



Commission juridique et technique

Distr. générale
18 avril 2019
Français
Original : anglais

Vingt-cinquième session

Commission juridique et technique, première partie de la session

Kingston, 4-15 mars 2019

Point 11 de l'ordre du jour

**Examen des recommandations à l'intention
des contractants en vue de l'évaluation d'éventuels
impacts sur l'environnement liés à l'exploration
des minéraux marins dans la Zone**

Recommandations à l'intention des contractants en vue de l'évaluation d'éventuels impacts sur l'environnement liés à l'exploration des minéraux marins dans la Zone

Formulées par la Commission juridique et technique*

I. Introduction

1. Au cours de l'exploration des minéraux marins, l'Autorité internationale des fonds marins doit, entre autres tâches, établir et revoir périodiquement des règles, règlements et procédures en matière d'environnement afin de protéger efficacement le milieu marin des effets nocifs que pourraient avoir les activités menées dans la Zone ; avec les États qui ont accordé leur patronage, elle applique à ces activités le principe de précaution conformément aux recommandations de la Commission juridique et technique. En outre, tout contrat d'exploration minière concernant la Zone requiert du contractant qu'il recueille des données océanographiques et environnementales de référence et établisse des profils écologiques témoins par rapport auxquels seront évalués les effets que les activités menées au titre de son plan de travail sont susceptibles d'avoir sur le milieu marin, ainsi qu'un programme qui permette de surveiller ces effets et d'en rendre compte. Le contractant coopère avec l'Autorité et le ou les États patronnants pour établir et mettre en œuvre les programmes de surveillance voulus. Il adresse chaque année au Secrétaire général un rapport sur les résultats de ces programmes de surveillance. En outre, lorsqu'il demande l'approbation d'un plan de travail relatif à l'exploration aux fins d'obtenir un contrat, le demandeur doit fournir, entre autres, la description du programme d'études océanographiques et environnementales prescrit par le règlement applicable et tous règlements, règles et procédures concernant l'environnement établis par l'Autorité, qui permettrait d'évaluer l'impact potentiel sur l'environnement des

* Le présent document remplace le document portant la cote [ISBA/19/LTC/8](#). Pour de plus amples renseignements, voir les paragraphes 16 à 19 du document [ISBA/25/C/19](#).



activités d'exploration envisagées, en tenant compte de toutes les recommandations formulées par la Commission juridique et technique, ainsi qu'une évaluation préliminaire des effets que les activités d'exploration envisagées pourraient avoir sur le milieu marin.

2. La Commission juridique et technique peut formuler, s'il y a lieu, des recommandations d'ordre technique ou administratif à l'intention des contractants pour les aider à appliquer les règles, règlements et procédures arrêtés par l'Autorité. Par ailleurs, aux termes du paragraphe 2 e) de l'article 165 de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982, la Commission fait au Conseil des recommandations sur la protection du milieu marin, en tenant compte de l'opinion d'experts reconnus.

3. On se souviendra qu'en juin 1998, l'Autorité a organisé un atelier chargé d'élaborer des directives pour l'évaluation de l'impact éventuel de l'exploration des nodules polymétalliques sur l'environnement dans la Zone, qui a débouché sur l'adoption d'un projet de directives à cet effet. Les participants à l'atelier ont noté qu'il fallait disposer de méthodes d'analyse communes et claires fondées sur des principes scientifiques admis et compte tenu des contraintes d'ordre océanographique. En 2001, soit un an après l'approbation du Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des nodules polymétalliques dans la Zone ([ISBA/6/A/18](#)), la Commission juridique et technique a formulé des recommandations portant la cote [ISBA/7/LTC/1/ Rev.1](#), qu'elle a révisées en 2010 pour tenir compte de l'évolution des connaissances (voir [ISBA/16/LTC/7](#)). Suite à l'approbation du Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des sulfures polymétalliques dans la Zone ([ISBA/16/A/12/Rev.1](#)) en 2010 et du Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des encroûtements cobaltifères de ferromanganèse dans la Zone ([ISBA/18/A/11](#)) en 2012, il est apparu nécessaire de formuler un ensemble de directives en matière de protection de l'environnement qui vaudrait également pour l'exploration des sulfures polymétalliques et des encroûtements cobaltifères de ferromanganèse.

4. Un atelier sur les sulfures polymétalliques et les encroûtements cobaltifères, leur milieu et les principes de l'élaboration de profils écologiques témoins et d'un programme de surveillance de l'exploration avait été organisé à Kingston, du 6 au 10 septembre 2004, pour répondre à la volonté de disposer d'orientations écologiques pour l'exploration de ces deux ressources. Les recommandations issues de cet atelier s'appuyaient sur l'état des connaissances scientifiques relatives au milieu marin et sur les technologies disponibles à l'époque où elles ont été formulées. Depuis les deux ateliers précités, plusieurs programmes nationaux et régionaux de recherche sur l'exploitation minière en haute mer ont été menés, principalement par des pays d'Europe (projet Managing Impacts of Deep-sea Resource Exploitation (MIDAS), de 2013 à 2016, et projet MiningImpact de JPI Oceans, de 2015 à 2017), du Pacifique Sud-Ouest (projet Deep Sea Minerals, mené conjointement par la Communauté du Pacifique et l'Union européenne, de 2011 à 2016), la Nouvelle-Zélande (projet Enabling Management of Offshore Mining du National Institute of Water and Atmospheric Research, mené de 2012 à 2016) et le Japon et la France (projet conjoint appelé « EcoDeep »), pour évaluer les données scientifiques nécessaires pour établir des profils écologiques témoins et des programmes de surveillance de l'environnement. En outre, l'Autorité a organisé une série d'ateliers sur l'harmonisation de la taxonomie de la mégafaune à Wilhelmshaven (Allemagne) en 2013, de la macrofaune à Uljin-gun (République de Corée) en 2014 et de la méiofaune à Gand (Belgique) en 2015. Un atelier sur l'établissement des « zones témoins d'impact » et des « zones témoins de préservation » dans les secteurs visés par des contrats d'exploitation minière des fonds marins s'est tenu à Berlin du 27 au 29 septembre 2017. Les conclusions de ces ateliers et programmes peuvent à présent

être utilisés pour actualiser les recommandations formulées à l'intention des contractants dans le document [ISBA/19/LTC/8](#).

5. Sauf indication contraire, les recommandations pour l'exploration qui figurent dans le présent document sont applicables à tous les types de gisement. Sur certains sites, il se peut que telle ou telle recommandation ne puisse pas être mise en œuvre. En pareil cas, le contractant est invité à expliquer la situation à l'Autorité, laquelle pourra alors l'exempter de l'application de ladite recommandation.

6. La Commission a estimé que, compte tenu de la nature technique de ses recommandations, elle devait les compléter par un commentaire explicatif (qui figure à l'annexe I), lui-même complété par un glossaire de termes techniques.

7. La nature des considérations écologiques dont il faut tenir compte dans le cadre d'essais d'extraction minière ou d'essais d'éléments d'un système d'extraction dépend de la technique d'extraction utilisée et de l'échelle des opérations. Dans le présent document, l'extraction mécanique sans traitement initial sur les fonds marins a été considérée comme la technique la plus probable. Cependant, dans l'avenir, les opérations minières feront vraisemblablement appel à d'autres techniques qui n'ont pas été envisagées ici. Comme les recommandations figurant dans le présent document s'appuient sur l'état des connaissances scientifiques et des technologies relatives au milieu marin disponibles au moment où elles étaient formulées, il faudra peut-être les réviser ultérieurement en fonction des progrès scientifiques et technologiques. Conformément à chacun des règlements applicables, la Commission peut examiner périodiquement ces recommandations à la lumière des nouvelles connaissances scientifiques et des nouvelles informations disponibles. Il est recommandé d'effectuer cet examen périodiquement et au moins tous les cinq ans. Pour faciliter cet examen, il est suggéré à l'Autorité d'organiser régulièrement des ateliers auxquels seront invités à participer les membres de la Commission, les contractants ainsi que des experts reconnus issus de la communauté scientifique, d'organisations internationales et gouvernementales et d'organisations non gouvernementales.

8. Après que le plan de travail relatif à l'exploration a été approuvé sous la forme d'un contrat et avant de commencer les activités d'exploration, le contractant soumet à l'Autorité :

a) Une étude d'impact indiquant les effets potentiels sur le milieu marin de toutes les activités envisagées, à l'exception de celles qui, de l'avis de la Commission juridique et technique, ne sont pas susceptibles d'avoir des effets nocifs sur le milieu marin ;

b) Une proposition de programme de surveillance visant à déterminer les effets potentiels des activités envisagées sur le milieu marin et à s'assurer que la prospection et l'exploration des minéraux ne causeront aucun dommage grave au milieu marin ;

c) Des données pouvant servir à établir un profil écologique témoin par rapport auquel l'effet des futures activités pourra être évalué.

II. Portée

A. But

9. Les présentes recommandations décrivent les procédures à suivre pour obtenir des données de référence, ainsi que la surveillance à exercer pendant et après toute

activité menée dans le secteur visé par l'exploration qui serait susceptible de causer un dommage grave à l'environnement. Concrètement, elles ont pour but :

- a) De définir les propriétés océanographiques, chimiques, géologiques, biologiques et sédimentaires que les contractants devront mesurer et les procédures qu'ils devront suivre pour protéger efficacement le milieu marin des effets nocifs que pourraient avoir leurs activités dans la Zone ;
- b) De faciliter l'établissement par les contractants des rapports sur les activités menées ;
- c) D'aider les contractants potentiels à préparer un plan de travail relatif à l'exploration des minéraux marins conformément aux dispositions de la Convention, à l'Accord de 1994 relatif à l'application de la partie XI de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer et au règlement applicable de l'Autorité.

B. Définitions

10. Sauf indication contraire, les termes et expressions définis dans chaque règlement auront le même sens dans les présentes recommandations. On trouvera à l'annexe II du présent document un glossaire de termes techniques.

C. Études environnementales

- 11. Tout plan de travail relatif à l'exploration de minéraux marins devra prévoir :
 - a) Des études pour la collecte de données de référence sur l'environnement ;
 - b) Une surveillance ayant pour but d'éviter que les activités de prospection et d'exploration ne causent un dommage grave au milieu marin ;
 - c) Une surveillance pendant et après les essais des systèmes et matériels de ramassage.
- 12. Les contractants autorisent l'Autorité à envoyer ses inspecteurs à bord des navires et installations qu'ils utilisent aux fins des activités d'exploration dans la Zone afin, notamment, de surveiller les effets desdites activités sur le milieu marin.

III. Études pour la collecte de données de référence sur l'environnement

A. Informations requises pour l'établissement de profils écologiques témoins

13. Il est important d'obtenir suffisamment d'informations sur la zone d'exploration pour déterminer les conditions naturelles existant avant les essais d'extraction minière ou les essais d'éléments du système d'extraction, pour mieux connaître les processus naturels tels que la dispersion et le dépôt de particules ainsi que la succession de la faune benthique, et pour recueillir d'autres données susceptibles d'aider à faire des prédictions environnementales précises, par exemple sur l'impact attendu et son processus, y compris le panache de perturbation du fond, le panache de rejets, la toxicité éventuelle, le bruit et l'intensité de la lumière. L'impact des processus naturels périodiques sur le milieu marin pourrait être significatif, mais son ampleur est mal connue. Il est donc important d'acquérir avant le début des activités d'extraction minière des données remontant le plus loin possible dans le temps, afin

de connaître la manière dont les communautés de surface, de moyenne profondeur, de grande profondeur et du fond réagissent à la variabilité naturelle du milieu. Les meilleures techniques et méthodes d'échantillonnage disponibles devraient être utilisées pour recueillir les données de référence et établir les profils écologiques témoins nécessaires aux évaluations de l'impact sur l'environnement.

B. Données de référence à fournir

14. Pour établir le profil écologique témoin du secteur d'exploration prescrit par le règlement applicable, le contractant, utilisant la meilleure technologie disponible, notamment un système d'information géographique, et appuyant sa stratégie d'échantillonnage sur un solide modèle statistique, recueille les données voulues pour déterminer les données de référence de l'océanographie physique et chimique et les paramètres géologiques, biologiques et autres qui caractérisent les milieux susceptibles d'être touchés par les activités d'exploration et par d'éventuels essais d'extraction ou d'éléments du système d'extraction. Ces données de référence, qui attestent les conditions naturelles initiales, sont indispensables pour déceler les changements causés par les essais d'extraction ou d'éléments du système d'extraction et prévoir l'impact qu'aura l'exploitation commerciale.

15. À cette fin, le contractant devrait notamment :

a) En ce qui concerne l'océanographie physique :

i) Adapter son programme de mesures à la géomorphologie du fond et aux processus hydrodynamiques régionaux à la surface de l'océan, dans la colonne d'eau et au niveau du fond ;

ii) Recueillir à intervalles réguliers et sur toute la hauteur de la colonne d'eau, en particulier à proximité du fond, des informations sur l'état de l'océan, y compris la pression, la direction et la vitesse des courants, la température, la salinité et la turbidité ;

iii) Mesurer les paramètres océanographiques physiques aux profondeurs susceptibles d'être touchées par les panaches de rejets et les panaches de perturbation du fond ;

iv) Mesurer les paramètres physiques avec une résolution temporelle et spatiale suffisante pour pouvoir caractériser le milieu océanographique de manière satisfaisante ;

v) Mesurer la concentration et la composition naturelles des particules en vue d'enregistrer leur distribution tout le long de la colonne d'eau ;

b) En ce qui concerne l'océanographie chimique :

i) Recueillir des informations sur la chimie de la colonne d'eau, y compris l'eau recouvrant les ressources, en particulier sur les métaux et autres éléments susceptibles d'être libérés au cours de l'activité minière, ainsi que sur les interactions qui peuvent résulter des opérations de concassage, de fuites dans les conduites, des opérations de déshydratation à bord des navires de surface et du panache de rejets qui en découle ;

ii) Fournir des informations sur les autres produits chimiques susceptibles d'être libérés dans le panache de rejets par des opérations de déshydratation ou de traitement du minerai, si celles-ci sont exécutées en mer ;

iii) Mesurer la concentration d'oxygène, en produisant des profils d'oxygène dans la colonne d'eau, autant que possible près de l'interface eau-sédiment et jusque dans la colonne sédimentaire ;

iv) Mesurer le pH et autres éléments du système des carbonates, le cas échéant (dioxyde de carbone, alcalinité, par exemple) ;

c) En ce qui concerne les propriétés géologiques :

i) Produire au moyen d'un système d'information géographique des cartes régionales présentant des données bathymétriques et des reliefs sous-marins à haute résolution afin de faire apparaître les grands traits géologiques et géomorphologiques reflétant l'hétérogénéité de l'environnement. Ces cartes devraient être établies à une échelle proportionnée à la variabilité des ressources et de l'habitat ;

ii) Enregistrer les niveaux de référence des métaux lourds et des éléments traces contenus dans la ressource et susceptibles d'être libérés lors des essais d'extraction minière ou des essais d'éléments du système d'extraction ;

iii) Déterminer les propriétés fondamentales du substrat afin de pouvoir caractériser les dépôts superficiels qui constituent une source potentielle de panache en cas de perturbation du fond ;

iv) Prélever des échantillons du substrat en tenant compte de la variabilité du fond marin et de la nature de chaque catégorie de ressources ;

d) En ce qui concerne les communautés biologiques :

i) Mettre au point une stratégie de collecte d'échantillons biologiques tenant compte de la variabilité du milieu en se servant de cartes bathymétriques à haute résolution ;

ii) Recueillir des données sur les communautés biologiques en prélevant des échantillons de faune représentatifs de la variabilité des habitats, de la topographie du fond, de la profondeur, des caractéristiques du fond marin et des sédiments, de la colonne d'eau et des ressources minérales recherchées ;

iii) Recueillir des données sur les communautés de protozoaires et de métazoaires vivant près du fond et sur le fond, en particulier la mégafaune, la macrofaune, la méïofaune, les communautés microbiennes, les poissons et les détritivores démersaux ainsi que les organismes directement associés à la ressource, tant dans la zone d'exploration que dans les zones susceptibles d'être touchées par les activités (les zones touchées par les panaches de rejets et les panaches de perturbation du fond, par exemple) ;

iv) Évaluer les communautés pélagiques dans la colonne d'eau et près du fond (dans la couche limite benthique) susceptibles d'être touchées par les activités (bruit et panaches de rejets, par exemple) ;

v) Enregistrer les observations de mammifères marins et autres grands animaux vivant près de la surface (tortues, bancs de poissons, etc.) et de rassemblements d'oiseaux, en identifiant si possible les espèces observées. Des observations devraient également être enregistrées lors du transit depuis et vers les zones d'exploration et lors du passage entre les stations.

vi) Établir des stations afin de générer des séries chronologiques permettant d'évaluer les variations temporelles dans les communautés de la colonne d'eau et du fond ;

- vii) Évaluer la répartition régionale des espèces et des communautés ou assemblages ainsi que la connectivité génétique des espèces principales et représentatives ;
 - viii) Chaque fois que possible, faire des photographies *in situ* (avec indexation en vue d'une visualisation sur écran) afin de disposer d'informations relatives au contexte pour chaque échantillon ;
 - e) Enregistrer et décrire l'activité de bioturbation et le remaniement des sédiments ;
 - f) Évaluer les liens entre les habitats pélagique et benthique, y compris les flux vers les sédiments : recueillir des données chronologiques sur les flux plongeants et la composition des matières (notamment les matières organiques particulières) arrivant au fond depuis la partie supérieure de la colonne d'eau ;
 - g) Mesurer la consommation d'oxygène de la communauté sédimentaire comme mesure de la fonction de cette communauté (essentiellement microbienne) dans son ensemble ;
 - h) Évaluer la structure du réseau trophique des habitats pélagique et benthique.
16. Outre les données analysées, les données brutes devraient être présentées avec les rapports annuels sous forme électronique, comme convenu avec le Secrétariat. Ces données serviront à la gestion de l'environnement au niveau régional et à l'évaluation des impacts cumulés.
17. En plus des informations indiquées plus haut, les données ci-après, qui concernent uniquement les sulfures polymétalliques, devraient être fournies :
- a) Enregistrement de toute modification des rejets de fluides dans les structures hydrothermales et de la faune associée (photographies, relevés de température et autres mesures, selon le cas) ;
 - b) Pour les dépôts de sulfures actifs, analyse des relations température/faune (au moyen de 5 à 10 mesures discrètes de la température dans chaque sous-habitat avec enregistrement vidéo, par exemple) ;
 - c) Données concernant la distribution, l'abondance, la structure des espèces et la diversité des taxons dominants dans chaque sous-habitat (événements actifs, événements inactifs, habitat sans événement). Ces données devraient comprendre une évaluation des communautés particulières localisées issues de la chimiosynthèse, avec indication de leur position par rapport à d'éventuels lieux d'extraction ;
 - d) Analyse de la structure de la méiofaune et des communautés microbiennes ainsi que de la biomasse associée aux gisements de sulfures polymétalliques à partir de prélèvements effectués par un véhicule télécommandé ou un submersible, si possible, ou à partir de dragages et de carottages de roche. Dans la mesure du possible, il faudrait prélever un nombre statistiquement valable d'échantillons de sulfures polymétalliques et identifier les espèces vivant sur la roche ou dans les fissures et les crevasses du gisement ;
 - e) En ce qui concerne les systèmes hydrothermaux actifs, les échantillons biologiques ne devraient être collectés qu'au moyen d'une technique de prélèvement de précision par véhicule télécommandé ou submersible pour chaque sous-habitat, et ils devraient être placés dans des boîtes séparées.

