



2



*CARTOGRAPHIE DES  
HABITATS*

L'inventaire général de tous les habitats du site a nécessité l'utilisation conjointe de plusieurs techniques :

- la photographie aérienne pour les zones peu profondes et notamment pour localiser les herbiers,
- l'imagerie acoustique (sonar et sondeur) couplée à des transects en plongée sous-marine pour la cartographie des substrats durs (habitats 1120, 1170, 8330),
- le prélèvement et l'analyse de sédiments pour la cartographie des substrats meubles (habitat 1110).

Les herbiers de posidonie ayant la particularité locale de se développer dans les zones d'éboulis et de roches, ils sont inclus dans la dénomination « substrats durs ».

## **CARTOGRAPHIE DES SUBSTRATS MEUBLES**

### **METHODOLOGIE**

#### **Sédimentologie**

Deux cent quatre vingt dix stations ont été échantillonnées pour caractériser les sédiments : la granulométrie et le contenu organique. La carte 3 présente la carte des stations échantillonnées pour la sédimentologie qui a servi aussi de référence pour établir une carte bathymétrique (carte 4 A et annexe 1). Une étude plus fine avec un réseau de maille de 25 mètres est en cours d'élaboration mais seule la partie Sud de la région est actuellement terminée (carte 4 B)

Tous les prélèvements ont été effectués à bord du navire océanographique Néréis II à l'aide d'une benne *van Veen* (0,1 m<sup>2</sup> de surface d'ouverture). La méthodologie utilisée pour le traitement de ces prélèvements en vue de l'analyse de la macrofaune est présentée à la figure 8. De plus deux échantillons de sédiment ont été prélevés à chacune des stations étudiées. Le premier a servi à la mesure de la granulométrie et le second à celle des contenus organiques.

#### ***Granulométrie***

Les mesures granulométriques sont effectuées directement sur le sédiment frais à l'aide d'un microgranulomètre laser de type Malvern ® Mastersizer 2000 pour les stations dont la taille des particules ne dépassait pas 1 mm. Pour les stations dont la taille des particules dépassait 1 mm, les mesures ont été effectuées à l'aide d'une colonne de tamis de vide de maille décroissant de 3150 µm à 40 µm (3150 µm, 2500 µm, 2000 µm, 1600 µm, 1250 µm, 1000 µm, 800 µm, 630 µm, 500 µm, 315 µm, 250 µm, 200 µm, 160 µm, 125 µm, 100 µm, 80 µm, 63 µm, 40 µm)(Norme AFNOR). Le sédiment est alors rincé (eau distillée), séché (65°C pendant 24h) puis placé dans le tamis supérieur de la colonne. Le tamisage est ensuite réalisé mécaniquement pendant 5 minutes et les particules sédimentaires retenues sur chacun des tamis pesées au dixième de mg près.

#### ***Matière organique***

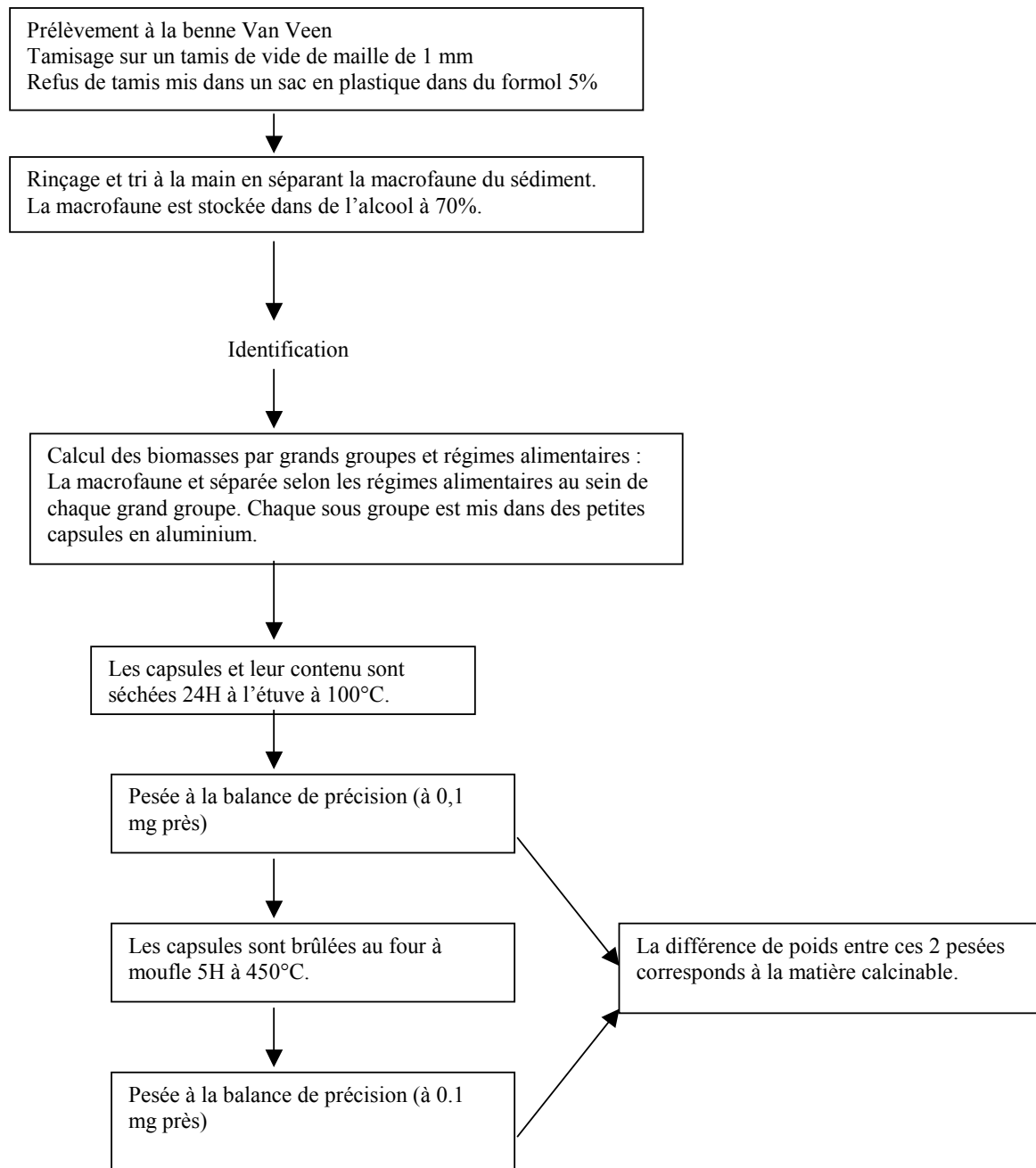
Pour la détermination des contenus organiques, les sédiments sont rincés deux fois à l'eau distillée, centrifugés et séchés (110°C pendant 12h) puis pesés. Ils sont ensuite calcinés (450°C, 5h) puis pesés à nouveau. Les teneurs en matière organique sont calculées comme la différence de poids entre ces deux pesées ramenée au poids initial de sédiment séché. Trois réplicats sont réalisés pour chacune des stations étudiées.

- **Etude de la macrofaune benthique**

La macrofaune benthique, ou macrobenthos, correspond à l'ensemble des organismes de grande taille (>1mm) vivant dans, sur, ou associé au sédiment. Ces organismes présentent souvent une mobilité réduite et des phases sensibles dans leur cycle de vie qui les rendent particulièrement dépendants des conditions du milieu. Ceci explique que le macrobenthos soit classiquement utilisé en tant qu'indicateur des changements environnementaux et de l'état de conservation des habitats.

