



UNIVERSITE DE LA MEDITERRANEE
(Aix – Marseille II)

Centre d'Océanologie de Marseille

Diplôme d'Études Approfondies
« Biosciences de l'environnement, chimie, santé,
option Milieu Marin »

Évaluation des nurseries de sars (*Diplodus* spp.)
du massif des calanques (Marseille)

Mémoire présenté par Adrien CHEMINEE
Mél : adriencheminee@yahoo.ca

Directrice de stage: Mireille HARMELIN – VIVIEN
Mél : harmelin@com.univ-mrs.fr

Juin 2004

CENTRE D'OCEANOLOGIE DE MARSEILLE - STATION MARINE D'ENDOUME
UMR 6540 DIMAR « Diversité, évolution et écologie fonctionnelle marine »

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	1
REMERCIEMENTS.....	2
INTRODUCTION.....	3
MATERIEL ET METHODES.....	5
1. Présentation des espèces étudiées.....	5
2. Zones d'étude.....	6
3. Cartographie des types d'habitats.....	7
3.1 Sites d'études.....	7
3.2 Protocole.....	7
3.3 Traitements des données.....	8
4. Étude temporelle, suivi des populations.....	8
4.1 Sites d'étude.....	8
4.2 Échantillonnage.....	10
4.3 Analyse spatiale et temporelle des densités de juvéniles.....	11
4.3.1 Exclusion et standardisation de données.....	11
4.3.2 Analyse spatiale des densités : comparaison des densités maximales atteintes entre calanques et entre sites.....	11
4.3.3 Analyse de l'évolution temporelle des densités de juvéniles dans chaque calanque.....	12
4.3.4 Arrivée des cohortes.....	12
4.4 Analyse de la croissance.....	13
4.4.1 Suppression des données aberrantes.....	13
4.4.2 Modèle de croissance, calcul des courbes de croissance et des taux de croissance.....	13
4.4.3 Variabilité spatiale et interspécifique des taux de croissance.....	13
4.4.4 Variabilité des taux de croissance entre les sites d'une même calanque et entre calanques.....	14
5. Étude spatiale.....	14
5.1 Mode d'acquisition des données.....	14
5.2 Sites étudiés.....	15
5.3 Échantillonnage.....	15
5.4 Confirmation des caractéristiques des sites favorables à l'installation et proportion du périmètre côtier du GIP favorable.....	15
5.5 Étude des densités de <i>Diplodus</i> le long du linéaire côtier du site classé.....	16
5.5.1 Standardisation des données d'abondance.....	16
5.5.2 Variabilité spatiale des densités de <i>Diplodus</i>	16
5.5.3 Analyse des proportions relatives de <i>D. puntazzo</i> et <i>D. vulgaris</i> dans les différents sites.....	17
5.5.4 Estimation du potentiel d'accueil de la côte du site classé.....	17
5.6 Variabilité spatiale de la structure de taille des différentes populations.....	17
RESULTATS.....	19
1. Cartographie des types d'habitats.....	19
2. Étude temporelle.....	19
2.1 Évolution temporelle des densités de juvéniles.....	19
2.1.1 Comparaisons des densités maximales atteintes entre calanques et entre sites.....	19
2.1.2 Evolution temporelle des densités de juvéniles dans chaque calanque.....	20
2.2 Analyse de la croissance.....	21
2.2.1 Variabilité entre espèces et entre calanques (ANOVA à 2 facteurs).....	21
2.2.2 Variabilité spatiale des taux de croissance.....	22
3. Étude spatiale.....	23
3.1 Caractéristiques des sites favorables à l'installation des juvéniles de <i>Diplodus</i>	23
3.2 Proportion du linéaire côtier du GIP favorable aux juvéniles de <i>Diplodus</i>	24
3.3 Variabilité spatiale des densités de <i>Diplodus</i> le long du linéaire côtier du site classé.....	24
3.4 Variabilité spatiale de la structure de taille des différentes populations.....	25
DISCUSSION.....	26
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	31
REFERENCES.....	33
ANNEXES.....	35

REMERCIEMENTS

Ce travail a eu lieu dans le cadre du DEA Biosciences de l'environnement, chimie et santé, option Milieu Marin, du Centre d'Océanologie de Marseille. Il s'inscrit dans le programme d'études mené par le Groupement d'Intérêt Public des Calanques de Marseille à Cassis.

Je tiens particulièrement à remercier :

Mireille Harmelin-Vivien pour son encadrement, son aide, et ses conseils qui m'ont guidé durant ce stage. Je la remercie également pour l'apprentissage qu'elle m'a ainsi permis de suivre et les connaissances qu'elle m'a transmises.

Jean-Georges Harmelin pour son aide, en particulier lors des sorties en mer pour l'étude spatiale.

Laure Broquière, pour son soutien et sa disponibilité lors des sorties de recensement.

L'ensemble du personnel de la Station Marine d'Endoume, pour leur accueil et soutien durant ce stage, en particulier Bernard De Ligondes pour son accompagnement en mer, les plongeurs Rolland Graille et Frédéric Zuberer pour leur bonne humeur, leurs conseils relatif à la plongée, et la formation Niveau 2 de plongée.

Jean-Louis Millot et Fabrice Auscher, pour leur accueil au sein du GIP.

Les membres de l'équipe du GIP pour leur soutien durant la réalisation de cette étude.

Patrick Bonhomme pour certaines photos aériennes des calanques.

Oriol Torrents, Nicolas Leblanc, Emmanuel Dieval pour leurs conseils multiples.

Isabel Calderon pour les embouteillages matinaux, son ordinateur, et milles autres détails.

Les habitants des Calanques de Morgiou, Sormiou et Callelongue pour leur accueil chaleureux.

Mes remerciements vont également à Catherine Gabrié et à toute l'équipe de la Mission Océans et Côtes du WWF-France, pour m'avoir donné goût à l'étude du milieu marin.

INTRODUCTION

Le Groupement d'Intérêt Public des Calanques de Marseille à Cassis (GIP) coordonne un programme pluriannuel d'études afin d'effectuer un état des lieux de son territoire, le site classé des calanques (Marseille, Bouches-du-Rhône, France). Il souhaite plus particulièrement mettre en place une étude des potentialités halieutiques des calanques et de l'archipel de Riou. En effet, les eaux des calanques font partie à la fois de la prud'homie de Marseille et de celle de Cassis. La pêche aux petits métiers y occupe une place prépondérante. Afin de mener à bien son rôle de concertation, le GIP doit disposer des informations nécessaires pour faire des propositions concernant les activités de pêche pratiquées sur son territoire de compétence. Parmi les informations requises, le GIP rassemble en particulier des informations sur les ressources : leur disposition spatiale et leur évolution dans le temps (Broquière, comm. pers.).

Un des problèmes de la gestion des zones côtières vient du fait que ces zones sont à la fois le lieu de recrutement des juvéniles de nombreuses espèces de poissons mais également une zone qui concentre un maximum d'effets des activités humaines. Concrètement, il y a une possibilité de perturbations du cycle vital des espèces dont les juvéniles s'installent sur les petits fonds si ces habitats nécessaires sont affectés ou détruits (Harmelin-Vivien *et al.*, 1995).

Ce travail, qui s'inscrit dans la démarche d'étude de la ressource par le GIP, aborde ce problème. Il vise à réaliser un état des lieux des zones de nurseries de certaines espèces de poissons dans le site des calanques, afin de nourrir une réflexion en matière de gestion. Une évaluation des nurseries de sars (*Diplodus* spp.) du site classé des calanques, a été ainsi réalisée afin de définir le potentiel d'accueil de cette côte pour les juvéniles de sars. "Installation" est définie ici comme l'installation des juvéniles dans les zones de nurseries, tandis que "recrutement" s'entendra comme l'incorporation des juvéniles dans les populations adultes, après leur séjour dans les nurseries (Macpherson, 1998).

La faune ichtyologique méditerranéenne a fait l'objet de nombreuses études concernant les populations adultes mais également les populations de juvéniles et les phénomènes de recrutement, en particulier pour des espèces de Sparidae (Leboulleux, 1992 ; Vigliola, 1994 ; Garcia-Rubies & Macpherson, 1995 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1995 ; Macpherson, 1998 ; Harmelin & Vigliola, 1998 ; Vigliola, 1998 ; Planes *et al.*, 1999 ; Vigliola & Harmelin-Vivien, 2001). En revanche, la zone du site classé des calanques proprement dite n'a fait l'objet que d'un nombre limité de recherches concernant le recrutement des espèces de *Diplodus* (Leboulleux, 1992).

Un programme d'étude européen réalisé en Espagne, France et Italie (CEE MED 92/007 : Leboulleux, 1992 ; Vigliola, 1994 ; Garcia-Rubies & Macpherson, 1995 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1995) a en particulier mis en évidence que le taux de recrutement est influencé essentiellement par

la qualité des zones de nurseries et leur situation géographique. Ceci justifie donc l'intérêt d'étudier les zones de nurseries dans le cadre d'une réflexion sur la gestion des zones côtières. Deux espèces de sars, *Diplodus puntazzo* et *Diplodus vulgaris*, ont été choisies pour cette étude, pour plusieurs raisons. Premièrement, les sars constituent des populations abondantes sur les littoraux rocheux Méditerranéens (Fisher *et al.*, 1987 in Harmelin & Vigliola, 1998). Deuxièmement, ils ont un caractère commercial non négligeable. Enfin, les juvéniles s'installent dans les petits fonds. Par ailleurs, les conditions, les dates et modalités de l'installation des juvéniles de ces espèces sont connues. L'installation des juvéniles se produit dans des habitats bien définis, de très petits fonds à dominance rocheuse, ce qui permet une observation plus facile que pour les espèces qui s'installent plus profondément (Leboulleux, 1992 ; Vigliola, 1994 ; Garcia-Rubies & Macpherson, 1995 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1995). Ces espèces offrent donc des conditions d'étude théoriques et matérielles adéquates pour cette étude.

Afin de savoir quel est le potentiel d'accueil des juvéniles de sars sur cette portion de côte, cette étude s'organise en trois volets, chacun disposant de buts propres, mais complémentaires les uns des autres :

1. **Une cartographie des types d'habitats dans trois calanques particulières** : le but de cette cartographie est de faire un repérage de la totalité des sites potentiellement favorables à l'installation des juvéniles de sars dans les calanques de Morgiou, Sormiou et Callelongue (Fig.1).
2. **Une étude temporelle** : le but de ce volet est de faire une étude comparée des densités et de la croissance des juvéniles de *Diplodus vulgaris* et *Diplodus puntazzo* dans certaines zones de nurseries de ces mêmes calanques.
3. **Une étude spatiale** : le but de ce volet est de faire une estimation du potentiel en nurseries pour les sars sur l'ensemble du linéaire côtier du site classé des calanques.



Figure 1. Carte de situation des sites d'étude sur la côte des calanques. Samena et Port Pin : limites du site classé.
N.B. : les coordonnées géographiques de la région sont données sur la figure 2

MATERIEL ET METHODES

1 Présentation des espèces étudiées

Les deux espèces de poissons étudiées appartiennent à la famille des Sparidae, dans l'ordre des Perciformes.

Diplodus puntazzo (Cetti, 1777)

Natif en Méditerranée, *D. puntazzo* ou Sar à museau pointu, se rencontre essentiellement sur les fonds rocheux ou dans les herbiers (Macpherson, 1998), à des profondeurs de 0 à 150 m mais généralement au-dessus de 50 m. Sa taille, habituellement entre 30-40 cm de longueur totale (LT), peut atteindre 60 cm LT (Louisy, 1997). Les juvéniles sont grégaires, les adultes plutôt solitaires ou joignent des bancs de *D. sargus* (L.) (Garcia-Rubies et Zabala, 1990). Tandis que les adultes évoluent plutôt au-delà de 15-20 m, les juvéniles sont observés plus superficiellement (Louisy, 1997) dans les zones abritées littorales (Harmelin-Vivien *et al.*, 1995). Sa distribution comprend la Méditerranée, la Mer Noire, et pour l'Atlantique orientale, la zone entre la Baie de Biscay et le Cap, y compris les îles du Cap-Vert et les Canaries (fishbase.org). Il se nourrit essentiellement de zoobenthos, en particulier de polychètes, mollusques, éponges, cnidaires et crustacés (copépodes, amphipodes, isopodes, crevettes) mais aussi de macrophytes (fishbase.org).

Diplodus vulgaris (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)

Natif en Méditerranée, *D. vulgaris* ou Sar à tête noire, se rencontre soit en petits groupes sur le fond, soit en grands bancs stationnaires en pleine eau (Louisy, 1997), pouvant dépasser la centaine d'individus, et parfois mélangé avec des individus de *D. sargus* (Macpherson, 1998). Sa taille, habituellement entre 20-30 cm LT, peut atteindre 45 cm LT. Il se rencontre à des profondeurs de 2 à 50 m, et jusqu'à 160 m, sur des fonds rocheux, sableux et les herbiers (Louisy, 1997). De répartition subtropicale, sa distribution comprend la zone Est-atlantique, de la baie de Biscay au Cap vert et les Iles Canaries, la Méditerranée, la Mer Noire et également de l'Angola à l'Afrique du Sud. (fishbase.org). Il se nourrit essentiellement de zoobenthos : crustacés (amphipodes et autres crustacés benthiques), échinodermes, mollusques (bivalves et gastéropodes) et des vers polychètes.

L'installation des juvéniles de *D. puntazzo* dans les zones de nurseries se fait en une seule vague, d'octobre à début novembre. L'installation des juvéniles de *D. vulgaris* sur les zones de nurseries se fait en deux vagues : début novembre, puis de janvier à mars, la seconde étant la plus importante (Garcia-Rubies & Macpherson, 1995 ; Macpherson, 1998 ; Vigliola, 1998). Ces deux espèces partagent les mêmes zones de nurseries : ce sont des zones de petits fonds, inférieurs à 2 m de

profondeur, peu agités, à pentes faibles et composés de sables grossiers, graviers, galets ou blocs (Leboulleux, 1992 ; Garcia-Rubies et Macpherson, 1995 ; Harmelin-Vivien et al., 1995). Pour les deux espèces, les juvéniles quittent les zones de nurseries pour le recrutement dans les populations adultes en mai-juin (Macpherson, 1998 ; Vigliola, 1998). Ces mêmes zones de nurseries sont utilisées par une troisième espèce, *D. sargus*, qui s'installe plus tardivement, entre mai et septembre (Harmelin-Vivien et al., 1995). Pour ces trois espèces, l'installation dans les nurseries est précédée par une phase pélagique concernant les produits de reproduction des adultes, œufs et larves, de 15 jours à 1 mois (Harmelin & Vigliola, 1998).

2 Zone d'étude

Cette étude a été conduite au sein du site classé des calanques de Marseille à Cassis (Fig. 1 : carte générale). Le site classé représente un linéaire de côte compris entre la ville de Marseille (Calanque de Samena) et la ville de Cassis (Calanque de Port-Pin), incluant l'archipel de Riou, et d'une longueur de côte totale de 52 km. Afin de mener à bien l'étude du potentiel d'accueil des juvéniles des deux espèces de *Diplodus*, trois calanques ont été choisies dans le site classé (Fig. 1) : Morgiou, Sormiou et Callelongue. Ces calanques ont été retenues pour différentes raisons :

- elles présentent des types d'habitats susceptibles de servir de nurseries aux juvéniles des deux espèces choisies ;
- ces habitats semblaient en première approximation en quantité suffisante pour élaborer un protocole d'étude satisfaisant ;
- elles sont chacune bien individualisées, délimitées par des promontoires au-delà desquels les habitats ne sont pas favorables au recrutement, ce qui garantit l'impossibilité de migrations de juvéniles entre les calanques considérées (Macpherson, 1998) ;
- Ce sont des sites emblématiques du site classé des calanques et le théâtre de nombreux enjeux propres à la problématique de gestion sur laquelle porte l'action du GIP.

