser ce que l'on veut y mettre. Il faudra un organisme du périmètre de l'ONU. L'extension des attributions de l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) pourrait être une piste à étudier, mais les pays développés, notamment USA, ainsi que les ONG, semblent préférer une structure de type COP (*Conference of the parties*).

L'impact des pêcheries. Les pêches en haute mer sont essentiellement pélagiques. Leur impact sur les grands fonds est relativement limité en raison de la nourriture que leur apportent les déchets des êtres vivants des couches supérieures et leurs cadavres. Leur gestion est assez bien maîtrisée et le maintien des stocks est donc une question essentiellement politique dépendant étroitement de l'avis des scientifiques.

Pour les pêches sur le fond, personne ne pense à chaluter sur les plaines abyssales, mais sur les pentes des talus continentaux et des îles, qui sont dans les ZEE (à l'exception de quelques monts sous-marins), c'est chose assez courante, avec des dégradations analogues à celles que produiraient des exploitations d'encroûtements, bien que moins graves car moins profondes. Il sera probablement plus difficile de limiter des pratiques déjà établies pour la pêche que de ralentir la progression de pratiques en cours de mise au point pour l'exploitation des minéraux.

Bien que cette activité soit relativement limitée, aussi bien d'un point de vue économique que d'un point de vue spatial, elle a défrayé la chronique onusienne au début de ce siècle. Son impact sur les écosystèmes marins vulnérables, en particulier sur les monts sous-marins et les coraux d'eau froide, dû à leur faible résilience, ainsi que la problématique de la durabilité de l'exploitation d'espèces à croissance lente, ont amené à poser la question de sa légitimité. Même si le moratoire demandé par les ONG n'a pas été retenu par l'Assemblée Générale, le débat ainsi généré a largement contribué à développer et accélérer les négociations sur l'accord BBNJ.

L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), bien que tardivement, a été amenée à intégrer dans ses travaux les impacts de la pêche sur l'environnement marin et à développer une véritable réflexion sur la mise en œuvre d'une approche écosystémique applicable aux pêcheries en eaux profondes.

Les aspects sociétaux de la transition écologique prennent de plus en plus d'importance. La lutte contre le changement climatique et contre les pollutions n'a plus beaucoup d'opposants déclarés, alors que les techniques et méthodes qui les ont provoqués sont de plus en plus critiquées à l'échelle planétaire. De multiples ONG, certaines assez extrêmes, militent sur ces sujets et il sera difficile de les convaincre de l'innocuité d'exploitations minières. De petits états ou territoires proches de l'océan, insulaires en particulier, sont très sensibles à la santé de celui-ci et seront également difficiles à convaincre. Pour avoir une chance d'y parvenir, il faudra les impliquer étroitement dès l'origine des projets d'exploration, leur fournir des modèles crédibles prouvant la faisabilité d'exploitations saines et les faire participer aux retombées économiques. Il faut considérer que même l'exploration peut être perçue négativement si elle semble conduire inéluctablement à l'exploitation ; n'oublions pas qu'en France l'exploration du gaz de schiste, ainsi que de nouvelles explorations d'hydrocarbures, sont interdites, même si leur importation ne l'est pas.

En termes de communication, il faut être conscient que les milieux océaniques profonds sont très différents des écosystèmes connus du grand public. Ils permettent vite à certains de développer des visions simplistes erronées mais mobilisatrices.

Il faut donc veiller à ce que les connaissances des véritables spécialistes soient efficacement portées à la connaissance de chacun, au prix d'efforts de pédagogie et d'une organisation adéquate.

Les câbles sous-marins de télécommunication ne posent pas de problème pour la biodiversité mais sont indispensables aux sociétés modernes et à leurs actions collectives. Ils sont potentiellement menacés dans les périodes de conflits de grande ampleur, que l'on ne peut exclure, et leur préservation est un enjeu crucial. Les marines militaires, en France en particulier, se préparent activement à intervenir dans les grands fonds et les innovations pour l'exploration auront des applications dans ce domaine. Il est à noter que les câbles eux-mêmes peuvent être instrumentés et remonter en temps réel des mesures diverses ; c'est une voie à creuser et à généraliser, car les liens permanents des grands fonds avec la surface coûteront cher et il sera commode d'utiliser des supports en grande partie financés par d'autres utilisations directement rentables.

La police des océans. On a déjà vu qu'il fallait dédier des moyens à la protection des câbles de communication. Les exploitations des grands fonds ne pourront faire l'objet de « braconnage » car il faudra des moyens lourds pendant des périodes longues, faciles à détecter. Des actions de piraterie de type « enlèvement et demande de rançon » ne peuvent être exclues et les zones actuelles où elles se produisent seront probablement étendues. Il est probable également que certaines ONG

essaieront de s'opposer sur place à certains projets et qu'il faudra les contenir. On peut donc envisager une croissance des besoins de police des océans, à ajouter aux missions déjà remplies par les Marines, dont la surveillance des pêches ; des moyens étatiques mixtes, rassemblant militaires et civils, pourraient en même temps effectuer des mesures de vérification du respect des normes environnementales.