La macrofaune benthique a été prélevée à 20 stations à raison de 5 réplicats par station. La localisation de ces stations est présentée carte 5. Ces 20 stations avaient déjà été échantillonnées quantitativement par Guille en 1967 et 1968 (Guille, 1969), et six d'entre elles avaient été revisitées en 1994 (Grémare et al 1998). Le positionnement des stations de Guille a été initialement déterminé à l'aide d'amers. Les coordonnées correspondantes ont été estimées à partir de la profondeur de ces stations et de leur position par rapport à la côte. Les lignes des anciennes cartes bathymétriques ne correspondant pas exactement à celles des cartes actuelles, il est clair qu'une assez grande imprécision est alors associée à cette opération.

Les prélèvements sont réalisés à la benne van Veen (figure 8) et tamisés directement sur le bateau sur un tamis de maille 1 mm. Les refus de tamis sont transférés dans des sacs en plastiques étiquetés et conservés à l'aide de formol à 5%. Au laboratoire, les prélèvements sont relavés puis triés afin de séparer la faune qui est alors conservée dans de l'alcool à 70°. La faune est ensuite identifiée puis séparée selon les régimes trophiques des différents phyla. Les calculs de biomasses sont réalisés par différence de pesée entre le poids sec (24h à 100°C) et le poids de cendres (5h à 50°C)



**Figure 8.** Méthodologie utilisée pour le traitement des prélèvements en vue de l'analyse de la macrofaune et des principaux paramètres associés

## **RESULTATS**

### - **Sédimentologie**

#### ***Granulométrie***

L'analyse des 290 stations de prélèvement permet de dresser une cartographie d'ensemble de la zone mais il faut préciser que la maille retenue (500 mètres) ne permet pas de décrire correctement la proximité immédiate du trait de côte (inférieure à 500 mètres). Cette lacune est comblée par les techniques complémentaires pour décrire les autres habitats. Il faut aussi prendre en compte l'hétérogénéité très importante des fonds marins dans cette région.

La carte générale des fonds meubles est présentée sur la carte 6. Afin de mieux représenter la répartition des différentes fractions granulométriques, 3 cartes ont été établies qui présentent le pourcentage granulométrique des fractions suivantes: entre 200µm et 2 mm correspondant aux sables grossiers et graviers (carte 7), entre 40 et 200 µm correspondant aux sables fins (carte 8) et inférieure à 40 µm correspondant aux vases (carte 9). Un exemple de résultat obtenu à la station 168 est présenté en annexe 2. Les autres données brutes sont conservées sous forme informatique.

Les fonds meubles de cette région à ces profondeurs sont sableux et sablo-vaseux et dans une moindre proportion, vaseux, excepté la zone proche de la côte où la fraction moyenne grossière ou grossière domine. C'est le cas au niveau des baies et au pied des caps. Dans ces zones certains points n'ont pu être échantillonnés en raison de la présence de roches, de coralligène ou d'herbier. De manière générale on observe un gradient de granulométrie décroissante depuis la côte vers le large.

#### ***Matière organique***

Les teneurs en matière organique sont présentées en annexe 3 et la distribution correspondante à ces résultats est présentée à la carte 10.

Ces teneurs sont comprises entre 0% (pour les sables) et 5% (pour les vases). Elles sont tout à fait comparables avec celles que l'on mesure dans des fonds identiques non pollués c'est à dire qu'elles sont faibles. Dans les lagunes et les étangs du Languedoc Roussillon on observe presque toujours des teneurs de l'ordre de 15 % (étang de Thau). La seule anomalie relevée dans la zone située entre Le Racou et Collioure où l'on peut supposer qu'il s'agit d'une accumulation de fibres de posidonie ou des reliquats d'un ancien émissaire.

Ces résultats confirment le fait qu'il s'agit de fonds peu pollués du point de vue organique ce qui laisse présager une faible pollution chimique car ces deux paramètres sont en général associés.

### - **Macrofaune benthique**

#### ***Densité et diversité***

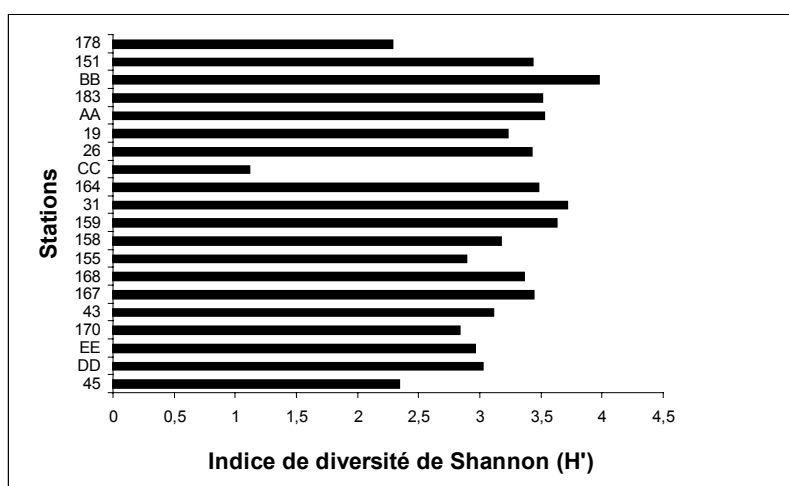
L'analyse faunistique des 20 stations a conduit à la détermination de 8207 individus appartenant à 376 espèces (Annexe 5). Un exemple des résultats bruts de l'analyse faunistique à la station 168 est présenté en annexe 4 (les autres données brutes sont conservées sous forme informatique). La diversité spécifique et la densité sont présentées sur le tableau 5 et sur les cartes 11 et 12.

Les Annélides sont les plus nombreuses avec 171 espèces dont 85 dépositives, 74 carnivores et 12 Filtreurs. Les Crustacés sont représentés par 109 espèces dont 86 dépositives, 22 carnivores et 1 Filtreur. Les Mollusques sont représentés par 59 espèces dont 33 filtreurs, 17 carnivores et 9 dépositives. Les Echinodermes sont représentés par 18 espèces dont 13 dépositives et 5 carnivores. Les Cnidaires sont représentés par 7 espèces toutes carnivores (annexe 5).

Certains taxons particuliers sont intéressants sur le plan zoologique du fait de leur rareté relative : il s'agit des Pilargidés (Annélides) (Stations 164,183,AA,BB), des Amphioxus (Procordés) (stations 158, EE) et des Echiuriens (station 178). La très grande majorité des autres espèces sont communes et ne présentent pas d'intérêt majeur.

**Tableau 5 : Densité de la faune**

stations	S (Nb d'esp/ 0,5 m <sup>2</sup> )	N (Nb d'ind/0,5m <sup>2</sup> )	N (Nb d'ind/m <sup>2</sup> )
168	56	498	996
31	79	828	1656
45	15	85	170
43	55	456	912
26	75	1028	2056
19	65	600	1200
151	73	700	1400
164	113	2202	4404
CC	45	1362	3406
155	67	766	1532
159	64	590	1180
183	87	1164	2328
167	57	386	772
178	100	1918	3836
DD	42	496	992
EE	27	178	356
170	51	638	1276
BB	107	994	1988
AA	80	758	1516
158	77	1056	2112

**Figure 9. Indices de diversité de Shannon (H') de la macrofaune benthique aux 20 stations étudiées**

Certaines espèces ont des densités élevées comme les *Notomastus* avec 1450/m<sup>2</sup> à la station 158, les Sipunculides avec 2530/m<sup>2</sup> à la station 178 et, dans une moindre mesure, *Spisula subtruncata* avec 430/m<sup>2</sup> à la station 170, *Siphonocetes* avec 230/m<sup>2</sup> à la station 168, *Apseudes* avec 250/m<sup>2</sup> à la station 26 et *Amphiura chiajei* avec 140/m<sup>2</sup> à la station BB.