Pour ces raisons, ces calanques fournissent un cadre d'étude adapté pour répondre à la problématique de l'étude. Ce travail a également inclut la calanque de la Station Marine d'Endoume (Fig. 2), à titre de référence, celle-ci ayant fait l'objet d'études antérieures (Leboulleux, 1992 ; Vigliola, 1998).

Par ailleurs, la disposition physique de ces calanques offre des conditions de réalisation matérielle permettant une mise en œuvre aisée du protocole d'étude. En effet, chacune des calanques étant accessible par des voies de communication terrestres, un accès régulier aux sites d'étude pouvait être ainsi assuré.

3 Cartographie des types d'habitats

Afin de faire un repérage de la totalité des sites potentiellement favorables à l'installation des juvéniles de sars dans les calanques de Morgiou, Sormiou et Callelongue, la méthode choisie est une cartographie des différents types d'habitats le long de la côte au sein des calanques étudiées. Cette étape était également nécessaire afin en particulier de pouvoir faire un choix de sites à étudier pour le suivi temporel des populations de juvéniles.

3.1 Sites d'étude

J'ai réalisé une cartographie des types d'habitats dans trois calanques : Morgiou, Sormiou et Callelongue (Fig. 1). Dans chacune des calanques, j'ai réalisé la cartographie sur la totalité du linéaire côtier présentant des petits fonds (<3m). Ceci correspond à la zone la plus interne de chaque calanque.

3.2 Protocole

La méthode utilisée consistait à nager parallèlement à la côte et à relever les informations sur une bande d'environ 4 mètres de large à partir du bord, pour une profondeur de substrat ne dépassant pas 3 mètres. Dans l'eau, les observations ont été notées sur des feuilles submersibles portant une copie du trait de côte, fixées à une plaquette. De retour à terre, les notes ont été mises au propre sur une copie papier du trait de côte. Pour répertorier et cartographier les habitats observés, j'ai retenu 7 catégories de substrats, selon Harmelin-Vivien *et al.* (1995) : blocs (notés B), roches (R), galets (G), galets nus (GN), graviers (GR), sable (S), herbiers à *Posidonia oceanica* (L) Delile (notés H). Ces substrats rocheux sont habituellement plus ou moins recouverts de macrophytes, sauf lorsqu'il est précisé la mention " nus ", indicatrice d'un hydrodynamisme fort. La distinction de ces substrats est principalement basée sur la taille des éléments considérés : sable (moins de 1cm), graviers (plus de 1 cm), galets (plus de 6 cm), blocs (plus de 15 cm), roche (surface rocheuse non individualisée en blocs). L'estimation de la taille du substrat a été faite à l'aide d'un double-décimètre accolé à la plaquette. Afin de caractériser la pente du substrat, j'ai défini 5 catégories : douce (0 à 20°, notée D), moyenne (20 à 40 °, M), forte (40 à 60°, F), abrupte (>60°, A), en surplomb (SP). J'ai également signalé la présence de tombants, indépendamment de la pente du fond, et noté la profondeur approximative des habitats observés. Le trait de côte reporté sur feuilles submersibles pour les sites de Sormiou et Morgiou a été obtenu à partir de photos aériennes obtenues auprès de la Direction de la Qualité de la Vie Partagée de la Mairie de Marseille. Celui de Callelongue a été obtenu à partir de photos aériennes issues de la banque de données du GIP Calanques. Au cours des

sorties de cartographie, j'ai également noté les principales espèces de poissons observées, dans les différents types d'habitats.

3.3 Traitements des données

Un tableau synthétique des données a été réalisé pour chaque calanque, afin d'organiser et de quantifier les observations. En fonction des critères identifiés précédemment, j'ai identifié et localisé dans chaque calanque les zones susceptibles de jouer le rôle de nurseries. J'ai pu calculer pour chaque calanque le linéaire côtier correspondant à ces zones, en faisant la somme des portions de côtes identifiées comme telle. Ceci a fourni une base de données, à partir de laquelle il a ensuite été possible de choisir des sites pour l'étude temporelle.

4 Étude temporelle, suivi des populations

Afin de réaliser une étude comparée des densités et de la croissance des juvéniles de *Diplodus vulgaris* et *D. puntazzo* dans différentes zones des trois calanques étudiées, la méthode adoptée est un suivi temporel des populations de juvéniles de *Diplodus* en terme d'abondance et de taille dans un certain nombre de sites de chacune de ces 3 calanques.

4.1 Sites d'étude

Dans chaque calanque, des micros populations de juvéniles de *Diplodus* ont été suivies par recensement visuel dans trois sites distincts, mesurant de 30 à 106 m de linéaire côtier chacun. Les sites sont notés M1, M2 et M3 pour Morgiou, S1, S2 et S3 pour Sormiou, C1, C2 et C3 pour Callelongue, E1, E2 et E3 pour Endoume. Ces sites de recensement ont été choisis à partir de la cartographie réalisée précédemment, en prenant soins de les choisir à la fois favorables à l'installation des deux espèces de *Diplodus* étudiées (Leboulleux, 1992 ; Harmelin-Vivien *et al*, 1995) et, autant que possible, topographiquement isolés les uns des autres. La localisation des sites est indiquée sur les figures 2a, 2b, et 2c, et leurs caractéristiques détaillées sont présentées dans les annexes I et II. Les sites M1, S1 et C1 sont situés à l'intérieur de petits ports de pêche et sont particulièrement abrités. La longueur du linéaire côtier échantillonné dans chaque site (Tab. I) a été mesurée. Pour cela j'ai mesuré une longueur étalon dans chaque calanque avec un penta-décamètre (par exemple la longueur du quai du port de Morgiou), puis j'ai mesuré cette même unité sur une photo aérienne de la calanque, afin de re-déterminer avec précision l'échelle de la photo aérienne. J'ai alors pu mesurer sur la photographie la longueur du linéaire côtier parcouru lors des recensements dans chaque site.

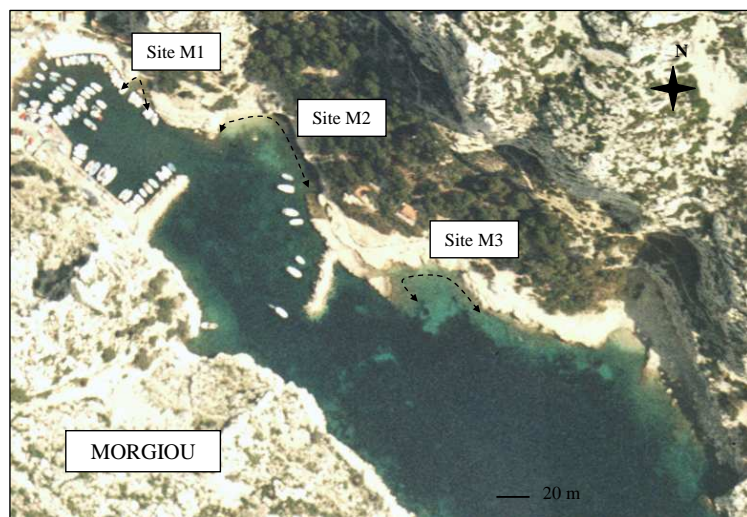


Figure 2a: Localisation des transects de recensement visuel pour les sites de la calanque de Morgiou

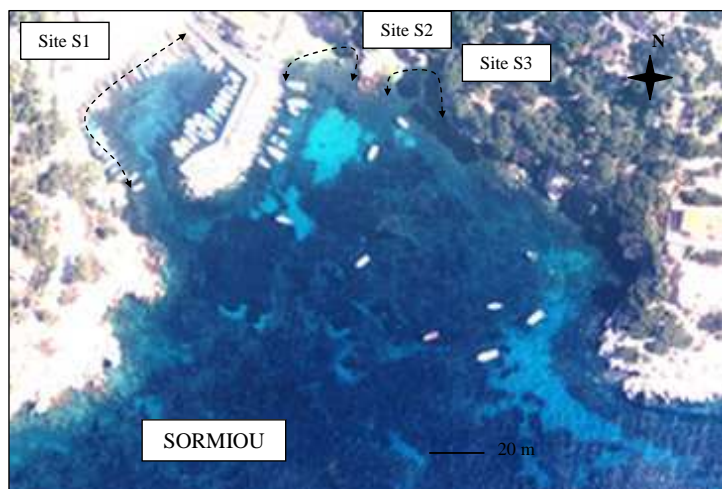


Figure 2b: Localisation des transects de recensement visuel pour les sites de la calanque de Sormiou

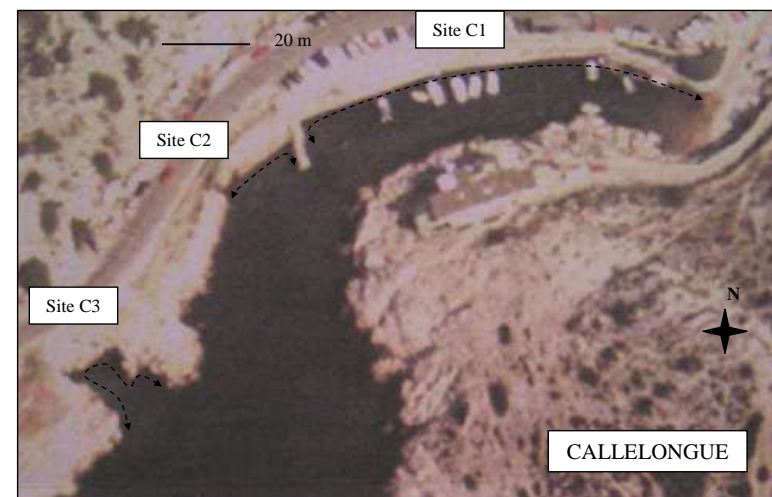


Figure 2c: Localisation des transects de recensement visuel pour les sites de la calanque de Callelongue

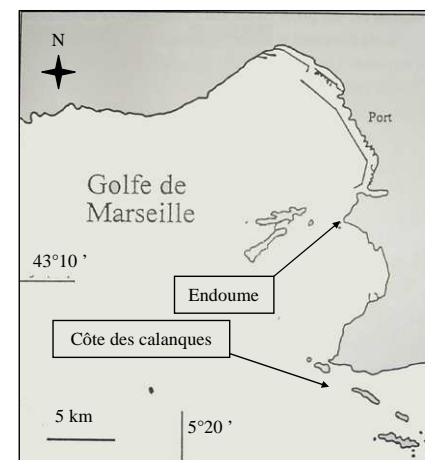


Figure 2d: Localisation du site d'étude d'Endoume par rapport à la côte des calanques

Tableau I: Longueur des transects de recensement pour chaque site

Sites	Longueur (m)
Morgiou 1	32,8
Morgiou 2	84,7
Morgiou 3	84,7
Morgiou 1+2+3	202,2
Sormiou 1	69,3
Sormiou 2	51,2
Sormiou 3	50,1
Sormiou 1+2+3	170,6
Callelongue 1	106,4
Callelongue 2	29,9
Callelongue 3	51,2
Callelongue 1+2+3	187,5
Endoume 1	18,1
Endoume 2	20,5
Endoume 3	23,4
Endoume 1+2+3	62,0

4.2 Échantillonnage

Les comptages ont été effectués de façon hebdomadaire, entre le 27/02/04 et le 14/05/04, dans chaque site, dans la mesure où les conditions météorologiques le permettaient. Les recensements ont été effectués toujours au même moment de la journée, entre 11 et 15 heures. À chaque recensement, la surface des sites a été entièrement parcourue en plongée libre, en notant sur une plaquette submersible la taille et l'abondance des individus des deux espèces de *Diplodus*. Une nage lente permet d'éviter la fuite des juvéniles et facilite le dénombrement et l'estimation de la taille (Macpherson, 1998). L'estimation de la taille a été faite après comparaison des individus observés avec des silhouettes portées sur la plaquette, présentant des classes de taille de 5 en 5 mm. Par la suite, c'est la médiane de la classe de taille qui a été répertoriée pour l'estimation de la taille moyenne des individus. Par exemple un individu de 21 mm a été noté dans la classe 20-25 et sa taille estimée à 22.5 (Vigliola, 1998). Macpherson (1998) a évalué la précision de cette méthode à ± 3.5 mm pour l'estimation des tailles de *Diplodus*. Un dénombrement des individus à l'unité près a été recherché, en effectuant une "numération directe" (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985 ; Leboulleux, 1992). Cependant, pour les essais supérieurs à 50 individus, l'abondance a été estimée. J'ai par ailleurs noté à chaque fois la position approximative des individus dans le site, la profondeur et le type d'habitat sur lequel ils se trouvaient.

Cette période de recensement correspond à un épisode d'installation pour *D. vulgaris* et *D. puntazzo*. Pour *D. puntazzo*, les recensements ont eu lieu à un moment où théoriquement l'installation des juvéniles sur les zones de nurseries est déjà faite, depuis le mois de novembre. Pour *D. vulgaris*, le début des recensements correspond au moment où arrivent les juvéniles de la seconde phase d'installation existant pour cette espèce (Garcia-Rubies & Macpherson, 1995 ; Vigliola, 1998). Au total, 90 recensements ont été effectués pour chaque espèce (Annexe III) : 27 à

Morgiou soit 9 par site, 24 à Sormiou, soit 8 par site, 21 à Callelongue, soit 7 par site, et 18 à Endoume, soit 6 par site.

4.3 Analyse spatiale et temporelle des densités de juvéniles

4.3.1 Exclusion et standardisation de données

Dans son étude, Macpherson (1998) exclue les comptages effectués par jour de forte turbidité et/ou de forte agitation au sein des sites. Dans mon cas, j'ai également exclu certaines données de comptage, réalisés avec de mauvaises conditions météorologiques. Ainsi dans l'étude des densités par calanque, pour *D. puntazzo*, je ne tiens pas compte des données du 11/03/04 à Endoume du fait de l'impossibilité de faire le recensement au site E1. Les données recueillies lors du recensement du 02/04/04 à Sormiou n'ont pas été utilisées pour l'étude des densités, étant donné le risque de sous estimation de l'abondance, dû à la mauvaise visibilité ce jour là. Ces données ont été utilisées en revanche pour l'étude de la croissance.

Pour chaque calanque, et pour chaque site à l'intérieur de chaque calanque, les comptages ont permis de définir l'abondance brute en juvéniles pour chaque date de comptage. Ces données ont été standardisées : étant donnée la différence de longueur de linéaire côtier des sites étudiés, les effectifs bruts individuels pour chaque site ont été ramenés à une unité standard, 100 m de linéaire côtier, pour pouvoir comparer l'abondance de juvéniles entre les sites, entre les moyennes par calanque, et dans le temps. Cette comparaison est donc basée sur des données de densités d'individus par 100 m de linéaire côtier.

