

# **Protocole conseillé pour la description de l'état initial et le suivi des ressources halieutiques dans le cadre d'une exploitation de granulats marins**

## **1 Principes généraux**

### **1.1 Complémentarité entre recherches bibliographiques et investigations de terrain**

La description de l'état initial et des impacts attendus sur les ressources halieutiques peut être partiellement réalisée sur la base de données existantes et de recherches bibliographiques. À ce jour, cependant, la pauvreté de l'information disponible à une échelle pertinente - les surfaces concernées étant généralement très restreintes - ainsi que la quasi-absence d'études d'impact de référence publiées imposent de compléter l'analyse bibliographique par des investigations de terrain.

Le présent protocole s'attache essentiellement à la démarche sur laquelle ces investigations doivent reposer, à la présentation et à l'analyse des données qui en résultent.

### **1.2 Compartiments halieutiques prioritaires**

En l'état actuel des connaissances, certains compartiments ou habitats halieutiques apparaissent comme importants pour l'évaluation de leur état initial et l'étude d'impact :

- les juvéniles et adultes de la communauté benthodémersale ;
- les frayères ;
- les nourriceries ;
- les voies de migration.

Les juvéniles et adultes de la communauté benthodémersale sont les plus directement concernés par les impacts potentiels de l'extraction de granulats marins du fait de leur dépendance vis-à-vis du fond, tant en termes d'habitats que de ressources trophiques. Nous recommandons donc à la fois une étude bibliographique et des opérations de terrain pour ce compartiment. *A contrario*, la communauté pélagique ne subit en principe que des impacts indirects essentiellement de type perturbation comportementale (fuite, échappement, altération de la vision dans la zone de panache, etc) et ne nécessite donc a priori pas d'étude de terrain détaillée hormis cas spécifiques.

En termes d'habitats, les frayères (lieu de reproduction des adultes), tout spécialement pour les espèces qui pondent sur le fond (ex. hareng, dorade grise, raies, céphalopodes,...), et les nourriceries des juvéniles<sup>1</sup> sont à prendre plus

---

<sup>1</sup> La distribution des juvéniles, c'est-à-dire les individus n'ayant pas atteint la maturité sexuelle, varie en fonction de leur âge. Les plus jeunes se trouvent sur les zones de nourricerie (côtières pour une majorité d'espèces) alors que les plus âgés migrent vers des zones où ils sont associés aux adultes.

particulièrement en compte du fait de leur importance dans le processus de renouvellement des stocks. En plus d'une étude bibliographique, nous recommandons donc de conduire des opérations de terrain ciblant spécifiquement les stades précoces (œufs, larves et juvéniles sur nourricerie) si la bibliographie disponible ou les connaissances locales indiquent que le site d'extraction est inclus dans ou à proximité d'une zone de frayère ou de nourricerie importante pour les espèces d'intérêt majeur.

De même, les voies de migration essentielles (ex. embouchures de fleuves et de rivières pour les espèces diadromes<sup>2</sup> telles le saumon ou l'anguille) doivent faire l'objet d'une attention particulière. Les opérations de terrain associées à ces phénomènes étant très lourdes, nous recommandons alors uniquement une étude bibliographique.

### 1.3 Évaluation de la variabilité temporelle et spatiale naturelle

L'environnement est par essence variable dans le temps et l'espace. Toute étude d'impact se doit de prendre en compte cette variabilité afin d'être à même d'évaluer la vraisemblance des impacts potentiels vis-à-vis de cette variabilité naturelle.

Concernant la variabilité temporelle, deux échelles doivent être considérées :

- la variabilité saisonnière ;
- la variabilité inter-annuelle.

Les effets de la variabilité saisonnière sur les assemblages (groupe d'espèces) halieutiques dépendent beaucoup de la latitude. Dans les eaux du Nord (mer du Nord, Manche, nord du golfe de Gascogne), il est courant de n'observer que deux types d'assemblages halieutiques par an, un assemblage d'hiver pendant environ 8 mois de l'année et un assemblage d'été pendant environ 4 mois. Dans les eaux plus chaudes du Sud (sud du golfe de Gascogne, Méditerranée), les assemblages saisonniers sont potentiellement plus nombreux avec des assemblages de printemps et d'automne plus marqués. Outre les assemblages d'espèces, la variabilité

saisonnière va aussi déterminer les processus comportementaux tels que la migration et la reproduction.