Seules 3 stations (45, 167,EE) ont une densité inférieure à 1000 individus par mètre carré. De plus 3 autres stations (168, 43 et DD) ont une densité proche de 1000 ind par m<sup>2</sup>.

Les stations situées à proximité du rivage (Paulilles : st 45 et Argelès : st EE) ont des densités faibles inférieures à 1000 individus par mètre carré : respectivement 170 et 356 ind/m<sup>2</sup>.

L'analyse statistique des résultats a permis de calculer les principaux indices de diversité de la macrofaune sur l'ensemble des stations. A titre d'exemple, les indices de Shannon correspondants sont présentés sur la figure 9 et la carte 13. Ces indices sont compris entre 1,11 et 3,98, ce qui traduit la présence de peuplements bien diversifiés à la quasi totalité des stations étudiées. Seules les stations 45 et EE proches du rivage ont une diversité très faible.

Les Carnivores sont bien représentés avec 126 espèces (ou taxons) sur un total de 376, les Dépositivores sont représentés par 202 espèces (ou taxons) et les Filtreurs par 48 espèces ( ou taxons).

### **Biomasses**

La contribution des différents groupes trophiques à la biomasse totale est présentée sur la carte 14. L'ensemble des résultats est présenté en annexe 6.

La présence des carnivores est particulièrement forte dans la zone Nord et aux faibles profondeurs. La région de Port-Vendres présente des biomasses très importantes de carnivores. Il est possible que l'activité de pêche du port de Port-Vendres induise un enrichissement de cette zone en débris organiques. Il convient cependant qu'au droit du Tech et dans les faibles profondeurs on retrouve aussi une forte proportion de carnivores.

A la station C la présence d'un individu de grande taille de *Callista chione* (bivalve filtreur) explique le déséquilibre observé entre les filtreurs et les autres groupes trophiques. Il est probable que les individus de grande taille (en majorité des dépositivores et des filtreurs ne sont pas capturés par la benne van Veen surtout dans les substrats hétérogènes colmatés ou grossiers. Il faut rappeler qu l'efficacité de la benne est maximale dans les vases et les sables fins très fluides.

## **TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES**

### **- Natura 2000**

En mai 1994, Grémare et al. ont ré-échantillonné 7 stations échantillonnées quantitativement par Guille en 1967-68 le long de la côte catalane française. Ils ont ainsi mis en évidence des changements importants dans la composition faunistique de ces stations (Grémare et al. 1998a). En avril 2003, 6 de ces 7 stations ont été ré-échantillonnées dans le cadre du programme Natura 2000 en suivant strictement la même méthodologie en terme de moyen de prélèvement et de stratégie d'échantillonnage. Les résultats des 3 campagnes d'échantillonnage sont comparés dans cette étude.

Afin d'identifier les paramètres physico-chimiques structurant les différentes communautés benthiques, nous avons utilisé le logiciel d'analyse de données PRIMER 5 permettant d'effectuer des analyses multivariées.

L'analyse multivariée effectuée ici est un MDS (Multi Dimensional Scaling). Cette méthode se base sur une matrice de similarité construite à partir de la distance de Bray-Curtis et sur des données d'abondance préalablement transformées par racine carrée afin de modérer l'effet des espèces les plus abondantes sur les résultats. Cette analyse permet d'identifier des groupes de stations sur la base de la ressemblance de leur composition faunistique puis de les figurer en projection dans l'espace sur plusieurs axes de dimension. Pour l'analyse, cette projection est ramenée à une représentation en deux dimensions (2D) qui permet une meilleure visualisation. La qualité de cette représentation 2D est appréciée au travers d'un critère appelé « stress ».

La figure 10 représente les résultats de cette analyse effectuée sur les données de macrofaune des 20 stations échantillonnées dans le cadre de cette étude. Les symboles représentent la profondeur (en mètres), la granulométrie (en pourcentage de sédiment de taille inférieure à 63 µm) et le contenu organique du sédiment (en pourcentage de poids sec), respectivement pour les figures 10B, 10C et 10D. Ces résultats mettent clairement en évidence la structuration des communautés macrobenthiques par ces paramètres. Sur la figure 10A, il est possible de constituer trois grands groupes : les stations 45, EE, DD, 170 et 43 à gauche du MDS ; les stations 168,159,31,167, 155, 158 et CC au centre du MDS, et les stations 19, 29, AA, 183, 151, 164, BB et 178 à droite du MDS.

La figure 10B montre que ces groupes sont clairement dépendants de la profondeur et qu'il existe un gradient croissant de profondeur de gauche à droite du MDS. Du fait du découpage retenu pour les groupes de profondeur, la station CC, échantillonnée (30,5 mètres) semble être éloignée des stations du même groupe. Elle est par contre logiquement proche des stations à 20-30 mètres. La figure 10C montre l'importance de la granulométrie des sédiments quant à la structure des communautés benthiques. La granulométrie grossière des stations BB et CC explique qu'elles se situent à l'écart des autres stations. En effet, respectivement 77 et 12% du sédiment les composant est d'une taille supérieure à 1 mm. De plus, les stations profondes, présentant un pourcentage de particules fines supérieur à 30 % ont des compositions faunistiques similaires (comme indiquée par la faible distance les séparant sur la MDS). A partir d'un certain seuil, le pourcentage de particules fines semble donc avoir un impact moindre sur la composition des communautés benthiques.

Le contenu organique du sédiment étant directement corrélé à la profondeur et à la granulométrie, la figure 10D met logiquement en évidence le même type de structure qu'avec les autres facteurs.

Ces résultats mettent donc bien en évidence la forte corrélation entre les principaux facteurs abiotiques (profondeur, granulométrie et contenu organique du sédiment) qui conditionnent l'établissement de chaque communauté.

#### - **Etude de l'évolution à moyen terme des communautés macrobenthiques**

La macrofaune benthique de la zone étudiée a déjà été échantillonnée à deux reprises, d'abord en 1967-68 (Guille, 1969) puis en 1994 (Grémare et al., 1998a). La comparaison des résultats obtenus lors de la présente étude avec ceux obtenus précédemment permet de mettre en évidence l'évolution à moyen terme des communautés benthiques de cette zone.

Afin de pouvoir comparer les trois études, une homogénéisation préliminaire des données s'impose. Il s'agit d'une part de minimiser les variations pouvant être induites par des échantillonnages conduits à des saisons différentes, et d'autre part d'homogénéiser la nomenclature et les niveaux de détermination. Les prélèvements de Grémare et al. (1998a) et de Natura 2000 (2003) ont été effectués respectivement en mai 1994 et en avril 2003. Les variations saisonnières entre ces deux études devraient par conséquent être minimales. En revanche Guille (1969) a effectué plusieurs prélèvements tout au long des années 1967 et 1968. Afin de minimiser les variations entre cette étude et les deux revisites, seuls les prélèvements effectués autour du mois de mai ont été conservés, comme dans l'étude de Grémare et al. (1998). Ces derniers ont de plus montré que les changements faunistiques dus aux variations saisonnières en 1967 et 1968 étaient moindres que ceux observés entre 1967-68 et 1994.

