

# Programmes de **surveillance DCSMM** des poissons et céphalopodes des milieux côtiers : dans quelle mesure les **sciences participatives** peuvent-elles y contribuer ?

Patrick LOUISY, Pierre THIRIET et Eric FEUNTEUN



Mai 2019



**MUSÉUM**  
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE



MNHN  
Station Marine de Dinard

UMS 2006 Patrimoine Naturel  
(AFB, CNRS, MNHN)

**Association Peau-Bleue**  
46, rue des Escais – 34300 AGDE  
04 67 21 09 20 – [bio.marine@wanadoo.fr](mailto:bio.marine@wanadoo.fr)

CRESCO, 38 rue de Port-Blanc  
35800 Dinard

-----  
[pierre.thiriet@mnhn.fr](mailto:pierre.thiriet@mnhn.fr)  
[eric.feunteun@mnhn.fr](mailto:eric.feunteun@mnhn.fr)  
02 23 18 58 84

## Préambule :

Ce rapport est le fruit d'une collaboration entre :

- l'Association Peau-Bleue (Patrick Louisy) qui développe, anime et valorise des programmes de Sciences Participatives sur les poissons depuis plus de 20 ans
- le MNHN-Station Marine de Dinard (Eric Feunteun) qui mène des travaux de recherche et d'expertise sur les milieux côtiers, et qui a notamment assuré le pilotage scientifique DCSMM de la thématique Poissons et Céphalopodes Côtiers de 2010 à 2018
- l'UMS PatriNat - AFB, CNRS, MNHN – (Pierre Thiriet) qui assure les mandats DCSMM de Responsable Thématiques et de Responsable de Surveillance depuis 2019.

Ce rapport a pu être réalisé grâce à un auto-financement de chacun des organismes collaborateurs, complété par des dotations annuelles (en 2016 et 2018) du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire versé au Muséum National d'Histoire Naturelle dans le cadre de l'appui scientifique à la mise en œuvre de la DCSMM.

## Citation du document :

Louisy P., Thiriet P. et Feunteun E. (2019). *Programmes de surveillance DCSMM des poissons et céphalopodes des milieux côtiers : dans quelle mesure les sciences participatives peuvent-elles y contribuer ?* Rapport MNHN-Station Marine de Dinard. 28 pages + annexes.

## Crédit photo de la page de couverture :

Patrick Louisy, Peau Bleue

## Sommaire :

|                                                                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction</b>                                                                                                                                          | <b>5</b>  |
| Contexte : les programmes de surveillance DCSMM                                                                                                              | 5         |
| Problématique et structure du Rapport                                                                                                                        | 8         |
| <b>A- Les programmes de science participative existants et leur contribution potentielle à la DCSMM</b>                                                      | <b>10</b> |
| A1- Qu'est-ce que la science participative ?                                                                                                                 | 10        |
| A2- Caractéristiques des programmes de science participative en mer                                                                                          | 10        |
| A3- Synthèse fonctionnelle des divers types de protocoles, participatifs ou conventionnels, et de leurs potentiels pour la surveillance DCSMM                | 12        |
| A4- Panorama des programmes de science participative en mer et de leurs potentiels pour la surveillance DCSMM                                                | 15        |
| <b>B- Synthèse par sous-programmes de surveillance, descripteurs et critères du Bon Etat Ecologique</b>                                                      | <b>19</b> |
| B1- Sous-programme SP1 (poissons et céphalopodes de la zone intertidale)                                                                                     | 19        |
| B2- Sous-programme SP2 (poissons et céphalopodes démersaux des milieux rocheux et herbiers côtiers)                                                          | 19        |
| B3- Sous-programme SP3 (poissons et céphalopodes démersaux des milieux meubles côtiers)                                                                      | 20        |
| B4- Sous-programme SP4 (poissons et céphalopodes pélagiques des milieux côtiers)                                                                             | 20        |
| B5- Sous-programme SP5 (poissons et céphalopodes du plateau continental)                                                                                     | 20        |
| <b>C- Perspectives d'utilisation de la science participative pour les besoins de la surveillance DCSMM</b>                                                   | <b>22</b> |
| C1- Utiliser efficacement les programmes participatifs existants                                                                                             | 22        |
| C1a- Collecte de données opportunistes et enquêtes                                                                                                           | 22        |
| C1b- Des protocoles participatifs pertinents pour combler des vides de connaissance                                                                          | 22        |
| C2- Les sciences participatives, également un outil de communication et de co-construction pour la mise en œuvre de la DCSMM                                 | 23        |
| C3- Comment créer un programme de surveillance DCSMM composite reposant sur la complémentarité des sciences conventionnelle et des sciences participatives ? | 23        |
| C3a- Protocole simple et rapide vs protocole compliqué et long.                                                                                              | 24        |
| C3b- Scientifiques et amateurs : protocoles identiques, protocoles compatibles ?                                                                             | 24        |
| <b>Synthèse, conclusion et perspectives</b>                                                                                                                  | <b>24</b> |
| <b>Références</b>                                                                                                                                            | <b>26</b> |

---

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Annexes : Différents cas d'étude par types de programmes de science participative</b> | <b>29</b> |
| S1- Dispositifs d'enquête / observations d'opportunité                                   | 30        |
| S1a- Fish Watch Forum                                                                    | 30        |
| S1b- Hippo-ATLAS                                                                         | 35        |
| S2- Protocoles locaux animés                                                             | 39        |
| S2a- Hippo-THAU                                                                          | 39        |
| S2b- Hippo-BASSIN                                                                        | 44        |
| S3- Missions encadrées                                                                   | 48        |
| S3a- Etude de l'effet réserve à Cerbère-Banyuls                                          | 48        |
| S3b- Recensement de poissons à Kas                                                       | 52        |
| S3c- Protocole Fish Watch                                                                | 57        |
| S3d- Protocole Micro/Macro-habitat                                                       | 63        |

## Introduction

### Contexte : les programmes de surveillance DCSMM

La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) vise l'atteinte et/ou le maintien du Bon Etat Ecologique (BEE) des écosystèmes marins d'Europe. Pour sa mise en œuvre en France métropolitaine, les Plans d'Action pour le Milieu Marin (PAMM) prévoient cinq actions, dont le développement et la mise en œuvre de programmes de surveillances (4ème action adoptée par chaque DIRM début 2015). La surveillance a pour finalité de collecter des données nécessaires au pilotage des politiques publiques et à leur évaluation. La surveillance au titre des PAMM est requise afin de permettre l'évaluation permanente des milieux et ainsi vérifier l'atteinte des objectifs fixés par la directive. Au total, 13 programmes de surveillance ont été retenus pour couvrir l'ensemble des composantes biocénotiques et des pressions pesant sur les écosystèmes marins, dont les Poissons et Céphalopodes (PC).

Les poissons osseux et cartilagineux représentent un groupe faunistique indispensable dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes marins, notamment par leur diversité spécifique (plus de 1300 espèces sur l'Atlantique Nord-Est et la Méditerranée), la diversité des niches occupées par leurs stades ontogéniques (de la larve à l'adulte), leur abondance et leurs rôles trophiques (consommateurs primaires à prédateurs supérieurs). Les poissons, à l'instar des autres groupes faunistiques, permettent aussi de caractériser le BEE, dans tous les milieux marins, car ils occupent des niches écologiques extrêmement diversifiées. Les céphalopodes, dont la diversité spécifique est plus réduite dans les eaux françaises métropolitaines (une quarantaine d'espèces), ont été associés au groupe des poissons en raison de leur large mobilité et parce qu'ils occupent les mêmes habitats. Le suivi des céphalopodes n'est pas une priorité mais ceux-ci peuvent être échantillonnés en même temps que les poissons.

Le programme de surveillance PC a pour fonctions de collecter cycliquement les données nécessaires pour :

- développer, réviser, compléter les indicateurs DCSMM du BEE des communautés de PC, relatifs aux descripteurs « Biodiversité », « Espèces non indigènes » et « Réseaux trophiques » (modifiés par la décision 2017/848 de l'UE), (Définition des Descripteurs en Encadré 1) ;
- évaluer l'atteinte du BEE des communautés de PC, en renseignant les critères et indicateurs DCSMM du BEE ;
- évaluer les impacts sur l'état écologique des pressions induites par les activités humaines ;
- contribuer à l'évaluation de la réalisation des objectifs environnementaux définis dans les PAMM

**Encadré 1 : Définition des descripteurs (D) et critères (C) du Bon Etat Ecologique qui doivent être renseignés grâce aux données des programmes de surveillance Poissons et Céphalopodes.**

**Descripteur 1, Biodiversité :** La diversité biologique est conservée. La qualité des habitats et leur nombre, ainsi que la distribution et l'abondance des espèces sont adaptées aux conditions physiographiques, géographiques et climatiques existantes. Le descripteur 1 s'évalue selon 5 critères qui doivent être renseignés pour chacune des 70 espèces de poissons et céphalopodes pré-listées.

- ❖ **D1C1 Mortalité par captures accidentelles :** Le taux de mortalité par espèce dû à des prises accessoires accidentelles est inférieur au niveau susceptible de constituer une menace pour l'espèce, de sorte que la viabilité à long terme de celle-ci est assurée.
- ❖ **D1C2 Abondance des populations de l'espèce :** Les pressions anthropiques n'ont pas d'effets néfastes sur l'abondance des populations des espèces concernées, de sorte que la viabilité à long terme de ces populations est garantie.
- ❖ **D1C3 Caractéristiques démographiques de la population de l'espèce :** les caractéristiques démographiques (structure par taille ou par âge, répartition par sexe, taux de fécondité, taux de survie, entre autres) des populations des espèces témoignent d'une population saine, qui n'est pas affectée par les pressions anthropiques.
- ❖ **D1C4 Distribution spatiale de l'espèce :** L'aire de répartition des espèces et leur schéma de répartition dans ladite aire, le cas échéant, est conforme aux conditions physiographiques, géographiques et climatiques dominantes.
- ❖ **D1C5 Extension et état des habitats propices aux espèces suivies :** L'habitat des espèces offre l'étendue et les conditions nécessaires pour permettre à celles-ci d'accomplir les différentes étapes de leur cycle

**Descripteur 2, Espèces non-indigènes :** Les espèces non indigènes introduites par le biais des activités humaines sont à des niveaux qui ne perturbent pas les écosystèmes.

- ❖ **D2C1 Nombre d'espèces non indigènes nouvellement introduites :** Le nombre d'espèces non indigènes nouvellement introduites dans le milieu naturel par le biais des activités humaines (par période d'évaluation de six ans et comptabilisé à partir de l'année de référence retenue pour l'évaluation initiale) est réduit au maximum et, si possible, ramené à zéro.
- ❖ **D2C2 Abondance et répartition spatiale des espèces non indigènes :** Les abondances et répartitions spatiales des espèces non indigènes établies, en particulier les espèces envahissantes, qui contribuent de manière notable aux effets néfastes sur certains groupes d'espèces ou grands types d'habitats.

**Descripteur 4, Ecosystème et Réseaux trophiques :**

- ❖ **D4C1 Diversité au sein des guildes trophiques :** La diversité (composition des espèces et abondance relative de celles-ci) de la guildes trophique n'est pas affectée par les pressions anthropiques.
- ❖ **D4C2 Equilibre de l'abondance totale entre les guildes trophiques :** L'équilibre de l'abondance totale entre les guildes trophiques n'est pas affecté par les pressions anthropiques.
- ❖ **D4C3 Distribution en taille des individus au sein des guildes trophiques :** La répartition par taille des individus au sein d'une guildes trophique n'est pas affectée par les pressions anthropiques.
- ❖ **D4C4 Productivité des guildes trophiques :** La productivité de la guildes trophique n'est pas affectée par les pressions anthropiques.

Pour chacune des quatre sous-régions marines (SRM) de France métropolitaine (Figure 1), le programme de surveillance PC 1<sup>er</sup> cycle (2014-2020) est divisé en cinq sous-programmes (Tableau 1) organisés selon un double gradient environnemental : distance à la côte et types de milieux (poissons vivant en lien avec le fond - démersaux - ou poissons vivant dans la colonne d'eau - pélagiques).

Les responsabilités scientifiques du développement et de la coordination de ces cinq sous-programmes ont été répartit entre l'Ifremer et l'UMS PatriNat en fonction de leurs compétences respectives<sup>1</sup> (Tableau 1).

**Tableau 1 : Structure et contenu du programme de surveillance 1<sup>er</sup> cycle (2014-2020).**

| Sous-programme par type de milieu                                                      | Dispositifs de surveillance retenus pour le 1 <sup>er</sup> cycle 2014-2020                                                                         | Méthode de suivi et stratégie d'échantillonnage                                                                                  | Responsables Thématique et Surveillance |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>SP1</b><br>Milieux côtiers intertidaux (SRM Méditerranée Occidentale non concernée) | Aucun dispositif retenu                                                                                                                             | À élaborer lors du 2 <sup>ème</sup> cycle                                                                                        | UMS PatriNat                            |
| <b>SP2</b><br>Milieux côtiers démersaux, fonds rocheux, herbiers et coralligènes       | SRMs MMN, MC, GdG : Aucun dispositif retenu<br><br>SRM MO : 4 dispositifs retenus (VideobioMed, RECOR volet poissons, RESPIRE et les suivis du GEM) | À élaborer lors du 2 <sup>ème</sup> cycle                                                                                        | UMS PatriNat                            |
| <b>SP3</b><br>Milieux côtiers démersaux, fonds meubles dénudés                         | Campagnes halieutiques Nour..., existantes et à compléter                                                                                           | Existantes<br>A optimiser pour les besoins de la DCSMM                                                                           | Ifremer                                 |
| <b>SP4</b><br>Milieux côtiers pélagiques                                               | Campagnes halieutiques PELGAS et PELMED pour les fonds au-delà de 20-40m.<br>Campagnes halieutiques à créer pour les fonds inférieurs à 40m         | À élaborer lors du 1er cycle pour les fonds inférieurs à 40m, en adaptant les méthodes existantes sur des petits navires côtiers | UMS PatriNat                            |
| <b>Milieux démersaux et pélagiques du Plateau (SP5)</b>                                | Campagnes halieutiques (CGFS, EVHOE, IBTS, OBSMER, PELGAS, PELMED)                                                                                  | Existantes, sauf en Manche occidentale<br>A optimiser pour les besoins de la DCSMM                                               | Ifremer                                 |

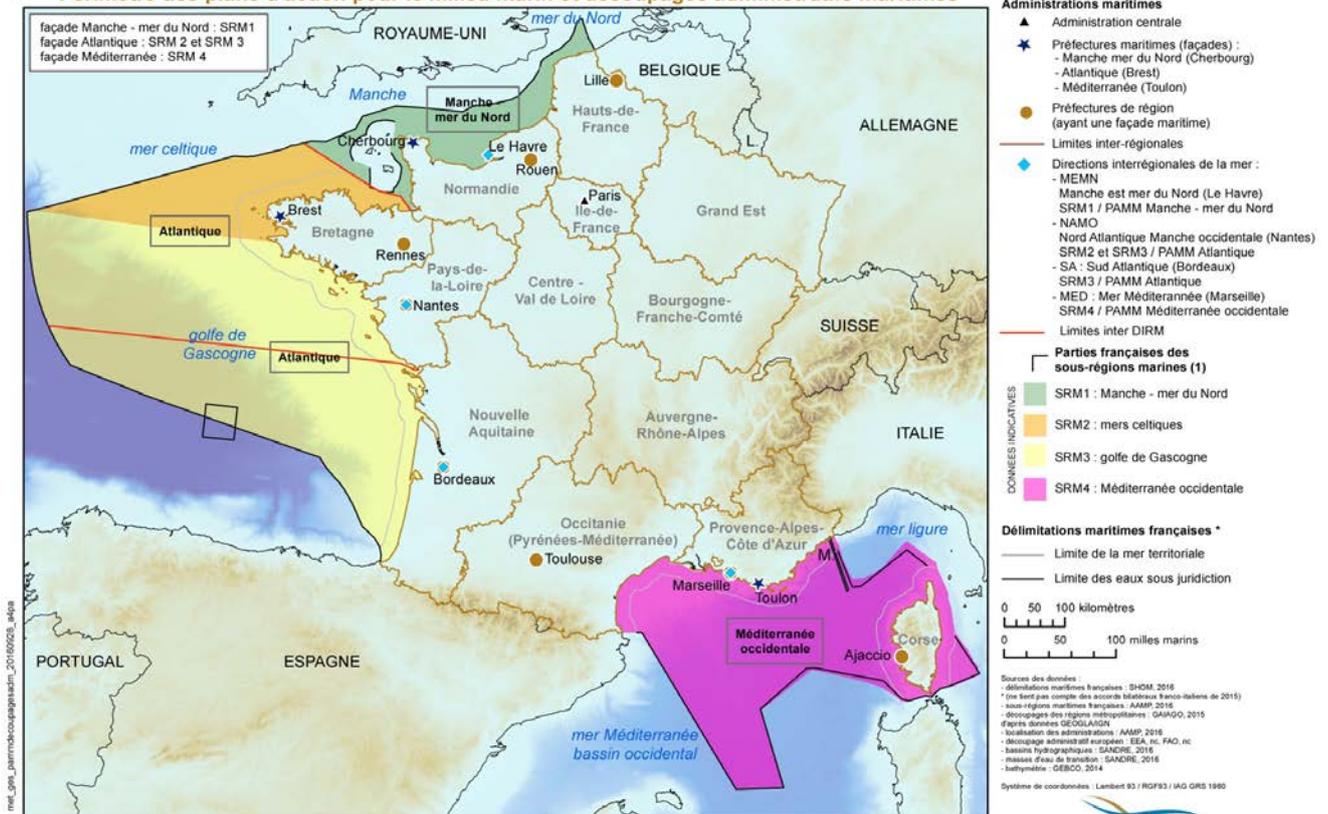
MMN : Manche-Mer du Nord ; MC : Mers Celtiques ; GdG : Golfe de Gascogne ; MO : Méditerranée Occidentale.

<sup>1</sup> Le co-pilotage scientifique des SP1, SP2 et SP4 a été assuré par le MNHN de 2010 à 2017. Suite à la création de l'AFB en 2017, l'équipe MNHN en charge de la thématique DCSMM Poissons-Céphalopodes a été rattachée à l'Unité Mixte de Service Patrimoine Naturel - UMS PatriNat.

**FRANCE METROPOLITAINE**

**Périmètre des plans d'action pour le milieu marin et découpages administratifs maritimes**

EDITEE LE: 29/08/2016



DIRM - directions interrégionales de la mer - PAMM - plans d'action pour le milieu marin ; SRM : sous-régions marines européennes (eaux françaises) / (1) délimitations maritimes indicatives spécifiques à la directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM) et ne tenant pas compte des eaux de transition de la directive cadre sur l'eau (DCE)

**Figure 1 : les quatre sous-régions marines (SRM) de France métropolitaine.**

**Problématique et structure du Rapport**

Les méthodes d'échantillonnage retenues jusqu'à présent pour la surveillance DCSMM sont dites « conventionnelles », c.-à-d. qu'elles sont mises en œuvre par des scientifiques dans un cadre professionnel. Elles permettent de collecter des données standardisées et très précises. Cependant les coûts humains et financiers souvent importants peuvent limiter la couverture spatio-temporelle de ces suivis et donc la capacité de ces sciences conventionnelles à évaluer à large échelle les patrons de distributions biogéographiques des espèces. Ces évaluations globales sont pourtant nécessaires pour répondre aux problématiques de conservation et de gestion, notamment celles relevant de la DCSMM. Les approches de science participative, faisant appel à des observateurs non-spécialistes bénévoles, pourraient sans doute compléter les sciences conventionnelles puisqu'elles permettent une meilleure couverture spatio-temporelle à coût moindre. Malgré cela, elles restent jusqu'à présent inutilisées dans le contexte DCSMM, car considérées comme peu fiables. Qu'en est-il effectivement ?

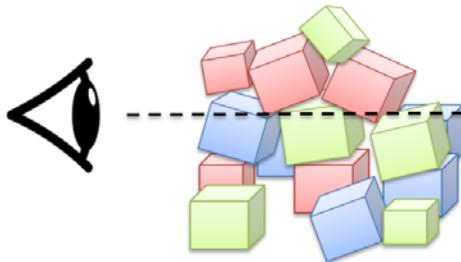
L'objet du présent rapport est d'évaluer dans quelle mesure les méthodes de science participative permettraient de collecter des données complémentaires aux méthodes conventionnelles, avec quel degré de pertinence et de compatibilité.

Plus précisément, il répertorie, décrit et analyse les principaux programmes, méthodologies et protocoles de science participative déjà existants permettant l'étude des poissons (et éventuellement des céphalopodes) côtiers, afin de diagnostiquer leur intérêt potentiel pour le programme de surveillance DCSMM Thématique Poissons et Céphalopodes (Chapitre A).

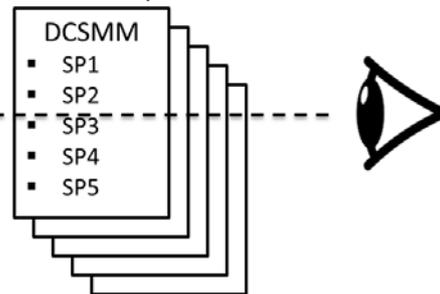
Il s'attache ensuite à cerner dans quelles perspectives des approches de science participative, existantes ou à créer, pourraient être concevables, utiles, voire essentielles dans la démarche globale de surveillance DCSMM des poissons et céphalopodes côtiers (Chapitre B).

Enfin, il examine et propose des pistes pour intégrer, concrètement, des approches participatives dans la stratégie nationale de surveillance DCSMM (Chapitre C).

**Chapitre A:** Typologie des Programmes de Science Participative existants et leur contribution potentielle à la DCSMM



**Chapitre B:** Synthèse par sous-programmes de surveillance, descripteurs et critères du Bon Etat Ecologique, des Programmes de Surveillances pouvant contribuer à la DCSMM



**Chapitre C :** Perspectives d'utilisation de la science participative pour les besoins de la surveillance DCSMM

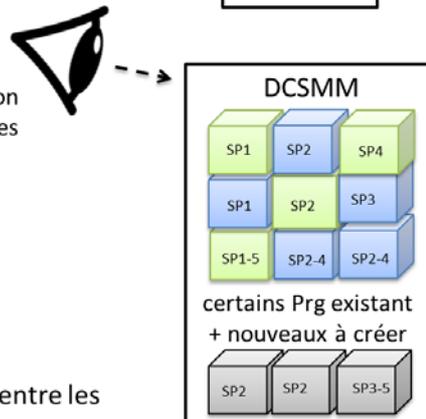


Schéma illustrant les articulations logiques entre les 3 chapitres du présent rapport.

## A- Les programmes de science participative existants et leur contribution potentielle à la DCSMM

### A1- Qu'est-ce que la science participative ?

Nous nommons *science participative* la participation de non-spécialistes à un projet scientifique défini qui leur est proposé (apports d'observations et de données, contribution au dépouillement et à l'analyse de certaines données brutes...). On peut parler de *science citoyenne* lorsque, de plus, des participants non-spécialistes s'impliquent dans la genèse, la mise en œuvre, l'analyse ou l'évolution d'un projet scientifique.

### A2- Caractéristiques des programmes de science participative en mer

En vue de diagnostiquer quels programmes de sciences participatifs (existants ou à créer) pourraient contribuer à la surveillance DCSMM, il convient tout d'abord de réaliser une typologie permettant de caractériser toute la diversité/hétérogénéité des programmes actuels. En effet, les programmes de science participative existant sur les poissons marins vont de la collecte d'observations d'opportunité à des protocoles élaborés de même nature que ceux qu'utilisent des scientifiques « institutionnels » ; ce sont très majoritairement des approches d'observation (échantillonnage visuel ou bien photographique), donc non intrusives.

Pour analyser et catégoriser ces programmes, il convient de les envisager de différents points de vue à la fois : questionnement sous-jacent et structuration du protocole scientifique, modalités de participation et investissement des contributeurs, modalités d'organisation, encadrement et animation du dispositif participatif, modalités de collecte, validation et bancarisation des données...

Le **tableau 2** récapitule les **facteurs constitutifs des programmes de science participative basés sur l'observation**, dont la combinaison définit le protocole et le fonctionnement du programme. Il synthétise en quelque sorte la grille suivant laquelle les programmes existants ont été analysés.

En résumé, les programmes participatifs actuels s'appuient très largement sur les **technologies numériques** pour collecter les données, animer les réseaux de contributeurs, informer, restituer des résultats... Selon les programmes, il existe **différentes manières de valider les observations** : par des **preuves factuelles** (notamment photos), sur la base de leur **vraisemblance**, ou bien selon le **degré de confiance** que l'on peut accorder à l'observateur. Les modalités de stockage, bancarisation et partages des données sont également variables, mais de nombreux programmes alimentent déjà le SINP et l'INPN. Selon les questions scientifiques posées, le niveau de technicité et de complexité des méthodologies varie de la simple collecte d'observations d'opportunité, faisant appel à un grand nombre d'observateurs sans besoin de formation, jusqu'à des protocoles comparables à ceux qu'utilise la science conventionnelle pour des études quantitatives (occurrence, abondance), impliquant un nombre restreint de participants bénévoles, formés et encadrés, dans des missions ciblées.

