



## FHUVEL – Rapport final

**Caractérisation de la fréquentation littorale et détermination d'indicateurs de vulnérabilité écologique pour définir des modes de gestion durable – Cas de la bande littorale du Parc national des Calanques**

**Characterization of the frequentation in the coastal band and determination of ecological vulnerability indicators to define sustainable modes of territorial management – the case of the littoral cost of the “Calanques” national park**

Thierry TATONI

Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie

Lidwine LE MIRE-PECHEUX

Parc national des Calanques

N° de contrat : L.12-0007180, L.12-0007181, L.12-0007182, L.12-0007183, L.12-0007184

Date de notification du contrat : 30/12/2009

Date de remise du rapport final : 20/12/2013

## Sommaire

<i>Rapport scientifique</i> .....	3
1. Contexte général.....	3
2. Les objectifs du programme et résultats attendus .....	6
3. La méthodologie .....	7
3.1 Les modèles biologiques, usages et sites étudiés.....	7
3.2 Caractérisation de la fréquentation.....	11
3.3 Caractérisation biologique et écologique des modèles écologiques .....	23
3.4 Caractérisation des effets des contraintes environnementales et des perturbations sur les modèles biologiques.....	26
4. Analyses et résultats : vers une synthèse interdisciplinaire .....	31
4.1 Caractérisation de la fréquentation.....	31
4.2 Caractérisation écologique et biologique des modèles écologiques et des contraintes environnementales.....	40
4.3 Présentation des indicateurs retenus pour la synthèse interdisciplinaire .....	54
4.4 Caractérisation des sites au regard des indicateurs .....	61
5 Conclusion et retombées pour la gestion .....	64
5.1 - Propositions concrètes pour les gestionnaires du site .....	64
5.2 - Perception et appropriation des résultats par le Parc national des Calanques .....	66

# RAPPORT SCIENTIFIQUE

Note à l'attention du lecteur

Les précisions sur les méthodes utilisées et sur les résultats plus spécifiques liés à chaque discipline sont développées dans les 4 annexes au rapport : « volet écologie terrestre », « volet écologie marine », « volet sociologie » et « volet économie ».

**Titre du programme** : Caractérisation de la fréquentation littorale et détermination d'indicateurs de vulnérabilité écologique pour définir des modes de gestion durable – Cas de la bande littorale du Parc national des Calanques

**Programme LITEAU** : FHUVEL (Fréquentation Humaine et Vulnérabilité Ecologique du Littoral)

Nom du responsable scientifique du programme : TATONI Thierry (IMBE)

Nom du responsable de coordination du programme : LE MIRE-PECHEUX Lidwine (PN Cal)

**Noms des autres partenaires scientifiques bénéficiaires** : BARTHELEMY Carole (LPED), CLAEYS Cecilia (LPED), AMI Dominique (GREQAM), BONHOMME Patrick (GIS Posidonie), FRACHON Noémie (GIS Posidonie), HARMELIN Mireille (MIO), BOUDOURESQUE Charles-François (MIO), BONHOMME Denis (GIS Posidonie), NERINI David (MIO), ASTRUCH Patrick, ROUANET Elodie, GOJJARD Adrien, RUITTON Sandrine (MIO), DUMAS Pierre-Jean (IMBE), AFFRE Laurence (IMBE), DUMAS Estelle (IMBE), DE SAINT MARTIN Thibault, PEREZ Thierry (IMBE), YAO Anne-Françoise (MIO).

Stagiaires et prestataires :

**Stagiaires en écologie marine** : BRICOU Romain, BORROCO Sylvia, FRACHON Noémie, MARTIN Julia, SCHOHN Thomas

**Stagiaires en sociologie** : BAYLE Séverine, MATHIEU Ségolène

**Doctorat en écologie terrestre** : Pierre-Jean DUMAS

**Bureau d'études sociologie** : C2PSY LIZEE Cécile, GENEYS Cyril

## 1. Contexte général

Les facteurs historiques, écologiques, biologiques et anthropiques - et leur variation - représentent un "assemblage d'influences" notoire qui sans cesse modifie la distribution et l'abondance des espèces. Depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, un constat bien réel met en évidence que la majorité des régressions et des extinctions locales d'espèces s'avère d'autant plus importante dans les zones où la pression anthropique s'est fortement intensifiée.

Dans ce contexte, le **pourtour méditerranéen** représente une région floristique exceptionnelle qui correspond à 10% de la biodiversité végétale mondiale pour 1.6% de la surface terrestre - ceci associé à un fort taux d'endémisme. A noter aussi que la flore des îles méditerranéennes constitue une part importante de la diversité végétale méditerranéenne, les grandes îles présentant un taux d'endémisme entre 7 et 13%. Les communautés benthiques marines de Méditerranée de substrat dur, quant à elles, montrent aussi une grande biodiversité. Parmi ces communautés, le coralligène

méditerranéen avec plus de 1600 espèces identifiées et une grande complexité structurale est considéré comme un « hot spot » de biodiversité.

Cependant, du fait de changements environnementaux et anthropiques, cette formidable biodiversité méditerranéenne subit de dramatiques bouleversements comme la perte considérable des espèces endémiques/rares, l'homogénéisation des paysages et des modifications d'assemblages d'espèces par une généralisation des espèces de friche et introduites à caractère envahissant.

En effet, les points chauds du pourtour méditerranéen, qui s'avèrent de plus en plus importants dans les milieux de basse altitude et littoraux, sont la croissance démographique humaine et l'envol du tourisme balnéaire (flux de populations ponctuellement multipliés par 3). L'urbanisation qui en découle entraîne des changements d'occupation du sol (déprise agricole, augmentation des aires forestières), et des pollutions d'origine anthropique (émissions toxiques de composés organiques à partir des industries, du trafic maritime, des stations d'épuration et de composés inorganiques provenant des industries).

L'approche interdisciplinaire de ce programme focalise sur le **littoral provençal**, en particulier sur le territoire du Parc national des Calanques créé en 2012 et qui représente le premier Parc national Péri-urbain d'Europe.

La réforme juridique du 14 avril 2006 vise à relancer la dynamique de **création de Parcs nationaux** français en introduisant « *plus de démocratie dans le fonctionnement des parcs nationaux, plus d'adhésion dans la définition de leur périmètre, plus de respect pour le maintien des traditions et usages locaux* » (Giran 2008 p.3). La réforme porte sur trois points centraux : la délimitation du périmètre de parc, les processus de décision et la définition des objets à protéger. En créant les notions de cœur de parc et d'aire d'adhésion, la loi introduit un gradient non nécessairement concentrique dans le niveau de protection et les contraintes concomitantes. Les processus de décision pour leur part s'inscrivent davantage dans les principes de la démocratie participative, en particulier lors des phases de création et de révision des chartes des PNF, soumises à concertation. Enfin, le passage d'une protection qui ne se limite plus seulement aux « espaces naturels sensibles particulièrement remarquables » (loi du 22 juillet 1960), mais s'étend plus largement à « un riche patrimoine naturel, culturel et paysager » (loi du 14 avril 2006) marque la volonté d'une articulation entre patrimoine naturel et culturel. Le Parc National des Calanques (PNCa) est le premier de cette nouvelle génération de PNF. Ce projet endosse à bien des égards un statut de précurseur.

Outre le cadre juridique nouveau, il s'agit aussi du premier Parc national français situé aussi près d'une agglomération de grande taille, et du premier parc littoral incluant des espaces terrestres et marins. Le massif littoral des Calanques situé entre Marseille et Cassis est limitrophe, sinon imbriqué, à une métropole de près de deux millions d'habitants qui de longue date ont fait de ce massif un terrain de jeu privilégié (Massena-Gourc 1994).

Le **processus de concertation** initié en 2007 et qui a abouti à la création du PNCa le 18 avril 2012 n'a cependant pas pris naissance sur un terrain vierge de tout débat. Depuis plusieurs décennies différents regroupements d'usagers du site ont exprimé la volonté de protéger le massif des Calanques, notamment des structures historiques telles que les Excursionnistes Marseillais et le Club Alpin Français. Dès les années 1970, l'idée de la création d'un Parc Naturel des Calanques avait été formulée par le Maire de Marseille, Gaston Defferre, demande alors refusée par les instances ministérielles.

Le programme de recherche coordonné par Valérie Deldreuve et Philippe Deboudt (2012) dans le cadre de l'APR Concertation Décision Environnement (CDE) a développé une analyse de ce processus de concertation et de ses soubassements historiques. Les auteurs soulignent les clivages

sociaux et culturels importants parmi les protagonistes de la concertation qui, en lieu et place de la co-construction d'un projet consensuel, a peu ou prou exacerbé les conflits d'usages et de représentations préexistants. L'originalité des analyses développées par l'équipe coordonnée par Deldreuve et Deboudt est une problématisation en termes d'inégalités écologiques. De ce point de vue, il s'agit d'interroger le rôle de la création d'un Parc National dans le maintien, sinon le renforcement, des inégalités sociales caractéristiques de l'accès à la nature. Pour ce faire, les auteurs ont mis en regard le processus de concertation avec une analyse de plusieurs usages caractéristiques du site particulièrement marqués d'un point de vue social et culturel : la chasse terrestre et sous-marine et l'escalade, ainsi que la tension entre « jeunes » de la Cayolle (Quartier populaire riverain du massif) et cabanoniers de la calanque de Sormiou, toute proche. L'un des résultats est que la configuration de l'espace public autonome et des différentes scènes de la concertation concourent à expliquer celle des enjeux qui y ont été débattus (essentiellement résidentiels et récréatifs). Elle éclaire aussi la prégnance de principes de légitimité, comme la tradition, et de justice, tel le mérite, qui justifient le traitement différencié des pratiques sans jamais être mis en débat.

Privilégiant une « entrée » par acteurs, ce travail n'avait cependant pas pour ambition de produire une analyse générale de la fréquentation du Massif des Calanques. Le dernier travail d'ampleur concernant la fréquentation des Calanques remonte aux travaux coordonnés par Massena-Gourc (1994), qui bien que faisant encore référence, nécessitent une actualisation qualitative et quantitative. En effet, les études de fréquentation des littoraux et des îles qui se sont particulièrement développées au cours de ces dernières décennies (Le Corre et al. 2012) ne se sont pas saisies du territoire marseillais. L'Université brestoise particulièrement active dans le domaine (notamment dans le cadre des APR LITEAU précédents, projets BOUNTiles), a développé un protocole d'observation original associant enquêtes de terrain, analyse d'images (Photographies, Vidéo, ...) et SIG, mis en œuvre sur le littoral atlantique et dans les îles d'Hyères (Var). Toutefois, les auteurs soulignent le caractère couteux et chronophage de leur protocole qui limite sa reconduction et son transfert (Brigand et al. 2008, Le Corre et al. 2012). Relevant cependant l'intérêt scientifique et la demande gestionnaire de pérenniser les études de fréquentation, l'équipe brestoise est à l'origine de la création du jeune Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Fréquentation, Usages et Gouvernance des aires marines protégées.

Ce programme portera précisément sur le **massif des Calanques, les îles du Frioul et de Riou**, qui constituent alors un des exemples phares des espaces sensibles et méritent une attention très forte au regard de leur intérêt socio-économique et de leurs particularités écologiques uniques liées à une adaptation aux stress abiotiques (vents violents, salinité et sécheresse extrêmes, quasi-absence de sol) et à un hydrodynamisme complexe.

Ces espaces naturels représentent un bon modèle des paradoxes du littoral méditerranéen où deux faits « contradictoires » s'observent : (i) les formations végétales littorales sont remarquables et originales de part leur taux d'endémisme et/ou de rareté, de même pour les biocénoses marines à forte diversité et productivité, et elles bénéficient de reconnaissances à différents niveaux<sup>1</sup>, (ii) pourtant, leurs habitats et les espèces elles-mêmes sont soumis à une forte pression anthropique, de manière quasi-exponentielle, en étant insérés dans un tissu urbain de près de 1,5 millions

---

<sup>1</sup> Z.N.I.E.F.F - site classé - sites Natura 2000 - Réserve Naturelle Nationale - Sites Naturels Protégés du Conservatoire du Littoral - Espace Naturel Sensible – Plan d'action pour la conservation du coralligène - proposés en espace du futur Parc National des calanques

d'habitants et dans une région (PACA) qui devra loger 1 million de personnes dans les 50 prochaines années.

Le littoral des Calanques, l'archipel de Riou et les îles du Frioul représentent en effet un fort attrait touristique et une valeur économique incontestable. Ces sites, permettant l'accès à des loisirs de pleine nature à 1,5 millions d'usagers urbains et périurbains, sont un emblème de nature dans la ville et aux portes de la ville. Cette bande littorale incarne alors à elle seule la qualité de vie des cabanoniers, un terrain de jeu ludo-sportif où se côtoient de multiples usages dont la promenade (associée à la baignade), la randonnée, l'escalade, la plaisance et la plongée sous-marine sont les activités de loisir dominantes pratiquées toute l'année mais qui connaissent un pic de fréquentation estival très marqué.

Cette pression anthropique se caractérise ici par (i) une importante fréquentation pouvant engendrer des effets néfastes sur les habitats terrestres (piétinement répété) et sur les habitats marins (ancrage sur l'herbier de *Posidonia oceanica*, contacts sur le coralligène de paroi), (ii) des pollutions notoires (ordures, décombres-gravats, scories industrielles...) et diffuses (sols et embruns pollués). Ces pressions représentent des cumuls de contraintes pour la grande majorité des espèces entraînant, à terme, une destruction quasi-irréversible des habitats littoraux. Mais aussi, la forte fréquentation de certains sites littoraux par les promeneurs, les plaisanciers ou les plongeurs peut en réduire l'attrait.

A l'évidence, des seuils de tolérances sociale et écologique existent. Au-delà de ces seuils, la valeur d'agrément est réduite et des impacts biologiques peuvent être significatifs.

Les **gestionnaires du site** sont en effet conscients du dilemme entre la protection d'un patrimoine naturel terrestre et marin exceptionnel mais fragile, et le développement soutenu des usages de ce patrimoine. Les demandes exprimées des gestionnaires aux chercheurs portent sur le choix d'indicateurs pertinents et pas trop onéreux, qui ne se basent pas uniquement sur des critères scientifiques mais qui essaient de considérer aussi le volet « perception du public » dans sa globalité, pouvant faire émerger la « saturation psychologique » de l'usager/touriste, d'intégrer une étude « comportementale » des usagers in situ en plus des entretiens et enquêtes, d'avoir les tendances d'évolution des usages. Il s'agit au final, et notamment pour le Parc national des Calanques récemment créé dans un contexte social complexe, de mieux connaître la population d'usagers du territoire pour mettre en place des dispositifs de gestion des milieux naturels adaptés aux réalités de fréquentation, de comportement individuel, de perception des usagers et de leurs attentes.

## 2. Les objectifs du programme et résultats attendus

Les objectifs du programme sont de répondre (i) à une demande sociétale complexe : comment gérer durablement, dans le cadre d'un parc national péri-urbain, un patrimoine naturel littoral fragile et exceptionnel, soumis à des contraintes environnementales liées d'une part au stress naturels (salinité, sécheresse, peu de sol) et d'autre part à des perturbations anthropiques (forte pression de fréquentation et de pollutions diverses) ? (ii) à une problématique scientifique interdisciplinaire : comment identifier des indicateurs de vulnérabilité du littoral pour détecter le seuil de tolérance de fréquentation pour assurer à la fois le "bien être" des personnes et le bon état écologique des milieux naturels littoraux ?

Le programme vise à développer une méthodologie interdisciplinaire pour évaluer la vulnérabilité des systèmes écologiques remarquables littoraux et pour identifier les facteurs responsables de cette vulnérabilité afin de hiérarchiser les priorités de conservation, voire de restauration. Ainsi,

FHUVEL propose l'indispensable mise en relation, par des **croisements d'indicateurs**, de données biologiques de sites précis avec des données de fréquentation et d'usages en vue de **l'identification de seuils de tolérance** en sociologie et écologie et d'approcher des indicateurs de capacité de charge.

Les réponses escomptées, à l'échelle des sites ateliers, sont des contributions concrètes au service de l'élaboration d'outils de gestion et **d'aide à la décision** au sein du territoire du Parc National des Calanques pour aider les gestionnaires à définir des modes potentiels de gestion qui tiennent compte à la fois des usages, des représentations sociales et de la nécessaire protection de la nature.

### 3. La méthodologie

#### 3.1 Les modèles biologiques, usages et sites étudiés

**Trois habitats littoraux méditerranéens** emblématiques du Parc national des Calanques ont été choisis : les phryganes (formations végétales du littoral), le coralligène de paroi (communauté d'espèces du substrat dur sous-marin) et l'herbier à *Posidonia oceanica* (formation végétale sous-marine). En plus de leur intérêt en termes de biodiversité, de fortes valeurs patrimoniales et de pressions, ces modèles d'écologie sont particulièrement bien représentés dans la zone d'étude (littoral et archipels marseillais).

La vulnérabilité écologique, définie comme une perte avérée de biodiversité ou l'imminence d'une perte du fait d'une menace précise, peut être analysée selon trois dimensions, (i) l'exposition, (ii) l'intensité et (iii) l'impact des contraintes environnementales sur les communautés et/ou les espèces. Evaluer la vulnérabilité requiert la quantification des menaces qui pèsent sur les écosystèmes et/ou les espèces en établissant notamment un état des lieux des caractéristiques écologiques et biologiques à différents niveaux d'organisation.

Ainsi, les mesures biologiques des habitats retenus visent à déterminer leur état de conservation, leur dynamique, vitalité, etc. Les mesures des contraintes environnementales et anthropiques exercées sur les habitats concernent, (i) pour la phrygane la composition chimique des polluants marins déposés sur les plantes et le sol par les embruns, la caractérisation du stress hydrique, la compétition entre espèces et (ii) pour les habitats marins, la caractérisation de la fréquentation maritime : temps des bateaux passés au mouillage, leur densité, le nombre de rotations, le type de bateau, les parcours des palanquées, etc.. Les croisements entre les mesures biologiques et celles des contraintes permettront de mieux comprendre les mécanismes écologiques et écophysiologiques et d'identifier des indicateurs de vulnérabilités écologiques.

**Trois usages associés** à ces habitats ont été retenus : l'activité de promenade/randonnée relative aux phryganes, l'activité de plaisance relative aux herbiers de posidonie par l'ancrage et l'activité de plongée relative au coralligène par les contacts. Les analyses socio-économiques visent à déterminer les représentations sociales, les caractéristiques des usagers et leurs pratiques dans ces espaces naturels, de définir le rapport homme/nature, d'estimer monétairement la valeur des bénéfices directs générés par les usages et surtout la valeur des bénéfices non marchands, les préférences et la substituabilité des sites. Il s'agit pour les Sciences Humaines et Sociales de dérouler le complexe enchevêtrement des enjeux sociaux, culturels, économiques, politiques et scientifiques en vue de caractériser la fréquentation littorale. Les méthodes utilisées pour caractériser les 3 catégories d'usagers sont celles d'une approche qualitative par entretiens semi-

directifs, suivie d'une analyse des discours et une approche quantitative par questionnaires socio-économique. Le traitement des données recueillies par questionnaires permet en particulier d'estimer la valeur économique associée aux usages récréatifs, de différents sites, en mobilisant la méthode des coûts de déplacements.

**Trois sites ateliers** ont été définis au sein du territoire du Parc national des Calanques, caractérisés par leur forte fréquentation humaine et la bonne représentativité des modèles écologiques (Figure 1) : le site atelier du littoral ouest comprenant le site du massif de Marseilleveyre entre le Mont-Rose et la calanque de Marseilleveyre en lien avec les phryganes et le site des pharillon proche de l'île Maire en lien avec le coralligène, le site atelier de la calanque de Sormiou en lien avec l'herbier de Posidonie et le site atelier du Frioul en lien avec les trois habitats (Tiboulou de Frioul pour le coralligène, Anse du souffre pour l'herbier à posidonie, Pomègue pour les phryganes).

D'un point de vue du foncier, le site du littoral ouest est majoritairement propriété du conseil général des Bouches-du-Rhône, sauf le Cap croisette et les Goudes qui sont propriétés de Sociétés Civiles Immobilières. L'archipel du Frioul est propriété de la ville de Marseille, dont la rétrocession au conservatoire du littoral est prévue en 2014.

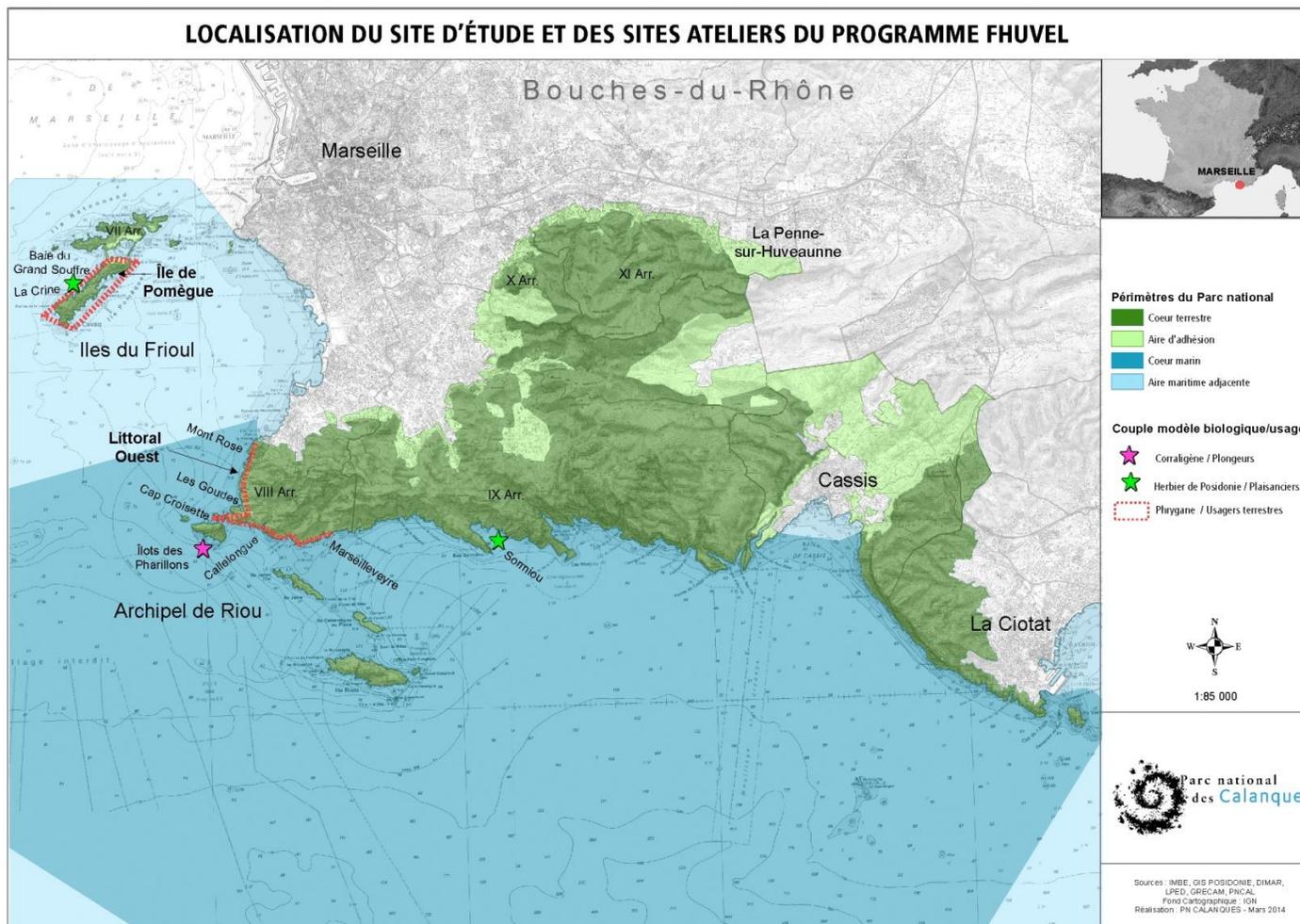


Figure 1 - Localisation du site d'étude et des sites ateliers

**CARACTERISATION DE LA FREQUENTATION**

**Economie**

**VALEUR DES SERVICES RENDUS  
PAR LE LITTORAL**  
Activités récréatives

Méthode : enquête quantitative  
4 Sites

**Sociologie**

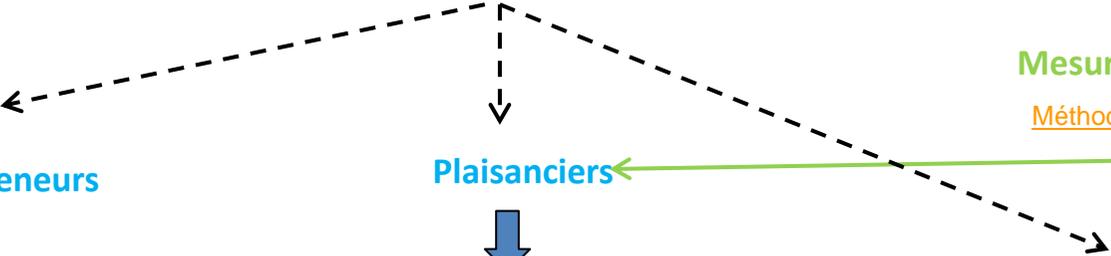
**REPRESENTATIONS**

Fréquentation, patrimoine naturel, paysage et réglementations

Méthode : entretien semi-directifs + stimuli cartographiques  
5 Sites et clubs de plongée

**Mesure pression d'ancrage**

Méthode : photographie



**Promeneurs**

**Plaisanciers**

**Plongeurs**

**Mesure pression environnementale  
(pollution, compétition)**

Méthode : expérimentation

**HERBIER DE POSIDONIE**

Caractérisation de la vitalité p/r ancrage (9 var)  
2 sites-13 stations

**Ecologie marine**

**Ecologie terrestre**

**PHRYGANE**

Niche écologique, démographie et dynamique de 3  
espèces cibles  
6 sites

Méthodes : quatrat, transect, patch

**CORALLIGENE**

Caractérisation des gorgones et communautés p/r  
fréquentation (5 var)  
1 site

**INDICATEURS DE VULNERABILITE ECOLOGIQUE**



10

**Mesure pression de  
fréquentation des plongeurs**

Méthode : enquête de clubs

## 3.2 Caractérisation de la fréquentation

### 3.2.1 Approche qualitative : discours et perceptions

Il existe, en général, un décalage plus ou moins grand entre la lecture écologique et gestionnaire pensée en termes de nature à préserver et la lecture « profane » de cette même nature. L'enquête sociologique a donc pour objectif de comprendre ce potentiel décalage, en partant de l'analyse de ce que les usagers font, pensent et disent de ces milieux naturels afin de réfléchir à des modes de gestion « socio-naturels », qui tiennent compte à la fois des exigences « naturelles » et sociales.