Les listes d'espèces de Guille (1969) et de Grémare et al. (1998a) ont de plus été reprises afin de vérifier la validité de chaque nom d'espèce et d'homogénéiser la nomenclature. En effet au cours du temps, les noms scientifiques des espèces ont changé. Par exemple, *Venerupis pullastra* se rencontre sous des noms différents tels que : *V. corrugata*, *P. corrugata*, *Tapes corrugata*... Il est par conséquent nécessaire de remettre à jour toutes les listes d'espèces de toutes les études afin de ne disposer que d'un seul nom pour une même espèce. Deux cas de figure principaux sont susceptibles de se présenter : 1- Des bases de données de synonymies existent (e.g., la base CLEMAM des Mollusques du Museum d'Histoire Naturel), 2- Soit aucune base de données n'est disponible. Dans le premier cas, il suffit de rentrer un nom d'espèce dans la base de données et elle renvoie immédiatement au nom actuel de l'espèce. Dans le deuxième cas, une étude exhaustive de la bibliographie est nécessaire pour retrouver les noms actuels. Il existe aussi certaines situations intermédiaires correspondant à des bases de données partielles (qui ne



contiennent que les noms d'origine et les noms actuels) comme celles élaborées par D. Bellan-Santini pour les Amphipodes et G. Bellan pour les Annélides Polychètes méditerranéens. Dans tous les cas, l'ouvrage "European Register of Marine Species – A check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification" (Costello et al., 2001) a été utilisé comme ouvrage de référence dans lequel les noms de chaque espèce ont été vérifiés. Cette étape est primordiale afin de ne pas mettre en évidence des changements correspondant à des modifications de noms d'espèces et non de composition faunistique. Les données ont enfin été homogénéisées de manière à ce que les niveaux taxonomiques soient comparables entre les différentes études. Les *Lumbrineris* ont par exemple été identifiées au niveau de l'espèce en 1967-68 et 2003 et au niveau du genre en 1994. Le niveau taxonomique qui a donc été conservé dans ce cas précis est celui du genre.

Les MDS obtenus à partir des données faunistiques de Guille et de la présente étude sont présentées figures 11A et 11B. Ces MDS sont effectués sur les données spécifiques transformées par racine carrée. La lettre G symbolise les stations échantillonnées par Guille en 1967 et la lettre N celles de l'étude Natura 2000 conduites en 2003.

La figure 11A met en évidence les différences de composition faunistique des communautés initialement identifiées par Guille (1969) : Ces communautés sont :

- La communauté à *Spisula subtruncata* établie sur un faciès à sables fins bien calibrés représentée par les stations 45, 170 et 43,
- la communauté à *Nephtys hombergii* établie sur un faciès sableux vaseux représentée par les stations 168, 158 et 31,
- la communauté à *Scoloplos armiger* établie sur un faciès de vase-sableuses représentée par les stations 19 et 26,
- et la communauté à *Venus ovata* établie sur un faciès vaseux représentée par les stations 178 et 183.

Ces communautés réapparaissent bien distinctes les unes des autres sur le MDS effectué à partir des données de 2003 (figure 11B). La seule différence notable réside dans le glissement de la station 183 depuis la communauté des vases vers la communauté des sables vaseux. La figure 11B permet de souligner la constance de l'identité des différentes communautés identifiées par Guille.

Un MDS, construit à partir des données faunistiques de Guille (1969) et de la présente étude est présenté sur la figure 12. Ceci permet de visualiser les changements intervenus dans les communautés au cours du temps. De manière à permettre la comparaison entre des études différentes, les données sont agrégées au niveau du genre et transformées par racine carrée.

Bien que les communautés soient restées distinctes au cours du temps, on met ainsi en évidence certains changements qui se sont opérés à l'intérieur de ces communautés entre 1967-68 et 2003. On remarque en effet que pour chacun des ensembles initialement décrits par Guille, les stations échantillonnées en 1967-68 et en 2003 sont clairement séparés sur la figure 12. Cette analyse se trouve confirmée sur la figure 13 qui représente un MDS construit à partir des données faunistiques recueillies pendant les études menées par Guille (1969), Grémare et al. (1998a) et Natura 2000. Ces dernières stations sont codées par la lettre A. Les résultats obtenus montrent que les changements faunistiques sont principalement intervenus entre les années 1967-68 et 1994 puisque, pour chaque communautés on observe un large recouvrement des stations échantillonnées par Grémare et al. (1998a) et lors de la présente étude. Malgré la très forte abondance de l'annélide polychète *Ditrupa arietina* observée en 1994 par Grémare et al. (1998 a& b) puis sa disparition entre 1994 et 2003, les communautés semblent avoir moins évolué entre 1994 et 2003 qu'entre 1967-68 et 1994.

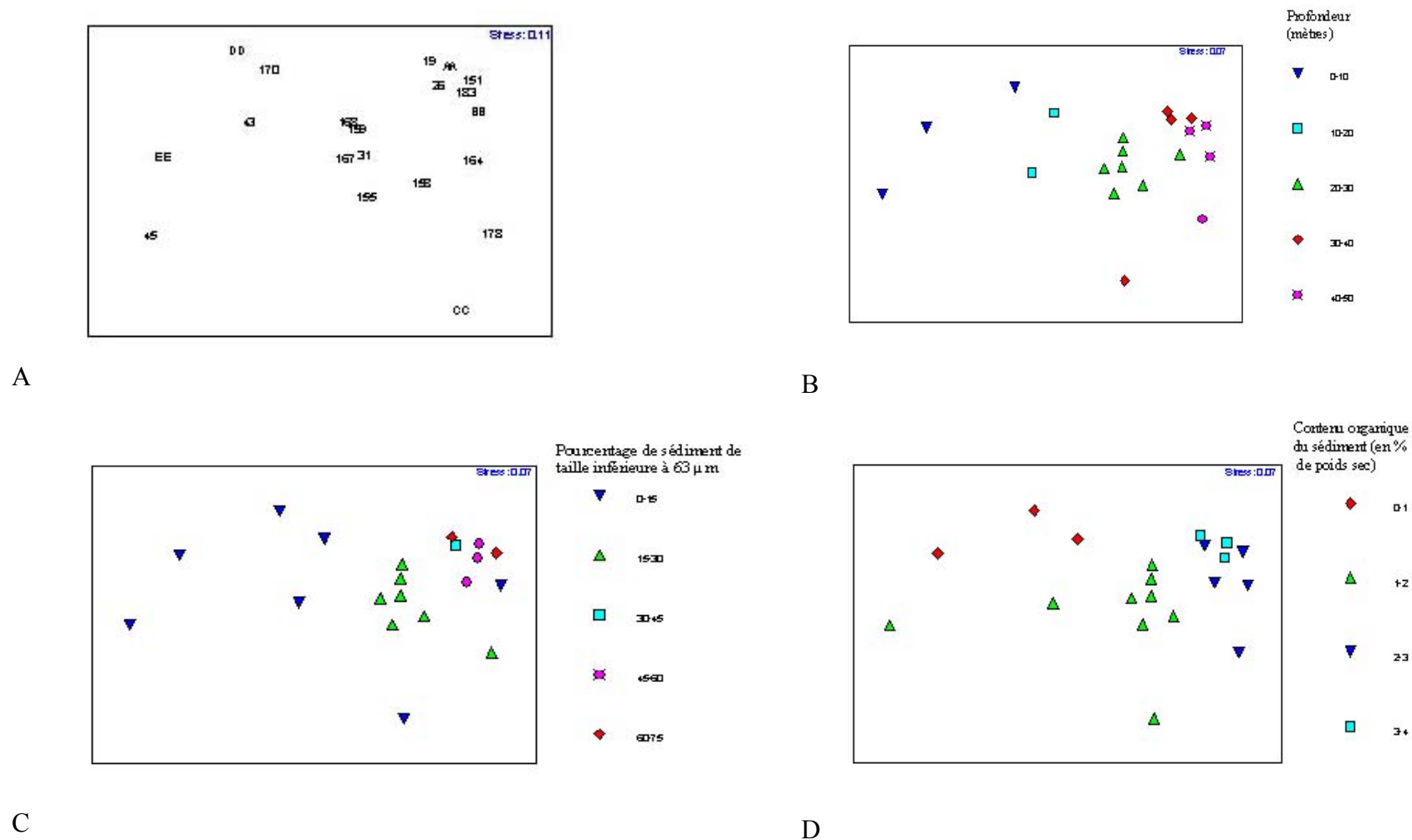


Figure 10. MDS effectué sur les données de macrofaune aux 20 stations échantillonnées. Les données au niveau spécifique ont été préalablement transformées par racine carrée. Sur la figure A, ne sont représentées que les stations ; sur la figure B, les groupes de profondeurs; sur la figure C, le pourcentage de sédiment de taille inférieure à 63µm et sur la figure D, le contenu organique du sédiment en pourcentage de poids sec.