**Tableau 2.** Facteurs constitutifs des programmes de science participative examinés dans la présente étude

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Niveau de protocole</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observations opportunistes (« enquête »)</li> <li>• Programmes semi-protocoles</li> <li>• Protocoles « habitats-centrés »</li> <li>• Protocoles « individus-centrés »</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Unité d'échantillonnage</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un individu (rencontre opportuniste)</li> <li>• Un site, parcouru librement (sans réplication)</li> <li>• Un ou plusieurs types d'habitats au sein d'un site, parcourus librement (sans réplication)</li> <li>• Un temps de parcours prédéfini (souvent répliqué), en distinguant parfois habitats ou profondeurs</li> <li>• Une surface prédéfinie (souvent répliquée), en distinguant éventuellement habitats ou profondeurs</li> </ul>                                    |
| <b>Nature des données</b>                    | <p><b>Observations opportunistes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observation simple</li> <li>• Observation circonstanciée</li> </ul> <p><b>Observations systématiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence-absence par espèces</li> <li>• Présence-absence par espèces et classes de taille</li> <li>• Indice semi-quantitatif d'abondance par espèces (et éventuellement classes de taille)</li> <li>• Abondance par espèces (et éventuellement classes de taille)☐</li> </ul> |
| <b>Espèces ciblées</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une ou quelques espèces (liste fermée restreinte)</li> <li>• Liste fermée</li> <li>• Liste ouverte</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Mode de validation des données</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Validation d'après photo</li> <li>• Vraisemblance de l'observation</li> <li>• Fiabilité de l'observateur</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Cadre d'organisation des observations</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositif d'observation autonome</li> <li>• Dispositif d'observation animé</li> <li>• Dispositif d'observation encadré</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

**Quels sont les critères d'efficacité des programmes de science participative ?** La particularité de ces programmes est qu'ils font appel à des participants non-spécialistes (ce qu'on leur demande doit donc être suffisamment simple pour ne pas nécessiter un effort démesuré de formation ou d'encadrement) et bénévoles (agissant dans leurs loisirs, avec une disponibilité limitée, ils doivent aussi y trouver du plaisir). Ainsi, un bon protocole de science participative a un impératif majeur d'efficacité : ce doit être **la manière la plus simple et la moins contraignante de répondre à une question scientifique donnée.**

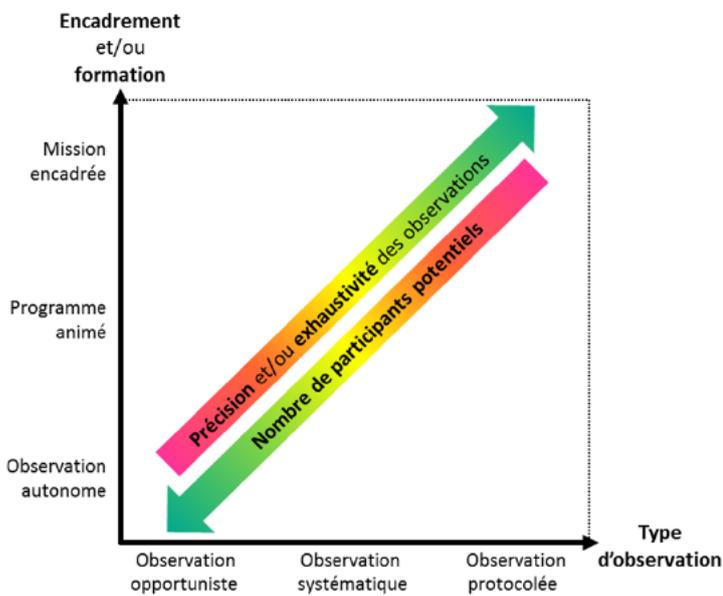


Figure 2 Lien entre type d'observation participative ou niveau d'encadrement, précision des observations et participation potentielle.

Et de fait, conception et fonctionnement des programmes participatifs reposent d'ordinaire sur un compromis entre le nombre de participants (et d'observations reçues) et la précision des résultats, entre le besoin de données détaillées et la charge d'animation/encadrement que cela impose (Figure 2). A l'analyse, on observe en effet une relation inverse entre le niveau de complexité des dispositifs ou protocoles et l'implication possible des participants bénévoles. On note également que la qualité et la fiabilité des données augmentent avec le degré de formation, d'encadrement et de contrôle.

C'est dire la nécessité centrale du travail d'animation-réseau, de formation et d'encadrement des bénévoles, qui suppose à la fois une volonté forte et des moyens dédiés.

### A3- Synthèse fonctionnelle des divers types de protocoles, participatifs ou conventionnels, et de leurs potentiels pour la surveillance DCSMM

Cette typologie des divers dispositifs et protocoles a permis d'établir quelles caractéristiques fonctionnelles font qu'un programme de science participative peut répondre (ou non) à un certain nombre de besoins de surveillance DCSMM.

Une synthèse croisée mettant en relation le fonctionnement des divers types de protocoles et leur pertinence pour la surveillance DCSMM poissons et céphalopodes est proposée dans le tableau 3 (a et b).

En résumé, pour le descripteur « Biodiversité » (D1), qui s'attache à l'évaluation de la biodiversité des milieux marins, la plupart des types de programmes participatifs peuvent contribuer à la surveillance des distributions spatiales des espèces (D1C4) ; les dispositifs opportunistes, notamment les recueils de listes d'espèces, semblent les mieux adaptés. D'autre part, un certain nombre de dispositifs protocolés sont tout à fait intéressants pour aborder l'abondance des espèces (D1C2) ainsi que leurs relations à l'habitat (D1C5). Et les protocoles les plus poussés, incluant des estimations de taille, permettent aussi une approche de la démographie (D1C3).

Les approches d'enquêtes participatives sont certainement aussi les meilleurs outils pour surveiller l'apparition d'espèces non-indigènes (D2C1) et leur expansion (D2C2). Enfin, plusieurs protocoles spécifiquement ciblés sur les communautés de poissons et leurs relations à l'environnement (forçages naturels et anthropiques) peuvent répondre aux besoins du descripteur « Ecosystème et réseaux trophiques », notamment pour la diversité et la composition spécifique des guildes trophiques (D4C1) et, pour certains, les abondances et les distributions de tailles par guildes fonctionnelle (D4C2, D4C3).

Tab 3a **Approches participatives de type enquête ou non protocolées : caractéristiques et pertinence pour la surveillance DCSMM**

|                                                         |                                        | Observation simple              | Observation avec photo                             | Observation circonstanciée                      | Observation SACFORN *                      | Liste d'espèces        | Liste d'espèces                                               | Liste d'espèces quantifiée                |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Modalités des protocoles</b>                         | Type d'observation                     | opportuniste                    | opportuniste                                       | opportuniste                                    | opportuniste                               | opportuniste           | <b>systematique</b>                                           | <b>systematique</b>                       |
|                                                         | Spatialisation obs.                    | individu-centré                 | individu-centré                                    | individu-centré                                 | site-centré                                | site-centré            | site-centré                                                   | site-centré                               |
|                                                         | Liste de référence                     | pas nécessaire                  | pas nécessaire                                     | pas nécessaire                                  | pas nécessaire                             | pas nécessaire         | souhaitable                                                   | ciblée                                    |
|                                                         | Mesure de l'effort d'observation       | non                             | non                                                | non                                             | non                                        | non                    | non                                                           | temps, distance & visibilité              |
| <b>Modalités d'animation</b>                            | Mode de participation                  | autonome                        | autonome                                           | autonome                                        | autonome (informé/formé)                   | autonome               | autonome (informé)                                            | animé/encadré ou autonome (informé/formé) |
|                                                         | Mode de collecte des données           | indifférent                     | contrainte de récupération et archivage des photos | fiche, tableau ou formulaire en ligne           | de préférence fiche ou formulaire en ligne | indifférent            | de préférence dispositif de choix dans une liste de référence | fiche ou formulaire en ligne              |
| <b>Exemples de programmes ou protocoles</b>             |                                        | BioLit, Capoeira, MedObs-Sub... | BioLit, Fish Watch Forum                           | Fish Watch Forum, Hippo-ATLAS, Requins-pélerins | Wildlife Trusts subtidal recording form    | BioObs                 | Observations ornithologiques                                  | Fiche Syngnathidés                        |
| <b>Contribution au renseignement des critères DCSMM</b> | D1C1 (mortalité)                       |                                 |                                                    |                                                 |                                            |                        |                                                               |                                           |
|                                                         | D1C2 (abondance)                       |                                 |                                                    |                                                 | x                                          |                        | x                                                             | XXX                                       |
|                                                         | D1C3 (démographie)                     |                                 |                                                    |                                                 |                                            |                        |                                                               |                                           |
|                                                         | D1C4 (répartition)                     | XX                              | XX                                                 | XX                                              | XX                                         | XX                     | XXX                                                           | XXX                                       |
|                                                         | D1C5 (habitats)                        |                                 | x                                                  | x                                               |                                            |                        | (x) si listes par habitats                                    |                                           |
|                                                         | D2C1 (présence ENI)                    | XX                              | XX                                                 | XX                                              | x                                          | XX                     | XX                                                            | x                                         |
|                                                         | D2C2 (abondance & répartition ENI)     | XX                              | XX                                                 | XX                                              | x                                          | XX                     | XX                                                            | x                                         |
|                                                         | D4C1 (diversité guildes)               |                                 |                                                    |                                                 | x                                          |                        | x                                                             | x                                         |
|                                                         | D4C2 (abondance guildes)               |                                 |                                                    |                                                 |                                            |                        |                                                               | x                                         |
|                                                         | D4C3 (distribution de tailles guildes) |                                 |                                                    |                                                 |                                            |                        |                                                               |                                           |
|                                                         | D4C4 (productivité guildes)            |                                 |                                                    |                                                 |                                            |                        |                                                               |                                           |
|                                                         | Niveau de confiance                    | x                               | XXX                                                | x                                               | XX                                         | x                      | x                                                             | x                                         |
|                                                         | Couverture spatio-temporelle           | partout, toute l'année          | partout, toute l'année                             | partout, toute l'année                          | partout, toute l'année                     | partout, toute l'année | partout, toute l'année                                        | partout, toute l'année                    |

\* SACFORN scale : Superabundant, Abundant, Common, Frequent, Occasional, Rare, Not found, Dead/Drift

**Tableau 3b**
**Approches participatives protocolées : caractéristiques et pertinence pour la surveillance DCSMM**

|                                                         |                                               | Protocole sur individu            | Listes d'espèces quantifiées                 | Listes d'espèces indicées            | Transects temporels de présence-abs.  | Transects temporels de comptage | Transects métriques de comptage |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Modalités des protocoles</b>                         | Type d'observation                            | opportuniste                      | <b>systématique</b>                          | <b>systématique</b>                  | <b>systématique</b>                   | <b>systématique</b>             | <b>systématique</b>             |
|                                                         | Spatialisation obs.                           | individu-centré                   | habitat-centré                               | habitat-centré                       | habitat-centré                        | habitat-centré                  | habitat-centré                  |
|                                                         | Liste de référence                            | ciblée                            | ciblée                                       | pas nécessaire                       | fermée                                | fermée                          | ouverte ou fermée               |
|                                                         | Mesure de l'effort d'observation              | non                               | temps, distance & visibilité                 | non (mais temps total d'obs. relevé) | largeur x temps                       | largeur x temps                 | surface                         |
| <b>Modalités d'animation</b>                            | Mode de participation                         | animé ou autonome (& formé)       | animé/encadré ou autonome (& formé)          | encadré * (& formé)                  | encadré (& formé)                     | encadré (& formé)               | encadré (& formé)               |
|                                                         | Mode de collecte des données                  | de préférence formulaire en ligne | fiche ou formulaire en ligne                 | fiche ou tableau informatique        | fiche ou tableau informatique         | fiche ou tableau informatique   | fiche ou tableau informatique   |
| <b>Exemples de programmes ou protocoles</b>             |                                               | Hippo-HABITAT, Hippo-MORPHO       | Fiche Syngnathidés, Des espèces qui comptent | missions Fish Watch                  | Protocole FAST, Voyages BSM (Banyuls) | Voyages BSM (Kas)               | Reef Check                      |
| <b>Contribution au renseignement des critères DCSMM</b> | <b>D1C1</b> (mortalité)                       |                                   |                                              |                                      |                                       |                                 |                                 |
|                                                         | <b>D1C2</b> (abondance)                       |                                   | XXX                                          | <b>XXX</b>                           | XX                                    | XXX                             | XXX                             |
|                                                         | <b>D1C3</b> (démographie)                     |                                   |                                              |                                      | XX (si classes de taille)             | XX (si classes de taille)       | XX (si classes de taille)       |
|                                                         | <b>D1C4</b> (répartition)                     | XX<br>(XXX si photos)             | XXX                                          | <b>XX</b>                            | XX                                    | XX                              | XX                              |
|                                                         | <b>D1C5</b> (habitats)                        | XXX (si protocole habitat)        | XX                                           | <b>XXX</b>                           | XX                                    | XX                              | XXX                             |
|                                                         | <b>D2C1</b> (présence ENI)                    |                                   | x                                            | x                                    | x                                     | x                               | x                               |
|                                                         | <b>D2C2</b> (abondance & répartition ENI)     |                                   | x                                            | x                                    | x                                     | x                               | x                               |
|                                                         | <b>D4C1</b> (diversité guildes)               |                                   | x                                            | <b>XXX</b>                           | XX                                    | XX                              | XXX                             |
|                                                         | <b>D4C2</b> (abondance guildes)               |                                   | x                                            | x                                    | XX                                    | XX                              | XXX                             |
|                                                         | <b>D4C3</b> (distribution de tailles guildes) |                                   |                                              |                                      | XX (si classes de taille)             | XX (si classes de taille)       | XX (si classes de taille)       |
|                                                         | <b>D4C4</b> (productivité guildes)            |                                   |                                              |                                      | x                                     | x                               | x                               |
|                                                         | Niveau de confiance                           | XX<br>(XXX si photos)             | XX                                           | <b>XXX</b>                           | XX                                    | XX                              | XX                              |
|                                                         | Couverture spatio-temporelle                  | partout, toute l'année            | locale ou régionale                          | mission locale, ponctuelle           | mission locale, ponctuelle            | mission locale, ponctuelle      | mission locale, ponctuelle      |

\* Le protocole Fish Watch inclut un processus de cross-validation des données, et le rejet des données douteuses



**Figure 3** : Raie brunette - *Raja undulata* - observée en Baie de Morlaix lors d'une mission test de Sciences Participatives. L'espèce est classée « En danger » par l'IUCN. Son observation est relativement rare en plongée. Les Sciences Participatives, permettant un effort d'observation plus important, peuvent augmenter les probabilités d'observer ce genre d'espèces et ainsi apporter des données permettant une meilleure évaluation de leur état écologique. ©Pierre Thiriet / UMS PatriNat / MNHN Dinard

#### **A4- Panorama des programmes de science participative en mer et de leurs potentiels pour la surveillance DCSMM**

L'analyse réalisée a montré que les capacités globales d'un programme de science participative dépendent de la combinaison de caractéristiques de nature scientifique (type d'observation, type de protocole, mesure de l'effort d'observation, liste de référence...) et de caractéristiques opérationnelles (information, formation, mode d'animation ou encadrement...). Ce sont ces caractéristiques qui sont récapitulées, pour les principaux programmes de science participative existant sur les poissons marins en France, dans le **tableau 4** (a et b) présenté pages suivantes.

**Tableau 4a**

**Principaux programmes de science participative potentiellement utiles pour le suivi DCSMM des poissons marins**

|                                                    | Programme                                | Structure porteuse                                                                                              | Depuis... | Périodicité                                | Site Internet                                                                 | Objectifs                                                                                                                   | Protocole                                         | Modalités                                                                              |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Dispositifs d'enquête (observations d'opportunité) | <b>Fish Watch Forum</b>                  | Association Peau-Bleue                                                                                          | 2015      | Permanent                                  | www.fish-watch.org                                                            | Collecter les observations de poissons marins en France, Europe et Méditerranée                                             | Enquête photos (observations d'opportunité)       | Observations opportunistes (photos), liste ouverte (+ taille, habitat, profondeur,...) |
|                                                    | <b>Hippo-ATLAS</b>                       | Association Peau-Bleue                                                                                          | 2005      | Permanent                                  | www.peableue.org<br>Utilise désormais l'interface FWF :<br>www.fish-watch.org | Collecter les observations d'hippocampes et syngnathes en France, Europe et Méditerranée                                    | Enquête (observations d'opportunité)              | Observations opportunistes, liste ciblée (+ profondeur, habitat, taille, sexe)         |
|                                                    | <b>Projet Diable de mer</b>              | Association AILERONS, Groupe de recherche requins de Méditerranée                                               |           | Permanent                                  | http://asso-aileron.fr<br>http://corsica-requins-de-mediterranee.org          | Collecter les observations de raies diables de mer en France                                                                | Enquête (observations d'opportunité)              | Observations opportunistes, liste ciblée (+ nombre, taille, sexe, comportement...)     |
|                                                    | <b>Projet Requin pèlerin</b>             | APECS (Association pour l'étude et la conservation des séliaciens), Groupe de recherche requins de Méditerranée | 1997      | Permanent                                  | www.asso-apecs.org<br>http://corsica-requins-de-mediterranee.org              | Collecter les observations de requins pèlerins en France                                                                    | Enquête (observations d'opportunité)              | Observations opportunistes, liste ciblée (+ nombre, taille, sexe, comportement...)     |
|                                                    | <b>BioLit / A vos observations !</b>     | Planète Mer                                                                                                     | 2014      | Permanent                                  | www.biolit.fr                                                                 | Collecter des observations de la biodiversité littorale                                                                     | Enquête photos (observations d'opportunité)       | Observations opportunistes (photos), liste ouverte                                     |
|                                                    | <b>BioLit / Les nouveaux arrivants</b>   | Planète Mer                                                                                                     | 2014      | Permanent                                  | www.biolit.fr                                                                 | Collecter des observations d'espèces exotiques sur le littoral                                                              | Enquête photos (observations d'opportunité)       | Observations opportunistes (photos), liste ouverte                                     |
|                                                    | <b>BioObs</b>                            | FFESSM (Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins)                                                 | 2013      | Permanent                                  | http://bioobs.fr                                                              | Permettre aux plongeurs de relever leurs observations naturalistes et de contribuer à l'inventaire scientifique des espèces | Observations d'opportunité (listes d'espèces)     | Observations opportunistes (listes d'espèces), liste ouverte                           |
| Protocoles locaux animés                           | <b>Hippo-THAU</b>                        | CPIE Bassin de Thau & association Peau-Bleue                                                                    | 2005      | Permanent ; suivis printemps, été, automne | http://observatoire-hippocampe.fr                                             | Recenser les hippocampes et syngnathes et en assurer un suivi dans le temps                                                 | Fiche d'observation des Syngnathidés              | Comptage, liste ciblée, mesure effort d'obs., non-vus comptabilisés (+ habitat)        |
|                                                    | <b>Hippo-BASSIN / OPBM</b>               | Association Ocean'Obs / Observatoire participatif de la Biodiversité Marine                                     | 2012      | Permanent                                  | www.oceanobs.fr                                                               | Recenser les hippocampes et syngnathes et en assurer un suivi dans le temps                                                 | Fiche d'observation des Syngnathidés              | Comptage, liste ciblée, mesure effort d'obs., non-vus comptabilisés (+ habitat)        |
| Missions encadrées                                 | <b>Des espèces qui comptent</b>          | FFESSM 13 et PACA                                                                                               | 2004      | 1 fois par an                              | www.ffessm-provence.net                                                       | Recenser mérous et corbs                                                                                                    | Protocole d'observation exhaustive                | Observations exhaustives, liste ciblée                                                 |
|                                                    | <b>Veille biologique récifs du PRADO</b> | FFESSM 13 et PACA                                                                                               | 2009      | Plongées programmées toute l'année         | www.ffessm-provence.net                                                       | Faire participer les plongeurs au suivi faune-flore des récifs artificiels de la baie de Marseille                          | ?                                                 | Observations opportunistes, liste ouverte                                              |
|                                                    | <b>Voyages BSM (Bio Sous-Marine)</b>     | Association Peau-Bleue                                                                                          | 2002      | 2 à 3 missions par an                      | www.peableue.org                                                              | Permettre à des plongeurs amateurs de participer à des missions scientifiques                                               | Variable selon sujets                             | Variable selon sujets                                                                  |
|                                                    | <b>Voyages BSM / Missions Fish Watch</b> | Association Peau-Bleue                                                                                          | 2003      | Missions ponctuelles                       | www.peableue.org                                                              | Recensement standardisé des communautés de poissons marins                                                                  | Protocole exhaustif semi-quantitatif par habitats | Observations exhaustives, liste ouverte, par habitats                                  |

**Tableau 4b**

Principaux programmes de science participative potentiellement utiles pour le suivi DCSMM des poissons marins (suite)

|                                                    | Programme                                | Publics                                                                          | Information/formation                                          | Milieux concernés                                                                    | DCSMM                                  |                       |                        |                                                       |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                    |                                          |                                                                                  |                                                                |                                                                                      | Portée géographique                    | Sous-programmes       | Critères DCSMM         | Espèces DCSMM                                         |
| Dispositifs d'enquête (observations d'opportunité) | <b>Fish Watch Forum</b>                  | Plongeurs, apnéistes, pêcheurs, pêcheurs à pied, promeneurs, conchyliculteurs... | Pas de formation, formulaire en ligne                          | Habitats littoraux sablo-vaseux, herbiers et roche ; lagunes, estuaires ; pleine mer | France, Europe, Méditerranée           | SP1, SP2, SP3, SP4    | D1C2, D1C4, D2C1, D2C2 | Potentiellement toutes les espèces DCSMM              |
|                                                    | <b>Hippo-ATLAS</b>                       | Plongeurs, apnéistes, pêcheurs, pêcheurs à pied, promeneurs, conchyliculteurs... | Pas de formation, formulaire en ligne                          | Habitats littoraux sablo-vaseux, herbiers et roche ; lagunes, estuaires...           | France, Europe, Méditerranée           | SP2, SP3              | D1C2, D1C4, D1C5, D4C1 | <i>Hippocampus hippocampus</i> ; <i>H. guttulatus</i> |
|                                                    | <b>Projet Diable de mer</b>              | Plaisanciers, pêcheurs, plongeurs, apnéistes                                     | Pas de formation, formulaire en ligne                          | Milieu pélagique, pélagique côtier                                                   | Méditerranée                           | SP4                   | D1C2, D1C4             |                                                       |
|                                                    | <b>Projet Requin pèlerin</b>             | Plaisanciers, pêcheurs, plongeurs, apnéistes                                     | Pas de formation, formulaire en ligne                          | Milieu pélagique, pélagique côtier                                                   | France                                 | SP4                   | D1C2, D1C4             | <i>Cetorhinus maximus</i>                             |
|                                                    | <b>BioLit / A vos observations !</b>     | Pêcheurs à pied, promeneurs, autres usagers de la mer                            | Pas de formation, formulaire en ligne                          | Habitats littoraux rocheux, herbiers, sablo-vaseux, lagunes, estuaires...            | France                                 | SP1                   | D1C4, D2C1, D2C4       |                                                       |
|                                                    | <b>BioLit / Les nouveaux arrivants</b>   | Pêcheurs à pied, promeneurs, autres usagers de la mer                            | Pas de formation, infos et formulaire en ligne                 | Habitats littoraux rocheux, herbiers, sablo-vaseux, lagunes, estuaires...            | France                                 | SP1                   | D1C4, D2C1, D2C4       |                                                       |
|                                                    | <b>BioObs</b>                            | Plongeurs                                                                        | Pas de formation, formulaire en ligne                          | Habitats littoraux surtout rocheux, herbiers, sablo-vaseux, lagunes, estuaires...    | France                                 | SP2, SP3              | D1C4                   | Potentiellement toutes les espèces DCSMM              |
| Protocoles locaux animés                           | <b>Hippo-THAU</b>                        | Plongeurs amateurs, dont "experts" (équipe Hippo-THAU)                           | Sessions de formation, sorties encadrées, plongées autonomes   | Lagune. Habitats littoraux sablo-vaseux, herbiers et roche                           | Lagune de Thau, Région Occitanie       | SP2, SP3              | D1C2, D1C5, D4C1       | <i>Hippocampus hippocampus</i> ; <i>H. guttulatus</i> |
|                                                    | <b>Hippo-BASSIN / OPBM</b>               | Plongeurs amateurs, clubs et centres de plongée                                  | Sessions de formation, sorties encadrées, plongées autonomes   | Habitats littoraux sablo-vaseux, herbiers et roche                                   | Bassin d'Arcachon, Gironde             | SP2, SP3              | D1C2, D1C5, D4C1       | <i>Hippocampus hippocampus</i> ; <i>H. guttulatus</i> |
| Missions encadrées                                 | <b>Des espèces qui comptent</b>          | Plongeurs amateurs, clubs et centres de plongée                                  | Missions encadrées                                             | Habitats littoraux surtout rocheux, herbiers, sablo-vaseux                           | Marseille, Parc National des Calanques | SP2                   | D1C2, D1C5             | <i>Epinephelus marginatus</i> , <i>Sciaena umbra</i>  |
|                                                    | <b>Veille biologique récifs du PRADO</b> | Plongeurs amateurs                                                               | Sorties plongée encadrées                                      | Récifs artificiels                                                                   | Marseille, Parc National des Calanques | SP2 ?                 | ?                      | Diverses espèces DCSMM                                |
|                                                    | <b>Voyages BSM (Bio Sous-Marine)</b>     | Plongeurs, apnéistes,                                                            | Missions encadrées, phase de formation incluse dans la mission | Variable selon sujets                                                                | France, Méditerranée, Monde            | Variable selon sujets | Variable selon sujets  | Variable selon sujets                                 |
|                                                    | <b>Voyages BSM / Missions Fish Watch</b> | Plongeurs, apnéistes,                                                            | Missions encadrées, phase de formation incluse dans la mission | Habitats littoraux surtout rocheux, herbiers, sablo-vaseux / Récifs coralliens       | Méditerranée, Monde                    | SP2, SP3              | D1C2, D1C5             | Variable selon missions                               |

Afin d'illustrer de manière concrète le potentiel des sciences participatives dans une perspective de surveillance DCSMM, les auteurs ont choisi de présenter et approfondir quelques exemples, représentant la diversité des programmes existant en France. Ces cas d'études sont présentés en annexes.