La variabilité inter-annuelle est moins déterministe que la variabilité saisonnière et donc plus difficile à évaluer. En théorie, l'évaluation de la variabilité inter-annuelle requiert des séries d'observation extrêmement longues (à l'échelle de la décennie) difficiles à assurer en pratique. Plus pragmatiquement, cela signifie que l'étude de l'état initial et l'étude d'impact doivent être conduites de sorte à envisager a minima ces deux sources de variabilité au travers d'observations saisonnières sur quelques années.

---

Nous distinguerons donc dans ce protocole les « juvéniles sur nourricerie » des juvéniles associés aux adultes.

<sup>2</sup> Poisson migrateur qui effectue une partie de son cycle vital en eaux douces et le reste en mer ou inversement.

L'environnement varie également spatialement et ce même pour des zones qui peuvent apparaître relativement homogènes ou similaires au premier abord. Au lieu de tenter d'identifier une zone de référence unique qui soit similaire à la future zone exploitée, il est donc recommandé de prendre en compte cette variabilité spatiale. Ceci requiert de multiplier les zones de référence spatiale (et donc les points d'observation correspondants) par rapport aux points d'observation en zone exploitée.

#### **1.4 Interférences avec d'autres activités humaines : variabilité spatiale et temporelle**

Le protocole d'étude d'impact proposé repose sur l'hypothèse de « toutes choses étant égales par ailleurs aux échelles spatiales et temporelles envisagées ». Les effets potentiels des autres activités anthropiques (éoliennes, rejets de déblais portuaires, pêche, épisodes de pollution, etc ...) qui s'exerceraient sur le site ou dans ses environs immédiats sont pris en compte par les mesures recommandées précédemment pour la variabilité d'origine naturelle si leur niveau d'activité ne présente que des variations aléatoires.

A l'inverse, si le niveau des autres activités anthropiques varie de façon directionnelle (par exemple une augmentation ou une diminution systématique de l'activité pendant la période étudiée<sup>3</sup>, ou des niveaux d'activité systématiquement différents entre les zones de référence et la zone d'extraction<sup>4</sup>), cette variation devra être prise en compte dans les analyses statistiques à défaut de quoi on ne pourra pas distinguer l'origine des impacts éventuels observés : celui imputable à l'extraction de granulats et celui (ou ceux) imputable(s) aux autres activités.

L'étude d'impact nécessite donc que l'information sur le niveau des autres activités humaines aux échelles spatiales et temporelles pertinentes (c'est-à-dire similaires à celles sur lesquelles repose le protocole d'échantillonnage biologique) soit disponible afin d'évaluer la nature directionnelle ou non de leurs variations.

Dans la suite du texte, l'expression « variabilité spatiale et temporelle » couvrira à la fois la variabilité d'origine naturelle et d'origine anthropique lorsque cette dernière est aléatoire. En cas de variabilité directionnelle des activités anthropiques, nous y référerons explicitement.

#### **1.5 Le principe de continuité**

La pertinence scientifique de l'état initial et de l'étude d'impact postérieure repose sur le respect rigoureux de la continuité du plan et des techniques d'échantillonnage du début à la fin de l'étude (saisonnalité des campagnes, localisation des points de prélèvement et mode opératoire).

Si des ajouts (de points d'observations temporels ou spatiaux, d'engins de pêche, etc.) peuvent être envisagés en cours d'étude, il ne faut en aucun cas effectuer des modifications ou suppressions de points déterminés au début de l'étude. Etant donné

---

<sup>3</sup> Variation directionnelle temporelle

<sup>4</sup> Variation directionnelle spatiale

la durée potentiellement longue des concessions d'exploitation (plusieurs décennies), ceci requiert une planification extrêmement rigoureuse du calendrier prévisionnel d'exploitation et des opérations de suivi.