18. En plus des informations indiquées plus haut, les données ci-après, qui concernent uniquement les encroûtements cobaltifères de ferromanganèse, devraient être fournies :

a) La répartition des communautés biologiques associées aux encroûtements cobaltifères de ferromanganèse est parfois très localisée. Les prélèvements biologiques effectués dans le secteur du contractant seront donc stratifiés par type d'habitat, défini par la topographie (par exemple, sommet, flanc ou base d'un mont sous-marin), l'hydrographie, le régime des courants, la mégafaune prédominante (massifs de coraux, jardins d'éponges et d'octocoraux, par exemple), la teneur en oxygène de l'eau si la couche de minimum d'oxygène se trouve au niveau considéré, et éventuellement la profondeur. Des échantillons biologiques répétés spatialement et temporellement devraient être prélevés dans chaque sous-habitat, à l'aide des outils d'échantillonnage appropriés. Il est recommandé, pour la collecte des échantillons et l'évaluation de la richesse en espèces, de prélever, dans des conditions comparables, un nombre statistiquement valable d'échantillons par strate ;

b) Des transects photographiques ou vidéo devraient être réalisés pour déterminer le type d'habitat, la structure des communautés et les associations entre la mégafaune et certains types de substrat. L'abondance, le pourcentage de couverture et la diversité de la mégafaune seront évalués sur la base, dans un premier temps, d'au moins quatre transects. Ces transects devraient couvrir le plancher océanique à la base du mont sous-marin, ainsi que le flanc du mont sous-marin et son sommet. Dans les zones d'encroûtements susceptibles de présenter un intérêt pour les essais d'extraction, on réalisera un nombre de transects plus important ;

c) Les poissons démersaux et autres nectons des fonds marins devraient être évalués au moyen de transects photographiques ou vidéo, de profileurs benthiques ou d'observations et photographies réalisées par un submersible ou un véhicule télécommandé. Les monts sous-marins peuvent être des écosystèmes importants offrant divers habitats à de nombreuses espèces de poissons qui s'y rassemblent pour frayer ou se nourrir.

IV. Protocole de collecte, de communication et d'archivage des données

A. Collecte et analyse des données

19. Les catégories de données à recueillir, la fréquence de collecte et les méthodes d'analyse employées en application des présentes recommandations devraient être conformes aux meilleures techniques disponibles. Par ailleurs, le contractant devrait appliquer un système de contrôle de qualité internationalement reconnu, et les activités de même que les laboratoires auxquels il est fait appel doivent être certifiés.

B. Système d'archivage et de recherche de données

20. Le contractant devrait établir dans l'année qui suit la fin de la campagne un rapport de campagne avec coordonnées des stations, liste des activités et autres métadonnées pertinentes, à l'intention du Secrétariat de l'Autorité.

21. Le contractant communique à l'Autorité toutes les données ainsi que tous les descripteurs de données et inventaires nécessaires, y compris des données environnementales brutes, sous la forme convenue avec l'Autorité, comme il est souligné au paragraphe 23. Les données et informations qui sont nécessaires à l'élaboration par l'Autorité des règles, règlements et procédures relatifs à la

protection et à la préservation du milieu marin et à la sécurité (y compris les données hydrographiques, chimiques et biologiques), autres que les données relatives à la conception de l'équipement réputées être propriété industrielle, devraient être librement accessibles à des fins d'analyse scientifique dans les quatre ans qui suivent la fin de la campagne. Il devrait être possible d'accéder sur Internet à l'inventaire des ensembles de données fournis par chaque contractant. Par ailleurs, des métadonnées décrivant les méthodes d'analyse, les analyses d'erreurs, les échecs, les méthodes et technologies à éviter, ainsi que des commentaires sur le caractère suffisant des données et autres descripteurs pertinents devraient accompagner les données brutes.

22. Le contractant devrait s'efforcer autant que possible de faire en sorte que des exemples représentatifs de tout échantillon biologique, minéral et moléculaire restant et de bonne qualité soient archivés dans un lieu où ils pourront être conservés à long terme et dans de bonnes conditions une fois les études terminées, par exemple un musée d'histoire naturelle, un dépôt de carottes de sondage, un institut de géologie ou une collection internationale étiquetée (microbiologie).

23. Toutes les données relatives à la protection et à la préservation du milieu marin, autres que celles concernant la conception du matériel, recueillies en application des recommandations 24 et 38, devraient être communiquées au Secrétaire général afin que celui-ci les mette gratuitement à disposition, sous réserve du respect des dispositions concernant la confidentialité figurant dans le règlement applicable.

24. Le contractant devrait communiquer au Secrétaire général toutes autres données non confidentielles en sa possession qui pourraient présenter un intérêt pour la protection et la préservation du milieu marin.

C. Présentation de rapports

25. Les résultats du programme de surveillance, dûment évalués et interprétés, et les données brutes sont communiqués périodiquement à l'Autorité conformément aux recommandations à l'intention des contractants sur le contenu, le format et la structure des rapports annuels ([ISBA/21/LTC/15](#)), en utilisant le modèle de rapport de contractant affiché sur le site Web de l'Autorité internationale des fonds marins.

D. Communication des données

26. À l'exception des données relatives à la conception du matériel, toutes les données relatives à la protection et à la préservation du milieu marin qui auront été recueillies en application des recommandations formulées aux paragraphes 24 et 38 sont communiquées, dans un délai de quatre années à compter de l'achèvement d'une campagne, au Secrétaire général qui les met gratuitement à la disposition de la communauté scientifique aux fins de recherche et d'analyse, sous réserve des dispositions relatives à la confidentialité figurant dans le règlement applicable. Cette procédure ne libère pas le contractant de l'obligation qui lui est faite de soumettre à l'Autorité le rapport et les données correspondantes prévus à l'article 10 de l'annexe IV, intitulée « *Clauses types de contrat d'exploration* », du Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des nodules polymétalliques dans la Zone.

27. Le contractant communique au Secrétaire général toutes autres données non confidentielles en sa possession qui pourraient présenter un intérêt pour la protection et la préservation du milieu marin.

V. Recherche collaborative et recommandations visant à combler les lacunes dans les connaissances

28. La recherche collaborative peut fournir des données supplémentaires utiles à la protection du milieu marin et se révéler économique pour les contractants.

29. Les échanges entre disciplines océanographiques et entre institutions peuvent aider à combler les lacunes dans les connaissances qui caractérisent parfois les travaux de contractants agissant seuls (en particulier en ce qui concerne des ensembles environnementaux appréhendés à l'échelle régionale). L'Autorité peut soutenir la coordination des travaux de recherche et la diffusion de leurs résultats, conformément à la Convention. Elle devrait aider par ses conseils les contractants titulaires d'un contrat d'exploration à recenser les possibilités de recherche collaborative qui s'offrent à eux, mais il appartient aussi à ces contractants de créer leurs propres liens avec les universités et autres instituts de recherche.

30. Les programmes de recherche collaborative peuvent produire un puissant effet de synergie en mobilisant les connaissances spécialisées, les installations de recherche, les capacités logistiques et les intérêts communs des sociétés d'exploitation minière et des établissements et organismes de recherche collaborative. De cette façon, les entrepreneurs peuvent utiliser au mieux des outils de recherche à grande échelle comme les navires, les véhicules sous-marins autonomes et les robots télécommandés, et mettre à profit les compétences en géologie, écologie, chimie et océanographie physique des universités et instituts de recherche.

31. Pour répondre à certaines questions concernant l'impact d'activités extractives futures sur l'environnement, il faudra procéder à des expériences, à des observations et à des mesures spécifiques. Il est inutile que tous les contractants réalisent les mêmes études. En effet, reproduire les mêmes expériences ou les mêmes études n'enrichirait pas nécessairement les connaissances scientifiques ou les évaluations environnementales et consommerait inutilement des ressources financières, humaines et technologiques. Les contractants sont invités à unir leurs efforts dans le cadre d'études océanographiques internationales menées en collaboration et à mutualiser les résultats obtenus par les uns et les autres pour parvenir à une meilleure connaissance des écosystèmes concernés.

VI. Évaluation de l'impact sur l'environnement pendant l'exploration

A. Activités ne nécessitant pas une évaluation de leur impact sur l'environnement pendant l'exploration

32. En l'état actuel des connaissances, on considère que des techniques très diverses actuellement employées pour l'exploration ne sont pas susceptibles de causer de graves dommages au milieu marin et n'appellent donc pas d'évaluation de leur impact sur l'environnement. Ce sont notamment :

- a) Les observations et mesures magnétométriques et gravitométriques ;
- b) Le profilage acoustique ou électromagnétique de la résistivité du fond de la mer et de son sous-sol, le potentiel spontané ou la polarisation provoquée et la production d'images sans utilisation d'explosifs ou de fréquences connues pour avoir un effet important sur le milieu marin ;

- c) Le prélèvement d'échantillons d'eau, d'organismes, de sédiments et de roches pour établir un profil écologique témoin, et notamment :
 - i) Le prélèvement de petits échantillons d'eau, de sédiments et de biote, par des robots sous-marins télécommandés par exemple ;
 - ii) Le prélèvement de quantités limitées de minéraux et de roches, par benne preneuse ou par godets par exemple ;
 - iii) Le prélèvement de sédiments par carottier-boîte et carottier de petit diamètre ;
- d) Les observations et mesures météorologiques, y compris l'installation d'instruments (nombre limité de mouillages par exemple) ;
- e) Les observations et mesures océanographiques, en particulier hydrographiques, notamment l'installation d'instruments (mouillages et pose de profileurs benthiques par exemple) ;
- f) Les observations et mesures vidéographiques et photographiques à partir d'engins sans contact avec les fonds marins (caméras montées sur plateforme et remorquées, véhicules télécommandés et véhicules sous-marins autonomes par exemple) ;
- g) Le titrage et l'analyse des minéraux à bord des navires ;
- h) Les systèmes de positionnement, y compris les transpondeurs posés sur le fond et les bouées de surface et immergées signalées dans les Avis aux navigateurs ;
- i) Les mesures réalisées sur un panache par des capteurs remorqués (analyse chimique, néphélomètres, fluoromètres, etc.) ;
- j) j) Les mesures métaboliques de la faune *in situ* (consommation d'oxygène sédimentaire par exemple) ;
- k) L'analyse de l'ADN d'échantillons d'organismes ;
- l) Les études par colorants ou traceurs, sauf les cas où une étude d'impact sur l'environnement est prescrite par le droit national ou international pour certains colorants ou traceurs potentiellement dangereux.

B. Activités nécessitant une évaluation de leur impact sur l'environnement pendant l'exploration

33. Les activités suivantes nécessitent une évaluation préalable de leur impact sur l'environnement, ainsi que la mise en oeuvre d'un programme de surveillance de l'environnement pendant et après le déroulement de l'activité considérée, conformément aux recommandations formulées aux paragraphes 33 et 38. Il importe de noter que les profils témoins, le programme de surveillance et les études d'impact ainsi réalisées constitueront probablement les principaux éléments des évaluations de l'impact sur l'environnement de la future exploitation minière à l'échelle commerciale. Ces activités sont notamment :

- a) L'utilisation de perturbateurs de sédiments qui créent des perturbations et des panaches artificiels sur le fond de la mer ;
- b) Les essais de procédés et matériels de ramassage ;
- c) Les essais de procédés et matériels de rejet ;
- d) Les activités de forage au moyen d'appareils de forage embarqués ;

e) Le prélèvement d'échantillons par traîneau, drague ou chalut épibenthique ou par des moyens similaires sur des gisements de nodules d'une superficie supérieure à 10 000 m² ;

f) Le prélèvement d'échantillons importants pour procéder à des essais à terre.

34. Le contractant communique au Secrétaire général, au moins un an avant le début de ces activités, le rapport de l'évaluation préalable d'impact sur l'environnement, les informations visées au paragraphe 38 ci-après et une description du programme de surveillance de l'environnement prévu.

35. Des données de surveillance de l'environnement sont requises avant, pendant et après les activités visées au paragraphe 33 ci-dessus et les essais des éléments du système d'extraction sur le site de l'extraction et sur des sites témoins comparables, choisis en fonction de leurs caractéristiques environnementales et de leur composition faunique. L'évaluation de l'impact de ces activités et essais doit s'appuyer sur un programme de surveillance soigneusement conçu qui soit capable de détecter les impacts dans le temps et dans l'espace et de produire des données statistiquement valables. Avant de procéder à des essais d'extraction minière, et en sus des recommandations formulées plus haut, il faudrait établir une zone témoin d'impact et une zone témoin de préservation [voir le par. 38 o)].

36. Les impacts sur l'environnement se produiront probablement au niveau du fond, mais ils pourront également se produire dans la colonne d'eau, à la hauteur des rejets éventuels. L'évaluation devrait concerner les impacts sur les environnements benthique et pélagique et sur la couche limite benthique. Elle devrait porter non seulement sur les zones directement touchées par l'activité considérée, mais aussi sur la région plus vaste affectée par les panaches de perturbation du fond, les panaches de rejets et les matières susceptibles d'être libérées au cours du transport des minéraux jusqu'à la surface de l'océan, en fonction de la technologie employée. Une évaluation de l'impact sur l'environnement est nécessaire pour déterminer si le panache de rejets risque de provoquer des modifications de l'environnement susceptibles de modifier les chaînes alimentaires au point de perturber les migrations verticales et autres, et d'entraîner des changements dans la géochimie de la zone touchée s'il s'agit d'une zone de minimum d'oxygène.

37. Les contractants peuvent procéder à des essais d'extraction et à des essais d'éléments du système d'extraction aussi bien individuellement que collaborativement. Pour les évaluations environnementales, cette phase d'essai devrait être suivie de très près afin de pouvoir prédire les modifications de l'environnement à attendre du développement et de la mise en service d'installations à l'échelle commerciale. Lorsque des essais d'extraction minière ont déjà été effectués, même par un autre contractant, les connaissances que ces essais auront permis d'acquérir devraient être diffusées et appliquées, s'il y a lieu, afin de pouvoir résoudre par de nouvelles recherches les questions restées sans réponse.

