



projet
MedMPAnet

GUIDE DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES FONDS ROCHEUX DANS LES AIRES MARINES PROTÉGÉES DE MÉDITERRANÉE ET LEURS ZONES LIMITOPHES

José Carlos García-Gómez

Laboratoire de Biologie Marine,
Faculté de Biologie, Université de Séville
Département de Recherche Biologique R+D+I,
Aquarium de Séville



*Publié en Français,
Anglais et Espagnol*

Les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du CAR/ASP et du PNUE aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leur autorité, ni quant au tracé de leur frontière ou limites. Les vues exprimées dans ce document d'information technique sont celles de l'auteur et ne représentent pas forcément les vues du PNUE/PAM ou CAR/ASP.

Publié par: CAR/ASP

Droits d'auteur: ©2015 - CAR/ASP

Le texte de la présente publication peut être reproduit, à des fins éducatives ou non lucratives, en tout ou en partie, et sous une forme quelconque, sans qu'il ne soit nécessaire de demander une autorisation spéciale au détenteur des droits d'auteur, à condition de faire mention de la source.

Pour des fins bibliographiques, citer le présent volume comme suit:

CAR/ASP - PNUE/PAM, 2015. Guide de suivi environnemental des fonds rocheux dans les aires marines protégées de Méditerranée et leurs zones limitrophes. Par José Carlos GARCÍA-GÓMEZ. Laboratoire de biologie marine, département de zoologie, faculté de Biologie, université de Séville . R+D+I Aire de recherche biologique, Aquarium de Séville. Ed. CAR/ASP - Projet MedMPAnet, Tunis: 482 p + annexes.

Mise en page: Joaquín MATEOS CASADO, José Carlos GARCÍA-GÓMEZ, Alexandre Roi GONZÁLEZ ARANDA et Zine El Abidine MAHJOUR.

Crédit photographique de la couverture: José Carlos GARCÍA-GÓMEZ.

Crédits photos: José Carlos GARCÍA-GÓMEZ et autres (voir page 3).

Ce document a été édité dans le cadre du 'Projet Régional pour le Développement d'un Réseau Méditerranéen d'Aires Protégées Marines et Côtières (AMP) à travers le renforcement de la Création et de la Gestion d'AMP' (Projet MedMPAnet).

Le projet MedMPAnet est mis en œuvre dans le cadre du PNUE/PAM FEM MedPartnership avec le soutien financier de: CE, AECID et FFEM.



GUIDE DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES FONDS ROCHEUX DANS LES AIRES MARINES PROTÉGÉES DE MEDITERRANÉE ET LEURS ZONES LIMITOPHES

Guide d'identification et de suivi d'espèces cibles sessiles et benthiques des fonds rocheux, sensibles aux perturbations, destiné aux plongeurs scientifiques, professionnels et amateurs, aux chercheurs universitaires, aux entreprises spécialisées et administrations publiques liées à l'environnement et à tous les acteurs impliqués dans la gestion, les études d'impact, le suivi et la conservation de l'environnement côtier.

José Carlos García-Gómez

**Laboratoire de Biologie Marine,
Département de Zoologie, Faculté de Biologie, Université de Séville
Département de Recherche Biologique R+D+I, Aquarium de Séville**



Première édition (français) publié en Espagne: 2015

Publié par: **CAR/ASP**

ISBN: 978-84-608-2174-8

Dépôt légal : SE-536-2016

Imprimé par: Coria Gráfica, S.L.