## 2 Plan d'échantillonnage

Le canevas proposé pour les investigations de terrain est basé sur un protocole standard d'étude d'impact de type BACI [*Before After Control Impact/contrôle des impacts par comparaison avec l'état initial (Underwood, 1991)*<sup>5</sup>], complété par une réplication temporelle et spatiale des observations afin d'estimer la variabilité spatio-temporelle et être capable d'en extraire le signal d'impacts potentiels.

La réplication temporelle des observations doit être appliquée à la fois avant et après le début de l'extraction de granulats et la réplication spatiale consiste à multiplier les zones et points de référence spatiale considérés.

### 2.1 Etat initial

Pour établir l'état initial des ressources halieutiques et des habitats, il est recommandé de procéder à 2 à 3 années d'observations de terrain avec des échantillonnages saisonniers, soit 2 à 4 fois par an en fonction de la saisonnalité des assemblages locaux. Si la saisonnalité des assemblages n'est pas connue, il convient d'effectuer un échantillonnage en fonction des saisons calendaires la première année et d'évaluer la saisonnalité réelle des assemblages à partir des résultats obtenus pour s'y conformer les années suivantes (seule entorse permise au principe de continuité).

De manière générale, il est conseillé de considérer au minimum 2 stations d'échantillonnage à l'intérieur de chaque future zone extraite (plus si possible, la faisabilité étant déterminée par la surface à exploiter), et de multiplier les stations de référence spatiale à l'extérieur (10 à 15) réparties de manière homogène autour du site, en fonction des faciès sédimentaires identifiés lors de la cartographie par sonar à balayage latéral et de la présence d'autres activités maritimes susceptibles de "polluer" les prélèvements (par exemple la proximité d'un site de rejet de déblais portuaires).

Des points d'observation supplémentaires peuvent également être considérés de façon à estimer certains effets indirects des extractions lors du suivi futur, notamment en aval des courants dominants par exemple pour l'effet de surverse, ou en sous-zone extraite en aval d'une première sous-zone extraite pour les effets cumulés, en prenant soin à chaque fois d'avoir au moins deux stations par type de zone.

### 2.2 Suivi

La publication de l'arrêté préfectoral d'Autorisation d'Ouverture de Travaux d'Exploitation (AOTE) déclenche la mise en place du suivi, qui doit strictement

---

<sup>5</sup> **Underwood, A. J. 1991.** Beyond BACI : Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 42:569-587.

reposer sur le même plan d'échantillonnage que pour l'état initial (principe de continuité).

Ce suivi se réalise selon deux périodicités :

- à court terme selon une fréquence annuelle pendant une durée de 3 à 5 ans suivant le début des extractions ;
- à long terme selon une fréquence quinquennale à la suite du suivi à court terme, qui devra être poursuivi jusqu'à 10 années après échéance de la concession (recolonisation après extraction, mesures potentielles de restauration).

Chaque type de suivi sera réalisé à chaque fois durant un cycle annuel complet afin de prendre en compte la variabilité saisonnière (donc 2 à 4 campagnes d'échantillonnage sur une année).

### **3 Technique d'échantillonnage**

Selon le principe de continuité, l'ensemble des échantillonnages pour l'état initial des assemblages halieutiques et leurs suivis (court et long termes) doit être réalisé, si possible, avec le même bateau ou sinon avec des navires ayant des caractéristiques similaires, et le même matériel.

#### **3.1 Engins de pêche**

Les engins de pêche utilisés pour l'échantillonnage doivent bien entendu être adaptés en fonction des ressources halieutiques locales et des stades de vie ciblés. Un certain nombre de considérations générales peuvent cependant être évoquées.

##### **3.1.1 Stades juvéniles et adultes**

L'engin de prélèvement sera adapté aux conditions générales du site à étudier et des assemblages représentatifs des communautés en place.

Selon les groupes d'espèces visés, on utilisera, par exemple, plutôt le chalut de fond classique ou le chalut à perche pour les espèces benthiques et le chalut à Grande Ouverture Verticale (GOV) pour les espèces démersales. Dans tous les cas, un petit maillage est recommandé (type 20 mm de maille étirée) de sorte à capturer à la fois juvéniles et adultes.