C. Informations et mesures à communiquer par un contractant qui entreprend une activité nécessitant une évaluation de l'impact sur l'environnement pendant l'exploration

38. Le contractant communique au Secrétaire général tout ou partie des informations indiquées ci-après, en fonction de la nature de l'activité concernée :

a) La technique de ramassage des minéraux (dragage mécanique passif ou actif, aspiration hydraulique, jets d'eau, etc.) ;

- b) La profondeur du sillon creusé par l'engin de ramassage dans les sédiments ou le roc et les perturbations latérales provoquées par l'engin ;
- c) Les éléments de locomotion (skis, roues, chenilles, vis d'Archimède, plaques, coussins d'eau, etc.) qui seront en contact avec les fonds marins, ainsi que la largeur, la longueur et le dessin des traces laissées par l'engin de ramassage sur ces fonds ;
- d) La proportion des sédiments qui sont séparés de la ressource minérale par l'engin de ramassage, le volume et la distribution granulométrique des matières rejetées par l'engin, la taille et la géométrie des panaches de perturbation du fond marin et la trajectoire et l'étendue spatiale de ces panaches selon la taille des particules qu'ils contiennent ;
- e) Les méthodes utilisées pour séparer les sédiments de la ressource minérale sur le fond marin, y compris le lavage des minéraux, la concentration et la composition des sédiments mélangés à l'eau dans le panache de perturbation du fond marin, la hauteur au-dessus du fond des panaches de rejets, les modèles de dispersion et de dépôt des particules, les estimations de la profondeur des sédiments responsables d'étouffement en fonction de la distance par rapport à l'activité minière, et les estimations, à partir d'une modélisation des panaches, de l'extension horizontale et verticale des panaches dans la colonne d'eau, y compris leur granulométrie en fonction de leur distance par rapport à l'activité minière envisagée et de la durée de cette dernière.
- f) Les méthodes de traitement sur le fond, le cas échéant ;
- g) Les méthodes de concassage des minéraux ;
- h) Les méthodes de remontée des matériaux à la surface ;
- i) La séparation des ressources minérales des particules fines et des sédiments à bord du navire de surface ;
- j) Les méthodes d'élimination des particules fines et des sédiments abrasés ;
- k) Le volume et la profondeur du panache de rejets, la concentration et la composition des particules présentes dans les eaux rejetées, les caractéristiques physiques et chimiques des rejets et le comportement du panache de rejets en surface, à moyenne profondeur ou au fond, selon le cas ;
- l) L'emplacement des essais d'extraction et les limites de la zone d'essais ;
- m) La durée probable des essais ;
- n) Le programme des essais (plan spatial de ramassage, zone qui sera perturbée, surveillance, etc.) ;
- o) La délimitation d'une zone témoin d'impact et d'une zone témoin de préservation pour l'évaluation de l'impact des essais d'extraction. La première zone devrait être le site où les essais d'extraction doivent se dérouler et où leurs impacts se feront directement sentir. La seconde devra être choisie avec soin et suffisamment éloignée de la première pour ne pas être affectée par les essais d'extraction, y compris par les effets de la perturbation du fond marin et par les panaches de rejets. Il importe au plus haut point de mettre en œuvre un solide programme de surveillance capable de détecter toute perturbation qui pourrait survenir au-delà de la zone témoin d'impact à la suite des essais, afin de pouvoir déterminer l'emplacement de la zone témoin de préservation. Il faudra organiser la détection des perturbations physiques, chimiques et biologiques dans le champ lointain du site d'essai, c'est-à-dire à plus de 10 kilomètres. Les zones témoins de préservation seront importantes pour identifier les variations naturelles des conditions environnementales par rapport auxquelles les impacts des essais d'extraction seront évalués. La composition des espèces devra y

être comparable à celle du site envisagé pour les essais. Les zones témoins de préservation constituées pour des essais d'extraction au stade de l'exploration devraient si possible être situées dans le secteur attribué au contractant ;

p) Les cartes témoins des gisements à exploiter (sonar latéral, bathymétrie haute résolution, type de fond marin, par exemple) ;

q) Un état des données environnementales de référence régionales et locales.

39. Le contractant devrait également préciser, dans le programme qu'il établit pour une activité spécifique parmi les activités précitées, quels sont les événements susceptibles d'entraîner la suspension ou la modification de cette activité pour cause de dommages graves à l'environnement si les effets de ces événements ne peuvent pas être suffisamment atténués.

D. Observations et mesures à réaliser après l'exécution d'une activité nécessitant une évaluation de son impact sur l'environnement pendant l'exploration

40. Le contractant communique au Secrétaire général tout ou partie des informations indiquées ci-après, en fonction de la nature de l'activité concernée :

a) L'épaisseur des sédiments et des fragments de roche redéposés sur l'aire touchée par le panache d'extraction et par le panache de rejets et les changements observés dans l'hétérogénéité du substrat ;

b) Les changements dans la composition des espèces, la diversité et l'abondance des communautés pélagiques (le cas échéant) et benthiques, y compris les microbes et les protozoaires, en tenant compte de la recolonisation, les changements dans les espèces fondatrices, les espèces formant des habitats à structure tridimensionnelle, les espèces ingénieurs d'écosystème, les taux de bioturbation et les effets chimiques, et les changements de comportement des principales espèces imputables à des impacts comme l'étouffement par sédimentation ;

c) Les changements éventuels observés dans des communautés, y compris de microbes et de protozoaires, vivant dans des zones adjacentes dont on ne s'attendait pas à ce qu'elles soient perturbées par l'activité considérée, et notamment par les panaches de rejets et de perturbation des fonds marins et par une modification structurelle du réseau trophique ;

d) Les modifications des caractéristiques de l'eau au niveau du panache de rejets pendant les essais d'extraction et les modifications du comportement de la faune à l'endroit et en-dessous du panache de rejets ;

e) En ce qui concerne les gisements de minéraux, des cartes du secteur où se sont déroulés les essais d'extraction établies après ces essais et faisant apparaître l'évolution de la géomorphologie du secteur ;

f) Le niveau des métaux relevés dans des espèces importantes et représentatives de la faune benthique soumise aux retombées de sédiments contenus dans les panaches d'extraction et de rejets ;

g) De nouveaux prélèvements d'échantillons afin d'obtenir des données environnementales de référence, ainsi qu'une évaluation des impacts sur l'environnement ;

h) Les changements observés dans les flux de fluides et la réaction éventuelle des organismes aux modifications du contexte hydrothermal ;

i) Les changements observés dans les courants et la réaction des organismes à ces changements.

Annexe I

Commentaire explicatif

1. Comme il ressort du paragraphe 6 des présentes recommandations et des paragraphes 2 à 6 du présent commentaire explicatif, ce commentaire a pour objectif d'orienter les contractants vers les techniques et les méthodes les plus propres à les aider à appliquer ces recommandations pendant la phase d'exploration et à protéger le milieu marin contre les effets nocifs qui pourraient résulter de leurs activités dans la Zone. Il est bien entendu que ces recommandations sont inspirées par des techniques et des méthodes qui sont aujourd'hui de pointe mais qui sont probablement appelées à évoluer parallèlement aux progrès de la recherche scientifique. De même, il est entendu que ces recommandations s'appliqueront spécifiquement à chacune des opérations proposées et qu'elles viseront en priorité les environnements où des impacts risquent de se produire.

2. Tout plan de travail relatif à l'exploration devrait comprendre des activités visant à répondre aux prescriptions environnementales suivantes :

a) Réalisation d'un profil écologique témoin par rapport auquel mesurer la variabilité naturelle de l'environnement, les changements climatiques et les impacts provoqués par les activités d'extraction minière ;

b) Élaboration de méthodes permettant d'observer et d'évaluer les impacts sur le milieu marin de l'exploitation minière des grands fonds marins ;

c) Présentation des données voulues pour procéder à l'évaluation de l'impact sur l'environnement de toutes les activités mentionnées à la section VI des présentes recommandations et pour remplir la demande de contrat d'exploitation ;

d) Présentation des données voulues pour la gestion à l'échelle régionale de l'exploration et de l'exploitation des ressources, de la préservation de la diversité biologique et de la recolonisation ou de la surveillance des secteurs touchés par l'exploitation minière des grands fonds marins ;

e) Établissement de procédures permettant de démontrer que les activités d'exploration des ressources minérales de la mer ne portent pas gravement atteinte à l'environnement.

3. Selon les méthodes actuellement envisagées, les principaux impacts se situeraient au niveau du fond. D'autres impacts pourraient cependant résulter des opérations de traitement à bord du navire minier, ainsi que des panaches de rejets ou encore de l'emploi de méthodes différentes.

4. Au niveau du fond, le matériel d'extraction perturbera et détruira les fonds marins (roches, nodules et sédiments) et provoquera l'apparition d'un panache de perturbation du fond composé de particules contenant, dans certains cas, des contaminants susceptibles d'être toxiques, et notamment des métaux, qui peuvent avoir un impact sur la faune et la flore marines.

5. Le traitement des boues minérales à bord des navires miniers fera monter en surface de grandes quantités d'eau froide riche en nutriments, saturée en dioxyde de carbone et chargée de particules qui doivent être soigneusement contrôlées afin de ne pas bouleverser les écosystèmes de surface et provoquer le dégazage de gaz ayant un effet sur le climat et la libération de contaminants toxiques, y compris de métaux provenant de l'extraction minière, particulièrement en rapport avec les phases minérales réduites, comme les sulfures. Les effets potentiellement nocifs des substances chimiques ajoutées pour séparer les phases minérales des résidus et de l'eau doivent être évalués.

6. Tout rejet dans le milieu marin doit être soigneusement contrôlé et son impact doit être évalué, y compris ses éventuels effets écotoxicologiques.
7. Les données de référence requises comprennent six catégories : océanographie physique, océanographie chimique, propriétés géologiques, communautés biologiques, bioturbation et flux vers les sédiments. [Recommandation III.B.15]
8. Il est recommandé d'utiliser des outils tels que les systèmes d'information géographique pour cartographier les habitats, enregistrer les sites de prélèvement d'échantillons et planifier des programmes d'échantillonnage aléatoire stratifié. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.c) i)]

Océanographie physique

9. Les données relatives à l'océanographie physique sont nécessaires pour évaluer le milieu naturel et les effets potentiels du panache d'extraction et du panache de rejets ; associées à des informations sur la géomorphologie des fonds marins, ces données peuvent être exploitées pour prédire la répartition potentielle des espèces. Des informations doivent notamment être fournies sur les caractéristiques de l'eau : pression, courants, température, salinité, turbidité, oxygène, propriétés optiques (intensité lumineuse, données de rétrodiffusion, atténuation, etc.) et matière particulaire. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.a) ; III.B.17 et 18 (en fonction de l'habitat)]

10. En ce qui concerne la collecte des données :

a) Une étude complète de la structure océanographique, tant spatiale que temporelle, de la colonne d'eau devra être effectuée, par profils et sections permettant d'obtenir la stratigraphie de la colonne sur toute sa hauteur. La méthode utilisée doit offrir une résolution suffisante pour décrire correctement la variabilité dans l'espace et dans le temps du secteur visé par le contrat. Cette étude fera intervenir une large gamme de matériels, tels que, par exemple, des sondes de conductivité-température-profondeur, des mouillages et bouées, des flotteurs et dériveurs, des véhicules sous-marins autonomes et des planeurs sous-marins équipés de capteurs. Pour mesurer les variations dans le temps (infra-annuelles et supra-annuelles), les mouillages, bouées, flotteurs et dériveurs doivent être équipés de capteurs appropriés à cette tâche. La variabilité dans l'espace doit elle aussi être déterminée, ce qui suppose, par exemple, de déployer un réseau de stations de mesure conductivité-température-profondeur ou un parc de véhicules sous-marins autonomes, de planeurs sous-marins, de flotteurs et de dériveurs équipés de capteurs. Les données satellitaires peuvent elles aussi être utilisées pour des mesures à la surface de la mer ;

b) Les courants peuvent être mesurés au moyen de profileurs de courants à effet Doppler acoustique embarqués ou immergés, de courantomètres d'autres types ou encore de flotteurs et de dériveurs. Quant à leurs variations dans le temps, elles sont mesurées par des mouillages et des bouées équipés de profileurs de courants à effet Doppler acoustique et de courantomètres d'autres types, ainsi que par des flotteurs et des dériveurs ;

c) Pour décrire correctement le régime des courants, en particulier dans des régions présentant une géomorphologie complexe, le nombre et l'emplacement des mouillages doivent être fonction de la superficie du secteur considéré. La résolution de l'échantillonnage devrait correspondre aux normes de l'Expérience mondiale concernant la circulation océanique (WOCE) et de l'Étude de la variabilité et la prévisibilité du climat (CLIVAR), avec un espacement des stations ne dépassant pas 50 kilomètres. Dans les régions de gradient latéral élevé (par exemple dans les courants de bord et près des grandes structures topographiques), le maillage horizontal devrait être plus serré pour donner une meilleure résolution des gradients.

Le nombre des courantomètres installés sur un mouillage dépendra des caractéristiques topographiques de la zone étudiée (différences de hauteur par rapport au fond). Les courants doivent être mesurés depuis la couche limite inférieure jusqu'à 200 mètres au-dessus du fond. Le courantomètre le plus élevé devrait être placé à une altitude supérieure à celle de la topographie environnante. On procédera à des analyses des courants et de la structure de leurs champs de température, salinité et densité à partir des données recueillies ;

d) Des données sur l'intensité de turbulence devraient être recueillies au stade de l'établissement du profil écologique témoin. Les mesures de l'intensité de turbulence permettent de déterminer le taux de diffusion verticale des tourbillons, qui est un paramètre important dans la dispersion des panaches de particules et qui est donc utile pour modéliser ces panaches. Idéalement, ces données devraient être recueillies au cours d'une campagne de profilage répétée sur plusieurs cycles de marée offrant un éventail de conditions représentatif (au long d'un cycle vives-eaux mortes-eaux, par exemple). L'intensité de turbulence se mesure au moyen d'un profileur de turbulence ou peut être déduit de profils verticaux de conductivité-température-profondeur si ces profils sont de bonne qualité (par analyse des inversions dans un profil de densité menée selon l'échelle de Thorpe). [Recommandations III.B.14 ; III.B.1. a)]

11. Pour comprendre l'activité de surface à l'échelle synoptique dans le secteur considéré ainsi que les événements à grande échelle, il est recommandé de procéder à une analyse de données satellitaires ayant enregistré sur plusieurs années la température de surface de la mer et la productivité primaire (illustrée par la couleur des océans). [Recommandations III.B.14 ; III.B.15 a)]

12. La structure de la colonne d'eau devrait être établie soit par profilage continu, soit par prélèvement d'échantillons. La résolution devrait être augmentée dans les régions à gradient élevé (par exemple pour localiser et quantifier les limites des zones de minimum d'oxygène). Pour les paramètres dont les gradients horizontaux ne sont pas significatifs, il suffit de déterminer des fourchettes de référence (par exemple moyennes et écarts types). Pour les paramètres qui ont une structure spatiale importante (gradients, extrêmes), la résolution doit permettre de décrire la structure océanographique physique du secteur considéré. En raison de la forte influence de la topographie sur l'échelle spatiale des structures océaniques, cela exigera sans doute un plan de lever avec un espacement des stations qui sera fonction de l'échelle topographique, par exemple, une haute résolution pour les fortes pentes. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.a) ; III.B.17 et 18 (selon l'habitat) ; VI.C.38.k) ; VI.D.40.d) et i)]

13. Il est important de bien comprendre les fluctuations temporelles et spatiales de la vitesse et de la direction des courants. C'est pourquoi les paramètres océanographiques physiques devront être mesurés avant de procéder aux essais de systèmes et engins de ramassage, en vue d'établir l'amplitude de leur variabilité selon les saisons et les marées, ainsi que leurs variations dans un rayon pertinent autour du site des essais, étant entendu que les mesures obtenues seront spécifiques à la région considérée. [Recommandations III.B.15.a) iii) ; VI.D.40.i)]

14. Pour pouvoir prédire la dispersion des sédiments et des panaches, il faudrait mettre au point et valider un modèle mathématique de circulation associé à un modèle approprié de transport des sédiments qui tienne compte des effets de l'agrégation et de la désagrégation des particules. Ce modèle devrait couvrir des échelles spatiales et temporelles adaptées à la dispersion des panaches et des agents toxiques. Il faudrait également conduire les expériences voulues pour pouvoir répondre à des impacts qui risquent d'être importants (étudier l'impact potentiel de pollutions accidentelles, par exemple). Le contractant devrait choisir un modèle qui soit considéré par les

spécialistes de la modélisation des océans comme convenant à l'étude des phénomènes de dispersion à proximité des fonds marins, mais dont l'application puisse être étendue plus largement sur toute la hauteur de la colonne d'eau, en particulier du point de vue de la dynamique et de la dispersion des panaches. De simples modèles à compartiments ou à coordonnées z présentant une résolution verticale médiocre en profondeur ne conviennent pas. Les caractéristiques précises du modèle dépendront de l'environnement topographique et océanographique du site considéré. La résolution devrait correspondre aux échelles décrites ci-dessus (c'est-à-dire que les gradients devraient être traduits par plusieurs points) et le modèle devrait être validé par rapport aux données d'observation. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.a) i) et ii)]

15. La répartition verticale de la lumière influe directement sur la production primaire dans la couche euphotique. En cas de rejets de surface, le gradient de luminosité illustrera l'effet des particules rejetées sur l'absorption de la lumière et ses bandes spectrales en fonction de la durée, de la profondeur et de la distance par rapport au navire. Ces valeurs permettront également de déceler l'accumulation éventuelle de particules en suspension dans la pycnocline. Par ailleurs, un panache de rejets peut donner lieu à la dissémination de grandes quantités de nutriments, à des changements de température, à la libération de dioxyde de carbone, voire, sur les sites contenant des sulfures, à d'éventuelles variations du pH et à l'acidification de l'océan. [Recommandations III.B.15.a) i) et ii) ; III.B.15.d) iv)]