Design et typographie: Joaquín Mateos Casado, José Carlos García-Gómez,
Alexander Roi González Aranda

Copyright Première édition (français): © 2015, CAR/ASP

Auteur: José Carlos García-Gómez

Figures: Alexandre Roi González Aranda et José Carlos García Gómez

Photos:

- **José Carlos GARCÍA-GÓMEZ (JCGG):** 1- 71, 73-77, 92, 93, 95-99, 104-118, 122, 124-134, 138-161, 164-184, 187-189, 191-195, 204-211, 214-230, 232-235, 237-239, 245-247, 249, 250, 257-273, 276-280, 282-284, 285-295, 307-313, 316-341, 343, 344, 346, 349, 351-363, 367, 372, 374, 379-389, 394-404, 406-441, 444, 447, 448-460, 462-470, 472-528, 530-537, 540-549, 552- 559, 561-579.
- **Ignacio BÁRBARA (IB):** 119-121, 123, 135, 137, 296, 297, 299, 300-304.
- **Luis SÁNCHEZ TOCINO (LS):** 226, 369, 371, 378, 390-392, 393, 445, 446, 461.
- **Salvador MAGARIÑO (SM):** 81, 82, 185, 231, 370, 373, 538, 539, 544, 550, 551, 560.
- **Vincent MARAN (doris.ffessm.fr):** 101, 163, 199-201, 205, 240, 249, 281, 283.
- **Manuel MARTÍNEZ CHACÓN (MM):** 72, 79, 87-89, 90.
- **Alexandre Roi GONZÁLEZ, Manu MAESTRE, Free ESPINOSA (R-M-F):** 94, 186, 190, 314, 315, 342, 554.
- **Dominique HORST (doris.ffessm.fr):** 242, 243, 251, 252, 377, 443.
- **Denis ADER (doris.ffessm.fr):** 265, 267, 274, 275.
- **Frédéric ANDRE (doris.ffessm.fr):** 247, 248, 256, 345, 375.
- **Julio DE LA ROSA (JR):** 347, 348, 350.
- **Rocío ESPADA (RE):** 83, 84, 85.
- **Cesar MEGINA (CM):** 196-198.
- **Alfonso RAMOS (AR):** 244, 246, 248.
- **Frédéric ZIEMSKI (doris.ffessm.fr):** 253-255.
- **María ALTAMIRANO (MA):** 103, 298.
- **José Manuel ÁVILA (JA):** 442, 471.
- **Enric BALLESTEROS (EB):** 305, 306.
- **David FENWICK (www.aphotomarine.com):** 100, 102.
- **Keith HISCOCK:** 162, 203.
- **Jorge MARTIN (JM):** 236, 543.
- **Véronique LAMARE (doris.ffessm.fr):** 349, 368.
- **Javier PELLÓN (JP):** 405.
- **Uwe ACOSTA (UA):** 91.
- **Patrick HEURTEAUX (doris.ffessm.fr):** 241.
- **Macarena ROS (MR):** 202.
- **Ricardo BERMEJO (RB):** 136.
- **ERWIN et al. (2011):** 376. (In Bibliography).
- **Joao Pedro SILVA (JS):** 529.
- **Palma DEL VALLE (PV):** 86.
- **Club de Buceo Campo de Gibraltar/ Club Náutico de La Línea (CBCG-CNLL):** 78.
- **CIES Sub Algeciras (CIES):** 80.

**Guide de suivi environnemental des fonds rocheux
dans les Aires Marines Protégées de Méditerranée et
leurs zones limitrophes**





Dédié à Liliana

SOMMAIRE

PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE	15
REMERCIEMENTS	17
1. PRÉFACE	21
1.1. Contexte	22
1.2. Objectifs et justification	24
1.3. Destinataires de cet ouvrage	28
2. DÉTECTION DES IMPACTS SOUS-MARINS, UNE QUESTION COMPLEXE	31
3. BENTHOS PLUTÔT QUE PLANCTON ET NECTON, RAISONS DE CE CHOIX	35
4. LES BIOINDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX ET LE BENTHOS, GISEMENT D'ESPÈCES	39
4.1. Le concept de bioindicateurs et leur rôle émergent.....	40
4.2. Le benthos, réservoir exceptionnel d'espèces indicatrices...	41
4.3. Espèces tolérantes / espèces sensibles, le point de départ....	42
5. CHOIX DES ESPÈCES CIBLES: IMMOBILITÉ (ESPÈCES SESSILES), GRANDE TAILLE ET ABONDANCE, CRITÈRES ESSENTIELS	45
5.1. Critères de sélection des bioindicateurs sessiles (les mieux appropriés) fixés sur le substrat rocheux	46
5.2. Les herbiers de phanérogames marines	50
6. AUTRES BIOINDICATEURS D'APPOINT	55
6.1 Espèces invasives	56
6.2 Espèces sensibles vagiles	58
6.3 Espèces sessiles à squelette calcaire fragile	59
7. CADRE GÉOGRAPHIQUE, ZONAGE ET ÉTAGES BIOLOGIQUES	61