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>Annexes : Différents cas d'étude par types de programmes de science participative</u></b> | <b>29</b> |
| <u>S1- Dispositifs d'enquête / observations d'opportunité</u>                                   | 30        |
| <u>S1a- Fish Watch Forum</u>                                                                    | 30        |
| <u>S1b- Hippo-ATLAS</u>                                                                         | 35        |
| <u>S2- Protocoles locaux animés</u>                                                             | 39        |
| <u>S2a- Hippo-THAU</u>                                                                          | 39        |
| <u>S2b- Hippo-BASSIN</u>                                                                        | 44        |
| <u>S3- Missions encadrées</u>                                                                   | 48        |
| <u>S3a- Etude de l'effet réserve à Cerbère-Banyuls</u>                                          | 48        |
| <u>S3b- Recensement de poissons à Kas</u>                                                       | 52        |
| <u>S3c- Protocole Fish Watch</u>                                                                | 57        |
| <u>S3d- Protocole Micro/Macro-habitat</u>                                                       | 63        |

## B- Synthèse par sous-programmes de surveillance, descripteurs et critères du Bon Etat Ecologique

### B1- Sous-programme SP1 (poissons et céphalopodes de la zone intertidale)

Globalement, les travaux actuels en sciences conventionnelles ne s'intéressent que fort peu au suivi des poissons et céphalopodes dans l'espace intertidal, que ce soit dans un contexte de recherche fondamentale ou appliqué, ou de surveillance environnementale. Si des méthodes existent, la littérature scientifique reste très rare sur le sujet.

Parmi les programmes participatifs, seul le Fish Watch Forum collecte aujourd'hui des données structurées sur les poissons de la zone intertidale (mais pas les céphalopodes). Biolit reçoit des témoignages photographiques, mais qui ne sont pas traités et bancarisés de façon systématique.

La perspective la plus immédiate pour améliorer la surveillance DCSMM dans le sous-programme SP1 serait de promouvoir des enquêtes ciblées sur des espèces d'intérêt particulier, y compris certains céphalopodes (espèces prélevées, indicatrices de la qualité de l'habitat ou susceptibles de changer d'aires de répartition,...), en utilisant le Fish Watch Forum comme dispositif de collecte des signalisations.

Par ailleurs, un protocole d'échantillonnage au haveneau (filet poussé à pied) actuellement en test (protocole SYNTSE) paraît prometteur pour fournir des observations quantitatives des poissons et céphalopodes des substrats meubles (et éventuellement herbiers) intertidaux, sous réserve bien sûr d'autorisation des engins de pêche et d'une approche éthique, non destructive.

### B2- Sous-programme SP2 (poissons et céphalopodes démersaux des milieux rocheux et herbiers côtiers)

Le milieu rocheux côtier souffre classiquement d'un déficit de connaissances sur les poissons du fait des difficultés d'échantillonnage. La situation s'améliore avec les méthodes d'échantillonnage visuel en plongée (bien moins utilisées en Atlantique, Manche et mer du Nord qu'en Méditerranée). Mais en tout état de cause, le nombre de scientifiques plongeurs compétents pour ces suivis de poissons reste restreint.

Les programmes ou protocoles participatifs de suivi des poissons, nombreux en milieu rocheux (en particulier ceux qui s'adressent aux plongeurs), notamment en Méditerranée, ont montré leur complémentarité avec les travaux scientifiques conventionnels. Du fait de leur large couverture spatiale et temporelle, les programmes collectant des observations opportunistes (Fish Watch Forum, BioObs, Hippo-ATLAS) sont utiles pour le suivi de la répartition des espèces (critère D1C4), mais aussi pour étudier les espèces à faible probabilité de rencontre (intéressant pour certains critères des descripteurs D1, D2 et D4).

Certains programmes participatifs s'attachent à la fréquence d'occurrence d'une série d'espèces-cibles. C'est le cas de la méthode FAST développée par le laboratoire ECOSEAS, qui s'intéresse à la fréquence relative des grands individus (un indicateur en cours de développement pour le descripteur D4) et peut constituer un bon indicateur de l'état des populations d'espèces soumises aux impacts humains. D'autres programmes, comme les missions Fish Watch (caractérisation semi-quantitative des peuplements de poissons par habitats) autorisent une évaluation quasi-exhaustive de la diversité spécifique des communautés de poissons côtiers qui est virtuellement inaccessible aux scientifiques institutionnels, compte tenu du temps humain nécessaire.

Enfin, certaines actions, missions Bio Sous-Marine notamment, ont démontré la possibilité d'appliquer, avec des plongeurs amateurs, des protocoles très proches de ceux qu'utilisent les scientifiques institutionnels, mais souvent moins lourds à mettre en œuvre. De telles approches pourraient éventuellement servir de modèles partagés pour aborder certaines questions de suivi DCSMM, en particulier pour l'analyse des communautés du D4.

### **B3- Sous-programme SP3 (poissons et céphalopodes démersaux des milieux meubles côtiers)**

En sciences conventionnelles, les fonds meubles côtiers sont classiquement échantillonnés par pêche (pêches scientifiques, observateurs embarqués ou analyse des débarquements de la pêche professionnelle). Bien que la couverture des campagnes existantes nécessite d'être encore complétée (en cours, notamment grâce à la création de nouvelles campagnes de chalutage « Nour »), les données ainsi obtenues permettent globalement de bien répondre aux objectifs de la surveillance DCSMM.

Dans ce contexte, le recours à la science participative n'est globalement pas nécessaire. Certains programmes opportunistes peuvent cependant présenter une utilité en collectant des observations dans les secteurs ultra-côtiers peu profonds, inaccessibles aux méthodes de pêche conventionnelles (il est d'ailleurs assez étonnant de constater l'intérêt porté par certains plongeurs naturalistes amateurs aux poissons de ces milieux, qui sont le plus souvent délaissés par la plongée loisir).

### **B4- Sous-programme SP4 (poissons et céphalopodes pélagiques des milieux côtiers)**

En sciences conventionnelles, les campagnes pélagiques existantes (PELGAS et PELMED) ne couvrent que très partiellement le milieu pélagique côtier (les bathymétries inférieures à 20 m ne sont pas échantillonnées). Des méthodes comparables à ce qui se fait au large (échosondage et pêche sur détection), mais adaptées aux faibles profondeurs, doivent être développées prochainement. Cependant, les données de suivi des pêches côtières répondent à une partie des besoins de surveillance DCSMM pour les poissons et céphalopodes pélagiques côtiers.

Dans ce sous-programme, l'apport potentiel des sciences participatives réside essentiellement dans les observations opportunistes d'espèces rares ou inattendues (connaissance des aires de répartition et de leur évolution à la marge), notamment au travers des protocoles participatifs s'adressant aux pratiquants de pêche récréative ou plaisance côtière.

### **B5- Sous-programme SP5 (poissons et céphalopodes du plateau continental)**

Pour le sous-programme SP5, qui concerne les eaux et les fonds du large, la surveillance est opérationnelle sur la base des dispositifs scientifiques existants (suivis des pêches et pêches expérimentales notamment). Considérant le faible nombre de citoyens ayant accès aux milieux profonds ou du large, l'apport des sciences participatives ne peut être que très marginal (répartition d'espèces rares, présence d'espèces exotiques).

### Le cas particulier des Syngnathidés : une approche nécessairement participative

Seuls des programmes de science participative s'intéressent aujourd'hui en France à l'écologie des hippocampes et syngnathes et à leur vulnérabilité face aux pressions anthropiques. Et ce sont essentiellement les porteurs de programmes de science participative qui détiennent l'expertise sur ces sujets, tant en termes de connaissance (identification, biologie, écologie) qu'en termes méthodologiques.



De plus, pour diverses raisons, notamment biologiques, la « science conventionnelle » n'est pas très bien armée pour étudier ces espèces souvent rares, à faible probabilité d'échantillonnage et à fortes variations de populations. Les approches de science participative en revanche, s'appuyant sur l'image de marque très forte des hippocampes dans le public, ont démontré leur capacité à collecter des données pertinentes et nouvelles sur ces animaux et leur environnement (Louisy, 2019).

Pour les secteurs où les Syngnathidés sont bien présents, il existe ainsi aujourd'hui des méthodes éprouvées pour étudier et suivre leur abondance (et sa variabilité dans le temps ou l'espace), leurs relations à l'habitat (deux approches méthodologiques complémentaires) et, potentiellement, leur démographie par le biais des répartitions en tailles des individus échantillonnés (approches en développement ou à développer).

Dans les zones à faible probabilité d'observation de Syngnathidés, la collecte d'observations d'opportunité (Hippo-ATLAS notamment) permet de récolter des données tout à fait analysables sur leur répartition géographique et ses variations éventuelles, leur distribution en profondeur, leurs préférences d'habitat (avec une vision globale à l'échelle de l'ensemble des côtes métropolitaines) et, éventuellement, des indications sur leur abondance relative.

Les protocoles participatifs existants peuvent répondre correctement aux besoins de surveillance DCSMM des Syngnathidés (dont les hippocampes, espèces menacées et à statut : conventions de Berne, Barcelone, OSPAR, CITES) pour les critères D1C2, D1C4 et D1C5 ; le protocole de la fiche Syngnathidés est adaptable pour prendre en compte les tailles des individus, voire leur sexe (critère D1C3, démographie). Ces mêmes protocoles permettent aussi le suivi de la **guilde écologique des Syngnathidés**, en particulier pour les critères D4C1 et D4C2, éventuellement D4C3 si les tailles sont prises en compte.

A ce jour, on ne peut envisager une stratégie nationale d'étude et de surveillance des Syngnathidés autrement que par des approches participatives, ce qui n'empêche qu'il faille encourager l'implication de laboratoires scientifiques institutionnels, notamment pour ce qui concerne l'analyse de la structure génétique et de la connectivité entre les populations. Pour qu'un dispositif de surveillance DCSMM de ces poissons soit cohérent, il faut coordonner les programmes et acteurs, mettre en cohérence les méthodologies partagées, s'accorder sur les modalités des échantillonnages et pérenniser l'animation réseau, ce qui suppose un dispositif de pilotage et un financement dédié.

## C- Perspectives d'utilisation de la science participative pour les besoins de la surveillance DCSMM

Certains programmes participatifs existants peuvent-ils être utilisés, dans leur fonctionnement actuel ou moyennant certaines adaptations ? Peut-on créer des stratégies participatives pour répondre à des besoins de surveillance difficiles à couvrir par les approches scientifiques conventionnelles ? Peut-on faire travailler de manière complémentaire des scientifiques institutionnels et des amateurs ?

Suite à l'état des lieux dressé dans ce rapport, il convient d'examiner comment les approches participatives peuvent s'intégrer utilement à la stratégie nationale de surveillance DCSMM.

### C1- Utiliser efficacement les programmes participatifs existants

#### C1a- Collecte de données opportunistes et enquêtes

Les programmes collectant des observations d'opportunité sont **le meilleur moyen d'enrichir les connaissances sur les espèces rares ou d'échantillonnage difficile** (occurrence et répartition, mais aussi taille, variabilité morphologique, distribution en profondeur ou préférences d'habitat). Par ailleurs, les contributeurs bénévoles se mobilisent volontiers sur certains groupes ou espèces méconnus et l'on peut donc leur proposer des « missions » ciblées sur certains poissons rarement observés.

Pour les espèces moins rares, ces dispositifs participatifs opportunistes présentent le meilleur rapport coût/bénéfice pour collecter les données nécessaires au calcul des indicateurs relatifs aux critères D1C4 et du D2.

Pour utiliser efficacement ce potentiel de surveillance, il faut à la fois organiser les conditions d'une mise en commun des résultats provenant des divers dispositifs existants (un « moissonnage » qui pourrait être facilité par l'élaboration d'un modèle de base de données commun par le projet 65 Millions d'Observateurs) et mettre en œuvre des campagnes de communication co-organisées afin de créer, dans le public, une dynamique partagée par tous ces programmes.

#### C1b- Des protocoles participatifs pertinents pour combler des vides de connaissance

Les méthodes conventionnelles d'échantillonnage scientifique par pêche ou par comptages visuels (transects) produisent des données quantitatives, mais ne sont pas forcément les mieux adaptées face à certains contextes (espèces rares) ou à certaines questions écologiques (relations des espèces à l'habitat par exemple).

Le présent travail a montré qu'il existait des méthodologies alternatives, dont certaines ont été développées d'emblée dans un contexte de science participative. Elles ont en commun de gagner en pertinence et efficacité avec le nombre d'observations et/ou d'observateurs, tout en ne nécessitant pas forcément des compétences individuelles spécialisées.

Il existe notamment aujourd'hui des protocoles éprouvés pour aborder efficacement les questions suivantes :

- **Approche de l'abondance d'espèces à faible probabilité d'observation** (principe de la fiche d'observation des Syngnathidés en plongée, applicable à d'autres espèces à faible probabilité d'observation).

- **Etude des relations à l'habitat d'espèces à faible probabilité d'observation** : répartition dans les différents milieux (principe de la fiche Syngnathidés avec prise en compte des habitats), préférences spécifiques d'habitats (protocole individu-centré micro/macro-habitat).
- **Approche exhaustive des communautés de poissons côtiers** et de leur structuration par habitats (protocole Fish Watch).

Dans le cadre du programme DCSMM d'acquisition de connaissances, notamment pour les espèces listées pour le descripteur 1 mais aussi et surtout pour le descripteur 4 (diversité ichtyologique), ces méthodes peuvent aider à combler des vides de connaissance et proposer des approches complémentaires pour assurer une surveillance à long terme.

## **C2- Les sciences participatives, également un outil de communication et de co-construction pour la mise en œuvre de la DCSMM**

Avec la Directive Cadre Stratégie sur les Milieux Marins, pour la première fois, une directive européenne vise explicitement la **compatibilité entre les activités humaines et la conservation** des écosystèmes et de la biodiversité marine. La réussite d'une telle ambition politique communautaire suppose une véritable **appropriation collective, sociétale, des objectifs de la DCSMM**.

L'implication des citoyens et des usagers dans la mise en œuvre de la surveillance de la DCSMM serait ainsi un excellent moyen de permettre cette appropriation par le plus grand nombre. Cette participation pourrait d'ailleurs s'étendre à la co-élaboration de visions partagées de la qualité des écosystèmes marins, et des mesures qu'il faut mettre en œuvre pour conserver et/ou atteindre leur bon état écologique.

## **C3- Comment créer un programme de surveillance DCSMM composite reposant sur la complémentarité des sciences conventionnelle et des sciences participatives ?**

Les précédentes sections démontrent que plusieurs protocoles de sciences participatives peuvent – et doivent – jouer un rôle dans la surveillance DCSMM des poissons et céphalopodes côtiers. D'une part pour toutes les raisons qui rendent la science participative désirable (implication sociétale, développement de la culture scientifique, éducation, sensibilisation, communication). D'autre part parce que les scientifiques institutionnels et bureaux d'études ne sont pas en mesure d'assurer à eux seuls l'important effort d'échantillonnage nécessaire à la collecte d'un nombre d'observation suffisant pour répondre à certains des besoins DCSMM, en raison d'effectifs insuffisants comme pour des raisons budgétaires.

Des travaux sont actuellement en cours pour développer les protocoles et stratégies d'échantillonnages de sciences conventionnelles. Cependant, le présent rapport montre l'incontournable nécessité d'intégrer à cette réflexion les sciences participatives. L'objectif devient donc de développer une surveillance composite – scientifique et citoyenne –, qui sera constituée d'un certain nombre de protocoles existants et de nouveaux protocoles complémentaires (tant conventionnels que participatifs), formant un tout cohérent et interopérable.

Ces travaux de développement méthodologique à venir englobent donc deux problématiques connexes : quels types de protocoles, à destination de quels types d'observateurs ?

### C3a- Protocole simple et rapide vs protocole compliqué et long.

Tout protocole scientifique est un compromis entre la qualité (précision) et la quantité des données obtenues. Par ailleurs, l'efficacité d'une méthode réside pour une bonne part dans son adéquation aux questions posées : ce doit être le moyen le plus fiable, le plus simple et le moins coûteux pour y répondre. Ces deux préoccupations, notamment par leurs incidences économiques, sont aussi centrales dans l'élaboration du dispositif de surveillance DCSMM qu'elles le sont dans la conception et la mise en œuvre de programmes de science participative en général.

La première réflexion, déjà bien aboutie mais encore à finaliser, consiste à déterminer quelles sont les informations minimales réellement nécessaires pour répondre aux questions posées par la surveillance DCSMM. Est-il utile et « rentable » de prendre en compte toutes les espèces observées ? Quels types de transects doit-on mettre en œuvre, métriques ou temporels ? Faut-il compter les poissons ou se contenter d'approches en présence-absence plus rapides à mettre en œuvre ? Dans quel cas est-il nécessaire d'estimer les tailles, avec quelle précision ? C'est ce type de priorisation qu'il reste à finaliser, car il n'est pas toujours nécessaire de mettre en œuvre le protocole le plus « complet ».

### C3b- Scientifiques et amateurs : protocoles identiques, protocoles compatibles ?

Une fois définis les contraintes et objectifs minimaux des protocoles souhaitables, il faut examiner comment les recensements des scientifiques professionnels et des amateurs (science participative) peuvent s'intégrer dans un même dispositif, permettant une bonne interopérabilité des données.

**Protocoles identiques :** Pour certains milieux (distinguant les sous-programmes) et/ou certains descripteurs et critères, des protocoles simples et rapides à mettre en œuvre seraient suffisants. Par exemple des données d'occurrence, sous réserve d'être très nombreuses, suffisent à renseigner le D1C4 (*répartition biogéographique*). On peut tout à fait concevoir de tels protocoles pour qu'ils soient mis en œuvre aussi bien par des scientifiques professionnels que par des amateurs encadrés. L'inter-calibrage entre professionnels et amateurs est alors assez simple.

**Protocoles compatibles :** Certains sous-programmes, descripteurs et critères nécessitent des protocoles plus complexes ne pouvant être confiés qu'à des scientifiques professionnels. Mais faire travailler également des amateurs sur les mêmes questions, même si cela implique l'utilisation de protocoles plus simples, permettrait d'élargir la couverture spatiale et temporelle des suivis. Cependant, il faut alors que les protocoles « professionnel » et « amateur » puissent s'intégrer dans un même dispositif d'analyse des données. Cette compatibilité dépend, entre autres, de la conception des indicateurs et de l'utilisation de métriques et unités d'échantillonnage comparables.

## Synthèse, conclusion et perspectives

Les programmes de sciences participatives existants et incluant le suivi de poissons marins (et céphalopodes) peuvent se classer selon trois grands types d'approches : dispositifs d'enquêtes/observations opportunistes, programmes protocolés locaux animés, missions encadrées. Ces trois approches peuvent contribuer au renseignement des descripteurs DCSMM *Biodiversité* (D1), *Espèces Non-Indigènes* (D2) et *Ecosystème* (D4). Les contributions respectives à chaque approche seraient complémentaires au niveau du nombre de données collectées (maximisée par les enquêtes/observations opportunistes) et la précision des données collectées (maximisée par les missions encadrées) et renseigneraient ainsi des critères différents au sein de chaque descripteur.

Le panorama des programmes de sciences participatives en mer suggère que ce potentiel à renseigner la DCSMM concerne l'ensemble des programmes existants, d'après l'étude de leurs caractéristiques de protocoles. En complément, huit programmes existants - pour lesquels les auteurs disposaient des données brutes et des détails organisationnels et fonctionnels du programme - ont été analysés plus en détail. Ces huit cas d'étude (Annexes) prouvent et précisent/caractérisent la capacité à renseigner la DCSMM de chacun des 3 grands types d'approches participatives. Ils permettent de plus d'apporter une première estimation grossière des coûts humains nécessaires à la mise en œuvre : l'animation et la coordination d'un programme de science participative sont primordiales.

Les différents sous-programmes (SP) de surveillance DCSMM - organisés selon un double gradient environnemental (distance à la côte et types de milieux) - ne peuvent pas tous bénéficier des mêmes apports de la science participative. Ceci est principalement lié à leurs différences au niveau de la facilité d'accès (côte vs large) et de l'intérêt que chaque milieu suscite envers les différents publics potentiels bénévoles (*e.g.* les plongeurs s'intéressent très peu aux fonds meubles dénudés). Ainsi, ce sont principalement les milieux intertidaux (SP1) et les milieux côtiers rocheux, herbiers et coralligènes (SP2) qui peuvent bénéficier de la complémentarité des trois types d'approche de sciences participatives. Les autres milieux - fonds côtiers meubles dénudés (SP3), pélagique côtier (SP4) et plateau et large (SP5) - pourraient faire l'objet d'enquêtes/observations opportunistes à destination des publics les fréquentant (principalement les pêcheurs plaisanciers) mais il semble difficile (mais pas impossible) de mobiliser suffisamment de bénévoles de manière pérenne pour mettre en place des programmes protocolés (locaux animés ou missions encadrées).

Le présent rapport confirme donc l'intérêt d'intégrer les sciences participatives au programme de surveillance DCSMM des Poissons-Céphalopodes. Il reste maintenant d'importants travaux pour une intégration efficace, qui se résument à :

- **Identifier/développer pour chaque sous-programme DCSMM un ensemble de protocoles** de sciences participatives (existants et/ou à créer) qui doivent être complémentaires et interopérables entre eux ainsi qu'avec les dispositifs de suivis de sciences conventionnelles (existants et/ou à créer également).
- **Identifier un système de gestion de base de données** pouvant centraliser les données issues des différents programmes (*e.g.* PNDB, INPN et/ou SIB). **Développer des scripts d'analyses et des workflows reproductibles**, utilisables par le web, par tous, sans connaissance en programmation (*e.g.* Galaxy-E).
- **Développer pour chacune des trois approches participatives un réseau de surveillance bénévole** constitué de plongeurs formés (ou à former). Ces réseaux, bien que regroupant des publics souvent différents, ne sont pas pour autant hermétiques. Ils se doivent au contraire d'être complémentaires, grâce à une coordination centralisée relayée par des coordinations et animations locales.
- Identifier ou recruter des personnes/structures chargées de la **coordination, animation et communication réseau**, à l'interface entre les différents acteurs des programmes participatifs (porteurs, structures relais, participants amateurs...), les Responsables Surveillance et Thématique DCSMM et les experts scientifiques. Cela devra reposer sur **des outils adaptés (notamment web)** qui devront de plus assurer le lien avec le système de gestion et d'analyse/restitution des données.

## Références

- BERENGER L., DUBAS R. & LOUISY P. (2015). Signalisation de / Record of *Raja undulata*, 15/08/2015. Fish Watch Forum, Louisy P. & Francour P. Ed. - accessed on 15/20/2016. <http://www.fish-watch.org>
- BERENGER L., PILLON R. & LOUISY P. (2016). Signalisation de / Record of *Hypleurochilus bananensis*, 10/03/2016. Fish Watch Forum, Louisy P. & Francour P. Ed. - accessed on 15/20/2016. <http://www.fish-watch.org>
- BODILIS P., LOUISY P., DRAMAN M., ARCEO H.O. & FRANCOUR P. (2014). Can Citizen Science Survey Non-indigenous Fish Species in the Eastern Mediterranean Sea? *Environmental Management* (2014) 53:172–180.
- BŒUF G., ALLAIN Y.-M., BOUVIER M. (2012). L'apport des sciences participatives dans la connaissance de la biodiversité. Rapport remis au Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, 29 p.
- BRETON G., PILLON R. & LOUISY P. (2016). Signalisation de / Record of *Neogobius melanostomus*, 18/08/2016. Fish Watch Forum, Louisy P. & Francour P. Ed. - accessed on 15/20/2016. <http://www.fish-watch.org>
- CHADŒUF J., HUET S., LOUISY P. & MONESTIEZ P. (2014). Hippo-BASSIN : Analyse des données 2012 et 2013. Rapport CiSStats, 11 p.
- DE CASAMAJOR MN., BERENGER L. & LOUISY P. (2015). Signalisation de / Record of *Parapristipoma octolineatum*, 30/12/2015. Fish Watch Forum, Louisy P. & Francour P. Ed. - accessed on 15/20/2016. <http://www.fish-watch.org>
- DRIA A., BERENGER L. & LOUISY P. (2015). Signalisation de / Record of *Scartella cristata*, 13/09/2015. Fish Watch Forum, Louisy P. & Francour P. Ed. - accessed on 15/20/2016. <http://www.fish-watch.org>
- FROESE R. & PAULY D. (2016). FISHBASE. Froese, R. and D. Pauly. Editors. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (10/2016).
- GARGOMINY O., TERCERIE S., REGNIER C., RAMAGE T., SCHOELINCK C., DUPONT P., VANDEL E., DASZKIEWICZ P. & PONCET L. (2015). TAXREF v9.0, référentiel taxonomique pour la France. Méthodologie, mise en œuvre et diffusion. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 126 pp.
- GIROUX M. (2011). La participation citoyenne, un outil pour mieux connaître la biodiversité : portrait nord-américain. *Présentation aux Troisièmes Rendez-vous de l'Accord Canada- France, Biodôme de Montréal, 22-26 mars 2011*.
- GRIMA D. & LOUISY P. (2013). Hippo-BASSIN : synthèse scientifique 2012. Programme RHIZOMA, Association Peau-Bleue, 26 p.