Océanographie chimique

16. Des données relatives à l'océanographie chimique devront être recueillies avant tout rejet dans la colonne d'eau ou sur le fond marin. Ces données sont importantes pour évaluer l'impact des activités minières, y compris les essais d'extraction et les essais d'éléments du système d'extraction, sur la composition de l'eau (le taux de concentration de métaux par exemple) et sur les processus écosystémiques (activité biologique). Des échantillons devraient être prélevés aux mêmes endroits que ceux où les relevés océanographiques physiques sont faits. Il faudrait, chaque fois que possible, procéder à la caractérisation chimique de l'eau située au-dessus des gisements de minéraux ainsi que de l'eau interstitielle des sédiments, de manière à pouvoir évaluer les échanges chimiques entre les sédiments et la colonne d'eau. Les paramètres chimiques à mesurer sont les suivants : phosphates, nitrates, nitrites, silicates, carbonates (alcalinité) oxygène, zinc, cadmium, plomb, cuivre, mercure et carbone organique total. Lorsque les procédés techniques envisagés pour les essais d'extraction seront connus, la liste des paramètres devrait être élargie aux substances potentiellement dangereuses qui pourraient être libérées dans la colonne d'eau au cours des essais. Toutes les mesures doivent être exactes et conformes aux normes scientifiques établies (protocoles GEOTRACES par exemple). La diminution du taux d'oxygène peut avoir un impact sur la faune, en fonction du bassin océanique considéré et des espèces touchées, et cela en dehors même des zones de minimum d'oxygène. Les niveaux d'oxygène peuvent être très sensibles aux panaches de particules sédimentaires ainsi qu'aux nutriments et aux microbes provenant des fonds marins. Étant donné que la taille des zones de minimum d'oxygène varie selon les régions et, dans une certaine mesure, selon les saisons, les études environnementales devraient déterminer les limites de profondeur inférieure et supérieure de cette zone en établissant des profils d'oxygène ainsi que leur variabilité temporelle dans chaque secteur visé par un contrat, à des intervalles réguliers dans la colonne d'eau. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.b) i) et iv)]

17. Les matières organiques particulières et les matières organiques dissoutes devraient être mesurées afin qu'il soit possible d'évaluer leur potentiel de dispersion horizontal et vertical par advection et par diffusion turbulente à des échelles de temps

et d'espace écologiquement pertinentes ; [Recommandations III.B.15.b) ; III.B.15.g) ; IV.B.22]

18. Dans le cadre de ce programme de mesures, il faut également établir les profils verticaux et les variations temporelles (selon les marées, les saisons et les années). [Recommandation III.B.14]

19. Quelles que soient les techniques d'extraction employées, on sait qu'une certaine quantité de sous-produits sera libérée sous forme de particules ou de matière dans la colonne d'eau au voisinage des gisements exploités, des conduites de transport et des sites de traitement en surface. Avec les techniques d'exploration, d'essais d'extraction et d'essais d'éléments du système d'extraction actuellement envisagées, les principaux sous-produits à prévoir sont les particules formées par la désagrégation mécanique des minéraux extraits. On peut certes s'attendre à ce que les sociétés minières réduisent au minimum la perte de minéraux qui possèdent une valeur économique, mais il ne semble pas réaliste de penser que cette perte sera nulle. Étant donné que l'on ignore l'ordre de grandeur des particules, on doit supposer que les sous-produits des essais d'extraction ou des essais d'éléments du système d'extraction contiendront des particules très petites, voire des particules à l'état colloïdal, qui peuvent rester en suspension pendant des mois. On ne peut exclure non plus la possibilité que des substances toxiques soient libérées. Les métaux liés à des particules ne sont pas forcément biodisponibles, mais certaines conditions ambiantes particulières (comme la zone de minimum d'oxygène ou un faible pH, notamment dans les intestins d'espèces marines) peuvent entraîner la dissolution de particules et la libération de leurs métaux et provoquer une toxicité métallique. On peut aussi anticiper la libération, accidentelle ou intentionnelle, de substances chimiques utilisées pour l'exploration et les essais d'extraction ou les essais d'éléments du système d'extraction. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.b) ; III.B.15.c) i) et ii)]

20. Un des principaux objectifs de la collecte de données de référence physiques consiste à évaluer le potentiel de dispersion, qu'il s'agisse de particules ou de matières dissoutes. La connaissance de ce paramètre permet aussi de surveiller et d'atténuer les effets de déversements accidentels qui pourraient surgir lors des essais d'extraction ou des essais d'éléments du système d'extraction. Afin de mieux prévoir les conséquences de déversements accidentels, le potentiel de dispersion à proximité des sites d'extraction envisageables devrait être évalué même si la technique d'extraction utilisée a été spécifiquement conçue pour éviter toute libération de sous-produits dans l'environnement. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.a) iii) ; III.B.15.b) ; III.B.15.c) ii)]

21. Pour chaque sous-produit des essais d'extraction, il convient de modéliser l'échelle de temps pendant laquelle ce sous-produit a un impact significatif sur l'environnement. Cette échelle peut dépendre de la dilution ; si tel est le cas, l'évaluation de la dispersion doit inclure une détermination des vitesses auxquelles s'effectue le mélange vertical et horizontal près du site considéré. Le potentiel de dispersion est évalué sur des échelles de temps qui vont de la fréquence des marées aux échelles les plus larges ayant un impact sur l'environnement. Déterminer le potentiel de dispersion dans l'océan profond exige normalement une observation sur la durée. Même la détermination des directions et des vitesses du débit moyen en profondeur peut nécessiter l'équivalent de plusieurs années de données de courantmètre. Évaluer la dispersion par diffusion turbulente est difficile et suppose en général l'application de techniques lagrangiennes (bouées à flottabilité neutre ou encore traceurs). C'est pourquoi il est souhaitable de procéder dès le début de l'exploration à l'évaluation du potentiel de dispersion régional à plusieurs niveaux de la colonne d'eau. On peut parfois évaluer la dispersion à faible profondeur et au voisinage de 1 000 mètres en s'appuyant sur les données existantes fournies

respectivement par les dériveurs de surface et les flotteurs du Réseau pour l'océanographie géostrophique en temps réel (Argo). Avant le début des essais d'extraction, le potentiel de dispersion doit être évalué à tous les niveaux où des sous-produits nocifs pourraient être libérés dans la colonne d'eau au cours des essais et où des déversements accidentels risquent de se produire. La résolution verticale requise dépendra du régime dynamique régional (cisaillement vertical des courants horizontaux), mais on prévoit que trois niveaux au moins devront être échantillonnés (faible profondeur, profondeur intermédiaire, grande profondeur). L'écoulement à proximité du fond marin, en particulier, doit faire l'objet d'une résolution temporelle et spatiale, par exemple au moyen de mesures par courantomètres à effet Doppler mouillés au fond, avec un échantillonnage suffisant pour déterminer les flux de marée dominants. Dans les régions où il existe des accidents géomorphologiques près du site des essais d'extraction, la résolution horizontale et verticale devrait être augmentée pour pouvoir identifier les structures dynamiques dominantes associées à la géomorphologie abyssale (courants de bord, turbulences piégées, débordements, etc.). [Recommandations III.B.15.a) i) à iv) ; III.B.15.b) i)]

22. Près des champs d'événements hydrothermaux actifs, les observations hydrophysiques, chimiques et optiques fournissent souvent des informations utiles de premier ordre sur la dispersion au niveau des panaches flottants de densité équivalente à celle de l'eau. L'interprétation des observations de la dispersion des panaches pour en extraire des informations sur le potentiel de dispersion des sous-produits de l'extraction minière est difficile pour plusieurs raisons, et notamment du fait que les caractéristiques temporelles et spatiales des sources hydrothermales sont généralement mal connues ; que les panaches hydrothermaux se dispersent à leur niveau d'équilibre, lequel dépend à la fois des caractéristiques de la source et de celles du milieu ambiant ; que la composition des particules des panaches hydrothermaux (et donc leur vitesse de sédimentation) ne peut être contrôlée. Néanmoins, lorsque les panaches hydrothermaux se produisent près d'un gisement, les observations sur leur dispersion sont souvent utiles, en particulier pour la conception d'études de suivi contrôlées. Pour achever l'évaluation du potentiel de dispersion, un modèle numérique hydrodynamique 3D couvrant les échelles temporelles et spatiales pertinentes du point de vue de la dispersion doit être construit. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.a) i) à iii) ; III.B.15.c) i)]

23. Cette modélisation sera utile pour passer par extrapolation des essais d'extraction à l'extraction commerciale. [Recommandations III.B.15.a) i) et iv)]

Propriétés géologiques

24. Les propriétés géologiques permettent de déterminer le degré d'hétérogénéité du milieu et de mieux choisir l'emplacement des points d'échantillonnage nécessaires pour caractériser la répartition et la composition de la faune locale. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.c) i)]

25. Des données bathymétriques par balayage à haute résolution (notamment la rétrodiffusion) devraient être collectées sur toute le secteur d'exploration. Dans les zones retenues pour des essais d'extraction ou de futures activités d'exploitation, il faudrait procéder à des levés bathymétriques représentatifs au moyen de capteurs multifaisceaux montés sur des engins sous-marins autonomes, des robots télécommandés ou d'autres systèmes et capables de fournir une résolution de l'ordre du centimètre ou du mètre. Les zones touchées par le panache de particules sédimentaires créé par les systèmes d'extraction devraient elles aussi faire l'objet de levés bathymétriques au moyen de capteurs multifaisceaux. Des mesures de rétrodiffusion acoustique (basées sur le coefficient de réflexion acoustique du fond marin) peuvent fournir des informations sur la rugosité du fond marin, que celle-ci

tienne à certaines caractéristiques (rides, remaniements benthiques, etc.) ou à la présence d'affleurements, d'encroûtements, de nodules ou de sédiments. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.c)]

26. Dans le cadre de l'établissement du levé de référence à haute résolution, une série de carottes de sédiments représentative du fond marin avant toute activité minière devraient si possible être prélevées pour être ensuite entreposées dans un dépôt adapté. Il faudrait pour cela utiliser des outils permettant de prélever des échantillons intacts sur les premiers centimètres du fond (un carottier multitubes ou un carottier manuel monté sur un robot télécommandé par exemple). [Recommandations III.A.13 ; III.B.14]

27. Pour les gisements de sulfures, il faudrait déterminer si les champs d'évents hydrothermaux sont actifs ou inactifs (éteints). Ce qu'il importe de savoir, d'un point de vue biologique, c'est si les événements hydrothermaux qui se trouvent sur le site minier envisagé sont des événements actifs (cas n° 1), des événements inactifs que les activités minières pourraient réactiver (cas n° 2) ou des événements éteints qui resteront inactifs même si le site est perturbé par des essais d'extraction (cas n° 3). Il faut donc que l'étude environnementale initiale détermine si le site considéré relève du cas n° 1, du cas n° 2 ou du cas n° 3. [Recommandation III.B.14]

28. Les propriétés des sédiments, notamment la chimie de l'eau interstitielle (voir aussi la section sur l'océanographie chimique), doivent être étudiées pour prévoir le comportement du panache de rejets et les incidences des essais d'extraction sur la composition des sédiments. Il en est de même des propriétés des particules de panache redéposées. Les paramètres suivants devraient être mesurés : densité, masse volumique apparente, granulométrie, composition (pourcentage de carbonates, matières organiques totales) et profondeur sédimentaire à laquelle la zone oxygène devient suboxique (absence d'oxygène et de sulfure d'hydrogène) et inversement. Le carbone organique et inorganique présent dans les sédiments, qu'il soit sous forme de particules ou sous forme dissoute, les métaux et les substances chimiques pouvant être nocifs sous certaines formes, les nutriments (phosphates, nitrates, nitrites et silicates), les carbonates (alcalinité) et le système redox (potentiel d'oxydoréduction et potentiel d'hydrogène) des eaux interstitielles devraient également être mesurés. La géochimie de l'eau interstitielle et des sédiments devrait être déterminée sur une profondeur de 20 centimètres à l'intérieur de la couche sédimentaire, ou sur la profondeur totale de l'extraction minière envisagée, la plus grande des deux étant retenue. Dans le cas des dépôts massifs de sulfures sur le fond marin, d'autres composants éventuellement toxiques comme le sulfure d'hydrogène, le méthane, l'arsenic ou le cadmium risquent d'être enrichis, et il faudra donc procéder à des analyses supplémentaires sur les sites concernés. Après un essai d'extraction ou d'éléments du système d'extraction, il faudrait analyser les propriétés des particules de panache redéposées, car ce sont elles qui composeront le nouveau milieu offert à la recolonisation. [Recommandations III.A.13 ; III.B.15.b) ii) ; III.B.15.d) iv)]

Communautés biologiques

29. Les données de référence recueillies sur les communautés biologiques permettront de mieux connaître ces communautés et leurs fonctions écosystémiques, notamment leur variabilité naturelle spatiale et temporelle, de manière à pouvoir évaluer les effets potentiels des activités minières sur la faune benthique, démersale et pélagique. [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d) i) à iii)]

30. Il faudrait caractériser les populations pélagiques et benthiques de tous les sous-habitats susceptibles d'être touchés par les activités d'extraction et de déterminer leur distribution régionale et les profils de connectivité écologique, de sorte à établir des zones témoins de préservation et à définir des stratégies d'atténuation prévoyant la

recolonisation des zones touchées par ces activités. Il est essentiel de concevoir une procédure d'échantillonnage rigoureuse pour évaluer les assemblages fauniques et de prendre en compte les conditions écologiques du site à l'étude. Lorsqu'on s'attend à une variabilité des conditions écologiques ou des habitats, il faudrait envisager d'appliquer des méthodes d'échantillonnage aléatoire stratifié. Une planification minutieuse est indispensable, car les données obtenues à partir d'un échantillonnage de mauvaise qualité peuvent compromettre la détermination des niveaux de référence et des impacts. Par exemple, l'analyse de la macrofaune et de la méiofaune présentes dans les échantillons de sédiments devrait permettre d'établir une courbe d'accumulation des espèces. Il est en effet possible, à partir de cette courbe, d'estimer le nombre d'échantillons requis pour obtenir une évaluation fiable du nombre d'espèces. [Recommandation III.B.15.d) i)]

31. Des pratiques normalisées de fixation et de conservation des organismes devraient être appliquées, étant entendu que la fixation par formaldéhyde ou formaline ne convient pas pour tous les taxons. L'échantillonnage intermittent à l'aide d'un équipement prévu à cet effet devrait permettre de faire les prélèvements nécessaires dans différents habitats. Si l'on a recours à un robot télécommandé, il faut utiliser des conteneurs d'échantillons séparés (de préférence isothermes) équipés de couvercles fermés permettant d'éviter toute perte au cours de la remontée. La remontée des échantillons à la surface devrait avoir lieu idéalement dans un délai de trois heures pour les échantillons microbiens et de six heures au maximum pour les autres échantillons fauniques, ou dès que possible. Les carottes prélevées dans les habitats sédimentaires devraient être évaluées pour veiller à ce qu'elles soient d'une qualité suffisante (c'est-à-dire, par exemple, qu'elles ne se soient pas perturbées ou qu'elles ne subissent pas de pertes au cours de la récupération). Seuls les échantillons de bonne qualité devraient être traités. Une fois à bord, les échantillons devraient être traités sans tarder, c'est-à-dire être fixés et conservés immédiatement, ou maintenus dans des chambres froides le moins longtemps possible (pas plus de six heures avant le traitement et la conservation, surtout lorsque des analyses moléculaires sont prévues). [Recommandations III.B.15.e) ; III.B.17.e)]