Le volet qualitatif passe alors par l'analyse sociologique des usages et des discours relatifs aux calanques grâce à la méthode des entretiens semi-directifs accompagnés d'un stimulus cartographique et de l'observation directe. Les entretiens, réalisés auprès d'usagers terrestres, marins et subaquatiques des Calanques et des archipels de Marseille, ont été enregistrés à l'aide d'un dictaphone, retranscrits manuellement et analysés.

Animé et réalisé par les sociologues de l'équipe, ce volet a été construit dans une dynamique interdisciplinaire, depuis la construction de la grille d'entretien jusqu'à l'analyse des résultats.

#### a) La construction de la grille d'entretien

Afin de prendre en compte les questionnements des différentes disciplines impliquées et des partenaires gestionnaires, les sociologues de l'équipe ont mis à disposition un cahier de doléances. Les différentes demandes ont ensuite été reformulées par les sociologues afin d'établir une grille d'entretien répondant aux règles méthodologiques de l'enquête qualitative.

Un volet commun à tous les usagers porte sur :

- leurs représentations des calanques,
- la description et les motivations de leur visite,
- leur connaissance du projet de Parc National,
- leur avis sur le projet de parc,
- leur évaluation subjective de la fréquentation des calanques et leur opinion sur le sujet,
- leur connaissance de la faune et la flore,
- leur point de vue sur l'évolution dans le temps du site fréquenté.

Des questions spécifiques aux différents types d'usagers ont aussi été formulées :

La connaissance de la faune et la flore marines pour les usagers marins et de la faune et de la flore terrestres pour les usagers terrestres, avec un focus particulier sur les espèces étudiées par les écologues et océanographes de l'équipe : phryganes, herbiers de posidonie, coralligène.

Pour les plaisanciers :

- Leurs habitudes en termes de mouillage
- Leur perception du niveau de fréquentation du site de mouillage au moment même où l'entretien est réalisé
- L'enquêteur relève le point GPS où se trouve le bateau au mouillage, la taille du bateau et l'heure précise de l'entretien pour une mise en correspondance avec les données photographiques.

Pour les clubs de plongée :

- Leur politique en termes de formation et de sensibilisation de leurs plongeurs
- Leur usage et perception du site des Pharillons.

L'ensemble des entretiens est accompagné d'un stimulus cartographique (Figure 2). Concrètement, en cours d'entretien, l'enquêteur soumet à son interlocuteur un fond de carte comprenant le massif des calanques et la rade sud de Marseille. L'interviewé est alors invité à indiquer sur cette carte les informations suivantes :

Sites qu'il fréquente le plus

Sites qu'il fréquente le moins

Sites qu'il aime le plus

Sites qu'il aime le moins

Sites qu'il considère comme étant les plus fréquentés

Sites qu'il considère comme étant les moins fréquentés

Délimitation, selon l'interviewé, du périmètre du futur Parc National.

L'interviewé est invité à commenter chacun de ses choix.

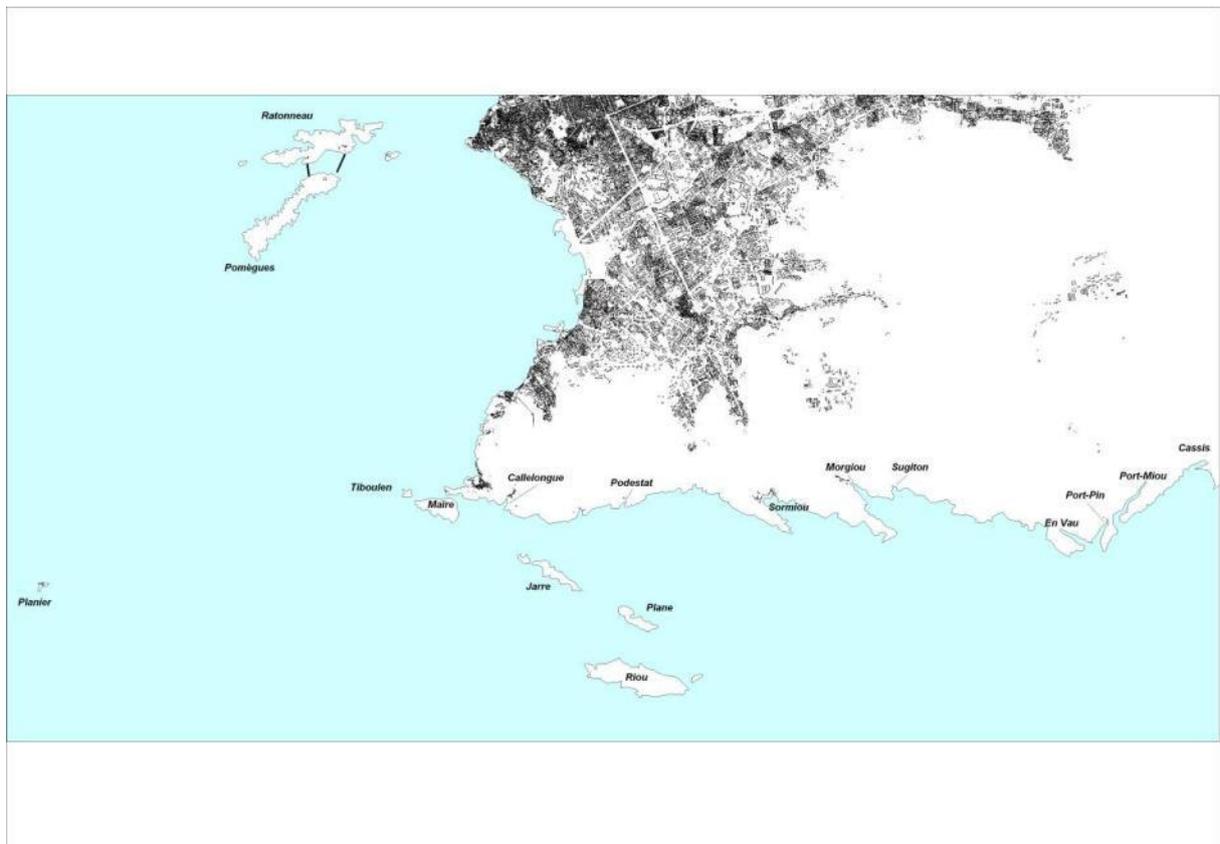


Figure 2 - Stimulus cartographique

Les grilles d'entretiens semi-directifs sont un outil d'investigation plus souple que le questionnaire. La réalisation de l'entretien demande de ce fait une grande faculté d'adaptation et de réactivité de la part de l'enquêteur afin que ce dernier respecte au mieux la logique argumentative de l'interviewé tout en le sollicitant sur l'ensemble des thématiques retenues. A ce titre, l'ordre des questions peut être modulé en fonction du déroulement de l'entretien. Certaines questions peuvent ne pas être explicitement posées si l'interviewé fournit spontanément les informations. L'enquêteur peut, en veillant à la neutralité de sa formulation et de son intervention, introduire des relances non prévues, s'il le juge nécessaire au regard du discours de l'interviewé.

## **b) La passation des entretiens**

Le recueil des données privilégie une approche sur site, hormis pour les plongeurs. Pour des raisons de faisabilité, il est en effet très difficile de pouvoir longuement interroger les plongeurs sur site. Les bateaux des clubs restent en effet sur site uniquement le temps de la plongée, pratique subaquatique peu propice à la réalisation de longs interviews. De ce fait, le choix est fait d'interroger les responsables des clubs dans leur locaux, afin d'avoir un panorama général de cette pratique. En revanche, plaisanciers et usagers terrestres ont été rencontrés sur site.

Les lieux d'enquête ont été déterminés suite à des visites de terrain regroupant les scientifiques et gestionnaires et dont l'objectif était le partage des connaissances. Les critères retenus pour identifier ces sites ateliers sont liés à l'interaction entre un fort intérêt écologique et un haut niveau de fréquentation.

En respect du protocole interdisciplinaire, les plaisanciers sont interrogés dans la calanque de Sormiou et dans l'anse du Souffre au Frioul, lorsqu'ils sont au mouillage et les usagers terrestres sont interrogés sur les sites du Mont Rose, des Goudes/Cap croisette et de Callelongue au départ des sentiers, en bord de mer et occasionnellement sur les parkings adjacents. A ce titre, les sites terrestres ont un statut de « portes d'entrée » du Massif ouvertes à des usages variés allant de la simple promenade digestive à un éventail d'activités sportives terrestres et aquatiques.

Afin de couvrir l'ensemble de la saison estivale, les entretiens sont réalisés au cours du printemps, de l'été et du début de l'automne. Pour pouvoir saisir la diversité des usages, les enquêteurs se rendent sur site à différents moments de la journée et de la soirée, en semaine, en week-end, en période de vacances et en période scolaire.

Les enquêtes terrestres sont réalisées à pied en 2010. Les enquêtes plaisanciers sont réalisées avec un petit zodiac (2010) puis avec un kayak (2011).

Notons que de telles enquêtes sur site sont inévitablement soumises aux contraintes météorologiques. Si les journées de pluies sont peu fréquentes dans la région, en revanche le vent dominant, le mistral, affecte très significativement les usages. Or, les étés 2010 et 2011 ont particulièrement été soumis à des périodes de mistral affectant la fréquentation des sites. Au niveau terrestre, les journées d'été les plus ventées impliquent, par application d'un arrêté préfectoral, à une limitation voire une interdiction totale d'accès au massif. Au niveau marin, la force du vent et la hauteur de la houle peuvent rendre la navigation difficile, voire dangereuse pour les usagers comme pour l'enquêteur.

Concernant les stimuli cartographiques, l'exercice a été apprécié dans des proportions diverses selon le type d'utilisateurs. Les entretiens plongeurs réalisés en intérieur se sont révélés plus précis et fructueux concernant cet exercice. Les plaisanciers ont aussi généralement bien adhéré à la démarche, notamment parce qu'ils sont, de par leur activité, davantage familiarisés avec l'outil cartographique. Les utilisateurs terrestres en revanche ont été plus hésitants, sinon réticents. À ce titre, l'enquêteur doit parfois réaliser un travail de traduction, en manipulant lui-même les feutres de couleur, sous contrôle, toujours, de l'interviewé qui nomme les lieux. Cette limite méthodologique reste acceptable du fait des objectifs alloués à cet outil cartographique. L'objectif ici n'est pas en effet de vérifier si l'interviewé sait lire une carte et reconnaître les lieux qu'il fréquente, mais d'avoir le géo-référencement des lieux qu'ils aiment, fréquentent, (logiciel Map info)... pour ensuite en tirer une analyse spatialisée des discours (logiciel R).

Cette aide technique de la part de l'enquêteur représente de ce fait un biais limité et contrôlable.

Au total, 125 entretiens ont été réalisés répartis en trois catégories pertinentes pour la discussion avec les chercheurs en sciences du vivant :

- 13 représentants de clubs de plongées,
- 44 plaisanciers (24 dans la Calanque de Sormiou et 20 au Frioul). Ces entretiens ont été géo-référencés (Figure 3),
- 68 promeneurs ou utilisateurs terrestres répartis entre 4 sites : 20 au Frioul et 16 pour chaque site au sein des Calanques (Mont-Rose, les Goudes/Cap croisette, Callelongue).

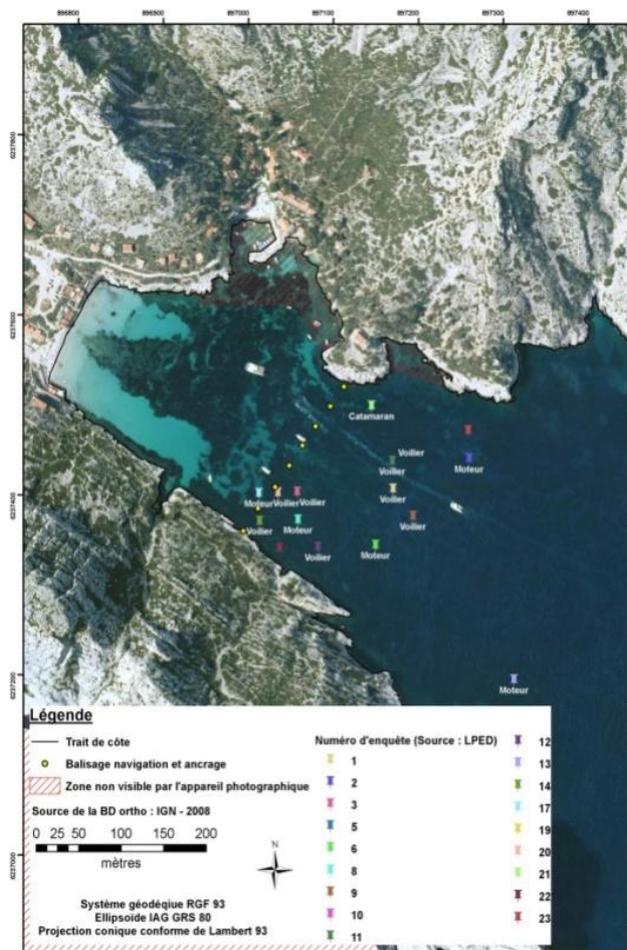


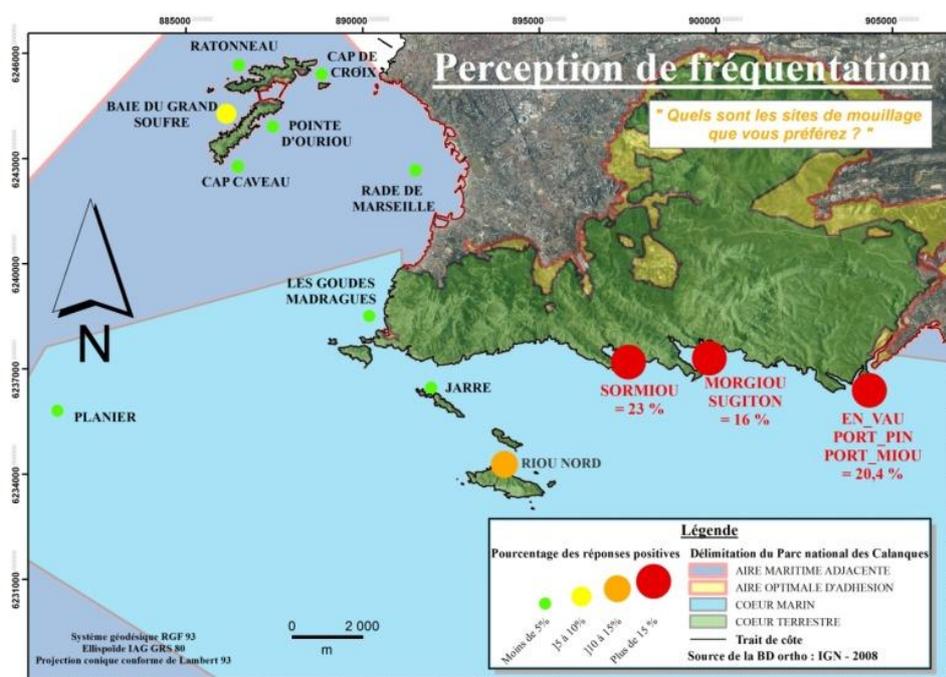
Figure 3 - Localisation des entretiens semi-directifs réalisés auprès des plaisanciers au mouillage à Sormiou

### c) Analyse sociologique et interdisciplinaires des données qualitatives

L'ensemble des entretiens est enregistré et retranscrit. Le texte obtenu est ensuite soumis à une analyse de discours classique incluant une analyse thématique et une analyse des logiques argumentaires. Cette analyse de discours inclut les commentaires formulés par les interviewés lorsqu'ils complètent les fonds de cartes. Le recours à l'entretien semi-directif permet d'identifier les champs lexicaux des usagers, leurs domaines référentiels et leurs logiques argumentatives. Le propre des discours vernaculaires est d'échapper à la logique formelle, recourant à ce que J.B. Grize (1993) nomme la logique naturelle. Ce concept rend compte de l'aptitude du langage ordinaire à restituer des argumentations plurielles permettant, contrairement à la logique formelle, de faire cohabiter chez un même individu des assertions antinomiques. Cette pluralité de la pensée sociale particulièrement exacerbée au sein du corpus de données ici recueilli amène à opter pour le recours à l'outil d'analyse classique formalisé par M. Weber, l'idéaltype. Rappelons que l'idéaltype au sens wébérien n'est pas un idéal en termes de valeurs, mais une reconstruction stylisée dont les traits saillants sont soulignés, permettant de dégager des caractéristiques épurées d'une situation

observée complexe. Il ne s'agit plus dès lors de répartir les individus ou les situations en catégories plus ou moins homogènes, mais de produire un modèle d'intelligibilité permettant la comparaison entre les situations et les individus par une mise en regard avec les idéaux-types.

Les cartes papiers sont numérisées et converties au format MapInfo. L'ensemble des réponses recueillies pour chaque type d'utilisateurs est alors agrégé sur des cartes thématiques, comme celle présentée ci-dessous.



Enfin, une mise en regard entre fréquentation objectivée par le suivi photographique géo-référencé et la fréquentation perçue exprimée lors des entretiens a été réalisée pour les plaisanciers. Un long et minutieux travail d'identification dans le corpus des données photographiques de chaque bateau interrogé lors de l'enquête par entretiens a ainsi permis de mettre en regard le nombre et la répartition des bateaux dans les deux sites de mouillage et les discours des plaisanciers interrogés (Figure 4).

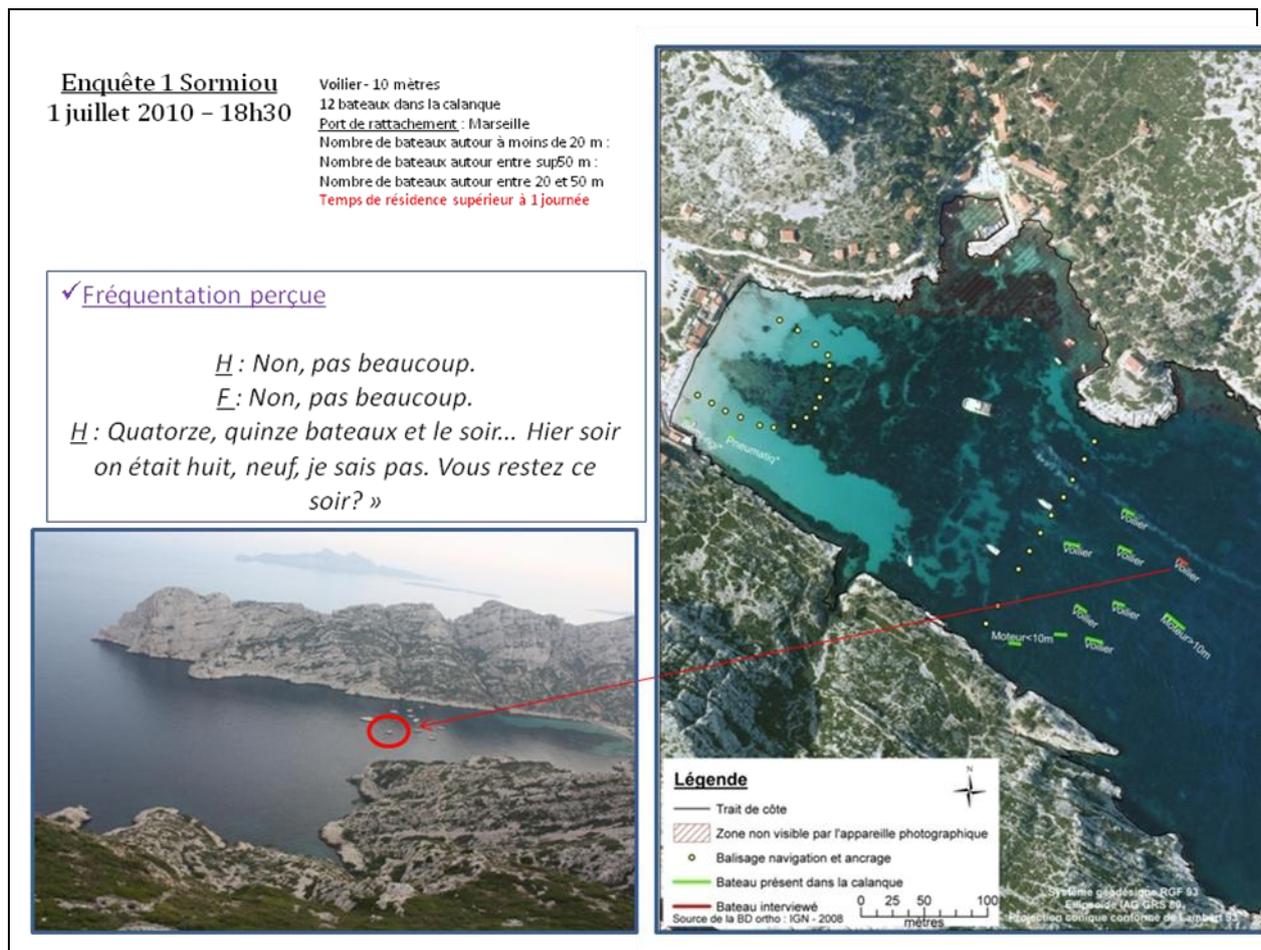


Figure 4 - Mise en regard entre fréquentation perçue (extrait d'entretien semi-directif) et fréquentation objectivée et quantifiée par l'observation photographique géo-référencée

### 3.2.2 Approche quantitative des usages

#### a) Etat des lieux des connaissances existantes

A l'échelle du territoire du parc national, l'aspect quantitatif est appréhendé par la valorisation des données de fréquentation depuis 1991 recueillies par différents gestionnaires et le GIP des Calanques. La méthode consiste à réaliser une base de données permettant la structuration et la compilation des données issues de méthodes et d'objectifs différents.

#### b) Estimation de la valeur économique associée aux usages récréatifs

L'approche économique s'inscrit dans le cadre de la problématique générale à savoir : comment concilier préservation de la nature et accueil du public sur le territoire littoral du parc national des Calanques, premier parc péri-urbain d'Europe ?

Pour cela, nous cherchons à évaluer les bénéfices individuels et collectifs, associés aux services délivrés par cet espace naturel. L'économie de l'environnement a élaboré depuis plusieurs décennies

des méthodes pertinentes (méthodes des coûts de déplacement, évaluation contingente...) permettant d'estimer monétairement la valeur de ces bénéfices même et surtout lorsqu'ils sont non marchands (Desaigues et Point, 1993). La méthode des coûts de déplacement (MCD) a été retenue dans ce travail. Elle repose sur l'estimation d'une « fonction de demande de visites d'un site » et permet alors d'évaluer les consentements à payer (CAP) associés aux activités récréatives du site. Nous disposons alors d'éléments permettant d'estimer la valeur économique de ce site à travers ses usages récréatifs.

#### b1) Choix de la Méthode des Coûts de Déplacement

Historiquement, la MCD a été proposée afin d'estimer les bénéfices associés aux usages récréatifs des Parcs Naturels aux Etats Unis. (Hotelling 1947). Elle repose sur l'idée que les agents économiques expriment leur CAP pour les usages récréatifs offerts par un espace naturel donné, par l'ensemble des dépenses qu'ils engagent pour se rendre et séjourner sur ce site. Ainsi, l'ensemble de ces dépenses constitue-t-il le "prix implicite" de l'*usage* du site (le prix implicite permettant d'estimer la valeur récréative du site). Soulignons que par définition, la MCD ne permet pas de déterminer les valeurs de non usage d'un site. La MCD est compatible avec la mise en œuvre d'une analyse coûts – bénéfices (ACB) qui repose sur la comparaison entre l'ensemble des coûts et l'ensemble des bénéfices associés à la mise en place d'une politique publique. L'ACB est ainsi l'outil privilégié afin de procéder à l'évaluation des politiques publiques et discuter de leur efficacité économique. Elle est donc un outil indispensable d'aide à la décision pour le gestionnaire d'espace naturel.

Cette méthode nous est apparue comme étant particulièrement adaptée à un programme interdisciplinaire tel que celui développé dans ce travail. En effet le questionnaire produit afin de mettre en place la MCD, a permis à l'équipe de disposer d'informations quantitatives afin de caractériser la fréquentation des sites ateliers retenus. De plus, la construction pluridisciplinaire de ce questionnaire a permis de décliner l'estimation des CAP de façon particulièrement riche par site et par activité, s'articulant avec les méthodes spatiales mobilisées dans ce travail.

#### b2) Le choix des sites ateliers comme élément de structuration de l'échantillon

Les sites retenus pour la passation du questionnaire sont les sites ateliers qui ont déjà été explorés par l'équipe pluridisciplinaire et ce afin d'assurer la cohérence scientifique du travail réalisé et la confrontation des approches et des résultats issus des différentes disciplines impliquées par le programme. L'échantillon « d'usagers du massif des Calanques » dont nous disposons est ainsi structuré en deux niveaux et six sites articulés autour des activités susceptibles d'être pratiquées sur un site donné.

Tout d'abord, nous avons séparé les sites terrestres sur lesquels les activités pratiquées comme les balades-randonnées ou l'accès à la baignade sont susceptibles de générer des piétinements, des activités marines, plongée sous-marine et plaisance susceptibles d'impacter les modèles écologiques marins retenus, herbier de posidonie et coralligène.

Sites	Nombre de questionnaires réalisés
Sites terrestres	371
Marseilleveyre (A)	88
Callelongue (B)	92
Mont-Rose (C)	103
Cap-croisette (D)	88
Sites marins	258
Sormiou (E)	133
Les Pharillons (F)	125
Tous sites confondus	<b>629</b>

Nous disposons donc initialement d'un échantillon de 629 individus répartis entre les six sous échantillons correspondant aux six sites sur lesquels l'enquête a été réalisée et balayant l'ensemble des activités visées et l'ensemble des modèles écologiques d'intérêt. Le prix à payer pour cette cohérence est que cet échantillon construit sous contrainte de sites choisis pour leur modèle écologique remarquable et la pratique de certaines activités cibles ne peut pas être considéré comme représentatif de la population générale des « usagers du massif des calanques ».

### b3) La construction du questionnaire

L'enquête quantitative à base de questionnaire est issue d'une démarche pluridisciplinaire. Le questionnaire utilisé a été construit par l'équipe en prenant appui sur les premiers résultats de l'enquête qualitative.