Il faut se donner les moyens d'une exploration systématique qui gagne un ordre de grandeur dans le flux de données recueillies pour un coût abordable. Il s'agit plus d'une rupture systémique que d'une rupture technologique : les techniques de base existent, mais il faut les faire évoluer et les rassembler dans un système cohérent qui servira de structure d'accueil à la plupart des levés. On peut imaginer cette structure d'accueil comme une Plateforme Générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin mettant en œuvre des « essais de drones » déployés dans de multiples configurations possibles. Les observations actuelles, plutôt ponctuelles, devront être complétées par des mesures sur de grandes surfaces ou dans de grands volumes.

L'organisation à mettre en place pour y parvenir est celle d'un grand programme international, notamment européen. Ce programme, à l'instar de ce qui se pratique pour les satellites, viserait à concevoir et développer une plateforme d'accueil pour de multiples types de capteurs, ainsi que les capteurs les plus usuels, ce qui produirait d'emblée un dispositif opérationnel. Cette Plateforme Générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin devra être communicante et capable d'associer de multiples vecteurs en « essais » coopératifs. Ce programme devra faire intervenir les services étatiques et les industriels compétents, y compris chercheurs et usagers.

Conclusion

Pour répondre à la question posée, les grands fonds ont de l'avenir : contributeurs essentiels au climat, conservatoire de biodiversité, milieu géologique et géophysique, c'est aussi un milieu menacé car trop longtemps ignoré ; nos connaissances dans ce domaine sont encore embryonnaires et il importe d'en accélérer l'acquisition, d'abord à des fins de protection des grands fonds puis pour en identifier finement les ressources, afin de rendre des avis argumentés sur de futures exploitations possibles profitables à l'humanité sans nuire à l'environnement.

Milieu agressif et difficile à pénétrer pour l'homme, l'activité à grande profondeur sera facilitée par les nouvelles technologies des robots, des engins autonomes, des capteurs, des communications et du traitement des données.

Toutefois, l'activité locale d'observation, mesure et intervention, quelle qu'en soit la nature, dans un espace méconnu qui couvre 60 % de la surface de la planète, doit aussi s'appuyer sur une exploration à grande couverture dans l'espace et continue dans le temps. Les technologies sont mûres pour de grands systèmes adaptés d'essais de drones sous-marins autonomes (AUV) qui seuls peuvent faire gagner un ordre de grandeur dans la productivité des levés à la mer.

Un effort de concertation et d'organisation, national et européen, doit être engagé pour déterminer les conditions, les financements et les acteurs du grand projet de Plateforme Générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin

2. Recommandations

La modélisation de l'océan profond est nécessaire ; il faudra pour cela de nouveaux instruments d'observation. De multiples recherches, développements et investissements sont nécessaires pour arriver à un premier ensemble opérationnel, en modélisation comme en instrumentation, et il faudra ensuite continuer à perfectionner pendant longtemps.

La modélisation et l'observation des couches superficielles resteront indispensables. Il faudra donc également veiller à poursuivre les programmes de mesures continues qui alimentent le système mondial GOOS, notamment par flotteurs ARGO et par satellites, et donc à les financer.

Il faudra identifier les différents habitats, dont certains sont très fragiles, et les caractériser (et il y en a encore beaucoup d'inconnus), de manière à pouvoir les protéger à proportion de leur fragilité et de leur singularité.

Période de transition : pour des exploitations totalement maîtrisées à l'aide d'observations et de modélisations assurant leur innocuité, il faut probablement compter en décennies. Les seules exploitations qui pourraient être lancées plus tôt devraient rester dans des zones restreintes après qu'ait été appliqué strictement, en transparence et sous contrôle d'autorités incontestables, le principe de précaution. Le respect de celui-ci devrait être assuré par un moratoire conditionnel (cf ci-dessus) dont la durée ne peut être fixée arbitrairement et globalement. Elle dépendra, site par site, écosystème par écosystème, des garanties suffisantes de protection qui pourront être données (ou non) par la connaissance.

Des vérifications de la conformité des modèles à la réalité devront être maîtrisées, à effectuer par des organismes publics ou parapublics, dérivés des ceux impliqués dans les travaux d'exploration. Le processus devrait être mis au point pendant la période de transition.

Un dispositif réglementaire et normatif sera nécessaire, à faire piloter par un organisme dépendant de l'ONU, à définir.

Une communication soignée vers le grand public est nécessaire dès l'exploration. Il faut notamment veiller à ce que les connaissances des véritables spécialistes soient efficacement portées à la connaissance de chacun, au prix d'efforts de pédagogie et d'une organisation adéquate.

Généraliser l'instrumentation des câbles sous-marins.

On peut anticiper une croissance des besoins de police des océans, à ajouter aux missions déjà remplies par les Marines, dont la surveillance des pêches ; des moyens étatiques mixtes militaire/civil pourraient en même temps effectuer des mesures de vérification du respect des normes environnementales.

D'importants moyens à la mer, en surface comme au fond, seront nécessaires. Il faut donc maintenir et développer les capacités dans ces domaines.

Concevoir et développer l'instrument d'observation du futur avec les organismes compétents : la Plateforme Générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin

Mettre en place un grand programme international pour développer la Plateforme Générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin, notamment européen, en y incluant un ensemble de capteurs d'usage général.

