

METHODOLOGIE

Acquisition des données vidéo

Le système d'acquisition vidéo (ci-après désigné « bloc vidéo ») se compose des éléments suivants :

- Quatre GoPro (Hero 3+ ou 4) numérotées de 1 à 4 sont fixées sur une platine. Leur champ de vision de 134° permet de couvrir les 360° avec un recouvrement de 44° entre deux caméras. La platine est reliée à un lest pour faire couler l'ensemble ;
- La partie supérieure est composée d'un tube PVC et d'un flotteur rigide pour maintenir le bloc vertical et à distance du substrat. Le flotteur est relié à une bouée de surface pour signaler la position du bloc vidéo.

La figure schématise le montage des blocs vidéo :

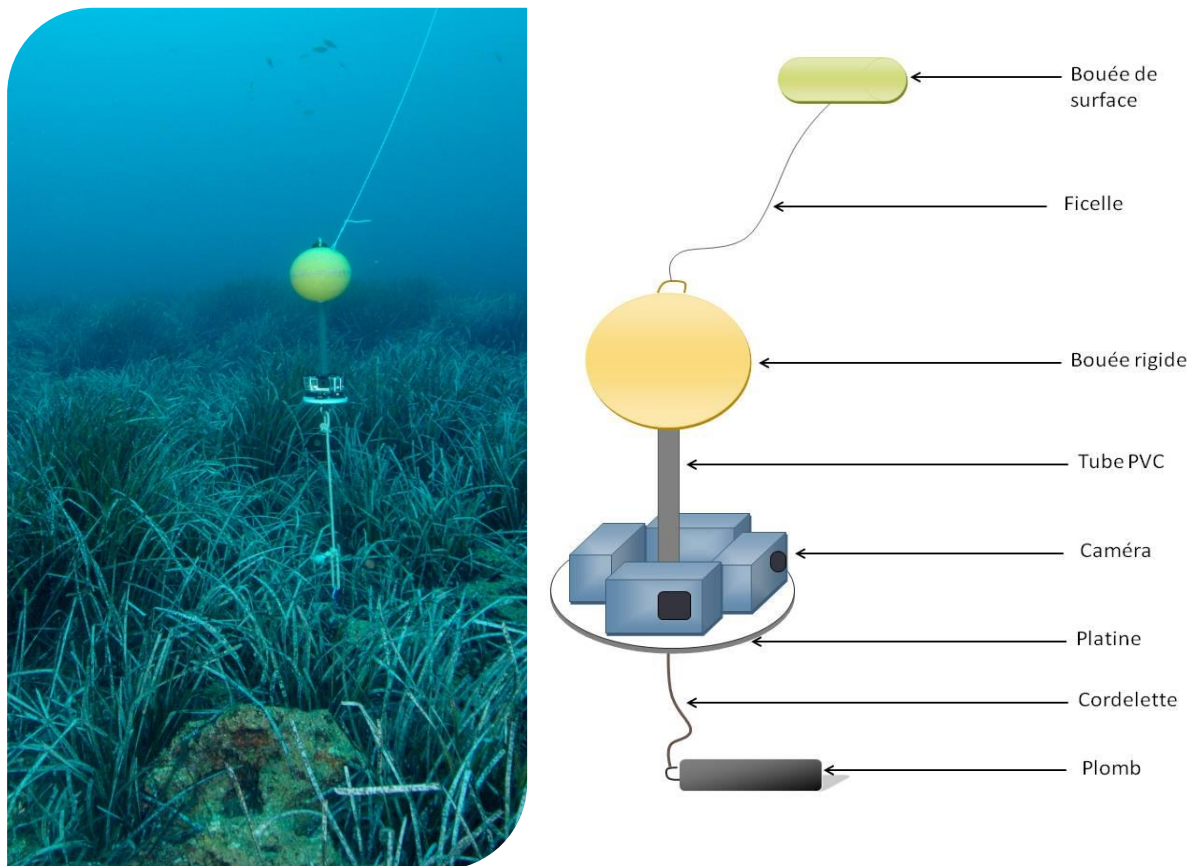


Figure 1: Schéma et photo in-situ d'un bloc de caméras utilisé pour les comptages

Pour chaque site et chaque habitat, **trois blocs vidéo** espacés de quelques dizaines de mètres sont immergés entre 15h et 18h (l'heure de pose varie en fonction des conditions météorologiques et des contraintes organisationnelles), pour une durée d'acquisition de **10 minutes**.