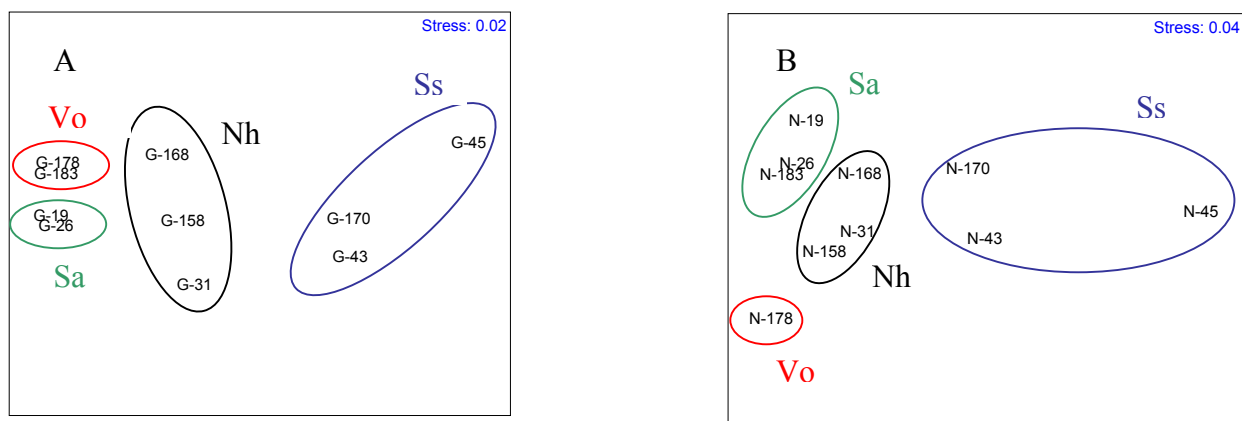


Figure 11. MDS sur les données faunistiques de 10 stations échantillonnées en 1967-68 (figure A) et en 2003 (figure B). Le traitement statistique a été effectué au niveau spécifique sur les données transformées par racine carrée. Les différentes communautés identifiées par Guille sont mise en évidence avec : en rouge la communauté à *Venus ovata*, en vert la communauté à *Scoloplos armiger*, en noir la communauté à *Nephtys hombergii* et en bleu la communauté à *Spisula subtruncata*.

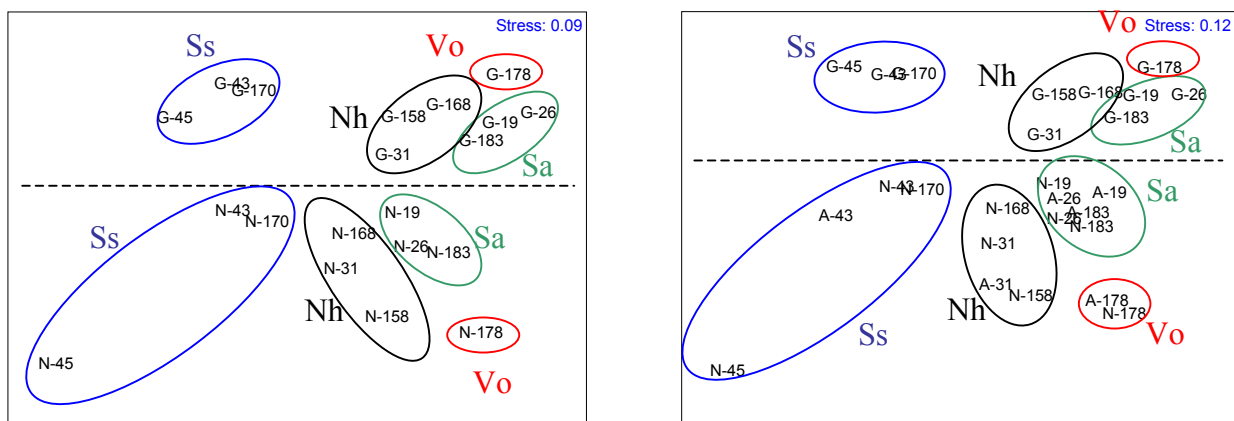


Figure 12. MDS conduite sur les données faunistiques obtenues à 10 stations lors des campagnes effectuées par Guille en 1967-68 (représentées par la lettre g et dans le cadre du programme natura 2000 en 2003 (représentée par la lettre n). Les chiffres représentent les numéros des stations. Les données sont agrégées au niveau du genre et transformées par racine carrée. Les différentes communautés identifiées par Guille sont mise en évidence avec : en rouge la communauté à *Venus ovata*, en vert la communauté à *Scoloplos armiger*, en noir la communauté à *Nephtys hombergii* et en bleu la communauté à *Spisula subtruncata*.

Figure 13. MDS conduite sur les données faunistiques obtenues lors de des campagnes effectuées par Guille en 1967-68 (représentées par la lettre G), Grémare et al. en 1994 (représentées par la lettre A) et dans le cadre du programme Natura 2000 en 2003 (représentée par la lettre N). Les chiffres représentent les numéros des stations. Les différentes communautés identifiées par Guille sont mise en évidence avec : en rouge la communauté à *Venus ovata*, en vert la communauté à *Scoloplos armiger*, en noir la communauté à *Nephtys hombergii* et en bleu la communauté à *Spisula subtruncata*.

## **CONCLUSION**

La faune benthique est étroitement inféodée au substrat. Sa biodiversité est un excellent indicateur de la qualité du milieu marin. Dans la région étudiée l'impact des activités humaines est peu marqué et la diversité des substrats favorise une bonne diversité de la faune benthique.

La richesse spécifique associée à de fortes densités semble stable durant ces 30 dernières années comme le montre la comparaison avec les études précédentes. Cependant ces résultats mettent en évidence des évolutions très différentes selon les communautés. La composition faunistique des stations sableuses (43 et 31) est plus proche en 2003 qu'en 1994 de celle observée en 1967. Ceci est principalement dû à l'instabilité de la dynamique de population de *Ditrupa arietina*. La composition faunistique des stations vaso-sableuses n'a quasiment pas évolué entre 1994 et 2003. Enfin, la station vaseuse (178) tend à être de plus en plus dominée par le genre *Aspidosiphon*, et sa composition est de moins en moins semblable à ce qu'elle était en 1967.

La faune benthique de la zone étudiée est représentative d'un milieu peu anthropisé avec une biodiversité élevée et une densité tout à fait caractéristique de ce type de fonds en Méditerranée.

Compte-tenu de la succession des campagnes de prélèvements au cours des 30 dernières années on peut considérer que le milieu n'a pas réellement changé malgré un épisode particulier lié à l'apparition massive du ver *Ditrupa arietina* puis à sa disparition quasi totale.

## **CARTOGRAPHIE DES SUBSTRATS DURS**

### **METHODOLOGIE**

#### **- Photographie aérienne**

La méthode de cartographie par utilisation des photos aériennes est scientifiquement reconnue, notamment pour les herbiers de posidonie en limite supérieure (MEINESZ, CUVELIER, et LAURENT, 1981 ; BOUDOURESQUE et MEINESZ, 1982 ; LEFEVRE et *al.*, 1984 ; PAILLARD et *al.*, 1983). Elle a été utilisée en particulier sur le site Natura 2000 des Posidonies du Cap d'Agde (DUPUY DE LA GRANDRIVE et FOULQUIE, ADENA/MEDD/DDAF, 2003).