Certaines zones riches en ressources halieutiques appartenant à d'autres taxons que celui des poissons (mollusques ou crustacés essentiellement) peuvent nécessiter l'utilisation d'engins spécifiques pour leur échantillonnage. On peut citer par exemple la drague pour certains bivalves (coquilles Saint-Jacques) ou des engins spécifiques à l'échantillonnage de la faune benthique endogée (ex. bennes Hamon, Van Veen lestée) pour d'autres espèces (palourdes), ou les filières à casiers pour les crustacés (homards, tourteaux, araignées) et les bulots.

##### **3.1.2 Stades précoces : œufs, larves et juvéniles sur nourricerie**

En fonction des conclusions de l'étude bibliographique (cf. § 1.2), les stades précoces (œufs, larves et juvéniles sur nourricerie) pourront également faire l'objet d'un état initial et d'un suivi à court et long terme pour l'identification de zones potentiellement importantes pour la reproduction et le renouvellement des stocks (frayères, zones de développement larvaire, nourriceries), ainsi que l'étude d'impacts éventuels des activités d'extraction sur ces stades. En effet, bien que majoritairement pélagiques, la fragilité des stades œufs et larves les prédispose à des impacts dus au panache turbide, et les juvéniles sur nourricerie de la communauté benthodémersale peuvent être directement affectés par les activités d'extraction. Les zones de frayère et les œufs des quelques espèces qui pondent sur le fond (ex. hareng, dorade grise, raies, céphalopodes, ...) doivent faire l'objet d'une attention particulière.

L'échantillonnage des œufs pélagiques peut être effectué par pompage ou prélèvement d'eau en sub-surface et filtration, alors que les stades larvaires peuvent être prélevés par chalutage au filet MIK (Method Isaac Kidd) ou échantillonnage vertical au filet Bongo (simple ou multiple). Les juvéniles sur nourricerie quant à eux peuvent être échantillonnés par chalutage à petit maillage.

### **3.2 Mode opératoire**

Il convient tout d'abord de standardiser les opérations de pêche en terme de durée. Pour le chalutage, cas le plus courant, les traits doivent être de durée fixe (15 à 30 minutes selon l'échelle des zones échantillonnées) et effectués à vitesse constante (3 à 4 nœuds). Plus généralement, il est recommandé d'appliquer ce principe d'opérations de pêche de durée fixe et à vitesse constante pour l'ensemble des arts traînants.

Pour les arts dormants, l'effort nécessite également d'être standardisé : durée d'immersion constante, longueur de filet ou nombre de filières/casiers fixe, et positionnement vis-à-vis des courants dominants similaire.

Il peut être nécessaire d'effectuer des opérations de pêche à la fois de jour et de nuit (mais sur des traînes ou points de calée différents) si certaines espèces d'intérêt majeur pour le secteur sont mal échantillonnées en période diurne ou nocturne du fait de leur comportement.

Les campagnes devront si possible être réalisées à des coefficients de marée similaires et à des moments de la marée équivalents.

### **3.3 Observations et mesures**

Une fois de plus, le principe de continuité est ici extrêmement important : les mêmes informations doivent absolument être recueillies pour chaque campagne et chaque station de la campagne.

#### **3.3.1 Stades juvéniles et adultes**

A chaque opération de pêche, toutes les espèces doivent être identifiées et leur poids total relevé, puis les individus de chaque espèce dénombrés et mesurés.

Le stade de maturité des espèces commerciales doit être déterminé par observation macroscopique du degré de développement des gonades, ceci afin d'être en mesure de préciser les proportions de juvéniles et d'adultes dans les captures.

En cas de capture trop importante pour être traitée de façon exhaustive, un sous-échantillonnage peut être effectué avant ou après le tri des espèces. Les poids totaux de la capture et du sous-échantillon seront relevés pour permettre d'estimer dans un second temps la composition de la capture totale. Plusieurs sous-échantillons peuvent être effectués afin d'améliorer la précision des estimateurs à l'échelle de la capture totale. Il est à noter que lorsque le sous-échantillonnage s'effectue avant le tri, il ne doit en aucun cas être sélectif (p. ex. les gros individus, les espèces emblématiques, ...).