4.3.2 Analyse spatiale des densités : comparaison des densités maximales atteintes entre calanques et entre sites

Une comparaison du nombre d'individus arrivés a été effectuée entre les sites dans chaque calanque et entre les calanques elles-mêmes. Pour cela, l'élément de comparaison retenu a été la densité maximale de juvéniles observée durant la durée de l'étude. En théorie, l'abondance en juvénile d'un site de nurserie est croissante pendant une première phase en fonction des arrivées successives de nouvelles larves compétentes. Cette phase se termine par un pic d'abondance, suivi d'une chute de l'abondance, celle-ci ne dépendant plus que de la mortalité des individus installés (Vigliola, 1998). Dans une étude de Macpherson (1998), la valeur du pic d'abondance sert de référence, en particulier pour déterminer la date de l'installation benthique des larves planctoniques devenues compétentes. Cependant ce pic d'abondance peut être masqué, soit si de nouvelles cohortes viennent s'ajouter aux individus déjà installés, soit s'il y a des migrations d'individus entre les sites surveillés. Dans mon étude, les histogrammes d'abondance en fonction du temps, dans les différentes calanques et dans les différents sites ne présentent pas de pic d'abondance bien

individualisé. C'est pourquoi j'ai utilisé comme élément de comparaison l'abondance maximale observée dans le site sur l'ensemble de la durée de l'étude.

J'ai effectué un test ANOVA (test paramétrique) à un facteur pour étudier la variabilité des densités maximales observées entre les quatre calanques étudiées. Pour chaque espèce, j'ai effectué les tests préalables des hypothèses ANOVA en testant l'homogénéité des variances à l'aide du test de Levene. De plus, j'ai testé la normalité des données à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov. Le test ANOVA a ensuite été effectué en prenant comme variable indépendante la calanque (Morgiou-Sormiou-Callelongue-Endoume) et comme variables dépendantes les données de densités maximales pour chaque site. L'effet du facteur calanque était considéré comme non significatif pour des valeurs de $p > 0.05$. Par ailleurs, pour les quatre calanques, j'ai comparé les densités maximales obtenues pour les différents sites au sein d'une même calanque. Comme il s'agit de données brutes de densités aucun test statistique n'a pu être utilisé pour ces comparaisons.

4.3.3 Analyse de l'évolution temporelle des densités de juvéniles dans chaque calanque

Pour chaque espèce et chaque calanque, j'ai établi des histogrammes de densités observées pour chaque site en fonction du temps, et calculé la densité moyenne observée sur l'ensemble de la calanque en fonction du temps. J'ai alors analysé la variabilité dans le temps de cette densité moyenne à l'échelle de chaque calanque. J'ai utilisé pour cela un test ANOVA à un facteur. L'homogénéité des variances et la normalité des données ont été testées de la même manière que précédemment. L'ANOVA a été réalisée en prenant comme variable indépendante la date et comme variables dépendantes les données de densité dans chaque site. L'effet du facteur date était considéré comme non significatif pour des valeurs de $p > 0.05$. Lorsque les tests des hypothèses ANOVA étaient négatifs, j'ai d'abord tenté le test ANOVA après transformation des données x par le $\log(1+x)$ ou la racine (x). Si cela ne permettait pas de satisfaire aux tests des hypothèses ANOVA, j'ai alors utilisé l'Anova de Kruskal Wallis (test non paramétrique) avec les mêmes variables.

4.3.4 Arrivées des cohortes

Pour *D. vulgaris*, les individus nouvellement installés ont été définis comme étant les plus petits individus observés (15-20 mm LT). Les observations *in situ* d'individus de cette taille ont été utilisées pour signaler l'arrivée de nouvelles cohortes de juvéniles.

4.4 Analyse de la croissance

4.4.1 Suppression des données aberrantes

Ici aussi, j'ai exclu pour l'analyse des données de taille les recensements effectués dans des conditions défavorables : mauvaise visibilité et agitation. Ainsi à Sormiou, pour *D. vulgaris*, j'ai exclu les données du site S1 du 06/05 car le recensement était imparfait. De même à Sormiou pour *D. puntazzo* j'ai exclu les données du site S1 du 02/04, correspondant à un très faible nombre d'individus et obtenues dans de mauvaises conditions météorologiques. A Endoume, j'ai exclu les données du 18/03 pour E1, car elles représentent l'observation d'un seul individu. Enfin j'ai exclu les données du 14/05 à S3 car elles représentent l'observation d'un seul individu.

4.4.2 Modèle de croissance, calcul des courbes de croissance et des taux de croissance

Planes *et al.* (1999) ont démontré que la croissance des juvéniles de *Diplodus* après l'installation benthique est linéaire. Vigliola (1998) a également montré que le modèle linéaire décrit parfaitement la croissance des juvéniles de trois espèces de *Diplodus* pour les deux stades benthiques précédant leur recrutement dans les populations adultes. Le taux de croissance absolu des individus est alors constant, dépendant en particulier des conditions environnementales, comme la température.

Les courbes de croissance moyenne des individus qui constituent les populations de chaque site suivi sont obtenues directement par la technique de recensement visuel. Le taux de croissance absolue durant l'intervalle de temps considéré est alors obtenu directement par régression linéaire (Vigliola, 1998), à l'aide du logiciel EXCEL : il correspond aux pentes des droites de régression linéaire. Dans l'étude de Vigliola (1998), la croissance des *Diplodus* durant les deux stades benthiques (stade de compétence et stade alevin) se modélisent séparément par deux modèles linéaires respectifs. Le stade de compétence correspond à des individus de 6.5 à 22.5 mm LS, le stade alevin à des individus de 22.5 à 42.5 mm LS. Les individus que j'ai observés présentaient des tailles moyennes allant de 17.5 mm LT à 62.5 mm LT pour *D. vulgaris* et de 22.5 mm LT à 62.5 mm LT pour *D. puntazzo*. J'ai considéré en première approximation que ces individus font partie du stade alevin (*sensus* Vigliola, 1998). J'ai donc considéré pour chaque site un seul stade pour l'ensemble de la durée de l'étude, et utilisé une seule régression linéaire par site et par espèce.

4.4.3 Variabilité spatiale et interspécifique des taux de croissance

La variabilité spatiale et interspécifique des taux de croissance de *D. vulgaris* et *D. puntazzo* a tout d'abord été étudiée par une analyse de variance à deux facteurs : l'espèce (avec 2 modalités) et la calanque (avec 4 modalités). Pour chaque espèce, les différences de croissance entre calanques ont ensuite été analysées séparément par une ANOVA à un facteur.

La mise en évidence de différences significatives par de telles analyses ont deux interprétations possible: soit la croissance des poissons est influencée par le facteur testé, soit la croissance est influencée par des différences au niveau des conditions environnementales en fonction des modalités du facteur testé. Vigliola (1998) détermine quelle interprétation doit être privilégiée en éliminant l'effet de la température, un facteur environnemental prépondérant, par analyse de la covariance. Cependant, dans le cas présent, les conditions pratiques et le pas de temps considéré ne m'ont pas permis de réaliser des mesures de température en nombre suffisant et suffisamment précises pour faire une analyse similaire.

4.4.4 Variabilité des taux de croissance entre les sites d'une même calanque et entre calanques

J'ai calculé pour chaque calanque les coefficients de variation ($CV = \text{déviation standard} \times 100 / \text{moyenne}$) à partir des taux de croissance des trois sites contenus dans chaque calanque, afin d'estimer la variabilité des taux de croissance entre les sites d'une même calanque (variabilité intra-calanque). Ce même coefficient de variation a été calculé pour l'ensemble des calanques afin de définir la variabilité entre les calanques (variabilité inter-calanque).

5 Étude Spatiale

Afin de réaliser une estimation du potentiel en nurseries pour les sars sur l'ensemble du linéaire côtier du site classé des calanques, une étude spatiale a été menée pour quantifier les sites de nurseries existants et l'abondance des juvéniles installés sur ces sites.

5.1 Mode d'acquisition des données

L'estimation de la taille et de l'abondance des juvéniles de *Diplodus* a été faite selon le même procédé que pour l'étude temporelle. Les transects ont été réalisés de manière à pouvoir être comparable d'un site à l'autre : leur taille a été fixée non pas par une mesure sur le terrain au décimètre, mais en fractionnant les comptages en intervalles de temps fixes de 10 minutes le long d'un couloir de comptage. Les déplacements se faisaient à vitesse lente et autant que possible constante (Harmelin & Vigliola, 1998). La zone ainsi recensée correspond à un couloir de 3 mètres de large et à un espace vertical allant de la surface à une profondeur correspondant à la profondeur des zones de nurseries d'une part et à la profondeur surveillable aisément en plongée libre, soit un maximum de 3 m environ.

5.2 Sites étudiés

Afin d'évaluer le potentiel en nurseries de sars du site classé des calanques, il fallait premièrement valider les caractéristiques des sites favorables à l'établissement de nurseries. Pour cela les sites surveillés contiennent à la fois des sites estimés potentiellement favorables et des sites estimés potentiellement défavorables. Deuxièmement, il fallait estimer leur importance quantitative et qualitative en termes d'accueil de juvéniles sur l'ensemble du site classé. Les sites surveillés sont donc repartis le long de l'ensemble de la côte du site classé. Ces données ont été complétées en incluant par la suite celles des sites surveillés dans l'étude temporelle. J'ai considéré pour cela les comptages réalisés à Morgiou, Sormiou et Callelongue. J'ai par ailleurs inclus dans l'analyse les données d'Endoume (Fig. 2) et du site Maldormé (voisin d'Endoume), même si ces sites ne font pas partie proprement dit du site classé des calanques. Les sites ainsi inspectés sont aux nombres de 23. La liste de ces sites est présentée en annexe IV. Leur localisation est présentée sur la figure 1.

5.3 Échantillonnage

Les recensements concernaient les mêmes espèces que l'étude temporelle, c'est à dire les deux espèces de sars présentes à cette époque de l'année dans les sites de nurseries, *Diplodus vulgaris* et *Diplodus puntazzo*.

Les recensements de l'étude spatiale ont été effectués les 21, 22 et 23 avril 2004. Afin de compléter les données recueillies pendant l'étude spatiale, j'y ai ajouté les données de l'étude temporelle : les comptages choisis pour chacune de ces calanques sont ceux des dates les plus proches de la période de l'étude spatiale et ayant eu des conditions météorologiques semblables : le 13/04/04 à Endoume, le 14/04/04 à Callelongue, le 19/04/04 à Sormiou et le 15/04/04 à Morgiou. L'échantillonnage comporte de 1 à 7 comptages de 10 minutes par sites.

5.4 Confirmation des caractéristiques des sites favorables à l'installation et estimation du % du périmètre côtier du GIP favorable

Les sites dans lesquels des juvéniles ont été observés, pour au moins une espèce, ont été qualifiés de favorables à l'installation. En mettant en relation la liste des sites favorables/défavorables avec les caractéristiques de ces sites, il m'a été possible de confirmer les caractéristiques des sites *a priori* favorables à l'installation des juvéniles de *Diplodus* établis dans la bibliographie (Harmelin-Vivien *et al.*, 1995).

J'ai complété la liste des sites favorables à l'installation des juvéniles au sein du site classé des calanques en ajoutant aux sites surveillés, d'une part les sites appartenant au site classé, non surveillés lors de l'étude spatiale, mais répondant aux caractéristiques requises et d'autre part, les sites surveillés pendant l'étude temporelle et appartenant au site classé (Callelongue, Sormiou,

Morgiou). À l'aide d'un curvimètre, j'ai mesuré le linéaire côtier total du site classé des calanques, en incluant les îles, ainsi que le linéaire correspondant aux sites favorables identifiés ci-dessus. J'ai ainsi pu calculer le pourcentage de linéaire côtier du site classé favorable à l'installation des juvéniles de *Diplodus* et jouant potentiellement le rôle de nurseries.

5.5 Étude des densités de *Diplodus* le long du linéaire côtier du site classé

5.5.1 Standardisation des données d'abondance

À partir des données d'abondance obtenues dans chaque site, il m'a été possible de calculer la densité d'individus par site, en ramenant les données à 10 minutes de comptages. Ceci a permis de standardiser les abondances de juvéniles pour chaque espèce et de les comparer d'un site à l'autre. Pour les quatre sites de l'étude temporelle, l'abondance par 10 minutes de comptages n'était pas directement disponible, puisque le protocole d'échantillonnage de l'étude temporelle ne tient pas compte du pas de temps. Cependant il m'a semblé acceptable en première approximation de compter 10 minutes pour le recensement d'un site au sein d'une calanque. À Morgiou, Sormiou et Callelongue, disposant chacune de 3 sites, l'abondance totale du jour considéré correspond donc à 30 minutes de recensement. À Endoume en revanche, compte tenu de la petite taille de la calanque, j'ai considéré 10 minutes pour l'ensemble de la calanque.

*5.5.2 Variabilité spatiale des densités de *Diplodus**

Pour l'analyse des densités de *Diplodus* j'ai choisi de regrouper les sites surveillés contenant des juvéniles en fonction d'un zonage géographique :

- la zone Est, qui comporte 4 sites : Pierres tombées, Sugiton, Morgiou et Sormiou. Il s'agit de vastes calanques, orientées au sud-est.
- la zone Centre, qui comporte 4 sites : Podestat, Queyrans, Marseilleveyre et Mounine. Il s'agit de petites calanques, orientées sud-ouest.
- la zone Riou : Monasterio. Cette zone se distingue par son caractère insulaire. Elle ne comporte en revanche qu'un seul site.
- la zone Croisette, qui comporte 3 sites : Callelongue, Maire et Baie des Singes. Ces sites ont des caractéristiques variées, mais ont en commun leur position géographique intermédiaire entre la Rade de Marseille d'une part et le site des calanques proprement dit d'autre part.
- la zone Rade, qui comporte 4 sites : Maronnaise, Goudes, Maldormé et Endoume. Ces sites, aux caractéristiques variées, ont en commun leur position interne dans la Rade de Marseille.

Pour étudier la variabilité de la densité des *Diplodus* entre les zones, pour chaque espèce, j'ai effectué un test ANOVA à un facteur, en réalisant au préalable les tests d'homogénéité des

variances et d'ajustement à la loi normale. J'ai pris comme variable indépendante la zone, avec 5 modalités (Est, Centre, Riou, Croisette, Rade). J'ai pris comme variable dépendante la densité de chaque site pour l'espèce considérée. Quand des différences de densités significatives apparaissaient entre les zones, j'ai effectué comme test de comparaison post hoc un test de Newman-Keuls. Pour les différents tests, l'effet du facteur considéré était considéré non significatif pour des valeurs de $p > 0.05$.

5.5.3 Analyse des proportions relatives de *D. puntazzo* et *D. vulgaris* dans les différents sites.

J'ai calculé les proportions relatives de *D. vulgaris* et *D. puntazzo* dans les différents sites étudiés. Afin de déterminer l'abondance relative des deux espèces de *Diplodus*, j'ai utilisé les données d'abondance brutes obtenues pour chaque site : je n'ai pas ramené les abondances à une période de 10 minutes, puisque cela n'était pas nécessaire pour évaluer et comparer l'importance relative des deux espèces d'un site à l'autre. J'ai par ailleurs calculé les proportions moyennes des espèces par zone, en considérant les mêmes zones que précédemment. J'ai ensuite fait pour chaque espèce une analyse de la variance des proportions entre les zones en utilisant un test ANOVA à un facteur. La variable indépendante était la zone avec 5 modalités (Est, Centre, Riou, Croisette, Rade) et la variable dépendante la proportion de l'espèce dans chaque site pour l'espèce considérée. Pour les différents tests, l'effet du facteur considéré était considéré non significatif pour des valeurs de $p > 0.05$.