La figure 2 présente la disposition des 3 blocs vidéo par habitat :

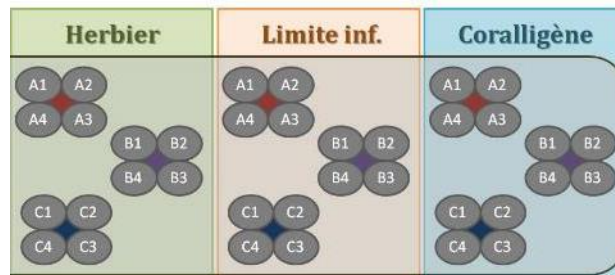


Figure 2: Positionnement schématique des blocs sur chaque site

Traitement des données

Les vidéos sont synchronisées et visionnées bloc par bloc, deux caméras par deux caméras pour simplifier le comptage et éviter les doublons. Dès que le bloc touche le substrat, le comptage démarre et chaque poisson qui passe dans le champ est identifié et son heure de passage est répertoriée. La taille de chaque poisson est estimée et classée selon trois modalités : petit, moyen ou gros (relativement à la taille moyenne de l'espèce). Les poissons se trouvant à une distance trop importante du bloc vidéo (fonction de la turbidité de l'eau, généralement supérieure à dix mètres) ne peuvent pas être comptabilisés. La taille des bancs de plus d'une trentaine de poissons est estimée visuellement, et l'information « Banc = Oui » est notée de sorte à pouvoir exclure ces estimations des analyses dans un deuxième temps.

Par ailleurs, plusieurs informations sont extraites de la base de données « FishBase » (Froese and Pauly, 2015) pour les espèces de poissons identifiées dans les vidéos :

- Taille maximale d'un individu de l'espèce ;
- Coefficients de la relation taille-poids de l'espèce (a et b tels que poids = a x longueur^b) ;
- Groupe trophique (régime alimentaire) : herbivore, zooplanctonivore diurne ou nocturne, macrocarnivore, mesocarnivore, piscivore ou omnivore.

La taille en centimètres de chaque individu ou chaque groupe d'individu est ensuite estimée de la manière suivante :

- « Gros » = taille maximale de l'espèce ;
- « Moyen » = 2/3 de la taille maximale de l'espèce ;
- « Petit » = 1/3 de la taille maximale de l'espèce.

Le poids de chaque individu ou groupe d'individu est ensuite calculé en appliquant la formule taille-poids mentionnée ci-dessus. L'ensemble des données est compilé dans une base de données unique, contenant autant de lignes que de poissons ou groupe de poissons identifiés au fil de l'ensemble des vidéos analysées. La base de données comprend les informations suivantes : date, localisation, nom du site, habitat, bloc, espèce, famille, taille, s'il s'agit d'un banc ou non, groupe trophique, abondance et biomasse.

Analyses des données

Description des assemblages

La base de données ainsi constituée est manipulée et analysée avec le logiciel R (R Core Team, 2016). La première phase de l'analyse des données consiste à dresser une description des cortèges ichtyologiques des sites échantillonnés. Pour ce faire, nous avons calculé les indicateurs suivants :

- ↳ Biomasse totale, richesse spécifique (nombre d'espèces différentes), diversité phylogénétique, diversité fonctionnelle, nombre de genres distincts, nombre de familles distinctes ;
- ↳ Indices de diversité de Shannon, de Simpson et de Pielou. Ces indices permettent d'intégrer la richesse spécifique et l'abondance de chaque espèce, et fournissent une information sur la complexité des peuplements et la répartition des individus au sein de chaque espèce représentée (« équitabilité »).

Le tableau suivant résume les descripteurs et indicateurs utilisés ainsi que leur formule et définition.

Tableau 1 : Descripteurs des assemblages ichtyologiques

Descripteurs	Formules	Composants	Finalités
Biomasse	$W = a \times L^b$	<p>W : poids total du poisson en grammes</p> <p>L : longueur totale du poisson en centimètres</p> <p>a : constante</p> <p>b : coefficient d'allométrie (Personnic et al. 2014) (Annexe 1)</p>	La biomasse maximale représente le maximum des poids de l'ensemble des individus, sur l'ensemble des échantillonnages
Richesse spécifique			nombre d'espèces comptées sur un point d'échantillonnage
Indice de Shannon	$-\sum p_i \times \ln(p_i)$	<p>P_i : abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$</p> <p>n_i : nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon</p> <p>N : nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon</p>	permet de mettre en avant la diversité d'une population en exprimant le nombre d'espèces ainsi que leur abondance respective (Grall et Coïc 2006)
Indice de Simpson	$-\sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$	<p>p_i : proportion des individus dans l'espèce</p> <p>n_i : nombre d'individus dans l'espèce i</p> <p>N : nombre total d'individus</p>	mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce
Indice de Pielou	$\frac{H}{H'_{max}} = \frac{H}{\log_2 S}$	<p>H : indice de Shannon</p> <p>H'_{max} : la diversité maximale ou l'équifréquence</p> <p>S : richesse spécifique</p>	mesure la répartition des individus au sein des espèces : où zéro indique qu'une seule espèce comprend tous les individus et un quand les individus sont équi-répartis au sein des espèces

Ces indicateurs sont calculés à différentes échelles :

- Site ;
- Site-Habitat (habitat pour chaque site) ;
- Habitat.