Elle comporte une partie spécifique permettant de disposer des informations pertinentes nécessaires à l'utilisation de la Méthode des Coûts de Déplacement sur données individuelles et ainsi à l'estimation des consentements à payer associés aux valeurs récréatives des différents sites. Plus précisément, ce questionnaire, disponible en annexe, est constitué de six parties.

La première partie (questions QA à QH) renseigne des informations générales concernant le site exact de l'enquête, la date et l'heure de passation, les conditions météo (l'accès aux Calanques pouvant être restreint voire interdit les jours de fort Mistral afin de limiter les risques d'incendie). S'agissant du site de Sormiou sur lequel les plaisanciers ont été interrogés, le quartier maritime ainsi que les coordonnées GPS du bateau ont été relevés systématiquement par les enquêteurs. Cette première partie s'achève par une question de sélection destinée à s'assurer que les personnes interrogées sont majeures, c'est-à-dire qu'elles ont plus de 18 ans. Dans le cas contraire, l'interview cesse.

La deuxième partie (questions 1 à 7) permet de connaître la résidence principale de la personne interrogée ainsi que les motivations principales de sa visite ce jour-là dans les Calanques et sa perception de la fréquentation du site. Deux questions aussi figurent cherchant à renseigner le

niveau de connaissance des personnes interrogées sur les réglementations en cours dans le massif des Calanques. Une question (Q7) est fondamentale car elle nous permet de distinguer deux populations : les personnes qui constituent le groupe « Proximité » et les personnes constituant le groupe « Visiteur ». La distinction essentielle entre ces deux populations est simple. Les personnes du groupe « Proximité » sont celles qui vivent à proximité du site des Calanques dans le sens où elles ont pu réaliser l'aller-retour entre le site et leur résidence principale (renseignée dans la question 1) dans la journée. Les personnes du groupe « Visiteur » sont celles qui séjournent dans la région pour plusieurs jours au cours desquelles elles visitent le massif des Calanques. Cette distinction est fondamentale car ces deux groupes n'engagent pas les mêmes dépenses pour accéder et visiter le site. Pour les « Proximités » seuls des coûts de transports directs sont supportés alors que pour le groupe des « Visiteurs » des coûts d'hébergement sont éventuellement supportés. La question 7, propose donc un filtre dans notre questionnaire permettant de distinguer les « Proximités » des « Visiteurs ». Cette distinction entre « Proximité » et « Visiteur » peut aussi nous indiquer l'existence potentielle d'usagers « habitués », venant souvent et régulièrement. Distinguer ce type de fréquentation de celle d'une population constituée d'usagers occasionnels peut être une information utile pour le gestionnaire du site qui peut alors adapter les mesures de protection d'un site particulier au type de fréquentation singulier de ce site.

La troisième partie (questions 8 à 26) vise exclusivement les « Visiteurs ». Ces questions sont destinées à obtenir les informations pertinentes afin de mesurer les deux variables économiques fondamentales nécessaires à la mise en œuvre de la MCD : les dépenses et la fréquentation, permettant d'estimer une fonction de demande qui en économie relie des prix et des quantités. Les questions 10 à 12 concernent le nombre de visites dans les Calanques effectué par la personne interrogée au cours des 12 derniers mois. Les questions 13 et 14 concernent le type d'hébergement utilisé au cours du séjour ainsi que sa durée et son coût. Les questions 17 à 19 nous renseignent sur le nombre de personnes qui accompagnent la personne interrogée au cours de ce voyage. Les questions 20 à 26 concernent le mode de transport utilisé (véhicule personnel, train, avion, bateau...) lors de ce déplacement. Concernant les véhicules personnels nous avons demandé aux individus les caractéristiques telles que la puissance et le type de carburant afin de reconstituer les dépenses engagées afin d'effectuer le déplacement de leur résidence principale vers les Calanques (aller-retour). Ces informations nous permettront de calculer un coût kilométrique de transport. La question 1 concernant la résidence principale nous permet de déterminer le nombre de kilomètres effectués pour se rendre sur le site. Le couplage de ces différentes questions nous permettra de déterminer le coût du voyage associé à l'utilisation d'un mode de transport individuel. Concernant les déplacements en transport en commun, nous avons demandé directement le prix des billets de train, d'avion, bus...La question 22 permet de renseigner les éventuelles étapes du voyage ainsi que les changements éventuels dans le mode de transport choisi.

Au cours de cette partie, nous avons aussi questionné les personnes interrogées sur la raison principale de leur séjour actuel dans la région afin de mesurer l'importance de la visite des calanques dans ce déplacement. Cela nous permettra lors du traitement économétrique de proposer une règle de répartition des coûts de déplacements. Pour cela, la question 9 aux personnes interrogées d'indiquer l'importance des calanques dans le choix de leur destination sur une échelle de 1 à 10 où 1 signifie « pas du tout important » et 10, « très important ». Rappelons ici, que c'est une difficulté essentielle de l'utilisation de la MCD. En effet, le coût de déplacement peut être totalement imputé comme une mesure des bénéfices récréatifs liés au site uniquement pour les seules les personnes

déclarant que « la visite des Calanques est le motif principal de leur déplacement ». Pour les autres, la question 9 nous permet de proposer une règle simple d'imputation de ces coûts.

La quatrième partie (questions 27 à 35) permet de reconstituer les deux variables économiques fondamentales nécessaires à la mise en place de la MCD, les dépenses et la fréquentation mais pour le groupe « Proximité ». Lors de la question 27, il est demandé aux individus de nous indiquer le lieu exact duquel ils sont partis le matin afin de déterminer précisément le nombre de kilomètres qu'ils ont effectués pour se rendre sur le site ce jour-là. Les mêmes questions que celles posées aux groupes de « Visiteurs » et concernant le mode de transport et ses caractéristiques dans le cas de l'utilisation d'un véhicule personnel ou le prix du billet dans le cas de l'utilisation de moyens de transport en commun, ont été posées aux personnes du groupe « Proximité ». Cet ensemble de questions nous permettra de calculer le coût total du voyage.

La cinquième partie (questions 36 à 47) est constituée des questions « communes », c'est-à-dire de questions posées au groupe « Proximité » et « Visiteur ». Elles concernent essentiellement le type d'activités pratiquées sur le site ce jour-là et les éventuelles dépenses engagées par les personnes interrogées afin de pratiquer ces activités.

La sixième et dernière partie (questions 48 à 53) concerne les caractéristiques socio-économiques standards des individus ou du ménage (âge, genre, profession, revenu...).

#### b4) La passation des questionnaires

L'enquête par questionnaires a été réalisée durant l'été 2011 plus précisément entre le 15 juillet 2011 et le 15 septembre 2011. Trois enquêteurs ont été recrutés et formés afin d'assurer le bon déroulement de cette enquête. L'enquête s'est déroulée en face-à-face. Les questionnaires ont été soumis aux individus rencontrés sur les six sites retenus et qui ont accepté de répondre. Ces individus ont été pris au hasard. Le questionnaire durait entre 15 et 20 minutes. Les trois enquêteurs disposaient d'un support papier pour le questionnaire. Le questionnaire papier était rempli par les enquêteurs. Les données recueillies ont ensuite été saisies sur un support informatique.

Les enquêtes concernant les usagers terrestres ont été réalisées à pied pour les quatre sites.

Pour les enquêtes concernant la plongée sous-marine, le site des Pharillons a été retenu. Nous avons repris contact avec les responsables des clubs qui avait été interrogés l'année précédente dans le cadre de l'enquête qualitative. Nous leur avons demandé (et la plupart d'entre eux ont accepté) de nous contacter lorsqu'ils se rendraient aux Pharillons afin que nous puissions interroger les palanquées de retour de plongée sur le site. Ces enquêtes ont été conduites conjointement avec celles de l'enquête quantitative afin d'évaluer la vulnérabilité de zones coralliennes. Le questionnaire de l'enquête quantitative étant passé auprès de chacun des individus de la palanquée alors qu'un seul questionnaire « vulnérabilité des zones coralliennes » était rempli par palanquée et par sortie.

Pour les enquêtes concernant la plaisance, le site de la calanque de Sormiou a été retenu. Les enquêtes auprès des plaisanciers ont été réalisées avec un kayak permettant d'interroger les personnes au mouillage dans la calanque. Lors de la passation des questionnaires auprès des plaisanciers au mouillage dans cette calanque, le bateau de chaque personne interrogée a été systématiquement géo-référencé.

Afin de pouvoir saisir la diversité des usages, les enquêteurs se sont rendus sur les sites à différents moments de la journée, en semaine et en week-end sauf pour la plongée sous-marine pour laquelle nous étions tributaires de la décision des clubs de se rendre ou non sur le site des Pharillons.

Notons que de telles enquêtes sur site sont inévitables soumises aux contraintes météorologiques. Si les journées de pluies sont peu fréquentes dans la région, en revanche le vent dominant, le mistral, affecte très significativement les usages. Au niveau terrestre, les journées d'été les plus ventées impliquent, par application d'un arrêté préfectoral, à une limitation voire une interdiction totale d'accès au massif. Au niveau marin, la force du vent et la hauteur de la houle peuvent rendre la navigation difficile, voire dangereuse pour les usagers comme pour l'enquêteur.

Les données recueillies sur six sites ateliers ont permis de confirmer les usages différents de ces sites caractérisés les écosystèmes singuliers qu'ils abritent. Ces données peuvent alors être mises en perspective avec les analyses et les résultats développés en écologie et en sociologie.

Ainsi, la géo-référenciation systématique du bateau sur lequel l'enquête quantitative a pris place a permis une mise en regard entre fréquentation objectivée par observation photographique géo-référencée et fréquentation perçue au moment de la passation du questionnaire, exprimée par les individus selon une échelle de 1 à 10 où 1 signifie « pas du tout fréquenté » et 10 signifie « beaucoup trop fréquenté » (Figure 5).

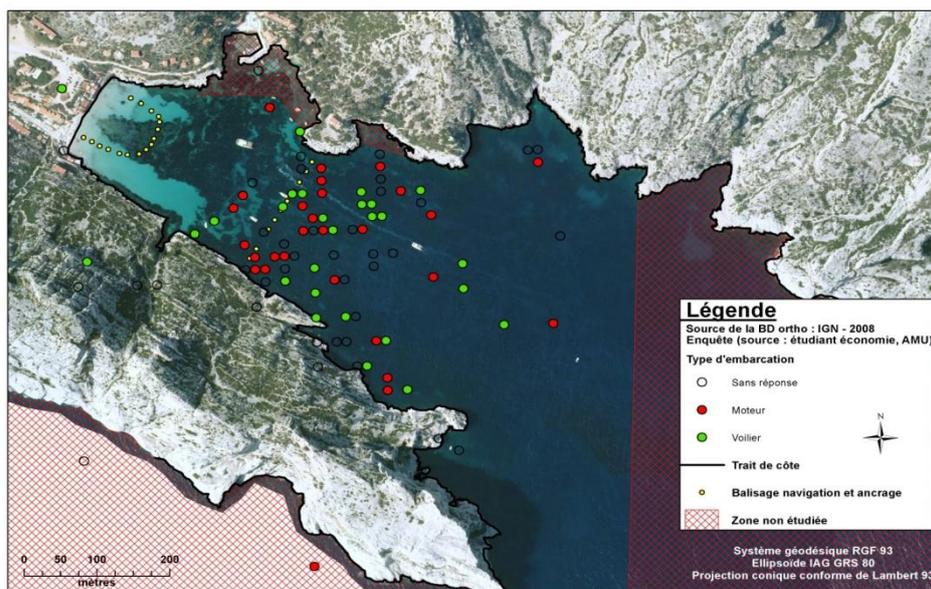


Figure 5 - Localisation des plaisanciers interrogés lors de l'enquête par questionnaire (Sormiou)

Une mise en regard entre fréquentation objectivée par observation photographique géo-référencée et fréquentation perçue au moment de la passation du questionnaire, exprimée par les individus selon une échelle de 1 à 10 où 1 signifie « pas du tout fréquenté » et 10 signifie « beaucoup trop fréquenté » a été réalisée pour chaque individu interrogé (Figure 6).

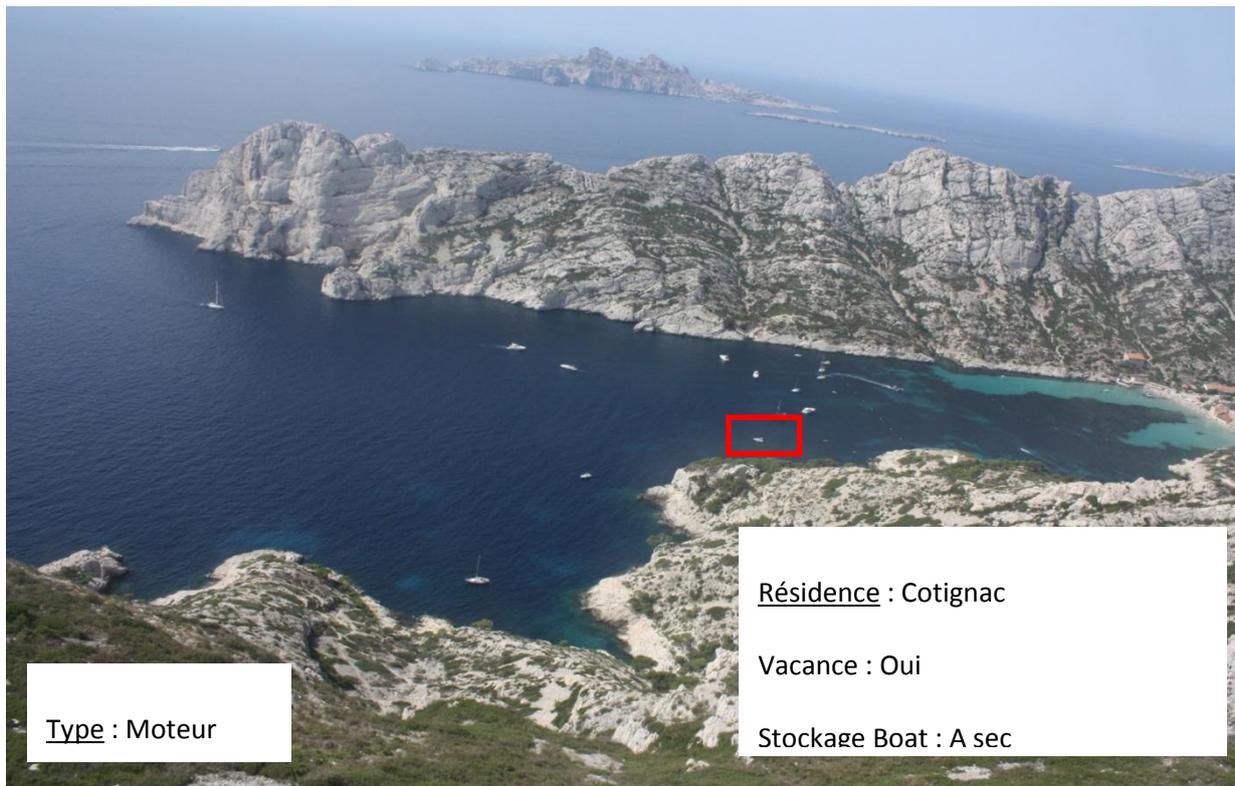


Figure 6 - Mise en regard entre fréquentation perçue (échelle de 1 à 10 recueillie lors du questionnaire) et fréquentation objectivée et quantifiée par l'observation photographique géo-référencée

### 3.3 Caractérisation biologique et écologique des modèles écologiques

#### 3.3.1 La Phrygane

La caractérisation biologique et écologique de l'état de la phrygane consiste à étudier les éléments ci-dessous (Cf annexe 1) :

##### a) Patron d'organisation et niche écologique

Les patrons d'organisation des communautés végétales ont été analysés afin de déterminer (i) les gradients structurant la présence des trois espèces cibles de la phrygane (*Astragalus tragacantha*, *Plantago subulata*, *Thymelea tartonraira*) sur la totalité de leur répartition géographique locale (ii) les facteurs mésologiques déterminant dans leur répartition spatiale.

Un échantillonnage de placettes a été réalisé de manière systématique sous SIG à partir d'une grille de maille de 50 m, le long du littoral (Figure 7). Des relevés phytocologiques ont été effectués au sein de chaque maille dans 9 quadrats de 4m<sup>2</sup>.



Figure 7 - Schéma d'organisation des placettes distantes de 50m.

#### b) Paramètres démographiques

Pour chacune des 3 espèces cibles de la phrygane, le stade démographique le plus vulnérable a été identifié en étudiant (i) l'effectif total pour chaque espèce par une approche « patch », (ii) l'effort et le succès reproducteur par l'étude de 40 individus d'*A. tragacantha* et 191 individus de *P. subulata*, (iii) la longévité, la nécrose et la mortalité par l'étude de 82 relevés de 100m<sup>2</sup> sur 4 sites ateliers (Mt rose, Cap croisette, Callelongue, marseilleveyre).

#### c) Dynamique des populations

La dynamique des populations d'*A. tragacantha* et de *P. subulata* va s'attacher à estimer (i) le taux d'accroissement net des individus, (ii) le taux de recrutement (natalité) et (iii) l'évolution de la nécrose et de la mortalité.

Le protocole d'échantillonnage a été réalisé sur le Frioul et suivi en 2005 et 2008. Un second suivi d'un an (2008-2009) pour l'évolution de la nécrose a été réalisé sur le continent sur 75 individus d'*A. tragacantha* dans 3 populations : Mont rose, Maronnaise, Callelongue.

### 3.3.2 L'herbier de posidonie

L'acquisition de données sur le terrain permet de caractériser la structure, la typologie et la dynamique de l'herbier à *Posidonia oceanica* sur quatre secteurs de fréquentation de la calanque de Sormiou (fréquentation forte, moyenne et faible et zone soustraite à l'ancrage depuis la mise en place courant 2010 d'une zone d'interdiction) et trois secteurs de fréquentation sur le site atelier du Frioul entre la calanque de la Crine et la pointe de Roucas-Troucas, à l'aide de descripteurs de l'herbier répondant le mieux à la pression d'ancrage (Boudouresque et al., 1995 ; Francour et al., 1997 ; Ganteaume et al., 2005 ; Milazzo et al., 2004 ; Ceccherelli et al., 2007).

Les paramètres mesurés in situ sont : la densité de faisceaux, le recouvrement sur le fond (quadrat et transect aléatoire), la compacité de la matre, la proportion de rhizomes plagiotropes, l'analyse du cycle de vie des rhizomes (lépidochronologie). Des métriques complémentaires, issue d'un travail de réflexion et d'analyse engagée sur le site atelier de Sormiou, puis testées dans le parc national de Port-Cros (Rouanet et al., 2013) ont également été mises en œuvre au Frioul. Il s'agit du nombre de faisceaux de posidonie arrachés et densité des individus de la grande nacre *Pinna nobilis*. (Cf Annexe 2)

Les secteurs de forte, moyenne et faible pression d'ancrage ont été déterminés sur la base des cartes de densité de bateaux (nombre de bateaux par hectare et par jour), réalisées suite à l'analyse des prises de vues sur un cycle annuel (de mai 2010 à décembre 2010 à Sormiou et d'avril à décembre 2011 au Frioul) (Cf. 3.4.2).

### 3.3.3 Le coralligène de paroi

L'objectif fixé est de vérifier s'il existe un impact de la fréquentation des plongeurs sous-marins sur les communautés du coralligène, de le qualifier et de le quantifier.

Ainsi la caractérisation du coralligène a été conduite sur 2 stations localisées dans des secteurs à forte et faible fréquentation ; 2 stations supplémentaires ont été intégrées par la suite (données acquises dans le cadre du programme INDEX-COR).

Pour cela, deux approches ont été utilisées : (i) l'étude des populations du gorgonaire *Paramuricea clavata* par des mesures *in situ* et (ii) la composition des communautés benthiques sessiles à partir de quadrats photographiques (Cf Annexe 3).

- (i) les colonies de *Paramuricea clavata* : pour chacune des deux stations pour lesquelles des intensités faible et forte de plongée ont été évaluées, ont été étudiés trois paramètres :
  - le taux de nécrose
  - la colonisation des axes dénudés des gorgones par des organismes vivants
  - la Classe de taille
  
- (ii) Une méthode de suivi par quadrats photo aléatoires a été mise en œuvre et réalisée en plongée sur les deux stations du suivi de Gorgone. Les photos sont réalisées au travers d'un cadre de 25 cm x 25 cm, directement fixé sur l'armature de l'appareil photo. La méthode a permis de définir :
  - le nombre d'espèces/taxons
  - leur fréquence d'occurrence
  - leur taux de recouvrement ou leur densité.

A l'échelle globale du site des Pharillons (île Maire), la pression de plongée sur le site est appréhendée de la même manière que sur les sites d'étude de l'herbier de Posidonie, à l'aide d'un système autonome d'enregistrement d'images par un appareil photographique numérique. La répartition des plongeurs sur le site des Pharillons a été évaluée sur la base d'une enquête auprès des clubs de plongée. où les palanquées de plongeurs ont renseigné leur parcours en plongée et les caractéristiques principales de leur plongée.

### 3.4 Caractérisation des effets des contraintes environnementales et des perturbations sur les modèles biologiques

#### 3.4.1 Les contraintes environnementales et perturbations d'origines anthropiques des sites ateliers de phryganes

La caractérisation des effets des contraintes environnementales sur la phrygane consiste à étudier les facteurs contribuant à sa dégénérescence au travers la germination, l'établissement, la croissance, la nécrose et la mortalité des individus d'Astragale de Marseille et de Plantain subulé par des expériences en conditions contrôlées. Ainsi sont étudiés les effets des contraintes environnementales :

- (i) le stress hydrique « traditionnel » (témoin, stress intermédiaire, stress fort).
- (ii) la compétition biotique potentielle (interactions intra- et inter-spécifiques) par deux espèces de garrigue littorale (Brachypode rameux, Pistachier lentisque) et une espèce exotique envahissante (Griffe-de-sorcière) pour les trois espèces cibles en présence de l'effet des embruns salés à concentration graduelle de salinité. Le nombre de feuille est la variable considérée pour l'étude de la croissance des espèces cibles.

Et les effets des perturbations d'origine anthropique :

- (iii) des perturbations indirectes liées aux embruns salés et pollués par les tensio-actifs (témoin eau, traitement eau+sel sans polluants, traitement eau+sel avec tensio-actifs) sur la germination et l'établissement d'*A. tragacantha* et *P. subulata*. Le tensio-actif utilisé est le dodécylbenzène sulfonate de sodium.

Une expérience en conditions contrôlées a été réalisée pour évaluer indépendamment l'effet du stress hydrique et celui des embruns salés et pollués (tensio-actif ou détergent) sur la phase d'établissement des plantules d'*A. tragacantha* à partir de 720 graines prélevées dans 4 populations et de 540 graines *P. subulata* prélevées dans 3 populations durant 4 mois. Les variables morphométriques mesurées sont le nombre de feuille, la hauteur des individus, la longueur et la largeur des feuilles.

- (iv) des perturbations directes d'urbanisation (construction, remblais, etc.) liées à la fragmentation et à la destruction d'habitats sur les formations d'*A. tragacantha*. Une première approche vise à tester si les formations d'*A. tragacantha* sont réparties aléatoirement ou de manière contrainte par les éléments d'urbanisation. La seconde vise à mettre en relation, par le calcul d'une distance euclidienne, les formations rudérales obtenues à partir de l'analyse de 98 relevés de végétation de 100 m<sup>2</sup> avec chaque élément d'urbanité.

#### 3.4.2 La fréquentation marine des sites ateliers de l'herbier de posidonie et du coralligène

Le programme Fluvel vise à dresser l'état écologique de l'herbier et du coralligène, à une échelle spatiale fine, en relation avec la fréquentation cumulée localement sur des sites atelier précis. La comparaison avec les indicateurs issus des programmes Pampa et Bount'île n'est donc pas adaptée.

### **a) Mise au point et caractéristique du matériel**

La caractérisation de la fréquentation des sites ateliers a été proposée par la mise en œuvre d'un matériel de prises de vues numériques automatisées. Les recherches dans la littérature, mais également dans le commerce, n'ont pas permis d'identifier un matériel opérationnel, répondant aux différentes contraintes et exigences (autonomie énergétique, intervalle de temps régulier, horloge de déclenchement, champ de prises de vues variable, étanchéité, variation importante de température, installation en milieu escarpé). Plusieurs entreprises ont donc été démarchées afin de développer le matériel adéquat. Le système de contrôle électronique de déclenchement de prises de vues a été mis au point pour un appareil réflex numérique Canon. Les appareils réflex permettent d'utiliser des optiques de focales très importantes, indispensables pour s'adapter aux différentes contraintes de champ extrêmement variables. Des optiques de 8, 10-24 et 18-55 mm ont été utilisées, respectivement sur les sites atelier des Pharillons, du Frioul et de Sormiou.

Le système électronique comporte (i) une horloge, munie de 20 plages horaires programmables, permettant de réveiller l'appareil photo (ii) un intervalomètre préprogrammé (modifiable auprès de la société) comportant 4 plages d'intervalle possible (5, 10, 15 et 20 minutes), (iii) une poignée d'alimentation spéciale Canon (grip) permettant d'alimenter l'appareil sur une batterie externe, (iv) un boîtier électronique de régulation de tension (Figure 8).

En ce qui concerne le caisson de protection externe de l'ensemble dispositif électronique, celui-ci a été réalisé par nos soins, étant donné les prix prohibitifs pratiqués (supérieurs au budget de matériel prévu) par les différentes sociétés sollicitées, peu intéressées par le nombre limité de produits à fournir (3 caissons).

Le caisson est conçu avec du contreplaqué marine de 10 à 14 mm d'épaisseur recouvert d'une résine epoxy, une plaque de verre de 5 mm d'épaisseur placée devant l'objectif et est équipé d'une trappe d'ouverture sur le côté, pour assurer l'entretien du matériel et le renouvellement de la batterie (12V) et de la carte mémoire (16 Go). Ces dimensions sont 33 cm\*17 cm\*17 cm. Un isolant mince (2 cm environ) composé de couches d'aluminium et de cellulose (équivalent à 25 cm de laine de verre) est disposé à l'intérieur du caisson. Le caisson est fixé sur le site atelier à l'aide de cornières métalliques boulonnées dans le bois et cimenté au sol. Il est recouvert de pierres afin d'assurer une protection thermique supplémentaire et de le dissimuler dans le milieu naturel. Les opérations de maintenance sont réalisées tous les 15 jours en moyenne. Elles sont réalisées le plus délicatement possible pour ne pas modifier le calage de l'appareil photo dans le caisson, de façon à ce que les clichés aient toujours exactement le même angle de vue.