5.5.4 Estimation du potentiel d'accueil de la côte du site classé

J'ai calculé le nombre total brut de juvéniles observés sur l'ensemble des sites favorables surveillés, à partir des données des recensements visuels. J'ai mesuré à l'aide d'un curvimètre la longueur du linéaire côtier correspondant. Connaissant la longueur de la totalité du linéaire côtier favorable à l'installation, j'ai pu alors extrapoler par une règle de trois pour estimer le nombre total de juvéniles accueillis cette année sur la portion de linéaire côtier correspondant au site classé.

5.6 Variabilité spatiale de la structure de taille des différentes populations

Pour les deux espèces, j'ai établi les histogrammes de taille des populations dans chaque site, correspondant aux dates de l'étude spatiale. J'ai également calculé la taille moyenne des individus pour chaque site. J'ai regroupé les sites en 5 zones, comme pour l'étude des densités : zone Est, Centre, Riou, Croisette, et Rade. En revanche, j'ai exclu les données du site Maldormé car, ayant été surveillé à des dates différentes, l'histogramme de taille obtenu pour ce site n'est pas comparable à ceux des autres sites. J'ai alors calculé pour chacune de ces zones les tailles moyennes des individus en cumulant les recensements des différents sites, et établi les histogrammes de tailles

cumulés pour chaque zone. Les distributions d'abondance dans les différentes zones ont été comparées par un test de χ^2 . Les différences entre zones prises deux à deux ont été testées en prenant comme plage attendue les données d'abondance brute d'une zone et comme plage réelle les données d'abondance brutes de la zone à comparer. J'ai fixé pour la loi du χ^2 une précision de 0.05 et un degré de liberté $dl=1$. J'ai conclu qu'il y avait une différence significative entre les distributions d'abondance des différentes zones lorsque le χ^2 théorique était inférieur au χ^2 calculé.

RESULTATS

1 Cartographie des types d'habitats

Au terme de cette cartographie, j'ai pu réaliser pour chaque calanque, une description des petits fonds le long d'une certaine portion du linéaire côtier. La portion de côte cartographiée pour chaque calanque est présentée sur l'annexe I et les données correspondantes sont présentées dans l'annexe II. La longueur du linéaire cartographié et le % de ce linéaire favorable à l'installation des juvéniles, pour chaque calanque, sont présentés dans l'annexe II. Ces données m'ont permis de localiser dans chaque calanque les zones potentiellement favorables à l'installation des juvéniles. Ces zones de nurseries potentielles sont reportées sur l'annexe I. On remarque que les calanques présentent des types d'habitats différents. Les habitats exclusivement sableux sont totalement absents de Morgiou alors qu'ils représentent un tiers des habitats observés à Sormiou. Les zones favorables à l'installation benthique des juvéniles sont présentes dans les trois calanques dans des proportions comparables, Morgiou en détenant la quantité la plus élevée (57 % à Morgiou, contre 48 % à Callelongue et 39 % à Sormiou).

2 Étude Temporelle

Les données brutes obtenues au cours des recensements sont présentées dans l'annexe III.

2.1 Évolution temporelle des densités de juvéniles

2.1.1 Comparaison des densités maximales atteintes entre calanques et entre sites

Il n'y a pas de différence significative de la densité maximale moyenne de juvéniles entre les quatre calanques étudiées, ni pour *D. punctazzo* (ANOVA, $p=0,8197$), ni pour *D. vulgaris*, (ANOVA,

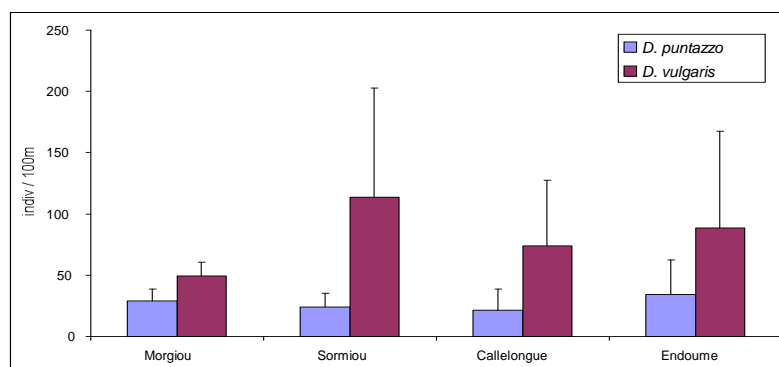


Figure 3. Densités maximales moyennes (ind/100m) de juvéniles par calanque et par espèce

$p=0,6897$) (Fig. 3). Ceci est dû au fait que la variabilité locale, c'est-à-dire entre sites au sein d'une même calanque, est forte et induit une forte variance des données.

Les densités maximales de chaque espèce dans chaque site à l'échelle d'une calanque sont présentées dans le tableau II. Pour les deux espèces, les variations de densités maximales observées entre sites à l'intérieur d'une même calanque sont très fortes, sauf pour la calanque de Morgiou où le coefficient de variation est plus faible que dans les autres calanques (Tab. II). À Morgiou, le site M3 présente les densités les plus faibles pour les deux espèces. À Sormiou, le site S2, à l'extérieur du port, présente pour les deux espèces une densité supérieure à celles observées dans les autres sites. À Callelongue, pour les deux espèces, la densité maximale est croissante le long d'un gradient intérieur - extérieur de la calanque. Le maximum est observé dans C3, situé à l'embouchure de la calanque. Le site ayant accueilli le plus grand nombre de juvéniles de *D. puntazzo* est E1, et celui qui a accueilli le plus faible nombre est C1. Pour *D. vulgaris*, le maximum de juvéniles a été observé en S2 et le minimum en E1.

Tableau II : Densités maximales atteintes par les juvéniles de *Diplodus puntazzo* et *D. vulgaris* dans les sites étudiés (indiv/100m) et moyennes par calanque

Site	<i>D. puntazzo</i>	Moyenne \pm sd (CV)	<i>D. vulgaris</i>	Moyenne \pm sd (CV)
Morgiou 1	39,6		54,9	
Morgiou 2	24,8	29.3 \pm 8.9 (30)	56,7	49.0 \pm 11.8 (24)
Morgiou 3	23,6		35,4	
Sormiou 1	14,4		47,6	
Sormiou 2	37,1	23.8 \pm 11.8 (50)	214,8	113.4 \pm 89.1 (76)
Sormiou 3	20,0		77,8	
Callelongue 1	4,7		12,2	
Callelongue 2	20,1	21.3 \pm 17.2 (81)	100,3	73.9 \pm 53.7 (73)
Callelongue 3	39,1		109,4	
Endoume 1	66,7		5,6	
Endoume 2	22,7	34.3 \pm 28.4 (83)	95,5	88.2 \pm 79.2 (90)
Endoume 3	13,6		163,6	

2.1.2 Évolution temporelle des densités de juvéniles dans chaque calanque

Dans chacune des quatre calanques étudiées, la variabilité dans le temps des densités moyennes de *D. puntazzo* et *D. vulgaris* à l'échelle de la calanque n'est pas significative (test ANOVA pour *D. puntazzo* et test de Kruskal-Wallis pour *D. vulgaris*, $p>0.05$). En effet, dans chacune des quatre calanques étudiées, la variabilité entre les trois sites pour un jour donné est plus grande que la variabilité, dans le temps, de la densité moyenne sur l'ensemble de la calanque (Fig. 4).

A Morgiou, dans les trois sites M1, M2 et M3, j'ai observé deux arrivées distinctes de cohortes de *D. vulgaris* (Annexe III). Des individus de taille moyenne 17,5 mm LT ont été observés au début de la période de recensement (le 9/03/04) puis, à nouveau les 1 et 7 avril. En revanche, dans les autres calanques, aucune autre arrivée d'individus de petites classe de taille n'a été observée après le début des recensements. Pour *D. puntazzo*, les individus les plus petits (22,5 mm LT) ont tous été observés au début de l'étude. Étant donné leur taille, ces individus étaient arrivés depuis déjà plusieurs semaines, l'installation benthique de cette espèce ayant lieu plus tôt que pour *D. vulgaris*.

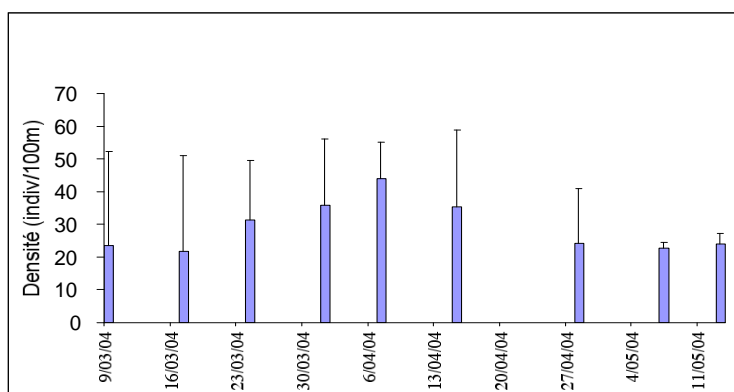


Figure 4. Densités moyennes de *D. vulgaris* à Morgiou : la variabilité dans le temps n'est pas significative (Anova de Kruskal-Wallis, $p > 0.05$)

2.2 Analyse de la croissance

Les taux de croissance calculés pour chaque espèce, dans chaque site et le taux moyen dans chaque calanque sont présentés dans le tableau III.

2.2.1 Variabilité entre espèces et entre calanques (ANOVA à 2 facteurs)

L'ANOVA à deux facteurs indique qu'il y a une différence faible, mais significative, du taux moyen de croissance entre les espèces et une différence forte très significative entre les calanques (Tab. IV). L'interaction espèce-calanque est significative, mais provient uniquement de la calanque d'Endoume où la croissance de *D. puntazzo* est beaucoup plus faible que celle de *D. vulgaris*. Le taux moyen de croissance de *D. vulgaris* ($0.318 \pm 0.036 \text{ mm.d}^{-1}$) est légèrement plus élevé que celui de *D. puntazzo* ($0.272 \pm 0.051 \text{ mm.d}^{-1}$). Cette différence est due à la faible croissance de *D. puntazzo* à Endoume. Dans les autres calanques, il n'y a pas de différence du taux de croissance entre les espèces.

Pour les deux espèces, le maximum de croissance est observé dans la calanque de Callelongue ($0.378 \pm 0.065 \text{ mm.d}^{-1}$). Cette valeur est significativement supérieure à celles observées dans les autres calanques (de 0.231 à 0.294 mm.d^{-1}) qui ne sont pas différentes entre elles.

Tableau III. Taux de croissance par site et taux moyens par calanque. Déviation standard (sd), coefficient de variation (CV), nombre de dates par régression linéaire (n), coefficient de détermination de la droite de régression (R2)

D. vulgaris	Taux de Croissance (mm/d)	Tx moyen (mm/d)	sd	CV	n	R2
Site						
Morgiou 1	0.358	0.281	0.0699	25	25	0.815
Morgiou 2	0.221					
Morgiou 3	0.265					
Sormiou 1	0.306	0.319	0.0502	16	19	0.879
Sormiou 2	0.374					
Sormiou 3	0.276					
Callelongue 1	0.401	0.367	0.0297	8	19	0.935
Callelongue 2	0.354					
Callelongue 3	0.346					
Endoume 1		0.305	0.0170	6	13	0.811
Endoume 2	0.317					
Endoume 3	0.293					
D. puntazzo	Taux de Croissance (mm/d)	Tx moyen (mm/d)	Sd	CV	n	R2
Site						
Morgiou 1	0.272	0.273	0.0260	10	18	0.786
Morgiou 2	0.299					
Morgiou 3	0.247					
Sormiou 1	0.257	0.269	0.0153	6	20	0.919
Sormiou 2	0.286					
Sormiou 3	0.263					
Callelongue 1	0.5	0.388	0.0967	25	15	0.836
Callelongue 2	0.335					
Callelongue 3	0.33					
Endoume 1	0.151	0.157	0.0056	4	15	0.641
Endoume 2	0.158					
Endoume 3	0.162					

Tableau IV. Résultats de l'ANOVA à deux facteurs sur le taux de croissance moyen de *D. puntazzo* (Dp) et *D. vulgaris* (Dv) dans les quatre calanques étudiées Morgiou (M), Sormiou (S), Callelongue (C) et Endoume (E).

Facteurs	dl	F	p	Comparaisons post-hoc des moyennes
Espèce	1	5.4984	0.0322	Dv > Dp
Calanque	3	9.6094	0.0007	C > M = S = E
Espèce x Calanque	3	3.4891	0.0404	

2.2.2 Variabilité spatiale des taux de croissance

Pour *D. vulgaris* les taux de croissance d'une calanque à l'autre ne sont pas significativement différents (ANOVA à 1 facteur, $p=0.2739$). Pour *D. puntazzo* il y a une différence significative des taux de croissance entre les calanques étudiées (Anova de Kruskal-Wallis, $p=0.0249$). La croissance à Callelongue est la plus élevée et est supérieure à celle de Morgiou ($p=0.0495$). La croissance à Morgiou n'est pas significativement différente de celle à Sormiou ($p=0.8272$). La croissance à Endoume est plus faible qu'à Sormiou ($p=0.0495$), mais pas différente de celle observée à Morgiou. Les coefficients de variation pour chaque calanque sont présentés dans le tableau III. Ils sont généralement faibles, ce qui indique qu'il y a peu de variation des taux de croissance entre les

différents sites au sein d'une même calanque. On observe un coefficient de variation relativement élevé (25) dans deux cas, à Morgiou pour *D. vulgaris* et à Callelongue pour *D. puntazzo*. Ces résultats sont issus des différences de croissance observées pour un des sites interne à chaque calanque, en l'occurrence les sites C1 et M3. Pour *D. puntazzo* à C1, il est raisonnable de penser que le taux de croissance observé diffère de ceux des autres sites du fait du faible nombre d'observations dont est issue la régression linéaire pour ce site.

Pour *D. vulgaris* la variabilité du taux de croissance entre les calanques (CV=11) est du même ordre de grandeur que la variabilité à l'intérieur d'une même calanque. Par contre, pour *D. puntazzo*, la variabilité de la croissance entre les calanques (CV=34) est plus élevée que celle trouvée entre les sites d'une même calanque.

3 Étude spatiale

Les comptages effectués sont présentés dans l'annexe IV.

3.1 Caractéristiques des sites favorables à l'installation des juvéniles de *Diplodus*

Les sites favorables et défavorables à l'installation des juvéniles de *Diplodus* parmi l'ensemble des sites surveillés, et leurs caractéristiques, sont présentés dans l'annexe IV. Ce tableau permet de confirmer un certain nombre de caractéristiques favorables à l'installation des juvéniles : zone abritée à moyennement abritée, fond en pente douce, faible profondeur (0 à 2 voire 3 m), substrat constitué de blocs, galets, graviers, et absence de tombant important. Les zones agitées, abruptes, ou avec des tombants profonds, sont défavorables. Par ailleurs, je n'ai jamais observé de juvéniles sur des zones exclusivement sableuses. Ainsi dans les criques présentant une zone de plage sableuse et des flancs rocheux à blocs et galets, les juvéniles ont toujours été observés sur les zones à blocs et galets, et éventuellement proches de la plage si le substrat présentait un mélange de sable avec des éléments plus grossiers. De même, je n'ai pas observé de juvéniles sur les zones de dalles rocheuses exclusives qui répondent aux autres critères. J'ai observé des juvéniles sur de telles dalles quand elles présentaient des anfractuosités ou portaient des blocs clairsemés.