Annexe 1 : Principales caractéristiques des Grands Fonds et de la Haute Mer

Comme expliqué dans le rapport proprement dit, les grands fonds doivent être associés non seulement aux couches d'eau profondes, mais aussi à toutes les couches qui les surmontent, dont la plus grande partie appartient à la Haute Mer. Il n'y a pas de définition de la limite des grands fonds. Selon un rapport du SGMER l'océan profond est en général défini par la limitation de la pénétration de l'énergie solaire : au-delà de 200 mètres. La Fondation de la Mer propose toute zone pour laquelle le plancher océanique se situe au-delà de mille mètres de profondeur.

La convention de Montego Bay de 1982 (Convention des Nations Unies sur le droit de la mer CNUDM) a créé les zones économiques exclusives (ZEE), bandes limitées par la ligne des 200 milles marins (374 km) à partir du rivage (formalisé par des « lignes de base »), sur lesquelles l'État côtier correspondant exerce des droits souverains et économiques en matière d'exploration et d'usage des ressources naturelles et d'exploitation en respectant les règles établies internationalement. D'où l'apparition, de fait, de la notion de Haute Mer qui n'appartient à personne et est donc ouverte à tout le monde moyennant le respect des articles de la Convention qui précise :

« La liberté en haute mer est ouverte à tous les États, côtiers ou sans littoral (art. 87). Cette liberté inclut la navigation, le survol, la pose de câbles sous-marins et de tubes, la recherche scientifique. »

Le fond et le sous-sol au-delà des juridictions nationales sont dénommés « la Zone ». Une extension des droits d'un État riverain sur le fond et le sous-sol du plateau continental est possible dans la limite de 350 milles marins à partir des lignes de base ou de 100 milles marins à partir de l'isobathe 2500m, à condition de faire approuver par la « Commission des limites du plateau continental » un dossier prouvant la continuité géologique et géophysique entre le plateau et la zone revendiquée et d'établir un ou des accords avec le ou les États voisins lorsque les extensions de plateaux déterminées comme ci-dessus se recourent. Ces « extensions de plateaux » sont recouvertes par la haute mer.

Qui dit liberté dit compétition, d'où la création en 1994 par la CNUDM, de l'Autorité internationale des fonds marins, AIFM, qui est l'organisation par l'intermédiaire de laquelle les États parties à la Convention organisent et contrôlent dans la Zone (fonds marins internationaux au-delà des juridictions nationales) toutes les activités relatives aux ressources minérales des fonds marins et activités connexes.

L'Assemblée générale des Nations Unies, compétente pour le suivi de l'application de la Convention sur le droit de la mer, convoqua en 2017 une conférence intergouvernementale réunissant les Etats - Parties ou non à la Convention - pour négocier un accord juridiquement contraignant sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique marine en Haute Mer au-delà de la juridiction nationale (ZEE) : *Biodiversity Beyond National Jurisdiction* (BBNJ). La première session de négociation s'est réunie du 4 au 17 septembre 2018 au siège des Nations Unies à New York. La 5^{ème} session de négociations internationales destinée à finaliser le traité sur la protection de la Haute Mer (New York 15-26 août 2022), que l'on espérait concluante, a échoué. La première prolongation de la 5^{ème} session, qui s'est terminée le 3 mars 2023, a annoncé avoir abouti, mais il reste encore à faire adopter formellement le texte avant de l'ouvrir à la signature puis à la ratification. L'entrée en vigueur interviendra 6 mois après la 60^e ratification. Parmi les sujets les plus sensibles dans ces négociations, la répartition des possibles bénéfiques issus de l'exploitation des ressources génétiques de la haute mer, où industries pharmaceutiques, chimiques et cosmétiques espèrent découvrir des molécules « miraculeuses ».

S'agissant des ressources minérales des fonds marins internationaux, l'AIFM, responsable de la gestion de la Zone, passe des contrats d'exploration avec les États. Elle en a passé deux avec la France avec l'Ifremer comme contractant : un dans l'Atlantique qui se poursuit et un dans le Pacifique pour prolonger le contrat d'exploration des nodules polymétalliques dans la zone de Clarion-Clipperton qui avait été conclu pour 15 ans en 2001. L'AIFM et l'Ifremer ont signé en

2016 un accord sur la prolongation de 5 ans du contrat d'exploration de nodules et une nouvelle prolongation vient d'être autorisée en 2022.

Le dispositif mis en place par l'accord BBNJ est cohérent pour la Zone et les eaux qui la recouvrent, encore que les modalités précises de la coopération entre l'AIFM et les organes de BBNJ restent à préciser en fonction de l'expérience. Par contre, le cas des extensions de plateaux recouvertes par la haute mer reste dans une ambiguïté qu'il faudra probablement lever au cas par cas lorsque les projets d'activités seront préparés.