8. ÉTAT DES FONDS MARINS ET DU BIOTE INTERTIDAL	67
8.1. Fonds intacts / fonds perturbés.....	68
8.2. Fonds intacts et leur identification	69
8.3. Fonds perturbés et leur identification	75
8.4. Enclaves verticales et horizontales	79
8.5. Enclaves lapidicoles et conséquences de leur retournement	83
8.6. Enclaves lapidicoles intactes et perturbées	85
8.7. Grottes marines entièrement ou partiellement submergées	88
8.8. Efflorescences algales	90
8.9. Épipbiose (superposition d'espèces)	92
8.10. Filets, ancres, plongeurs et promeneurs non informés....	96
8.11. Des déchets inacceptables	99
9. MÉTHODE DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL SOUS-MARIN	
QPBS: SUIVI TEMPOREL D'ESPÈCES SESSILES	
BIOINDICATRICES DANS DES QUADRATS PERMANENTS.....	103
10. ESPÈCES BENTHIQUES (SESSILES) TOLÉRANTES	
OU EURYÈCES	121
Macroalgues	
10.1. <i>Codium bursa</i>	124
10.2. <i>Codium vermilara</i>	126
10.3. <i>Ulva compressa</i>	128
10.4. <i>Ulva lactuca</i>	130
10.5. <i>Ulva rigida</i>	132
10.6. <i>Asparagopsis armata</i>	134
10.7. <i>Asparagopsis taxiformis</i>	136
10.8. <i>Caulacanthus ustulatus</i>	138
10.9. <i>Ellisolandia elongata</i>	140
10.10. <i>Gelidium pusillum</i>	142
10.11. <i>Chondracanthus acicularis</i>	144
10.12. <i>Lithophyllum incrustans</i>	146
10.13. <i>Mesophyllum alternans</i>	148
10.14. <i>Padina pavonica</i>	150
10.15. <i>Pterocladia capillacea</i>	152
10.16. <i>Plocamium cartilagineum</i>	154
10.17. <i>Ectocarpus spp.</i>	156
10.18. <i>Halopteris scoparia</i>	158
10.19. <i>Sargassum vulgare</i>	160

Éponges

10.20. <i>Cliona celata</i>	164
10.21. <i>Cliona viridis</i>	166
10.22. <i>Crambe crambe</i>	168
10.23. <i>Crella elegans</i>	170
10.24. <i>Hymeniacidon perlevis</i>	172
10.25. <i>Oscarella lobularis</i>	174
10.26. <i>Spongia agaricina</i>	176

Cnidaires Anthozoaires

10.27. <i>Actinothœ sphyrodeta</i>	180
10.28. <i>Anemonia sulcata</i>	182
10.29. <i>Balanophyllia regia</i>	184
10.30. <i>Eunicella singularis</i>	186
10.31. <i>Leptogorgia lusitanica</i>	188
10.32. <i>Leptogorgia sarmentosa</i>	190

Cnidaires Hydrozoaires

10.33. <i>Eudendrium carneum</i>	194
10.34. <i>Eudendrium racemosum</i>	196
10.35. <i>Obelia dichotoma</i>	198

Bryozoaires

10.36. <i>Bugula neritina</i>	200
10.37. <i>Myriapora truncata</i>	202
10.38. <i>Omalosecosa ramulosa</i>	204
10.39. <i>Pentapora fascialis</i>	206
10.40. <i>Schizobrachiella sanguinea</i>	208
10.41. <i>Smittina cervicornis</i>	210

Annélides

10.42. <i>Sabella pavonina</i>	212
10.43. <i>Sabella spallanzanii</i>	214
10.44. <i>Salmacina dysteri</i>	216
10.45. <i>Serpula vermicularis</i>	218