Le site de Sormiou a été équipé d'un anneau d'escalade afin de sécuriser les interventions dans un milieu très escarpé.



intervalomètre, régulateur, poignée d'alimentation, batterie); caisson recouvert de résine époxy. isolant mince placé à l'intérieur du caisson.

### b) Intégration du traitement des prises de vues dans un SIG

Afin de pouvoir intégrer le traitement des données des photos dans un SIG (ArcView), une étape préalable d'ajustements géométriques est nécessaire, étant donné que la prise d'images n'est pas réalisée à la verticale. Pour se faire une matrice de points répartis sur l'ensemble de la calanque a été élaborée, selon un maillage carré de 50 m de côté. A chaque point de la maille établit, un bateau de 6 m de longueur s'est positionné selon les coordonnées GPS du point et une photographie depuis le caisson a été prise. Un ensemble de plus de 150 points a ainsi été constitué sur la calanque, formant une matrice de points de départ sur les photos et une matrice de points d'arrivée sur le SIG. Une transformation géométrique a alors pu être calculée sur SIG entre les deux systèmes de référencement. La bonne qualité de la transformation géométrique a pu être vérifiée à l'aide du trait de côte mais également à partir du contour de la limite supérieure de l'herbier, visible par transparence sur les photos prises depuis le caisson et les photos IGN. Cette transformation permet par la suite de restituer sur SIG les informations issues du traitement des photos, telles que la position et la longueur d'un bateau.

### c) Digitalisation et identification des bateaux

Pour chaque photo, l'ensemble des bateaux est digitalisé par une ligne tracée de la proue à la poupe. Chaque ligne est identifiée sur SIG par un numéro de bateau unique. Ce numéro de bateau est conservé pour chaque ligne, de photos en photos, tant que le bateau est présent. Ce numéro unique permet de suivre et d'analyser l'évolution d'un bateau aussi bien dans le temps que dans l'espace. Pour un bateau donné, la position d'ancrage la plus probable a été déterminée, comme le centre de gravité (centroïde) de l'ensemble de tous les points matérialisant la position de la poupe.

Les données d'acquisition de la fréquentation des sites ateliers de Sormiou et du Frioul se poursuivront au moins jusqu'à la fin de la saison estivale 2011. L'analyse des prises de vues concernant le site du Frioul débutera au second semestre 2011.

### d) Questionnaire plongeurs et modèle graphique 3D du site des Pharillons

Dans le cadre de la caractérisation biologique du coralligène de paroi, un questionnaire a été mis au point pour le site atelier des Pharillons, afin d'identifier les parcours des plongeurs évoluant en structures de plongée. L'objectif est de déterminer la répartition des plongeurs et de définir des secteurs et des classes de fréquentation à l'intérieur du site.

Le questionnaire est simple, il comporte 9 questions :

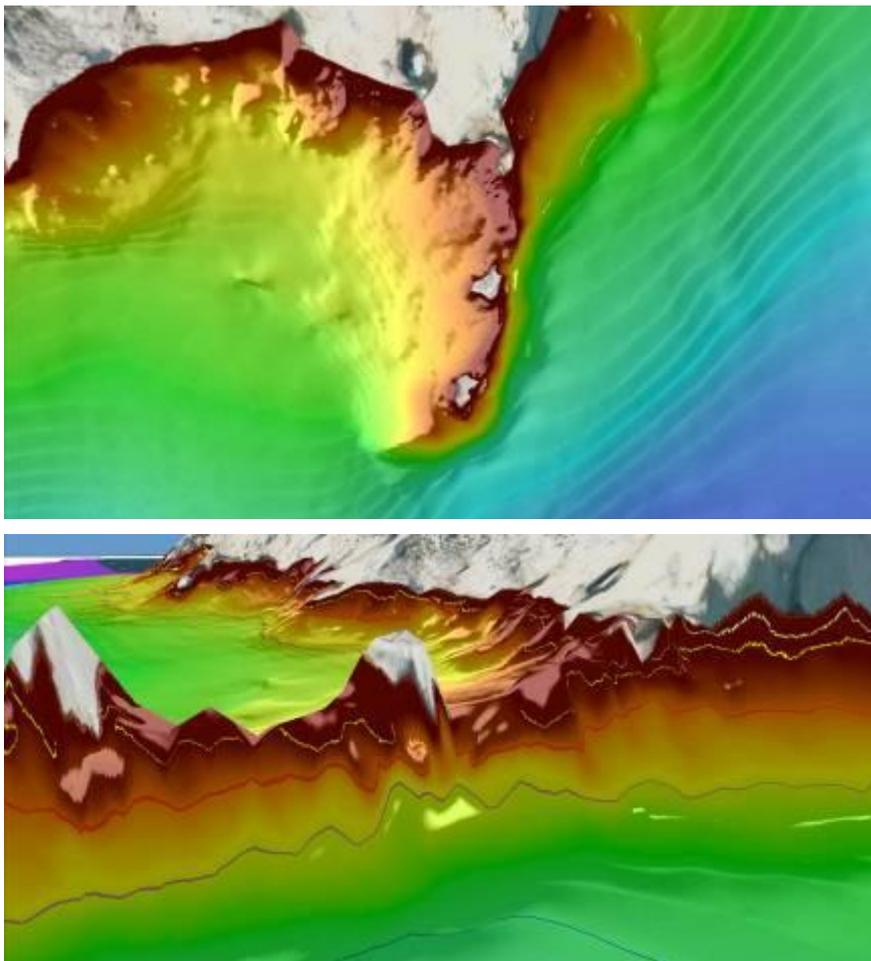
8 questions permettent de caractériser la plongée effectuée, les conditions de réalisation et le niveau des plongeurs de la palanquée,

La neuvième question permet de retracer le parcours de plongée sur des vues en 3D du site et une vue de dessus. Les diagrammes 3D sont en cours de finalisation et de validation, suite à l'acquisition de données complémentaires sur le terrain, portant sur les habitats et éléments remarquables du paysage (Figure 9).

Le questionnaire a fait l'objet d'échanges et de calibration avec l'équipe de sociologues.

Le modèle graphique en 3 dimensions a été élaboré sous SIG sur le module 3D Analyst du logiciel Arcview. Il a été construit à partir de données d'isobathes tous les mètres, transmises par les services de la ville de Marseille, dans le cadre d'une convention d'utilisation définie pour le programme Fhuvel.

Le questionnaire sera laissé durant l'été 2011 au sein des différentes structures qui seront d'accord, pour être rempli par les plongeurs suite à une sortie sur ce site. Les clubs qui seront sollicités sont ceux qui ont été enquêtés par les sociologues, lors de la phase qualitative de caractérisation de la fréquentation. Au préalable, le questionnaire sera testé sur site avec les plongeurs.



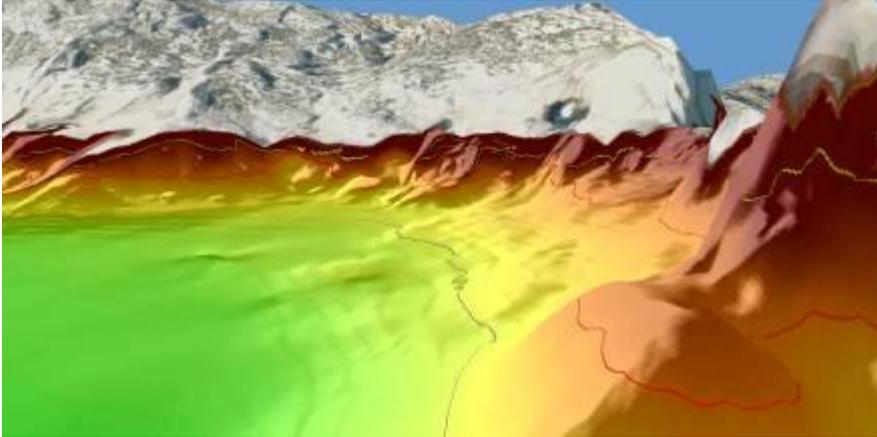


Figure 9 - Diagramme 3D en cours de finalisation et de validation, avec des données de terrain portant sur les habitats et éléments remarquables du paysage.

## 4. Analyses et résultats : vers une synthèse interdisciplinaire

### 4.1 Caractérisation de la fréquentation

#### 4.1.1 Approche qualitative : analyse des discours et perceptions

##### a) Les usagers terrestres

Le choix des quatre sites d'enquête concernant les usagers terrestres permet de réfléchir à l'impact du gradient d'urbanité dans les pratiques et représentations sociales de la nature.

Ainsi, sur deux sites, Callelongue et l'île du Frioul, les normes d'usages sont « attendues » voire observées par ailleurs dans d'autres espaces naturels. Callelongue est un départ de GR et on retrouve majoritairement des usagers, sportifs, randonneurs aguerris sur d'autres milieux, notamment les Alpes. On retrouve une filiation avec la culture excursionniste des Calanques. Quant au Frioul, les usagers rendent compte d'un rapport touristique aux îles et d'un rapport plus régulier, traduits communément par un sentiment d'éloignement rapide de la ville, voire d'isolement.

Les deux autres sites, le Mont Rose et les Goudes font apparaître des appropriations plus contrastées, articulant un rapport régulier à la nature en lien immédiat avec l'urbanité proche. Ainsi, le site des Goudes et du Cap Croisette est apprécié tout en étant critiqué pour son état jugé désastreux (déchets, incivilités) et les désagréments liés à la circulation. Ces deux sites accueillent également des formes de marginalité urbaine : haut lieu de la drague masculine pour le Mont Rose et lieu de « squat » pour les Goudes. Ces deux sites articulent l'appréciation d'un lieu de nature tout en étant profondément urbain.

##### b) Les clubs de plongée

Du point de vue des représentations de la fréquentation, de la nature et de la réglementation, une démarcation visible et revendiquée par les clubs se dégage entre structures associatives et structures dites commerciales. Toutefois, du point de vue des pratiques et des préférences de sites les différences entre ces deux types de structures sont moindres. Ainsi, le site des Farillons tend à faire l'unanimité en tant que lieu de plongé à la fois le plus fréquenté et parmi les préférés.

Pour les responsables de clubs rencontrés, le site de plongée idéal réunirait les caractéristiques suivantes :

- Etre accessible rapidement
- Etre protégé des vents dominants
- Etre doté de paysages sous-marins remarquables (arches, tombants, grottes),
- Avoir une bonne richesse faunistique et floristique (gorgones et coraux) et surtout les poissons (bancs de petits poissons et gros spécimen isolés, tels que l'emblématique mérrou).
- Etre équipé de mouillages fixes libres et gratuits réservés aux plongeurs.

##### c) Les plaisanciers

En mettant en regard les pratiques et les préférences des plaisanciers, quatre catégories de sites de mouillage peuvent être identifiées :

Les sites de mouillage les plus fréquentés et préférés : pour la beauté de leurs paysages et pour le bon vivre. On y retrouve la calanque de Sormiou et la calanque de Morgiou qui constituent pour les usagers, notamment locaux, un bon compromis entre distance des ports, tranquillité et beauté. Elles sont suivies de près par les calanques de En-Vau et Port-Miou, calanques plus petites et plus rapidement saturées.

Les sites de mouillage moins aimés et moins fréquentés : C'est en particulier le cas de la calanque de Callelongue. Les plaisanciers soulignent les nombreux passages à proximité et des atouts paysagers considérés moins attrayants que d'autres calanques. Cortiou est aussi dans cette catégorie du fait de la présence des égouts.

Les sites de mouillage préférés mais moins fréquentés : C'est en particulier le cas des calanques d'En-Vau et de Morgiou. Ces calanques sont appréciées par les plaisanciers pour leurs paysages, mais ces derniers soulignent aussi leur faible capacité de charge (en particulier pour En Vau) exacerbée par leur caractère encaissé rendant en outre le passage des navettes touristes particulièrement dérangent pour les bateaux au mouillage.

Les sites fréquentés mais moins aimés : C'est en particulier le cas de la calanque de Port-Miou. La présence d'un port et d'un trafic régulier est désignée comme un inconvénient du lieu, mais son caractère particulièrement abrité et son mouillage organisé sont aussi recherchés par certains plaisanciers.

Au regard des entretiens réalisés à Sormiou et au Frioul, le site de mouillage idéal des plaisanciers se devrait de réunir les caractéristiques suivantes :

- Etre protégé des vents dominants
- Offrir à la vue des paysages remarquables et typiques (avec ou sans cabanon, selon le rapport à la nature exprimé),
- Faire l'objet d'une fréquentation faible à moyenne pour assurer une distance suffisante entre les bateaux (rayon d'évitage) et/ou avoir une grande capacité de charge.
- Donner la possibilité de s'ancrer en fond de Calanque (proximité rivage pour débarquer), Etre doté de fonds sableux et peu profonds pour un ancrage facile et fiable
- Pour les locaux : ne pas être trop éloigné du port

Une mise en regard entre fréquentation objectivité et fréquentation perçue (Figure 10) pour le cas des plaisanciers :

Ce travail articule les données géo-référencées issues des enquêtes quantitatives (questionnaire) et qualitatives (entretiens semi-directifs) aux données photographiques. Le premier résultat issu de ces observations est l'absence de corrélation tranchée et significative entre fréquentation perçue et fréquentation objectivité. Ainsi, un même niveau de fréquentation quantifié (nombre de bateaux) peut être perçu de façon très hétérogène par les plaisanciers au mouillage. Le nuage de points ci-dessous issu de l'enquête par questionnaires réalisée auprès des plaisanciers de Sormiou rend compte de cette hétérogénéité.

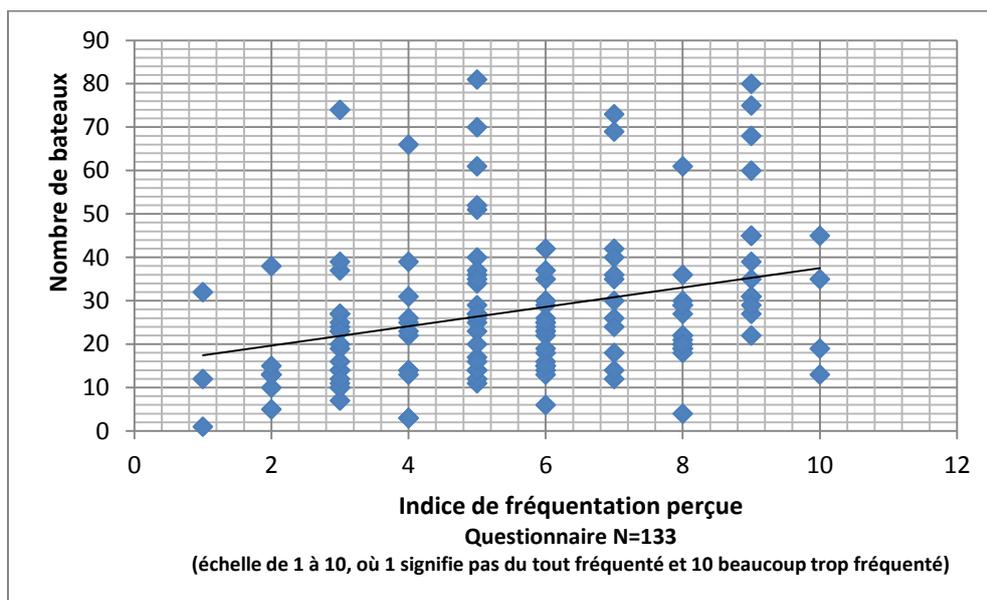


Figure 10 – Indice de fréquentation perçue par les plaisanciers en relation avec le nombre de bateaux comptés dans la Calanque de Sormiou en 2011

Ainsi, un même nombre de bateaux compté dans la calanque de Sormiou grâce au dispositif photographique donne lieu à l'expression d'une fréquentation perçue pouvant être répartie sur l'ensemble de l'échelle de 0 à 10. Même les situations extrêmes font l'objet de niveaux de perception hétérogènes, avec toutefois, l'absence des modalités 9 et 10 de fréquentation perçue lorsque le nombre de bateaux dans la calanque est inférieur à 10 et inversement, l'absence des modalités 0,1,2,3 lorsque le nombre de bateaux dans la calanque est supérieur à 70.

Plusieurs facteurs peuvent être mis en avant. En premier lieu, la méthode de construction de l'échantillon visait la diversité des interlocuteurs et des périodes d'enquêtes. De ce fait, l'expression de la fréquentation perçue recueillie lors de l'enquête porte sur des situations et des périodes elles-mêmes hétérogènes. En second lieu, le nombre de bateaux dans la Calanque est un indicateur indispensable mais non suffisant pour rendre compte de la fréquentation objectivée. En effet, l'analyse diachronique des photographies révèle des processus micro-scalaires de concentration des bateaux au mouillage sur certains secteurs, dont la localisation est en partie inféodée au positionnement des bouées délimitant la zone de mouillage autorisée.

La carte de fréquentation perçue (Figure 11) rend compte du caractère micro-scalaire de la perception de la fréquentation. Les niveaux les plus élevés de fréquentation perçue se concentrent le long de la ligne de bouées délimitant la zone autorisée de mouillage et tout particulièrement dans sa partie Nord/Ouest, proche du canal d'accès à la plage. Or, l'analyse de la densité de fréquentation cumulée (réalisée sur les comptages photographiques d'août 2010) révèle qu'il s'agit de la zone la plus densément fréquentée (Figure 12).

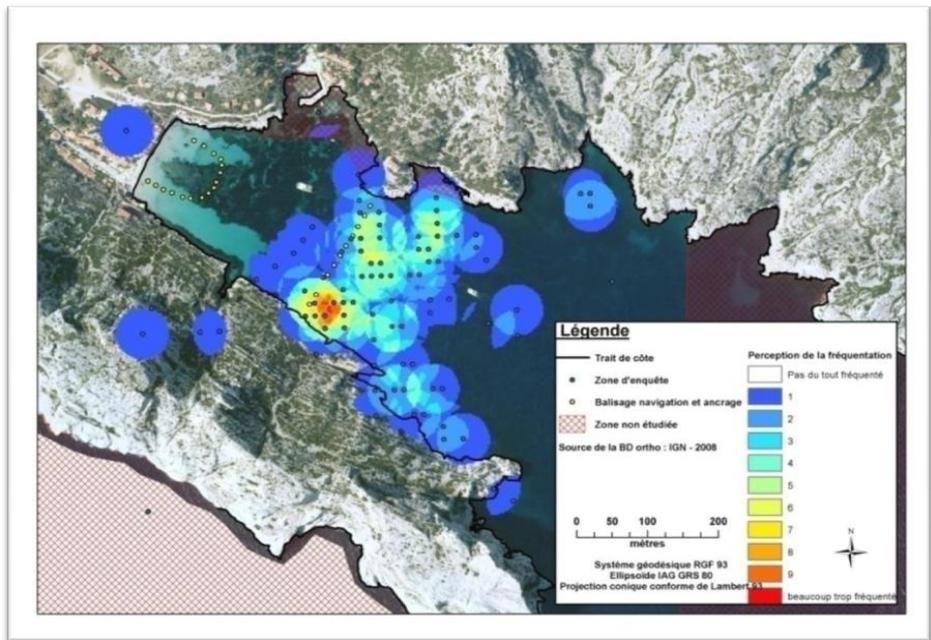


Figure 11 - Géo-référencement de la fréquentation perçue par les plaisanciers de Sormiou en 2011 (n=133)

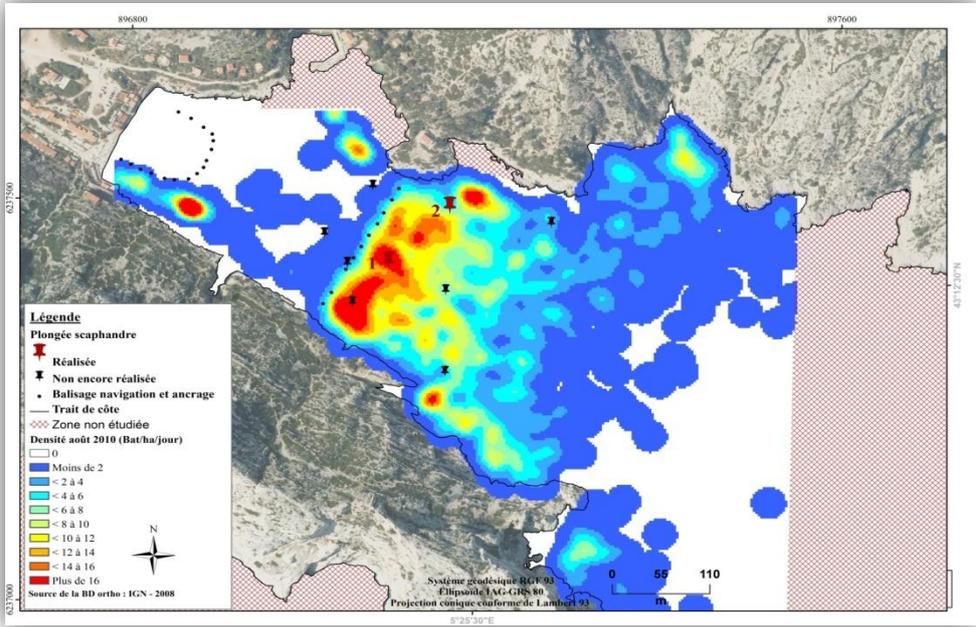


Figure 12 - Densité (nombre moyen par ha/jour) des bateaux à l'ancrage dans la calanque de Sormiou en aout 2010

L'analyse des entretiens semi-directifs réalisés dans la Calanque de Sormiou et au Frioul fournit des éléments de compréhension complémentaires à l'absence de corrélation linéaire entre fréquentation objectivée par le nombre de bateaux comptés dans la calanque et fréquentation perçue. La méthode de l'entretien semi-directif permet de saisir les argumentaires et les raisonnements des plaisanciers. Ainsi, ces derniers, interrogés sur leur perception de la situation de fréquentation au moment de l'entretien, énoncent différents raisonnements, les amenant à infléchir leur appréciation immédiate de la situation. Le recours à la comparaison dans le temps et l'espace amène tout particulièrement les plaisanciers interrogés à moduler leurs réponses.

L'estimation dans l'absolu du niveau de fréquentation est difficilement exprimable pour les plaisanciers rencontrés. La perception de la fréquentation ne se limite en effet pas à une vision plus ou moins fidèle ou déformée d'une réalité quantifiable, mais relève d'un processus complexe où s'entremêlent expérience et mémoire du lieu, identité territoriale, rapport à un code de courtoisie de la plaisance.

#### **4.1.2 Approche quantitative des usages**

##### **a) Etat des lieux des connaissances existantes**

La compilation des données de fréquentation existantes a révélé une très forte hétérogénéité des études produites jusqu'à ce jour. L'idée initiale de produire une base de données commune permettant une cumulation et une comparaison des données existantes n'est scientifiquement pas tenable. Les protocoles d'observation, les échelles spatio-temporelles et les questionnements mobilisés dans ces différentes études sont disparates. On peut s'interroger sur la pertinence de la multiplication de ces démarches non ou peu coordonnées initiées par les différentes institutions en charge de ce territoire. Afin de produire une connaissance scientifique fiable, il est indispensable de mettre en place un protocole d'observation coordonné entre tous les partenaires institutionnels et scientifiques, et reproductible dans le temps.

##### **b) Analyse quantitative de la fréquentation sur les sites ateliers**

Une enquête sous la forme de questionnaire a été réalisée durant l'été 2011 sur les six sites ateliers retenus. Le choix de ces sites a été motivés par leur modèle écologique et leur type d'usage (terrestre, plongée ou plaisance). **Les résultats obtenus à partir de cette échantillon ne peuvent pas être considérés comme représentatifs des usages et usagers du massif des calanques.** 629 questionnaires ont été réalisés. Nous donnons ici succinctement les caractéristiques de notre échantillon. Distinguer les différentes variables analysées d'une part les sites, d'autre part en séparant les usagers de proximité des touristes permet de disposer d'éléments plus fins d'analyse et de faire émerger des contrastes au sein de notre échantillon. De plus, les traitements statistiques et

économétriques liés à l'utilisation de la MCD nous ont amené à travailler sur un sous échantillon de 456 personnes<sup>2</sup> de non plaisanciers (donc hors la calanque de Sormiou).

#### Age, Genre, Revenu, PCS

L'âge moyen dans notre échantillon hors plaisance est de 40 ans et 7 mois (en 2011). Le plus jeune a 18 ans et le plus âgé 86. Les Pharillons sur lesquels se pratiquent la plongée sous-marine attirent une population plus jeune, 37 ans en moyenne, tandis que la plaisance attire une population plus âgée, en moyenne 49 ans. 62,28% de notre échantillon est composé d'homme contre 37,72% de femmes (hors plaisance). Pour les plaisanciers, 75% sont des hommes.

Le revenu moyen dans notre échantillon hors plaisance est égal à 2954.6 euros (2935 euros en 2010 au niveau national, source INSEE) et le revenu médian à 2750.5 euros (2395 euros par ménage en 2011, source INSEE).

Pour le site atelier de Sormiou, sur lequel ont été interrogés les plaisanciers, le revenu moyen mensuel est de 4993 euros et le revenu médian est de 3750 euros. Ces revenus placent la population de notre échantillon au-dessus du niveau national. Ce qui est confirmé par le fait que plus de 50% de notre échantillon déclarent appartenir à une PCS moyenne –sup ou plus (Chef d'entreprise, artisan, commerçant, cadre supérieur, profession libérale, Cadre moyen, agent de maîtrise, Profession intermédiaire). Remarquons quand même que 28% de notre échantillon hors plaisance se déclare « employé ou ouvrier ». Pour les plaisanciers, sans surprise on trouve seulement 14% d'ouvriers et d'employés contre 65% de PCS moyenne –sup ou supérieure. Ces quelques résultats à eux seuls justifieraient de traiter l'échantillon des plaisanciers séparément des autres personnes interrogées.

Concernant plus particulièrement la caractérisation de la fréquentation nous présentons ici quelques attributs qui nous paraissent les plus importants pour ce travail interdisciplinaire. Nous portons donc une attention particulière à trois critères : la provenance géographique de notre échantillon, les raisons qui ont motivé leur présence sur le site le jour de l'enquête, les activités pratiquées.

#### Provenance géographique

Sur l'échantillon hors plaisance de 456 personnes, 213 (46,71%) habitent Marseille, 226 (49,56%) vivent en France et 17 (3,73%) à l'étranger. Plus précisément, 9,87% des personnes interrogées habitent dans les Bouches-du-Rhône (hors Marseille), 3,07 % des personnes interrogées habitent en PACA (hors BdR et Marseille) ce qui fait que 59,65% des personnes interrogées vivent en PACA. La seule autre région qui fait apparaître une fréquentation « importante » mais sans commune mesure avec PACA est l'Île de France avec 10,09% et dans une moindre mesure Rhône-Alpes, désignant ainsi un axe d'accès assez clair empruntant la vallée du Rhône. Ces caractéristiques peuvent certainement s'expliquer par les facilités de transport tant par le train (TGV) que par l'importance des axes autoroutiers.