1. Les enjeux

Les ressources minérales

Les ressources minérales (nodules polymétalliques, encroûtements cobaltifères, sulfures polymétalliques liés aux sources chaudes) sont un enjeu important qui focalisent l'attention des partisans de leur exploitation et de ceux qui s'y opposent fermement. Le Président de la République a marqué son opposition à cette exploitation à Lisbonne en juillet 2022 lors de la Conférence des Nations Unies sur les Océans ainsi qu'à la COP27 de Charm El Cheikh, non sans raison. La position française a été précisée lors du conseil de l'AIFM qui s'est terminé le 28 mars dernier. Selon l'Ifremer en effet, dans la zone de fracture de Clarion-Clipperton (CCZ), les résultats montrent la présence d'une faune à la fois riche et abondante, approximativement proportionnelle à la concentration de nodules : les espèces détectées sont environ deux fois plus importantes dans les zones plus denses en nodules polymétalliques. Il en est de même dans les encroûtements cobaltifères. Ces ressources minérales ont mis des millions d'années à se constituer. L'AIFM gère aussi des contrats d'exploration de ces encroûtements ainsi que des sulfures polymétalliques générés par les sources chaudes des dorsales médio-océaniques. Tous ces environnements sont mal connus et il y a souvent des surprises lorsque l'on effectue des mesures et des prélèvements dans des zones nouvelles ; par exemple, l'Ifremer a découvert cet été que des sources thermales considérées comme inactives et cibles potentielles d'exploitations éventuelles pouvaient conserver une activité affaiblie, difficile à détecter mais entretenant des écosystèmes.

Le militaire et les considérations stratégiques

Le ministère des armées a publié en février 2022 une stratégie des fonds marins afin de faire face à une montée de la conflictualité illustrée par l'attaque le 26 septembre 2022 des gazoducs Nord Stream 1 & 2, mais également à protéger nos intérêts économiques menacés de prédation par des Etats ou organisations s'appropriant les espaces communs ou sous souveraineté. A ce stade, il s'agit essentiellement de missions de surveillance (cartographie des fonds et patrouilles le long de câbles sous-marins, de pipe-lines immergés, d'approches sous-marines) et de détection de manœuvres hostiles (pose de mines, intrusion d'engins dans les eaux territoriales, attaques sur les réseaux de câbles sous-marins).

Les hydrocarbures

Les ressources en mers profondes (>500 m) et ultra-profondes (>1 500 m) représentent 20 % de la production mondiale de pétrole. Bien qu'impopulaire, la prospection d'hydrocarbures (gaz notamment) se poursuivra car l'économie mondiale aura probablement besoin pendant des décennies (voire plus) de carburants naturels, la transition énergétique vers le « tout renouvelable » n'étant pas encore permise par des solutions démontrées et les ressources facilement accessibles ayant tendance à baisser, entraînant une hausse des cours qui permettra une exploitation plus coûteuse. En France, y compris les ZEE et extensions de plateaux, de nouvelles explorations ou exploitations des ressources pétrolières et gazières sont interdites depuis 2017.

On peut classer dans cette rubrique les clathrates ou hydrates de méthane qui sont présents jusqu'à plusieurs milliers de mètres dans les sédiments des talus continentaux où se trouvent réunies les conditions de température (froide) et de pression (élevée) nécessaires pour leur stabilité. Bien que leur masse totale soit élevée, leur exploitation serait difficile car ils sont très dispersés horizontalement et verticalement.

Les communications

Financée par les GAFA, l'industrie des communications sous-marines multiplie la pose de câbles sur les fonds marins pour rendre naturellement robustes les réseaux ainsi constitués et éviter les points singuliers où pourraient se concentrer des attaques malveillantes pouvant nuire à l'intégrité de ces réseaux. Les marines militaires, en France en particulier, se préparent activement à intervenir dans les grands fonds et les innovations pour l'exploration auront des applications dans ce domaine. Il est à noter que les câbles eux-mêmes peuvent être instrumentés et remonter en temps réel des mesures diverses ; c'est une voie à creuser et à généraliser, car les liens permanents des grands fonds avec la surface coûteront cher et il sera commode d'utiliser des supports en grande partie financés par d'autres utilisations directement rentables.

Biodiversité et ressources halieutiques

La pêche dans les grands fonds marins s'est développée de façon relativement anarchique, à la fin du siècle dernier, jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre 1500 mètres, voire 2000 mètres. La pêche en eau profonde effectuée par les chalutiers français dans le Nord-Est Atlantique a été localisée pour partie dans la ZEE des Etats membres de l'Union Européenne (principalement le Royaume Uni) mais aussi en haute mer. Elle est désormais strictement réglementée mais n'échappe pas aux critiques généralement adressées aux arts traînants.

Les grands fonds ne constituent pas des zones uniformes. Certaines zones sont physiquement particulièrement fragiles ou hébergent un type d'écosystèmes original et/ou des espèces endémiques. Pour une transition écologique maîtrisée, il importe de les localiser, de les caractériser et de les protéger à proportion de leur fragilité et de leur singularité.

Pour les stocks benthiques, les plaines abyssales n'intéressent personne en raison de leur profondeur et du peu de poids économique potentiel des stocks. Mais ce qui se passe ailleurs impacte les grands fonds. Un secteur profond est toujours en communication avec des secteurs voisins, y compris les eaux situées au-dessus. Ces dernières peuvent jouer un rôle majeur dans les apports nutritifs, notamment pour les nécrophages. Les courants profonds sont loin d'être négligeables, et peuvent transporter notamment des déchets et substances. Ces échanges doivent être pris en compte et étudiés.