32. Des méthodes de conservation différentes devraient être utilisées en fonction des taxons et des objectifs de l'étude, comme par exemple la congélation ou la conservation dans de l'éthanol absolu pour les analyses moléculaires ; la conservation dans de l'éthanol ou du formaldéhyde pour les études de taxonomie morphologique ; la congélation immédiate d'animaux entiers ou de tissus choisis pour les analyses d'isotopes stables et de métaux traces et les analyses biochimiques. En ce qui concerne le traitement et la conservation des échantillons :

a) **Mégafaune et macrofaune.** Il importe de réaliser les analyses moléculaires en même temps que les études de taxonomie morphologique. Les échantillons destinés aux analyses moléculaires devraient idéalement être triés vivants et photographiés avant tout traitement. Dans la mesure du possible, seul un échantillon de tissu devrait être prélevé afin de conserver un spécimen de référence pour pouvoir établir ultérieurement des comparaisons morphologiques. Les spécimens devraient ensuite être conservés dans de l'éthanol absolu. Il importe d'assurer la chaîne du froid à toutes les étapes du traitement pour conserver les spécimens. Les extractions d'ADN peuvent être effectuées à bord du navire d'exploration ou dans les locaux de l'institution d'attache, mais les analyses PCR (réaction en chaîne par polymérase) ne devraient pas être faites à bord, une contamination étant inévitable, ce qui compromettrait l'analyse des espèces rares et les matières recueillies au cours de campagnes ultérieures. Idéalement, les échantillons devraient être conservés à une température de -80 °C en vue de leur entreposage à long terme et archivés. Une fois les études visant à collecter des données de référence terminées, les spécimens de référence destinés aux études de

génétique moléculaire devraient être conservés dans des sites d'entreposage à long terme (musées d'histoire naturelle, archives centrales, instituts géologiques, etc.) ;

b) **Méiofaune.** Les échantillons tamisés de méiofaune peuvent être conservés au moyen d'une solution composée de diméthylsulfoxyde et d'éthylènediaminetétraacétate de disodium et saturée en sel, et ce jusqu'à ce qu'ils soient traités, notamment pour la préparation de lames d'observation temporaires, la capture vidéo dans le cadre d'études de taxonomie morphologique et le séquençage de l'ADN (selon les protocoles décrits dans la Technical Study No. 7 de l'Autorité) ;

c) **Micro-eucaryotes.** Les foraminifères (test rigide) devraient être séchés en vue de leur analyse morphologique ou conservés dans un agent stabilisant des acides nucléiques comme la solution RNAlater en vue de leur analyse moléculaire ;

d) **Microbiologie.** Les échantillons destinés à la microbiologie (micro-organismes, bactéries, archées, champignons, virus, micro-eucaryotes, etc.) doivent être prélevés à l'aide de dispositifs stériles. Un robot sous-marin télécommandé permettra un échantillonnage de meilleure qualité. Les échantillons doivent être ramenés à la surface le plus rapidement possible (dans un délai de trois heures au maximum), conservés au froid et traités immédiatement après leur récupération en milieu stérile. L'évaluation de la diversité devrait être réalisée au moyen de techniques de clonage ou de séquençage. La diversité microbienne devrait elle aussi être évaluée, au moyen de techniques de culture, en vue de décrire les nouvelles espèces. Des mesures de l'activité microbienne devraient être effectuées pour repérer les éventuels impacts des activités minières ;

e) **Échantillons d'ADN environnemental (ADNe).** L'ADN environnemental (ADNe) est un outil éprouvé de surveillance de la biodiversité reposant sur le séquençage métagénomique ou le séquençage d'amplicons (bactéries, archées, virus, champignons, protistes, méiofaune, etc.). Les échantillons destinés à un prélèvement d'ADNe sont collectés dans l'eau et les sédiments. L'ADN devra en être extrait et purifié dans des laboratoires terrestres de manière à éviter toute contamination croisée. La taille et la quantité des échantillons conservés doivent être adaptées aux conditions de l'habitat, car les quantités d'ADN varient selon la biomasse. Dans le cas des échantillons d'eau, la filtration doit être effectuée dans le laboratoire du navire, les particules capturées par le filtre étant ensuite archivées. La taille des pores de filtration dépend de la taille des cellules des organismes cibles. Les spécimens de sédiments et de filtres destinés à l'ADNe devraient être conservés à -80 °C. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.d) ii)]

33. Dans la mesure du possible, les organismes (organismes *in situ* et/ou vivants, matériel frais) devraient faire l'objet d'une documentation photographique en couleur, chaque photo étant clairement identifiée et légendée, car certaines caractéristiques (présence d'yeux, couleurs, etc.) risquent de disparaître une fois l'échantillon fixé. Ces photographies devraient être conservées dans des archives numériques. [Recommandations III.B.15.d) i) à iii) ; IV.A.19 ; IV.B.21]

34. Tous les échantillons et produits connexes (photographies, matériel conservé, séquences génétiques, etc.) devraient être accompagnés de renseignements sur leur collecte comprenant au minimum la date, l'heure, le procédé d'échantillonnage, la latitude et la longitude, la profondeur et l'identifiant de la campagne. [Recommandations III.B.15.d) i) à iii) ; IV.A.19]

35. L'identification et l'inventaire des échantillons, en mer ou en laboratoire, devraient être complétés par des analyses moléculaires et isotopiques, de manière à dresser une carte des réseaux trophiques. Pour les études sur les réseaux trophiques menées à l'aide de biomarqueurs, il importe également d'obtenir des échantillons congelés de sédiments (premier centimètre à partir de la surface et au-delà), de débris

provenant de la colonne d'eau (pièges à sédiments et filtration de la colonne d'eau) ou de tapis microbiens (par exemple dans les zones d'événements). Sauf impossibilité, des tableaux indiquant l'abondance des espèces et leur biomasse devraient être systématiquement établis. [Recommandations III.B.15.d) i) à iii) ; IV.A.19]

36. Des spécimens doivent être archivés aux fins de comparaison avec les désignations taxonomiques retenues sur d'autres sites et afin de pouvoir observer avec précision les changements dans la composition des espèces au fil du temps. Ces changements dans la composition des espèces, lorsqu'ils se produisent, sont parfois subtils ; il est donc essentiel dans ce cas de pouvoir se reporter aux spécimens originaux (qui peut-être n'avaient pas été identifiés avec certitude). Il est recommandé d'archiver les échantillons dans des collections nationales ou internationales et de trouver les financements nécessaires pour ce faire. Recommandations IV.A.19 ; IV.B.22]

37. Il est important au plus haut point de normaliser les méthodes et de diffuser les résultats. Les efforts de normalisation devraient notamment porter sur les instruments et l'équipement ; l'assurance de la qualité en général ; les protocoles de collecte d'échantillons ; les techniques de traitement et de conservation ; les méthodes de détermination et le contrôle de la qualité à bord des navires ; les protocoles d'analyse et de contrôle de la qualité dans les laboratoires ; le traitement des données et l'établissement des rapports. La normalisation des méthodes permettra de comparer les résultats sur plusieurs échelles spatiales et de mieux choisir les paramètres essentiels des activités de surveillance. [Recommandation IV.A.19]

38. Il convient d'évaluer les variations spatiales de la composition de la communauté biologique et des niveaux de connectivité avant de procéder à des essais d'extraction ou des essais d'éléments du système d'extraction. Il est important de connaître le degré d'isolement des populations qui occupent les gisements qui seront exploités et de savoir si une population donnée sert de stock de géniteurs critique pour d'autres populations. L'échantillonnage devrait si possible être réalisé sur trois sites de gisement, ainsi que dans des communautés témoins du secteur visé par le contrat. Ces sites devraient être séparés les uns des autres par une distance supérieure à celle que les retombées probables des activités minières devraient parcourir ; par exemple, le taux de dépôt des sédiments provenant du panache ne devrait pas être supérieur à 10 fois le taux de sédimentation naturel (par exemple, dans la zone de fracture de Clarion-Clipperton, > 0,1 mm/an) ou, dans le cas de la colonne d'eau, à une distance où la concentration de sédiments ne sera pas supérieure à 10 fois le niveau naturel. [Recommandations III.A.13 ; III.B.15.d) i) à iii) et viii)]

39. Différents types d'équipement d'échantillonnage peuvent être utilisés, suivant les caractéristiques de la colonne d'eau et du fond marin et la taille du biote à prélever. Les méthodes de collecte des données biologiques de référence doivent donc être adaptées à chaque situation. L'utilisation de carottiers multitubes dans des sédiments meubles permet d'obtenir des carottes dont la couche supérieure est le moins perturbée et de disposer de plusieurs carottes provenant de la même station, à répartir entre spécialistes utilisant des techniques différentes de détermination et de recensement de la faune. Les échantillons biologiques doivent être suffisamment grands pour offrir des échantillons de taille suffisante en termes d'abondance et de biomasse et donc pour produire de solides analyses statistiques. Cependant, dans les secteurs de faible densité faunique, comme dans les abysses de la zone de fracture de Clarion-Clipperton, il peut être nécessaire d'utiliser un carottier-boîte (0,25 m²) pour obtenir des échantillons de macrofaune pouvant être exploités à des fins statistiques. [Recommandations III.B.14 ; IV.A.19]

40. Les substrats durs – sulfures polymétalliques, encroûtements cobaltifères ou basalte, par exemple –, en particulier s'ils accueillent de petits organismes, ne se

prêtent guère à un échantillonnage quantitatif. Il faudra parfois recourir à plusieurs techniques de prélèvement, telles que le prélèvement par aspiration ou le prélèvement aléatoire d'organismes de plus grande taille et de roches de petite taille. Il est possible de calculer la superficie des roches en les enveloppant dans une feuille d'aluminium que l'on pèse par la suite (« foil weight method ») afin d'obtenir une analyse quantitative de la faune de petite taille qui y est accrochée. Il arrive que les transects vidéo ou photographiques soient les seuls moyens valables d'élaborer un tableau de l'abondance des espèces. Il est recommandé de procéder, pour tous les habitats, à des prélèvements d'échantillons de haute précision au moyen de robots télécommandés. Les surfaces rocheuses exposées peuvent être irrégulières ou présenter une forte pente, ce qui accroît la difficulté d'en obtenir une visualisation quantitative si l'on ne dispose pas d'un robot télécommandé. [Recommandations III.B.15.d) ; III.B.17 ; III.B.18]

41. Les données à recueillir et les méthodes à appliquer pour les différentes classes et échelles du biote des fonds marins sont les suivantes, étant entendu que les variations temporelles devraient être relevées sur une base au moins interannuelle :

a) **Mégafaune.** Les données relatives à la mégafaune, y compris les protistes (xénophyophores), à son abondance, à sa biomasse, à la structure de ses populations et à sa diversité devraient provenir de transects vidéographiques et photographiques à échelle visible (des lasers placés à intervalles fixes par exemple). Les images devraient avoir une résolution suffisante pour permettre d'identifier des organismes de plus de 2 centimètres dans leur plus petite dimension. L'espace couvert par les images devrait être d'au moins 2 mètres. La répartition des transects photographiques devrait être définie en tenant compte des particularités du fond marin, telles que la topographie, la variabilité des caractéristiques des sédiments ainsi que l'abondance et le type de gisement. Un appareil photographique à intervallo-mètre devrait être installé dans la zone étudiée pendant un an au moins pour examiner la dynamique physique des sédiments superficiels et la fréquence de leur remise en suspension, ainsi que le degré d'activité de la mégafaune sur le fond. L'identification des espèces devra être confirmée par des prélèvements de spécimens sur le site. Dans certains cas, cela pourra être fait par échantillonnage direct, en ciblant des zones qui se prêtent à la collecte de spécimens par des véhicules télécommandés le long de transects ou par de brèves manœuvres de remorquage de traîneaux, dragues ou chaluts de petite taille. Peu efficaces, les dragues et les chaluts peuvent s'avérer destructeurs dans les zones de sulfures actifs abritant une faune chimiosynthétique localisée. On évitera donc de les déployer dans ces zones. Des précautions devront également être prises dans certains environnements à encroûtements où les communautés formant des habitats (par exemple les coraux) peuvent être denses. Les prélèvements, notamment au moyen de pièges et de caméras appâtés, devront permettre d'identifier les éléments plus rares mais potentiellement importants de la mégafaune (poissons, crabes et autres organismes vagiles). Des spécimens représentatifs de ces organismes devraient être conservés aux fins d'analyses taxonomiques, moléculaires et isotopiques ; [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d) i) et ii) ; IV.B.22]

b) **Macrofaune.** Les données relatives à la macrofaune (maille de tamis de 300 μm^1), à son abondance, à sa biomasse, à sa diversité spécifique et à la structure de ses populations devraient être obtenues par analyse quantitative d'échantillons. Dans les sédiments meubles, des profils verticaux correspondant à une répartition en

¹ Les contractants peuvent continuer d'utiliser le même maillage de tamis qu'auparavant afin que les données restent compatibles entre elles. Un tamis de 300 μm sera préférable, les résultats obtenus pouvant alors être comparés aux données historiques. Si les contractants décident de continuer d'utiliser un tamis de 250 μm , l'interprétation des résultats nécessitera un étalonnage comparatif des deux maillages.

fonction de la profondeur (fourchettes suggérées : de 0 à 1 centimètre ; 1 à 5 centimètres ; et de 5 à 10 centimètres) devraient être obtenus au moyen de carottiers-boîtes (0,25 m²). C'est dans les environnements polymétalliques abyssaux, où les densités fauniques peuvent être faibles, que les carottiers-boîtes sont le plus efficaces. Les échantillons carottés peuvent être considérés comme représentatifs uniquement si les sédiments qu'ils contiennent ne risquent pas de se mélanger du fait de la présence de nodules. Même s'il y a des nodules dans la couche superficielle des sédiments de l'échantillon, la carotte peut être tranchée en couches. En revanche, s'il y a la moindre possibilité que les sédiments contenus dans la carotte aient été mélangés par des nodules enfouis pendant le prélèvement, seule la couche supérieure devrait être tranchée en un échantillon de 0 à 1 centimètre d'épaisseur, et cet échantillon ne devrait pas être considéré comme représentatif. Ce sont des échantillons prélevés par carottier-boîte entiers qui devraient être utilisés, et ils ne devraient pas avoir été détaillés ou divisés de manière excessive. Des spécimens de la faune présente sur la surface et dans les crevasses des nodules de manganèse devraient être mis de côté et correctement conservés. Dans les milieux sédimentaires de l'étage bathyal, un mégacarottier pourra être utilisé. Les protocoles de traitement des échantillons sont similaires à ceux du carottier-boîte. Des échantillons de macrofaune pourront également être prélevés dans des sédiments meubles à l'aide d'un traîneau épibenthique modifié. Ces échantillons pourront être utiles aux études sur la biodiversité, en particulier celles qui s'intéressent à l'analyse moléculaire ; [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d) i) et ii) ; IV.B.22]

c) **Méiofaune métazoaire.** Les données relatives à la méiofaune métazoaire (maille de tamis de 32 µm), à son abondance, à sa biomasse et à la structure de ses populations devraient être obtenues par analyse quantitative d'échantillons. Chaque fois que possible, il faudrait déployer un carottier multitube équipé de tubes de 10 centimètres pour prélever des échantillons de méiofaune dans les systèmes sédimentaires. Il est suggéré de déployer un minimum de trois carottiers multitubes par station. On réservera au moins une carotte (complète) de chaque déploiement à la méiofaune métazoaire et au moins une autre à la méiofaune moléculaire. Il faudrait analyser la couche supérieure de chaque carotte comprise entre 0 et 5 centimètres (en raison des problèmes éventuels liés aux nodules enfouis), à moins que des analyses d'ADN environnemental ne soient prévues, auquel cas l'analyse ne portera que sur la couche supérieure comprise entre 0 et 2 centimètres. Si des nodules sont présents, ils devraient être retirés et répertoriés et les sédiments devraient être sectionnés en dessous d'eux ; [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d) i) et ii) ; IV.B.22]

d) **Méiofaune foraminifère.** Les données relatives à la méiofaune foraminifère, à son abondance, à sa biomasse et à la structure de ses populations devraient être par analyse quantitative d'échantillons carottés. Un tamis de 125 µm est recommandé. Une communauté foraminifère peut être analysée soit par tri des spécimens et identification microscopique, soit par analyse de l'ADN environnemental (ADNe) des sédiments. Les carottes destinées à l'analyse de spécimens devraient être tranchées en sections de 1 centimètre d'épaisseur sur une profondeur maximale de 5 centimètres, sauf si elles contiennent des nodules enfouis, auquel cas on se limitera à la partie supérieure comprise entre 0 et 1 centimètre ; pour les analyses d'ADN environnemental, il n'est pas nécessaire de trancher et d'examiner séparément chaque couche de sédiments ; [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d) i) et ii) ; IV.B.22]

e) **Microbiote.** La communauté microbienne joue un rôle important dans les cycles biogéochimiques et les fonctions écosystémiques (avec par exemple la reminéralisation de la matière organique, le renouvellement des nutriments et les réseaux trophiques de communautés benthiques). La biodiversité microbienne peut

être évaluée à l'aide de méthodes moléculaires fondées sur le séquençage de l'ADN environnemental. On pourra procéder à des prélèvements dans les habitats sédimentaires à l'aide d'un matériel d'échantillonnage classique (par exemple un carottier multiple ou un carottier manuel monté sur un véhicule télécommandé). Les prélèvements devraient être ensuite échantillonnés à bord et congelés à -20 °C (ou à -80 °C) ou conservés dans un tampon de préservation d'ADN approprié, pour extraction ultérieure du matériel génétique en laboratoire. Le séquençage du matériel moléculaire devrait être réalisé à l'aide de méthodes à haut débit (séquençage Illumina par exemple). Si ces techniques se prêtent plus particulièrement aux écosystèmes de sédiments meubles, elles sont également indiquées dans le cas des communautés évoluant sur les fonds durs et dans la colonne d'eau. La métagénomique ciblée (ou métabarcodage) axée sur les marqueurs taxonomiques tels que le gène de l'ARN ribosomique devrait s'appuyer sur l'ARN et le matériel ADN, de sorte à distinguer le signal des espèces vivantes de celui du matériel mort et ancien, et à tenir compte des niveaux d'activité des différentes espèces. Les analyses métabolomiques sont de plus en plus rapides et répandues, et leur coût diminue. En intégrant des informations sur les métabolites dans l'analyse de la diversité taxonomique et génétique, on enrichit les fonctions et services écosystémiques de nouveaux indicateurs quantitatifs. L'activité métabolique microbienne devrait être déterminée à l'aide d'une respirométrie *in situ* des communautés de sédiments ou d'un autre test standard adapté aux métabolismes présents. Dans les sédiments meubles, les profils verticaux obtenus devraient respecter les intervalles suggérés pour l'échantillonnage de 0 à 1 centimètre, 1 à 2 centimètres, 2 à 3 centimètres, 3 à 4 centimètres et 4 à 5 centimètres. Un tube de carottier multitube par station peut être utilisé à cette fin ; [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d) i) et ii) ; IV.B.22]

f) **Biote des nodules.** Le biote vivant sur et dans les nodules devrait également être échantillonné et caractérisé à partir de nodules sélectionnés extraits de la partie supérieure des carottiers-boîtes ou prélevés par véhicule télécommandé. Les grands nodules présentant des morphologies complexes devraient être fractionnés et tout biote vivant dans leurs structures devrait être trié, extrait et analysé ; [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d) i) et ii) ; IV.B.22]

g) **Poissons et détritivores démersaux.** L'échantillonnage des poissons démersaux exige d'avoir recours à plusieurs techniques différentes qui renseigneront sur la composition et l'abondance relative des espèces. Il est recommandé d'effectuer des relevés photographiques en association avec le déploiement d'observatoires munis d'appâts ou avec des transects par véhicules télécommandés. Le cas échéant, la capture directe par de petits chaluts ou traîneaux peut être envisagée pour les espèces se déplaçant lentement (voir toutefois l'alinéa d) du paragraphe 42) [Recommandation III.B.15. d) iii)]. Les observatoires benthiques sont généralement utilisés pour déployer, pendant de courtes périodes, des caméras et des pièges appâtés qui renseignent sur la composition des espèces de la communauté. Les caméras et les observatoires devraient être disposés sur une série de profondeurs différentes (pour les sulfures polymétalliques et les encroûtements cobaltifères) et dispersés géographiquement (pour les nodules polymétalliques) pour mesurer la variabilité dans l'espace et selon la profondeur. On pourra également avoir recours à des pièges appâtés de courte durée (de 24 à 48 heures) pour étudier les populations d'amphipodes et d'autres communautés de crustacés nécrophages. [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d)].