Nous pouvons ainsi avancer que la fréquentation du massif des calanques telle qu'elle nous est donnée à voir à travers notre enquête et le filtre de nos sites ateliers révèle une fréquentation de

---

<sup>2</sup> Le détail de cette procédure est décrit dans l'annexe d'économie.

forte proximité. Cela se confirme à un niveau plus fin, si l'on étudie les arrondissements de Marseille dans lesquels les personnes interrogées déclarent habiter, les arrondissements limitrophes du massif des calanques et habilités par des PCS supérieures, (en moyenne) sont sur représentés. Ainsi, 23% des personnes dans notre échantillon déclarent habiter le 8<sup>ème</sup> arrondissement, 11%, le 9<sup>ème</sup> arrondissement (dans lequel se situe le PNCAL) et 14% le 6<sup>ème</sup> proche sociologiquement du 8<sup>ème</sup> et relativement proche géographiquement. Les arrondissements populaires (2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, 14<sup>ème</sup>, 15<sup>ème</sup>) et dans une moindre mesure ceux du centre-ville assez populaires aussi sont sous représentés. Pour les plaisanciers, on retrouve aussi cette fréquentation de proximité dans le sens où Marseille et plus généralement le Sud-Est sont sur représentés dans notre échantillon, tant pour la résidence principale que pour le port d'ancrage du bateau.

#### Raisons de la visite du site

Les deux premières raisons avancées sont « la mer » et « la vue, le paysage » quel que soit le site atelier sauf pour les Pharillons où la pratique de la plongée sous-marine comme première raison est citée par 98% des personnes interrogées sur ce site. 40,7% des personnes interrogées citent « la mer » ou « le paysage, la vue » soit comme première raison de leur venue, soit comme deuxième raison. L'analyse de la troisième raison apporte des informations intéressantes. En effet, « l'accessibilité du site » ou la « proximité du domicile » apparaissent alors.

#### Activités pratiquées sur le site

Les activités pratiquées effectivement sur le site sont cohérentes avec les raisons annoncées de venue sur le site. 293 individus soit 64,25% citent « se baigner-bronzer » parmi les 3 activités principales pratiquées. 206 individus soit 45,18% citent « balade à pied » parmi les 3 activités principales. Mais on constate aussi que « manger au restaurant / Boire un verre » et « Pique-Niquer » en particulier pour les usagers de proximité, sont aussi souvent citées parmi les trois activités principales bien qu'elles apparaissent rarement comme première activité.

On va retrouver en gros la même chose pour les plaisanciers où « se baigner- bronzer » est citée comme activité principale par 40% des personnes interrogées à quasi égalité quand même avec la plaisance (39% des personnes interrogées).

Concernant les caractéristiques des bateaux, nous avons trouvé une répartition quasi parfaite entre les bateaux à moteur et les bateaux à voile. Leur longueur moyenne est de 10 mètres, 50% d'entre eux font plus de 10 mètres, le plus grand fait 26 mètres.

L'enquête contenait aussi un volet au cours duquel les personnes étaient interrogées sur leurs connaissances de la réglementation et de protection en vigueur sur le site ce qui constitue aussi des informations fondamentales si l'on souhaite caractériser la fréquentation dans un espace tel que le Parc national des Calanques afin de mettre en place des mesures de gestion efficace de cette fréquentation.

### Estimation de la valeur économique des services récréatifs

L'estimation de la valeur économique des services récréatifs est réalisée en mobilisant la méthode des coûts de déplacement. Elles nous semblaient particulièrement appropriées puisque sa mise en œuvre exige le recueil de données de fréquentation. Une partie spécifique du questionnaire est dédiée à cette tâche. Les informations recueillies dans cette partie permettent de construire deux variables fondamentales de l'analyse économique la quantité demandée, ici le nombre de visites effectuées sur le site au cours des 12 derniers mois (qui nous donne aussi des informations pertinentes sur la fréquentation du site sur cette période) et le prix, ici l'ensemble des dépenses engagées pour accéder et éventuellement séjourner sur le site. Il est alors possible d'estimer une fonction de demande et donc de mesurer les bénéfices induits par la visite sur le site. (Freeman, 2003).

629 personnes, usagers terrestres ou marins du massif des calanques ont été interrogées. Très vite, il nous est apparu, comme nous l'anticipions, que les usagers plaisanciers avaient des structures de dépenses très différentes des autres usagers. Des difficultés spécifiques existent comme celle permettant de déterminer un coût de transport fiable pour les voiliers. Les dépenses engagées pouvant être attribuées à la visite du site ne peuvent être reconstituées de façon robuste pour les plaisanciers auquel il est recommandé de dédier un questionnaire particulier. De plus l'analyse des variables socio économiques standards (voir le paragraphe précédent) nous confirme la pertinence de cette distinction. L'échantillon a donc été scindé en deux sous échantillons sur lesquelles les traitements statistiques et économétriques appliqués sont différents<sup>3</sup>.

Concernant l'échantillon des non plaisanciers, les résultats économiques principaux concernent les dépenses engagées (coûts), nombre de visite au cours des douze derniers mois (fréquentation) ainsi que l'importance du site dans le choix de la destination. La mise en œuvre de cette démarche aboutit à l'estimation du CAP par site atelier associé à une activité récréative particulière.

### Fréquentation moyenne et médiane par site

Nous avons renseigné la fréquentation du site comme le nombre de nombre de visite au cours des douze derniers. Le nombre moyen de visites au cours des 12 derniers mois est égal à 21, son écart-type est de 58,47. La médiane est égale à 3. Un résultat intéressant est le mode de cette variable qui est égal à 1, ce qui indique qu'un grand nombre d'usagers dans notre échantillon vient pour la première fois dans le massif des calanques. La distinction entre usagers de proximité et visiteurs s'avèrent utile mais si les résultats obtenus n'ont ici rien de surprenant. Les « Visiteurs » qui viennent pour la première fois représentent 30% de notre échantillon, alors que les « proximités » représentent 29% de ceux qui viennent 7 fois et plus. Le nombre d'usagers de proximité est croissant en fonction du nombre de visites au cours des douze derniers mois alors que le nombre de visiteurs est décroissant.

---

<sup>3</sup> Cette démarche est celle mise en œuvre par Hamadé, 2013, lors de l'étude des éléments de la valeur économique du Parc National de Port Cros.

### Les dépenses engagées

Différentes questions au sein du questionnaire permettent de reconstituer les dépenses engagées pour se rendre et visiter le site. Le niveau de dépense moyen sur l'ensemble de l'échantillon est de 38,81 euros avec un écart-type égal à 62,21. La médiane est égale à 12,33 euros. 50% des personnes interrogées supportent un coût inférieur à 12,33 euros. Le coût minimal est égal à zéro, le plus élevé à 570 euros. La nature des dépenses engagées est différente selon que l'on a à faire à des usagers de proximité ou des touristes visiteurs. Pour les premiers, seules des dépenses de transport sont renseignées pour les seconds, il faut tenir compte d'éventuelles dépenses d'hébergement.

### Indice d'importance du site

L'une des difficultés inhérentes à la MCD est la détermination d'une règle l'attribution des dépenses à la valorisation d'un site ou d'une activité. En effet, l'ensemble des dépenses engagées pour se rendre et séjourner sur un site ou y pratiquer une activité particulière ne peut être utilisé comme un indicateur de la valeur du site uniquement s'il est possible d'affirmer que la raison principale, voire l'unique raison du déplacement, est la visite du site. Si nous pouvons supposer que c'est le cas des usagers de proximité une telle hypothèse est plus difficile à soutenir dans le cas des visiteurs. Il faut alors disposer d'une clef de répartition des dépenses engagées afin d'évaluer la part attribuable au site.

Grâce aux questions 8 et 9 de notre questionnaire nous avons construit une telle clef de répartition dépenses engagées. Nous avons demandé aux visiteurs interrogés, sur une échelle allant de 1 (pas du tout important) à 10 (très important), de déclarer quelle importance avait eu la visite du massif des calanques dans le choix de leur destination. Une variable « importance » est construite. Elle s'exprime comme un pourcentage et sert lors du traitement économétrique à pondérer le coût total. L'idée étant que selon l'importance déclarée pour la visite du site, uniquement un certain pourcentage des dépenses engagées est attribué au site.

Les résultats obtenus se sont révélés assez surprenant. En effet, sur 190 visiteurs<sup>4</sup> de notre échantillon, seuls 45 (23,68%) affirment que visiter les calanques est la raison principale de leur séjour dans la région. Pour les 76,32 % qui ont affirmé le contraire, 42% des personnes interrogées affirment que ce n'est pas du tout important (indice d'importance égal à 1), la valeur médiane est égale à 3.

### Estimation du CAP comme indicateur du bénéfice récréatif

Les sites retenus l'ont été sur un double critère, le modèle écologique et les pratiques récréatives qui lui sont associées. Ainsi, le CAP que nous estimons par site peut s'interpréter comme le CAP d'une activité ou d'un bouquet d'activités (sites terrestres) récréatives. Afin d'estimer le CAP, il faut d'abord estimer la fonction de demande. Cela est fait au moyen d'un modèle binomial négatif tronqué en

---

<sup>4</sup> Les usagers de proximité se sont vus attribués la pondération maximale.

zéro, ce qui permet de prendre en compte d'une part que le questionnaire a été passé sur site (le nombre de visites est forcément supérieur ou égal à 1) et d'autre l'existence d'« overdispersion » de la variance. Le nombre de visites sur le site est expliqué par les dépenses totales, pondérées par l'indice d'importance, des variables indicatrices du site et un ensemble de variables dont la plupart ont été décrites au paragraphe précédent (sexe, revenu, ...). A partir de là, il est possible d'estimer le CAP est estimé. Il décrit le bénéfice économique associé au site et aux activités récréatives qu'il autorise. L'interprétation de ces estimations peut apparaître parfois comme difficile pour les non économistes. L'idée est cependant assez simple : dire que le CAP associé à Callelongue donc dans notre étude à un bouquet d'activité récréatives terrestres, est égal à 16 euros par individu et par visite, signifie que le niveau de satisfaction d'un individu est le même s'il vient à Callelongue se baigner, bronzer mais qu'il « perd » 16 euros que s'il ne vient pas et conserve ces 16 euros. Rappelons que nous mesurons ici en unité monétaire une variation de satisfaction et que nous n'observons pas une transaction sur un marché. On fait « comme si ». Les résultats pour les différents sites sont disponibles dans la table suivante.

Sites	CAP	Ecart-Type
Callelongue	16	6
Cap-Croisette	17	5
Marseilleveyre	20	17
Les Pharillons	44	9.7
Mont-Rose	62	18

Ces résultats doivent être discutés à la lumière de la composition de notre échantillon.

## 4.2 Caractérisation écologique et biologique des modèles écologiques et des contraintes environnementales

### 4.2.1 La Phrygane

#### a) Un habitat en voie d'extinction

##### Niche écologique

Un gradient de salinité structure les communautés végétales du littoral et la distribution des trois espèces cibles de la phrygane.

Ce gradient conduit géographiquement à un patron de zonation des communautés végétales en fonction de la distance à la côte. Au sein de ce gradient, les trois espèces étudiées possèdent des optima de niches légèrement différentes mais occupent *globalement* une position intermédiaire sur le gradient entre la zone d'espèces halophiles et la zone de garrigue.

Alors que *P. subulata* semble pouvoir occuper des habitats *a priori* défavorables (par exemple, fort recouvrement végétal), l'amplitude de niche est plus faible pour *A. tragacantha*. Pour toutes ces variables, *T. tartonraira* occupe une position intermédiaire.

La présence d'espèces nitrophiles exprime une certaine rudéralité en zone d'espèces halo-résistantes.

#### Paramètres démographiques

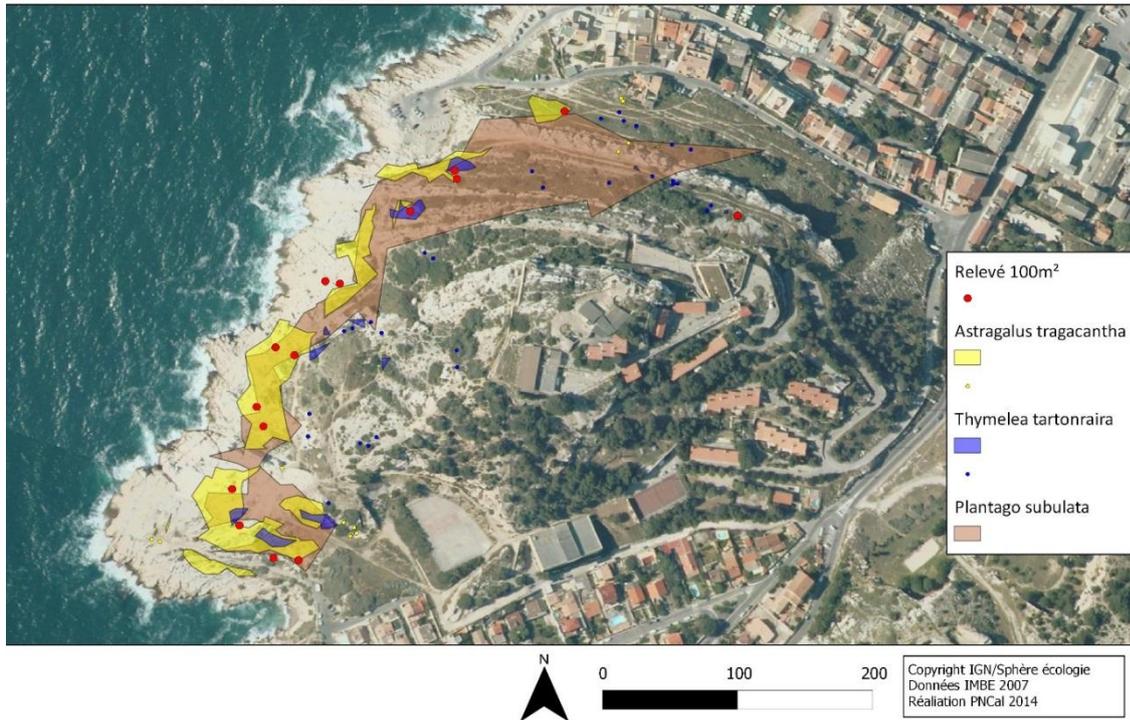
Les effectifs : les effectifs sont faibles pour *A. tragacantha* et *T. tartonraira* (moins de 2000 individus) et répartis sur une petite surface cumulée (moins de 2ha). *T. tartonraira* est l'espèce dont la proportion d'individus isolés est la plus importante (6% de l'effectif), c'est-à-dire distants d'au moins 10m d'un autre individu. A contrario, *P. subulata* a un nombre important d'individus (15 000) répartis de manière quasi continue sur le littoral (

Figure 13).

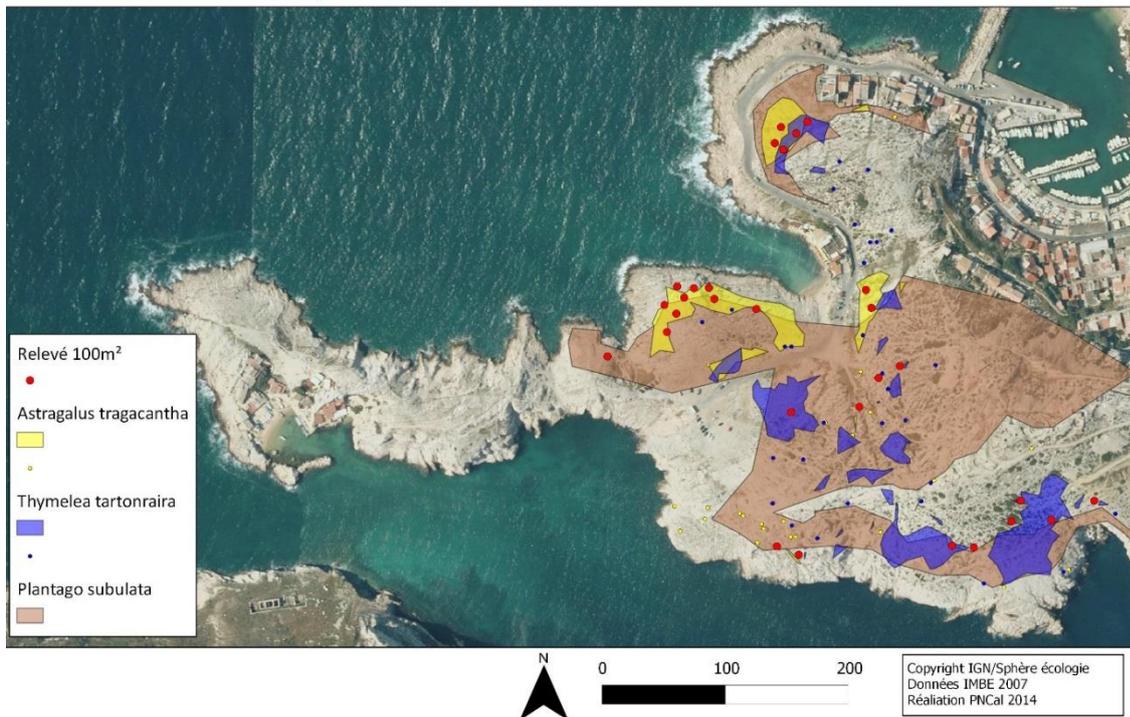
Le site du Mont rose est particulier compte tenu d'un effectif important d'*A. tragacantha* qui représente 55% de l'effectif global étudié avec peu d'individus isolés et à contrario, il est caractérisé par un effectif faible de *T. tartonraira* (8,6%) avec le plus fort taux d'individus isolés (17%).

Les populations de *T. tartonraira* au Cap croisette représentent 41% des effectifs.

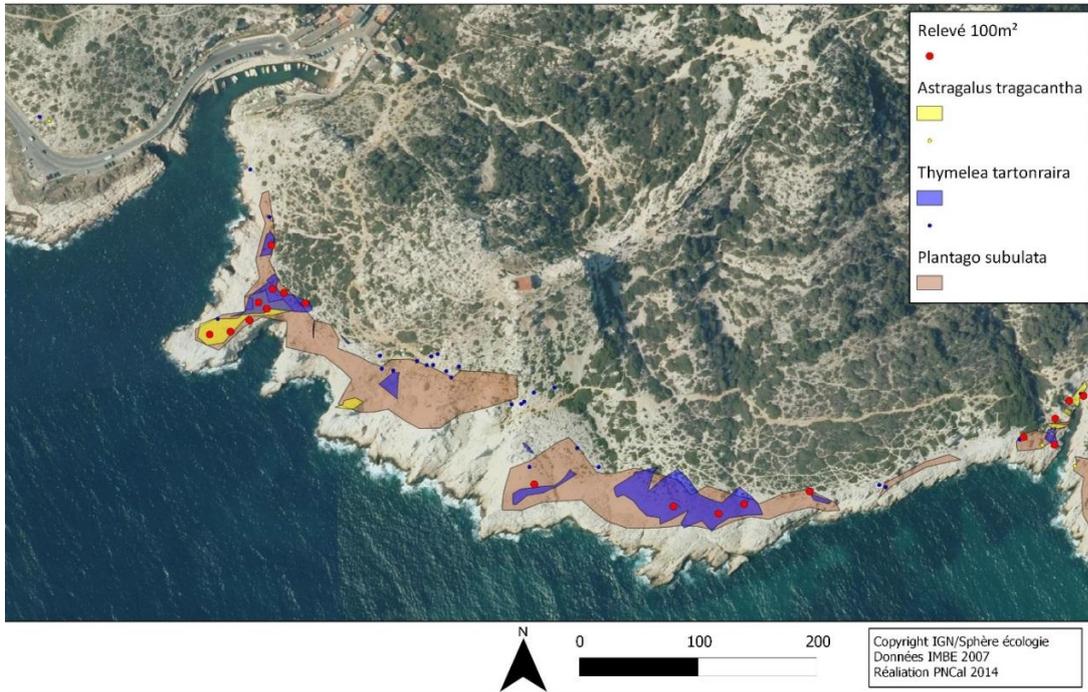
Repartition des espèces végétales structurantes de la Phrygane  
Site du Mont Rose



Repartition des espèces végétales structurantes de la Phrygane  
Site du Cap Croisette/Les Goudes



Repartition des espèces végétales structurantes de la Phrygane  
Site de Callelongue



Repartition des espèces végétales structurantes de la Phrygane  
Site de Marseilleveyre

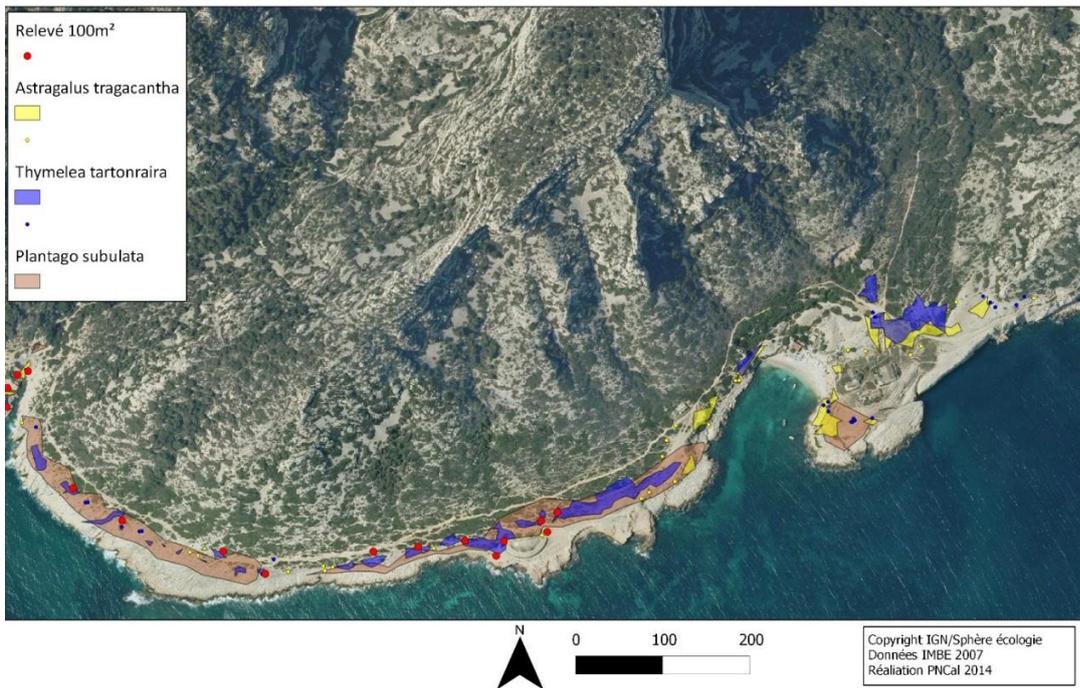


Figure 13 – Répartition spatiale des 3 espèces cibles de la phrygane sur les sites ateliers par ma méthode des patches et localisation des relevés de 100m<sup>2</sup> pour l'étude des nécroses.

L'effort et le succès reproducteur : les pertes de potentialités reproductrices d'*A. tragacantha* et de *P. subulata* sont donc assez importantes en ce qui concerne la fertilisation des fleurs (perte de près de la moitié) et la prédation des fruits mais les estimations de production de graines par individu chez les deux espèces suggèrent une potentialité non négligeable de recrutement (Figure 14 ; Figure 15).

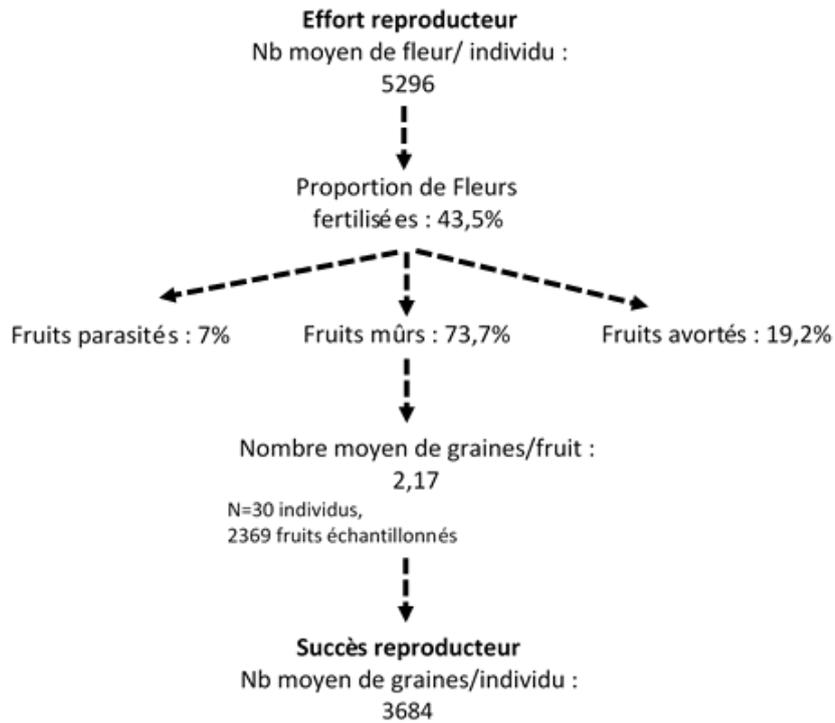


Figure 14 - Organigramme de l'effort et du succès reproducteur d'*Astragalus tragacantha* (N=40 individus échantillonnés en 2005 sur le Frioul).