La pêche en haute mer est libre selon la convention CNUDM² et il est très peu probable que les zones profondes concernées recèlent des pactoles halieutiques cachés. Le potentiel halieutique de la haute mer correspond pour l'essentiel à des ressources hautement migratoires, et plus particulièrement à de grandes espèces pélagiques, les thons et espèces apparentées et peut-être aussi des espèces australes.

Pour les stocks pélagiques la conservation des espèces et le maintien de la biodiversité sont du ressort de la gestion des pêches dont les outils de gestion sont connus et maîtrisés pour les thons et espèces apparentées, même si le suivi des ressources est plus difficile que sur le plateau continental. Les calmars correspondent à des ressources instables et très difficilement prévisibles ; le risque majeur correspond à la constitution de flottes construites dans une période faste et qui se retrouvent brutalement excédentaires, sauf à se redéployer

² Il existe des organisations régionales de gestion des pêches (ORGP) en application de la CNUDM et de l'Accord des Nations unies sur les stocks de poissons (ASSP) qui en découle ; leur rôle est essentiel.

dans d'autres régions ou à changer de cibles, pour passer par exemple aux thonidés. L'usage qui est fait des connaissances en ce domaine est donc une question essentiellement politique.

Les ressources bathypélagiques peuvent être localement abondantes (cf. divers secteurs d'*Upwelling*). Leur abondance exacte comme son évolution est actuellement difficile à estimer, de même que leur place dans les réseaux trophiques. Toute mise en exploitation ne serait concevable qu'au prix de précautions rigoureuses, d'autant que l'expérience a montré que l'abondance des ressources de ce type pouvait être très fugace.

Par contre, bien que ce soit une ressource largement minoritaire en termes de quantités produites, certaines pêcheries chalutent jusqu'à 2000 m environ sur les pentes moins profondes (talus continentaux, îles océaniques et monts sous-marins). Ces fonds recèlent des structures physiquement et écologiquement fragiles, à l'image des récifs coralliens profonds. Les taux d'exploitation des ressources halieutiques doivent par ailleurs être faibles du fait de la longévité de la plupart des espèces. Plutôt qu'un régime d'exploitation fixant des taux qui excluraient les zones fragiles et resteraient bas, l'Europe a préféré interdire tout chalutage de fond en-dessous de 800 m et elle vient de l'interdire (septembre 2022) dans 17% des fonds situés entre 400 m et 800 m ; cette interdiction est contestée par la France.

Autres ressources biologiques

Compte tenu de son étendue et de son volume, l'océan contient une très grande biodiversité, source de ressources potentielles. Elles peuvent correspondre à des substances extraites d'organismes présents sur les grands fonds ou dans la colonne d'eau, ou à des éléments de leur génome. C'est une ressource dont l'exploitation possible est l'objet de controverses vigoureuses. Les progrès joints de la biologie moléculaire et des outils océanographiques ont néanmoins permis ces dernières années des progrès spectaculaires dans ce domaine, qui montrent un véritable essor des biotechnologies basées sur les ressources génétiques marines (95 % des dépôts de brevets associés à des molécules d'origine marine ont eu lieu depuis 2000). Du fait du coût important des moyens océanographiques ainsi que des recherches en biologie moléculaire, une poignée de pays seulement a, à ce jour, contribué à cet essor : dix pays (dont la France) totalisent 90 % des demandes de brevet pour seulement 20 % des côtes. Il est difficile de savoir d'où proviennent les molécules brevetées car leur origine n'est pas exigée dans les dépôts de brevets ; selon certains industriels du secteur, BASF notamment, il est probable que la majorité provient encore des ZEE.

Le changement climatique

L'Océan est un acteur majeur du climat via sa dynamique (échanges entre océan et atmosphère de chaleur et de CO₂). Il subit les contrecoups du changement climatique auquel il contribue dans sa dynamique et sa production biologique. L'élévation du niveau de la mer est préoccupante à terre et la Haute Mer y participe évidemment.

2. Recherche scientifique et observations

On peut faire remonter la recherche scientifique de la Haute Mer à la campagne du Challenger (1872-1876). Qu'il s'agisse de développer les connaissances ou d'exploiter l'océan, l'outil primordial est l'observation. Ce n'est pas simple dans un milieu opaque comme l'océan. Il faut développer les outils nécessaires aux différents objectifs et situations. C'est un domaine où l'innovation est nécessaire et permanente.

Les grands fonds

L'accès aux grands fonds n'est possible qu'en disposant d'engins travaillant à proximité ou au contact du fond. Si les temps d'observation dépassent les capacités de ces engins, des stations posées près du fond prennent le relais pour des surveillances qui peuvent durer plusieurs mois. Il n'existe pas de voie privilégiée pour accéder aux grands fonds, mais une panoplie de moyens complémentaires qui permettent d'accéder aux différentes échelles d'espace et de

temps nécessaires pour observer, mesurer, prélever des échantillons du fond et étudier les écosystèmes sous-marins profonds. En France c'est l'Ifremer qui développe, maîtrise et met en œuvre les engins nécessaires : des sous-marins comme le Nautil, et toute une variété de robots autonomes dits Autonomous Underwater Vehicles (AUV) ou téléguidés par ombilical nommés Remote Operated Vehicles (ROV) dont certains (Victor) atteignent 6 000 mètres de profondeur. L'innovation technologique dans ce domaine est essentielle pour progresser.