Ascidies

10.46. <i>Microcosmus nudistigma</i>	222
10.47. <i>Microcosmus polymorphus</i>	224
10.48. <i>Microcosmus squamiger</i>	226
10.49. <i>Microcosmus vulgaris</i>	228

10.50. <i>Pyura dura</i>	230
10.51. <i>Pyura microcosmus</i>	232
10.52. <i>Pyura squamulosa</i>	234
10.53. <i>Pyura tessellata</i>	236
10.54. <i>Polycarpa pomaria</i>	238
10.55. <i>Botrylloides leachii</i>	240
10.56. <i>Phallusia fumigata</i>	242
10.57. <i>Clavelina lepadiformis</i>	244
10.58. <i>Pycnoclavella nana</i>	246
10.59. <i>Diplosoma listerianum</i>	248
10.60. <i>Diplosoma spongiforme</i>	250
10.61. <i>Trididemnum cereum</i>	252
10.62. <i>Aplidium turbinatum</i>	254
10.63. <i>Morchellium argus</i>	256
10.64. <i>Syonicum blochmanni</i>	258

11. ESPÈCES BENTHIQUES (SESSILES)

SENSIBLES OU STÉNOÈCES 261

Macroalgues

11.1. <i>Palmophyllum crassum</i>	264
11.2. <i>Cystoseira baccata</i>	266
11.3. <i>Cystoseira nodicaulis</i>	268
11.4. <i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	270
11.5. <i>Cystoseira tamariscifolia</i>	272
11.6. <i>Cystoseira usneoides</i>	274
11.7. <i>Fucus spiralis</i>	276
11.8. <i>Halopteris scoparia</i>	278
11.9. <i>Laminaria ochroleuca</i>	280
11.10. <i>Phyllariopsis brevipes</i>	282
11.11. <i>Saccorhiza polyschides</i>	284
11.12. <i>Gelidium corneum</i>	286
11.13. <i>Halichrysis depressa</i>	288
11.14. <i>Osmundea pinnatifida</i>	290
11.15. <i>Lithophyllum byssoides</i>	292
11.16. <i>Mesophyllum expansum</i>	294
11.17. <i>Peyssonnelia rosa-marina</i>	296
11.18. <i>Peyssonnelia rubra</i>	298
11.19. <i>Peyssonnelia squamaria</i>	300
11.20. <i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	302

Phanérogames marines

11.21. <i>Cymodocea nodosa</i>	306
11.22. <i>Posidonia oceanica</i>	310

Éponges

11.23. <i>Aplysina aerophoba</i>	316
11.24. <i>Axinella damicornis</i>	318
11.25. <i>Axinella polypoides</i>	320
11.26. <i>Haliclona fulva</i>	322
11.27. <i>Ircinia oros</i>	324
11.28. <i>Sarcotragus spinosulus</i>	326

Cnidaires Anthozoaires

11.29. <i>Actinia equina</i>	328
11.30. <i>Alicia mirabilis</i>	330
11.31. <i>Ellisella paraplexauroides</i>	332
11.32. <i>Astroides calycularis</i>	334
11.33. <i>Dendrophyllia ramea</i>	338
11.34. <i>Leptopsammia pruvoti</i>	340
11.35. <i>Phyllangia americana mouchezii</i>	342
11.36. <i>Corallium rubrum</i>	344
11.37. <i>Paramuricea clavata</i>	348
11.38. <i>Parazoanthus axinellae</i>	352

Cnidaires Hydrozoaires

11.39. <i>Aglaophenia</i> spp.	356
11.40. <i>Gymnangium montagui</i>	358
11.41. <i>Pseudoplumaria marocana</i>	360
11.42. <i>Sertularella</i> spp.	362

Bryozoaires

11.43. <i>Adeonella calveti</i>	366
11.44. <i>Bicellariella ciliata</i>	368
11.45. <i>Caberea boryi</i>	370
11.46. <i>Cellaria</i> spp.....	372
11.47. <i>Chartella</i> spp.	374
11.48. <i>Reteporella</i> spp.	376