La mission de survol aérien du site par engin Ultra Léger Motorisé (ULM) a été menée le lundi 29 septembre 2003, par le personnel de l'ADENA avec le concours de la société Aero Multi Services.

#### ***Paramètres du vol ULM***

Le vol a démarré de la base ULM de Vendres à 13 heures (heure GMT + 1 heure) pour se terminer à 15 h 30 soit un total de durée de vol de 2 heures 30 minutes.

Les conditions météorologiques de départ étaient très favorables – temps clair et dégagé, absence de vent – Elles se sont légèrement dégradées à l'approche du massif des Albères avec de fréquents petits passages nuageux de cumulo-nimbus, alternant avec de belles éclaircies.

L'altitude de vol a varié, sur le site de la côte des Albères, entre 1500 et 2500 pieds (500 à 800 mètres).

L'itinéraire de vol a suivi la côte jusqu'à la frontière espagnole avec plusieurs allers-retours entre Argelès plage et Cerbère de manière à saisir les meilleures conditions d'éclairage et d'absence de nuages.

### **Matériels utilisés**

Pour la prise de vues, deux types d'appareils photographiques ont été utilisés :

- 1 boîtier numérique Olympus Camedia C- 4000 zoom
- 1 boîtier Nikon F 90 X équipé d'un zoom Nikon 35-70 mm

Les pellicules utilisées avec le boîtier Nikon sont des Fuji Velvia 50 asas support diapositives et Kodak V 100

Un filtre polarisant circulaire a été utilisé sur certaines prise de vues afin d'augmenter les contrastes et faire apparaître plus clairement les fonds marins.

### **Prises de vues**

Chaque secteur de la côte Vermeille présentant de bonnes conditions de prise de vue (absence de nuages en particulier) a été photographié le plus verticalement possible, à plusieurs échelles selon les secteurs (Baie de Paulilles par exemple).

### **Traitement des photographies**

Les pellicules ont été développées en laboratoire photographique professionnel où chaque diapositive est retravaillée pour éventuellement « ré-équilibrer » l'image (contrastes trop importants par exemple).

Chaque diapositive sélectionnée a ensuite été scannée en très haute définition à 50 Mo par photo de manière à pouvoir être travaillée à des échelles variables avec une bonne qualité.

Le travail suivant a consisté à travailler chaque photo en luminosité / contraste sous le logiciel Photoshop et à les enregistrer sous format Jpeg ou Tif.

### **Méthode d'analyse**

Une sélection des images les plus pertinentes sur l'ensemble du site étudié a été réalisée. Cette sélection a été complétée par l'achat de photos IGN (campagne 2002) afin de réaliser un géoréférencement sur MapInfo.

La méthode d'analyse est la suivante (annexe 7) :

- **Orthorectification des photos aériennes IGN**

Les photos IGN sont fournies en version scannée à 1000 DPI ce qui correspond à un pixel d'environ 70 cm au sol. Quatre photos ont été choisies afin de couvrir l'ensemble de la zone d'étude. Elle ont été orthorectifiées par calage par rapport à la carte IGN au 1/25000 sous Ermapper. La rectification est effectuée grâce à un modèle de déformation de niveau 2 calculé à partir d'un minimum de 25 points de calage pour chaque photo.

L'erreur maximale tolérée par point de calage est de 50 pixels afin d'atteindre une erreur moyenne par modèle d'environ 30 pixels (soit 20 m au sol environ). Cette erreur s'ajoutant à la précision des cartes IGN, on peut considérer que l'erreur du géoréférencement des photos IGN est inférieure à 50m (soit 2 mm au 1/25000). On peut donc considérer que la précision du géoréférencement des zones d'herbiers est de l'ordre de quelques décimètres.

- **Orthorectification des photographies prises en ULM**

La même méthode est utilisée pour caler les clichés ULM. Chaque photo, scannée à 600 DPI est ensuite calée par rapport aux photographies IGN. Le modèle de déformation utilisé est de niveau 3, calculé à partir de 15 à 20 points par cliché. Les points de calage étant essentiellement le long de la côte, on doit considérer que la précision du calage décroît vers le large. L'erreur moyenne par photo est d'environ 10 pixels.

La résolution de base de chaque cliché variant (selon la distance de prise de vue), la précision du calage varie dans la même proportion. Elle est de l'ordre de 1 mètre pour les clichés les plus proches à 5 mètres pour les plus éloignés. La taille du pixel des clichés rectifiés est ramenée à 20 cm au moment de la rectification. La précision des contours et de la position des herbier par rapport à la côte est donc de l'ordre de quelques mètres.

▪ **Cartographie des herbiers**

Les zones d'herbiers de posidonie, repérées sur les photos originales, sont ensuite tracées par digitalisation directe à l'écran sous Mapinfo. La digitalisation est faite au 1/2500 pour une restitution au 1/5000. Cette technique permet l'identification précise des herbiers de posidonie et de leurs limites jusqu'à environ 8 mètres de profondeur.

- **Imagerie acoustique et transects en plongée sous-marine**

La première étape a consisté à réaliser une campagne au sonar latéral et sondeur multifaisceaux sur l'ensemble de la zone Natura 2000 afin d'obtenir une carte bathymétrique et une carte des substrats. Ce travail a été commandé à la société MESURIS spécialisée dans la réalisation de travaux sous-marins (bathymétrie, imagerie). La société dispose d'une vedette de 8,6 m équipée d'un sondeur multifaisceaux RESON SEABAT 8101 avec option imagerie latérale. L'utilisation d'un tel outil permet une couverture à 100 % de la zone étudiée et donc la réalisation de cartes bathymétriques et de substrats avec une résolution d'un mètre.

La seconde étape a consisté à intégrer dans un Système d'Information Géographique (MapInfo 5.5<sup>®</sup>) l'ensemble des données brutes récoltées par sondeur et sonar. La zone couverte correspond à une bande littorale de 300 à 500 m de large depuis la côte entre le site du Racou au nord et la frontière espagnole au sud (carte 15).

En ce qui concerne la carte bathymétrique, les données étaient directement exploitables sous SIG pour visualiser les isobathes. En revanche, les données acquises pour l'imagerie ont nécessité une validation en plongée.

Pour ce faire, les membres du Laboratoire d'Ichtyoécologie Tropicale et Méditerranéenne (EPHE) et du GIS Posidonie et les plongeurs de la Réserve Naturelle Marine ont effectué près d'une centaine de plongée de mai à septembre 2003. Lors de ces plongées, le substrat a été décrit, soit selon la méthode des transects (prise d'informations en continue sur des transects de 50 m de long géoréférencés par GPS au point de départ et d'arrivée), soit en délimitant des contours d'une zone de substrat homogène (par acquisition de données GPS).