- HEURTAUX C., LOUISY P. & HUET S. (2014). Hippo-BASSIN : bilan et rapport scientifique 2013. Association Peau-Bleue - Océan'Obs / OPBM, 37 p.
- HOULLIER F. & MERILHOU-GOUDARD J.-B. (2016). Sciences participatives en France ; état des lieux, bonnes pratiques & recommandations. Rapport remis aux Ministères en charge de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 122 p.
- HOWARD R.K. & KOEHN J.D. (1985). Population dynamics and feeding ecology of pipefish (Syngnathidae) associated with eelgrass beds of Western port, Victoria. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 36, 361-370.
- IFRÉE (2010). Sciences participatives et biodiversité - implication du public, portée éducative et pratiques pédagogiques associées. Rédaction Annie Bauer. *Les livrets de l'Ifree* n°2, 107 p.
- LA MESA G., LOUISY P. & VACCHI M. (2002). Assessment of microhabitat preferences in juvenile dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) by visual sampling. *Marine Biology*, 140: 175-185.
- LE BRIS S., DUBAS R. & LOUISY P. (2015). Signalisation de / Record of *Speleogobius trigloides*, 30/04/2015. Fish Watch Forum, Louisy P. & Francour P. Ed. - accessed on 15/20/2016. <http://www.fish-watch.org>
- LENFANT P., LOUISY P. & LICARI M.L., 2003. Recensement des mérours bruns (*Epinephelus marginatus*) de la Réserve Naturelle de Cerbère-Banyuls (France, Méditerranée) effectué en septembre 2001, après 17 années de protection. *Cybium*, 27(1) : 27-36.
- LOUISY P. (1983). Eco-éthologie comparée de *Parablennius zvonimiri* (Kolombatovic, 1892) et *Parablennius incognitus* (Bath, 1968) (Pisces, Blenniidae). Thèse de 3ème cycle, Université Paris VI, décembre 1983.
- LOUISY P. (2010). Recensement des espèces de poissons présentes sur un site récifal près des îles Moucha-Maskali, Golfe de Tadjoura, Djibouti. Rapport de mission. Objectif Atlantide - Association Peau-Bleue, 39 p.
- LOUISY P. (2012). Méthodologies et protocoles d'étude participative des Syngnathidae en France en 2012. Programmes Enquête d'Hippocampes et RHIZOMA, Association Peau-Bleue, 73 p.
- LOUISY P. (2013). Etudes participatives des Syngnathidés en France : état d'avancement et bilan intermédiaire 2013. Association Peau-Bleue, Agence des aires marines protégées, 20 p.
- LOUISY P. (2019). *Hippocampes, une famille d'excentriques*. Biotope éditions, CPIE Bassin de Thau, Mèze, 228 p.
- LOUISY P., GANTEAUME A. & FRANCOUR P. (2007). How do Grouper species share a rocky habitat? *Epinephelus marginatus*, *E. costae* and *Mycteroperca rubra* in Kas, Turkey, Eastern Mediterranean. Communication at 2nd International Grouper Symposium, Nice, May 2007.
- LOUISY P. & FRANCOUR P. (2009). Structure des peuplements de poissons selon les habitats dans plusieurs récifs frangeants du nord de la Mer Rouge. Communication aux Rencontres de l'Ichtyologie en France (24-27 mars 2009, Paris).
- LOUISY P., LENFANT P. & FRANCOUR P. (2012). Approche de « l'effet Réserve » sur les poissons et de son évolution à long terme dans la Réserve Marine de Cerbère-Banyuls : comparaison 1997 – 2011. Rapport d'étude Peau-Bleue / CEFREM / ECOMERS, 63 pages.

- LOUISY P., MENUT T., DELCOURT V. et RYBNIKOW A. (2014). Rapport scientifique Hippo-THAU 2013. Programme Hippo-THAU : CPIE Bassin de Thau - Peau-Bleue, 99 p.
- LOUISY P. & BÉRENGER L. (2015). Hippocampes et syngnathes du Golfe du Lion : état des connaissances. Association Peau-Bleue - Agence des aires marines protégées, 94 p.
- LOUISY P. & CLAUDE J. (2016). Analyse photo-morphométrique des hippocampes de Thau - Rapport scientifique 2016. Association Peau-Bleue - CPIE Bassin de Thau, 28 p.
- MALAVASI s., FRANCO A., RICCATO F., VALERIO C., TORRICELLI P. & FRANZOI P. (2007). Habitat selection and spatial segregation in three pipefish species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75: 143-150.
- MANNAERTS G. (2015). Etat des lieux des sciences participatives en milieu marin en France. Rapport établi dans le cadre du programme 65 Millions d'Observateurs, 39 p.
- RUFRAY X., PILLON R. & LOUISY P. (2016). Signalisation de / Record of *Zeugopterus regius*, 27/08/2016. Fish Watch Forum, Louisy P. & Francour P. Ed. - accessed on 15/20/2016. <http://www.fish-watch.org>
- SEYTRE C. & FRANCOUR P. (2008). Is the Cape Roux marine protected area (Saint-Raphaël, Mediterranean Sea) an efficient tool to sustain artisanal fisheries? First indications from visual censuses and trammel net sampling. *Aquat. Living Resour.* 21, 297–305.
- SIMBERLOFF D. & DAYAN T. (1991). The guild concept and the structure of ecological communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 22: 115-143.
- SHI X. (2015). Hippo-THAU : Analysis of the Data 2013 and 2014. Master report under the direction of S. Huet and P. Louisy, CiSStats, 35 p.
- THIRIET P. & FEUNTEUN E. (2016). Propositions de protocoles de sciences participatives en plongée pour le suivi des poissons côtiers et des espèces remarquables de céphalopodes et crustacés. Document de travail, MNHN – Station Marine de Dinard, 6 p.
- THIRIET P. (2016). Développement d'une méthode de suivi des peuplements de Poissons Côtiers des ROCHes et Herbiers d'Atlantique NE. Document de travail non publié, MNHN – Station Marine de Dinard, 18 p.

## Annexes : Différents cas d'étude par types de programmes de science participative

Afin d'illustrer de manière concrète le potentiel des sciences participatives dans une perspective de surveillance DCSMM, les auteurs ont choisi de présenter et approfondir quelques exemples, représentant la diversité des programmes existant en France.

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Annexes : Différents cas d'étude par types de programmes de science participative</b> | <b>29</b> |
| <a href="#">S1- Dispositifs d'enquête / observations d'opportunité</a>                   | 30        |
| <a href="#">S1a- Fish Watch Forum</a>                                                    | 30        |
| <a href="#">S1b- Hippo-ATLAS</a>                                                         | 35        |
| <a href="#">S2- Protocoles locaux animés</a>                                             | 39        |
| <a href="#">S2a- Hippo-THAU</a>                                                          | 39        |
| <a href="#">S2b- Hippo-BASSIN</a>                                                        | 44        |
| <a href="#">S3- Missions encadrées</a>                                                   | 48        |
| <a href="#">S3a- Etude de l'effet réserve à Cerbère-Banyuls</a>                          | 48        |
| <a href="#">S3b- Recensement de poissons à Kas</a>                                       | 52        |
| <a href="#">S3c- Protocole Fish Watch</a>                                                | 57        |
| <a href="#">S3d- Protocole Micro/Macro-habitat</a>                                       | 63        |

## S1- Dispositifs d'enquête / observations d'opportunité

### S1a- Fish Watch Forum

*Observatoire participatif des poissons marins d'Europe et Méditerranée*

Le **Fish Watch Forum** (en abrégé, FWF) est un **Observatoire participatif des poissons marins** qui vise – au stade actuel – à collecter des observations d'opportunité des poissons de nos côtes validées par des photos.

#### • Fiche signalétique du programme

**Objectifs :** Collecter, bancariser et rendre disponibles les photos et observations de poissons des côtes d'Europe de l'Ouest et de Méditerranée réalisées par toutes sortes d'usagers du milieu marin afin de compléter le travail des scientifiques, nécessairement limité dans l'espace et dans le temps.

Le dispositif actuel permet de collecter des observations d'opportunité validées par des photos. Mais le FWF ambitionne à terme de rassembler des jeux de données variés, protocolés ou non, y compris en provenance de scientifiques.

**Structure porteuse :** Association Peau-Bleue.

**Partenaires :** Laboratoire ECOSEAS (Université de Nice – Sophia Antipolis), CRESCO (station marine MNHN Dinard) ; Agence des aires marines protégées et projet PANACHE jusqu'en 2015.

**Historique :** Site public depuis février 2015.

**Protocole :** Observations simples (opportunistes) attestées par photos, avec données associées (taille et sexe, profondeur, substrat, vie fixée dominante).

**Perspectives d'évolution :** Extension prévue à la collecte de jeux de données plus complexes : listes d'espèces, protocole Fish Watch (approche des communautés par habitats), transects (présence-absence, comptages), etc.

**Publics :** Plongeurs, apnéistes et randonneurs sous-marins, pêcheurs amateurs ou professionnels, plaisanciers, pêcheurs à pied, promeneurs...

**Spécificités du dispositif :** Validation d'après photos (en particulier identification et habitat) par une équipe bénévole, chaque signalisation étant vérifiée par deux personnes (vérificateur, approbateur), avec l'appui de spécialistes référents.

**Site Internet :** <http://www.fish-watch.org>

- **Intérêts potentiels du Fish Watch Forum pour la DCSMM**

Sous-régions marines : SRM1 à 4

Les signalisations reçues par le FWF pour les côtes françaises proviennent en majorité du littoral méditerranéen (68 %) et du pourtour de la Bretagne (21 %) ; les zones de gros déficit de contributions sont les régions Hauts-de-France et Pays de la Loire. Néanmoins, les signalisations FWF couvrent à ce jour les 4 sous-régions marines de France métropolitaine.

Sous-programmes

**SP1** [principalement à pied à marée basse] : Les signalisations en zone intertidale restent rares à ce stade (8 %), mais le FWF est tout à fait adapté pour les récolter, sous réserve de mettre en œuvre un dispositif de communication et d'animation adapté.

**SP2** [principalement en plongée] : Les contributions au FWF proviennent majoritairement des milieux rocheux et dans une moindre mesure des herbiers de phanérogames.

**SP3** [principalement en plongée] : Les fonds meubles côtiers sont également bien représentés.

**SP4** [principalement par pêche] : Les signalisations d'espèces pélagiques sont relativement rares à ce stade, mais le FWF est un bon outil pour collecter des observations de poissons inhabituels pour les pêcheurs et pourrait ainsi rendre compte de l'extension de répartition ou des fluctuations d'abondance de certaines espèces, là encore moyennant une animation ciblée vers les publics susceptibles de rapporter des données.

Descripteur 1 (biodiversité)

**D1C1** : NA.

**D1C2** : Sauf cas très particulier (espèce patrimoniale rare à très fort taux de signalisation), le FWF n'est pas adapté pour collecter des données d'abondance.

**D1C3** : Les données démographiques pouvant être obtenues par le FWF restent marginales (répartition des tailles ou des sexes dans les observations).

**D1C4** : Le FWF Apporte de précieuses données de répartition pour les espèces peu échantillonnées par d'autres approches, en particulier pour des nouvelles signalisations ou confirmations d'extension géographique, mais aussi en termes de profondeurs de rencontre.

**D1C5** : Le FWF apporte des éléments de connaissance des préférences d'habitats, notamment pour les espèces peu échantillonnées par ailleurs (espèces rares, cryptiques, présentes dans des micro-habitats peu étudiés...).

Descripteur 2 (espèces non-indigènes)

**D2C1** : Le dispositif du FWF est parfaitement adapté à la détection précoce d'espèces de poissons non-indigènes.

**D2C2** : Tel qu'il fonctionne à ce stade, le FWF permettrait de suivre l'éventuelle extension géographique et – dans une certaine mesure – les variations de populations d'une espèce envahissante.

Descripteur 4 (écosystèmes et réseaux trophiques)

Le FWF ne permet de répondre aux préoccupations des divers critères D4 que de manière marginale et ponctuelle (témoignages sur des cas de prédation ou parasitisme par exemple).

Dans le **tableau S1** ci-dessous, les domaines de contribution potentielle du Fish Watch Forum à la DCSMM sont présentés de façon plus détaillée en fonction des différents types d'informations scientifiques issues des signalisations reçues par le FWF en 2015 et 2016.

**Tableau S1** : Types d'informations collectées en France par le FWF (2015-2016) en rapport avec les objectifs de la DCSMM (les chiffres indiqués sont des nombres d'espèces ou taxons).

|                                                 | Espèces DCSMM | Autres espèces indigènes | Espèces non indigènes | Contribution aux critères DCSMM | Autre contribution à la DCSMM          |
|-------------------------------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------------|
| Nouvelle signalisation                          |               |                          | 4                     | D2C1, D2C2                      |                                        |
| Extension géographique                          | 1             | 6                        |                       | D1C4, D2C2 si esp. non indigène |                                        |
| Données sur espèce méconnue                     | 2             | 60                       | 1                     |                                 | Acquisition de nouvelles connaissances |
| Rares photos <i>in vivo</i>                     | 1             | 32                       | 1                     | D1C5 ?                          | Acquisition de nouvelles connaissances |
| Avancée sur critères d'identification           | 1             | 21                       |                       |                                 | Acquisition de nouvelles connaissances |
| Juveniles, postlarves                           | 9             | 31                       |                       | D1C3, D1C4, D1C5 ?              |                                        |
| Dimorphisme sexuel, reproduction                | 4             | 10                       |                       | D1C3                            |                                        |
| Formes colorées, patrons de coloration          | 3             | 9                        |                       | D1C3                            |                                        |
| Prédation, parasitisme                          | 1             | 7                        |                       | D4                              |                                        |
| Données quantitatives (répartition, habitat...) |               | 2                        |                       | D1C4, D1C5                      |                                        |
| Données nouvelles sur l'habitat                 | 1             | 25                       | 1                     | D1C5                            | Acquisition de nouvelles connaissances |
| Soulève une question de systématique            | 1             | 5                        |                       |                                 | Acquisition de nouvelles connaissances |
| Espèce exotiques                                |               |                          | 4                     | D2C1, D2C2                      |                                        |
| Espèce à enjeu, patrimoniale, réglementée       |               |                          | 8                     | D1, D4 ?                        |                                        |

### • Exemples d'extensions de répartition

En 2015-2016, pour l'ensemble de la zone géographique du FWF (Europe de l'Ouest et Méditerranée) des données nouvelles de répartition ont été obtenues pour 18 espèces (7 nouvelles signalisations pour un pays ou une région ; 11 signalisations confirmant des extensions de répartition en cours). Parmi celles-ci, 4 sont des signalisations nouvelles pour les côtes françaises (espèces illustrées en Figure S1).



**Fig. S1a, à gauche :** Blennie chevelue (*Scartella cristata*). 1<sup>re</sup> signalisation sur la façade méditerranéenne française. Juillet 2007, Saint-Raphaël, Var, 8 cm LT. © Abdelwahid Dria / FWF

**Fig. S1b, à droite :** Gobie trigloïde (*Speleogobius trigloides*). 1<sup>re</sup> signalisation sur la façade méditerranéenne française ; 9 observations différentes, la première par Sylvain Le Bris en août 2009 à Port-Cros, Var. Photo : Août 2016, Saint-Raphaël, Var, 23-25 mm LT. © Muriel Duhau / FWF



**Fig. S1c, à gauche :** Grondeur rayé (*Parapristipoma octolineatum*). 1<sup>re</sup> signalisation pour les côtes françaises. Août 2013, Biarritz, Golfe de Gascogne, environ 25 cm LT. © Marie-Noëlle de Casamajor / FWF

**Fig. S1d, à gauche :** Blennie à tentacules touffus (*Hyleurochilus bananensis*). 1<sup>re</sup> signalisation pour Monaco et la façade méditerranéenne française. Juin 2015, Monaco, 7 cm LT. © Lucas Bérenger / FWF

#### • Fish Watch Forum et DCSMM : discussion

Sur ses deux premières années d'existence, le Fish Watch Forum a déjà largement démontré sa capacité à rassembler des informations scientifiques nouvelles ou intéressantes, ainsi que son utilité potentielle pour les programmes DCSMM de surveillance comme de connaissance.

Le FWF rassemble des observations des quatre sous-régions marines, notamment en milieux rocheux et meubles côtiers (**SP2, SP3**). C'est un bon outil de suivi de la répartition géographique des espèces, locales (**D1C4**) comme exotiques ou introduites (**D2C1**). C'est aussi un outil de description des relations à l'habitat (**D1C5**) pour toutes les espèces à faible probabilité d'observation.

Pour ce qui concerne spécialement la façade Atlantique (**SRM1 à 3**), où les suivis en milieu côtier, notamment rocheux, sont très insuffisants, le FWF peut contribuer à combler des vides de connaissance sur un grand nombre d'espèces, au moins par l'apport d'informations qualitatives sur leur localisation et leur rapport à l'environnement (habitat, profondeur).

Le FWF montre que la science participative présente un intérêt complémentaire aux suivis scientifiques « conventionnels ». Il ne faut cependant pas perdre de vue le travail de gestion et d'animation que nécessite un tel programme (voir encadré ci-dessous), notamment si l'on souhaite en étendre la participation et la couverture géographique pour l'intégrer à un suivi pérenne.

#### **Fish Watch Forum : modalités d'animation réseau**

La spécificité du dispositif d'enquête participative Fish Watch Forum est de s'appuyer sur un processus de validation d'après photos qui est, lui aussi, participatif. Il faut donc, en plus de gérer la communication, les contacts et les retours vers les contributeurs, s'attacher aussi à l'organisation, la coordination et la mobilisation de l'équipe bénévole de validation.

#### Animation du réseau des contributeurs

A ce jour, c'est essentiellement par le bouche à oreille que les contributeurs ont eu connaissance du programme. Il reste donc une importante marge de progression en termes de communication ciblée vers les publics de plongeurs et de pêcheurs, par exemple pour les mobiliser sur certaines espèces d'intérêt, rarement observées ou capturées.

#### Animation et coordination de l'équipe de validation

La coordination de l'équipe de validation du FWF demande de nombreux échanges individuels avec les bénévoles, ainsi qu'un travail permanent d'information sur les résultats de leurs efforts. Il faut aussi organiser périodiquement des ateliers de travail en commun. Cette animation de la communauté de bénévoles est l'une des clés de la réussite ; elle deviendra de plus en plus lourde au fur et à mesure de la montée en puissance du programme.

#### Coût de l'animation réseau

Sur la période 2015-2016, le temps consacré par Peau-Bleue à la communication et animation réseau (contributeurs) du FWF et à la coordination et animation de l'équipe de validation a dépassé 1500 heures (soit en moyenne 7,6 jours par mois en 2015 et 10,4 jours par mois en 2016). Ce temps ne prend pas en compte le travail bénévole assuré par les membres de l'équipe de validation FWF, que l'on peut estimer à quelque 1800 heures de temps cumulé.

## S1b- Hippo-ATLAS

*Enquête participative sur les hippocampes et syngnathes d'Europe et Méditerranée*

Il s'agit de l'un des plus anciens programmes français de science participative en milieu marin.

### • Fiche signalétique du programme

**Objectifs :** Collecter, banqueriser et rendre disponibles les photos et observations de toutes sortes d'usagers du milieu marin afin de réaliser un atlas géographique, écologique et photographique des espèces d'hippocampes et de syngnathes des côtes d'Europe de l'Ouest et de Méditerranée.

**Structure porteuse :** Association Peau-Bleue.

**Partenaires :** Agence des aires marines protégées jusqu'en 2015.

**Historique :** Projet lancé en 2005, concernant d'abord les espèces d'hippocampes jusqu'en 2010, puis tous les Syngnathidés de nos côtes. Depuis 2016, les contributeurs de l'Hippo-ATLAS sont renvoyés vers l'interface de saisie en ligne du Fish Watch Forum.

**Protocole :** Observations simples (opportunistes) attestées par photos, avec données associées (taille et sexe, profondeur, substrat, vie fixée).

**Perspectives d'évolution :** L'Hippo-ATLAS est désormais intégré au programme Fish Watch Forum et pourra éventuellement évoluer dans ce cadre.

**Publics :** Plongeurs, apnéistes et randonneurs sous-marins, pêcheurs amateurs ou professionnels, plaisanciers, pêcheurs à pied, promeneurs...

**Spécificités du dispositif :** Les signalisations sont vérifiées et validées par les spécialistes de Peau-Bleue avant mise en ligne et banquerisation.

**Site Internet :** <http://www.peableue.org> jusqu'en 2016, <http://www.fish-watch.org> ensuite.

### • Intérêts potentiels de l'Hippo-ATLAS pour la DCSMM

L'Hippo-ATLAS s'intéresse à l'ensemble des **Syngnathidés**. Cette famille comprend **les deux espèces européennes d'hippocampes** qui sont incluses dans la liste DCSMM / D1.

Par ailleurs, certains scientifiques (par exemple Howard & Koehn 1985, Malavasi & al. 2007) estiment que les Syngnathidés constituent, dans certains des habitats qu'ils fréquentent, une guildes écologique. Les membres de cette famille partagent en effet une morphologie particulière qui implique de fortes similitudes en termes de mode alimentaire, de types de proies ingérées ou de mobilité, et donc dans leur façon d'exploiter certaines ressources de leur environnement. De fait, la **guildes des Syngnathidés** pourrait avoir un rôle fonctionnel important dans certains habitats clés (Louisy & Bérenger 2015).

Sous-régions marines : SRM1, **SRM2 à 4**

Les données de l'Hippo-ATLAS couvrent l'ensemble des côtes de France métropolitaine, quoique avec certaines disparités. Les signalisations reçues proviennent en majorité du littoral méditerranéen (55 %), du golfe de Gascogne (32 %) et de la mer Celtique (9 %) ; les signalisations de Manche – mer du Nord sont peu nombreuses (4 %) mais néanmoins porteuses d'informations par ailleurs fort rares.

Sous-programmes

SP1 : L'Hippo-ATLAS a enregistré des signalisations en zone intertidale, ainsi que des échouages.

SP2 : Les contributions à l'Hippo-ATLAS proviennent majoritairement des milieux rocheux et des herbiers de phanérogames.

SP3 : Les fonds meubles côtiers sont également bien représentés.

SP4 : Les signalisations d'individus pélagiques, principalement des juvéniles, sont rares mais particulièrement intéressantes en termes de connaissance du cycle de vie et de la connectivité entre phases pélagique et benthique.

#### Descripteur 1 (biodiversité)

D1C1 : Des rapports de captures accidentelles sont reçus périodiquement, mais ne permettent pas une approche quantitative du phénomène.

D1C2 : L'observatoire Hippo-ATLAS n'est pas conçu pour collecter des données d'abondance mais peut parfois apporter des indices d'ordre qualitatif sur l'évolution de certaines populations.

D1C3 : Les données démographiques pouvant être obtenues par l'Hippo-ATLAS restent marginales (répartition des tailles ou des sexes dans les observations).

D1C4 : L'Hippo-ATLAS apporte de précieuses données de répartition pour les Syngnathidés (espèces peu échantillonnées par d'autres approches), notamment pour les limites ou la continuité des distributions géographiques, mais aussi pour la répartition en profondeur.

D1C5 : Les données de l'Hippo-ATLAS sont les seules à fournir une image précise des préférences d'habitat des Syngnathidés, et particulièrement des hippocampes, à l'échelle des côtes françaises.

#### Descripteur 2 (espèces non-indigènes)

D2C1 : Le dispositif Hippo-ATLAS est parfaitement adapté à la détection précoce d'éventuelles espèces de Syngnathidés non-indigènes.

#### Descripteur 4 (écosystèmes et réseaux trophiques)

D4C1 : L'Hippo-ATLAS permet, à l'échelle de certains secteurs et dans certains habitats, de collecter des informations sur la composition de la guildes écologiques des Syngnathidés.