### **3.3.2 Stades précoces : œufs, larves et juvéniles sur nourricerie**

Pour les stades œufs et larves, les échantillons prélevés lors des campagnes doivent être conservés dans un fixateur adéquat pour un traitement ultérieur à terre. Les espèces des œufs et/ou larves doivent être identifiées sous microscope, puis les œufs ou larves de chaque espèce dénombrés. On prendra également soin de noter leur stade de développement (si connu), voire de prendre des mesures de taille.

Les juvéniles sur nourricerie feront, quant à eux, l'objet d'un traitement similaire à celui des juvéniles et adultes associés (*cf.* § 3.3.1).

### **3.3.3 Variables environnementales**

Un certain nombre de variables environnementales de base peuvent être relevées avant ou après chaque opération de pêche de sorte à relier les observations des assemblages faunistiques à l'environnement : température et salinité de surface et/ou de fond, profondeur, voire vitesse du courant

On prendra également soin de faire correspondre les zones de pêche avec les zones échantillonnées pour le benthos (*cf.* Inventaire biologique dans l'étude d'impact) afin d'être à même de relier des informations issues de ces observations, telles la granulométrie du sédiment et la composition de la faune benthique, avec les observations halieutiques. Les coordonnées géographiques des points de filage et de virage devront également être relevées à chaque opération de pêche.

## **4 Présentation et analyse des données**

L'ensemble des données rassemblées doit être résumé au travers de descripteurs permettant à la fois de synthétiser l'information et de cibler certains aspects particuliers pour présentation de l'état initial. Les mêmes descripteurs doivent ensuite être utilisés dans les analyses permettant d'évaluer l'impact potentiel des extractions de granulats sur les ressources halieutiques. Des exemples de ces descripteurs sont présentés ci-dessous.

### **4.1 Description des données**

Différents indicateurs sont envisageables suivant l'échelle biologique considérée. Cependant, quelle que soit l'échelle, ces indicateurs appartiennent essentiellement à trois grandes catégories :

- indicateurs de diversité ;
- indicateurs d'abondance ;
- indicateurs de structure.

Une liste (non exhaustive) des principaux indicateurs possibles est donnée par échelle biologique ci-après.

#### **4.1.1 A l'échelle de la communauté**

Les premiers indicateurs peuvent être définis à l'échelle de la communauté entière.

- Diversité : richesse spécifique brute, indice de Simpson, indice de Shannon-Wiener ;
- Abondance : nombre total, biomasse totale ;
- Structure : fréquence de distribution (en nombre ou en biomasse) des individus entre espèces, fréquence de distribution (en nombre ou en biomasse) des individus entre tailles (aussi appelé spectre de taille), courbes Abondance/Biomasse (ABC method).

#### **4.1.2 Par groupe fonctionnel**

Les espèces peuvent ensuite être classées par groupe fonctionnel. Ce classement dépend essentiellement des assemblages locaux. Généralement, les espèces peuvent être classées en benthiques, démersales et pélagiques. Les mêmes indicateurs d'abondance, de diversité et de structure que ceux à l'échelle de la communauté peuvent alors être calculés pour chaque groupe fonctionnel.

#### **4.1.3 Par groupe de taille**

Les espèces ou individus peuvent également être classés par groupe de taille. Il est recommandé d'utiliser un classement selon 3 groupes : petits, moyens et grands. Celui-ci peut être effectué selon deux critères :

- soit en fonction de la structure en taille observée empiriquement, prendre alors les quantiles 33 % et 66 % pour limites des groupes de taille : dans ce cas le classement dans les groupes de taille se fait au niveau de chaque individu ;
- soit en fonction des tailles maximales référencées dans la bibliographie ou dans les bases de données publiques (type FishBase) des différentes espèces : dans ce cas les individus ne seront pas classés selon leur taille réelle mais selon la taille maximale de leur espèce.

Les mêmes indicateurs d'abondance, de diversité et de structure que ceux à l'échelle de la communauté peuvent alors être calculés pour chaque groupe de taille.

#### **4.1.4 Par espèce**



Enfin, des indicateurs peuvent être calculés à l'échelle de chaque espèce. Dans ce cas, les indicateurs de diversité et de structure convergent puisque la diversité ne peut reposer que sur la diversité morphologique des individus qui constituent également la base de la structuration de la population (exemple la taille des individus).