Enfin dans la tranche d'eau surveillée (0-3m) j'ai constaté que les juvéniles de *D. vulgaris* sont souvent stationnés plus en profondeur que ceux de *D. puntazzo*. Ceci était vrai en particulier les jours de forte agitation pour lesquels il semble que les *D. vulgaris* fuient la zone de ressac en se réfugiant plus profondément, contrairement aux juvéniles de *D. puntazzo* que j'ai eu l'occasion d'observer dans la zone de ressac.

3.2 Proportion du linéaire côtier du GIP favorable aux juvéniles de *Diplodus*

Les sites non surveillés lors de l'étude spatiale, mais présentant des caractéristiques favorables à l'installation des juvéniles de sars sont : la Calanque de Samena, la Calanque du Mauvais pas, la Calanque de l'Escalette, la Calanque blanche, la Calanque des trous, En Vau, Port Miou et Port Pin (Fig. 1). Les sites surveillés et favorables sont Goudes, Maronnaise, Maire, Baie des singes, Callelongue, Monasterio, Mounine, Marseilleveyre, Queyrons, Podestat, Sormiou, Morgiou, Sugiton et Pierres tombées. Le linéaire côtier total du site classé des calanques, en incluant les îles, est de 52 km. Le linéaire total correspondant aux sites favorables (surveillés et non surveillés) est de 4,3 km. Cela signifie que moins de 9 % du linéaire côtier du site classé est favorable à l'installation, et peut jouer le rôle de nurseries pour les juvéniles de *Diplodus*.

3.3 Variabilité spatiale des densités de *Diplodus* le long du linéaire côtier du site classé

Pour *D. puntazzo*, les différences de densité entre les zones sont significatives ($p=0.0015$) (Fig. 5). Les densités sont significativement plus élevées dans la zone Est que dans la zone Centre ($p=0.0067$) et dans la zone Rade que dans la zone Centre ($p=0.0313$). Pour *D. vulgaris*, les différences de densité entre les zones ne sont pas significatives, bien que plus élevées également dans les zones Est et Rade. Pour les deux espèces, les densités de la zone Riou sont les plus faibles observées, bien que ce résultat ne soit pas significatif.

La proportion de *D. vulgaris* est toujours plus importante que celle de *D. puntazzo*, de 57% (Monasterio) à 93 % (Podestat), sauf au site Pierres tombées où les juvéniles de *D. puntazzo* sont majoritaires (61 % de *D. puntazzo*). La moitié des sites présente un ratio *D. puntazzo* / *D. vulgaris*

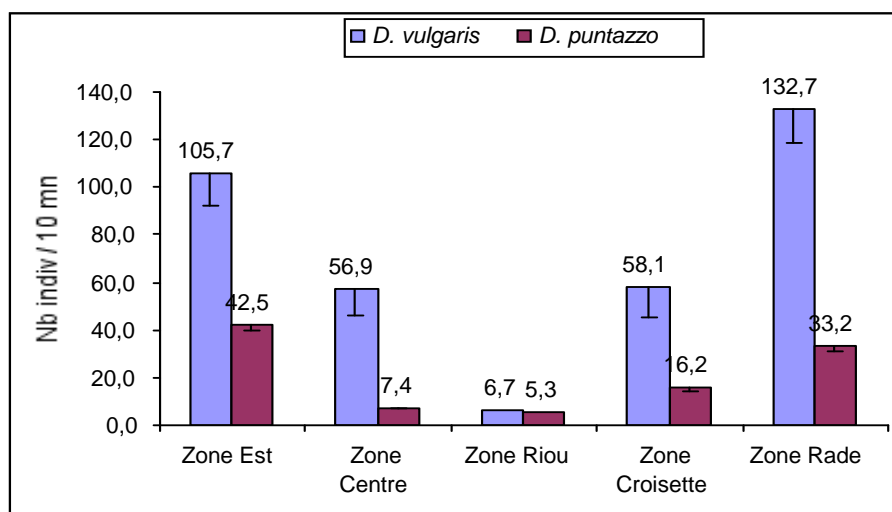


Figure 5. Densité moyenne par 10 mn de comptage par zone et par espèce

de 20/80 (± 6) (de 74/26 à 85/15). Il n'y a pas de différence significative des proportions *D. vulgaris* / *D. puntazzo* entre les zones testées (Est, Centre, Croisette, Riou, Rade) (ANOVA, $p>0.05$).

Le nombre total de juvéniles de *Diplodus* dénombrés sur la portion étudiée est de 1255 *D. vulgaris* et 366 *D. puntazzo*. Ces dénombrements correspondent à un linéaire côtier favorable étudié d'une longueur de 3,1 km. Le linéaire total favorable à l'installation des juvéniles pour la portion de côte correspondant au site classé est de 4.3 km. La quantité de juvéniles de *Diplodus* potentiellement accueillis cette année sur cette zone est donc de 1743 *D. vulgaris* et 508 *D. puntazzo*.

3.4 Variabilité spatiale de la structure de taille des différentes populations

Les données de comptages brutes de l'étude spatiale, abondance et taille estimée, pour chaque site sont en annexe V. Pour *D. puntazzo* comme pour *D. vulgaris*, les histogrammes de tailles (Fig. 6a et 6b) montrent que pour la zone Rade les populations ont une structure de taille centrée sur une taille principale regroupant plus de 40 % des individus. Au contraire, à l'est (zone Est et Centre) les populations montrent des histogrammes plus étalés, trois classes de tailles différentes regroupant chacune 20 à 35 % des individus.

Pour *D. puntazzo*, le test de Chi2 indique que les différences entre sites en termes de distribution d'abondance ne sont pas significatives. Cependant, les tailles moyennes (mm (LT), (sd)) pour *D. puntazzo* des différentes zones montrent un gradient décroissant d'ouest en est : 46 (6.5), 41.5 (6), 39.4 (6), 37.6 (5.3) respectivement pour le groupe Rade, Croisette, Centre et Est. Le groupe Riou présente des tailles intermédiaires (42.2 mm LT, sd=5.3). La taille moyenne plus importante de la zone Croisette, comparée à celle de la zone Est, est en concordance avec les valeurs des taux de croissance plus fortes observées à Callelongue comparée à celles observées à Morgiou et Sormiou. Pour *D. vulgaris*, le test de Chi2 indique également que les différences entre sites en terme de distribution d'abondance ne sont pas significatives. Pour cette espèce, on n'observe pas de gradient géographique de la taille moyenne. Les tailles moyennes observées sont de 33 (4.9), 31.6 (5.2), 37.8 (7.9), 36 (6.7), 32.3 (5.7), respectivement pour les zones Rade, Croisette, Riou, Centre et Est. La zone de Riou montre des tailles moyennes plus élevées que les autres zones.

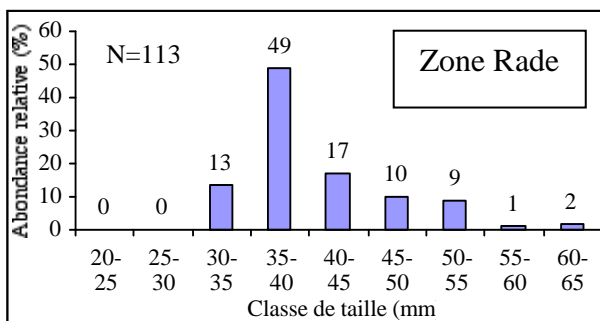


Figure 6a. Histogramme de taille (%) de *D. puntazzo* pour la zone Rade (N = abondance brute dans la zone)

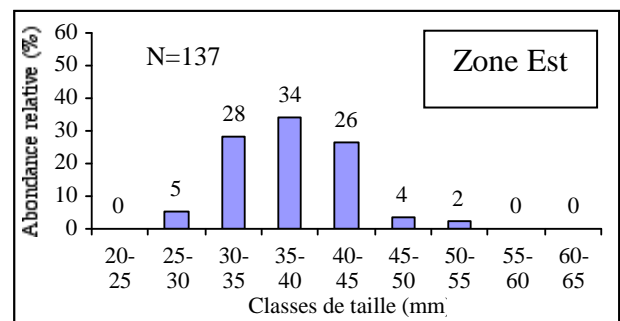


Figure 6b. Histogramme de taille (%) de *D. puntazzo* pour la zone Est (N = abondance brute dans la zone)

DISCUSSION

Les techniques de **recensement visuel** ont été utilisées de plus en plus couramment en Méditerranée depuis 1975 (Harmelin-Vivien & Harmelin, 1975). Elles sont sujettes à un certain nombre de biais, néanmoins elles sont pratiques car applicables à des environnements variés et à de nombreuses espèces différentes (De Giromalo & Mazzoldi, 2001). Leur usage est particulièrement justifié dans le cadre de cette étude réalisée sur de très petits fonds.

Dans son étude, Vigliola (1998) a recensé des sites dont la disposition topographique rendait très improbables des échanges avec d'autres zones d'installation de juvéniles. Dans l'étude présentée ici, les sites ont été choisis autant que possible isolés les uns des autres, séparés par des promontoires au-delà desquels les habitats ne sont pas propices à l'installation des juvéniles de *Diplodus*, et où la côte est exposée à l'action des vagues. En revanche, des sites comme ceux de Callelongue, C1 et C2, ne sont séparés que par une digue dont la faible dimension pourrait éventuellement permettre à des juvéniles de la franchir et ainsi de circuler d'un site à l'autre.

Le bilan de l'étude de **cartographie** est que les zones de nurseries favorables aux *Diplodus* ne représentent pas la majorité du linéaire cartographié. Par ailleurs, dans une vaste calanque comme Sormiou par exemple, les nurseries ne sont présentes que dans la partie la plus interne de la calanque, là où se situent les petits fonds de galets et blocs. Ainsi le pourcentage de linéaire côtier favorable à l'installation des juvéniles dans une calanque est faible. Le même constat est rendu par l'étude spatiale sur l'ensemble du linéaire du site classé. Les risques de perturbation des cycles vitaux des poissons sont donc d'autant plus grands du fait du faible nombre de nurseries dont ils dépendent localement.

Pour *D. puntazzo*, les recensements ont été effectués sur une période n'incluant pas les dates précédemment observées pour le début de l'installation des juvéniles (octobre-novembre) (Vigliola, 1998). Pour ma part, je n'ai pas observé de nouvelles **arrivées de juvéniles** de *D. puntazzo*. Mes observations ne sont donc pas en contradiction avec les résultats des études précédentes. Pour *D. vulgaris*, le début des recensements correspond au début de l'installation des juvéniles puisque j'ai pu observer des individus des petites classes de taille (15-20 mm LT). Cette année l'installation benthique des juvéniles de *D. vulgaris* s'est donc fait fin février - début mars. Vigliola (1998) a observé une période d'installation située entre fin octobre et fin mars avec un pic entre mi-décembre et mi-janvier. Il semble donc qu'il y ait eu cette année un retard à l'installation pour *D. vulgaris*. Macpherson (1998) évoque deux pics d'installation distincts entre octobre et mars. Si cela avait été le cas cette année, il y aurait eu des juvéniles de classes de taille supérieures déjà présents sur les

sites recensés, ce qui n'a pas été le cas. J'ai pu observer à Morgiou une dynamique particulière de recrutement pour *D. vulgaris* : l'installation benthique s'est faite en plusieurs vagues, avec deux arrivées au moins d'individus appartenant aux classes de tailles les plus petites, ces observations ayant été faites à 23 jours d'intervalle.

À l'exception de la calanque d'Endoume, au sein d'une calanque donnée, c'est le même site qui a présenté les **densités maximales** les plus fortes pour les deux espèces, de même que pour les densités maximales les moins fortes. Le cas d'Endoume s'explique sans doute par le fort gradient croissant de profondeur existant entre les trois sites (de 0 à 3 m) et par une répartition différente des deux espèces en fonction de ce gradient. En effet, Vigliola (1998) a mis en évidence à Endoume que les juvéniles de *D. vulgaris* s'installent plus profondément que ceux de *D. puntazzo*. A Morgiou, la densité la plus forte observée dans le site M1 correspond peut-être au caractère particulièrement abrité du site, situé dans l'enceinte du port. A Sormiou, il est surprenant qu'il n'en soit pas de même pour le site S1 situé dans le petit port. A Callelongue, les faibles densités observées dans le site interne du port (C1) sont peut-être dues au caractère fortement anthropisé de ce site. Vigliola (1994) a mis en évidence un contraste équivalent entre l'intérieur et l'extérieur du port de Malmousque (côte d'Endoume).

Les **taux de croissance** que j'ai estimé pour cette année, dans les calanques étudiées, sont de 0.318 mm.d⁻¹ (± 0.036) en moyenne pour *D. vulgaris* et de 0.272 mm.d⁻¹ (± 0.094) en moyenne pour *D. puntazzo*. Vigliola (1998) trouve, sur les données obtenues par otolithométrie, sur la côte d'Endoume, une croissance moyenne de 0.210 mm.d⁻¹ (± 0.04) pour *D. vulgaris*, et de 0.180 mm.d⁻¹ (± 0.04) pour *D. puntazzo*. Pour 21 espèces méditerranéennes benthiques de *Sebastes*, la croissance des jeunes individus est de 0.2 à 0.3 mm.d⁻¹ (Love *et al.*, 1991 in Vigliola, 1998). Les taux de croissance obtenus pour la côte du site des calanques sont donc comparables avec ceux observés auparavant pour les mêmes espèces à Endoume et pour d'autres poissons de Méditerranée.

Aucune différence significative de croissance n'a été observée entre les deux espèces, excepté dans la calanque d'Endoume. Cependant ce résultat est basé sur un faible échantillonnage pour *D. puntazzo*. Le maximum de croissance observé à Callelongue pour les deux espèces est un résultat à interpréter avec précaution. En effet, les valeurs de croissance obtenue par Vigliola (1998) proviennent des données obtenues par otolithométrie et permettent une analyse fine des variations observées. Ici, la variabilité observée est moins fiable compte tenu de la méthode d'acquisition des données, l'estimation visuelle de la taille, étant sujette à divers biais. La variabilité des taux de croissance entre site au sein d'une même calanque est faible. Ceci porte à croire que les sites ne sont

pas indépendants et que leur isolement topographique est relatif, des migrations de juvéniles pouvant avoir lieu entre les sites d'une même calanque.

On peut tout de même avancer quelques hypothèses pouvant expliquer ces différences de croissance. La température est un facteur influant sur la croissance (Brett, 1979 ; Dockray et al, 1996 ; in Vigliola 1998). Vigliola (1998) a démontré que les différences interspécifiques de croissance des juvéniles chez *Diplodus* sont liées aux variations saisonnières de température, les espèces colonisant les zones de nurseries à des moments plus ou moins chauds de l'année. Par ailleurs, Vigliola (1994) a observé une croissance plus forte des juvéniles de *D. puntazzo* dans le petit port de Malmousque, comparée à celles observées dans les zones externes à ce port, sans doute en relation avec les températures plus importantes observées à l'intérieur de ce port. On peut donc se demander si la croissance plus forte observée à Callelongue ne serait pas liée à une température plus élevée de la calanque, qui serait due à sa faible profondeur et à son étroitesse.