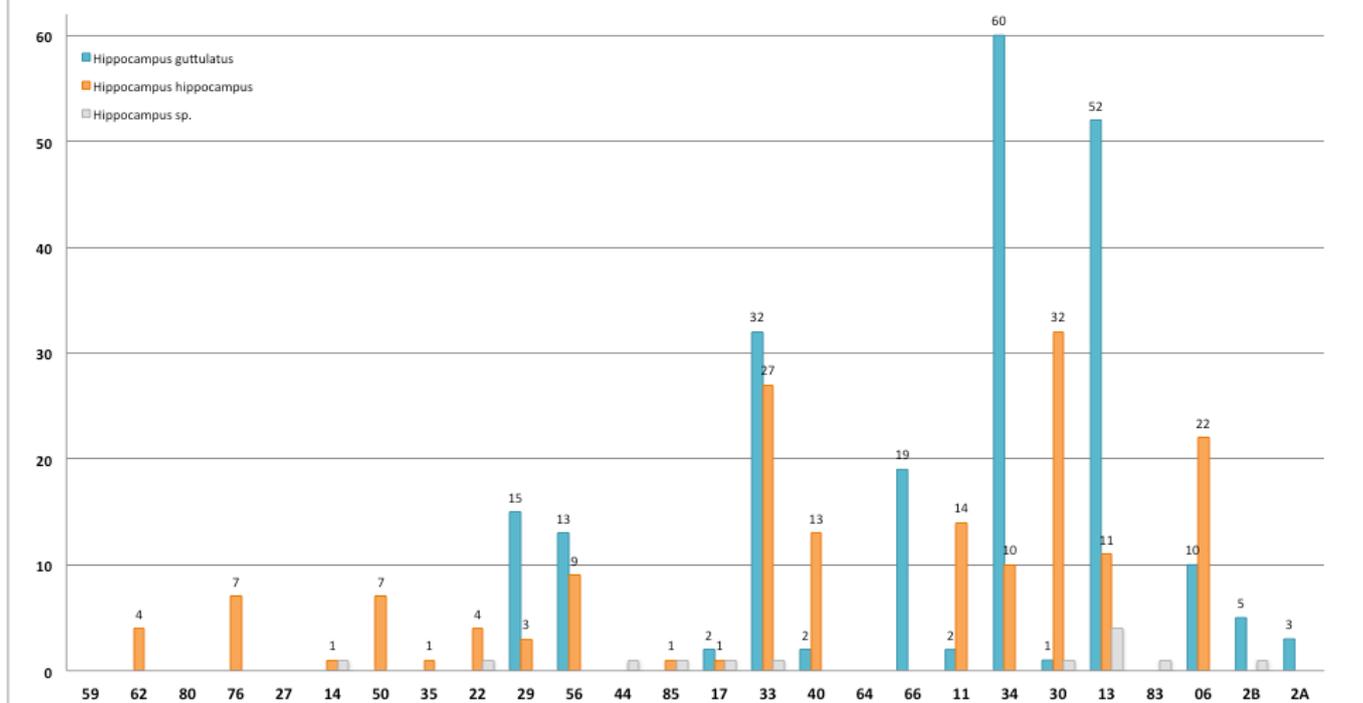
En revanche, un observatoire de ce type ne permet de répondre aux questions essentiellement quantitatives concernant l'abondance ou la productivité des diverses guildes trophiques (D4C2, D4C3, D4C4).

#### • Exemple de résultat : répartition géographique des hippocampes en France métropolitaine

Les observations des deux espèces d'hippocampes ne sont pas réparties de manière homogène le long des côtes françaises (**figure S2**).

Ainsi par exemple, en 11 ans, aucune signalisation d'hippocampe moucheté n'a été répertoriée sur les côtes de la Manche, y compris en Bretagne Nord, alors que l'Hippo-ATLAS y enregistrait dans le même temps 24 signalisations d'hippocampes à museau court et 26 signalisations de syngnathes.

Fig. S2 Hippo-ATLAS 2005-2016 - FRANCE - Signalisations de *H. guttulatus* et *H. hippocampus* par départements



#### • Préférences d'habitats des hippocampes des côtes françaises

Avec 383 observations d'hippocampes collectées en 11 ans sur les côtes françaises (216 *H. guttulatus* et 167 *H. hippocampus*), la plupart appuyées par des photos, l'Hippo-ATLAS a apporté des informations nouvelles et tout à fait intéressantes sur les habitats fréquentés par ces deux espèces.

Ces données ont non seulement permis de démontrer que les deux espèces d'hippocampes n'ont pas les mêmes préférences d'habitat, mais aussi qu'il existe pour chaque espèce des différences entre façades atlantique (SRM1 à 3) et méditerranéenne (SR4) et que, de plus, ces préférences varient entre environnement marin et environnement lagunaire ou estuarien (voir Louisy 2019).

#### • Répartition en profondeur des hippocampes

De manière globale (toutes données nationales confondues), la répartition en profondeur des deux espèces d'hippocampes paraît comparable. Mais il n'en va pas de même si l'on examine séparément les distributions des données en Méditerranée et en Atlantique.

En Méditerranée (graphique du haut), *Hippocampus guttulatus* est présent de 0,5 à 30 m tandis que *H. hippocampus* est principalement signalé à des profondeurs modérées. En Manche-Atlantique (graphique du bas), c'est à l'inverse *H. guttulatus* qui a la distribution la plus superficielle, n'ayant jamais été signalé à des profondeurs supérieures à 10 m.

#### • Hippo-ATLAS et DCSMM : discussion

En 11 ans (2005-2016), l'Hippo-ATLAS a enregistré 634 signalisations de Syngnathidés sur les côtes françaises : 383 observations d'hippocampes (216 *H. guttulatus* et 167 *H. hippocampus*) et 251 observations de syngnathes (genres *Syngnathus*, *Entelurus* et *Nerophis*, qui n'ont été intégrés dans le programme qu'à partir de 2011). Les résultats obtenus ont largement démontré, pour ces espèces

rarement observées que sont les Syngnathidés, l'intérêt de cet observatoire participatif pour les programmes de connaissance et de surveillance DCSMM

Collectant des observations des **quatre sous-régions marines** (quoique sa portée soit moindre dans les SRM1 et 2), l'Hippo-ATLAS rend majoritairement compte d'observations faites par des plongeurs en milieu rocheux, dans les herbiers et sur les fonds meubles côtiers (**SP2, SP3**). En termes de répartition géographique (**D1C4**), ce programme a la capacité de repérer des nouvelles apparitions ou des augmentations notables de populations. Il a d'ores et déjà permis des progrès considérables dans la connaissance des habitats propices aux Syngnathidés (**D1C5**). Dans certaines circonstances, il peut également contribuer à la connaissance de l'écologie de la guildes des Syngnathidés (D4C1).

Des programmes participatifs existent aujourd'hui qui permettent, dans certains lieux de présence connue des Syngnathidés, de développer des suivis quantitatifs (voir Hippo-THAU et Hippo-BASSIN par exemple). Mais, dans les secteurs et habitats où la probabilité de présence ou de rencontre est trop faible pour imaginer une approche quantitative, l'Hippo-ATLAS garde le potentiel de permettre des remontées d'informations pertinentes, moyennant cependant une animation suffisante (voir encadré ci-dessous), adaptée aux données recherchées et aux publics concernés.

### **Hippo-ATLAS : modalités d'animation réseau**

L'animation des relations avec les contributeurs de l'Hippo-ATLAS s'organise essentiellement à deux niveaux : en amont, la communication pour inciter les plongeurs et autres usagers du milieu marin à participer, puis en aval, la restitution des contributions (et la reconnaissance des contributeurs), y compris les échanges liés à la phase de validation.

#### Animation du réseau des contributeurs

Depuis ses débuts, l'Hippo-ATLAS a fait l'objet d'une communication relativement soutenue, notamment à destination des plongeurs : cartes postales, poster, articles dans la presse plongée nationale, concours, communication lors d'événement importants du monde de la plongée (Festivals, salons, journées de formation)...

#### Validation et relations avec les contributeurs

Le processus de vérification, validation et remise en forme des données implique en général un contact direct entre le vérificateur et le contributeur, soit au cours du processus de validation, soit au moment de la mise en ligne (on demande à l'observateur de vérifier les données publiées).

Toutes les photos et informations étant restituées en ligne, chaque contributeur peut y accéder et les partager. Des données de synthèse sont également publiées périodiquement (distribution des espèces, préférences d'habitat, de profondeur...).

#### Coût de l'animation réseau

Entre 2014 et 2016, le temps consacré par Peau-Bleue à la communication et à l'animation des relations avec les contributeurs Hippo-ATLAS a varié entre 12 et 33 jours par an (pour un nombre de signalisations ne dépassant pas 150 à 200 par an).

## S2- Protocoles locaux animés

### S2a- Hippo-THAU

*étude pilote de terrain des hippocampes et syngnathes dans la lagune de Thau*

Le projet-pilote Hippo-THAU a été lancé fin 2005 par l'association Peau-Bleue afin d'entamer, dans la lagune de Thau, une première étude sur les hippocampes des côtes françaises. Ce programme a permis de collecter nombre de données inédites sur les hippocampes mouchetés (*Hippocampus guttulatus*) et autres Syngnathidés du bassin de Thau (Louisy & al. 2014, Louisy & Bérenger 2015, Louisy & Claude 2016) : distribution dans la lagune, préférences d'habitat, fluctuations de populations, reproduction, croissance, stade juvénile, etc.

Nous nous intéresserons plus particulièrement ici aux méthodes (participatives) de recensement quantitatif mises en œuvre dans le cadre des suivis Hippo-THAU.

#### • Fiche signalétique du programme

**Objectifs :** Hippo-THAU a été lancé comme un projet-pilote, une première étude de terrain sur les hippocampes des côtes françaises, afin de mieux comprendre l'écologie, la dynamique des populations et les facteurs pouvant affecter ces animaux méconnus.

**Structure porteuse :** CPIE Bassin de Thau (association Peau-Bleue pour la direction scientifique).

**Partenaires :** Plus de 40 associations, structures et institutions depuis 2005.

**Historique :** Projet lancé en 2005 par l'association Peau-Bleue. Depuis 2008, c'est le CPIE Bassin de Thau (dont Peau-Bleue fait partie) qui a pris la direction opérationnelle du projet, Peau-Bleue conservant la direction scientifique.

**Protocoles de recensement quantitatif :** Deux méthodes d'échantillonnage visuel ont été mises en œuvre successivement pour estimer l'abondance des Syngnathidés en plongée.

Transects visuels : Cette approche, désormais traditionnelle en écologie benthique, avait déjà été utilisée pour les Syngnathidés, notamment dans la Ria Formosa (Portugal). La technique retenue consistait en un comptage par deux plongeurs en parallèle sur des transects aléatoires de 20 x 2 m (40 m<sup>2</sup>). Cette méthode de transect a été utilisée de 2005 à 2012.

Fiche d'observation des Syngnathidés : Les « fiches de recensement des Syngnathidés », doivent être remplies à l'issue des plongées, qu'il y ait eu observation de Syngnathidés ou pas. Ces fiches ont été conçues pour prendre en compte les non-observations autant que les observations, et mesurer l'effort d'observation (et les facteurs qui peuvent l'affecter). Elles permettent aussi de détailler les observations dans les différents habitats traversés lors de la plongée. Cette approche s'est révélée mieux adaptée que les transects pour le suivi d'espèces à faible probabilité d'occurrence et plus facile à mettre en œuvre avec des plongeurs amateurs. Elle est utilisée depuis 2013.

**Autres protocoles :** Pour répondre à la diversité des questions posées, d'autres protocoles ont été imaginés, adaptés, testés, puis affinés avec le temps.

Micro / Macro-Habitat : Ce protocole vise à quantifier les préférences d'habitat des diverses espèces de Syngnathidés en se basant sur l'observation des individus. Pour chaque animal observé, il s'agit d'estimer de manière semi-quantitative une série de paramètres de son environnement proche. Mis en œuvre et affiné pour les Syngnathidés dans le cadre du projet Hippo-THAU, ce protocole a été utilisé pour d'autres groupes de poissons (voir le cas d'étude « Protocole Micro/Macro-habitat »).

**Enquêtes locales** : L'une des premières phases du travail dans le bassin de Thau a été de collecter les informations et savoirs locaux auprès des professionnels et usagers de la lagune (lieux, conditions d'observation, milieux, évolution temporelle...). Cette enquête a été menée de 2006 à 2009, avec l'aide des enfants des écoles et de leurs enseignants sur tout le pourtour de la lagune.

**Photo-morphométrie** : Dans le cadre d'un projet intitulé « Singularité des hippocampes de Thau », cette approche vise à comparer quantitativement la morphologie de la tête entre populations lagunaires et marines d'hippocampes mouchetés (Louisy & Claude 2016). La forme est caractérisée en plaçant, sur des photos de profil de la tête, des points de repères (landmarks) à partir desquels on peut ensuite réaliser calculs et comparaisons.

**Perspectives d'évolution** : Certaines méthodologies mises au point par Hippo-THAU sont aujourd'hui employées par d'autres projets participatifs locaux sur les Syngnathidés. Une réelle coordination de ces programmes serait souhaitable pour permettre un suivi cohérent à l'échelle nationale.

**Publics** : Le projet Hippo-THAU s'est affirmé d'emblée comme une aventure participative, impliquant deux types de publics principaux : les plongeurs pour les observations *in situ*, et les enfants des écoles pour mener l'enquête auprès des professionnels et usagers de la lagune. D'autres publics, notamment pêcheurs et conchyliculteurs, ont été impliqués par la suite.

**Spécificités du projet** : Hippo-THAU était, à ses débuts, un projet pilote à deux titres. Il fallait, d'une part, mettre au point des méthodologies d'investigation et de suivi et, d'autre part, tout était à inventer en termes d'actions et méthodes participatives comme en termes de mobilisation, formation et pérennisation des publics. En 11 ans d'existence, Hippo-THAU a donné lieu à une remarquable émulation citoyenne, dont témoigne aujourd'hui une grande exposition itinérante qui circule dans différentes villes de France (voir <http://exposition-hippocampe.fr>).

**Site Internet** : <http://observatoire-hippocampe.fr>

#### • Intérêts potentiels de l'expérience Hippo-THAU pour la DCSMM

Le programme Hippo-THAU étudie principalement les hippocampes (dont les deux espèces sont incluses dans la liste DCSMM / D1), mais aussi l'ensemble des **Syngnathidés** présents dans la lagune de Thau (Occitanie). Il développe notamment une approche écologique à l'échelle de la **guilde des Syngnathidés**, qui pourrait avoir un rôle fonctionnel important dans certains habitats clés (Louisy & Bérenger 2015).

**Sous-régions marines** : **SRM4** (potentiellement SRM1 à 3)

Si le programme Hippo-THAU est localisé dans la lagune de Thau, les méthodologies développées sont potentiellement applicables dans d'autres contextes comparables : autres zones lagunaires ou estuariennes de la façade méditerranéenne ou atlantique (voir cas d'étude Hippo-BASSIN).

**Sous-programmes** : **SP2** et **SP3**

Les informations collectées en milieu lagunaire par le programme Hippo-THAU concernent essentiellement les milieux meubles (SP3) et, notamment, les herbiers de phanérogames (SP2).

**Descripteur 1 (biodiversité)**

**D1C2** : Les protocoles de recensement Hippo-THAU ont été spécifiquement conçus pour collecter des données d'abondance sur les Syngnathidés.

**D1C3** : Dans leur forme actuelle, les méthodes de transect ou de fiche de recensement des Syngnathidés ne prennent pas en compte la taille ou le sexe et n'apportent donc pas d'informations démographiques.

**D1C4** : Bien qu'elle soit en général mise en œuvre à une échelle locale, la fiche de recensement des Syngnathidés peut en principe être utilisée partout, moyennant une animation réseau adaptée.

**D1C5** : La fiche Syngnathidés permet une approche quantitative de la fréquentation des divers habitats par les diverses espèces (abondances relatives).

#### Descripteur 2 (espèces non-indigènes)

Les méthodes de transect ou de fiche Syngnathidés sont utilisées essentiellement à des échelles locales et ne sont donc pas adaptées pour suivre l'apparition et l'extension d'espèces exotiques.

#### Descripteur 4 (écosystèmes et réseaux trophiques)

**D4C1-D4C2** : La fiche Syngnathidés est un bon outil pour quantifier les diverses espèces de la guildes des Syngnathidés, par sites, par habitats et par régions.

#### • Suivi pluri-annuel des Syngnathidés

De 2009 à 2016, un recensement quantitatif des hippocampes et syngnathes a été réalisé chaque année sur trois sites de l'étang de Thau à trois saisons (printemps, été, automne). A l'origine, la méthode utilisée était une technique des transects visuels, à raison de 20-30 transects par site et par saison. A partir de 2013, elle a été remplacée par l'utilisation de « fiches de recensement des Syngnathidés », mieux adaptées au suivi d'animaux à faible probabilité de rencontre et plus souple à appliquer pour des plongeurs amateurs.

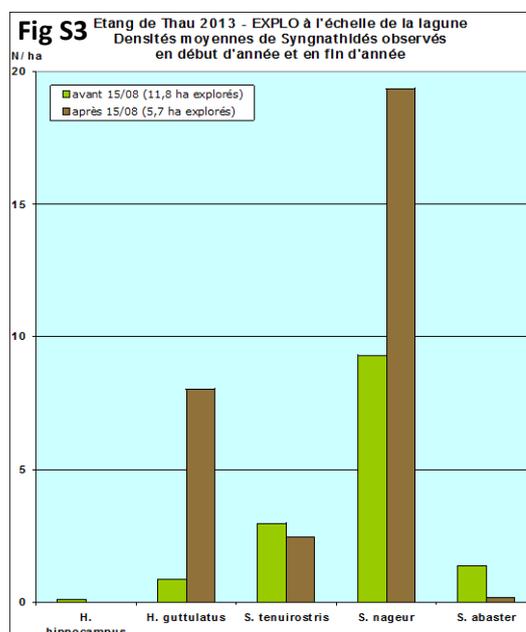
Ces suivis ont notamment mis en évidence des fluctuations importantes de la population d'hippocampes de la lagune de Thau selon les années (atteignant un facteur 5 à 10 !), que les usagers et professionnels de la lagune constatent aussi de façon empirique.

#### • Recensement des Syngnathidés à l'échelle de la lagune de Thau en 2013-2014

En 2013 et 2014, un programme de recensement structuré a été mené sur l'ensemble du bassin de Thau, en utilisant les fiches Syngnathidés. Pour organiser le plan d'échantillonnage (exploration), le littoral de la lagune a été découpé en 31 secteurs.

Les résultats ont permis une quantification relative des populations d'hippocampes et de syngnathes dans différentes parties de la lagune, mais aussi au cours de l'année. Durant l'été 2013, en effet, s'est déroulé un épisode de reproduction remarquable avec l'apparition de nombreux « bébés » hippocampes (juvéniles de 15 à 50 mm). Il en a découlé, en fin d'été et en automne, une plus grande abondance d'individus subadultes benthiques.

Les résultats des plongées de recensement exploratoire à l'échelle de la lagune (Louisy & al., 2014) donnent une mesure de ce phénomène. La densité moyenne des hippocampes mouchetés observés est ainsi passée de 0,8 ind/ha avant le 15/08/2013 à 8 ind/ha après cette date : une augmentation d'un facteur 10 !

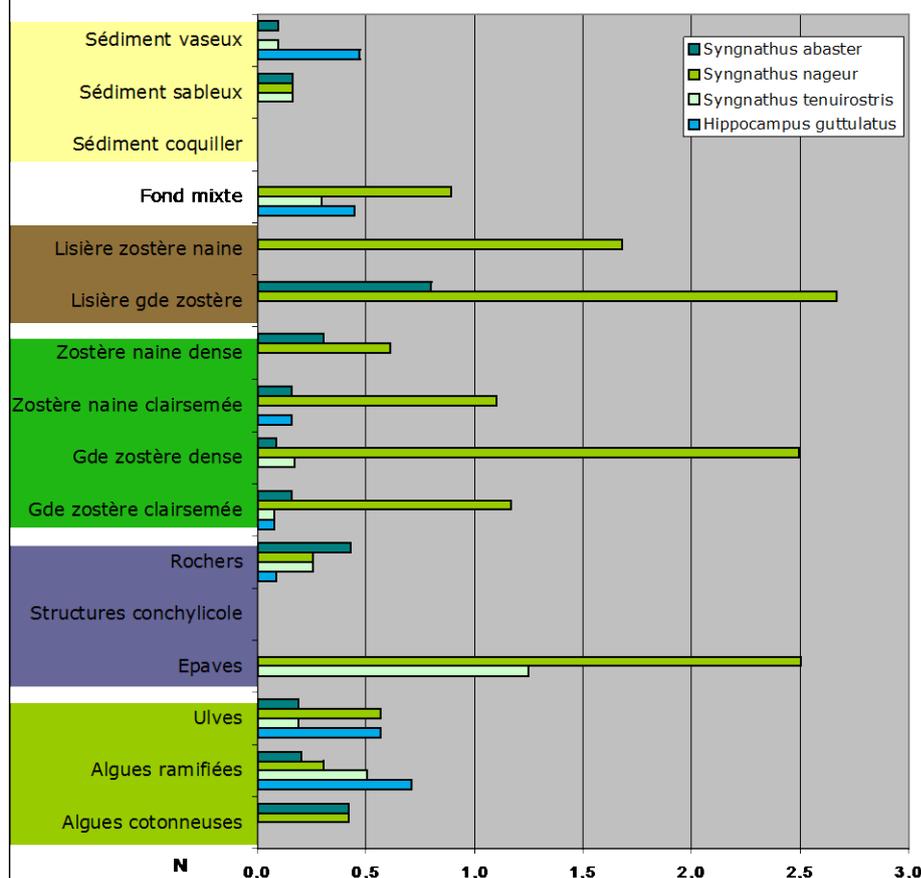


### • Les préférences d'habitat des Syngnathidés de Thau

Les préférences d'habitat des diverses espèces de la guildes des syngnathidés ont été abordées, dans la lagune de Thau, par deux approches : le protocole Micro/Macro-habitat, « individu-centré », qui caractérise l'environnement proche de chaque animal observé (voir plus loin) ; la fiche de recensement des Syngnathidés, qui permet de quantifier les diverses espèces de Syngnathidés observées par habitats en fonction du temps d'observation.

La première méthode a permis de remettre en cause certaines idées reçues. Notamment, les hippocampes mouchetés de Thau ne sont pas directement liés aux herbiers de phanérogames marines. La seconde offre une vision quantitative de la façon dont les espèces de la guildes des Syngnathidés se répartissent entre les divers habitats lagunaires disponibles (figure S4).

**Fig. S4 Etang de Thau 2013 - Habitats à l'échelle de la lagune**  
Nombre de Syngnathidae observés par heure par habitats



Les résultats sont interprétables en termes de préférences d'habitat de chaque espèce, mais aussi en termes de partage des ressources environnementales au sein de la guildes des Syngnathidés (abondance relative de chaque espèce dans chaque habitat).

Densité d'observation des hippocampes et syngnathes de la lagune de Thau dans différents types de milieux (Menut & Louisy, in Louisy & al., 2014).

### • Hippo-THAU et DCSMM : discussion

Centré à l'origine sur l'hippocampe moucheté (espèce incluse dans la liste DCSMM), le programme Hippo-THAU s'intéresse aujourd'hui à l'ensemble de la famille des **Syngnathidés**. Compte tenu de l'environnement subaquatique de la lagune de Thau, les habitats concernés sont essentiellement les herbiers de phanérogames (sous-programme **SP2**) et les fonds meubles côtiers (**SP3**).

Les Syngnathidés et leur écologie n'étant pas étudiés par les chercheurs « institutionnels » français, les programmes participatifs tels qu'Hippo-THAU sont aujourd'hui les seules sources de données et

les seuls dispositifs susceptibles de permettre un suivi de ces poissons. Ainsi, un programme comme Hippo-THAU présente clairement un intérêt pour la connaissance de base des populations (abondance, démographie...) et de l'écologie (préférences d'habitat) de ces animaux. Mais c'est aussi un outil qui peut être mis au service de la surveillance DCSMM pour tous les critères du **descripteur 1** (hormis le D1C1), notamment pour des suivis d'abondance (**D1C2**) et d'habitat (**D1C5**), et d'une partie au moins des critères du descripteur 4. En effet, la guildes des Syngnathidés paraît importante dans certains habitats côtiers, au moins en milieu lagunaire et estuarien, et pourrait constituer un bon indicateur global de l'état de ces habitats, tant en composition qu'en abondance (**D4C1**, **D4C2**).

Il est important de noter que la dynamique participative et collaborative d'Hippo-THAU a permis l'émergence de nouvelles approches, la prise en charge de nouveaux questionnements, apportant ainsi des dimensions nouvelles de l'approche scientifique des Syngnathidés et de leur écologie.

Il faut aussi insister sur le fait que l'efficacité d'un tel projet participatif repose sur une animation et un encadrement suffisants (voir ci-dessous) qui, dans la perspective DCSMM seront à adapter aux objectifs de surveillance retenus en fonction des publics concernés.

### **Hippo-THAU : modalités d'animation réseau**

Les modalités de mobilisation, implication et communication varient selon les thématiques et les publics engagés. Pour les suivis en plongée, deux types de publics ont émergé : d'une part des plongeurs amateurs contribuant occasionnellement aux actions Hippo-THAU (« plongeurs grand public »), d'autre part un petit groupe de plongeurs très investis dans le projet, qui se sentent responsables de la réussite des actions engagées et prennent part aux décisions stratégiques.

#### Plongeurs « grand public »

Dans le cadre des recensements périodiques Hippo-THAU (suivi 3 sites x 3 saisons), des sorties de plongée sont organisées six fois par an, sous l'encadrement et la responsabilité d'une structure de plongée habilitée. Ce dispositif nécessite un gros travail en amont (communication, diffusion des informations, prise des inscriptions, organisation matérielle des sorties, partenariat avec les structures de plongée) mais aussi en aval de chaque sortie (récupération des fiches, des données saisies, des photos... mais aussi retour de résultats à destination des participants).

#### Equipe de plongeurs Hippo-THAU

Le fonctionnement de ce groupe se déroule de manière très autonome, notamment lorsqu'il s'agit de vérifier que suffisamment de plongées ont été réalisées par rapport aux suivis programmés. De plus, face à une telle équipe de personnes responsables, il importe de partager tous les résultats, informations ou comptes-rendus nécessaires pour éclairer les prises de décisions collégiales.

#### Coût de l'animation réseau

Susciter et organiser la mobilisation de plongeurs observateurs bénévoles et maintenir leur implication sur le long terme demande des approches spécifiques et un travail considérable. Pour le projet Hippo-THAU, l'investissement conjoint du CPIE Bassin de Thau et de l'association Peau-Bleue totalise de l'ordre de 70 à 90 jours de travail spécifique chaque année. S'y ajoute également le coût des sorties de plongée, organisées avec des partenaires habilités.