- Abondance : nombre/espèce, biomasse/espèce ;
- Diversité/Structure : distribution (en nombre ou biomasse) des individus par stade (larvaire, juvénile, adulte), distribution (en nombre ou biomasse) des individus par classe d'âge et/ou de taille ; des indices de diversité type Simpson ou Shannon-Wiener peuvent également être calculés pour les classes d'âge et/ou de taille.

## 4.2 Analyses types

Les indicateurs recommandés précédemment peuvent ensuite faire l'objet de différents types d'analyses statistiques selon qu'on considère l'établissement de l'état initial ou le suivi. De manière générale, l'état initial reposera principalement sur des méthodes descriptives d'analyses multivariées alors que le suivi sera essentiellement basée sur des méthodes inférentielles de type modèles linéaires généralisés à effets mixtes ou pas.

### 4.2.1 Etat initial

Hormis la présentation sous forme de tables ou (mieux) de graphes des différents indicateurs, la présentation de l'état initial des ressources halieutiques et des habitats doit reposer sur un certain nombre de traitements statistiques essentiellement descriptifs des indicateurs. Quelques pistes sont décrites ci-dessous sans pour autant être exhaustives :

- Évaluation de la variabilité temporelle et spatiale des différents indicateurs des ressources halieutiques avant extraction : utilisation de modèles linéaires généralisés à effets mixtes (GLMMs) avec les variables temporelle et spatiale définies comme effets aléatoires croisés plus un effet saisonnier fixe ;
- Dans l'éventualité d'une variation directionnelle d'autres activités anthropiques, des covariables (variables continues à effets fixes) quantifiant le niveau de ces activités pourront être ajoutées aux modèles précédents afin d'évaluer l'effet de ces activités ;
- Association entre les différents indicateurs et les variables environnementales : introduction des variables environnementales comme variables explicatives à effet fixe dans les GLMMs précédents ;
- Description des assemblages faunistiques dominants : méthodes d'analyses multivariées descriptives de type Analyse en Composantes Principales (ACP) appliquées aux données de répartition d'abondance entre espèces et/ou groupes fonctionnels et/ou de tailles, tous points temporels et spatiaux d'échantillonnage confondus ;
- Description de la variabilité temporelle et spatiale des assemblages faunistiques : analyses multivariées du type « Multidimensional Scaling » (MDS ; si les données sont de type multivariées quantitatives continues) ou Analyse Factorielle des Correspondances (AFC ; si les données sont de type

tableau de contingence) sur les données de répartition d'abondance entre espèces et/ou groupes fonctionnels et/ou de tailles en différents points temporels et/ou spatiaux ;

- Association entre assemblages faunistiques et variables environnementales : analyse de co-inertie entre ACP sur les données de répartition d'abondance entre espèces et/ou groupes fonctionnels et/ou de tailles et ACP sur les variables environnementales ou Analyses canoniques des Corrélations (AC ; si les données sont de types multivariées quantitatives continues) ou des Correspondances (ACC ; si les données sont de type tableau de contingence) identifiant directement les relations entre variables dépendantes et indépendantes.

#### 4.2.2 Suivi

Le principe de base pour l'évaluation de l'impact potentiel des extractions est de comparer l'état des ressources halieutiques de la zone extraite à leur état avant extraction, tout en incluant la variabilité temporelle, ainsi qu'à l'état des zones de référence spatiale au même moment, tout en considérant la variabilité spatiale.

L'état des ressources halieutiques sera décrit par les différents indicateurs (variable expliquée) mentionnés précédemment. La comparaison reposera sur des GLMMs qui incluront les variables temporelle et spatiale comme effets aléatoires croisés, un effet saisonnier fixe, ainsi que l'interaction entre deux variables explicatives binaires à effet fixe, l'une indiquant les périodes avant et après le début des extractions (variable AVANT/APRES) et l'autre signalant la zone soumise à extraction et les zones de référence (variable DANS/HORS). L'interaction de ces deux variables binaires permettra de tester s'il y a eu changement de l'indicateur considéré suite au démarrage des extractions et ce spécifiquement dans la zone extraite, tout en prenant en compte la variabilité spatio-temporelle grâce aux effets aléatoires croisés.