McCormick & Molony (1995 ; in Vigliola, 1998) ont conclu que pour pouvoir comparer la croissance entre deux espèces voisines (ou autres facteurs discriminants) il fallait considérer les températures auxquelles les taux de croissance avait été estimés. Il faudrait disposer pour cela d'enregistrements en continu des températures dans chaque calanque, ce qui n'est pas le cas. Il pourrait être intéressant de confirmer ainsi la variabilité de croissance observée entre les calanques, bien que celle-ci ne soit pas significative pour *D. vulgaris*. En effet, les variations de croissance influent sur le contrôle et le succès du recrutement suivant l'hypothèse " stage/duration " (Vigliola, 1998) : les juvéniles disposant d'une croissance élevée sont moins longtemps vulnérables à la prédation affectant les petits individus. Ainsi, les sites disposant d'une croissance rapide sont susceptibles d'obtenir à terme un meilleur recrutement dans les populations adultes. **La qualité des nurseries est donc influencée par le paramètre croissance. En ces termes Callelongue disposerait de nurseries de meilleures qualités, bien que leur surface soit faible.**

Les **densités** observées lors de l'étude spatiale peuvent être utilisées comme indicateurs du taux d'installation des juvéniles. Harmelin & Vigliola (1998) ont observé, par transect de 10mn, des effectifs moyens de 116 juvéniles de *D. vulgaris* pour les zones de Endoume-Malmousque. Parallèlement, ils ont observé pour des zones de la rade de Hyères, présentant un déficit d'installation benthique de juvéniles (Port Cros et Giens) des densités de 6 à 34 juvéniles de *D. vulgaris*. Soit un déficit d'installation de 95 à 70 % par rapport à Marseille. Ce déficit été observé pour *D. vulgaris* et *D. sargus*. Dans l'étude présente, le déficit d'installation observé entre la zone Rade et la zone Centre est de 78 %. Ce déficit est comparable au déficit observé pour les sites de la rade de Hyères par rapport à la rade de Marseille.

La fréquence des habitats favorables à l'installation benthique des Sparidae conditionne celle des juvéniles et donc leur densité dans la bande côtière où a lieu leur installation (Leboulleux, 1992). Ainsi, *a priori*, si les habitats favorables sont présents, les densités en leur sein devraient être équivalentes pour des zones présentant les mêmes caractéristiques. Dans l'étude présente, Il y a une différence significative de densité, donc de taux d'installation, pour *D. puntazzo*, entre les zones Rade et Centre d'une part et Est et Centre d'autre part : **on observe donc une anomalie d'installation de juvéniles au niveau de la zone Centre**. Ces zones comportent toutes des habitats potentiellement favorables à l'installation des juvéniles de *Diplodus*, il y a vraisemblablement des différences dans les caractéristiques environnementales de ces zones qui expliquent l'anomalie observée sur cette portion du linéaire côtier (Harmelin & Vigliola, 1998). Plusieurs hypothèses concernant ces différences peuvent être avancées.

Une première hypothèse consiste à dire que l'anomalie sur la zone centre est due au fait que, malgré la présence des habitats favorables, ceux-ci ont une dimension trop petite pour favoriser une installation optimale, contrairement à la rade de Marseille ou aux calanques de la zone Est, qui présentent des sites de nurseries couvrant de plus grandes surfaces. **Ceci revient donc à émettre l'hypothèse que la surface des nurseries est un facteur influençant leur qualité.**

Une deuxième hypothèse consiste à dire que, étant donné que les nurseries de la zone Centre sont situées à proximité de l'émissaire de Cortiou, elles subissent une influence plus importante de la part de celui-ci, acquérant ainsi des caractéristiques rendant les zones de nurseries moins propices à l'installation des juvéniles. Cependant cette simple corrélation n'est pas une preuve d'une relation de cause à effet.

Harmelin & Vigliola (1998) concluent que le déficit d'installation observé dans la rade d'Hyères est probablement dû à la circulation des masses d'eau, dépendante de la circulation générale et de la direction locale des vents par rapport à la côte, qui peut exporter, loin du lieu de vie des adultes, les produits de reproduction. Dans la région de Marseille, les larves de *D. vulgaris* sont ramenées à la côte et donc sur les zones de nurseries par des courants de fonds, générés par des vents de terre (upwelling côtiers par des vents de secteur Ouest Nord-Ouest). Les larves de *D. puntazzo* semblent quant à elle dépendre de vents de secteur est sud-est pour leur retour vers les zones de nurseries (downwelling côtier) (Vigliola, 1998). Dans le cas présent, on peut raisonner sur le même principe et proposer une troisième hypothèse, selon laquelle l'anomalie d'installation observée dans les sites de la zone Centre est due à sa disposition géographique : la rade de Marseille favorise la formation de courant orthogonaux à la côte, favorisant l'installation des larves de *Diplodus* (Harmelin & Vigliola, 1998). En revanche, au niveau de la portion de côte située entre le Cap Croisette et Cassis (zone Centre), par vent de mer ou par régime de Tramontane-Mistral, les courants sont parallèles à la côte (Marsaleix, 1993 in Harmelin & Vigliola, 1998). Ceci ne favorise pas l'installation des

juvéniles sur les nurseries de cette portion de côte. Par ailleurs, la configuration de la rade de Marseille favorise la formation de gyres et donc la rétention des larves issues des populations locales. Enfin, la configuration et l'orientation des calanques de la zone Est semblent propices à la rétention des larves, au contraire des sites de la zone Centre qui sont de petites criques ne présentant pas une configuration favorisant le piégeage des larves de *Diplodus*. **Il est probable que le déficit d'installation de juvéniles observé sur la zone Centre soit le résultat d'une combinaison de ces différents facteurs : les effets de la petite surface des zones de nurseries sont probablement aggravés par leur situation défavorable vis à vis de la circulation des masses d'eau et leur position proche de l'émissaire de Cortiou.**

Un déficit de recrutement (incorporation de juvéniles dans les populations adultes) a été démontré à Riou pour 5 espèces de Sparidae, dont *D. puntazzo* et *D. vulgaris*, par l'étude de Leboulleux (1992). En comparant la structure de taille des populations adultes entre la côte d'Endoume et de Riou, elle observe en effet un déficit au niveau des petites classes de taille autour de l'île de Riou. Pour ma part j'ai observé sur la zone de Riou, pour *D. puntazzo* et *D. vulgaris*, un déficit de juvéniles par rapport aux zones Rade et Est. Ces résultats semblent donc être en accord et indiquent un déficit d'installation des *Diplodus*, qui peut être le résultat de la situation insulaire de Riou et de son faible nombre de sites de nurseries. Dans cet archipel où l'installation et le recrutement semblent faibles, il se pourrait que les populations d'adultes soit alimentées par migration d'adultes ou sub-adultes depuis les zones côtières (Leboulleux, 1992). Ceci correspondrait donc à un modèle de réapprovisionnement des populations de Riou semblable à celui démontré pour Port-Cros (Harmelin & Vigliola, 1998).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

1. La **cartographie**, complétée par l'étude spatiale, a permis de localiser les nurseries de sars (*Diplodus* spp.) au sein du site classé des calanques. Elle met en évidence l'importance accrue des zones de nurseries existantes et localisées dans cette étude, en particulier du fait de leur faible quantité au sein du site classé.
2. L'**étude temporelle** montre que la variabilité des densités maximales de juvéniles est importante d'un site à l'autre à l'échelle d'une calanque. Ceci souligne que la qualité des zones de nurseries est dépendante de conditions environnementales locales. La croissance étant un paramètre agissant sur la qualité des nurseries, il serait souhaitable, afin de préciser les différences de qualité des nurseries, entre calanques, d'étudier plus finement les données de croissance, en particulier à l'aide de techniques otolithométriques et d'enregistrement en continu de la température.
3. L'**étude spatiale** met en évidence un déficit du taux d'installation au niveau de la zone Centre et au niveau de l'archipel de Riou. Ces zones semblent donc dépendantes des zones périphériques pour le renouvellement de leurs populations adultes. Il est intéressant de rappeler que la surface des nurseries semble être un facteur pouvant influencer leur qualité. Pour confirmer le déficit sur la zone Centre, il pourrait être envisageable d'étudier la structure de taille des populations adultes pour voir si les observations de Leboulleux (1992) à Riou se reproduisent également sur la zone Centre. De même pour savoir si cette anomalie est un phénomène structurel ou exceptionnel il faudrait réévaluer les taux d'installation sur plusieurs années consécutives (Harmelin & Vigliola, 1998).

PERSPECTIVES POUR LA GESTION DU SITE CLASSÉ DES CALANQUES

Les sites de nurseries sont des habitats qui jouent un rôle important car ils sont nécessaires à une étape clef du cycle de vie des poissons. Les juvéniles de *D. puntazzo* et *D. vulgaris* ont des exigences particulièrement strictes en termes d'habitat en particulier au début de la période d'installation (Leboulleux, 1992 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1995). De plus, il y a une utilisation de ces mêmes sites de nurseries par différentes espèces de Sparidae qui se succèdent dans le temps. Ceci confère une importance accrue à ces biotopes. Or, dans le site classé des calanques, l'étude présente démontre que les sites de nurseries sont rares et représentent un faible pourcentage du linéaire côtier. En termes de gestion du site classé, cette importance et cette rareté des zones de nurseries a deux implications, suggérées par Leboulleux (1992) et Harmelin-Vivien *et al.* (1995) :

- **Premièrement, il faut veiller à la préservation des zones de nurseries existantes et identifiées dans cette étude lors des aménagements côtiers.**
- Deuxièmement, le succès de l'installation des juvéniles dans des zones telles que le port des Goudes ou celui de Morgiou montrent que **des aménagements sont possibles, à condition de veiller à maintenir certaines caractéristiques de l'habitat**, en particulier la faible profondeur et le substrat à blocs et galets.
- Enfin, lorsque des projets visant à concentrer les populations adultes sont envisagés (récifs artificiels, réserve intégrale) **il serait intéressant de choisir des emplacements situés à proximité des zones de nurseries, afin de valoriser localement le potentiel reproducteur des populations adultes.**

Harmelin & Vigliola (1998) illustrent le fait que, de manière générale, pour que les populations de sars se maintiennent, il faut qu'il y ait réapprovisionnement des populations adultes, soit à partir des nurseries locales, soit à l'aide de migration active d'individus adultes provenant de zones externes. Selon leur étude, le réapprovisionnement des populations de sars de Port-Cros se fait par migration d'individus adultes ou sub-adultes venant des zones côtières extérieures au Parc. En conséquence, dans l'hypothèse de la création d'un Parc National dans le site classé des calanques, les mesures de protection pourraient protéger les populations d'adultes. La production ainsi optimisée de larves par les populations adultes irait alimenter et enrichir les zones disposant de sites de nurseries en amont des courants, hors de la zone protégée. Cet " effet réserve " est une justification de l'intérêt de telles zones protégées (Harmelin & Vigliola, 1998). En revanche, même si certaines zones sont susceptibles d'être éventuellement auto-alimentées en terme de recrutement, comme les grandes calanques de la zone Est, le pourcentage de côte du site classé portant des sites de nurseries semble trop faible pour alimenter à lui seul les populations adultes. Des zones comme Riou et la zone Centre restent tributaires de zones parfois externes au site classé, telles que la rade de Marseille, ou même plus éloignées, comme la rade de La Ciotat, grâce à des migrations de sub-adultes ou d'adultes. **La conservation des espèces au sein du site classé dépend donc également de la gestion de zones situées en dehors de ce territoire.**

REFERENCES

Brett J.R., 1979. Environmental factors and Growth. In : Hoar W.S., Randall D.J., Brett J.R., (eds) Fish physiology. Vol 8, Academic Press, Inc. publ., Orlando, Flo., 786 pp.

De Giromalo M., Mazzoldi C., 2001. The application of visual census on Mediterranean rocky habitats. *Mar. Env. Res.*, 51 : 1-16.

Dockray, J.J., Reid S.D., Wood C.M., 1996. Effects of elevated summer temperature and reduced pH on metabolism and growth of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on unlimited ration. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 53 : 2752-2763.

Garcia-Rubies A., Macpherson E., 1995. Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean littoral. *Mar. Biol.*, 124 : 35-42.

Garcia-Rubies A., Zabala M., 1990. Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (N.W. Mediterranean). *Sci. Mar.*, 54 (4) : 317-328.

Harmelin J.G., Vigliola L., 1998. Renouvellement des populations de sars (*Diplodus* spp.) du parc national de Port-Cros : évaluation du potentiel. Parc National de Port-Cros , Programme de recherches 1996-97, 96.028.83400 PC : 24 pp.

Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G., 1975. Présentation d'une méthode d'évaluation " in situ " de la faune ichthyologique. Travaux Scientifiques du Parc National de Port-Cros, 1 : 47-52.

Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G., Leboulleux V., 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia*, 300-301 : 309-320.

Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G., Chauvet C., Duval C., Galzin R., Lejeune P., Barnabé G., Blanc F., Chevalier R., Duclerc J., Lasserre G., 1985. Évaluation visuelle des peuplements et populations de Poissons : méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre vie)*, 40 : 467-539.

Leboulleux V., 1992. Recrutement benthique de six espèces de Sparidae sur les côtes provençales. Mémoire diplôme Agronomie Approfondie Nancy-Rennes, 68 pp.

Louisy P., 2002. Guide d'identification des poissons marins, Europe et Méditerranée. Ulmer. Paris, 430 pp.

Love M.S., Carr M.H., Haldorson L.J., 1991. The ecology of substrate-associated juveniles of the genus *Sebastes*. *Env. Biol. Fish.*, 30 : 225-243.

Macpherson E., 1998. Ontogenetic shifts in habitat use and aggregation in juvenile sparid fishes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 220 : 127-150.

Marsaleix P., 1993. Modélisation tridimensionnelle de la circulation océanique dans le Golfe du Lion. Thèse Doct. Sci., Univ. P. Sabatier, Toulouse, 85 pp.

McCormick M.I., Molony B.W., 1995. Influence of water temperature during the larval stage on size, age and body condition of a tropical reef fish at settlement. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 118 : 59-68.

Planes S., Macpherson E., Biagi F., Garcia-Rubies A., Harmelin J., Harmelin-Vivien M., Jouvenel J.-Y., Tunesi L., Vigliola L., Galzin R., 1999. Spatio-temporal variability in growth of juvenile sparid fishes from the Mediterranean littoral zone. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 79 : 137-143.

Vigliola L. 1994. Recrutement et croissance des juvéniles de *Diplodus puntazzo* et *D. vulgaris* (Pisces : Sparidae) dans la région de Marseille. Mémoire DEA " Sciences de l'Environnement Marin ", Université Aix-Marseille II, 44p.