Les données sont analysées à l'aide de modèles et de méthodes statistiques classiques (modèle linéaire, test de Fisher, test de student, ...) pour faire ressortir les relations entre indicateurs et variables explicatives.

Cartographie de la richesse spécifique et de la biomasse

Les comptages poissons réalisés donnent une valeur de richesse spécifique et de biomasse pour des sites ponctuels le long du littoral méditerranéen français. Afin d'obtenir une cartographie de la richesse spécifique et de la biomasse, il faut procéder à une interpolation de ces données dans l'espace. Par ailleurs, nous verrons par la suite que ces valeurs dépendent du type d'habitat et de la profondeur. Il convient donc de prendre en compte ces paramètres dans la réalisation d'une cartographie de la richesse spécifique ou de la biomasse. Pour établir ces cartes, nous utilisons une méthode de géostatistique répandue, le krigeage, avec prise en compte de la corrélation entre l'indicateur d'intérêt, l'habitat et la profondeur.

Ci-dessous les grandes étapes de la chaîne de traitement pour chaque cartographie :

- Import de la **grille bathymétrique** utilisée pour l'interpolation (résolution : 60 m x 60 m) ;
- **Sélection des cellules** de la grille dont la bathymétrie est comprise entre les profondeurs minimum et maximum des comptages vidéo (0 – 64m) ;
- Pour chaque type d'habitat (herbier ou coralligène) : ajustement d'un **modèle linéaire entre l'indicateur et la profondeur** : $\text{indicateur} = A \times \text{Profondeur} + B$;
- Construction d'un **autocorrélogramme** : **variance** entre les mesures en fonction de la **distance qui les sépare**. La variance augmente naturellement avec la distance, i.e plus deux sites sont éloignés, moins leur valeur a de chances d'être similaire ;
- Pour chaque cellule de la grille bathymétrique, le modèle utilise la distance de la cellule à tous les sites de mesure pour calculer un écart à la valeur théorique (définie grâce au modèle linéaire construit ci-dessus) en appliquant une somme des écarts mesurés à chaque site, pondéré par la variance définie dans l'autocorrélogramme.





NB : les habitats marins sont extraits de la base de données DONIA Expert (www.medtrix.fr). Pour la cartographie de la richesse spécifique et de la biomasse, sont considérés comme herbiers et récifs les catégories suivantes :

- Herbiers : Biocénose de l'herbier à Posidonia oceanica, association de la matre morte de Posidonia oceanica, herbiers à Zostera noltei, herbiers à Cymodocées ;
- Récifs coralligènes : Biocénose coralligène, biocénose de la roche du large, biocénose des roches bathyales.

Ont été exclus des cartes les habitats suivants : les fonds meubles, les habitats artificiels et les biocénoses de galets infralittoraux.

Influence des pressions anthropiques sur l'ichtyofaune

Les pressions anthropiques sont généralement classées en quatre grandes catégories :

-  Surexploitation des ressources naturelles ;
-  Déstructuration et fragmentation des habitats naturels ;
-  Introduction d'espèces invasives ;
-  Pollutions

En milieu marin, ces menaces sont accentuées par le changement climatique et le trafic maritime (Halpern et al. 2008). Les activités humaines et les conditions environnementales influencent donc la distribution et l'abondance des espèces marines, notamment des poissons (Navarro et al. 2015). Parmi ces pressions anthropiques, on peut citer la pêche, la perte d'habitats, les rejets urbains et industriels, le tourisme, la navigation, le mouillage, l'agriculture, le réchauffement climatique, ...

L'objectif de cette deuxième phase est d'explorer l'influence de ces pressions sur la structure des peuplements de poissons. Pour ce faire, nous avons utilisé une base de données cartographique développée dans le cadre de nos réseaux de surveillance pour pouvoir analyser des données biologiques et leur évolution : le réseau IMPACT (modélisation des pressions anthropiques côtières ; www.medtrix.fr). Cette base de données recense 10 pressions anthropiques : l'agriculture, l'érosion côtière, les aménagements côtiers (ports, digues, ...), le mouillage, la pêche, la population côtière, les rejets urbains et l'urbanisation. La valeur de chacune de ces pressions est extraite des cartes du réseau IMPACT pour chaque site échantillonné.

Les relations potentielles entre richesse spécifique / biomasse et les pressions anthropiques sont explorées à l'aide de modèles corrélatifs linéaires (modèle linéaire multiple, modèles linéaires généralisés) et non linéaires (random forest, boosted regression tree).