## S2b- Hippo-BASSIN

Programme de suivi des hippocampes et syngnathes dans le bassin d'Arcachon

Le programme de science participative Hippo-BASSIN, destiné à étudier les hippocampes et poissons-aiguilles du bassin d'Arcachon, a été lancé en 2012 à l'initiative de la Mission de préfiguration pour le Parc Naturel Marin (PNM) du Bassin d'Arcachon et de son ouvert, avec la participation des structures de plongée locales, dont le comité départemental 33 (CODEP 33) de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marin (FFESSM), et avec l'appui scientifique et méthodologique de l'association Peau-Bleue (Grima & Louisy 2013).

### • Fiche signalétique du programme

**Objectifs :** Recenser et étudier les hippocampes et poissons-aiguilles du bassin d'Arcachon.

**Structure porteuse :** Association Océan'Obs.

**Partenaires :** CODEP 33, autres instances FFESSM et centres de plongée professionnels ; PNM du bassin d'Arcachon ; association Peau-Bleue.

**Historique :** Démarche lancée en 2012 avec l'appui de Peau-Bleue ; gérée depuis 2013 par l'association Océan'Obs et son Observatoire Participatif de la Biodiversité Marine (OPBM).

**Protocole :** Fiche d'observation des Syngnathidés : Les « fiches de recensement des Syngnathidés » doivent être remplies à l'issue des plongées, qu'il y ait eu observation de Syngnathidés ou pas. Ces fiches ont été conçues pour prendre en compte les non-observations autant que les observations, et mesurer l'effort d'observation (et les facteurs qui peuvent l'affecter). Elles permettent aussi de détailler les observations dans les différents habitats traversés lors de la plongée.

**Publics :** Principalement plongeurs sous-marins, et notamment les structures relais (commissions « Bio », clubs, centres...).

**Spécificités du dispositif :** Faisant office d'animateur réseau, l'association Océan'Obs s'appuie essentiellement sur les structures de plongée, amateurs ou professionnelles pour relayer et organiser les actions de terrain.

**Site Internet :** <http://www.oceanobs.fr>



**Fig. S5 :** Les deux espèces d'hippocampes européens sont présentes dans le bassin d'Arcachon : à gauche l'hippocampe moucheté (*Hippocampus guttulatus*), à droite l'hippocampe à museau court (*H. hippocampus*). © Patrick Louisy /Peau-Bleue

### • Intérêts potentiels de l'expérience Hippo-BASSIN pour la DCSMM

Le programme Hippo-BASSIN étudie principalement les hippocampes (dont les deux espèces sont incluses dans la liste DCSMM / D1), mais aussi l'ensemble des Syngnathidés présents dans le bassin d'Arcachon (Nouvelle-Aquitaine). Il développe ainsi une approche écologique à l'échelle de la **guilde des Syngnathidés**, guilde qui pourrait avoir un rôle fonctionnel important dans certains habitats clés, notamment dans les milieux paraliques ou laguno-estuariens (Louisy & Bérenger 2015).

Si la méthodologie quantitative utilisée par Hippo-BASSIN (fiche de recensement des Syngnathidés) a été d'abord développée pour le bassin d'Arcachon, elle est appliquée dans d'autres contextes comparables.

Sous-régions marines : **SRM3** (potentiellement SRM1 à 4).

Le programme Hippo-BASSIN est localisé sur le bassin d'Arcachon, mais la méthode développée est potentiellement applicable dans d'autres contextes comparables, notamment zones estuariennes ou lagunaires de la façade atlantique ou méditerranéenne (voir cas d'étude Hippo-THAU).

Sous-programmes : **SP2** et **SP3**.

Les informations collectées par Hippo-BASSIN, en environnement laguno-estuarien, concernent essentiellement les milieux meubles (SP3) et, notamment, les herbiers de phanérogames (SP2).

#### Descripteur 1 (biodiversité)

**D1C2** : Le protocole de recensement Hippo-BASSIN a été spécifiquement conçu pour collecter des données d'abondance sur la famille des Syngnathidés.

~~D1C3~~ : Dans sa forme actuelle, la fiche de recensement des Syngnathidés ne prend pas en compte la taille ou le sexe et n'apporte donc pas d'informations démographiques.

**D1C4** : Bien qu'elle soit en général mise en œuvre à une échelle locale, la fiche de recensement des Syngnathidés peut en principe être utilisée partout, moyennant une animation réseau adaptée.

**D1C5** : La fiche Syngnathidés permet une approche quantitative de la fréquentation des divers habitats par les diverses espèces (abondances relatives).

#### Descripteur 2 (espèces non-indigènes)

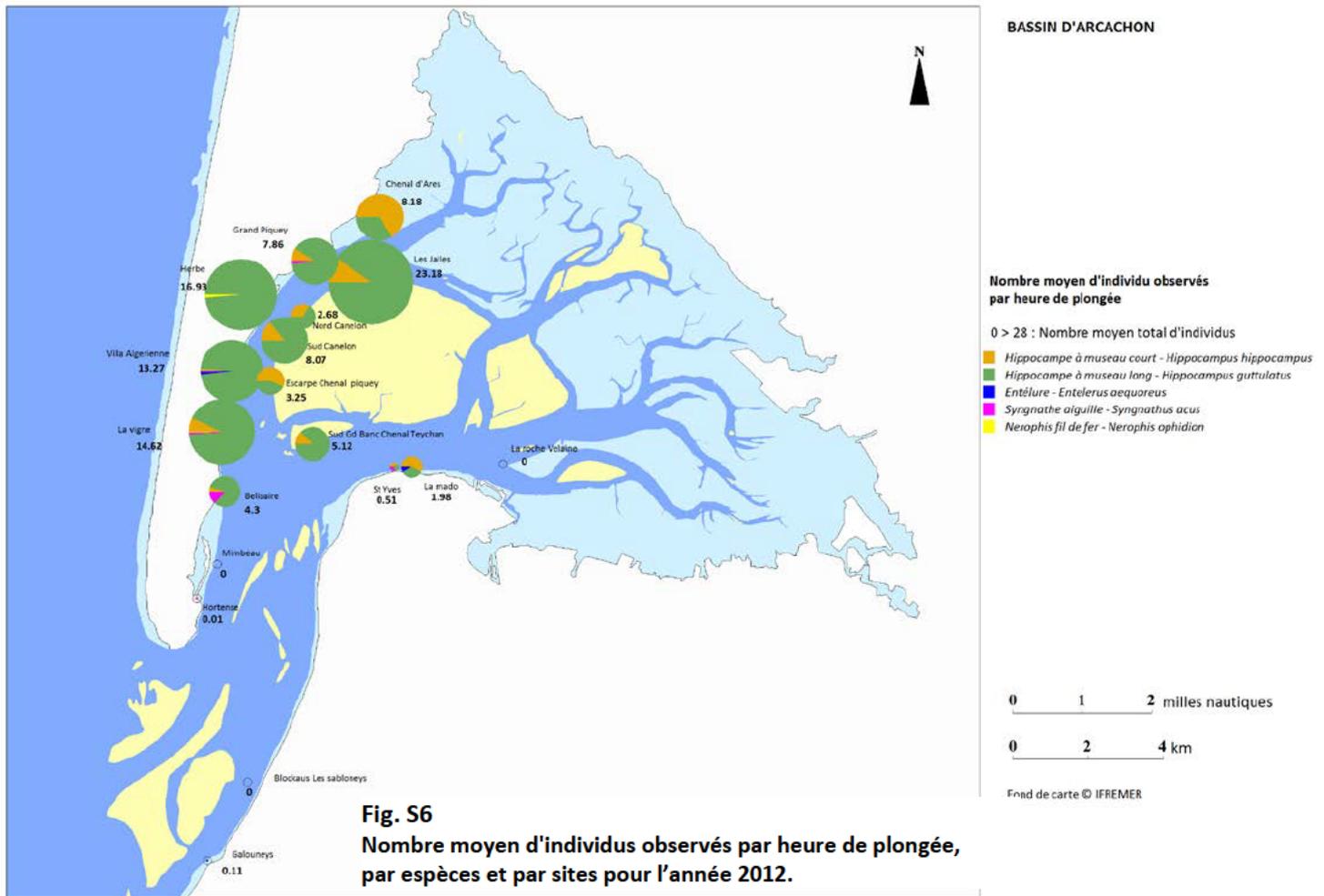
La méthodologie de la fiche Syngnathidés est appliquée essentiellement à des échelles locales et n'est donc pas adaptée pour suivre l'apparition et l'extension d'espèces exotiques.

#### Descripteur 4 (écosystèmes et réseaux trophiques)

**D4C1-D4C2** : La fiche Syngnathidés est un bon outil pour quantifier les diverses espèces de la guilde des Syngnathidés, par sites, par habitats et par régions.

### • Suivi de l'abondance des Syngnathidés dans le bassin d'Arcachon

L'objectif premier d'Hippo-BASSIN est l'approche quantitative des hippocampes et syngnathes dans les différentes zones du bassin d'Arcachon. En 2012 par exemple, des plongées ont été réalisées sur 21 sites différents ; 178 fiches reçues ont permis de répertorier un total de 1509 Syngnathidés, qui se répartissent en cinq espèces. La figure S6 indique leur abondance relative dans les différents sites.



### • Approche de l'habitat des Syngnathidés dans le bassin d'Arcachon

Comme indiqué plus haut (cas d'étude Hippo-THAU), la fiche de recensement des Syngnathidés permet de quantifier les diverses espèces de Syngnathidés observées par habitats en fonction du temps d'observation. Les données obtenues par le programme Hippo-BASSIN apportent aussi des indications sur les habitat fréquentés par les deux espèces d'hippocampes (Syngnathidés les plus abondants dans le bassin).

### • Hippo-BASSIN et DCSMM : discussion

Le programme Hippo-BASSIN prend en compte l'ensemble des Syngnathidés, mais c'est surtout pour les deux espèces d'hippocampes, toutes deux incluses dans la liste DCSMM, qu'il peut apporter des données quantitatives conséquentes.

Compte tenu des conditions dans le bassin d'Arcachon, les habitats concernés sont essentiellement les herbiers de phanérogames (sous-programme **SP2**) et les fonds meubles côtiers (**SP3**).

Comme déjà indiqué pour le cas d'étude Hippo-THAU, les programmes participatifs tels qu'Hippo-BASSIN sont aujourd'hui des ressources essentielles en termes de connaissance de base des populations et de l'écologie de ces animaux. Ils peuvent être mis au service de la surveillance DCSMM, notamment pour des suivis d'abondance (**D1C2**) et d'habitat (**D1C5**), et pour une partie au moins des critères du descripteur 4 (étude de la guildes des Syngnathidés, tant en composition qu'en abondance : **D4C1, D4C2**).

De fait, il serait utile de mettre en place – et de gérer de manière coordonnée – des suivis comparables dans les autres endroits où les Syngnathidés sont suffisamment présents pour que cela se justifie (rade de Brest, Ria d'Étel, Golfe du Morbihan, Lac d'Hossegor, lagunes du Languedoc et du Roussillon, baie de Cagnes sur Mer...).

La façon – très efficace – dont est géré le programme Hippo-BASSIN démontre encore une fois, pour la conduite d'un projet participatif qui est avant tout un projet humain, l'importance de l'animation réseau et de l'accompagnement des contributeurs ou partenaires relais (voir encadré ci-dessous).

#### **Hippo-BASSIN : modalités d'animation réseau**

Le fonctionnement d'Hippo-BASSIN repose essentiellement sur les relais que sont les clubs de plongée de la FFESSM, les commissions « bio » ou les centres de plongée, et en particulier les personnes ayant des responsabilités d'encadrement dans ces structures.

L'animation du réseau, réalisée pour le compte de la Mission du PNM (AAMP) en 2012, a ensuite été prise en charge par l'association Océan'Obs. Les instances locales de la FFESSM (CODEP 33) se sont également mobilisées, le principal rôle opérationnel étant tenu par des animateurs relais qui assurent, dans leurs cercles d'action (club, commission bio, etc.), la promotion du projet, les formations, l'organisation de plongées Hippo-BASSIN et au moins en partie la collecte des fiches de recensement.

La collecte, la vérification et la validation des résultats constituent une part importante du travail d'animation réseau permettant d'obtenir des résultats exploitables.

#### Coût de l'animation réseau

Susciter et maintenir une dynamique de mobilisation des plongeurs bénévoles et des structures ou personnes relais est un travail considérable. Pour l'animation du volet Hippo-BASSIN de l'OPBM, l'association Océan'Obs investit au minimum un mi-temps de chargé de mission sur l'année.

## S3- Missions encadrées

### S3a- Etude de l'effet réserve à Cerbère-Banyuls

*Recensement en présence-absence sur transects temporels, liste fermée*

L'association Peau-Bleue a mené une étude de l'effet réserve (impact du niveau de protection sur l'abondance et la taille des espèces de poissons) dans la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls (RNMCB) en 1997 puis à nouveau en 2011, avec le même protocole, afin de mesurer l'évolution de cet effet réserve sur les différentes espèces en 14 ans. Les informations fournies ici se réfèrent au rapport publié sur l'ensemble des données 1997 et 2011 (Louisy & al. 2012).

#### • Le cadre de la mission

**Structure porteuse :** Association Peau-Bleue. Encadrants : Patrick Louisy, Robert Oms.

**Publics :** Plongeurs autonomes habilités à plonger dans la zone des 20 m (niveau 2 FFESSM).

**Partenariats :** Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls ; laboratoire ECOSEAS de l'université de Nice ; CEFREM de Perpignan (CNRS-UPVD).

**Durée de mission :** Du 21 au 27 juillet 1997, puis du 23 au 30 juillet 2011 (5 jours de plongées).

#### • Le protocole

**Objectifs :** Mesurer l'impact du niveau de protection sur l'abondance et la taille des espèces de poissons patrimoniales ou cibles de la pêche, en tenant compte de cofacteurs tels que le type de milieu et la profondeur.

**Protocole :** Présence-absence par classes de taille sur transects temporels courts ; liste fermée.

Les espèces de poissons sont recensées en présence-absence sur une série de courts transects (unité d'observation : 5 minutes) à profondeur constante. Les transects sont réalisés dans deux tranches de profondeur : 15-20 m et 7-10 m. La largeur échantillonnée est de 5 m. Sur chaque transect de 5 minutes, les observateurs notent la présence de chacune des espèces étudiées, pour deux classes de taille : petits-moyens d'une part, grands individus d'autre part.

Pour chaque transect également, la topographie et les principales composantes du substrat et de la couverture biologique sont évalués de manière semi-quantitative (classes de 0 à 3).

L'étude a été réalisée, en 1997 et 2011, sur trois secteurs bénéficiant de niveaux de protection différents : îlots Canadells (= hors réserve, HR), Cap l'Abeille (= réserve « plongée et pêchée », ZPP), zone de protection renforcée, entre Cap Rédéris et Sec de Rédéris (= réserve intégrale, ZPR).

**Liste d'espèces de référence :** 20 espèces patrimoniales ou cibles de la pêche ont été prises en compte en 1997 et 2011 ; 6 taxons supplémentaires ont été ajoutés en 2011.

**Spécificités du protocole :** Dans la zone de protection renforcée, interdite à la plongée, seuls des plongeurs scientifiques professionnels ont été impliqués (laboratoires partenaires du projet, RNMCB, observatoire Océanologique Arago).

Il faut noter que la réalisation des transects temporels aléatoires tels que prévus par le protocole ne nécessite aucun matériel ni aucune intervention sur le milieu ; l'activité des plongeurs se limite donc à l'observation et la prise de notes, qui entrent dans le cadre des pratiques ordinaires de la plongée loisir.

### • Intérêts potentiels du protocole pour la DCSMM

Comme la plupart des méthodes d'échantillonnage visuel quantitatif par transects, ce protocole en présence-absence par classes de taille sur transects temporels courts permet une quantification relative des espèces (et classes de taille) observées. Il s'applique essentiellement à des espèces nageuses peu cryptiques (poissons démersaux). Surtout employé sur fond rocheux, ce type de protocole peut également être utilisé sur des herbiers sous-marins (avec cependant des problèmes de perception des poissons qui se glissent entre les frondes) ou sur fond meuble (pour les espèces nageuses, car les poissons plats ou fousseurs sont en général sous-échantillonnés).

Pour les espèces de la liste D1, notamment, il permet de quantifier l'abondance (qui n'est pas mesurée ici par un dénombrement mais par un pourcentage d'occurrence dans les transects), certaines informations démographiques (présence de grands adultes) ou les relations à l'habitat. Il peut également apporter des informations de diversité, d'abondance et de distribution sur un certain nombre de guildes écologiques (poissons démersaux principalement).

Sous-régions marines : **SRM4** (potentiellement SRM1 à 3).

Les méthodes d'échantillonnage visuel quantitatif sont globalement bien adaptées au contexte méditerranéen (visibilité généralement correcte). Cependant, la méthode employée ici (qui ne repose pas sur des dénombrements) peut, dans une certaine mesure, convenir à des conditions de visibilité relativement médiocres, par exemple sur les côtes rocheuses de la façade atlantique.

Sous-programmes : **SP2** (et SP3).

Les méthodes d'échantillonnage visuel par transects sont particulièrement utilisées en milieu rocheux, parfois aussi sur herbier, mais assez rarement sur fond meuble.

#### Descripteur 1 (biodiversité)

**D1C2** : Sous réserve d'un nombre de répétitions suffisant (12 à 15 transects de 5 minutes par secteur et profondeur), le pourcentage d'occurrence dans les transects est une façon relativement rapide et fiable de mesurer une abondance.

**D1C3** : Même s'il ne produit pas des données détaillées de distribution de tailles, ce protocole apporte une information importante en termes de démographie : la présence de grands adultes.

**D1C4** : Pour que ce protocole apporte des données de répartition (pour les espèces de la liste de référence retenue), les missions d'échantillonnage doivent être nombreuses et bien réparties.

**D1C5** : La caractérisation semi-quantitative du milieu pour chaque transect permet une approche multivariée des relations entre espèces et habitat.

#### Descripteur 2 (espèces non-indigènes)

Les approches basées sur des observations d'opportunité sont en général mieux adaptées au repérage et au suivi d'espèces exotiques rares que les méthodes quantitatives, qui demandent un effort d'observation ciblée assez important.

#### Descripteur 4 (écosystèmes et réseaux trophiques)

**D4C1-D4C2** : Sous réserve d'une liste de référence adaptée, la quantification des diverses espèces suivies permet d'aborder les guildes trophiques à la fois en termes de diversité spécifique et d'abondance (occurrence).

**D4C3** : Les informations de taille collectées (classes de taille) permettent notamment de quantifier la proportion de grands adultes pour les diverses espèces des différentes guildes.

## • Enseignements et résultats

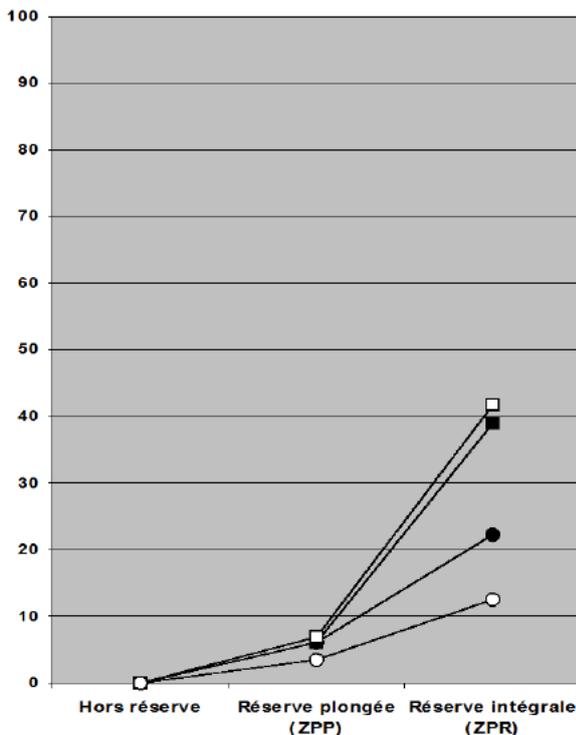
### Effort d'observation

L'un des premiers enseignements de ce travail est l'effort d'observation effectif qui peut être développé par un groupe de plongeurs amateurs encadrés par un scientifique. En 2011, l'équipe de 10 plongeurs bénévoles a fait 6 plongées de recensement réparties sur deux sites de suivi, et réalisé un total de 153 transects (soit 25 transects par plongée en moyenne, 5 transects par binôme).

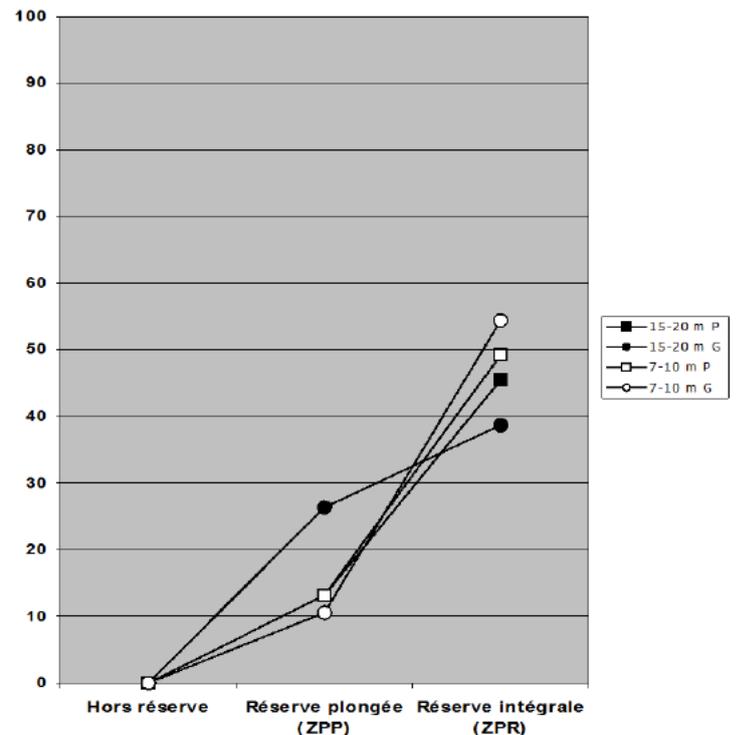
### Exemple de résultat pour une espèce emblématique, le mérou brun

Le mérou brun (*Epinephelus marginatus*) un prédateur emblématique de Méditerranée. Pour cette espèce, la limite entre les catégories « petits-moyens » et « grands » a été fixée à 60 cm (taille en longueur totale). La figure S7 montre son pourcentage d'occurrence dans les transects réalisés en 1997 et en 2011, par classes de taille (Petit / Grand) et par gammes de profondeur (7-10 m / 15-20 m), pour chacun des trois secteurs étudiés (HR : Îlots Canadells ; ZPP : Cap l'Abeille ; ZPR : Rédéris).

**Fig. S7 Mérou - *Epinephelus marginatus* - 1997**  
(pourcentage d'occurrence dans les transects)



**Mérou brun - *Epinephelus marginatus* - 2011**  
(pourcentage d'occurrence dans les transects)



Pour cette espèce, l'effet réserve est déjà bien net en 1997, et se renforce en 2011 ; il est maximal dans la zone de réserve intégrale (ZPR). Dans ce secteur ZPR, la présence des grands individus a fortement augmenté : leur pourcentage d'occurrence est devenu équivalent à celui des petits en 2011, alors qu'il était deux fois moindre en 1997.

## • Intérêts du protocole dans la perspective DCSMM : discussion

Le protocole de cette étude, bien qu'assez simple et mis en œuvre par des amateurs sous la direction d'un scientifique compétent, a montré sa capacité à mettre en évidence les phénomènes que l'on cherchait à quantifier : effet réserve sur la fréquence d'occurrence et la taille, dans une logique de comparaison spatiale (et de niveau de protection différents) et temporelle (durée de protection).

Les valeurs mesurées ne sont pas des comptages, mais des pourcentages d'occurrence (qui s'approchent d'autant plus de résultats de dénombrement que les transects temporels sont courts et

le nombre de répétitions élevé). Cette logique méthodologique, très efficace en termes de surface échantillonnée par rapport au temps passé, est pertinente pour des questions qui n'imposent pas de raisonner en abondances absolues.

Ce type d'échantillonnage visuel en plongée est efficace pour les milieux rocheux (sous-programme SP2), mais moins pertinent pour les herbiers (camouflage) ou les fonds meubles (homochromie, fouissage). Comme toute approche de transects visuels en plongée, il est mieux adapté pour les espèces démersales nageuses que pour les cryptobenthiques ou les pélagiques très mobiles. Les céphalopodes tels que poulpe ou seiche peuvent également être intégrés dans ce type d'approche.

Cette méthodologie peut être utilisée pour le suivi DCSMM concernant les critères **D1C2**, **D1C3** et **D1C5** du descripteur « Biodiversité » et dans une certaine mesure pour le **descripteur 4**, « Ecosystèmes et réseaux trophiques ».

De telles missions participatives impliquent un important travail d'information, communication, animation et encadrement (encadré ci-dessous).

### **Mission « effet réserve » à Cerbère-Banyuls : modalités d'animation et encadrement**

#### Organisation préalable

Ce type de mission présente les contraintes logistiques classiques des voyages Bio Sous-Marine : trouver un partenaire ou prestataire pour l'organisation et la sécurité des plongées, proposer des solutions d'hébergement et de restauration aux participants, trouver un lieu de réunion pour la formation, le travail en équipe, les débriefings, la saisie des données d'observation...

#### Communication

Cette mission a été annoncée dans le cadre du programme de Voyages Bio Sous-Marine 2011 de l'association Peau-Bleue. Elle a fait l'objet d'annonces dans la presse plongée et sur le site web de Peau-Bleue, et par courriel auprès des membres de Peau-Bleue et des anciens voyageurs BSM.