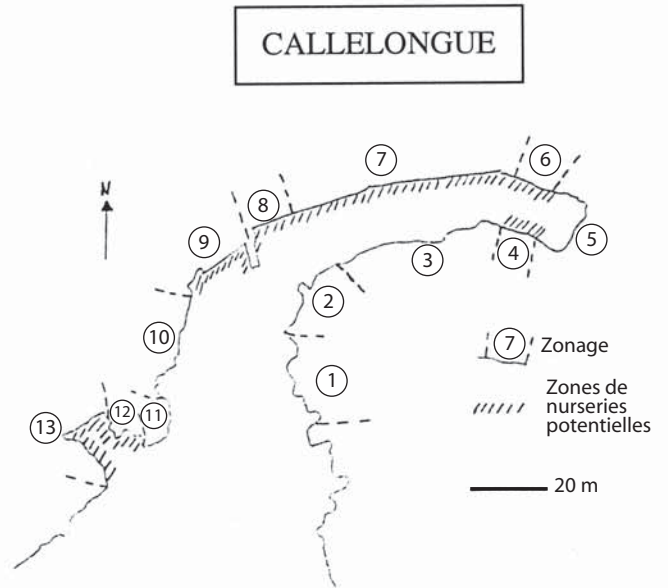
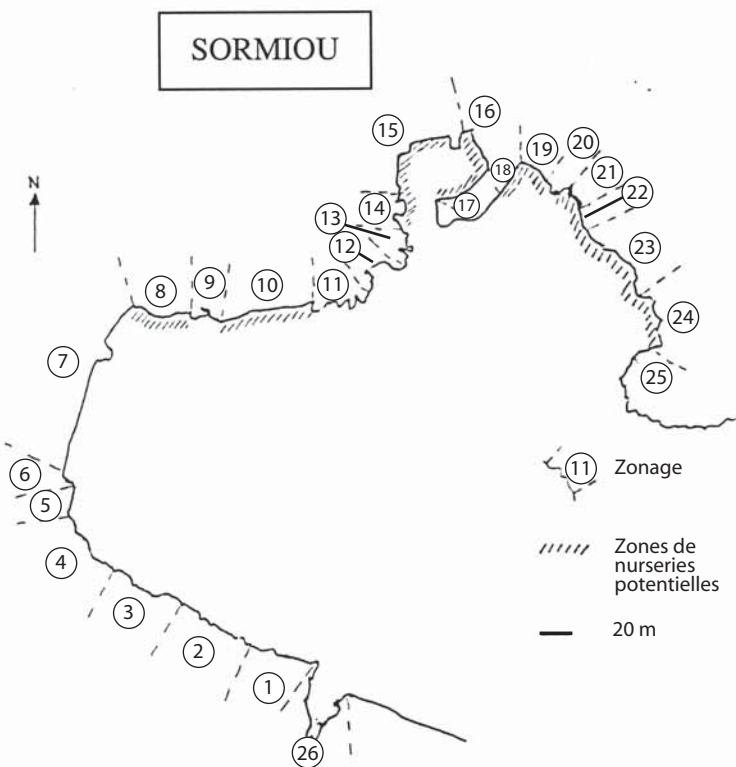
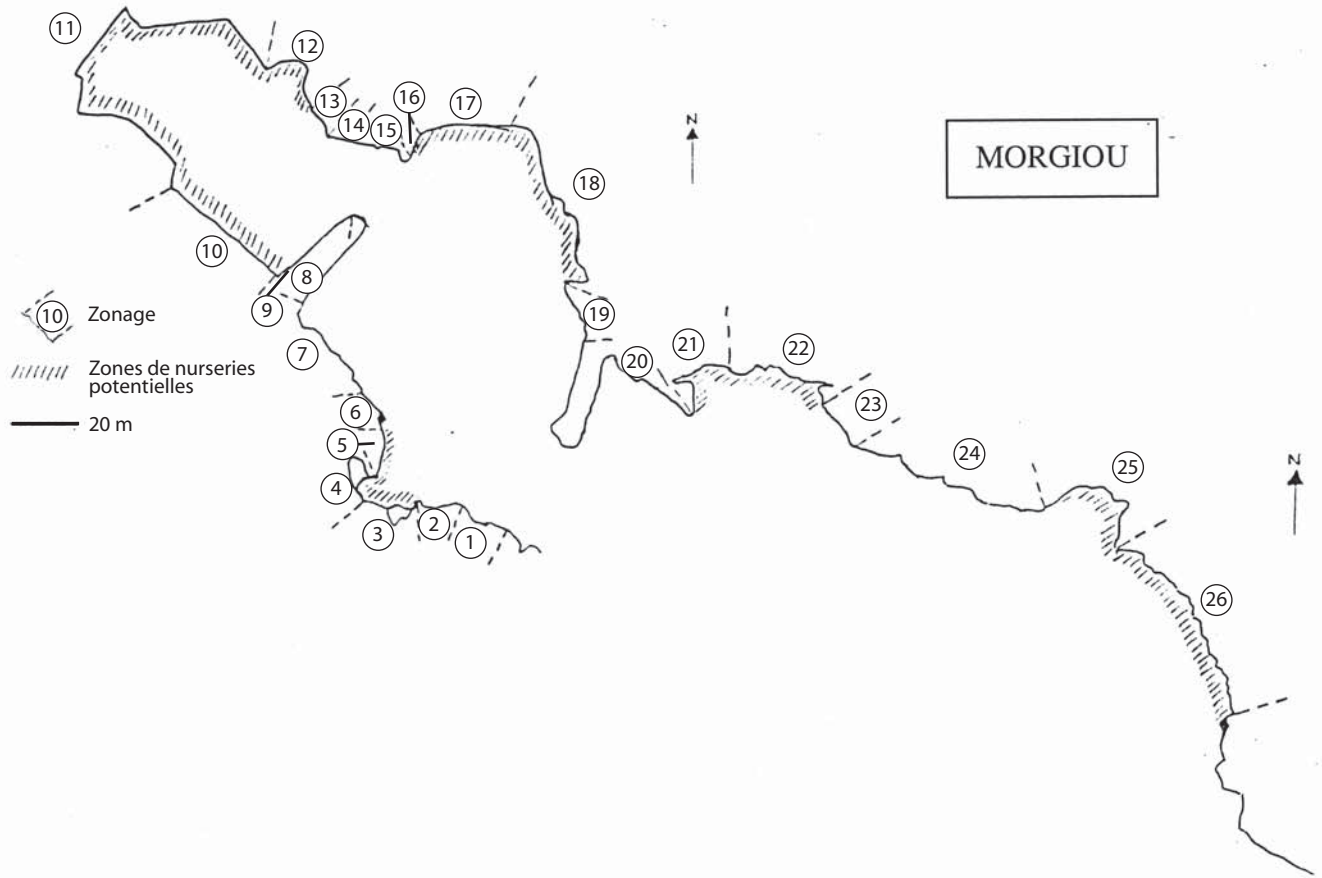
Vigliola L., 1998. Contrôle et régulation du recrutement des Sparidés (Poissons, Téléostéens) en Méditerranée : importance des processus pré- et post-installation benthique . Thèse Doct. Sci., Univ. Aix-Marseille II, Marseille, 268pp.

Vigliola L., Harmelin-Vivien M., 2001. Post-settlement ontogeny in three mediterranean reef fish species of the genus *Diplodus*. *Bull. Mar. Sci.*, 68(2) : 271-286.

Zar J.H., 1984. Biostatistical analysis. Prentice-Hall inc., a Simon & Schuster Company, Englewood Cliffs, New Jersey 07632 : 718pp.

Site internet : " www.fishbase.org ", consulté pour la dernière fois le 07/06/04.

Annexe I. Cartographie des types d'habitats pour les calanques de Morgiou, Sormiou et Callelongue. Zonage de la côte et localisation des zones de nurseries potentielles identifiées. Les caractéristiques correspondant au zonage sont présentées en annexe II. La situation de ces calanques est présentée sur la Fig. 1.



Annexe II : types d'habitats cartographiés par zone dans chaque calanque (cf. zones sur carte annexe I)

Zone: zonage correspondant à la carte de l'annexe I

Tombant: présence ou non d'un tombant

Pente: 0-20° (D), 20-40° (M), 40-60° (F), >60° (A), surpl omb (SP)

Substrat: sable (SA), gravier (GR), galets (GA), blocs (B), roches (R), herbier (H) ; nu (N) , si absence de macrophytes

Exposition: trois niveaux croissants d'exposition: calme / moyen / agité

Favorable: zone favorable ou pas à l'installation des juvéniles de *Diplodus*

MORGIUO

Zone	Tombant	Pente	Substrat	Prof (m)	Exposition	Long. carte (cm)	Longueur réelle (m)	Favorable
1	oui	M	B+H	2,5	moyen	1,4	15,8	non
2	oui	D	B+H	1,5	moyen	1,4	15,8	non
3	oui	D	GA+B	1 à 2	moyen	1,5	17,0	oui
4	non	D	GAN+B	0,5 à 1,5	moyen	1,1	12,4	oui
5	oui	D	GRN+GAN+B	1,5 à 2	moyen	1,2	13,6	oui
6	oui	M	B	2	moyen	1,3	14,7	non
7	oui	F	B	1 à 4	moyen	3,2	36,2	non
8	oui	D	SA+B	3 et +	moyen	3	34,0	non
9	oui	D	B	2 et +	calme	2,6	29,4	non
10	oui	D	GA+B	1 à 2	calme	3,7	41,9	oui
11	oui	D	GR+GA+B	0 à 1	calme	11	124,5	oui
12	non	D	GA+GR+B	0,5 à 1	calme	2,4	27,2	oui
13	oui	D	B	1 à 2	calme	0,9	10,2	non
14	oui	D	B	2	moyen	0,6	6,8	non
15	non	D	B+R	0,5 à 2	moyen	1,8	20,4	non
16	non	D à M	GA+B	1 à 3	moyen	0,3	3,4	oui
17	non	D	GRN+GAN+B	0 à 1	moyen	2,7	30,6	oui
18	non	D	GA+B+R	0,5 à 2	calme	3,9	44,1	oui
19	oui	D	GR+GA+B	2 à 3	calme	2,7	30,6	non
20	oui	M	B+H	3 à 8	agité	5,6	63,4	non
21	non	D	B+R	1 à 2	moyen	2,1	23,8	oui
22	oui	D	GA+GAN+B	1,5 à 2,5	moyen	2,8	31,7	oui
23	non	M	B+R	0 à 2	agité	1,8	20,4	non
24	oui	D	B+R+H	2	agité	5,9	66,8	non
25	non	D	GA+GAN+B	0 à 2	moyen	4,4	49,8	oui
26	non	D à M	B+BN+R	0,5 à 2	agité	5,4	61,1	oui

Longueur totale de côte cartographiée (m): 845,4

Longueur totale de côte cartographiée disposant des habitats favorables au recrutement (m): 481,0

Longueur totale de côte cartographiée disposant des habitats favorables au recrutement 56,9

Longueur totale de côte cartographiée à substrat sableux uniquement (m) 0,0

Longueur totale de côte cartographiée à substrat sableux uniquement (%) 0,0

Longueur totale de côte cartographiée à substrat B uniquement (m) 97,3

Longueur totale de côte cartographiée à substrat B uniquement (%) 11,5

Longueur totale de côte cartographiée à substrat mixte SA/GR/GA/B (m) 416,5

Longueur totale de côte cartographiée à substrat mixte SA/GR/GA/B (%) 49,3

SORMIOU

Zone	Tombant	Pente	Substrat	Profondeur (m)	Exposition	Long. carte (cm)	Longueur réelle (m)	Favorable
1	oui	D	H	3	agité	1,7	40,2	non
2	oui	D	B	2	agité	2,1	49,6	non
3	oui	D	B	1,5	agité	2,1	49,6	non
4	non	D	SA+B	0,5 à 1	agité	1,9	44,9	non
5	non	D	GR+B	0,5	agité	0,9	21,3	non
6	non	D	SA+GA+B	0,2	agité	0,4	9,5	non
7	non	D	SA	0 à 2	agité	4,9	115,8	non
8	non	D	GA+B	1	moyen	1,5	35,5	oui
9	SP	D	SA	1	moyen	0,8	18,9	non
10	non	D à M	B+R	1	moyen	2,5	59,1	oui
11	non	D à M	R	1 à 2	moyen	2	47,3	non
12	SP	D	GAN	1 à 2	agité	1	23,6	non
13	oui	D	B	2	moyen	1,2	28,4	non
14	oui	D	B	1	calme	0,7	16,5	oui
15	oui	D	GA+B	0,5 à 1	calme	2,9	68,6	oui
16	oui	D	GA+B	1 à 2	calme	2,7	63,8	oui
17	oui	D	GA+B	2 et +	moyen	2,8	66,2	non
18	non	D	B	1 à 1,5	calme	1	23,6	oui
19	non	D	GA	0,5 à 1,5	calme	0,8	18,9	oui
20	non	D	GA+B	0,5 à 1,5	moyen	1,1	26,0	non
21	non	D	GAN	0,5 à 1,5	calme	0,6	14,2	oui
22	oui	D	B	0,5 à 1,5	calme	0,5	11,8	oui
23	SP	D	B	0,5 à 1,5	calme	2,2	52,0	oui
24	non	D	GA+B	0,5 à 1	calme	1,6	37,8	oui
25	oui	M	B	1,5 à 2	calme	0,4	9,5	non
26	oui	M	B	1,5 à 4	agité	3,9	92,2	non

Longueur totale de côte cartographiée (m): 1044,9

Longueur totale de côte cartographiée disposant des habitats favorables au recrutement (m): 401,9

Longueur totale de côte cartographiée disposant des habitats favorables au recrutement 38,5

Annexe II (suite) : types d'habitats cartographiés par zone dans chaque calanque (cf. zones sur carte annexe I)

Zone: zonage correspondant à la carte de l'annexe I

Tombant: présence ou non d'un tombant

Pente: 0-20° (D), 20-40° (M), 40-60° (F), >60° (A), surplomb (SP)

Substrat: sable (SA), gravier (GR), galets (GA), blocs (B), roches (R), herbier (H) ; nu (N) , si absence de macrophytes

Exposition: trois niveaux croissants d'exposition: calme / moyen / agité

Favorable: zone favorable ou pas à l'installation des juvéniles de *Diplodus*

CALLELONGUE

Zone	Tombant	Pente	Substrat	Profondeur (m)	Exposition	Long. carte (cm)	Longueur réelle (m)	Favorable
1	non	A	R	0 à 4	agité	2,8	29,8	non
2	oui	D	GRN+GA+B	1à2	agité	2,5	26,6	non
3	non	F	B+R	0à2	calme	4,5	47,9	non
4	non	D	SA+B	1,5	calme	0,9	9,6	oui
5	non	D	SA	0,5	calme	2,8	29,8	non
6	non	D	SA+B	1,5	calme	0,9	9,6	oui
7	oui	D	GA+B	1,5 à 2	calme	6,2	66,0	oui
8	oui	D	GA	1 à 2	calme	2,1	22,4	oui
9	oui	D	B	1 à 1,5	moyen	2,8	29,8	oui
10	oui	M	B	1,5 à 2,5	agité	3	32,0	non
11	oui	M	B+R	3 et +	agité	2,1	22,4	non
12	oui	D	GA+B	2 à 3	moyen	1,2	12,8	oui
13	oui	D	GR+GA+B	1 à 2	calme	2,5	26,6	oui
Longueur totale de côte cartographiée (m):							365,3	
Longueur totale de côte cartographiée disposant des habitats favorables au recrutement (m):							176,8	
Longueur totale de côte cartographiée disposant des habitats favorables au recrutement							48,4	
Longueur totale de côte cartographiée à substrat sableux uniquement (m)							29,8	
Longueur totale de côte cartographiée à substrat sableux uniquement (%)							8,2	
Longueur totale de côte cartographiée à substrat B uniquement (m)							61,8	
Longueur totale de côte cartographiée à substrat B uniquement (%)							16,9	
Longueur totale de côte cartographiée à substrat mixte SA/GR/GA/B (m)							173,6	
Longueur totale de côte cartographiée à substrat mixte SA/GR/GA/B (%)							47,5	

Annexe III : Données de comptage brutes des juvéniles de *D. puntazzo* et *D. vulgaris* dans les quatre calanques étudiées
 Les classes de tailles sont de 5 mm (par exemple 15-20, 20-25)
 Tot = nombre total de juvéniles observés ce jour là