42. Là où existe une probabilité élevée de rejets dans la colonne d'eau, que ces rejets soient de nature accidentelle ou surviennent dans le cadre des activités normales, il faudrait procéder à une caractérisation préalable de la communauté pélagique. La structure de cette communauté, y compris les poissons, à la hauteur du panache de rejets et à différentes profondeurs en dessous de lui, devrait être évaluée avant tout

essai d'extraction. La communauté pélagique de la couche limite benthique devrait elle aussi être caractérisée, au moyen de filets de profondeur intermédiaire à ouverture/fermeture proche du fond, de mouillages de pompes à plancton, de pièges à sédiments ou d'un échantillonnage réalisé par véhicule télécommandé ou par d'autres techniques similaires. Si par contre un système intégré de liaison fond-surface et d'évacuation des rejets réussissait à réduire au minimum les pertes de matériaux dans la colonne d'eau, l'échantillonnage pélagique devrait alors porter principalement sur les profondeurs touchées par un éventuel panache de sédiments venus du fond, les profondeurs auxquelles les déchets seront rejetés et les profondeurs auxquelles la pollution acoustique (provoquée par le broyage des minéraux sur le fond marin, par exemple) dépasse sensiblement les niveaux sonores naturels : [Recommandations III.A.13 ; III.B.14 ; III.B.15.d) iii)]

a) **Phytoplancton et production primaire.** La composition du phytoplancton, sa biomasse et sa production, ainsi que la biomasse et la productivité du plancton bactérien devraient être mesurées, de même qu'il conviendra d'étudier la variation temporelle des échelles saisonnières et interannuelles. S'il se révèle difficile dans la pratique de mesurer ces éléments sur plusieurs années, les données de télédétection (chlorophylle a et couleur de l'océan) pourront néanmoins apporter des informations utiles sur les niveaux de productivité en surface et leur analyse pourra alors remplacer l'échantillonnage spécifique du phytoplancton ou enrichir les programmes menés sur le terrain. L'étalonnage et la validation des données de télédétection sont essentiels ; [Recommandations III.A.13 ; III.B.15.d) iii) ; IV.B.22]

b) **Zooplancton (holoplancton et méroplancton).** Les prélèvements sont généralement effectués au moyen de filets ou, dans les eaux plus profondes, de pompes à plancton. Entre la surface et 200 mètres de profondeur, on pourra utiliser un « filet Bongo », qui fait partie de l'équipement classique (mais qui amalgame les échantillons entre ces deux profondeurs). Il est recommandé d'utiliser un filet avec un cul de chalut à mailles de 350 μ et un autre à mailles de 200 μ . Un débitmètre sera fixé sur le cadre de l'équipement, de sorte à pouvoir mesurer la quantité d'eau filtrée. Les filets Bongo ne sont pas indiqués pour le prélèvement des poissons mésopélagiques, ces derniers étant capables de les éviter. Pour les échantillonnages au-delà de 200 mètres de profondeur, on aura recours, de préférence, à un matériel capable de fournir un ensemble de données ventilées selon la profondeur qui permettront d'évaluer les impacts probables des opérations d'extraction et des panaches de particules sédimentaires. La densité du zooplancton étant faible à plus grande profondeur, le volume de l'échantillon doit souvent être important afin que le plancton soit recueilli en quantité suffisante pour que l'on puisse déterminer sa composition et son abondance. Des systèmes de filets ouvrant-fermant multiples sont nécessaires (avec des mailles de 64 μ m à 3 mm, selon l'objectif visé et les organismes recherchés). Il s'agit d'une série de filets individuels qui peuvent être ouverts et fermés successivement à différentes profondeurs (par contrôle acoustique ou préprogrammé), tels que le MOCNESS ou le MultiNet. Il est très important que les traits aient lieu à différentes profondeurs et aient une visée quantitative. Dans le cadre d'un échantillonnage quantitatif, pour déterminer la composition et l'abondance du zooplancton, ainsi que sa variabilité selon la profondeur ou le site, on aura recours à des traits verticaux et horizontaux/obliques. Lorsque l'échantillonnage porte sur des couches de faible profondeur (par exemple, lorsqu'il est effectué à proximité du fond ou vise des couches particulières de dispersion des ondes sonores), on aura recours à des traits et à des équipements horizontaux. D'autres techniques existent, qui ne capturent pas physiquement le zooplancton. Ainsi, par exemple, le profilage vidéographique sous-marin fait appel à un enregistreur optique pour quantifier le plancton gélatineux fragile et le plancton filtreur, qui ne se prêtent pas bien à un échantillonnage par filet. L'échantillonnage acoustique pourra également être

envisagé. Il est recommandé de prélever le zooplancton à différentes profondeurs, qui pourront varier selon le site et le type de ressource, mais respecteront les intervalles suivants : de la surface à 50 mètres ; de 50 à 100 mètres ; de 100 à 200 mètres ; de 200 à 500 mètres ; de 500 à 1 000 mètres ; plus de 1 000 mètres (le cas échéant, et en fonction du contexte environnemental) ; du fond jusqu'à 10 mètres de hauteur (couche épibenthique). La couche située à proximité du fond pourra être échantillonnée à l'aide de filets à plancton, qui devront toutefois être munis d'émetteurs acoustiques, de profondimètres ou d'altimètres précis, montés sur le cadre de l'équipement pour réduire le risque de dommages lors des contacts avec le fond. Cette couche pourra également être échantillonnée à l'aide de filets à plancton montés sur des traîneaux remorqués sur le fond marin (par exemple, le « traîneau Brenke »). Les pompes à plancton mouillées près du fond marin pourront également fournir des échantillons quantitatifs de zooplancton à des hauteurs très précises au-dessus du fond ; quant aux pièges à sédiments mouillés, ils peuvent fournir des échantillons qualitatifs ; [Recommandations III.B.15.d) iii) ; IV.B.22]

c) **Zooplancton gélatineux.** Le zooplancton gélatineux constitue une part importante de la biomasse du plancton, de son abondance et de sa diversité, depuis la couche épipélagique jusqu'à la couche abyssopélagique, y compris la couche limite benthique. Souvent suspensivore (et donc potentiellement sensible aux panaches de particules sédimentaires), c'est un transformateur important de particules qui crée et élimine des particules s'enfonçant dans la colonne d'eau. Les outils optiques (les profileurs vidéographiques sous-marins par exemple) ou les transects par véhicule sous-marin autonome et véhicule télécommandé sont les meilleurs outils pour étudier le zooplancton gélatineux. Ils devraient être placés le long de la colonne d'eau à des intervalles de profondeur similaires à ceux des filets remorqués ; [Recommandations III.B.15.d) iii) ; IV.B.22]

d) **Necton.** Il existe plusieurs « types » de nectons qui peuvent être associés aux zones contenant des ressources minérales et qu'il faudra peut-être prendre en compte, en fonction des profondeurs auxquelles les rejets sont effectués ou les panaches de particules sédimentaires issus d'activités minières se déploient. Ce sont les poissons épipélagiques, que l'on trouve généralement dans les 300 mètres supérieurs de la colonne d'eau et qui sont souvent gros et rapides (les thons par exemple) ; les poissons de surface plongeant à de grandes profondeurs, tels que les raies manta et certaines espèces de requins ; les poissons mésopélagiques, les crevettes et les calmars de petite et moyenne taille (c'est-à-dire les micronectons) qui effectuent des migrations verticales synchrones ou asynchrones (une partie seulement de la population totale) ; le necton non migrateur qui reste, de jour comme de nuit, à des profondeurs mésopélagiques ou bathypélagiques ; les poissons benthopélagiques qui peuvent vivre et migrer de plusieurs mètres à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du fond marin. Ces types de necton nécessitent différentes approches et certains sont très difficiles à étudier, même avec un équipement sophistiqué d'acoustique de pêche ou d'échantillonnage au chalut. Toutefois, une étude directe peut ne pas être nécessaire pour certains d'entre eux, en fonction des caractéristiques du secteur couvert par le contrat ; [Recommandations III.B.15.d) iii) ; IV.B.22]

e) **Micronecton mésopélagique.** Les micronectons mésopélagiques (lanternules, poissons hachettes, crevettes sergestides et cranchiidés par exemple) sont généralement de petite taille (de 2 à 20 cm). Ils peuvent être détectés et leur biomasse relative estimée au moyen de transducteurs acoustiques à fréquences relativement élevées sur des distances de plusieurs centaines de mètres. Ils peuvent être prélevés par des échantillonneurs de zooplancton plus grands (un filet MOCNESS de 10 m par exemple). Ils se prennent peu dans les filets verticaux, mais si l'on utilise des filets ouvrant-fermant plus grands, on pourra capturer ces espèces plus petites. Leur distribution en fonction de la profondeur peut être déterminée en déployant des filets

à différentes hauteurs dans la colonne d'eau, correspondant aux intervalles indiqués à l'alinéa b) du paragraphe 42 ci-dessus ; [Recommandations III.B.15.d) iii) ; IV.B.22]

f) **Taxons mésopélagiques de plus grande taille.** Ces taxons doivent être échantillonnés à l'aide de chaluts semi-hauturiers, ce qui est difficile pour les navires qui ne sont pas conçus pour la pêche. La technique de l'échantillonnage acoustique peut cependant leur être appliquée. Des transducteurs de moyenne fréquence (38 kHz est une valeur habituelle) montés sur la coque du navire peuvent mesurer efficacement la densité d'animaux de profondeur intermédiaire (le micronecton, qui comprend le zooplancton de plus grande taille, des poissons mésopélagiques, des calmars, etc.) à partir de la dispersion des ondes sonores à des profondeurs allant de 100 à 1 500 mètres, en fonction de la structure de la colonne d'eau et du niveau de « silence acoustique » du navire. Ces données peuvent fournir une mesure de la rétrodiffusion acoustique totale, que l'on pourra utiliser pour estimer la biomasse, mais qui nécessitera tout de même une observation ou un échantillonnage direct afin de déterminer la composition des espèces et des taxons. Les filets d'échantillonnage sont généralement bifilaires et traînés à une vitesse de 3 à 6 nœuds ; [Recommandations III.B.15.d) iii) ; IV.B.22]

g) **Poissons.** Les poissons plus gros qui vivent à proximité immédiate du fond marin apparaîtront probablement au moins dans certains relevés photographiques. Comme de nombreux poissons (mais pas tous) ont tendance à plonger vers le fond lorsqu'ils sont dérangés dans les eaux de profondeur intermédiaire, il suffit parfois qu'un véhicule télécommandé ou une caméra montée sur plateforme remorquée s'approche d'eux pour qu'ils entrent dans le champ visuel. On peut obtenir ainsi des informations sur la composition des espèces, mais ces informations n'auront pas de valeur quantitative. [Recommandation III.B.15.d) iii)] ;

43. **Bruit.** Des données de référence devront être recueillies pour déterminer les niveaux de bruit de fond dans les profils verticaux de la colonne d'eau, depuis la surface jusqu'au fond. Pour ce faire, on pourra avoir recours aux capteurs équipant les sondes conductivité-température-profondeur (CTD). L'analyse de ces données devrait comprendre une estimation des profondeurs du canal SOFAR, qui conduit efficacement le bruit (et constituerait un intervalle de profondeurs de référence pour la réduction du bruit). Pour déterminer la variabilité temporelle des niveaux de bruit ambiant, des enregistreurs acoustiques sous-marins autonomes, dont plusieurs sont disponibles dans le commerce (par exemple, les modèles EARS ou HARP), devront être déployés sur des mouillages, en complément d'autres équipements similaires, et être laissés en place pendant un an. [Recommandations III.A.13 ; III.B.14]

44. **Migration verticale.** Compte tenu de la dynamique verticale de la migration du zooplancton et du necton mésopélagiques, l'échantillonnage devrait être effectué de jour comme de nuit si l'on veut déterminer la variation de la distribution verticale. Des traits de chalut devraient être effectués à des profondeurs supérieures à la hauteur probable du panache, ainsi qu'à plusieurs profondeurs à l'intérieur de celui-ci, et être répétés dans le temps pour tenir compte des migrants verticaux. Les profondeurs retenues devront être propres à chaque site, mais les intervalles de profondeurs généraux indiqués à l'alinéa b) du paragraphe 42 ci-dessus constitueront un bon point de départ. Au moins trois passages devront être effectués pour chaque profondeur afin de fournir les informations voulues sur la variabilité faunique à la profondeur considérée du secteur concerné. [Recommandation III.B.15.d) iii)] ;

45. **Les métaux traces et éléments potentiellement toxiques** présents dans les muscles et les organes cibles des poissons et invertébrés démersaux les plus répandus devraient être mesurés. Cette opération devrait être répétée plusieurs fois avant le début des essais d'extraction (afin de mesurer la variabilité naturelle), puis au moins une fois par an pour repérer les modifications éventuellement induites par ces essais.