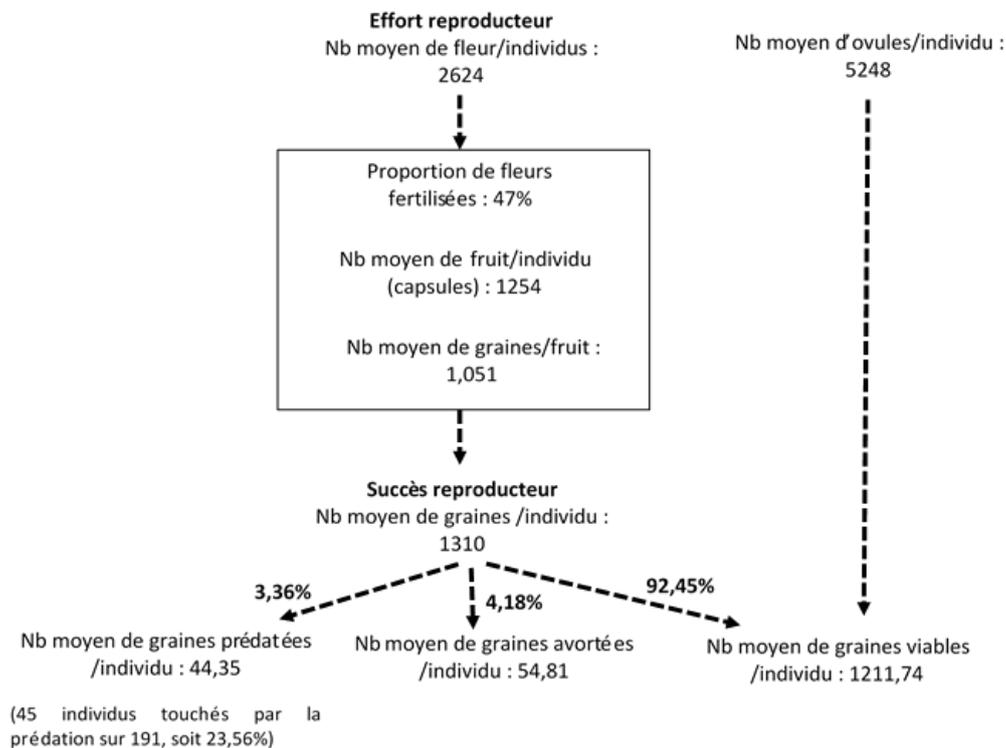


Figure 15 - Organigramme de l'effort et du succès reproducteur de *Plantago subulata* (N=191 individus échantillonnés dans 5 populations).

Longévité, nécrose et mortalité : les populations des 3 espèces présentent très peu de jeunes individus et une majorité d'individus âgés traduisant des populations vieillissantes. Par exemple *A. tragacantha* est une espèce longévive constituée d'une majorité d'individus âgés de plus de 40 ans considérant que la relation entre la hauteur des individus et le nombre de cernes des branches est significative.

De manière générale sur le littoral les 3 espèces cibles sont en mauvais état de conservation car plus ¼ des individus ont jusqu'à 20% des branches nécrosées et il y a quasiment autant d'individus sains (sans nécrose) que morts sauf pour *P. subulata* qui a pour tous les sites plus d'individus morts que d'individus sains.

L'approche habitat n'est pas pertinente pour définir des gradients de site par rapport à la nécrose car les espèces ont chacune des réponses différentes en fonction des sites.

Le mont rose est le seul site où à la fois *A. tragacantha* et *T. tartonraira* ont un taux plus élevé d'individus non nécrosés que celui d'individus morts.

Callelongue est un site particulier pour *T. tartonraire* et *P. subulata* qui présente respectivement en moyenne 15% et 21% d'individus morts, soit plus de la moitié du taux d'individus non nécrosés.

*P. subulata*, malgré sa répartition continue et son effectif élevé présente des signes inquiétants de mortalité.

### Dynamique de population

Taux d'accroissement net des individus : les dynamiques populationnelles évaluées sur trois ans (2005-2008) sur le Frioul sont de type régressif (taux de croissance inférieur à 1) chez *A. tragacantha* ( $\lambda$  variant entre 0.87 et 0.97) et *P. subulata* ( $\lambda$  variant entre 0.30 et 0.75).

Natalité : aucune germination n'a été observée pour le plantain sur le Frioul et malgré une importante germination d'*A. tragacantha*, notamment à proximité des individus morts, aucune plantule n'a survécu au bout de 6 mois.

Evolution des nécroses : le recouvrement des nécroses évolue rapidement pour les deux espèces quel que soit le site et le taux de mortalité est particulièrement inquiétant pour *P. subulata* sur le Frioul. La variabilité d'évolution de la nécrose et de mortalité entre les sites peut être due à leur exposition aux vents dominants.

### **b) Identification et caractérisation des contraintes environnementales**

#### Effet de la salinité et compétition biotique sur la croissance des espèces cibles

Aucun effet significatif de la salinité sur la croissance des trois espèces n'a été mesuré. La restriction naturelle de la répartition des phryganes littorales, particulièrement pour *A. tragacantha*, résulte plus d'un effet compétiteur des espèces de garrigue que d'un effet de la salinité. Il en est de même pour *P. subulata* par rapport à la proximité du brachypode. Ceci doit être associé à une limitation importante de la dispersion des graines. La croissance de *T. tartonraira* est indifférente à la compétition interspécifique.

De plus, la compétition avec l'espèce envahissante Griffes-de-sorcière a un impact significatif sur la croissance des deux espèces qui est deux fois plus ralentie.

#### Effets du stress hydrique, des embruns salés et pollués sur la germination, la croissance et la mortalité des plantules

Les variables de croissance (nombre et longueur des feuilles, hauteur) et la mortalité des plantules d'*A. tragacantha* sont plus affectées par les embruns salés ou salés pollués que par le déficit hydrique. Le fait que les paramètres de croissance d'*A. tragacantha* sont plus affectés par les embruns salés pollués au bout de deux mois et de manière moindre ensuite indique une vulnérabilité importante dès la germination, ce qui pourrait expliquer la mortalité des plantules recensées sur le terrain.

La germination et la mortalité de *P. subulata* ne sont pas influencées par le stress hydrique et les embruns. Par contre la croissance des plantules est limitée à partir du 4<sup>ème</sup> mois en cas de déficit hydrique et de pulvérisation par les embruns salés pollués.

Alors que le taux de germination d'*A. tragacantha* est très faible et étalée dans le temps, celui de *P. subulata* est très important et resserré dans le temps.

### Effets de l'urbanisation littorale sur les habitats

Les éléments d'urbanité imposent une contrainte significative sur la répartition d'*A. tragacantha* et représentent donc un facteur d'organisation à ne pas négliger.

Par ailleurs, plus les habitats sont proches de la ville de Marseille, plus ils présentent une importante rudéralisation de la flore, entraînant la perte de l'originalité de cette flore méditerranéenne littorale.

#### **c) Caractérisation de la vulnérabilité**

Pour les trois espèces cibles de la phrygane (*A. tragacantha*, *P. subulata*, *T. tartonraira*) les indicateurs étudiés indiquent que les populations en mauvais état de conservation avec une dynamique régressive, voir en danger d'extinction à plus ou moins long terme.

En effet les effectifs sont faibles pour *A. tragacantha* et *T. tartonraira*, le succès reproducteur modéré, un taux de recrutement faible voir nul pour *A. tragacantha* et *P. subulata* sans connaître la cause de la mortalité des plantules après 6 mois pour l'astragale ou de la non germination des graines pour le plantain, les populations sont vieillissantes, la majorité des individus est nécrosée avec une évolution annuelle des nécroses associée à un taux de mortalité élevé, ce phénomène est catalysé par l'effet des tensio-actifs déposés sur les feuilles par les embruns salés. La niche écologique est restreinte par l'effet compétiteur des espèces de garrigue et contrainte par l'urbanisation et d'autant plus en présence d'espèces exotiques envahissantes qui concurrencent et ralentissent la croissance des espèces cibles. La flore spécifique et originale du littoral marseillais est banalisée par la présence de rudérale à proximité d'éléments urbains.

### **4.2.2 L'herbier de posidonie**

#### **a) Résultats biologiques**

De manière générale, les résultats issus de l'analyse de l'état écologique de l'herbier de Posidonie sur les deux sites d'étude ont révélé :

- La mise en évidence d'une spatialisation de l'état écologique de l'herbier, avec des secteurs où il est en plus ou moins bon état, mais avec un état relatif des sites relativement bon.
- Absence de relation directe, à un instant donné, entre niveau de fréquentation humaine (ancrage des bateaux) et qualité de l'état écologique de l'herbier de posidonie. Il n'y a pas superposition des deux types de spatialisation, fréquentation et état de l'herbier. A l'aide d'une grille multicritère, les stations d'étude du site atelier du Frioul ont toutefois pu être relativement bien discriminées en fonction de la pression d'ancrage.
- Importance de l'histoire du site sur le milieu, paramètre important peu connu et pas quantifié.
- Nécessité de suivis dans le temps pour établir un diagnostic fiable, avec un choix raisonné des sites issu de cette étude.

### La calanque de Sormiou

C'est la plus grande calanque de l'ensemble du massif (37 ha). Elle mesure 1500 m de longueur à partir du partir du Bec de Sormiou et est majoritairement recouverte par l'herbier à *Posidonia oceanica* (

Figure 16). Les prospections effectuées en 2004, lors d'un travail de cartographie des biocénoses marines dans le cadre de Natura 2000, fournissent les derniers résultats de sa répartition connus à ce jour sur ce secteur (Bonhomme *et al.*, 2005). L'herbier se développe de 1 à 29 m de profondeur. Entre la limite inférieure et 24 m de profondeur, l'herbier est très clairsemé avec une densité normale pour la profondeur. La limite inférieure est franche et forme des échancrures profondes dans le sable grossier coquillier ; peu de rhizomes plagiotropes sont observés. De 23 à 18 m de profondeur, l'herbier est clairsemé puis devient dense à très dense vers 12 m. La densité en faisceaux devient alors sub-normale supérieure pour la profondeur. A partir de 10 m, les traces d'ancrage deviennent de plus en plus fréquentes. Entre 6 et 3 m de profondeur, les chenaux d'intermattes sont de plus en plus saillants et profonds. La présence de corps-morts en fond de calanque participe à l'érosion de l'herbier en limite supérieure. Ces corps-morts sont utilisés soit dans le cadre de mouillages sauvages, soit, jusqu'en 2009 pour le balisage du plan d'eau. Depuis 2010, le balisage du plan d'eau, géré par la ville de Marseille, est réalisé avec des mouillages écologiques, de type ancre à vis.

Du fait d'une forte fréquentation, plusieurs mesures de réglementation ont été mises en place par la ville de Marseille dans ce secteur : une Zone Réservée Uniquement aux Baigneurs (ZRUB) et une Zone interdite au mouillage (ZIM) mise en place au mois de juin 2010. La ZRUB a été agrandie vers le large en 2011.

### Frioul Sud-Ouest - Calanque de la Crine

Jusqu'au milieu du 20e siècle, la position de l'archipel du Frioul grand de 200 ha lui a conféré un rôle militaire stratégique (jusque dans les années 1970). Il est constitué de quatre îles : l'île de Pomègues au sud, l'île de Ratonneau au Nord, l'île du Château d'If à l'Est et l'îlot Tiboulén à l'ouest. La proximité avec la deuxième agglomération française, soumet ce site à de nombreuses activités anthropiques telles que la fréquentation touristique, l'aquaculture (nord-est de Pomègues), avec en particulier la plaisance sur le milieu marin.

La zone d'étude du Frioul mesure 136 ha, elle est délimitée par la calanque de la Crine au sud, l'îlot du Tiboulén à l'ouest, la côte sud de l'île de Ratonneau et la baie du grand souffre au nord, et la digue Berry à Berry à l'est. La côte ouest de l'île de Pomègues est constituée d'une succession de 12 criques dépassant dépassant rarement un 0.5 ha (

Figure 16)). De la côte vers le large, la roche infralittorale à algues photophiles prend place jusqu'à 5 m de profondeur, généralement suivies de plusieurs zones de matte morte et de sables infralittoraux jusqu'à 10 m de profondeur (Holon, 2008). On retrouve ensuite une bande d'herbier à *Posidonia oceanica* de 150 m à 300 m de large, dont les limites inférieures se situent entre 25 et 30 m de profondeur. L'herbier est régulièrement entrecoupé d'intermattes recouvertes ou non de sédiment. Sur la côte nord, l'herbier est uniquement présent entre l'île de Ratonneau et l'îlot du Tiboulén.

Sur ce site, deux Zones Interdites aux Engins à Moteur (ZIEM) ont été mises en place par la ville de Marseille.

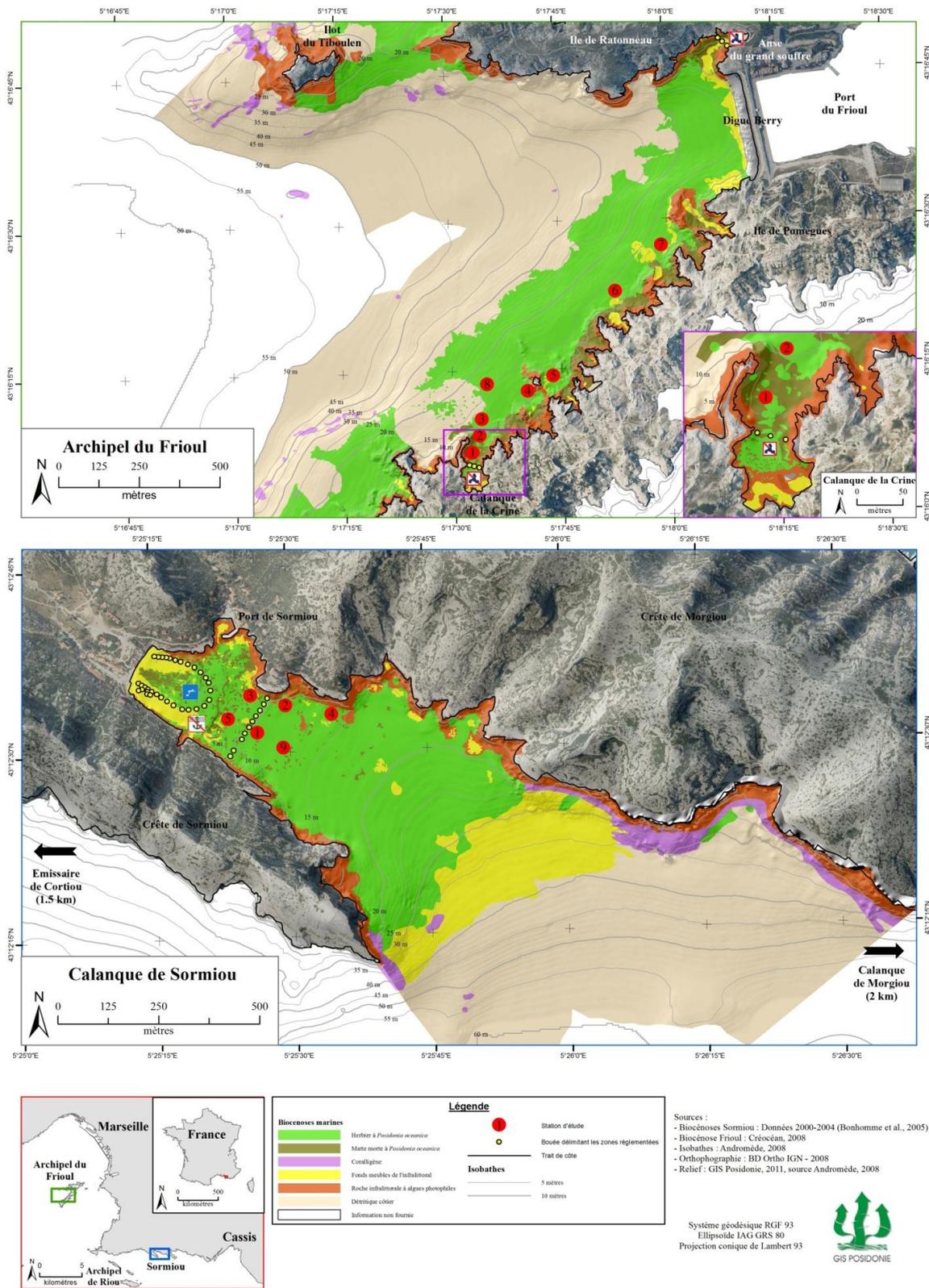


Figure 16 - Biocénoses marines et localisation des stations d'étude dans l'archipel du Frioul et la calanque de Sormiou, Marseille (Bouches-du-Rhône).

## **b) Identification et caractérisation des contraintes environnementales**

La fréquentation de la plaisance et la caractérisation de la pression d'ancrage sur l'herbier de Posidonie a été étudiée sur les sites atelier de Sormiou et Frioul. La calanque de Sormiou a constitué le site pilote durant la première année du programme, pour cette raison elle bénéficie de deux années d'échantillonnage (2010/2011). La fréquentation sur l'île du Frioul a été analysée pendant la période de plus forte fréquentation de la seconde année, d'avril à décembre 2011. Les photos ont été analysées selon la fréquence initiale de 10 minutes pour la première année de chaque site, puis avec la fréquence de 30 minutes pour la seconde année à Sormiou (suite à un travail d'optimisation du protocole d'analyse et d'évaluation de la perte d'information). Plus de 91 000 photographies ont été analysées durant les 2 années de suivi (2010/2011) de ces deux sites.

L'analyse de ces données montre que :

- la pression d'ancrage est égale à 5693, 4676 et 4116 opérations à l'année, respectivement à Sormiou (2010, 2011) et au Frioul (2011). Des maximums de 255 et 225 bateaux ancrés en une journée ont été observés, respectivement, au mois d'août 2010 à Sormiou et au mois de septembre 2011 au Frioul,
- l'existence d'une haute saison de fréquentation, du mois de mai à septembre, avec plus de 85 % des bateaux ancrés quel que soit le site,
- la pression d'ancrage est supérieure les jours de week-end, représentant de 34 à 64 % de la fréquentation selon le mois et le site considérés,
- La pression d'ancrage est corrélée aux conditions météorologiques,
- à Sormiou, les voiliers constituent le type d'embarcation le plus abondant (45 %) alors qu'au Frioul se sont les bateaux de moins de 10 m qui dominent (45 %),
- la proportion des différents types d'embarcation fluctue pour les deux sites étudiés en fonction du mois de l'année considéré et en fonction du jour de la semaine,
- le temps de résidence moyen des navires est plus important à Sormiou (6h31) qu'au Frioul (3h19) et qu'il significativement influencé par le type de navires mais également par le jour de la semaine,
- la répartition des bateaux dans la calanque est agrégative, en particulier le long de la ligne de balisage interdisant le mouillage à Sormiou et dans la calanque de la Crine au Frioul,
- la répartition des bateaux dans la calanque est étroitement liée au type d'embarcation, et donc à sa taille.
- à Sormiou, les ancrages sont majoritairement effectuée sur l'herbier de Posidonie et que la densité de bateaux est, sur une zone de plus de 2 ha, supérieure à la valeur seuil de 2 bateaux, actuellement préconisée pour la mise en place d'une zone de mouillage organisée,
- au Frioul, les ancrages sont réalisés à 34 % sur l'herbier de Posidonie et que la densité de bateaux est localement la plus élevée dans la Calanque de la Crine, où elle atteint en moyenne 15 bateaux ancrés par hectare et par jour, soit près de 29 % de la fréquentation de la zone sur une surface de 0.56 ha.

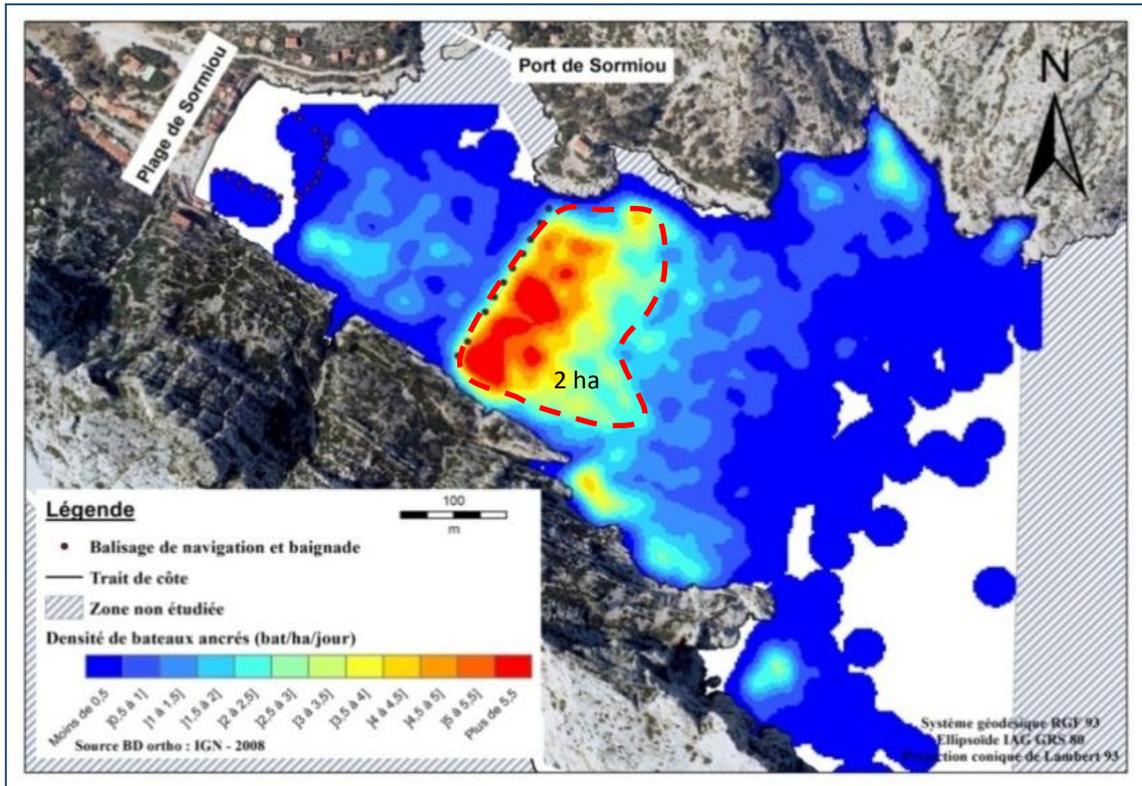


Figure 17 - Densité de bateaux sur le site atelier de Sormiou, de mai 2010 à décembre 2010, avec un protocole de traitement d'images de 1 photo par 10 minutes de temps.

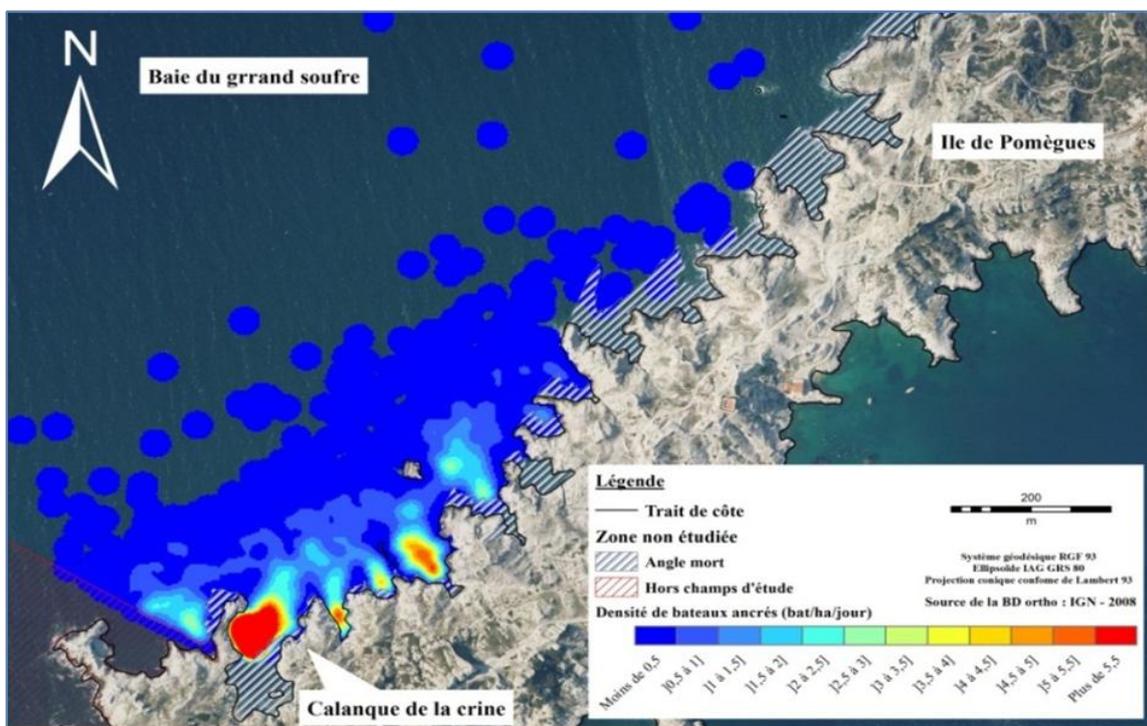


Figure 18. Densité de bateaux sur le site atelier du Frioul, d'avril 2011 à décembre 2011.

### **c) Caractérisation de la vulnérabilité**

La vulnérabilité de l'herbier de Posidonie, est d'autant plus grande qu'elle est liée à la pollution, aux aménagements du littoral, aux effets synergiques de l'hydrodynamisme, à l'installation de corps mort pour le mouillage ou le plan de balisage, mais également à la pression d'ancrage.

#### **4.2.3 Le coralligène de paroi**

##### **a) Résultats biologiques**

Sur le site des Calanques, les peuplements du coralligène sont très répandus. Ils peuvent être observés à partir d'une dizaine de mètres jusqu'à 80m (Ganteaume *et al.*, 2004). Le coralligène de paroi, sans doute l'un des plus abondant sur la zone des Calanques, est caractérisé, entre autre, par la présence de grands invertébrés fixés à port dressé (gorgones, bryozoaires, éponges). Ces paysages sous-marins ont non seulement une valeur fonctionnelle écologique incontestable, une valeur paysagère mais également une valeur socio-economique et même culturelle indéniable.

Le site des Pharillons de l'île Maïre est à la fois riche en espèces, exceptionnel par la beauté architecturale des fonds (tombants et arches) et très fréquenté par les plongeurs. Le site des Pharillons est l'un des plus remarquables : la faune ichtyologique est abondante, ce spot de plongée exhibe de beaux peuplements de *Paramuricea clavata* et présente la particularité d'abriter cinq espèces de gorgones (*Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolinii*, *E. stricta*, *E. verrucosa*, *Leptogorgia sarmentosa*). Les tombants se caractérisent à partir de 25 m de profondeur par de larges encombrellements et auvents.

Les peuplements de *Paramuricea clavata* ont subi de fortes altérations lors des épisodes de mortalité de 1999 et 2002, jusqu'à 30 m de profondeur environ. Les colonies mortes ou fortement nécrosées, sont de moins en moins abondantes avec le temps, en effet les parties mortes finissent par tomber (Pérez *et al.*, 2002, Bonhomme D. *et al.*, 2002). En 2002, 20 % des colonies étaient encore affectées. Le peuplement présentait alors un meilleur état de vitalité général que les années précédentes, cependant la structure du peuplement restait fortement impactée, les colonies de petite et moyenne taille étant encore dominantes.