#### Encadrement de terrain

Les plongeurs n'ayant pas forcément des connaissances en biologie marine, il fallait les former, leur apporter tous les éléments de connaissance nécessaires à la réalisation de la mission. Deux jours ont été consacrés à cette formation : méthodes et critères d'identification, utilisation des guides, méthodologie d'étude (reconnaissance des espèces suivies, estimation de taille, protocole, procédure en plongée), deux plongées d'entraînement... Les trois jours suivants ont été consacrés aux plongées d'étude, organisées par les participants eux-mêmes (répartition des zones, tranches de profondeur...) sous la supervision de l'encadrant scientifique, un bilan opérationnel étant fait chaque soir afin d'organiser le programme de travail du lendemain.

#### Outils d'aide à l'observation

Divers outils sont fournis aux participants : fiche plastifiée aide-mémoire servant de base au tableau de prise de notes sur l'ardoise sous-marine (avec la liste des espèces et, pour chacune, un dessin et la taille limite entre « petits-moyens » et « grands ») ; fiche plastifiée avec des silhouettes de poissons pour aider à l'estimation des tailles ; tableaux papier de report des observations...

#### Coût d'organisation et animation

Pour cette mission, organisation, communication, inscriptions, partenariats scientifiques, encadrement de terrain, etc., ont nécessité plus de 4 semaines de travail.

### S3b- Recensement de poissons à Kas

*Recensement par comptage sur transects temporels, liste fermée*

La démarche de recensement de poissons mise en œuvre à Kas (sud de la Turquie) a été initiée en 2004, dans le but de quantifier la place prise par les poissons lessepsiens (espèces originaires de mer Rouge, immigrées par le canal de Suez) dans les communautés ichthyiques de Méditerranée Orientale. Cinq missions ont ainsi été réalisées en 12 ans, faisant de ce programme **le plus long suivi écologique des poissons lessepsiens jamais réalisé** en Méditerranée.

Mis au point en partenariat avec Patrice Francour (ECOSEAS, Nice), le protocole a été conçu d'emblée pour être applicable par des amateurs dans le cadre réglementaire de la plongée loisir.

#### • Le cadre de la mission

**Structure porteuse :** Association Peau-Bleue. Encadrants : Patrick Louisy et divers scientifiques du laboratoire ECOSEAS selon les missions.

**Publics :** Plongeurs autonomes habilités à plonger en binômes dans la zone des 20 m (niveau 2 FFESSM), randonneurs palmés.

**Partenariats :** Laboratoire ECOSEAS (Nice), centre de plongée Archipel Diving (Kas).

**Durée d'une mission :** Une semaine, entre fin septembre et début octobre (5 jours de plongées).

#### • Le protocole

**Objectifs :** Mesurer la proportion d'espèces lessepsiennes (originaires de Mer Rouge) dans les peuplements de poissons en Méditerranée Orientale, et ses variations selon les sites et dans le temps.

**Protocole :** Comptages sur transects temporels courts ; liste fermée.

Le protocole consiste à compter les poissons de la liste de référence sur des transects de 5 m de large et d'une durée de 5 minutes. Chaque transect est réalisé à profondeur à peu près constante, si possible dans un habitat homogène. Pour chaque transect, les principales composantes du substrat et de la couverture biologique sont évaluées de manière semi-quantitative (classes de 0 à 3).

Cette étude a été jusqu'ici répétée tous les trois ans, de 2004 à 2016, en début d'automne (fin septembre - début octobre).

#### Liste d'espèces de référence :

Les comptages portent sur une liste définie, qui comprend à peu près toutes les espèces nageuses supra-benthiques couramment rencontrées ; seuls les adultes et subadultes sont pris en compte, les juvéniles étant exclus. La liste d'espèces d'origine (2004) comptait 26 espèces (dont 5 lessepsiennes), ce qui n'empêchait pas de noter les autres poissons nageurs démersaux rencontrés. De nouvelles espèces ont d'ailleurs été ajoutées au cours du temps, notamment des espèces lessepsiennes nouvellement arrivées.

#### • Intérêts potentiels du protocole pour la DCSMM

Ce protocole d'échantillonnage visuel sur transects temporels courts repose sur des comptages. Il s'applique à une sélection d'**espèces démersales nageuses peu cryptiques** (liste fermée). Il a été employé principalement sur fond rocheux, sableux et d'herbier (cymodocées, *Halophila* et dans une moindre mesure posidonies), dans des conditions de **bonne visibilité**.

Pour les espèces de la liste D1, notamment, il permet de quantifier l'abondance (relative) ou les relations à l'habitat. Il peut également apporter des informations de diversité, d'abondance et de distribution sur un certain nombre de guildes écologiques de poissons démersaux.

Sous-régions marines : **SRM4** (potentiellement SRM1 à 3).

Les méthodes d'échantillonnage visuel par comptage sont globalement bien adaptées au contexte méditerranéen (bonne visibilité). Elles sont potentiellement applicables ailleurs (côtes rocheuses de la façade atlantique par exemple), sous réserve que la visibilité soit correcte.

Sous-programmes : **SP2** (et SP3).

Cette méthode d'échantillonnage visuel par comptage, ciblée sur les poissons démersaux nageurs non cryptiques, est utilisable en milieu rocheux, sur herbier et sur fond meuble.

Descripteur 1 (biodiversité)

**D1C2** : Ce protocole échantillonne, par comptage, les abondances relatives de poissons adultes et subadultes (nombre par unité de temps).

D1C3 : La version actuelle de ce protocole n'aborde pas la démographie, mais on peut imaginer des recensements par classes de taille si les espèces prises en compte restent assez peu nombreuses.

D1C4 : Pour qu'un tel protocole apporte des données de répartition (pour les espèces de la liste de référence retenue), les missions d'échantillonnage doivent être nombreuses et bien réparties.

**D1C5** : La caractérisation semi-quantitative du milieu pour chaque transect permet une approche multivariée des relations entre espèces et habitat.

Descripteur 2 (espèces non-indigènes)

D2C1-D2C2 : Ce protocole a été conçu pour étudier, par une approche participative encadrée, l'abondance des poissons exotiques en Méditerranée Orientale. Mais il s'applique surtout à des espèces exotiques déjà installées, en nombres suffisants pour être significativement présentes dans les transects. Pour le repérage et le suivi d'espèces exotiques rares, les approches basées sur des observations d'opportunité sont en général mieux adaptées que les méthodes quantitatives.

Descripteur 4 (écosystèmes et réseaux trophiques)

**D4C1-D4C2** : Sous réserve d'une liste de référence adaptée, la quantification des diverses espèces suivies permet d'aborder les guildes trophiques à la fois en termes de diversité spécifique et d'abondance relative.

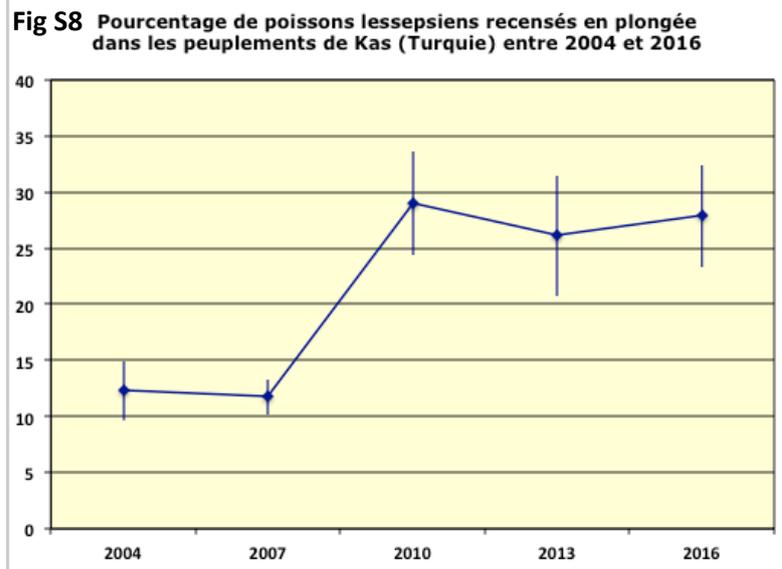
D4C3 : S'il n'a pas été prévu, à ce stade, pour collecter des données de taille, ce protocole peut être aménagé pour prendre en compte des classes de taille pour certaines guildes au moins.

- **Suivi temporel de la proportion de poissons lessepsiens**

On rencontre à Kas des peuplements ichthyques particuliers au bassin Levantin : déficit ou absence de certaines espèces, sur-représentation d'espèces thermophiles, et présence d'espèces lessepsiennes. Cependant, cette approche est parfaitement applicable à toute problématique de suivi et analyse des variations spatiales ou temporelles d'une ou plusieurs composantes d'un peuplement ichthyque.

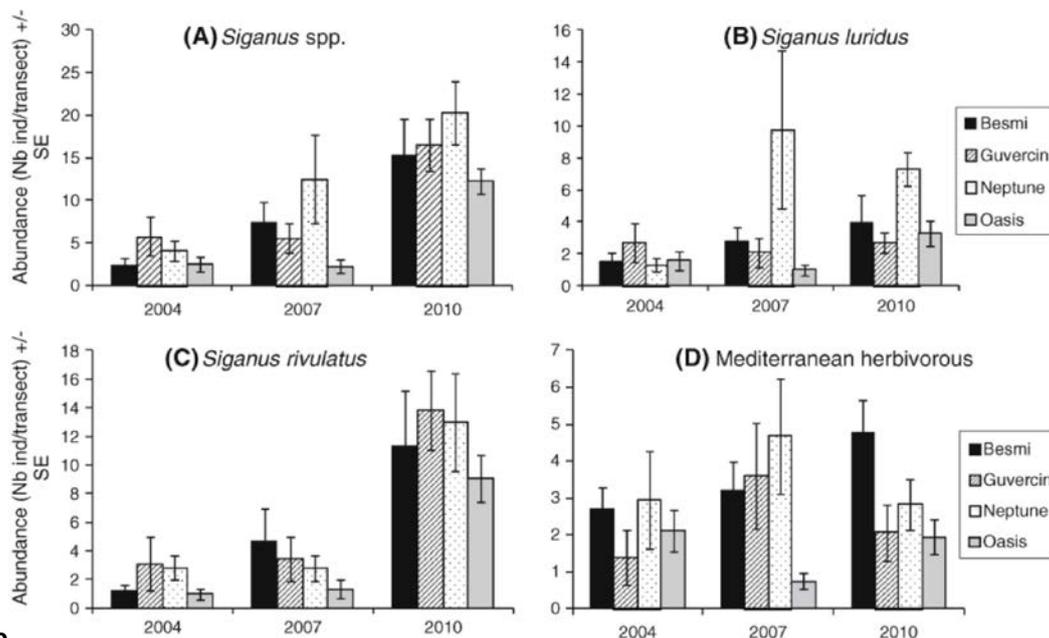
Un objectif central de ce suivi est de quantifier l'évolution à long terme des poissons lessepsiens par rapport aux espèces autochtones. Mais les recensements réalisés à Kas permettent aussi de suivre spécifiquement certaines espèces ou bien des sous-ensembles des peuplements, guildes trophiques par exemple.

A titre d'exemple, la **figure S8** récapitule l'évolution moyenne de la proportion de poissons lessepsiens, tous sites confondus.



• **Approche quantitative de guildes trophiques**

Les données collectées permettent également de comparer les abondances de certaines espèces ou groupes d'espèces, comme le montre l'exemple ci-dessous concernant la guildes des poissons végétariens entre 2004 et 2010, extrait de Bodilis & al. 2014 (**figure S9**).



**Fig. S9**

**Fig. 4** Mean abundance (number of individuals per transect) of *Siganus* spp. (a), *Siganus luridus* (b), *S. rivulatus* (c) and herbivorous Mediterranean species (*Sarpa salpa*, *Sparisoma cretense*) for the

different sites and years surveyed (2004, 2007, 2010). Error bars represent one standard error above and below the mean

On constate ainsi que la méthode permet de mettre en évidence, comme attendu, les variations temporelles globales d'abondance, mais aussi des variations plus complexes entre sites, entre espèces ou entre groupes d'espèces.



**Fig. S10** - Les deux espèces de poissons-lapins (*Siganus rivulatus* et *S. luridus*) sont les poissons lessepsiens les plus abondants à Kas. © Patrick Louisy

• **Intérêts du protocole dans la perspective DCSMM : discussion**

Ce type de protocole, basé sur des transects temporels, est plus simple et rapide à mettre en œuvre que les méthodes s'appuyant sur des transects spatiaux (de longueur connue).

La variable d'abondance obtenue est une « densité d'observation » qui s'exprime en nombre par unité de temps. Si l'estimation de densités absolues (exprimées par unité de surface) peut s'avérer nécessaire dans des études d'écologie descriptive ou quantitative, les densités d'observation (temporelles) conviennent tout à fait à une logique de suivi comparatif, dans l'espace ou dans le temps, avec une sensibilité comparable pour mettre en évidence les différences éventuelles.

Une approche telle que celle développée à Kas, limitée aux poissons nageurs démersaux, fonctionne sur fonds rocheux ou d'herbier (**SP2**) comme sur fond meuble (**SP3**) pour peu que la visibilité soit suffisante. Elle permettrait par exemple de suivre chacune des espèces nageuses supra-benthiques de la liste DCSMM en même temps que sa communauté ichtyque globale ou les diverses guildes écologiques de poissons avec lesquelles elle pourrait interagir, contribuant ainsi au descripteur 1 (**D1C2, D1C4, D1C5**) comme au descripteur 4 (**D4C1, D4C2**). On peut noter que des céphalopodes tels que poulpes, seiches ou calmars peuvent aussi être pris en compte dans ce type d'approche.

Cette méthode peut aussi permettre un suivi interannuel de l'abondance relative d'espèces à affinités méridionales dans les peuplements de poissons, par exemple serrans, balistes ou sars dans le Golfe de Gascogne, girelles-paons ou certains mérours en Méditerranée (**D1C2, D1C4**), voire d'espèces exogènes dans l'hypothèse où certaines viendraient à apparaître régulièrement sur nos côtes (**D2C2**). Une version du même protocole avec classement des animaux dénombrés par classes de taille permettrait de contribuer au suivi de la démographie des populations (**D1C3**).

## **Missions « Lessepsiens » à Kas : modalités d'animation et encadrement**

### Organisation préalable

Les voyages Bio Sous-Marine à l'étranger présentent les contraintes logistiques suivantes : trouver un partenaire ou prestataire pour l'organisation et la sécurité des plongées, proposer des solutions d'hébergement et de restauration aux participants, trouver un lieu de réunion pour la formation, le travail en équipe, les débriefings, la saisie des données d'observation... S'y ajoute bien entendu la nécessité de définir les objectifs et approches scientifiques au regard du potentiel du lieu, ce qui suppose notamment des échanges étroits avec le centre de plongée local.

### Communication

Les missions à Kas faisaient partie du programme de Voyages BSM de l'association Peau-Bleue. Elles ont été annoncées dans la presse plongée et sur le site web de Peau-Bleue, par le voyageur partenaire et par courriel auprès des membres de Peau-Bleue et des anciens voyageurs BSM.

### Encadrement de terrain

Le début de la mission est consacré à la formation et l'entraînement des participants, afin de leur apporter les éléments de connaissance nécessaires à la bonne réalisation de la mission scientifique. Le travail porte d'abord sur les techniques d'identification des poissons, puis sur la méthode de transects (y compris entraînement et tests comparatifs par binômes en plongée). Les 3 à 4 jours suivants sont consacrés aux plongées d'étude, réalisées sur des sites prédéfinis mais s'organisant en équipe pour remplir le programme scientifique prévu. Sur chaque site, les binômes se partagent les secteurs et les profondeurs de sorte que les transects soient répartis de façon équilibrée sur la zone et les différents habitats. Les données notées sur les ardoises sous-marines sont saisies sur fiches papier (sur le bateau entre deux plongées) ou sur ordinateur au retour de chaque plongée. Un bilan opérationnel est fait chaque soir afin d'organiser le programme de travail du lendemain.

### Outils d'aide à l'observation

Il est demandé aux participants d'apporter une ardoise sous-marine, si possible de format A4. Une fiche plastifiée comportant la liste des espèces à prendre en compte (avec pour chacune un dessin aide-mémoire) doit être collée sur l'ardoise pour servir de base au tableau de prise de notes.

### Exploitation des données

Les données sont analysées en partenariat avec le laboratoire ECOSEAS de Nice. Les premiers résultats sur la période 2004-2010 ont fait l'objet d'une publication scientifique (Bodilis & al. 2014).

### Coût d'organisation et animation

L'organisation, la communication, les inscriptions et les partenariats scientifiques, ainsi que l'encadrement scientifique sur place, nécessitent en général au moins quatre semaines de travail.

### S3c- Protocole Fish Watch

*Approche semi-quantitative des communautés de poissons par habitats, liste ouverte*

Le protocole Fish Watch a été développé par l'association Peau-Bleue, à l'origine, pour engager un programme d'étude de l'ichtyodiversité récifale en mer Rouge, sous une perspective à la fois écologique et biogéographique. Avec 16 missions déjà réalisées, il a démontré son efficacité et sa pertinence de la Méditerranée à l'Atlantique Est, à l'Océan Indien et au Pacifique (Turquie, Cabo Verde, Egypte, Djibouti, Oman, Madagascar, Philippines, Indonésie).

#### • Le cadre de la mission

**Structure porteuse :** Association Peau-Bleue. Encadrants : Patrick Louisy et, le cas échéant, des étudiants ou bien des biologistes locaux.

**Publics :** Plongeurs autonomes habilités à plonger en binômes dans la zone des 20 m (niveau 2 FFESSM), occasionnellement randonneurs palmés.

**Partenariats :** Les missions et le protocole Fish Watch sont des initiatives scientifiques propres de l'association Peau-Bleue. De plus en plus, cependant, ces missions sont menées en coopération ou en partenariat avec des associations, ONG, autorités ou scientifiques locaux

#### • Le protocole

**Objectifs :** Caractériser les communautés de poissons présentes sur un site donné, en établissant des listes d'espèces par habitat, chaque espèce étant affectée d'un « indice de présence » semi-quantitatif (Louisy & Francour 2009).

**Protocole :** Pour établir les listes d'espèces par habitats, les plongeurs explorent librement le site et ses différents milieux ou habitats (dont la définition et les limites ont été établies au préalable), mais en s'organisant de façon à ce que l'ensemble de la zone, des habitats et des groupes de poissons bénéficient d'un effort d'observation comparable.

Pour chacun des habitats suivis, on assigne à chaque espèce un « indice de présence » qui mesure en quelque sorte son « intensité de présence » dans cet habitat :

- Code 1 – Espèce rare ou accidentelle (pas plus de 1 à 3 observations, non répétées),
- Code 2 – Espèce rare mais normalement présente (plus de 3 observations pour un même binôme, ou plusieurs individus différents observés par plusieurs observateurs),
- Code 3 – Espèce typique (rencontrée de façon systématique et répétée par tout observateur parcourant l'habitat considéré),
- Code 4 – Espèce abondante (toujours rencontrée en grands nombres [présence d'au moins 3 groupes de plus de 100 individus] dans l'habitat considéré).

L'effort d'observation nécessaire pour un recensement Fish Watch dépend à la fois de la topographie du site, du nombre d'habitats pris en compte et de la richesse spécifique des communautés de poissons. À l'expérience, dans les récifs coralliens de l'Indo-Pacifique, l'effort total nécessaire peut s'étager de 60 à 100 heures de plongée cumulées (tous plongeurs confondus) par site. Sur les côtes de France et d'Europe, avec des plongeurs bénévoles suffisamment expérimentés, 40 à 50 heures (soit 4 à 5 plongées par site pour 10-12 plongeurs) suffisent en général.

**Liste d'espèces de référence** : Le travail de recensement (et d'identification) des espèces s'appuie sur une liste de référence des poissons connus pour le pays d'étude (liste de FishBase par exemple). Mais il ne s'agit en rien d'une liste fermée ! Il n'est d'ailleurs pas rare que les recensements Fish Watch permettent de découvrir des espèces jamais signalées pour la zone.

**Spécificités du protocole** : Le protocole Fish Watch permet d'aborder à la fois la biogéographie et l'écologie des communautés des poissons, à une échelle d'échantillonnage assez précise (site de plongée), de manière structurée et reproductible, relativement rapide, avec un bon niveau d'exhaustivité. Sa mise au point a constitué un progrès notable par rapport aux stratégies habituelles d'étude de terrain de la diversité spécifique, notamment en termes de standardisation.

Cette méthodologie est particulièrement adaptée à un contexte de science participative avec des plongeurs amateurs. Elle n'impose en effet que peu de contraintes en termes d'organisation de la plongée et s'appuie sur un investissement personnel, autonome et responsable des participants ; elle favorise en outre le travail d'équipe et la montée en compétence dans une logique de co-formation.

- **Intérêts potentiels du protocole pour la DCSMM**

Le protocole Fish Watch propose une approche quasi-exhaustive de l'ichtyodiversité d'un site et de ses habitats, doublée d'une semi-quantification (indice de présence). Bien qu'il ait été employé surtout dans les mers tropicales, il a été testé avec succès en diverses localités de l'Atlantique et de la Méditerranée (où sa mise en œuvre est d'ailleurs plus aisée, la richesse spécifique étant moindre).

Ce protocole semi-quantitatif pourrait permettre de suivre les diverses espèces de la liste DCSMM en même temps que leur communauté ichtyque globale et les différentes guildes écologiques de poissons avec lesquelles elles peuvent interagir. Il pourrait donc contribuer au descripteur 1 (biodiversité) mais surtout au descripteur 4 (écosystèmes, guildes trophiques). Ce serait également un outil adapté pour rendre compte de la présence d'espèces exotiques et de leur évolution temporelle ou spatiale (descripteur 2).

Sous-régions marines : **SRM1 à 4.**

La méthodologie Fish Watch donne une bonne image semi-quantitative des communautés de poissons, y compris dans des hotspots de biodiversité marine tels que l'Indonésie et les Philippines. Elle est *a fortiori* utilisable sur nos côtes métropolitaines (où l'ichtyodiversité est 4 à 10 fois moindre) comme sur le littoral ultramarin.

Sous-programmes : **SP2, SP3, SP4.**

Les recensements Fish Watch conviennent bien pour étudier les poissons des milieux côtiers (roche, herbier ou substrats meubles), mais aussi les pélagiques ultra-côtiers (SP4).

Descripteur 1 (biodiversité)

**D1C2** : S'il n'est pas forcément le plus adapté pour assurer un suivi d'abondance des espèces courantes, le protocole Fish Watch est en revanche un bon outil pour appréhender de manière semi-quantitative les espèces rares, cryptiques ou occasionnelles.

D1C3 : Sauf exception, ce protocole n'est pas conçu pour aborder la démographie des espèces.

**D1C4** : Par son exhaustivité, la méthodologie Fish Watch met en évidence les présences d'espèces rares, mais aussi les absences, puisque la procédure consiste à rechercher toutes les espèces possibles dans tous les micro-habitats possibles d'un site.

**D1C5** : Ce protocole, basé sur la caractérisation des communautés de poissons dans les différents milieux, permet d'analyser les relations des espèces à leur habitat.

## Descripteur 2 (espèces non-indigènes)

**D2C1** : Le protocole Fish Watch est quasi-exhaustif : si une espèce exotique est présente sur un site, il est sans doute le plus performant pour en permettre le repérage.

**D2C2** : Dans l'hypothèse où une espèce non-indigène s'établirait, le protocole Fish Watch serait un bon moyen d'en suivre l'évolution, au moins tant qu'elle reste peu abondante.

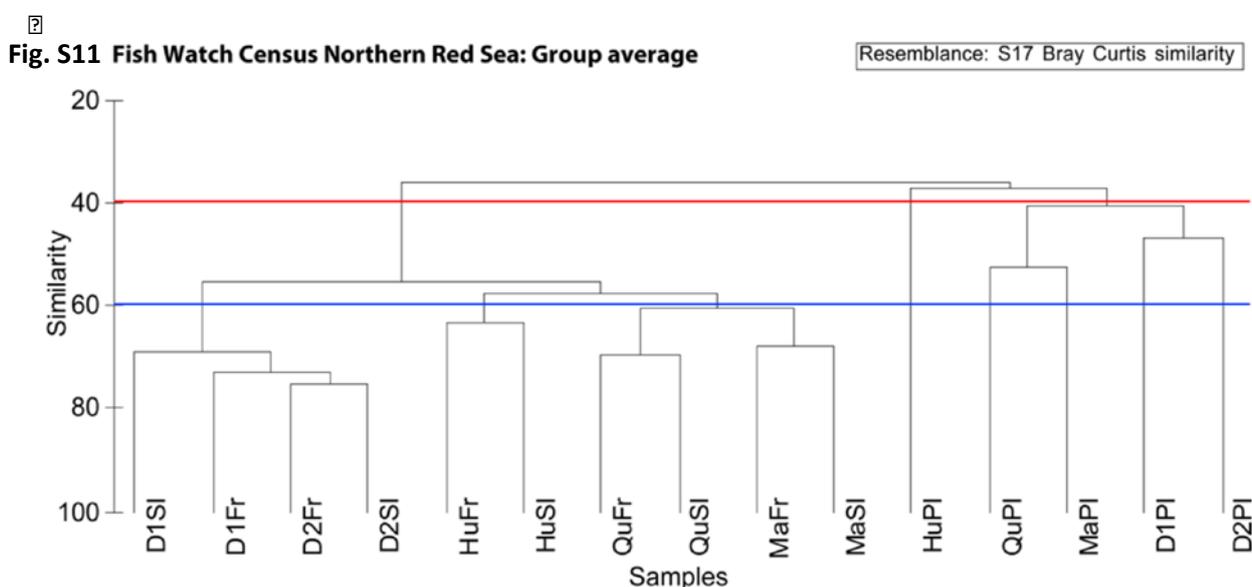
## Descripteur 4 (écosystèmes et réseaux trophiques)

**D4C1-D4C2** : Le protocole Fish Watch est bien adapté pour décrire et suivre la composition des communautés de poissons et des guildes qui les composent, y compris pour en suivre les équilibres de manière semi-quantitative.