L'exploration par voie sismique des fonds océaniques qui s'est développée à partir des années 1960 est employée par les géologues et géophysiciens, pour des travaux qui vont de la définition de la structure profonde de la lithosphère jusqu'à celle des dépôts sédimentaires actuels. Toutefois, c'est dans le domaine pétrolier que se réalisent la quasi-totalité (environ 95 %) des dépenses relatives aux études sismiques.

L'intérêt croissant du monde pétrolier pour l'offshore profond entraîne l'évolution des techniques sismiques, notamment vers l'amélioration des techniques haute résolution par grande profondeur d'eau. C'est ainsi que l'Ifremer, dans le cadre du projet Zaiango, a adapté ses moyens de sismique conventionnelle afin de les rendre compatibles avec le besoin exprimé de disposer de données haute résolution par 5000 m de profondeur.

La colonne d'eau

Chaque pays peut avoir ses programmes de recherche mais, compte tenu de la dimension de l'océan et des enjeux que sont le climat et la biodiversité marine, il est nécessaire de travailler dans un contexte de coopération internationale en physique comme en biologie. L'objectif est d'aboutir à des réseaux opérationnels d'observation couvrant la totalité de l'océan et capables d'alimenter les utilisateurs comme, par exemple, la météorologie, le climat, la navigation et les diverses exploitations. Pour avoir une observation globale précise à l'échelle des mesures, il faut « assimiler » les mesures, qui ne sont pas synchrones, dans des modèles numériques basés sur les équations de la physique des fluides, qui servent aussi avec succès dans l'atmosphère. Il faut fixer comme objectif de prévoir l'océan comme l'on prévoit l'atmosphère. C'est ce qui se fait dans le volet Océan du programme européen Copernicus : « Copernicus Marine Environment and Monitoring Service » qui a pour mission de fournir un accès libre et gratuit à une information scientifiquement qualifiée et régulière sur l'état physique et bio-géo-chimique de tous les océans du globe, en surface comme en profondeur : température, salinité, niveau de la mer, courant, glace de mer, oxygène, chlorophylle... La société française Mercator Océan de Toulouse, à l'origine du volet Océan de Copernicus, a une délégation de l'Union Européenne pour organiser et opérer le service. Pour ses prévisions, le Copernicus Marine Service dispose des données du programme ARGO qui a démarré en l'an 2000. Il a pour objectif de déployer des flotteurs dans tout l'océan pour faire des mesures dans la colonne d'eau sur 2000 mètres d'épaisseur. Arrivé en surface, le flotteur ARGO transmet par satellite sa localisation et les données recueillies de 2000 m à la surface, puis redescend à 1000 m pendant 10 jours avant de descendre à 2000 m et de recommencer le cycle. Les mesures faites étaient au départ la température et la salinité. Le 13 octobre 2022, 3895 flotteurs ARGO étaient déployés. L'Europe s'est organisée pour contribuer au programme ARGO en créant un ERIC-ARGO (European Research Infrastructure Consortium) qui est basé au centre Ifremer de Brest. Il réunit 12 pays et comporte actuellement 962 flotteurs. Des innovations sont en cours de développement et expérimentées : une version Deep-Argo explorant une colonne d'eau de 6000 mètres et l'équipement des flotteurs Argo de capteurs bio-géo-chimiques.

3. La coopération internationale

Elle s'impose à l'échelle de l'océan et l'ONU a institué une Décennie pour les sciences océaniques 2021-2030 : « *La science dont nous avons besoin pour l'océan que nous voulons* ». C'est dans ce cadre que s'inscrit notamment le programme Global Ocean Observing System (GOOS) de l'UNESCO lancé en 1991 et qui mobilise 68 pays, 13 réseaux d'observation, 8765 plateformes d'observation pour 100 000 observations par jour. Ce programme concerne essentiellement la colonne d'eau et utilise des plateformes et des systèmes variés : navires de commerce, marégraphes, bouées ancrées ou dérivantes, flotteurs profileurs comme Argo, gliders qui sont des planeurs marins sans moteur équipés de capteurs, mouillages profonds organisés en réseau notamment dans les zones équatoriales : le réseau PIRATA qui comporte 18 mouillages fixes dans l'Atlantique, le réseau Triton-TAO qui en comporte environ 70 dans le Pacifique tropical tout le long de l'équateur notamment pour l'étude des phénomènes Niño/Niña, et le réseau RAMA en cours de développement dans l'océan Indien avec une douzaine de mouillages. A signaler aussi certains mammifères marins des régions polaires qui plongent jusqu'à plus de 3000 mètres et qui sont équipés de systèmes de mesure. Et bien sûr les satellites qui permettent de mesurer température, salinité³ et chlorophylle de surface, ainsi que l'état de la mer dont on peut déduire le vent en surface et le niveau de la mer dont la mesure est très importante pour la modélisation de la physique de l'océan, dont les courants marins ; ils permettent aussi les localisations et les transferts de données.