Il pourra s'avérer nécessaire de conjuguer des activités de surveillance et des expériences à bord et en laboratoire pour trouver une solution, avant les essais d'extraction, aux impacts écotoxicologiques qui pourraient surgir, et notamment aux impacts sur le phytoplancton et le zooplancton ou sur le necton qui les consomme, si le panache de rejets est produit à la surface de la mer ou à une profondeur intermédiaire. Des analyses biologiques utilisant la fluorescence retardée des microalgues pourront être réalisées à bord pour vérifier la qualité de l'eau de mer. Une série limitée de métaux traces communs (arsenic, le chrome, cuivre, cadmium, plomb, mercure, nickel et zinc par exemple) est généralement utilisée pour établir un profil témoin de la présence potentielle de contaminants préoccupants. Cette série doit être élargie à d'autres éléments lorsque l'établissement des profils témoins concerne des activités d'extraction dans des secteurs où l'on recherche des terres rares. Toutefois, une évaluation de la toxicité brute d'une ressource (ou d'un rejet) pourrait être plus pratique. Mesurer la bioconcentration de contaminants bioaccumulés dans des spécimens d'une espèce échantillonnés selon un certain gradient depuis les sites impactés jusqu'à des sites témoins lointains pourra être une bonne méthode d'évaluation initiale. [Recommandation VI.D.40.f)]

46. La durée des études environnementales devrait dépendre du milieu étudié. Ces études devront s'étendre sur une période suffisamment longue et s'accompagner d'échantillonnages réguliers afin de mettre en évidence les variations saisonnières et interannuelles ainsi que d'autres événements pertinents qui pourraient être épisodiques et extrêmes. Ainsi, les marées ont une incidence sur la manière dont les panaches de particules sédimentaires se déposent. Les variations temporelles doivent être étudiées sur au moins un site d'essai d'extraction minière ainsi que dans la zone témoin de préservation, selon la terminologie retenue arrêtée avant les essais (idéalement, ce serait au moins une fois par an pendant trois ans au moins). Les études consacrées aux variations temporelles doivent être examinées par l'Autorité avant le début des essais. Lorsqu'elles portent sur le fond marin, elles doivent s'appuyer sur une documentation vidéographique ou photographique, ainsi que sur des données de courantmètre. Lorsqu'elles portent sur des gisements de sulfure, il faut consigner les températures et prélever des spécimens sur les sous-habitats. De simples appareils photographiques d'observation du fond prenant des vues et relevant les températures des effluents quatre à cinq fois par jour pendant un an fournissent des données temporelles de haute résolution. Chaque fois que possible, on procédera à des études de l'écosystème qui porteront notamment sur le taux de croissance, le taux de recrutement et le statut trophique des taxons dominants, afin de disposer d'informations sur les fonctions écosystémiques, la structure trophique et la résilience des assemblages aux perturbations. Lorsque plusieurs sites d'essai d'extraction minière ont été identifiés, le contractant doit évaluer la mesure dans laquelle les études des variations temporelles menées sur un site sont applicables à un autre ; cette évaluation devrait être examinée à son tour par l'Autorité. [Recommandations III.B.15 ; VI.B.33 à 35]

47. Un effort de normalisation de la taxonomie doit être fait. Pour faciliter l'identification des organismes marins, il faut que les grands laboratoires et les grandes collections qui procèdent à l'étude taxonomique de ces organismes échangent leurs codes, clefs, dessins et séquences. Dans l'idéal, les contractants d'une même région harmoniseront leurs travaux dans ce domaine. Les connaissances en matière de taxonomie sont très limitées, même en ce qui concerne de grands groupes fauniques (poissons, mollusques, crustacés, coraux, éponges, annélides et échinodermes par exemple). Il importe de faire l'inventaire taxonomique de toutes les espèces présentes sur chaque site, et le meilleur moyen d'y parvenir est de créer des centres ou groupes d'experts qui travailleront de manière collaborative. La taxonomie par numéros (espèce 1, espèce 2, etc., par exemple), à condition que des règles cohérentes soient appliquées et que l'on conserve des spécimens de référence, constitue certes une bonne

base pour les études visant à collecter des données de référence, mais il n'en reste pas moins que la taxonomie classique et la taxonomie moléculaire doivent être elles aussi pratiquées par le contractant, soit directement soit dans le cadre de programmes de recherche collaborative. La taxonomie moderne implique d'avoir recours aux méthodes moléculaires. Les codes-barres, ou séquences d'ADN propres à l'identification des espèces, ainsi que les informations morphologiques, permettent d'identifier les espèces de manière plus précise et homogène. Pour maintenir le lien entre identification morphologique et identification moléculaire, il est recommandé de procéder à une taxonomie inverse. La taxonomie inverse est un procédé au cours duquel la ou les séquences de gènes sont utilisées comme des codes-barres et le spécimen d'où est extrait le matériel moléculaire est représenté par une image et sa morphologie décrite. Les deux types d'informations sont ensuite publiés ensemble dans une revue scientifique et ajoutés à des banques de données internationales (GenBank par exemple). Ces descriptions peuvent contribuer à identifier les spécimens collectés par des programmes d'échantillonnage antérieurs. Les méthodes moléculaires progressent rapidement et toutes les études du biote, notamment celles des micro-organismes, pourront être réalisées beaucoup plus vite et de manière beaucoup plus économique qu'aujourd'hui. Les séquences moléculaires doivent être déposées dans GenBank ou dans des banques de données analogues internationalement reconnues. Les spécimens de référence et les échantillons moléculaires, y compris les extraits d'ADN, doivent être conservés dans un centre reconnu, par exemple un musée d'histoire naturelle, pour pouvoir être mis plus largement à la disposition des chercheurs. [Recommandations III.B.14 ; III.B.15.d) i) à iii) et vii) ; IV.A.22]

48. Pour les organismes de très petite taille (bactéries, archées, protozoaires et métazoaires micro- et méiofauniques), les analyses métagénomiques par séquençage à haut débit (de prochaine génération ou NGS) sont de plus en plus courantes. L'archivage des échantillons de sédiments congelés (à -80°C) en vue d'analyses ultérieures est simple et relativement peu coûteux, si bien qu'il peut être mis en œuvre immédiatement, quelles que soient les possibilités actuelles de financement ou les compétences en bioinformatique disponibles. Un plan de gestion des données clair et efficace pour l'annotation, le stockage et le partage des données moléculaires devra être mis au point pour les projets utilisant les protocoles de séquençage de prochaine génération. Un tel plan est particulièrement nécessaire pour pouvoir cataloguer la diversité et recueillir les métadonnées associées aux échantillons de sédiments congelés, et pour automatiser et optimiser les processus opérationnels futurs liés autant au traitement par voie humide en laboratoire qu'aux analyses bioinformatiques ou statistiques. [Recommandations III.B.15.d) ii) à iii) ; III.B.17.c) ; VI.D.40.b)]

49. Les données sur l'état de la faune recueillies après les essais d'extraction ou les essais des éléments du système d'extraction sont indispensables pour obtenir des informations sur les capacités de récupération des espèces benthiques touchées par les effets d'une activité minière. Ces données doivent inclure des échantillons prélevés avant et après les essais à proximité immédiate du site, ainsi qu'à des distances prédéterminées du site, pour mesurer l'impact du panache benthique, puis à des intervalles répétés une fois les essais terminés. Ces études d'impact peuvent être effectuées de manière collaborative. Recommandation VI.D.40.b) à d)]

50. De même, des informations sur les effets du panache de rejets sur la faune pélagique devraient être recueillies au moyen d'études temporelles de conception similaire à celle des études sur les capacités de récupération des espèces benthiques (voir ci-dessus), ainsi que par l'observation de phénomènes naturels inhabituels tels qu'une mortalité massive de poissons ou la présence de concentrations inhabituelles de poissons, de mammifères marins, de tortues ou d'oiseaux. Recommandation VI.D.40.d)]

51. **Mammifères marins, oiseaux, tortues et requins.** Il importe de savoir si des espèces sensibles ou protégées de ce type sont présentes dans la région où l'exploitation minière est envisagée. Pour que des observations enregistrées pendant le transit vers les secteurs d'exploration, à l'intérieur de ces secteurs ou entre deux stations puissent être utiles, il faut qu'elles aient été faites de façon systématique, que ce soit par une seule personne ou par une équipe de deux personnes. Cela peut être fait en appliquant, par exemple, le protocole bien connu d'observation des mammifères marins mis au point par le Joint Nature Conservation Committee du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, ou le protocole mis au point pour le projet Edokko Mark 1 (protocole n° 4 de la collection du Programme de promotion de l'innovation stratégique (SIP) du Conseil japonais pour la science, la technologie et l'innovation, ou SIP Protocol Series n° 4). Dans la mesure du possible, le registre des observations de mammifères, de requins, de tortues et d'oiseaux de mer sera accompagné de photographies. Ces observations directes donneront une idée de l'importance de la présence des mammifères marins dans le secteur visé par le contrat, mais elles devront s'accompagner d'autres informations sur le comportement probable des espèces observées dans la région. Les habitudes migratoires saisonnières de nombreuses espèces sont connues et des données de suivi existent pour certaines zones. Les études sur le bruit ambiant le long de la colonne d'eau et sur les niveaux de production de bruit qui devraient résulter des activités minières constituent d'autres sources d'informations particulièrement utiles concernant les impacts à prévoir sur les mammifères marins. [Recommandation III.B.15.d) vi)]

Bioturbation

52. S'agissant de la bioturbation, les données à collecter sont celles qui concernent les taux de sédimentation « naturelle », y compris la « variabilité naturelle spatiale et temporelle », qui permettent de modéliser et d'évaluer l'effet des activités d'extraction sur les processus de sédimentation. Les taux et les profondeurs de bioturbation (le remaniement des sédiments par les organismes) doivent être mesurés pour analyser l'importance de l'activité biologique avant une extraction perturbante ; ils peuvent être évalués à partir de profils d'activité du Pb-210 en excès, en tenant compte de la variabilité dans le sédiment. L'activité du Pb-210 en excès devrait être mesurée à au moins six niveaux par carotte (profondeurs suggérées : de 0 à 0,5 cm et de 0,5 à 1 cm ; de 1 à 2 cm et de 2 à 3 cm ; de 3 à 5 cm ; de 5 à 7 cm ; de 7 à 9 cm), et sur au moins quatre carottes par site (obtenues au moyen de différents prélèvements par carottier multitubes, par exemple). Les coefficients (Db) et les profondeurs de bioturbation (couche remaniée) devront être déterminés à l'aide de modèles standard d'advection ou de diffusion-réaction, mais il pourra être nécessaire de prendre en considération des termes d'échange non locaux. D'autres méthodes peuvent être utilisées, comme l'analyse du Th-234 en excès ou celle des images de profils sédimentaires. [Recommandation III.B.15.e)]

Flux vers les sédiments

53. En ce qui concerne les flux vers les sédiments :

a) Des données de référence seront recueillies pour modéliser et évaluer les effets du panache de rejets. Compte tenu de l'importance écologique, pour le cycle alimentaire des organismes benthiques, du flux de sédiments se déplaçant depuis la colonne d'eau supérieure vers le fond, il est indispensable de caractériser le flux de matières dans la couche d'eau intermédiaire et le flux de matières se dirigeant vers le fond pour pouvoir faire une comparaison avec les effets des panaches de rejet des résidus d'extraction. Une fois connues les vitesses de sédimentation in situ des particules libérées lors des essais du système d'extraction ou d'éléments de ce système, aussi bien à profondeur intermédiaire que dans les panaches de rejets et dans

les panaches de perturbation à proximité du fond, il sera plus aisé de vérifier et d'améliorer les prédictions des modèles mathématiques de dispersion des panaches benthiques et des panaches de profondeur intermédiaire. Ces informations répondent aux préoccupations qui ont été exprimées concernant les effets du panache de rejets et du panache d'extraction sur les biotes benthiques et sur les organismes pélagiques vivant dans la couche limite benthique ;

b) Il est recommandé de procéder au mouillage de pièges à sédiments, avec un piège au-dessous de 2 000 mètres pour caractériser le flux de matières provenant de la zone euphotique, un piège à environ 500 mètres du fond et un piège à 10 mètres du fond dans la couche limite benthique, pour obtenir des données de référence sur le flux de matières dans la colonne d'eau et le flux de matières atteignant le fond. Les pièges devraient rester en place suffisamment longtemps et les échantillons devraient être prélevés chaque mois afin d'examiner les variations saisonnières des flux et d'en évaluer les variations interannuelles, en particulier entre les années à phénomène climatique (El Niño, La Niña, etc.). Ils peuvent être placés sur les mêmes mouillages que les courantomètres décrits plus haut, si cela est faisable (et en prenant soin que les mouillages ne s'affaissent pas). La résolution temporelle des mesures de flux de particules doit être d'un mois au moins, et la série chronologique néphélométrique devrait être enregistrée sur les pièges à sédiments. [Recommandations III.A.13 ; III.B.15.f)].

Gestion des données

54. La section IV des recommandations traite de la collecte et de la communication des données. Il est recommandé que les techniques de collecte et d'analyse soient conformes aux pratiques optimales, par exemple celles de la Commission océanographique intergouvernementale de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) – qui peuvent être obtenues auprès des centres mondiaux de données et des centres nationaux responsables des données océanographiques – ou à celles qui sont recommandées par l'Autorité. Il devrait être possible d'accéder en ligne, par l'entremise de l'Autorité, à l'inventaire des ensembles de données fournis par chaque contractant. [Recommandation IV]

55. Les profils écologiques témoins et les programmes de surveillance constituent une source majeure de données et de connaissances. Un dispositif d'archivage et de recherche des données aiderait l'ensemble des contractants dans leur recherche d'indicateurs écologiques significatifs. Des synthèses des données obtenues et de l'expérience acquise faciliteraient la tâche de tous les contractants. Un accès généralisé aux données améliorera la fiabilité des modèles et permettra :

- a) De définir des bonnes pratiques ;
- b) De définir une conception commune de la gestion des données ;
- c) De procéder à des échanges multilatéraux d'idées et de données conduisant à une véritable coopération internationale ;
- d) D'éviter à tous des pertes de temps, d'efforts et d'argent en portant les échecs éventuels à la connaissance de tous les intéressés ;
- e) De faire des économies en réduisant les campagnes de mesure de certains paramètres déjà connus. [Recommandations IV ; V].

56. Ces modèles pourront alors être validés et ajustés en les rapportant aux données d'observation recueillies sur le terrain et pourront ensuite se substituer partiellement à de coûteuses campagnes de collecte de données. De plus, certains secteurs d'exploration concédés peuvent être situés à proximité, immédiate ou non, d'autres secteurs concédés, ce qui est une raison de plus pour ouvrir à tous l'accès aux données

recueillies et mutualiser les efforts de modélisation, pour éviter que les activités menées dans des secteurs voisins ne se gênent réciproquement et pour que les impacts éventuels de l'extraction minière sur l'environnement puissent être évalués sans qu'il soit nécessaire de reproduire toutes les étapes de leur évaluation. [Recommandations V ; VI.C.38.e)]

Recherche collaborative

57. La section V des recommandations traite de la recherche collaborative et des lacunes qu'il s'agirait de combler. Les années qui viennent de s'écouler ont vu une véritable révolution des connaissances et des techniques relatives aux grands fonds marins. Un certain nombre d'instituts de recherche mènent sur toute la planète des programmes de recherche ambitieux. Détenteurs de connaissances scientifiques et biologiques approfondies, ils pourraient être disposés à s'associer aux contractants pour réaliser certaines des études environnementales requises. Ils pourraient fournir du matériel d'échantillonnage, partager leurs connaissances spécialisées et aider aux prélèvements dans des zones isolées. [Recommandation V]

58. La recherche collaborative peut faciliter l'établissement de profils témoins de la variabilité naturelle à partir des données géologiques et biologiques et autres données environnementales recueillies dans des secteurs déterminés, sur des échelles allant des sites miniers envisagés dans un secteur d'exploration donné jusqu'à de vastes régions. [Recommandation V]

59. L'établissement de partenariats entre les milieux scientifiques et les contractants permettrait d'enrichir les collections de spécimens de référence, les bases de données de séquençage des gènes, les analyses et l'interprétation des isotopes stables et les photothèques d'espèces et de spécimens. Les données scientifiques de base obtenues en partenariat devraient permettre d'acquérir de façon plus économique des informations utiles à la planification des travaux de développement et à la prise de décisions et de repérer rapidement tout effet significatif sur l'environnement ou tout autre problème environnemental avant et pendant les essais d'extraction minière. Elles peuvent aider à trouver des solutions avec un minimum de polémique quant aux façons de procéder. [Recommandation V.30]

60. Les effets de l'activité minière sur la biodiversité seront largement fonction du type de répartition – localisée ou généralisée – des espèces, de la connectivité entre leurs populations et de la distribution des communautés biologiques contrôlant les fonctions écosystémiques. Pour évaluer ces effets, il faudra faire des synthèses de la biogéographie et des structures communautaires des biotes. Ce travail d'évaluation sera facilité si les contractants collaborent entre eux et avec la communauté scientifique. Il facilitera à son tour l'élaboration de plans régionaux de gestion de l'environnement adéquats. [Recommandations V.29 à 31]

61. Les études de modélisation devraient être menées collaborativement et reliées étroitement aux travaux sur le terrain afin que les risques d'extinction puissent être mesurés selon divers scénarios d'aménagement, y compris en ce qui concerne les périmètres des zones à protéger. Les stratégies générales de conservation doivent tenir compte des impacts que d'autres phénomènes naturels ou anthropiques peuvent avoir sur la faune. [Recommandation V.30]

62. Les contractants devraient collaborer entre eux, avec l'Autorité ainsi qu'avec des organismes nationaux et internationaux de recherche scientifique à la réalisation de programmes communs de recherche afin de tirer le meilleur profit des évaluations de l'impact sur l'environnement et de réduire au minimum le coût de ces évaluations. [Recommandation V.30]

63. Aux termes de la Convention, l'Autorité doit favoriser et encourager la recherche scientifique marine dans la Zone et coordonner et diffuser les résultats de ces recherches et analyses lorsqu'ils sont disponibles.