- **Plongées sous-marines ciblées**

La prospection du site pour la recherche des trois catégories de grottes représentait un travail disproportionné par rapport au temps imparti pour réaliser la phase d'inventaire. Aussi la cartographie des grottes s'est essentiellement appuyée sur un travail d'enquête auprès des structures de plongée de la côte. A l'issue de ce travail, un maximum de grottes a pu être localisé. Sur la base de ces informations et des données déjà synthétisées dans la bibliographie, des plongées ont été effectuées au niveau du cap l'Abeille où les trois catégories de grottes étaient représentées. Lors de ces plongées, les paramètres suivants ont été relevés :

- le type de grottes
- la profondeur
- les dimensions
- l'orientation
- la description des espèces animales et végétales colonisant les parois

## **RESULTATS**

### **- A l'échelle du site Natura 2000**

#### ***Bathymétrie***

Les données bathymétriques s'échelonnent entre 0 et 45 m de profondeur (carte 16). La carte bathymétrique à l'échelle du site Natura 2000 montre que la morphologie des fonds marins n'est pas la même suivant que l'on se situe au Nord ou au Sud du cap Béar. En effet, dans la partie Nord, les petits fonds sont très près des côtes. A moins de 300 m des côtes, la profondeur atteint déjà une trentaine de mètres, excepté dans la zone du Racou à proximité d'Argelès. Après le passage du cap Béar, la zone se situant juste au nord de Banyuls se caractérise par des fonds n'excédant pas 15 m en face des baies et 25 m au niveau des caps. Il faut passer le cap l'Abeille pour trouver de nouvelles profondeurs avoisinant 30 m. Entre le cap Béar et la frontière espagnole, la côte est très accidentée, les caps s'avancent très loin en mer jusqu'à plus de 200 m de la côte.

#### ***Substrats***

Dans la bande côtière 300 -500 m de large, nous avons couvert 882 ha en imagerie afin d'identifier le type de substrat (carte 17). L'analyse des bandes d'imagerie nous a permis d'identifier deux grands types :

- les substrats durs : les galets, les éboulis (blocs de 1 à 3 m de diamètre), la roche massive, le coralligène, les grottes
- les substrats meubles (cartographiés et caractérisés par l'Observatoire Océanologique de Banyuls)

La répartition de ces substrats en terme de surface, par rapport à la bande littorale traitée en imagerie, est la suivante (figure 5) :

- les substrats durs : 352 ha, soit environ 40% du substrat total
- les substrats meubles : 530 ha, soit environ 60% du substrat total

Comme pour la bathymétrie, la zone au nord du cap Béar est quelque peu différente de la partie sud. La zone qui s'étend du Racou au cap Béar (305 ha) présente une distribution encore plus importante en substrats meubles (substrats durs : 103 ha ; substrats meubles : 201 ha) avec seulement 34 % de substrat durs. Cette partie de la côte se caractérise par un linéaire côtier homogène, peu accidenté excepté au niveau des ports de Collioure et Port-Vendres. Lorsque l'on s'éloigne de la côte, la pente est très prononcée sur les substrats durs puis s'adoucit lorsque l'on atteint les substrats meubles.

Du cap Béar à la frontière espagnole (Cerbère), la surface étudiée représente 577 ha (substrats durs : 249 ha ; substrats meubles : 328 ha). Avec 43 %, les substrats durs, par le prolongement des caps en mer, prennent plus d'importance même s'ils restent inférieurs aux substrats meubles. Le prolongement systématique des caps en mer sous la forme d'avancées de substrats durs complexes se caractérise par de la roche massive et des éboulis dans les fonds jusqu'à 20 m. Au delà, le coralligène (concrétions d'algues calcaires) fait son apparition. L'avancée la plus importante se situe dans la zone de protection renforcée de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls au niveau du cap Rédéris.

La largeur de la bande couverte en imagerie n'a pas permis de sonder les roches isolées du large mais pourtant comprises dans le périmètre du site Natura 2000. Ces dernières sont essentiellement positionnées entre Argelès et Port-Vendres (carte 29) ; il s'agit des :

- roches de St André et de Tavec à environ 20 m de profondeur au large d'Argelès ;
- roches Fayté du Nord, Fayté du Sud et Traversière à environ 20 m de profondeur devant Collioure ;
- roche Cardinalane à 30 m et les roches La Motte et Trapedou à 45 m entre Port-Vendres et le cap Béar.

Ces zones sont essentiellement constituées de roches massives, pouvant être surmontées d'un pré-coralligène à certains endroits.

Au large du cap Rédéris et du cap Peyrefite, au delà de 50 m de profondeur, d'autres roches apparaissent davantage recouvertes de coralligène.

- **A l'échelle locale**

***Site du Racou***

Le site du Racou est une zone particulière caractérisée par une faible profondeur et une distribution des substrats très complexe avec une alternance de zones de substrats meubles et durs (roche affleurante et petit éboulis) (carte 18). L'étude de cette zone est rendue complexe du fait de son étendue, environ 40 ha. Du point de vue géomorphologique, le site du Racou correspond à la naissance de la côte rocheuse, Argelès étant la dernière commune de la côte sableuse. Nous retrouvons cette transition au niveau des fonds marins avec le passage d'une zone totalement sableuse à une zone présentant les premiers substrats rocheux. La partie uniquement rocheuse se trouve très proche de la côte, sur une bande d'une cinquantaine de mètres. Au-delà, apparaît une mosaïque de sable et de roche affleurante mélangée à des galets. Le site du Racou présente la plus forte proportion de substrats durs (environ 50 %). La bathymétrie, même si elle présente une certaine complexité, ne montre pas de rupture de pente importante puisqu'il faut parcourir près de 500 m en direction du large pour atteindre des fonds de 15 m. Ce faciès très particulier ne se retrouve nulle part ailleurs sur la Côte Rocheuse des Albères.

Cette zone abrite un herbier de posidonie très étendu et une seule grotte a été localisée.

***Site de Collioure***

Lorsque l'on se dirige sur Collioure, la bathymétrie présente une pente assez faible témoignant de la présence prédominante de substrats meubles (7,26 ha sable) (carte 19). La bande de roche présente sur le site du Racou se rétrécit en direction du sud-est, les isobathes se resserrent, traduisant une pente beaucoup plus importante (4 grottes y sont localisées). Ce site ne présente pas d'intérêt particulier, tant du point de vue de la géomorphologie que des habitats prioritaires (absence d'herbier de posidonie), il s'agit d'une zone de transition entre le Racou et le cap Béar.

***Site de Port-Vendres***

La zone qui sépare le port de Collioure de celui de Port-Vendres se caractérise par la présence de quatre criques assez importantes, orientées vers le nord et donnant pour trois d'entre elles accès à une plage (carte 20) : crique d'El Rogues orientée nord-ouest, les criques de l'Huile et d'en Boux orientées nord. La dernière crique, dite de la Mauresque, orientée nord-est, donne directement sur les falaises. Chacune de ces criques abrite un herbier de posidonie. La partie rocheuse immergée se complexifie avec la formation de nombreux couloirs qui s'avancent assez loin, jusqu'à 200 m au large, favorisant l'habitat des grottes (4 localisées). Sur la partie la plus au large, une zone intermédiaire d'éboulis fait le lien avec la partie sableuse.

***Site du cap Béar***

Après la sortie du port de Port-Vendres, la côte se prolonge pour former le cap Béar (carte 21). La topographie des fonds de la face nord du cap se caractérise par une descente rapide des fonds (0 à 15 m sur seulement 50 m de distance) constituée de roche massive laissant place, à 100 m de la côte, sur des fonds de 20 m, à une zone d'éboulis quasiment ininterrompue d'ouest en est. Au-delà, le substrat meuble domine. A l'extrémité du cap, la roche massive ainsi que les éboulis s'étendent assez loin au large (200 m) pour laisser place ensuite aux formations coralligènes. La face sud du cap Béar est beaucoup plus complexe et comprend l'anse de Sainte Catherine où se trouve un herbier de posidonie conséquent. Les parties rocheuses immergées sont séparées par des bandes de sable. A partir de 20 m de profondeur, le coralligène se substitue à la roche sur une largeur équivalente. Les zones d'éboulis se situent principalement dans le prolongement des parties sableuses. Ce site abrite de nombreuses grottes : 8 ont été localisées.