De multiples autres projets ont été lancés en amont de la Décennie pour les sciences océaniques et surtout dans le cadre de celle-ci ; ils ne sont pas détaillés ici pour ne pas alourdir l'exposé.

4. Les impacts et les aires marines protégées

Toute cette activité sur la Haute Mer amène des États et des entreprises industrielles à envisager d'éventuelles exploitations minérales ou biologiques et les ONG sont actives, notamment pour la protection de la biodiversité en mer et des ressources génétiques. Les slogans sont éloquentes : « *les océans se meurent et les gens en paient le prix* », « *déterminer le sort de notre planète bleue pour les siècles à venir* ». Pour organiser et contrôler les activités relatives aux fonds marins et aux activités connexes (exploration notamment) qui se déroulent dans la zone internationale, c'est-à-dire hors des limites de la juridiction nationale, la CNUDM a établi un système international de gestion des fonds marins. Il est régi par l'Autorité Internationale des Fonds Marins, basée à Kingston (Jamaïque). Rien de tel pour la colonne d'eau hors des limites des juridictions nationales, mais le traité sur la haute mer (BBNJ) est en cours d'approbation dans le cadre de la CNUDM. Les négociations ont été particulièrement difficiles sur le processus de création d'aires marines protégées, ainsi que sur les modalités d'application de l'obligation d'études d'impact environnemental avant une nouvelle activité en haute mer. La création d'aires marines protégées en Haute Mer est une, voire la solution. Elles sont peu nombreuses et l'Europe est exemplaire avec la convention OSPAR (Oslo-Paris) pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-est. Elle comprend 16 membres y compris l'Union Européenne et a créé 6 aires marines protégées hors ZEE. Ces zones sont évidemment très proches des États de l'Europe occidentale et faciles à gérer, mais elles ne sont pas opposables aux États non parties à OSPAR.

Par ailleurs, la COP 15 de la CBD (Montréal) a fixé comme objectif (cible 3) que, à l'horizon de 2030, « 30% des zones côtières et marines soient effectivement conservées et gérées par le biais de systèmes d'aires marines protégées écologiquement représentatifs ... »

³ La salinité nécessite encore quelques études pour être pleinement opérationnelle

5. Situation de la France

Plus de 70% de la surface de la planète est recouverte par l'Océan, soit 361 millions de kilomètres carrés. 320 millions de km² du plancher océanique appartiennent à la zone des grands fonds marins à une profondeur de plus de 1000 mètres soit 88.1% du total. La France possède la plus vaste zone économique exclusive de grands fonds marins dans le monde avec 9.5 millions de km² de ZEE sous mille mètres de profondeur soit 93% de la superficie totale sur lesquels elle exerce sa souveraineté, hors donc les accords BBNJ sur la Haute Mer. Les extensions de plateaux, encore en négociation pour certaines d'entre elles, devraient augmenter cette surface de plus d'un million de km² (730 000 km² déjà acquis). La France se situe ainsi aux premières loges pour l'exploitation des grands fonds dans sa zone sous juridiction ou dans la haute mer.

Annexe 2 : Pour un grand programme visant à développer la Plateforme Générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin

Le constat montre que, face aux enjeux et aux impératifs de la transition écologique, il est urgent d'avoir une meilleure connaissance locale et globale du milieu et des phénomènes multi-physiques qui s'y développent, au fond comme dans la colonne d'eau. Il faut passer de l'exploration ponctuelle, très tournée vers la recherche, à une exploration systématique opérationnelle à rendement élevé.

En plus des moyens mis aujourd'hui en place et cités dans le constat de l'annexe 1, le besoin de connaissance accrue du milieu marin nécessite de développer de nouveaux moyens au coût plus abordable, pouvant être déployés en plus grand nombre, permettant le recueil en continu de données mieux échantillonnées tant spatialement que temporellement. Les techniques de robotique actuelles permettent ainsi de multiplier les plateformes autonomes qui augmenteront la productivité des navires de surface qui resteront indispensables au grand large.

S'en suivra l'émergence de systèmes plus denses d'observation suivie dans le temps des variations climatiques, de l'évolution de la biosphère, du contrôle de l'acidification comme de surveillance d'activités anthropiques.

Les évolutions incrémentales des moyens actuels présentés dans le constat seront limitées par leur coût élevé et ne suffiront pas à satisfaire notre besoin urgent de meilleure connaissance du milieu marin : il a fallu plus d'un siècle et demi pour en connaître à peine 10%, devons nous attendre plusieurs décennies pour atteindre les 20% ?

Les technologies existantes permettent d'envisager le développement de systèmes d'observation et de mesure à grande échelle pouvant permettre une exploration massive, rapide et systématique des fonds et de la colonne d'eau.

1. Concevoir et développer l'instrument d'observation du futur avec les organismes compétents : la Plateforme générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin (PGOD)

Il ne semble pas que cet instrument existe, mais on ressent qu'il serait possible de l'imaginer avec les parties prenantes des enjeux identifiés dans le constat, ce qui permettrait de focaliser notre attention, nos énergies et nos financements de façon plus pertinente sur les technologies d'intérêt.

Les acteurs clés comme l'Ifremer, la DGA, des pétroliers et des câbliers aspirent à disposer d'un « imageur » du milieu marin à grande couverture.