Évaluation de l'impact sur l'environnement

64. La section VI des recommandations traite de l'évaluation de l'impact sur l'environnement. Certaines activités ne sont pas susceptibles de causer de dommages graves au milieu marin et n'appellent donc pas d'évaluation de leur impact sur l'environnement. Une liste en est dressée. En ce qui concerne les activités qui appellent une évaluation, il faudra mettre en œuvre un programme de surveillance de l'environnement avant, pendant et après le déroulement de l'activité considérée afin de déterminer l'importance des effets de celle-ci sur l'activité biologique, y compris la recolonisation des zones perturbées. [Recommandation VI]

65. Les études environnementales réalisées au cours de l'exploration se fondent sur un plan proposé par le contractant et examiné par la Commission juridique et technique, qui en vérifie l'exhaustivité, l'exactitude et la fiabilité statistique. Ce plan est ensuite incorporé au programme d'activités prévu par le contrat. Les études environnementales à effectuer pendant l'exploration consisteront notamment dans l'observation de paramètres environnementaux permettant d'établir le profil écologique témoin du secteur. Ce profil écologique témoin devrait permettre d'établir, à partir des résultats du programme de surveillance de l'environnement, que les activités menées au fond, dans la colonne d'eau intermédiaire et dans la colonne d'eau supérieure ne causent aucun dommage grave à l'environnement. Recommandations II.C.11 et 12 ; III.A.13 ; III.B.14 à 16]

66. Les essais d'extraction minière ou d'éléments du système d'extraction offrent l'occasion de déterminer les effets de l'exploitation minière sur l'environnement. Le contractant doit soumettre à l'Autorité, au moins un an à l'avance, le plan de ces essais accompagné d'informations détaillées sur les activités de surveillance de l'environnement prévues. Le plan d'essais des systèmes de ramassage doit prévoir une surveillance des zones touchées par les activités du contractant susceptibles de causer des dommages graves à l'environnement, même si ces zones se trouvent à l'extérieur du site envisagé pour les essais. Dans toute la mesure possible, le programme précise quels sont les activités et les événements susceptibles d'entraîner la suspension ou la modification des essais pour cause de dommages graves à l'environnement, si les effets de ces activités et événements ne pouvaient pas être suffisamment atténués. De plus, le programme prévoira que le plan d'essais pourra être affiné avant les essais et à d'autres dates appropriées, s'il s'avère nécessaire de l'affiner. Le plan doit comporter des stratégies garantissant que l'échantillonnage sera fondé sur des méthodes statistiques fiables, que le matériel et les procédés utilisés seront scientifiquement acceptables, que le personnel chargé de planifier, collecter et analyser les données sera qualifié et que les données ainsi obtenues seront présentées à l'Autorité dans les formats prévus. La Commission publiera séparément et à une date ultérieure un document décrivant la procédure à suivre pour présenter et évaluer un rapport d'évaluation de l'impact sur l'environnement présenté préalablement à des essais d'extraction minière. [Recommandation IV]

67. Pour les essais d'extraction au stade de l'exploration, il est recommandé de notifier les coordonnées de la zone témoin d'impact et de la zone témoin de préservation proposées. La zone témoin d'impact devrait être le site où se dérouleront les essais. La zone témoin de préservation devrait être choisie avec soin et être : a) suffisamment étendue pour être représentative du milieu local, et b) suffisamment éloignée du site où se dérouleront les essais pour ne pas en subir les effets. La composition des espèces devrait y être comparable à celle du site des essais. Elle

devrait être située à l'intérieur du secteur attribué au contractant, mais à l'extérieur de la zone des essais et des zones affectées par le panache de perturbation et le panache de rejets. [Recommandation VI.C.38.o)]

68. Le programme de surveillance proposé par le contractant doit donner des précisions sur les modalités d'évaluation des essais d'extraction. [Recommandation VI.D.40]

Annexe I

Glossaire des termes techniques

Adénosine-triphosphate (ATP)	Composé organique complexe utilisé dans tous les organismes pour le stockage de courte durée de l'énergie et sa conversion. La quantité d'ATP, qui correspond au nombre de cellules actives, dont la plupart sont des bactéries, peut servir à mesurer la biomasse microbienne totale dans les sédiments.
ADNe (ADN environnemental)	Matériel génétique obtenu directement à partir d'échantillons prélevés dans l'environnement (sédiments, eau, etc.) et ne présentant aucun signe manifeste de la présence de matériel biologique.
Analyse des isotopes stables	Détermination de la signature isotopique (distribution de certains isotopes stables et autres éléments chimiques dans les composés chimiques). En l'appliquant aux réseaux trophiques, on peut en tirer des conclusions directes quant au régime alimentaire, au niveau trophique et à la subsistance. Les variations des ratios isotopiques par rapport au fractionnement isotopique sont mesurées par spectrométrie de masse, méthode qui permet de séparer les différents isotopes d'un élément en fonction de leur rapport masse/charge.
Archées	Micro-organismes considérés comme un groupe ancien, intermédiaire entre les bactéries et les eucaryotes. Les archées sont semblables aux bactéries par leur taille mais différentes par leur organisation moléculaire.
Bathypélagique	Relatif aux environnements de haute mer à des profondeurs comprises entre 1 000 mètres et environ 3 000 mètres, au-dessous de la zone mésopélagique, elle-même comprise entre 200 mètres et 1 000 mètres de profondeur.
Bathysonde ou sonde CTD	Instrument doté de capteurs qui est utilisé pour mesurer la conductivité (indicateur de salinité), la température et la profondeur (définie à partir des mesures de la pression). Les deux premiers paramètres sont essentiels dans les observations océanographiques ; la profondeur est nécessaire pour déterminer la structure verticale de l'océan. D'autres paramètres, comme le pH et la concentration en oxygène dissous, peuvent être mesurés si les capteurs correspondants sont installés.
Benthique	Relatif au fond de la mer.
Benthos	Organismes qui vivent sur ou dans les fonds marins.
Chimiosynthèse	Processus par lequel des micro-organismes transforment le carbone inorganique en carbone organique (cellules) grâce à l'énergie dégagée par l'oxydation de composés réduits. La chimiosynthèse est à la base du réseau trophique lié aux événements hydrothermaux situés en eau profonde. « Chimiotrophie » est un terme plus descriptif et plus précis servant à qualifier le phénomène général de la chimiosynthèse ; les deux mots sont souvent utilisés indifféremment.
Couche limite benthique	Couche d'eau située immédiatement au-dessus de l'interface entre les sédiments et la couche d'eau au contact du fond marin, et qui subit l'influence du fond.
Couche proche du fond	Région de la colonne d'eau située immédiatement au-dessus du fond marin (jusqu'à 50 mètres au-dessus) et associée à la couche limite benthique.

Démersal	Se dit des espèces qui vivent près du fond.
Détritivore	Animal qui se nourrit de détritus et de cadavres d'autres animaux et de plantes qu'il ne tue pas lui-même.
Dommage grave	Tout effet sur le milieu marin d'activités menées dans la Zone se traduisant par une altération importante du milieu marin déterminée conformément aux règles, règlements, procédures et directives adoptés par l'Autorité internationale des fonds marins, sur la base des normes et des pratiques internationalement reconnues et étayées par les meilleures données scientifiques disponibles.
Eau interstitielle	Eau présente entre les particules sédimentaires.
Échelle spatiale	Échelle caractéristique des dimensions spatiales de phénomènes océaniques telles que le diamètre d'un tourbillon ou la longueur d'une vague. Elle concerne aussi la disposition spatiale des stations d'échantillonnage.
Échelle synoptique	Échelle de variabilité hydrodynamique de phénomènes qui associe une échelle temporelle comprise entre une à deux semaines et un à deux mois à une échelle spatiale comprise entre 1 000 mètres et plusieurs centaines de kilomètres. Les tourbillons synoptiques de 100 à 200 kilomètres de diamètre traversant d'est en ouest le nord-est de l'océan Pacifique tropical et pénétrant souvent jusqu'au fond de l'océan sont typiques de cette échelle.
Écosystème	Ensemble formé par la communauté des organismes vivants d'un milieu et les éléments non vivants de ce milieu, qui interagissent en tant que système.
Encroûtements cobaltifères de ferromanganèse	Croûtes ferromanganésifères riches en cobalt, généralement formées par précipitation et situées sur des substrats durs en eau profonde, au niveau de reliefs prononcés tels que les monts sous-marins et les dorsales.
Épipélagique	Se dit de la région supérieure des profondeurs océaniques, située au-dessus de la zone mésopélagique.
Essais d'extraction minière	Utilisation et essai d'un système d'extraction minière, y compris les procédés et le matériel de ramassage et les procédés et le matériel servant aux rejets.
Euphotique	Se dit de la couche supérieure de l'océan qui reçoit suffisamment de lumière pour la photosynthèse. Dans les eaux claires, la zone euphotique peut s'étendre jusqu'à 150 mètres de profondeur.
Foraminifères	Principale composante protiste des communautés benthiques abyssales, présente dans la méiofaune, la macrofaune et la mégafaune.
Halocline	Couche d'eau caractérisée par un fort gradient de salinité.
Hydrodynamique	Se dit de tout phénomène concernant les mouvements de l'eau de mer.
Impacts cumulés	Impacts résultant de changements progressifs dus à différents phénomènes ou activités passés, présents ou à venir.
Macrofaune	Organismes d'une taille suffisante pour être retenus par un maillage de 250 µm ou 300 µm, généralement triés et identifiés au microscope, qui comprennent des taxons tels que les polychètes, les bivalves, les isopodes et les tanaïdacés.

Mégafaune	Organismes d'une taille suffisante (plus de 2 cm) pour être distingués sur les photographies, qu'il est proposé de retenir comme taxon principal (voir taxonomie) pour l'évaluation de l'impact sur l'environnement de l'exploitation minière des grands fonds marins.
Méiofaune métazoaire	Organismes de la communauté benthique regroupant des taxons tels que les nématodes, les copépodes harpacticoïdes, les ostracodes et les kinorhynches. Dans la pratique, c'est l'ensemble des organismes de taille supérieure à 32 µm.
Mésopélagique	Se dit de la région située au-dessous de la zone épipélagique et au-dessus de la zone bathypélagique et en général faiblement éclairée (zone crépusculaire).
Métabarcodage ou séquençage métagénomique	Méthode rapide d'évaluation de la biodiversité au moyen d'amorces universelles permettant l'amplification massive par réaction en chaîne par polymérase (PCR) de codes-barres d'ADN provenant de collections d'organismes ou d'ADN environnemental. Le produit de la PCR est analysé par un séquenceur de prochaine génération et fournit un très grand nombre de séquences d'ADN.
Métabolomique	Application de la spectrométrie de masse à haut débit pour analyser la composition et la structure de diverses molécules produites dans l'environnement par les organismes vivants afin de cribler les échanges métaboliques et de reconstituer les interactions biologiques à partir de la quantification des métabolites et autres biomolécules impliqués dans des processus allant de l'émission de certains signaux écologiques au fonctionnement des grands écosystèmes.
Métagénomique	Application des techniques modernes de génomique permettant de ne pas avoir à isoler les espèces et à les cultiver en laboratoire. Cette méthode est utilisée en particulier pour les études microbiennes.
Microbiote	Ensemble des organismes invisibles à l'œil nu, plus petits que la méiofaune. Dans la pratique, c'est l'ensemble des organismes de taille inférieure à 32 µm.
Micro-organismes	Catégorie regroupant les bactéries, les archées et les eucaryotes microscopiques.
Minimum d'oxygène	Couche d'eau présente dans tous les océans à des profondeurs comprises entre 100 et 1 000 mètres, caractérisée par la chute de la matière organique produite à la surface de l'océan et sa dégradation par des bactéries. La pauvreté en oxygène peut provoquer la dissolution des particules métalliques. Cette couche d'eau est différente des « zones de minimum d'oxygène », qui se définissent par leur teneur extrêmement faible en oxygène (moins de 0,5 ml/L) et qui se trouvent dans certaines régions géographiques (au-dessus de la zone de fracture de Clarion-Clipperton, par exemple).
Monts sous-marins	Reliefs isolés, généralement d'origine volcanique, qui s'élèvent notablement au-dessus du fond marin.
Necton	Poissons, calmars, crustacés et mammifères marins nageant activement en haute mer.
Panache	Volume d'eau de mer contenant des particules sédimentaires denses en cours de dispersion. Un panache de perturbation du fond marin est un courant d'eau contenant des particules en suspension composées de sédiments du fond marin, de produits d'abrasion de minéraux et

	d'organismes benthiques macérés. Il émane du système d'extraction minière qui perturbe le fond marin et se déploie sur une zone proche du fond. La partie du panache de perturbation du fond la plus distante du site d'origine compose une « pluie de particules fines ». Un panache de rejets est un courant d'eau contenant des particules en suspension composées de sédiments du fond marin, de produits d'abrasion de minéraux et d'organismes benthiques macérés résultant de la séparation, à bord d'un navire minier, des nodules et de l'eau porteuse ; il se déploie sur une zone plus proche de la surface de l'océan que le panache de perturbation du fond.
PCR	Réaction en chaîne par polymérase : méthode d'enrichissement de l'ADN qui permet de copier des quantités suffisantes de molécules spécifiques d'une région génique servant de marqueur pour appliquer la méthode de séquençage appelée métabarcodage ou séquençage métagénomique.
Pélagique	Relatif à la haute mer.
pH	Mesure de l'acidité basée sur la concentration en ions hydrogène.
Photosynthèse	Synthèse biologique de matière organique utilisant la lumière comme source d'énergie. En présence de chlorophylle et de lumière, les végétaux transforment le dioxyde de carbone et l'eau en glucides et en oxygène.
Phytoplancton	Végétaux microscopiques marins qui sont des producteurs primaires.
Plancton	Organismes dérivant passivement ou nageant faiblement. Cette catégorie regroupe les larves d'organismes benthiques et pélagiques, le phytoplancton (dans les eaux de surface), le zooplancton, les méduses, les larves d'invertébrés benthiques et les autres organismes qui dérivent ou nagent peu.
Pluie de particules fines	Partie du panache de perturbation du fond qui est la plus éloignée de son point d'origine, constituée essentiellement de particules fines : particules sédimentaires qui dérivent avec le courant et se déposent lentement sur le fond marin, en général hors du secteur d'extraction minière considéré.
Pycnocline	Couche d'eau présentant un fort gradient de densité en fonction de la profondeur. Elle sépare les eaux de surface très mélangées des eaux denses des grands fonds. La densité de l'eau est fonction de la température, de la salinité et, dans une moindre mesure, de la pression.
Réaction redox (oxydoréduction)	Réaction chimique essentielle associant oxydation (don d'un électron) et réduction (capture d'un électron). L'intensité d'oxydation de l'environnement peut être exprimée par le potentiel redox (en millivolts), lequel peut être mesuré à l'aide d'un redox-mètre. Le potentiel d'oxyréduction est fortement corrélé à la concentration en oxygène dissous dans le sédiment.
Séquençage à haut débit	Méthode de séquençage de l'ADN, également appelée séquençage de prochaine génération (ou séquençage NGS pour « Next Generation Sequencing »).
Séquençage de prochaine génération (NGS)	Séquençage à haut débit ; méthode de séquençage de l'ADN qui produit de grandes quantités de données.

Sous-habitat	Élément visuellement reconnaissable d'un habitat plus vaste (par exemple, les lits d'annélides tubicoles et de moules peuvent être des sous-habitats d'un gisement donné de sulfures polymétalliques actifs). Terme fonctionnel facilitant la compréhension de l'habitat en tant que système.
Substrat dur	Affleurement de concrétions carbonatées, de matières solides, de roches crustales ou de dépôts de précipités de matières, de métaux et de minéraux extraits du sous-sol par les systèmes hydrothermaux.
Sulfures actifs	Sulfures polymétalliques traversés par des flux d'eau chaude ou très chaude. Les sulfures actifs, également appelés événements hydrothermaux, rejettent des composés réduits (par exemple des sulfures) à l'interface entre le plancher océanique et la colonne d'eau, où ces composés sont oxydés ou métabolisés de façon autotrophe par des micro-organismes libres ou symbiotiques.
Sulfures inactifs (sulfures dormants)	Sulfures polymétalliques dans lesquels les flux d'eau chaude dirigés vers la couche d'eau supérieure se sont taris (ces sulfures sont donc « froids »). En cas de perturbation, les flux hydrothermaux peuvent réapparaître dans la colonne d'eau, les sulfures inactifs redevenant alors actifs (d'où l'expression « sulfures dormants »).
Sulfures polymétalliques	Gisements de minéraux sulfurés d'origine hydrothermale et de ressources minérales associées présents dans la Zone, qui contiennent des concentrations de métaux, notamment du cuivre, du plomb, du zinc, de l'or et de l'argent.
Symbioses (chimiosynthétiques)	Associations entre des bactéries (symbiontes) et des invertébrés ou vertébrés (hôtes), dans lesquelles les symbiontes sont chimiosynthétiques et nourrissent l'hôte. Les bactéries peuvent être endosymbiotiques, lorsqu'elles investissent les tissus de l'hôte, comme les annélides tubicoles, les praires et les moules, ou épisymbiotiques, lorsqu'elles vivent à l'extérieur de l'hôte, comme les crevettes Bresiliidæ et les polychètes Alvinellidæ.
Taxonomie	Classification ordonnée de la faune et de la flore en fonction de critères morphologiques et génétiques et de leurs relations naturelles supposées.
Thermocline	Couche d'eau à fort gradient vertical de température.
Transect	Profil vertical (servant de référence pour l'ensemble des mesures et échantillonnages effectués pendant l'étude), depuis la surface jusqu'au fond de la mer, de la route suivie par un navire hydrographique et océanographique d'un point A à un point B.
Zone témoin de préservation	Dans le cadre de l'exploration minière, une zone témoin de préservation est déterminée préalablement aux essais d'extraction. Cette zone devrait être comparable à celle où se dérouleront ces essais. Elle devrait être choisie avec soin et suffisamment étendue pour ne pas être touchée par les essais d'extraction, y compris les effets du panache de perturbation du fond et du panache de rejets. Elle devrait se trouver dans le secteur visé par le contrat. La zone témoin de préservation servira de zone de contrôle.
Zones témoins d'impact	Zones de référence à partir desquelles mesurer les effets des essais d'extraction minière sur le milieu marin. Elles doivent être situées dans le secteur visé par le contrat.
Zooplankton ou plancton animal	Organismes qui, contrairement au phytoplancton, ne peuvent synthétiser par eux-mêmes de la matière organique et doivent donc se nourrir d'autres organismes.