### • Exemple d'approche biogéographique et écologique en mer Rouge

Ce travail, qui a fait l'objet d'une communication lors des Rencontres de l'Ichtyologie en France en 2009 (Louisy & al. 2009), synthétise les données obtenues sur les côtes égyptiennes de mer Rouge par les missions Fish Watch réalisées entre 2005 et 2008. Les sites pris en compte sont, du nord au sud : Dahab dans le Golfe d'Akaba (2 sites, D1 et D2), Hurgada (Hu), Quseir (Qu) et Marsa Alam (Ma) sur la côte africaine d'Egypte. Sur chaque site sont retenues les données concernant trois habitats récifaux : platier récifal (PI), front récifal (Fr) et pente récifale (SI, pour « Slope »).

Dans la **figure S11**, les similarités entre peuplements (basées sur l'indice de similarité de Bray-Curtis) sont récapitulées ici en classification hiérarchique (clustering) par la méthode des liens moyens.



En analysant ce graphique au niveau de similarité 60 %, on constate, pour les habitats Fr et SI, une structuration **biogéographique** des communautés de poissons en trois ensembles : le peuplement des deux sites du Golfe d'Akaba, celui d'Hurgada et celui des deux sites du sud égyptien (Quseir et Marsa Alam). Au niveau de similarité 40 % apparaît une forte différenciation **écologique** entre les communautés de Platier et celles des autres habitats.

Par ailleurs, au-delà des analyses biogéographique et écologique globales, ces recensements Fish Watch ont mis en évidence des phénomènes intéressants entre le nord et le sud : **glissement écologique** pour certaines (espèces présentes sur la pente externe dans le Golfe d'Akaba, que l'on

retrouve dans les zones de récif abrité le Sud égyptien), ou bien **remplacement d'une espèce par une autre** entre Golfe d'Akaba et côtes africaines.

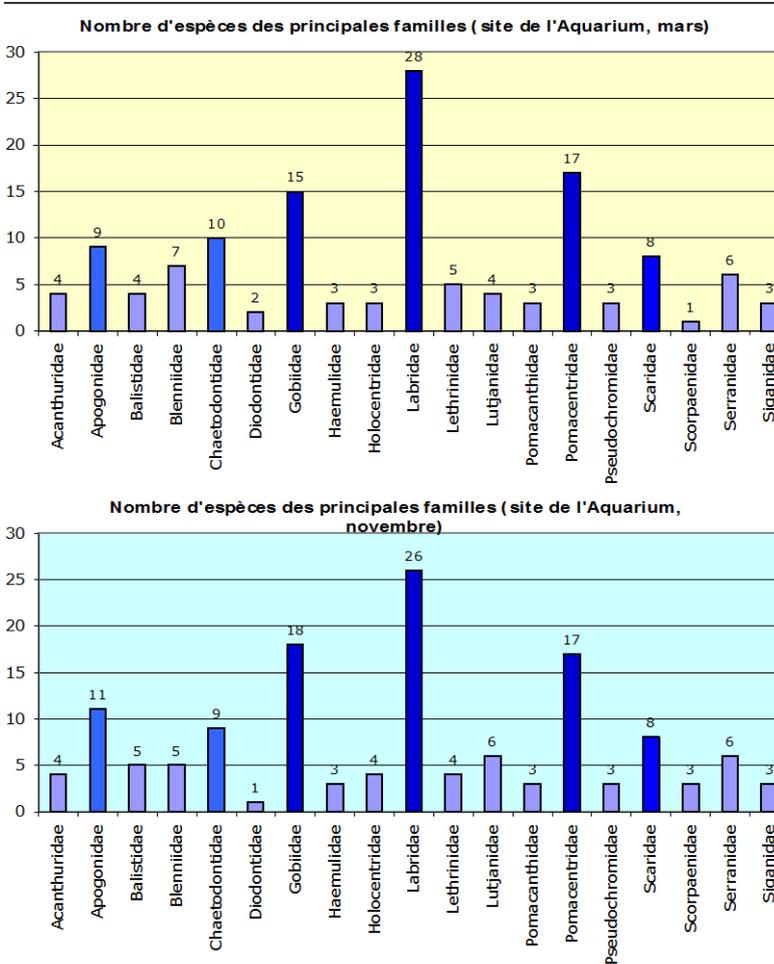
### • Evolution temporelle des communautés de poissons à Djibouti

Cette étude de comparaison temporelle a été réalisée en République de Djibouti, à deux saisons différentes (Louisy 2010). Deux recensements Fish Watch ont ainsi été faits sur le site récifal de l'Aquarium (île Moucha), en mars 2010 (10 plongeurs observateurs impliqués) et en novembre 2010 (12 plongeurs). Le nombre d'espèces de poissons recensées sur le site de l'Aquarium s'élève à 158 en mars 2010, et 162 en novembre. Au total, 181 espèces ont été rencontrées sur le site lors de cette étude, dont 77 % étaient présentes aux deux périodes.

Pour l'essentiel, la communauté de poissons de ce plateau récifal apparaît assez stable (**figure S12**) et le niveau de dominance des diverses familles reste comparable entre mars et novembre.

La différence la plus notable réside dans l'apparition en nombre de deux petites espèces d'apogons (on peut pour ces poissons faire l'hypothèse d'un cycle annuel, sans doute lié à une durée de vie courte) et d'une espèce de fusilier (c'est sans doute la disponibilité en proies planctoniques qui préside aux déplacements de ces poissons très mobiles ou à leur sédentarisation temporaire).

**Fig. S12**



### • Intérêts du protocole dans la perspective DCSMM : discussion

Le protocole Fish Watch propose une approche quasi-exhaustive de l'ichtyodiversité d'un site et de ses habitats, doublée d'une semi-quantification (indice de présence) qui, malgré sa rusticité, a démontré son efficacité pour un certain nombre de questions, notamment :

- Des **comparaisons spatiales** (biogéographie) permettant d'aborder l'évolution des communautés de poissons le long de notre littoral, suivant un gradient latitudinal, d'impacts anthropiques, etc.
- Des **comparaisons écologiques** (milieu ou habitat) permettant en particulier de mieux décrire les **préférences d'habitat des espèces** et leur variabilité, mais aussi de caractériser l'**état de santé des milieux** par leur ichtyofaune.

- Des **comparaisons temporelles** (interannuelles, voire saisonnières), sans doute moins précises que des comptages sur transects ou stratégies analogues, mais adaptées à la surveillance d'espèces cryptiques ou à faible probabilité de rencontre.

Ce protocole n'est donc pas le plus indiqué pour un suivi quantitatif précis d'espèces cibles suffisamment abondantes pour être aisément dénombrables. Mais s'il s'agit de s'intéresser aux espèces cryptiques ou à faible probabilité de rencontre, d'appréhender les espèces au sein de la communauté avec laquelle elles interagissent, ou de rendre compte de l'ichtyodiversité globale d'un site et/ou d'un habitat, il offre sans doute, grâce à son exhaustivité, **l'un des meilleurs indicateurs de biodiversité ichtyque** qui existe aujourd'hui.

Scientifiquement solide, ce protocole est aussi idéalement adapté à une logique de science participative en plongée : relativement aisé à mettre en œuvre dans un cadre de plongée loisir, il propose un engagement personnel motivant, un travail en équipe très impliquant pour des plongeurs bénévoles, et débouche de plus sur une montée en compétence enrichissante et valorisante pour les participants (et pour les programmes dans lesquels ils s'impliquent).

Utiliser cette approche pour un suivi régulier à grande échelle serait irréaliste si elle devait être mise en œuvre par les seuls scientifiques des organismes de recherche. Mais dans un cadre de science participative, sous réserve d'engager les moyens nécessaires à l'organisation, l'animation et l'accompagnement d'un réseau de bénévoles motivés, il pourrait bien **contribuer significativement à la surveillance de l'état de la biodiversité marine et des habitats côtiers**.

Au regard des objectifs spécifiques de surveillance DCSMM des poissons côtiers, la méthodologie Fish Watch peut être mise en œuvre sur toutes nos côtes, là où les conditions de visibilité permettent un échantillonnage visuel (notons que cette approche est de toute façon moins sensible à des visibilités médiocres que les techniques de transects visuels classiques). Ainsi, le protocole Fish Watch est applicable dans les **quatre sous-régions marines de France métropolitaine SRM1 à 4** (et il est bien entendu parfaitement adapté aussi à des suivis en Outremer).

Réalisés en plongée sous-marine (et parfois aussi en randonnée palmée), les recensements Fish Watch conviennent particulièrement pour les espèces des milieux côtiers, roche, herbier ou substrats meubles (**SP2** et **SP3**), et dans une bonne mesure aussi pour les pélagiques ultra-côtiers (**SP4**).

Permettant de suivre les diverses espèces de la liste DCSMM en même temps que leur communauté ichtyque globale et les différentes guildes écologiques de poissons avec lesquelles elles peuvent interagir, cette approche pourrait contribuer au descripteur 1 (**D1C2**, **D1C4**, **D1C5**) et tout particulièrement au descripteur 4 (**D4C1**, **D4C2**). Elle convient par ailleurs tout à fait pour rendre compte de la présence d'espèces exotiques et de leur évolution temporelle ou spatiale (**D2C1**, **D2C2**). Par ailleurs, on peut aisément y intégrer les céphalopodes tels que poulpes, seiches ou calmars.

## Missions de recensement Fish Watch : modalités d'animation

### Organisation préalable

Classiquement, l'organisation des voyages Bio Sous-Marine (BSM) à l'étranger repose sur un partenariat avec un voyageur plongée, qui organise et négocie les conditions commerciales avec les prestataires réceptifs (plongée, hôtellerie) et aériens. Mais il faut en préalable avoir défini les objectifs et approches scientifiques au regard du potentiel du lieu, ce qui suppose notamment des échanges étroits avec le centre de plongée local.

### Communication

Les missions Fish Watch font partie du programme de Voyages BSM de l'association Peau-Bleue. Elles sont ainsi annoncées dans la presse plongée et sur le site web de Peau-Bleue, par le voyageur partenaire et par courriel auprès des membres de Peau-Bleue et des anciens voyageurs BSM.

### Coût d'organisation et animation

La gestion de l'organisation, de la communication, des inscriptions et des partenariats scientifiques, ainsi que l'encadrement scientifique sur place, nécessitent quatre à six semaines de travail selon la durée de la mission et la complexité des partenariats locaux.

## Focus sur l'encadrement de terrain

Les plongeurs participant à ce type de voyage n'ont pas forcément des connaissances préalables en biologie marine. Le début de la mission, consacré à la formation, délivre les éléments de connaissance (« boîte à outils ») nécessaires à la réalisation de la mission, notamment les compétences d'identification et la compréhension du protocole d'étude et de sa logique.

La formation comporte diverses étapes :

- Raisonner et discuter : à quoi sait-on que l'on connaît un poisson (ou pas) ?
- Apprendre à sélectionner des critères d'identification fiables et faciles à décrire.
- S'habituer à utiliser efficacement les guides d'identification.
- Se familiariser avec les caractères typiques des principales familles rencontrées dans la zone.

Le dernier point fait l'objet d'une approche progressive. Quelques familles posant peu de problèmes sont abordées tout d'abord ; leur recensement peut débuter dès la plongée suivante sur site. Puis, jour après jour, on étudie les critères d'identification de nouvelles familles jusqu'à ce que toute la diversité ichtyologique des lieux ait été abordée. En Indonésie ou aux Philippines (ichtyodiversité atteignant 350 à 400 espèces par site), ce processus peut durer 6 à 8 jours.

En règle générale, une première plongée a lieu sur le site de suivi dès le premier ou deuxième jour afin de familiariser les plongeurs avec les lieux, mais aussi de décider avec eux du choix, de la définition et de la délimitation des divers habitats retenus pour l'étude.

Pour le recensement proprement dit, les observateurs Fish Watch plongent en binômes et explorent librement les milieux ou habitats étudiés, listant sur une ardoise sous-marine les espèces rencontrées et, dans la mesure du possible, l'estimation de leur indice de présence.

En fin de journée, le travail de vérification des se fait en binômes et en équipe, avec le soutien des scientifiques de Peau-Bleue et des plongeurs les plus expérimentés. Chaque binôme établit ensuite son tableau des observations du jour. Les données des différents binômes sont enfin saisies sur un tableau commun.

Périodiquement, des réunions de synthèse permettent de mettre à jour les listes d'espèces et de discuter des indices de présence à leur attribuer (l'indice de présence de chaque espèce dans chaque habitat se construit progressivement au fil des observations).

### S3d- Protocole Micro/Macro-habitat

#### *Approche individu-centrée des préférences d'habitat des poissons*

Ce protocole conçu par Patrick Louisy dans le cadre d'une comparaison éco-éthologique entre espèces de Blenniidae (Louisy 1983) a été réutilisé depuis dans divers travaux scientifiques (La Mesa & al. 2002). Il a démontré son applicabilité dans un contexte de science participative, notamment pour analyser les modalités de partage de l'habitat au sein d'une guildes écologique : Syngnathidés dans les lagunes méditerranéennes (Louisy & Bérenger 2015), Mérous en Méditerranée Orientale (Louisy & al. 2007), poissons végétariens du lac Tanganyika (non publié).

#### • Le cadre d'application du protocole

**Structure porteuse :** Association Peau-Bleue. Encadrants : Patrick Louisy et, dans certains cas, des plongeurs bénévoles formés et expérimentés.

**Publics :** Plongeurs autonomes habilités à plonger en binômes dans la zone des 20 m (niveau 2 FFESSM), occasionnellement randonneurs palmés.

#### • Le protocole

**Objectifs :** L'objectif de ce protocole est de « quantifier » au mieux les caractéristiques de l'environnement proche d'un individu de l'espèce étudiée en estimant de manière semi-quantitative (ou qualitative ordonnée) une série de variables décrivant l'habitat (topographie, couverture vivante,...) et la façon dont le poisson se positionne dans ce contexte.

Ces données permettent des comparaisons statistiques entre les préférences d'environnement des différentes espèces, dans différentes régions et différents milieux, notamment lorsque se pose la question de la manière dont un groupe d'espèce se partage les ressources de son environnement.

**Protocole :** Le protocole Micro/Macro-habitat est une approche « individu-centrée », dans laquelle c'est en quelque sorte l'individu observé qui échantillonne lui-même les potentialités écologiques de son espèce. Les variables descriptives de l'habitat sont relevées à **deux échelles spatiales** :

- L'échelle ponctuelle, ou **Micro-habitat**, est l'environnement proche de l'animal (par exemple un cercle de 20 cm de rayon pour les Syngnathidés, mais ce rayon varie selon les espèces à étudier).
- L'échelle locale, ou **Macro-habitat**, donne une vision plus large de l'environnement global du poisson (par exemple sur un rayon de 1,50 m).

Les **variables à estimer** peuvent varier dans une certaine mesure selon les types d'espèces étudiées et les questions posées. En règle générale, on s'intéresse aux variables décrivant :

- Le poisson lui-même (espèce, taille, sexe)
- Son comportement (déplacement, activité, grégarisme...)
- La nature du substrat (roche, cailloux, sable...) et sa topographie (pente, concavité-convexité, irrégularités de surface, cavité...)
- La couverture biologique du substrat (éléments dominants, secondaires...).

Pour être correctement analysables (par des méthodes multivariées : analyse des correspondances, analyse discriminante,...), les données doivent être assez nombreuses (au moins 30 à 50 individus par espèce) et relativement équilibrées (entre espèces, entre grands types d'habitats,...).

**Liste d'espèces de référence :** Ce protocole s'applique en général à un nombre relativement restreint d'espèces (espèces proches ou en interaction, guildes écologique...), mais on peut aussi imaginer l'appliquer à toutes les espèces d'un peuplement donné.

**Spécificités du protocole :** Dans la mesure où chaque rencontre d'un individu est porteuse d'informations analysables, ce type de protocole « individu-centré » est très avantageux pour étudier les conditions d'habitat d'espèces peu abondantes (à faible probabilité d'occurrence).

Le fait de travailler à deux échelles (micro et macro-habitat) permet aussi d'aborder la question de la sélection par les animaux de conditions de micro-environnement spécifiques (micro-habitat) parmi les potentialités offertes par le milieu (mesurées par le macro-habitat).

- **Intérêts potentiels du protocole pour la DCSMM**

Le protocole Micro/Macro-habitat ne traite que de la relation à l'habitat. Il est spécialement pertinent pour les espèces à faible probabilité d'observation (qui ne peuvent pas être étudiées en termes d'abondance) ou pour les guildes d'espèces proches.

Sous-régions marines : SRM1 à 4.

Le protocole Micro/Macro-habitat est potentiellement applicable dans tout milieu aquatique accessible à l'observation, sur toutes les côtes françaises.

Sous-programmes : SP2, SP3.

Centré sur la relation physique et comportementale des individus à leur environnement, ce protocole s'applique dans tout habitats benthique côtier : roche, herbier ou substrats meubles.

Descripteur 1 (biodiversité)

**D1C4-D1C5 :** Le protocole Micro/Macro-habitat permet de suivre, chez des espèces à faible probabilité d'observation, leur distribution spatiale au sein des milieux qu'elles fréquentent. Il permet aussi d'analyser finement les conditions d'habitat qui leur sont offertes.

Descripteur 4 (écosystèmes et réseaux trophiques)

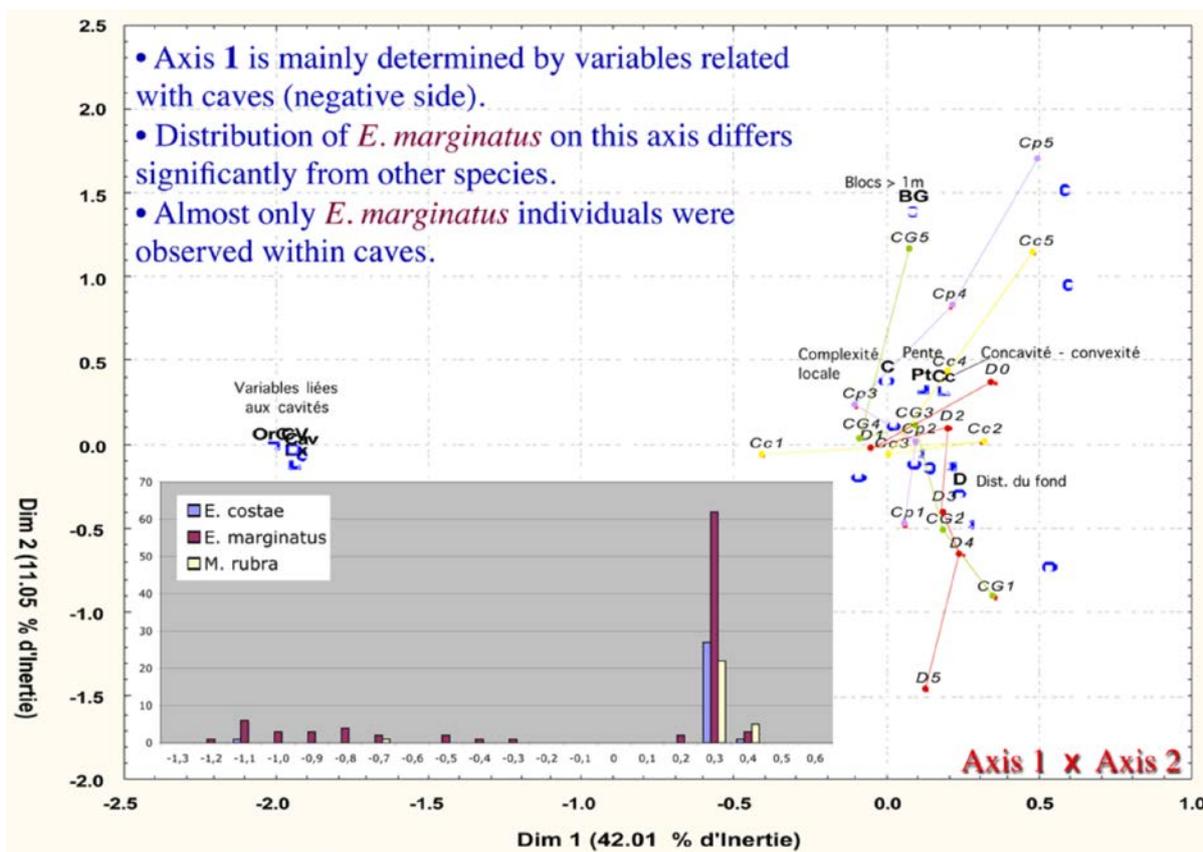
**D4C1 :** Ce protocole Micro/Macro-habitat permet aussi de caractériser la diversité écologique d'une guildes trophique en relation avec la structuration de l'habitat.

- **Comment les mérous se partagent l'habitat à Kas : une approche multivariée**

Cette étude a été réalisée à Kas (sud-ouest de la Turquie) lors d'un voyage Bio Sous-Marine en 2004 (Louisy & al. 2007). Il s'agissait, à l'aide du protocole Micro/Macro-habitat, de comparer et préciser les préférences d'habitat des espèces de mérous qui cohabitent dans les milieux rocheux. Au total, les observations ont permis de rassembler des données d'habitat sur 90 mérous bruns (*Epinephelus marginatus*), 29 badèches (*E. costae*) et 28 mérous royaux (*Mycteroperca rubra*).

**Analyse factorielle des correspondances** (la variabilité des données est-elle interprétable en termes de différences entre espèces ?)

Cette analyse permet de déterminer les associations de variables qui rendent le mieux compte de la variabilité des données d'habitat (voir **figure S13** : répartition des variables dans le plan des deux premiers axes). On peut ensuite tester leur signification statistique en termes de séparation des espèces.



**Fig. S13** – Répartition des variables dans le plan des axes 1 et 2 de l’AFC ; histogramme de répartition des points-individus des 3 espèces le long de l’axe 1.

Sur l’axe 1, on peut conclure que le mérou brun diffère significativement des deux autres par sa fréquentation marquée des cavités. L’axe 2 illustre la variabilité topographique des fonds rocheux de Kas sans mettre en évidence de différences entre espèces. Sur l’axe 3, le mérou brun est associé aux contextes exclusivement rocheux tandis que la badèche est plutôt associée aux fonds mixtes de roche et sable.

#### **Analyse discriminante** (quelles sont les variables qui différencient le mieux les espèces ?)

De cette autre approche multivariée, on peut conclure que les micro-habitats des trois mérous diffèrent principalement pour quatre variables : distance du fond, profondeur, présence de cavités, présence de sable.

#### • Intérêts du protocole dans la perspective DCSMM : discussion

Dans le cadre de la DCSMM pour les poissons côtiers, le protocole Micro/Macro-habitat présente probablement plus d’intérêt pour le volet connaissance que pour la surveillance ou le suivi.

Cependant, cette approche « individu-centrée », qui ne nécessite pas de recenser les individus en grand nombre, peut apporter une réponse à la question des préférences d’habitat pour des espèces peu abondantes et donc rarement observées en général par les méthodes visuelles conventionnelles (hippocampes, mérous, grands labres, gobies, poulpes, seiches...). Elle pourrait représenter la seule

approche raisonnable pour étudier et suivre, chez certaines d'entre-elles, la distribution spatiale au sein des milieux qu'elles fréquentent (**D1C4**) et les conditions d'habitat qui leur sont offertes (**D1C5**).

On peut noter que cette approche permet une analyse fine des préférences d'habitat par rapport aux méthodes quantitatives habituelles « habitat-centrées » (qui consistent à compter les poissons dans des zones d'habitat supposé homogène), qui prennent difficilement en compte les ségrégations de micro-habitats au sein de ces grandes zones.

Moyennant une formation et un encadrement adaptés, le protocole Micro-Macro-habitat est tout à fait utilisable dans un cadre de science participative, notamment au sein d'une communauté locale de contributeurs. Il a été mis en œuvre soit dans des programmes locaux animés (Hippo-THAU\*), soit à l'occasion de missions encadrées (Voyages Bio Sous-Marine). Pour ces deux types de programmes participatifs, les modalités et contraintes d'organisation, communication, animation réseau et encadrement de terrain ont déjà largement été détaillées plus haut. Des outils spécifiques d'aide à l'observation ont été conçus pour chaque programme : critères d'identification des espèces, liste des variables retenues, schémas explicitant le codage des différentes classes de certaines variables.

\* Le protocole Micro/Macro-habitat a notamment été utilisé en routine dans les programmes participatifs d'étude des préférences d'habitat au sein de la guilde des Syngnathidés (dont les hippocampes), en particulier en milieu lagunaire (lagune de Thau, bassin d'Arcachon...). Une version modifiée, le protocole photographique Hippo-HABITAT, a été mise au point pour permettre son utilisation par des plongeurs sans besoin de formation préalable (voir Louisy 2012).



**Fig. S14** – Les espèces de mérous étudiées à Kas : **hg** badèche, *Epinephelus costae* ; **hd** mérou brun, *Epinephelus marginatus* ; **bas** mérou royal, *Mycteroperca rubra*. © Patrick Louisy / Peau-Bleue