Les données acquises sur les peuplements de gorgones et sur la caractérisation du Coralligène par quadrats photo ont révélé que :

la densité et la structure du peuplement de gorgone était semblable quel que soit le secteur (fréquenté ou non). L'état général du peuplement semble s'être amélioré depuis le dernier épisode de mortalité massive de 2002,

Les observations issues de l'analyse des quadrats photographiques ne révèlent pas de relation entre l'état des communautés au travers des descripteurs étudiés (diversité spécifique, taux de recouvrement de sédiment, de macrophytes calcaires foliacés, de spongiaires, etc.) et le niveau de fréquentation par les plongeurs.

##### **b) Identification et caractérisation des contraintes environnementales**

Les épisodes de mortalité ne sont pas les seules causes de dégradation. Déjà en 1996 sur cette zone proche de l'agglomération marseillaise, des indices de dégradation avait été relevés et attribués aux rejets polluants de l'émissaire de Cortiou mais également à la forte fréquentation (Harmelin *et al.*, 1996).

En ce qui concerne l'acquisition de données globales de fréquentation de la plongée sur le site atelier des Pharillons, elle a été conduite d'août 2010 à novembre 2011, par la mise en place d'un système autonome d'enregistrement d'images analogue à celui déployé sur les sites d'herbier et par le biais

d'un questionnaire adressé aux plongeurs sur site (été 2011), sur lequel le parcours de plongée est retracé sur un modèle en 3D.

L'analyse de ces données montre que :

- Le nombre de bateaux sur le site fluctue entre 0 et 23 par jour, avec une fréquentation journalière la plus élevée au mois d'août,
- le temps de résidence moyen des navires est proche de 1h00, qu'il est influencé par le type d'embarcation et l'activité pratiquée et est par contre relativement stable au cours des mois de l'année,
- les activités les plus pratiquées sont la plongée (62 %) et la pêche de loisir (18 %),
- les embarcations les plus utilisées sont les semi-rigides (52 %),
- deux pics de fréquentation sont observés dans la journée (09:00-12:00 et 14:00-17:00), particulièrement marqués aux mois de mai, juillet et septembre,
- les bouées d'amarrage constituent le moyen le plus utilisé pour séjourner sur site (81 %), suivi de la dérive (12 %) et de l'ancrage (7 %).
- un nombre minimum de 3940 plongeurs et 673 bateaux de plongée ont fréquenté le site aménagé au cours d'une période de 6 mois,
- les plongeurs se rendent sur ce site essentiellement pour des raisons de météo et pour la beauté du site,
- la répartition spatiale des plongeurs est agrégative (Figure 19), notamment au Sud-Est du farillon intérieur.

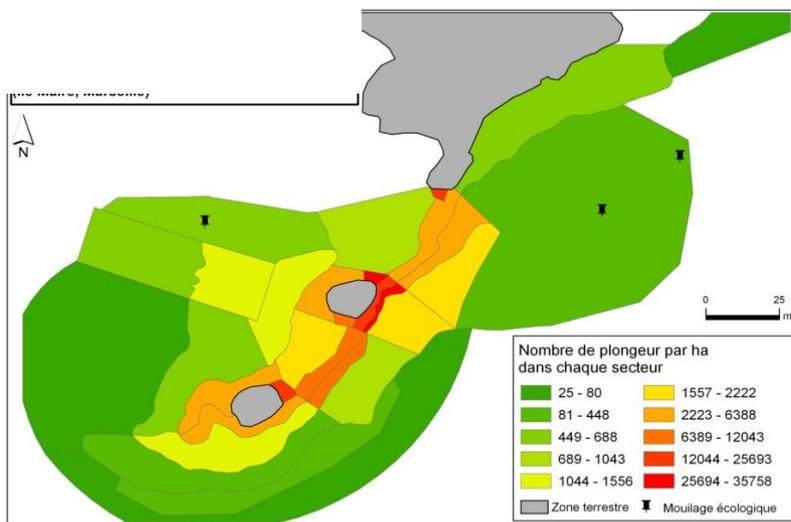


Figure 19. Densité relative de plongeurs (par hectare) sur le site atelier des Pharillons, sur la base des palanquées enquêtées durant la saison estivale 2011 (juillet à septembre).

### c) Caractérisation de la vulnérabilité

Ce site de plongée est soumis à plusieurs pressions dont, la pêche, la chasse sous-marine, les rejets de Cortiou, le changement climatique provoquant des phénomènes de mortalités massives, l'ancrage (moins de 10% des bateaux) mais également la pratique de la plongée sous-marine. Ce type de sites est par conséquent plus vulnérable et est susceptible, d'un point de vue strictement écologique, d'atteindre plus rapidement sa capacité de charge.

## 4.3 Présentation des indicateurs retenus pour la synthèse interdisciplinaire

La démarche interdisciplinaire développée dans ce travail nous a permis de sélectionner un ensemble d'indicateurs. Ils affichent deux caractéristiques essentielles :

- Ils ont été **élaborés** au sein de chaque discipline ce qui garantit leur fondement théorique et leur robustesse dans la discipline concernée ;
- Ils ont été **sélectionnés** de façon ex post ou ex ante afin d'entrer en résonance, c'est-à-dire de s'éclairer mutuellement afin de produire une connaissance pluridisciplinaire.

Ce double processus permet alors de discerner les convergences ou dissonances entre les enjeux écologiques, sociologiques et économiques, et de proposer alors des mesures de gestion différenciées de ces espaces singuliers. Le choix des indicateurs retenus a été fait afin d'établir des gradients intersites permettant en particulier de hiérarchiser les priorités d'interventions des gestionnaires.

A l'issue de cette démarche, nous avons aussi pu mesurer les limites des démarches propres à chacune de nos disciplines dans le sens où parfois elles exigent de nous de nous focaliser sur certains aspects qui ne sont peut-être pas les plus pertinents pour construire une vision intégrée et pluridisciplinaire de la gestion du massif des calanques.

Nous avons procédé par synthèses successives afin d'organiser la lecture et l'interprétation de l'ensemble des données dont nous disposons dans le but d'établir des comparaisons multidimensionnelles et multi disciplinaires de nos différents sites ateliers.

Dans un premier temps, nous avons élaboré un tableau sur la base des différents sites ateliers, Mont Rose, Cap croisette, Callelongue, Marseilleveyre, Pharillons, Sormiou plus La Crine sur l'archipel du Frioul et des modèles écologiques pertinents pour ces sites, éventuellement associés, Phrygane, Coralligène, Posidonie créant ainsi un ensemble de couples (site, modèle écologique).

Dans un deuxième temps, nous avons distingué les **données factuelles de l'expression des représentations et ressentis** pour chacun de ces couples (site, modèle écologique).

**Les données factuelles** ont été organisées au sein de cinq catégories :

- Enquêtes réalisées (qualitatives et quantitatives)
- État de vulnérabilité écologique
- État de la protection et de la réglementation
- État de la sensibilisation sur la protection et la réglementation
- Caractérisation de la fréquentation

**Les représentations et ressentis** organisées au sein de trois catégories

- Patrimoine naturel et paysager
- Protection et de la réglementation
- Fréquentation

Dans un troisième temps, chaque discipline a renseigné les huit items précédents ***lors de séances de travail réunissant l'ensemble de l'équipe***. Ce travail commun permis de valider la pertinence des indicateurs disciplinaires qui avaient été sélectionnés ex ante (c'est-à-dire avant les différents travaux de terrain sous la responsabilité des chercheurs dans une discipline particulière afin de garantir la robustesse scientifique de chacun des protocoles de recueils de données) et d'introduire des indicateurs ex post (c'est-à-dire des indicateurs plus spécifiques à une discipline particulière mais qui entrant en résonance avec d'autres permettaient ainsi une analyse pluridisciplinaire des résultats).

Dans un quatrième temps, nous proposons un tableau de synthèse reposant sur quatre types d'indicateurs indicateurs disciplinaires pour une analyse interdisciplinaire des résultats.

#### 4.3.1 Indicateurs de vulnérabilité écologique

En écologie terrestre, pour les espèces cibles de la phrygane, deux indicateurs ont été retenus (Tableau 1) :

- Le nombre d'individus pour chacune des espèces
 

enjeu très fort	****	100-50% effectif total
enjeu fort	***	49-25% de l'effectif total
enjeu moyen	**	24-10% de l'effectif total
enjeu faible	*	9-0% de l'effectif total
  
- Rapport entre le taux moyen d'individus morts (100% de nécrose) et le taux moyen d'individus sains (0% de nécrose)
 

situation idéale	****	0 (que des individus sains)
situation bonne	***	0,1-0,5 (2 fois plus d'ind sains que d'ind morts)
situation moyenne	**	0,51-1 (autant d'ind mort que vivant)
situation mauvaise	*	1,1-2 (deux fois plus d'ind morts que d'ind vivants)

Ces mesures permettent de disposer de données essentielles concernant l'état des modèles écologiques présents sur chacun des sites.

L'approche intégrative des résultats des 3 espèces pour avoir une approche globale sur l'habitat phrygane n'a pas été retenue. En effet les espèces ont des réponses écologiques différentes ne permettant pas d'établir un gradient de site par rapport à la vulnérabilité de la phrygane. On parlera donc de vulnérabilité des espèces structurantes de la phrygane. Le taux de nécrose pour les individus nécrosés, n'a pas été retenu car il est équivalent quelques soit l'espèce.

**Tableau 1 - Indicateurs de vulnérabilité des espèces structurantes de la phrygane. En vert ont identifiés les sites où l'espèce est en bon état (beaucoup d'individus et deux fois plus d'individus sains que morts), en rouge ont été identifiés les sites où l'espèce est en mauvais état (peu d'individus et deux fois plus d'individus morts que sains).**

Sites ateliers	<i>A. tragacantha</i>		<i>T. tartonraira</i>		<i>P. subulata</i>	
	Effectif	mort/sain	Effectif	mort/sain	Effectif	mort/sain
Mont rose	****	***	*	**	**	*
Cap croisette	**	*	***	***	***	*
Callelongue	*	***	**	*	***	*
Marseillevyre	**	/	***	*	**	*

En écologie marine, les métriques/indicateurs identifiées s'articulent selon deux grandes catégories interdépendantes :

1 - métriques/indicateurs de caractérisation de la fréquentation,

2 - métriques/indicateurs de caractérisation de l'état écologique du modèle herbier et coralligène.

1 - Les métriques/indicateurs retenus de caractérisation de la fréquentation sont :

- Fréquentation moyenne (nombre de bateau ancrés par jour),
- Pics de fréquentation (nombre de bateaux ancrés maximum à un instant donné),
- Densité de bateaux ancrés (carte représentant le nombre de bateaux ancrés par hectare et par jour, moyenne annuelle, période de pointe),
- Types d'embarcations,
- Temps de résidence moyen.

Modèle coralligène :

- Proportion et types d'activités pratiquées (plongée, pêche, plaisance, etc.),
- Nombre d'embarcations (période),
- Nombre de plongeurs (période),
- Temps de résidence.

2 - Les métriques/indicateurs de caractérisation de l'état écologique :

Modèle herbier :

- Recouvrement moyen (%),
- Densité de faisceaux par m<sup>2</sup>,
- Déchaussement (cm),
- Line intercept (%).

Utilisation d'une grille multicritère basée sur 9 indicateurs (au maximum) et sur le poids de l'indicateur vis-à-vis de l'ancrage.

Afin de contourner le fait qu'il n'existe pas de paramètres discriminants exclusif de l'ancrage, une approche multicritère de ces descripteurs a été mise en œuvre (en 2011 à Port-Cros (Rouanet et al., 2013); en 2012 au Frioul) en leur attribuant un facteur de pondération (P) en fonction de leur pertinence vis-à-vis de l'ancrage (Tableau 2). L'état de vitalité de chaque station est noté pour chaque paramètre : 0 pour un mauvais résultat, 1 pour un résultat moyen, et 2 pour un bon résultat. Les paramètres sont ensuite pondérés par le facteur P qui s'échelonne de 1 (à 3, selon la pertinence du paramètre vis-à-vis de l'ancrage). Les notes pondérées de chaque station sont ensuite additionnées afin d'obtenir une note globale par station. Dans notre étude, les résultats sur le rapport entre les *P. nobilis* vivantes et la population totale n'étant pas utilisable pour mettre en évidence la pression d'ancrage, la note globale maximale possible est de 30 (contre 36 pour Rouanet et al., 2012). Le classement des stations (trois classes) est : les notes globales supérieures à 22 sont considérées comme bonnes, de 21 à 13 comme moyennes, et inférieures à 12 comme mauvaises.

**Tableau 2 - Grille multicritère des paramètres descripteurs de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Exemple). Pour les paramètres descripteurs, les valeurs sont comprises entre 0 et 2. Pour le poids des paramètres, les valeurs sont comprises entre 0 et 2.**

Station (densité d'ancrage en bateaux ancrés/j/ha)		1	2	5	3	4	6
Pression d'ancrage	Facteur de pondération	Faible	Fort	Faible	Moyenne	Moyenne	Forte
Descripteur de vitalité							
Recouvrement	3	0x3=0	2x3=6	1x3=3	1x3=3	1x3=3	1x3=3
Densité	2	2x2=4	2x2=4	2x2=4	2x2=4	2x2=4	2x2=4
Déchaussement	1	2x1=2	2x1=2	2x1=2	2x1=2	2x1=2	2x1=2
% plagiotrope au sein de l'herbier	2	2x2=4	2x2=4	2x2=4	2x2=4	2x2=4	2x2=4
Densité de rhizomes arrachés	3	1x3=3	0x3=0	2x3=6	2x3=6	1x3=3	2x3=6
Compacité	2	2x2=4	2x2=4	2x2=4	3	2x2=4	2x2=4
Morcellement de l'herbier	1	0x1=0	2x1=2	2x1=2	1x1=1	1x1=1	1x1=1
Densité <i>Pinna nobilis</i> vivantes	1	0x1=0	0x1=0	0x1=0	0x1=0	0x1=0	0x1=0
Proportion nacres cassées/pop. totale	3	-	-	-	-	-	-
Note globale		17	21	25	22	22	24
Interprétation		Moyen	Moyen	Bon	Bon	Bon	Bon

#### Modèle coralligène :

- Densité, taille et nécrose des peuplements de gorgones *Paramuricea clavata*,
- Diversité spécifique, taux de recouvrement de Bryozoaires, de Porifères, de macrophytes calcaires foliacés.

Les analyses conduites n'ont pas mis en évidence de différences d'état écologique global entre les secteurs très ou peu fréquentés, mais des particularités locales fortes quel que soit le secteur (fréquenté ou non). Aucune relation négative entre le niveau de fréquentation par les plongeurs et l'état des communautés n'a pu être établie.

Le coralligène est un milieu extrêmement complexe dont la caractérisation de l'état est très difficile. Actuellement, plusieurs programmes scientifiques, nationaux et internationaux, sont en cours pour définir des critères de diagnostic de l'état du coralligène.

Ces différents indicateurs nous permettent de disposer d'une information synthétique permettant de caractériser la vulnérabilité écologique d'un site. Ainsi, l'impact de la fréquentation du site pourra être distinguée selon qu'elle intervient sur des milieux considérés ou non comme vulnérables.

#### **4.3.2 Indicateurs économiques**

Cinq indicateurs ont été retenus :

- Usage de proximité
- Niveau de connaissance de la réglementation ou de la protection des usagers du site
- Valeur moyenne du nombre de visites annuelles par personne sur le site
- Bénéfice moyen (CAP moyen) par visite par personne (en euros 2011)
- Revenu moyen (médian) des usagers du site (en euros 2011)

Plus précisément :

- a) Usage de proximité : Indicateur de proximité calculé à partir du pourcentage de personnes venant faire une visite à la journée et qui font un aller-retour dans la journée entre le site et leur résidence principale (les « Proximités »). L'idée est de déterminer si le site est susceptible d'être fréquenté par des habitués.

Pourcentage d'usagers de proximité	0 - 49%	50 – 69%	70 – 89%	90 – 100%
Usage de proximité	1	2	3	4

- b) Le « niveau de connaissance de la réglementation ou de la protection des usagers du site » est déterminé à partir de la valeur minimale entre le pourcentage des usagers sachant que le site est protégé et le pourcentage des usagers sachant que le site est réglementé.

Min (% de personnes sachant que le site est protégé ou réglementé)	0 - 49%	50 – 69%	70 – 89%	90 – 100%
niveau de connaissance	1	2	3	4

La valeur de ces deux indicateurs a été construite à partir des données recueillies par questionnaire.

Pour les trois suivants, leurs valeurs sont issues directement des réponses obtenues à des questions figurant dans le questionnaire. Grâce à ces indicateurs, la fréquentation peut être caractérisée de façon multidimensionnelle afin d'établir des typologies d'usagers. En effet, ces différents indicateurs ont été retenus car ils peuvent être mis en perspective avec la perception des usagers du site sur le niveau de protection ou la fréquentation, retenus comme indicateurs sociologiques, le niveau de protection effectif retenu comme indicateur de réglementation. De plus, il est possible de proposer une première mesure de l'impact d'une restriction à l'accès du site à l'aide de la valeur du bénéfice retiré de la visite du site.

#### 4.3.3 Indicateurs sociologiques

Les indicateurs sociologiques sont exposés sous la forme d'idéaux-types construits afin de rendre compte des représentations de la fréquentation et de la nature des usagers du site ainsi que de leur acceptation de la réglementation. Ils ont été construits à la suite de l'analyse des entretiens semi-directifs effectués lors de l'enquête qualitative.

Trois indicateurs ont été retenus :

- a) Représentation de la fréquentation
- b) Représentation de la nature
- c) Acceptation de la réglementation

Plus précisément, ces idéaux-types sont les suivants et permettent de dresser une nouvelle typologie des usagers du site.

a) Représentation de la fréquentation sur les sites ateliers pour laquelle 3 idéaux-types sont identifiés qui se déclinent en deux sous types :

1- Pas de (sur) fréquentation perçue :

- a) Capacité de charge non atteinte
- b) Dénie stratégique

2- (sur) fréquentation acceptée/négociée :

- a) posture égalitaire et solidaire « *l'accès à la nature est à tout le monde* »
- b) posture de stratégie d'évitement/isolement (accessibilité / période / horaires / difficulté physique...)

3- (sur) fréquentation dénoncée :

- a) « *l'enfer c'est les autres* »
- b) distinction entre quantité et qualité (le type de comportement est plus impactant que le nombre de personnes)

Cet indicateur peut être mis en perspective avec les mesures de fréquentation retenues comme indicateurs économiques.

b) Représentation de la nature sur les sites ateliers marins pour laquelle six idéaux-types sont identifiés.

1. haut lieu de nature sauvage et remarquable
2. nature source de liberté et de tranquillité
3. nature de proximité
4. nature fragile menacée (surtout pas les autres)
5. nature résiliente (ex : retour du mérou pour les plongeurs, retour végétation après incendie)
6. nature domestique : le patrimoine culturel apporte un plus au paysage (cabanons, épaves), l'idée de jardin

Ici cet indicateur est mis en perspective avec les indicateurs de vulnérabilité écologique.

c) Acceptation de la réglementation pour laquelle trois idéaux-types sont identifiés éventuellement déclinés en sous types :

1 - adhésion à une réglementation accrue :

- a) demande (vindicative) de réglementation accrue
- b) acceptation (résignée) de réglementation accrue

2 - refus de réglementation accrue :

- a) réglementation existante jugée suffisante (déjà la faire appliquer)
- b) rejet du principe de réglementation et sentiment d'injustice (contestation de l'autorité et du savoir scientifique)

3 – alternative éducative et incitative (ni pour ni contre la réglementation)

Cet indicateur peut être interprété à la lumière des indicateurs de réglementation qui sont décrits dans le prochain paragraphe.

#### 4.3.4 Indicateurs réglementation

Deux indicateurs ont été retenus :

##### a) la réglementation des sites par leur statut de classement

Les sites d'études bénéficient en effet de plusieurs statuts réglementaires qui peut être européen lié au réseau Natura 2000 (ZSC : zone spécial de conservation, ZPS : Zone de protection spéciale), national (site classé, cœur de parc national, RNN : réserve naturelle nationale), départemental (ENS : Espaces Naturels Sensibles, l'arrêté préfectoral relatif au risque d'incendie) et communal (PMIF : Parc Maritime des îles du Frioul).

Statuts réglementaires terrestres	Européen		National			Départemental		Communal (Marseille)
	ZSC	ZPS	cœur de Parc	site classé	RNN	ENS	AP « risque incendie »	PMIF
Sites d'étude								
Mt Rose/Callelongue /Marseilleyeyre	x		x	x		x	x	
Cap croisette	x		x	x			x	
Tiboulen de Maire	x	x	x	x			x	
Frioul/ Tiboulen de Frioul	x	x	x				x	x
Sormiou	x		x	x			x	

Cet indicateur peut nous permettre d'éclairer la hiérarchisation de l'urgence ou non de mettre en place de nouvelles mesures de protection concernant chacun des sites.

##### b) les modes de diffusions de l'information de ces réglementations *in situ*

Cet indicateur décrit les infrastructures indiquant aux usagers du site les réglementations, interdictions, voire les statuts particuliers dont bénéficie le site concerné. L'idée de cet indicateur est de recenser et de caractériser le type et le niveau d'information dont disposent les usagers du site. Grâce aux entretiens, nous disposons de données concernant la perception par les usagers de ces informations. Les questionnaires nous ont permis par ailleurs de quantifier leur niveau d'information sur les réglementations ou les protections dont les différents sites sont dotés. La mise en perspective de ces différentes mesures permet d'analyser le décalage entre réglementation effective, réglementation perçue, réglementation connue.

#### 4.3.5 Recherche de gradients intersites

En guise de conclusion de cette présentation, soulignons à nouveau qu'il n'est pas possible de dire à partir de notre étude si un site est plus fréquenté qu'un autre. En effet, nous ne disposons pas d'étude générale concernant la fréquentation du massif des calanques, qui est accessible par une multitude de sites tant terrestres que marins. Le choix de sites ateliers sur la base de leur modèle écologique exclut la possibilité de considérer ces sites ateliers comme représentatifs de la fréquentation générale du massif des calanques. Par contre, le choix des indicateurs retenus permet d'établir des gradients intersites.

## 4.4 Caractérisation des sites au regard des indicateurs

L'objectif est de mettre en écho les indicateurs précédemment explicités pour les 3 disciplines (écologie, économie et sociologie) et l'aspect réglementaire concernant les 6 sites retenus (Tableau 3). Il s'agit de se détacher d'une lecture de la protection de la nature qui le plus souvent articule seulement 2 de ces éléments : les données écologiques et l'aspect réglementaire. L'intégration des données issues des sciences sociales permet de complexifier l'analyse en accordant de l'intérêt à l'appropriation sociale des sites étudiés comme un facteur explicatif des usages mais également comme une aide précieuse pour la gestion.

Dans ce cadre, il existerait une situation théorique (voire idéale pour le gestionnaire) qui lierait le bon état écologique du site (via les modèles biologiques retenus), une fréquentation « non impactante », une réglementation efficace et une acceptation de cette réglementation en accord avec la représentation sociale du site comme une nature à protéger.

**Tableau 3 – Caractérisation des sites par des indicateurs interdisciplinaires**

Sites	Indicateurs écologique	Indicateurs économiques : caractérisation de la fréquentation, connaissance réglementation et bénéfice économique	Indicateurs sociologiques : connaissances et acceptabilité	Indicateur de réglementation
<b>Mont Rose</b>	La seule pop Astragale en bon état contrairement à celles de Thyméléé et plantain (peu d'ind et forte mortalité)	- Site avec l'indice de fréquentation le plus élevé (IE 1 et IE 3) - Faible connaissance des mesures réglementaires (IE 2) - Bénéfice accordé au site le plus élevé (IE 4)	- Nature source de liberté et de tranquillité - Nature de proximité - Bonnes connaissances du site, de ses richesses naturelles - Adhésion à une réglementation accrue car manque de connaissances réglementaires - Posture égalitaire et solidaire	Pas d'information <i>(2 panneaux ENS de l'autre côté de la route)</i>
<b>Cap Croisette</b>	La seule pop de thyméléé en bon état contrairement à celles d'astragale qui est la pire, beaucoup de plantain	- Site avec un indice de fréquentation moyen (IE 1 et IE 3) - Faible connaissance des mesures réglementaires (IE 2) - Bénéfice accordé au site le plus faible (IE4)	- Nature source de liberté et de tranquillité - Nature de proximité - Evocations d'un site sale - Adhésion à une réglementation accrue	Peu d'informations <i>(2 panneaux)</i>
<b>Callelongue</b> <b>Marseilleveyre</b>	Peu d'astragale mais majoritairement saines, peu de thyméléés et majoritairement mortes, beaucoup de plantain  Majoritairement des ind morts pour plantain et thyméléé qui a beaucoup ind	- Fréquentation moyenne voire basse pour Marseilleveyre (IE 1 et 3) - Bonne connaissance des mesures réglementaires (IE 2) - Bénéfice accordé au site important pour Callelongue (IE 4)	- Haut lieu de nature sauvage et remarquable - Personnes informées du statut d'espaces protégés - Stratégie d'isolement - Adhésion à une réglementation accrue	Très Peu d'informations <i>(1 panneau)</i>
<b>Pharillons</b>	Peu de différences écologiques en fonction de la pression de fréquentation Pas de relation négative entre le niveau de fréquentation et l'état des communautés. Plusieurs programmes internationaux tentent de définir les critères de diagnostic de l'état du coralligène	- Fréquentation moyenne (IE 1 et 3) - Connaissance moyenne des mesures réglementaires (IE 2) - Bénéfice accordé au site important (IE 4)	- Nature résiliente - Demande de gestion/mouillage	
<b>Sormiou</b>	Spatialisation de l'état écologique de l'herbier. Absence de relation directe évidente entre niveau actuel de fréquentation humaine (ancrage des bateaux) et	- Fréquentation la plus faible (IE 1 et 3) - Bonne connaissance de la réglementation (IE 2)  Fréquentation maximale pendant la belle saison et les week-ends, et par temps calme	- Haut lieu de nature sauvage et remarquable - Acceptation de la réglementation	

	<p>qualité globale de l'état écologique de l'herbier de posidonie, à un instant donné.</p> <p>Déplacement de la pression d'ancrage en 2010 vers le large, par la mise en place de zones réglementées.</p> <p>Nécessité de suivi (moyen à long terme).</p> <p>Etat relatif des herbiers moyen à bon.</p>	<p>Concentration maximale proche de la côte ou au fond des criques.</p>		
<b>Frioul</b>	<p><u>Mer</u> : Spatialisation de l'état écologique de l'herbier.</p> <p>Absence de relation directe évidente entre niveau actuel de fréquentation humaine (ancrage des bateaux) et qualité globale de l'état écologique de l'herbier de posidonie, à un instant donné.</p> <p>Importance de l'histoire du site sur le milieu.</p> <p>Nécessité de suivi (moyen à long terme).</p> <p>Bon état relatif.</p> <p><u>Terre</u> : taux de mortalité élevé du plantain : situation critique</p>	<p>Fréquentation maximale pendant la belle saison et les week-ends, et par temps calme</p> <p>Concentration maximale proche de la côte ou au fond des criques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nature de proximité</li> <li>- Stratégie d'isolement</li> <li>- Rejet de la réglementation en mer</li> <li>- Acceptation terre</li> </ul>	<p>Beaucoup d'information dès 2003</p> <p><u>Communication</u> : concertations N2000 , plaquettes, formation des animateurs, balades nature (terre) et découverte (mer), sentier sous marin, expositions itinérantes</p> <p><u>Actions de sensibilisation</u> : agents du CEN, patrouilles bleues</p> <p><u>Aménagements</u> : 3 panneaux fixes, bornes directionnelles</p>

Notre analyse des 6 sites ne met pas en évidence cette situation théorique mais des combinaisons variées entre ces différents critères qui rendent compte des décalages existants entre la vulnérabilité écologique, les mesures réglementaires qui tendraient à la réduire et les usages sociaux des sites qui peuvent aller ou non dans le sens de cette réduction.