Dans le cas d'une variation directionnelle avérée d'autres activités anthropiques, à l'instar des analyses pour l'état initial, des covariables (variables continues à effets fixes) quantifiant le niveau de ces activités pourront être ajoutées aux modèles précédents afin d'évaluer l'effet de ces activités et surtout de distinguer l'impact potentiel de ces activités de celui des activités d'extraction de granulats.

En cas d'un nombre restreint d'échantillonnages dans le temps ou dans l'espace, il est recommandé d'utiliser l'analyse de variance hiérarchique (nested ANOVA) qui requiert un nombre moindre de stations que les GLMMs pour l'estimation des effets aléatoires. Dans ce cas, on considérera les échantillonnages temporels et spatiaux comme subordonnés aux variables AVANT/APRES et DANS/HORS respectivement.

Un certain nombre d'analyses multivariées descriptives (MDS ou AFC entre compositions faunistiques avant et après extraction et dans et hors zone d'extraction) pourront compléter les analyses inférentielles précédentes afin d'élucider plus en détail les changements d'assemblage faunistique potentiellement liés aux extractions.

L'ensemble de ces analyses et de leurs résultats a bien entendu pour finalités d'évaluer si les impacts observés sont qualitativement ou quantitativement

acceptables ou pas, et de contribuer à la détermination des éventuelles mesures compensatoires envisageables à plus long terme.

Il conviendra également de considérer plus particulièrement les processus de recolonisation pour les zones où l'extraction aura cessé (une variable indicatrice AVANT/APRES arrêt des extractions est à inclure dans les modèles de type GLMM dans ce cas), ainsi que l'effet de mesures compensatoires potentielles (nécessité de l'ajout d'une variable indicatrice AVANT/APRES mesure compensatoire).

#### **4.2.3 Cartographie**

L'ensemble des données halieutiques et des descripteurs qui en sont tirés peut également faire l'objet de présentation sous forme de cartes aux différentes étapes de l'étude : état initial, puis les différents points du suivi à court terme et suivi à long terme.

### **5 Récapitulatif des actions à mener et des résultats attendus**

#### Actions à mener :

- Établissement d'un état initial par recherches bibliographiques et opérations à la mer ;
- Suivi par opérations à la mer pour estimation de l'impact (à court et long terme) de l'exploitation sur le milieu et de la capacité de ce dernier à se restaurer.

#### Compartiments à observer :

- Juvéniles et adultes de la communauté benthodémersale : bibliographie et opérations à la mer ;
- Frayères : bibliographie et opérations à la mer si la bibliographie disponible ou les connaissances locales indiquent que le site est inclus dans ou à proximité d'une zone de frayère importante pour les espèces d'intérêt majeur ;
- Nourriceries : bibliographie et opérations à la mer si la bibliographie disponible ou les connaissances locales indiquent que le site est inclus dans ou à proximité d'une zone de nourricerie importante pour les espèces d'intérêt majeur ;
- Voies de migration : bibliographie.

#### Modes opératoires :

- Mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage (avec engins adaptés à chaque compartiment à observer) prenant en compte la variabilité temporelle et spatiale : plan pluriannuel avec échantillonnages saisonniers plusieurs années avant et après démarrage de l'exploitation, à l'intérieur du site exploité (2 points par zone extraite minimum) mais aussi à l'extérieur en de multiples points de référence ;
- Le plan d'échantillonnage utilisé pour la réalisation de l'état initial sera le même que celui utilisé pour le suivi de l'impact, à la fréquence près.

Résultats attendus :

- Description des ressources halieutiques à différentes échelles biologiques (globale, par groupe d'espèces, par espèce, par taille, etc), au moyen d'indicateurs (de diversité, d'abondance, de structure) ;
- Analyses statistiques des indicateurs afin de caractériser leur variabilité spatio-temporelle ;
- Comparaison des indicateurs avant et après démarrage de l'extraction, entre le site exploité et les zones de référence.

Les différents indicateurs produits seront présentés sous forme de graphes accompagnés de cartes.