L'idée force de cet « imageur » est de former un système multi-plateformes d'acquisition à grande fauchée, s'appuyant sur un essaim de centaines, voire de milliers, de petits drones sous-marins opérant près du fond ou dans la colonne d'eau de façon coordonnée et collaborative. Chacun des drones peut embarquer un ou plusieurs capteurs adaptés à la mission d'observation requise (optique, magnétique, acoustique, physico-chimique, biologique). Ce concept est actuellement développé par plusieurs sociétés de géophysique marine, comme PXGEO (USA) avec son programme Spice Rack d'acquisition sismique de fond de mer déployant 3000 drones. En France, on peut citer le projet PROTEUS, soutenu par l'Agence de l'innovation de défense (AID), qui vise surtout l'acoustique, et le projet de la *start-up* DEESS, soutenu par l'Ifremer, qui vise surtout l'optique et donc la très haute résolution, mais sur des surfaces moindres.

La PGOD amènera une rupture d'efficacité dimensionnelle et de coût avec les systèmes d'observation actuels de haute résolution à grande profondeur qui font pour la plupart de l'observation que l'on peut qualifier de « ponctuelle » car les surfaces couvertes sont très petites.

2. Préparer les principales technologies innovantes constitutives

La réalisation d'un tel système complexe est un projet ambitieux qui ne pourra se concrétiser qu'avec le plein apport de l'innovation technologique, qui arrive à maturité ; citons :

- Les robots autonomes, pouvant collaborer en groupe afin de constituer des flottes de drones de surveillance et possiblement d'intervention, permettant l'accès à des zones difficiles d'accès, capables d'opérer jusqu'à 6000m de fond ;
- De multiples capteurs précis, fiables et abordables captant une gamme élargie de phénomènes physiques et bio-géo-chimiques comme les micro-gravimètres et les accéléromètres « ultra bas bruit ».
- Les systèmes de positionnement sous-marins acoustiques, inertiels ou gravimétriques plus précis, plus compacts, moins onéreux, capables de réellement guider une pluralité de mobiles, là où les systèmes d'aujourd'hui ne peuvent le faire que pour quelques unités ;
- De nouveaux systèmes de propulsion plus silencieux, plus robustes, pour emmener les robots autonomes jusqu'à 6000m ;
- Des systèmes de communication en surface par satellite plus performants (débit, latence) et dont les coûts d'exploitation restent abordables ;
- Les systèmes de Commande et Contrôle (C2) intégrant une interface homme machine et des capacités de prise de décision aidées par l'Intelligence Artificielle ;
- Le traitement massif de données hétérogènes et déstructurées pour pleinement caractériser le même macro phénomène sous-marin à partir d'une pluralité de données (images, vidéo, son, signature magnétique, pH...) venant de capteurs différents. La typologie variée des données (JPEG, TXT, WAV, MPEG4, BIN...) obligera à un traitement inconventionnel qui, au-delà des techniques d'exploration de données et d'analyse modernes, profitera de l'apport de l'Intelligence Artificielle pour une interprétation centralisée optimale ;
- A partir des données mesurées, la création de modèles complexes des macro phénomènes à caractériser (par exemple, propagation des ondes acoustiques dans la croûte terrestre sous le fond de la mer) qui permettront l'exploitation par simulation des données mesurées grâce aux capacités accrues du Calcul Numérique à Hautes Performances.

3. Préparer les principales technologies innovantes constitutives

A l'heure actuelle, il n'y a aucun modèle économique, en dehors des câbliers et des pétroliers (à l'activité fortement contestée), dont pourrait profiter le développement d'un tel système. Le modèle économique est très dépendant de perspectives industrielles d'exploitation dont la viabilité sur les plans économique, juridique, technologique est aujourd'hui problématique.

La conclusion est que le programme de souveraineté pour le développement de la Plateforme Générique d'Observation Distribuée du milieu sous-marin doit faire l'objet principalement de commandes publiques. Cependant ce financement ne peut être fait par la voie traditionnelle de contrats de recherche fractionnés passés par divers organismes, qui ne serait pas à la hauteur des enjeux, mais sous forme d'un grand programme structuré à même de dégager les montants nécessaires.

Le programme devra comprendre un ensemble minimal de capteurs d'usage général, à préciser, par exemple pression, bathymétrie, température, salinité, oxygène, caméras, turbidité, écogénomique ...

Un tel système devrait faire l'objet d'un grand programme international et plus particulièrement européen.

4. Préparer les principales technologies innovantes constitutives

Comme pour tous les gros investissements que font les États en vue de créer un outil non auto finançable par leurs industriels, il faut établir un plan de financement pluriannuel et appuyer le développement de cet « imageur » sur :

- Un comité d'utilisateurs formulant le besoin scientifique et régalien et le maintenant à jour. Ce comité sera formé d'organismes de recherche et d'usagers présents et futurs de tous les domaines
- Un maître d'ouvrage unique qui identifierait les technologies d'intérêt pour le projet et leurs possesseurs,
- Un groupement d'industriels européens, chargés de la maîtrise d'œuvre, familiers avec le domaine technologique et à même de développer les technologies d'avant-garde requises.