Morgiou

Site	Date	<i>D. vulgaris</i> (taille en mm)											Tot	Date	<i>D. puntazzo</i> (taille en mm)											Tot
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60				15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	
1	09/03/2004	5											5	09/03/2004		2										2
	17/03/2004	13	5										18	17/03/2004		2	5									7
	24/03/2004		3	5									8	24/03/2004				10								10
	01/04/2004	2	8	4									14	01/04/2004			4	1								5
	07/04/2004		5	7	1								13	07/04/2004		2	7			2						11
	15/04/2004			8	6								14	15/04/2004			5	5	2							12
	28/04/2004			1	5	4			1				11	28/04/2004				1	2	4						7
	07/05/2004				1	2	4						7	07/05/2004					2	7	4					13
	13/05/2004					5	4						9	13/05/2004					6	2						8
	2	09/03/2004	45	2									47	09/03/2004		3										3
17/03/2004		6	3									9	17/03/2004			1									1	
24/03/2004			38	6								44	24/03/2004			2	9	3							14	
01/04/2004		26	15	3								44	01/04/2004			5	8	1							14	
07/04/2004		17	19	9	3							48	07/04/2004				5	7	1						13	
15/04/2004			19	22	4	1						46	15/04/2004			1	4	6	4						15	
28/04/2004			3	14	9	3						29	28/04/2004				4	7	5	5					21	
07/05/2004			1	6	7	4	1					19	07/05/2004					5	8	4					17	
13/05/2004			2	7	6	2	1					18	13/05/2004					6	6	4	4				20	
3		09/03/2004											0	09/03/2004			2	2								4
	17/03/2004											0	17/03/2004				7								7	
	24/03/2004		8	7								15	24/03/2004					11	3					14		
	01/04/2004	1	5	5								11	01/04/2004				9	9	2					20		
	07/04/2004		15	15								30	07/04/2004				2	11	6		1			20		
	15/04/2004			1	7							8	15/04/2004					7	1					8		
	28/04/2004				1	3						4	28/04/2004						2	4				6		
	07/05/2004				8	6	7					21	07/05/2004						4	10	1			15		
	13/05/2004			5	7	7	1					20	13/05/2004					2	8	4				14		

Sormiou

Site	Date	<i>D. vulgaris</i> (taille en mm)											Tot	Date	<i>D. puntazzo</i> (taille en mm)											Tot
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60				15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	
1	10/03/2004											0	10/03/2004			1									2	
	19/03/2004	4	4									8	19/03/2004		1		4							4		
	25/03/2004			1								1	25/03/2004				9	1						10		
	02/04/2004											0	02/04/2004			2								2		
	08/04/2004		4	5	3							12	08/04/2004			1	2		1					4		
	19/04/2004			3	7	2	1					13	19/04/2004			1	4		3	1				9		
	06/05/2004							1	1			2	06/05/2004											0		
	14/05/2004				4	15	13	1				33	14/05/2004					1	3	1	3			8		
	2	10/03/2004										0	10/03/2004			3	3								6	
		19/03/2004	102	8								110	19/03/2004			5	3							8		
25/03/2004		5	35	26	5						71	25/03/2004				3	6						9			
02/04/2004			5	4	2						11	02/04/2004				2	2							4		
08/04/2004			21	61	1						83	08/04/2004				7	4	2						13		
19/04/2004			2	40	26	3	3				74	19/04/2004				2	4	4	1	1				12		
06/05/2004					1	5	12	10			28	06/05/2004					1	5	2					8		
14/05/2004					11	15	17	29	3		75	14/05/2004					1	7	8	3				19		
3		10/03/2004		6								6	10/03/2004			5	2								7	
		19/03/2004	18	6								24	19/03/2004			4	5	1						10		
	25/03/2004	1	32	6							39	25/03/2004			2	4							6			
	02/04/2004										0	02/04/2004											0			
	08/04/2004	1	10	7	3						21	08/04/2004				3	4						7			
	19/04/2004		1	10	6	4					21	19/04/2004				1	4	1					6			
	06/05/2004			7	8	6	4	2	1		28	06/05/2004						2	1					3		
	14/05/2004			2	7	12	7				28	14/05/2004					1							1		

Annexe III (suite) : Données de comptage brutes des juvéniles de *D. puntazzo* et *D. vulgaris* dans les 4 calanques étudiées
 Les classes de tailles sont de 5 mm (par exemple 15-20, 20-25)
 Tot = nombre total de juvéniles observés ce jour là

Callelongue

Site	Date	<i>D. vulgaris</i> (taille en mm)										Tot	<i>D. puntazzo</i> (taille en mm)													Tot	
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65				
1	03/03/2004	12										12	03/03/2004														0
	15/03/2004	12			1							13	15/03/2004			2	3										5
	29/03/2004											0	29/03/2004				1	1	1							3	
	05/04/2004		1	5	2	1						9	05/04/2004														0
	14/04/2004	1	1	3	1							6	14/04/2004														0
	27/04/2004			2	3	2	1	3	1			12	27/04/2004														0
	10/05/2004				1	4	3	1	3		1	13	10/05/2004														0
2	03/03/2004	30									30	03/03/2004		3	2											5	
	15/03/2004	3	7	1	1						12	15/03/2004														0	
	29/03/2004		2	6	1	1					10	29/03/2004					1									1	
	05/04/2004		1	5	1	1					8	05/04/2004					1	3								4	
	14/04/2004		1	3	5		1				10	14/04/2004							2	2						4	
	27/04/2004				5	7					12	27/04/2004					1	2		1						4	
	10/05/2004					1	6	1	1		9	10/05/2004					2			4						6	
3	03/03/2004										0	03/03/2004														0	
	15/03/2004	10	10	5	4						29	15/03/2004				18	1									19	
	29/03/2004	15	5	5	7	1					33	29/03/2004				1	7	8		1					17		
	05/04/2004		5	31	13	3					52	05/04/2004				1	8	10		1						20	
	14/04/2004		10	25	10	8	6	2			61	14/04/2004					7	6	2	1						16	
	27/04/2004				4		2				6	27/04/2004					3	3	1	1						8	
	10/05/2004				5	11	13	5	4		38	10/05/2004					1	3	4			1	1			10	

Endoume

Site	Date	<i>D. vulgaris</i> (taille en mm)										Tot	<i>D. puntazzo</i> (taille en mm)													Tot
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65			
1	11/03/2004										0	11/03/2004														0
	18/03/2004	1									1	18/03/2004				4	1								5	
	26/03/2004										0	26/03/2004				1	4								5	
	13/04/2004										0	13/04/2004					7								7	
	27/04/2004						1				1	27/04/2004					7	4	1						12	
	11/05/2004										0	11/05/2004						1							1	
2	11/03/2004	3	2	2							7	11/03/2004													0	
	18/03/2004	9	4	4	4						21	18/03/2004				3	1							4		
	26/03/2004	3	4	9	1						17	26/03/2004				1	1							2		
	13/04/2004			5	7	9					21	13/04/2004				2									2	
	27/04/2004		3	1	2	4	4				14	27/04/2004				1	2								3	
	11/05/2004				3	2	7	4			16	11/05/2004						3	2						5	
3	11/03/2004		1	2	3						6	11/03/2004			2	1									3	
	18/03/2004			7	7						14	18/03/2004				1								1		
	26/03/2004			5	16	1					22	26/03/2004			1									1		
	13/04/2004			3	6	6					15	13/04/2004												0		
	27/04/2004			1	1	6	15	12			35	27/04/2004				1	1							2		
	11/05/2004					2	9	18	7		36	11/05/2004					1	1							2	

Annexe IV : Etude spatiale: ensemble des sites étudiés

Dp = *Diplodus puntazzo*, **Dv** = *D. vulgaris*

Densité = nb d'individus comptés pendant 10 mn

Favorable = un site est favorable si on y a observé des densités non nulles pour au moins une espèce

Orientation = orientation du site ; sud-ouest (SW), sud-est (SE), nord-est (NE), nord-ouest (NW)

Exposition = trois niveaux croissant d'exposition : calme / moyen / agité

Prof = profondeur du site (mètres)

Substrat = sable (SA), gravier (GR), galets (GA), blocs (B), roches (R)

Tombant = présence d'un tombant ou non

Date	Sites étudiés	Densités Dp	densités Dv	Favorables	Orientation	Expositior	Pente	Prof (m)	Substrat	Tombant	Localisation et profondeur (m) d'obs
21/04/2004	Calanque de l'Oule	0,0	0,0	non	SW	agité	forte	0-15	B	oui	
21/04/2004	Pierres tombées	14,3	9,0	oui	SE	moyen	douce	0-2	B/GA/R	non	sur le côté de la calanque, 0-2
21/04/2004	Sugiton	7,5	38,0	oui	SE	moyen	douce	0-2	B/GA/R	non	au fond sur le côté de calanque, 0-1
15/04/2004	Morgiou	11,7	22,7	oui	SE	calme	douce	0-3	B/GA/GR/R	non	0-2
21/04/2004	La Palée bis (Sormiou)	0,0	0,0	non	SE	agité	abrupte	4	R	non	
21/04/2004	Baume de Lume (Sormiou)	0,0	0,0	non	SE	agité	douce	4	R	oui	
19/04/2004	Sormiou	9,0	36,0	oui	SE	calme	douce	0-2	B/GA/GR	non	0-1,5
21/04/2004	Calanque de Podestat	1,8	24,5	oui	SW	calme	douce	0-2	B/GA/R	non	au fond sur les côtés de la calanque, 0-1
22/04/2004	Calanque des Queyrons	1,5	6,0	oui	SW	moyen	douce	0-2	B/GA	non	au fond sur les côtés de la calanque, 0-1
21/04/2004	Calanque de Marseilleveyre	2,7	22,7	oui	SW	calme	douce	0-2	B/GA	non	côtés de la calanques, 0-1
22/04/2004	Calanque de la Mounine	1,5	3,8	oui	SW	moyen	douce	0-2	GA/GR	non	au fond sur le côté Est de la calanque, ab
23/04/2004	Calanque de Fontagne	0,0	0,0	non	NW	moyen	douce	0-2	B	oui	
23/04/2004	W de Monasterio	0,0	0,0	non	NE	moyen	moyenne	0-2	B/GA/R	non	
23/04/2004	Calanque de Monasterio	5,3	6,7	oui	NE	calme	douce	0-2	B/GA/R	non	sur les côtés de la calanque 0-2
23/04/2004	Crique E de Monasterio	0,0	0,0	non	NW	moyen	douce	0-2	B/GA/R	non	
14/04/2004	Callelongue	6,7	24,0	oui	SO	calme	douce	0-3	B/GA/GR	oui	0-2
22/04/2004	Port Baie des singes	6,7	29,0	oui	SE	calme	douce	0-2	B/GA/R	non	0-2
22/04/2004	Maire E	2,9	5,1	oui	NW	agité	douce	0-2	B/GA	non	0-2
23/04/2004	Maire W	0,0	0,0	non	NW	agité	douce	0-2	B/GA	oui	
22/04/2004	Anse de la Maronaise	10,1	28,6	oui	NW	calme	douce	0-2	B/GA/SA	non	fond de crique, côté et fond de l'Anse, 0-2
23/04/2004	Goudes	8,8	51,5	oui	NW	calme	douce	0-1	B/GA	non	0-1
11/05/2004	Maldormé	5,3	16,7	oui	SE	calme	douce	0-1	B/GA	non	juv présents sur toute la surface, 0-1
13/04/2004	Endoume	9,0	36,0	oui	SW	moyen	douce	0-3	B/GA/GR	non	0-3

Annexe V : Etude spatiale, recapitulatif des données brutes de comptages par site

Nb comptages = nombre de comptages de 10 mn par site

Taille = classes de taille des juvéniles par 5 mm

Tot = nombre total d'individus comptés par site

Site	Nb comptages	<i>D. vulgaris</i> (taille en mm)									<i>D. puntazzo</i> (taille en mm)													
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	Tot	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Tot		
Sugiton	7		8	31	37	68	35				179				23	24	23	3	3				76	
Morgiou	3		19	31	17	1					68		6	9	15	5								35
Sormiou	3			53	39	9	4				105		1	7	8	8	2							26
Podestat	4			5	31	36	22	3	1		98					3	4							7
Queyrans	2				3	5	4				12				3									3
Marseilleveyre	3	3	11	3	14	14	15	6	2		68			3	1	2	2							8
La Mounine	4			1	2	10	2				15			5	1									6
Monasterio	3			3	2	6	6	3			20			2	3	5	6							16
Callelongue	3	1	12	31	16	8	7	2			77					7	8	4	1					20
Baie des singes	3			1	76	10					87			8	11	1								20
Maire	7		7	14	7	2	6				36				9	7	4							20
Maronaise	7		14	48	61	49	23	5			200			12	32	9	7	8	1					69
Goudes	4			49	##	34	10				206			1	16	10	4	2			2			35
Maldormé	3					7	27	14	2		50					12	2	1			1			16
Endoume	1			8	13	15					36			2	7									9
										TOTAL	###												TOTAL	##

RESUME

Les nurseries de sars (*Diplodus* spp.) représentent 9 % du linéaire côtier total du site classé des calanques de Marseille à Cassis. Ceci est faible comparé à des zones comme la rade de Marseille. Ces nurseries occupent les petits fonds en pente douce, à blocs et galets, des zones abritées. Ceci correspond aux secteurs les plus internes de chacune des calanques. Au sein d'une même calanque, les taux d'installation de juvéniles sont variables d'un site à l'autre. Pour *D. puntazzo*, la croissance des juvéniles est en moyenne de 0.272 mm/d (± 0.094), elle est significativement plus forte dans la calanque de Callelongue avec des taux de croissance de 0.388 mm/d (± 0.097). Pour *D. vulgaris*, la moyenne des taux de croissance est de 0.318 mm/d (± 0.036) et il n'y a pas de différence significative de croissance entre calanques. À l'échelle du site classé, les nurseries présentent des taux d'installation plus faibles au niveau de la zone située entre la Calanque de la Mounine et celle de Podestat (zone Centre) d'une part, et au niveau de l'archipel de Riou d'autre part. La surface des nurseries semble être un paramètre de qualité important. Le renouvellement des populations adultes de sars du site classé n'est vraisemblablement pas assuré uniquement par les nurseries locales. Ce renouvellement dépend probablement de migrations d'adultes depuis des zones annexes, telles que la rade de Marseille.

ABSTRACT

Nursery grounds of *Diplodus* spp. count for 9 % of the calanques' shoreline. This amount is small in comparison with areas such as Marseille's Bay. Such nurseries are found in sheltered areas, with shallow waters, gently sloping substrates of gravel, pebbles, or boulders. These areas are found in the inner zone of each calanque. Within the same calanque, settlement rates of juveniles are highly variable in space. The mean growth rate for *D. puntazzo* is 0.272 mm/d (± 0.094), and the highest rates occurs at Callelongue, with 0.388 mm/d (± 0.097). *D. vulgaris* displays a mean growth rate of 0.318 mm/d (± 0.036), with no significant difference between calanques. At the regional scale, nurseries exhibit lower settlement rates for the shore between Mounine and Podestat ("Centre" zone) and also for the Riou zone. Nurseries' surface area may be an important quality factor. Most probably, adult populations in the calanques area depend not only on local nursery grounds, but also rely on the migration of adults or sub-adults from outer areas, such as Marseille shores.