Nous pouvons déceler 6 situations :

**Situation A** : Vulnérabilité faible pour Astragale et forte pour Thymélée / Nature de proximité avec des usages fréquents et fort bénéfique pour la collectivité / Aucune information de réglementations (**le Mont Rose**)

Dans cette situation, l'Astragale de Marseille est exceptionnellement en bon état relatif (beaucoup d'individus et peu de mortalité) contrairement à la Thymélée peu visible pour le promeneur (peu d'individus avec un taux important de mortalité) et présence importante d'espèces exotiques envahissantes. Le site est majoritairement utilisé par des usagers de proximité, « une nature dans la ville ». Ces derniers ont une connaissance accrue du site mais l'information de la protection fait cruellement défaut. La proximité avec la ville assure au site un fort attachement.

Recommandations pour la gestion : accentuer l'information de la réglementation tout en maintenant les populations de phryganes en accord avec une population d'habitues.

Ce site peut être montré comme un cas d'école pour maintenir une nature exceptionnelle dans la ville avec des usagers réguliers voire partenaires des actions envisagées. Une co-construction semble possible.

**Situation B** : vulnérabilité faible pour Thymélée et très forte pour Astragale / Nature de proximité avec des usages de fréquentation « moyenne » et un faible bénéfice pour la collectivité / Peu d'informations (**Cap Croisette**)

Dans cette situation, la thymélée est exceptionnellement en bon état (beaucoup d'individus et peu de mortalité) alors que l'astragale est dans le plus mauvais état. L'omniprésence des nécroses semble correspondre aux pratiques et représentations des usagers qui la perçoivent comme un site fortement pollué et peu entretenu (d'où le faible bénéfice). Les informations et les aménagements sont jugés insuffisants. Cette situation est la situation « théorique » à l'opposé.

Recommandations pour la gestion : réglementation à organiser entre état écologique à restaurer pour l'Astragale et attentes des usagers

Ce site est exemplaire d'un site où vulnérabilité écologique et perceptions profanes de l'état du site se correspondent.

Dans ce cas, il faut être conscient que la restauration écologique sera lourde, avec un bénéfice très modique dans un premier temps et un gros effort d'acceptabilité sociale tout en intégrant les demandes à ce niveau (besoin de voir le paysage, de gestion des déchets et de la circulation,...). Parallèlement, il s'agira de valoriser le site (ex : parking avec barrière, chemin pour aller aux blockhaus avec point d'observation, accès avec assise pour voir la mer et supports d'informations).

**Situation C** : Forte vulnérabilité de la thymélée / fréquence moyenne mais bonne connaissance de la réglementation / informations insuffisantes (**Callelongue**)

Cette situation relève d'un usage moins fréquent des Calanques mais de personnes habituées à randonner dans les massifs.

Recommandations pour la gestion : public acquis à une mise en protection des espèces

Plus on s'éloigne de la ville, plus l'idée de protection « va de soi », il y a une corrélation entre naturalité du site et mise en protection. L'effort de communication doit être plus important dans les zones de marge.

**Situation D** : Vulnérabilité écologique moyenne / Usagers fréquents, acceptant les réglementations, fort bénéfice pour la collectivité / demande de mouillages supplémentaires (**Pharillons**)

Cette situation est proche de la situation théorique. La vulnérabilité écologique n'est pas significative, les usagers ont une connaissance moyenne de la réglementation et semblent l'accepter. Leurs demandes portent sur un besoin supplémentaire de mouillages.

Recommandations pour la gestion : site où la co-construction semble possible pour maintenir le bon état écologique.

**Situation E** : Faible vulnérabilité écologique / fréquentation qui n'est pas de proximité et donc occasionnelle (**Sormiou**)

Cette situation montre un site peu utilisé par des plaisanciers vivant à proximité mais la fréquentation peut être ponctuellement forte par des usagers venant de l'extérieur.

Recommandations pour la gestion : prendre en compte la provenance des plaisanciers

**Situation F** : Faible vulnérabilité écologique / fréquentation de proximité / connaissances de la réglementation contestée par les plaisanciers (**Frioul**)

Cette situation relève d'un bon état écologique. Pour les usagers terrestres, le site est bien balisé. Pour les plaisanciers, une contestation existe par rapport à la réglementation.

Recommandations pour la gestion : site géré, et apparemment bien, depuis longtemps.

Ces différentes situations montrent la difficile application d'une gestion normée à l'échelle d'un espace naturel. Elles plaident, au contraire, pour réfléchir à l'échelle d'un « site » qui a du sens, pour l'écologie mais également pour les usagers directs du site. Cela rompt avec l'habitude qui vaut que les gestionnaires s'adressent aux représentants d'associations qui portent un discours généralisateur. L'approche sociologique par le terrain met en évidence les interactions complexes qui se nouent entre les ressources naturelles et les usages qui peuvent les impacter. D'une manière générale et bien éloignée d'un discours commun, les usagers interrogés font preuve de bienveillance à l'égard de la nature ; ils portent un regard réaliste sur les sites et sont prêts à accepter des réglementations mais dans une certaine limite que le gestionnaire devra définir.

## 5 Conclusion et retombées pour la gestion

Dans l'appréhension de la vulnérabilité des systèmes littoraux, même en focalisant sur les enjeux écologiques, l'approche interdisciplinaire s'avère indispensable, d'abord pour comprendre les processus qui conduisent à la dégradation des écosystèmes et des espèces, ensuite pour identifier et définir les leviers d'action visant à atténuer cette vulnérabilité.

Le programme FHUVEL met l'accent sur le caractère complexe des systèmes littoraux tout en démontrant les apports respectifs des différentes disciplines dans l'étude de cette complexité. Par des échanges constants entre les spécialités, il a été possible de partager la notion de vulnérabilité, de l'évaluer conjointement pour les milieux marins et terrestres, puis de remettre en perspectives par rapports aux usagers et aux attentes sociales.

L'ensemble de la démarche retenue dans ce programme relève d'une approche intégrative, en confrontant les regards des bio-écologues avec ceux des socio-économistes, en lien permanent avec les préoccupations et les apports des gestionnaires du territoire concerné.

Au-delà des résultats obtenus exposés ci-dessus et des propositions concrètes qui en découlent en termes de gestion, le programme FHUVEL permet de mettre l'accent sur la nécessité de spatialiser les études, et même de les contextualiser avec la prise en compte de caractéristiques très locales et multi-critères pour définir des modes de gestion adéquates. Toutefois, ces approches micro-locales ne sont pas antinomiques avec des réflexions générales. Bien au contraire, des efforts de conceptualisation globale sont nécessaires pour que chaque discipline puisse s'enrichir mutuellement et surtout pour dégager, in fine, le caractère générique et extrapolable de l'ensemble des résultats obtenus, même si, à priori, ils ne concernent que des espaces relativement réduits.

### 5.1 - Propositions concrètes pour les gestionnaires du site

Suites aux nombreux échanges que nous avons pu avoir entre spécialistes des différentes disciplines qui sont représentées dans le programme FHUVEL, ainsi qu'à la lumière des résultats que nous avons obtenus, nous pouvons dresser une première liste d'actions concrètes et relativement faciles à mettre en œuvre pour améliorer l'état écologique général du site et des écosystèmes que nous avons étudiés. Ces actions, se déclinant suivant les types d'usagers (plongeurs, plaisanciers, usagers "terrestres"), mettent l'accent sur l'aménagement des sites pour organiser la fréquentation et les démarches pédagogiques et/ou d'informations à mettre en œuvre.

En outre, même si nos travaux sont très territorialisés, les modes d'actions que nous pouvons dégager sont, pour la plupart, tout à fait transférables, à d'autres situations similaires sur le pourtour du littoral méditerranéen, ainsi que sur les systèmes insulaires.

Ces actions peuvent être déclinées suivant les modes d'usages et les acteurs concernés.

#### **Plongeurs :**

- Mettre en place des systèmes de récifs artificiels à vocations écologique et paysagères, notamment à proximité des sites les plus visités et à une profondeur d'excédant pas une vingtaine de mètres.
- Développer les bouées fixes sur les principaux spots de plongée
- Sur quelques sites établir au préalable de la pose des bouées un état des lieux écologique du coralligène pour évaluer le bénéfice de l'installation
- Développer le volet écologie dans la formation des plongeurs et des moniteurs.

#### **Plaisanciers :**

- Développer le volet écologie dans la formation au permis bateau
- Développer des mouillages organisés dans les zones les plus fréquentées et les plus proches de la côte : utilisation diurne gratuite, éventuellement nuitées payantes (sommes modiques pour éviter un rejet trop virulent chez les locaux).
- Sur quelques sites établir au préalable de la pose des bouées un état des lieux écologique de l'herbier pour évaluer le bénéfice de l'installation

#### **Usagers "terrestres" :**

- Etendre l'expérience d'aménagement des sentiers réalisée au Frioul (signalétique et délimitation légère), prioritairement aux portes d'entrée les plus fréquentées des Calanques pour lutter contre la multiplication des sentiers (Montrose, Goudes, Callelongue) et sur le long terme à l'ensemble du Massif (y compris l'accès aux voies d'escalade).
- Proposer des itinéraires courts (type marche digestive familiale avec vue sur la mer) avec des sentiers balisés et des plans d'information.
- Installer des panneaux d'information sur la flore autochtone/endémique, avec un sentier court de découverte botanique : insister sur le caractère naturellement « aride » des milieux méditerranéens, déconstruire l'idée du buisson rabougri et desséché en « l'élevant » au rang d'espèce méditerranéenne endémique (ce dernier point nécessitant un véritable effort de pédagogie car relativement contre intuitifs par rapport aux représentations les plus commune de "l'idéal écologique).
- Organiser et circonscrire le parking sauvage.
- Poursuivre le développement des transports en commun routiers et marins avec des parkings relais, couplé à des politiques de dissuasion d'utilisation de la voiture pour se rendre à Callelongue (horodateurs, par exemple pour les parkings, mais un travail d'acceptation sera nécessaire auprès des locaux)
- Inciter des initiatives d'écotourisme pour la circulation sur les routes du feu et sur les routes littorales (Callelongue) : Location d'ânes bâtés par exemple.

**Au-delà de tous ces points, une règle générale peut être dégagée : toujours éviter l'interdiction brute et lui privilégier la recherche d'alternatives et de substituts.**

Par ailleurs, les actions et recommandations locales doivent être recontextualisées de manière à ne pas donner l'impression de "berner" les usagers. Dans le cas de notre modèle d'étude, il s'agit de bien mentionner l'impact des pollutions aériennes, marines et terrestres sur la biodiversité, même si ce dossier échappe au seul domaine de compétence d'un Parc national et qu'il doit être traité au niveau national. Ainsi, il convient de mobiliser une lecture multi-scalaire des facteurs impactant les écosystèmes des Calanques et des îles, et de soulever la question de la multi-responsabilité des sources de dégradation amenant dès lors à interroger la répartition de l'effort écologique à consentir par les différents acteurs impliqués (usagers, acteurs économiques, puissance publique, ...).

## **5.2 - Perception et appropriation des résultats par le Parc national des Calanques**

De manière transversale, ce travail démontre à la fois l'intérêt, dans ce contexte péri-urbain, d'avoir une approche interdisciplinaire (écologie/SHS) et sa réussite.

Il a permis d'identifier de forte disparité d'usages et de perceptions en fonction des sites, ce qui ne facilite pas la recherche d'une approche globale de la gestion. Pour le volet communication il a apporté un élément important sur la nécessité de recontextualiser les actions et recommandations au regard des grandes sources de pollutions et de reconnaître la multi-responsabilité des sources de dégradation afin d'éviter d'impressions qu'ont les usagers d'être stigmatiser.

Il prend aussi toute son importance du fait d'avoir été réalisé à la création du parc, établissant un état des lieux précieux à la fois écologique, de pression de fréquentation sur les usages marins, de perception des personnes sur la nature, le paysage et la réglementation, de caractérisation de la fréquentation et d'aménité.

Ces sites ateliers de FHUVEL pourront être repris comme des sites de suivis pour l'évaluation de la gestion par le Parc national des Calanques pour répondre aux questions : comment les actions de gestion (baliser un sentier littoral ouest, installer une aire de stationnement au cap croisette, poser des panneaux d'information, poser des bouées de mouillage, etc.) influenceront la fréquentation (plus de visiteurs que de proximités), la perception des usagers, leur impact sur la nature et quelle sera la trajectoire d'état de conservation de ces habitats emblématiques sur ces sites fréquentés ?

### **5.2.1 Edition d'une plaquette de portée à connaissance du programme FHUVEL**

Un livrable sera distribué en 500 exemplaires à partir de juin 2014 aux membres du Conseil d'administration et du Conseil scientifique du Parc national des Calanques et plus largement aux élus locaux (Conseil régional, Conseil général, Marseille Provence Métropole, Ville de Marseille, etc.), aux propriétaires/gestionnaires des sites, aux partenaires scientifiques ainsi qu'aux établissements impliqués dans la gestion intégrée des zones côtières (tels l'Agence des Aires Marines Protégées, l'Agence de l'Eau, le conservatoire du littoral, Parc Marin de la Côte bleue).

Il s'agira d'une plaquette de 16 pages pour le porté à connaissance notamment de la plu value d'un travail interdisciplinaire, d'une méthode originale d'étude spatialisée de la fréquentation et de l'état de conservation alarmant de la phrygane ainsi que la nécessité d'adapter des mesures de gestions à l'échelle des sites. Elle mettra l'accent sur le fait de penser la gestion en articulation avec la Ville et relayera la perception de nature.

### 5.2.2 Aide pour la mise en place des suivis de la fréquentation

Les résultats du programme ont une application directe dans la mise en œuvre du suivi de la fréquentation pour le Parc national des Calanques, d'une part, à l'échelle d'un site, (mise en place de bouées, tracé d'un sentier littoral ouest), mais également pour le suivi à plus grande échelle, appliqué aux cœurs terrestres et marins du Parc national.

En effet, la charte du Parc national prévoit, dans l'objectif de maîtriser la fréquentation et d'organiser les usages sportifs et de loisirs (mesure partenariale n°35 de la charte du parc), la mise en place d'études et de suivi de la fréquentation et des retombées économiques.

Ainsi, dès 2014, un protocole de suivi annuel de la fréquentation est élaboré dans le cadre des missions des agents des secteurs du parc. Ce suivi, hérité des actions menées par les précédents gestionnaires de la Réserve naturelle nationale de Riou et du Parc Marin des Iles du Frioul, était réalisé depuis la mer afin de quantifier la fréquentation par la plaisance et la présence des personnes sur le liseré côtier (sur les plages, les roches, les sentiers). Dorénavant ce suivi sera réalisé à l'échelle de tout le cœur et mobilisera d'importants moyens humains et nautiques. Afin d'optimiser la méthodologie, les résultats de FHUVEL aideront à déterminer les points clés du protocole : période et horaires, comparaison et substitution des relevés sur le terrain avec des données photographiques de survol aériens, etc.

A partir de 2015, les résultats de FHUVEL seront également exploités pour définir le protocole d'étude de fréquentation quinquennale établi en inter-parc nationaux par Parc nationaux de France. Le protocole commun des parcs sera adapté au territoire du Parc national des Calanques qui réalisera cette étude pour la première fois en 2016. Caractérisé par des espaces terrestres et marins, un contexte périurbain, de nombreux usages récréatifs et professionnels, les volets quantitatifs et qualitatifs seront déployés à l'échelle du cœur de parc.

Ainsi, l'élaboration du protocole intégrera les résultats du programme, déterminants notamment dans le choix des sites de comptage et d'enquête. En effet, FHUVEL a démontré une forte variabilité inter-sites et la nécessité de faire le choix des sites les plus représentatifs pour caractériser la fréquentation à l'échelle du cœur de parc.

### 5.2.3 Aide pour établir un schéma de l'organisation des mouillages

Les résultats obtenus dans le cadre du programme FHUVEL aideront à la réflexion d'un schéma d'organisation globale du mouillage (plaisance, plongée, kayak) qui débutera fin 2014 (Proposition de Mesure Règlementaire n°2 de la Charte vol I) à l'échelle du Parc et des alentours (Parc Marin de la Côte Bleue, baie de la Ciotat) et plus spécifiquement dans la calanque de Sormiou, emblématique et très fréquentée.

Ce schéma d'avère nécessaire au regard des nombreuses initiatives en cours comme le plan de balisage ou l'opération pilote ANCREMHER en 2010 (9 mouillages fixes pour la plongée dont trois aux Pharillons) mis en place par la Ville de Marseille, les mouillages autour de l'île Verte, ou avenir car de nouveaux projets émergent sur cette thématique : création d'une Zone de Mouillage et d'Equipements Légers (ZMEL) à Sormiou, extension d'ANCREMHER avec 16 bouées sur le littoral marseillais.

Les résultats de FHUVEL apportent ainsi plusieurs éléments en termes de méthode et de connaissance pour deux sites emblématiques de la plaisance (Sormiou, Cal de la Crine) sur le comportement des usagers (spatialisation temporelle), leur connaissance de la réglementation, leur niveau d'acceptabilité pour la mise en place de bouées, leur vision sur leur pratique et leur attente envers le parc sur lesquels on pourra s'appuyer pour mettre en place des mesures de gestion (quel type de bateau dans quelle zone, identification précise des sites à moindre pression pour des mouillages fixes, sites à fortes pressions avec enjeux écologiques pour des bouées).

Au-delà d'une connaissance sectorisée, les différentes méthodes et techniques utilisées dans ce programme (appareil photo, suivi en plongée, questionnaires) ont permis d'obtenir des résultats de qualité et de révéler des éléments nouveaux (ex : temps de résidence au mouillage, non saturation des bouées au Pharillons) indispensables pour une gestion efficace de la plaisance et de la plongée vis-à-vis des communautés biologiques.

#### Les apports pour l'Herbier de Posidonie

- plusieurs indicateurs/descripteurs de l'état de vitalité de l'herbier de Posidonie ont été suivis dans le cadre de ce programme et le parc réfléchira à leur utilisation (si tous sont indispensables à suivre ou seulement quelques uns) pour le suivi de l'herbier sur l'ensemble de son aire de répartition. Compte tenu de la forte hétérogénéité entre les herbiers, il faudra choisir les indicateurs pertinents pour pouvoir établir une typologie sur une grande surface.
- Il a été proposé de mettre en place un suivi dans le temps de l'herbier de Posidonie de part et d'autre de la ligne de bouées délimitant la Zone d'Interdiction du Mouillage (ZIM) à Sormiou qui était destinée au partage de l'accès à la calanque entre plaisanciers et baigneurs. Ce suivi n'avait pas été identifié par le parc mais apparaît intéressant à réaliser dans la cadre de l'évaluation de la gestion par le plan de balisage. En effet il est important pour évaluer cette mesure de gestion d'identifier des signes :
  - o de retour de l'herbier en fond de Calanque : l'herbier restant dans cette partie de calanque est peu profond, il subit un fort hydrodynamisme et il a été soumis depuis longtemps à une très forte pression d'ancrage, ce qui pré-suppose qu'il a une résistance à la contrainte
  - o de dégradation de l'herbier situé au niveau de la ligne de bouées : l'herbier est profond, soumis à un hydrodynamisme moindre, et récemment soumis à une très forte pression d'ancrage, ce qui pré-suppose une forte vulnérabilité

Le suivi de l'herbier de Posidonie devra se reposer sur le protocole mis en place dans le cadre de FHUVEL afin de conserver une certaine cohérence.

#### Les apports pour le Coralligène

Dans le programme pilote de mise en place de neufs mouillages fixes par la Ville de Marseille il n'était pas prévu de réaliser ni un état des lieux ni un suivi de fréquentation et de l'état écologique des communautés du coralligène.

Le programme FHUVEL a permis d'effectuer un état zéro pour les 3 bouées au Pharillons. Il apparaît alors indispensable pour le parc qu'un suivi « état zéro » des communautés soit réalisé sur certains sites avant la mise en place des 16 nouveaux mouillages prévus pour l'été 2014. Un suivi à moyen et long terme comme celui préconisé par FHUVEL devra également être instauré par le parc et la ville. Il serait là encore opportun que le protocole mis en place se base sur celui de FHUVEL.

Sur le volet de l'approfondissement des connaissances concernant l'activité de plongée sous-marine, le programme « *PLOUF ! Pratiques de la plongée sous-marine sur le littoral marseillais, éléments de connaissance pour une aide à la gestion. Approche géographique* » porté par Samuel ROBERT du laboratoire ESPACE, UMR 7300 AMU devrait démarrer courant 2014. Il s'appuiera sur les résultats de FHUVEL notamment pour la méthodologie qui repose sur une approche spatiale et par enquête.

#### **5.2.4 Contribution pour un projet LIFE Nature en 2015**

Les sites d'étude pilote ont été choisis au départ avec l'ensemble des gestionnaires parce qu'ils correspondent à un réel besoin de gestion (biodiversité exceptionnelle et forte pression d'usage). Ainsi les résultats interdisciplinaires de chacun des sites ateliers terrestres permettent d'avoir des informations suffisamment précises pour pouvoir maintenant prioriser les actions de gestion sur le littoral ouest marseillais et les îles. Ces actions seront portées en 2015 dans un projet de programme

LIFE NATURE « *Habitats Littoraux Méditerranéens* » afin d'avoir une approche spatiale cohérente de gestion et une programmation sur 5 ans. Ce projet LIFE s'appuiera largement sur les résultats et propositions d'actions de FHUVEL pour faire valoir son intérêt auprès de la commission européenne.

Le volet écologie terrestre de FHUVEL a permis d'éviter l'écueil d'une approche de gestion globale de l'habitat Phrygane, mais plutôt une approche spécifique du fait des réponses démographiques disparates des espèces structurantes de cet habitat. Il paraît maintenant comme une évidence qu'il y a une urgence de gestion sur ces 3 espèces en déclin mais aussi d'une meilleure connaissance des causes de non germination *in situ* notamment pour *P. subulata*, des causes de mortalité des plantules de 6 mois d'*A. tragacantha in situ* et des évolutions disparates des nécroses qui pourraient être expliquées par l'effet de l'exposition aux vents et/ou de l'effet de micro-reliefs.

Le suivi de l'état de conservation de ces espèces est une action forte qui sera rapportée dans la stratégie scientifique du Parc national. FHUVEL a permis d'identifier des indicateurs pertinents de suivi de ces espèces (nombre d'individus sains et nombre d'individus morts) et nous évite l'écueil de suivre l'évolution des nécroses par individus nécrosés. Ceci représente un réel gain de temps pour obtenir une réponse écologique efficace. Tout ou partie des relevés de 100m<sup>2</sup> géoréférencés seront repris pour ces suivis.

Le projet LIFE a pour principaux axes d'ambitions de :

(i) canaliser la fréquentation :

- a. par le balisage d'un sentier littoral : une approche interdisciplinaire mettra en regard (i) la spatialisation de la présence d'espèces protégées, (ii) la spatialisation de la fréquentation qui sera recueillie par la méthode photographique de FHUVEL pour définir les sentes les plus empruntées, (iii) l'appropriation sensible aux chemins<sup>5</sup> développée en 2014 par un travail en sociologie dans le cadre de l'Observatoire Homme Milieu Littoral.
- b. Par l'aménagement d'aires de stationnement, d'observatoire, de panneaux d'informations : FHUVEL a caractérisé selon un gradient d'urbanité les types d'usagers, leurs attentes et leurs prédispositions à accueillir des actions de gestion en faveur de la nature.

(ii) Restaurer les habitats :

- a. Par l'arrachage des espèces exotiques envahissantes : le site du Mont Rose est le principal concerné, mais dans le cadre d'une gestion plus large, une priorité sera mise sur l'arrachage de tout départ d'espèces envahissantes d'autant que la limitation de la croissance des 3 espèces protégées étudiées a été démontrée par FHUVEL.
- b. Par le renforcement des 3 espèces de la phrygane : les connaissances acquises sur la biologie et l'écologie de ces espèces sont précieuses. Elles ont mis en évidence leur état très vulnérable proche à moyen ou long terme de la disparition de ces espèces. Pour mener au mieux cette action de renforcement, la connaissance sur l'efficacité de la scarification des graines permet d'obtenir un maximum de plantules, leur sensibilité ou non à la concurrence interspécifique permet de favoriser la réussite de l'opération en ne plantant pas de plantain à proximité de Brachypode, ou d'Astragale à proximité

---

<sup>5</sup> « Les chemins de randonnée en façade maritime : une activité de loisirs au service de la maîtrise de l'anthropisation littorale ? Gestion et valorisation des milieux, par le patrimoine naturel et culturel autour des sentiers, application à deux cas d'étude du littoral méditerranéen : les portes des Calanques de Marseille et les Rivages de Balagne (Corse) » - H. Melin, CLERSE (UMR 8019)

d'espèces de garrigue, ce qui aurait pu arriver dans l'objectif de les éloigner des embruns, leur non sensibilité au stress hydrique (ce qui évite l'arrosage) sauf peut-être pour les plantules de plantain au bout du 4<sup>ème</sup> mois.

- c. Par exportation des remblais : éléments d'urbanité, ils contribuent à la restriction de la répartition des habitats littoraux mais ils sont aussi en partie responsables de la rudéralisation de la flore littorale, comme démontré dans FHUVEL.