### ***Site de Bernardi, Paulilles et El Forat***

Après l'anse de Sainte Catherine, le sud du cap Béar se poursuit par une bande étroite de roche qui laisse rapidement place à une zone de coralligène remarquable souvent fréquentée par les plongeurs en bouteille (carte 22). Un herbier de posidonie longe la côte au niveau de la plage de Balanti. Le cap se termine par une grande baie sableuse, constituée en réalité de trois baies (ou anses) du nord au sud : Bernardi, Paulilles et El Forat, chacune abritant un herbier de posidonie. Ces baies se composent principalement de zones de substrat meuble, séparées par des petits éperons rocheux peu développés au large. En revanche, lorsque l'on s'éloigne de ces trois baies vers le large, une vaste zone rocheuse de 10 ha, la « Llose », apparaît. Elle est totalement isolée du reste de la partie rocheuse côtière décrite précédemment. Dans sa partie sud, la roche est plutôt affleurante sur 15 m de profondeur, avec une faible dénivellation, en revanche, la partie nord est beaucoup plus complexe, formant des haut-fonds pouvant remonter jusqu'à 6 m. Sur la partie la plus profonde située au nord, une zone de coralligène a pu être identifiée. Cette zone est composée également d'un herbier de posidonie sur roche très étendu.

### ***Site du cap Oullestrell et des Elmes***

Au niveau du cap Oullestrell, la partie rocheuse forme à nouveau des couloirs dont l'intérieur est constitué d'éboulis (carte 23). Sur 20 m de profondeur, le coralligène apparaît sur l'ensemble du prolongement du cap. Sous le cap Oullestrell, une zone complexe de roche et d'éboulis s'étend sur près de 500 m de linéaire de côte jusqu'à la baie suivante mais également très au large (environ 400 m de la côte). Cette zone complexe se termine au sud par une bande de roche homogène qui s'étant plus au large. A ce niveau, un herbier de posidonie sur roche s'étend le long de la côte. Plus au sud, la baie des Elmes présente sur ses flancs une bande de roche très découpée et de faible profondeur. Excepté aux différents caps séparant ces baies, les pentes sont relativement faibles et très homogènes sur toute la zone. Les profondeurs au delà, à plus de 300 m de la côte, n'excèdent pas 15 m. La baie des Elmes abrite plusieurs herbiers. Aucune grotte n'a été localisée.

### ***Site de Banyuls et du Troc***

Le site de Banyuls est constitué d'une grande baie où les substrats meubles sont majoritaires. La partie nord de la baie comprend la plage de Banyuls et la partie sud englobe le port. Ce dernier abrite un herbier de posidonie le long de la digue côté mer (carte 24).

Après avoir laissé le port de Banyuls en direction du site du Troc, la partie rocheuse est très abrupte et parallèle à la côte. Après le Troc, la partie rocheuse se prolonge plus au large formant un système complexe de couloirs où s'accumule de nombreux éboulis (5 grottes ont été localisées). Au-delà de 20 m de profondeur, la roche laisse place au coralligène, formé principalement de grandes dalles horizontales, découpées par endroits de failles de un à deux mètres de hauteur. Le long de cette côte, quelques taches d'herbiers de posidonie ont pu être cartographiées.

### ***Site du cap l'Abeille et des îlots des Tynes***

Le cap l'Abeille se prolonge en mer jusqu'à environ 200 m de la côte : la morphologie des fonds est très complexe avec la présence de roche massive et de gros éboulis (carte 25). Au delà, sur des fonds de 20 m et plus, nous retrouvons le coralligène qui s'étend sur plusieurs hectares, essentiellement dans la partie Nord-Est du cap l'Abeille. Cette zone de coralligène est tantôt accidentée, comme le montrent les isobathes, ou forme tantôt de grandes dalles comme précédemment. Cette zone de coralligène s'étend bien au delà du linéaire de côte étudié.

Dans la partie sud du cap l'Abeille, au niveau des îlots des Tynes et des plages de Tancade, la partie rocheuse se prolonge à nouveau au large avec des remontées rocheuses importantes. Ensuite, le substrat meuble (sable) prédomine à nouveau ; il est retrouvé à moins de 150 m de la côte. Cette zone se caractérise par la présence de nombreux éboulis qui s'étendent le long de la côte et se terminent sur une nouvelle avancée rocheuse à la limite nord de la zone de protection renforcée de la réserve marine (lieu dit Cavall Bernat). Dans cette partie de côte, un herbier de posidonie a été cartographié.

C'est également sur ce site qu'un maximum de grottes a été localisé (8 au total).

**Site de la zone de protection renforcée de la réserve naturelle marine** (cap Rédéris et baie de Peyrefite)

La réserve intégrale a été créée sur un site très particulier : il s'agit du site du cap Rédéris qui présente jusqu'à 500 m au large de la côte une multitude de haut-fonds constitués de roche massive et d'éboulis (carte 26). En réalité, trois zones peuvent être distinguées : (i) le cap Rédéris en lui-même qui se prolonge sous la mer sous forme d'une roche massive (6 grottes y ont été localisées), (ii) une zone d'éboulis située à 150 m interrompt la roche massive qui reprend au niveau du (iii) site du Sec de Rédéris, ce dernier correspondant à la zone des haut-fonds à environ 400 m au large. Dans cette dernière zone, les isobathes sont particulièrement complexes témoignant de pentes fortement inclinées et très variables. Comme au niveau du cap l'Abeille, au delà de 20 m de profondeur, c'est le coralligène qui prédomine. Les isobathes, même s'ils restent assez complexes, montrent des pentes plus faibles que sur la zone rocheuse.

Plus au sud, se forme une première baie, l'anse du Pin Parasol, de petite taille où la bande de substrat dur est formée essentiellement d'éboulis de taille importante. Au centre de l'anse la partie sableuse réapparaît sur 15 - 20 m de profondeur. Cette baie abrite un herbier de posidonie.

La baie de Peyrefite est principalement constituée de sable sur les fonds de 10 à 20 m. A proximité de la plage, ce sont les galets qui prédominent. De part et d'autre de la baie, la roche prédomine sur des petits fonds formant de nombreuses failles. Un herbier de posidonie, imbriqué dans ces différents habitats, a été cartographié.

**Site de du cap Peyrefite et de l'anse de Terrimbo**

Le cap Peyrefite délimite la partie sud de la réserve marine (carte 27). Il se prolonge en mer de façon importante et comme pour le cap Rédéris, la partie très complexe jusqu'à 20 m correspond à de la roche massive souvent associée à des éboulis. A nouveau, le coralligène se développe sur plusieurs hectares au-delà de 20 m de profondeur, principalement sous forme de dalles.

Au sud se dessine l'anse de Terrimbo, constituée de substrats meubles dans sa partie centrale. De part et d'autre, les falaises se prolongent en mer avec une forte proportion de roche massive puis de coralligène à partir de 20 m.

Plusieurs herbiers de posidonie ont pu être cartographiés dans cette zone ainsi que 3 grottes.

**Site de Cerbère**

La dernière zone étudiée avant la frontière espagnole correspond au site de Cerbère (carte 28). Dans le prolongement de la falaise séparant l'anse de Terrimbo et le port de Cerbère, les îlots de Canadells se situent sur une importante étendue de roche massive où les éboulis sont presque absents. Le coralligène, à l'inverse, reste présent lorsque l'on s'éloigne au large.

La baie de Cerbère se termine par un abri portuaire. Les substrats meubles et les galets (dans la partie sud de la baie) prédominent, y compris au niveau du cap Cerbère lui-même. Un herbier de posidonie a été cartographié au niveau de cette baie, dans sa partie sud. Il faut s'éloigner de 200 m au large du cap pour retrouver à nouveau des substrats durs sous la forme de dalles de coralligène, se poursuivant vers le nord-est au delà de la zone d'échantillonnage (sec à Joelle).