Annélides (sessiles)

11.49. <i>Bispira volutacornis</i>	380
--	-----

Mollusques (sessiles)	
11.50. <i>Dendropoma petraeum</i>	382
11.51. <i>Pinna nobilis</i>	386
11.52. <i>Pinna rudis</i>	388
Ascidies	391
11.53. <i>Halocynthia papillosa</i>	392
11.54. <i>Stolonica socialis</i>	394
11.55. <i>Clavelina dellavallei</i>	398
11.56. <i>Polysyncraton lacazei</i>	400
11.57. <i>Aplidium conicum</i>	402
11.58. <i>Aplidium punctum</i>	406
11.59. <i>Pseudodistoma obscurum</i>	408
11.60. <i>Polycitor adriaticus</i>	410
11.61. <i>Polycitor crystallinus</i>	412
12. AUTRES ESPÈCES BENTHIQUES	
SENSIBLES D'APPOINT	415
Mollusques	
12.1. <i>Patella ferruginea</i>	418
12.2. <i>Lithophaga lithophaga</i>	422
12.3. <i>Charonia lampas lampas</i>	424
Échinodermes	
12.4. <i>Antedon mediterranea</i>	428
12.5. <i>Astrospartus mediterraneus</i>	430
12.6. <i>Centrostephanus longispinus</i>	432
12.7. <i>Gracilechinus acutus</i>	434
12.8. <i>Echinus melo</i>	436
12.9. <i>Ophidiaster ophidianus</i>	438
Poissons	
12.10. <i>Apogon imberbis</i>	442
12.11. <i>Thalassoma pavo</i>	444
12.12. <i>Anthias anthias</i>	446
12.13. <i>Phycis phycis</i>	450
13. BIBLIOGRAPHIE	453
14. ANNEXE	483

PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

Les Aires Marines Protégées sont de plus en plus considérées comme outil de gestion important pour la conservation de la biodiversité marine et la protection des ressources naturelles, d'une façon générale.

Le suivi est une composante essentielle de la gestion des ressources, il permet d'obtenir des informations scientifiques pour orienter les décisions de gestion clés, par exemple hiérarchiser les stratégies de conservation, assigner les ressources de façon appropriée, et enfin, déterminer si oui ou non ces Aires Marines Protégées répondent aux objectifs visés.

Au niveau méditerranéen, le suivi des habitats et des espèces ne semble pas être une pratique commune dans les Aires Marines Protégées et leurs environs. A cet effet, les Parties contractantes à la Convention de Barcelone sont actuellement en train de mettre en œuvre une approche écosystémique dans la région avec l'ultime objectif d'atteindre un Bon état écologique (BEE) de la mer Méditerranée et ce par le biais d'un nouveau programme de surveillance en cohérence avec l'approche écosystémique. Cela permettra pour la première fois de mener un suivi quantitatif sur une base régionale de l'état de la mer Méditerranée, destiné à la biodiversité et aux espèces non-indigènes. Cependant, les pays méditerranéens ont besoin de divers outils techniques, y compris des guides, pour appuyer ce processus.

Le présent guide vise à donner une orientation technique à tous les acteurs à différents niveaux dans des plans de suivi basés sur les sites afin de compléter les plans de gestion existants ou pour en développer de nouveaux. Il vise à mettre en place un outil méthodologique pour le suivi environnemental et écologique des Aires Marines Protégées et des fonds marins côtiers des aires environnantes, étant donné leur rôle en tant que zones tampon entre les Aires Marines Protégées et les zones anthropisées les plus distantes.

Par ailleurs, il va permettre de promouvoir la création d'un réseau de stations sous-marines sentinelles pour agir comme un système de suivi et d'alerte qui aidera à détecter les changements dans l'écosystème littoral et le paysage marin qu'il constitue avec sa faune et sa flore.

Enfin, cet outil méthodologique vise à standardiser le suivi des fonds rocheux dans les Aires Marines Protégées en fournissant les indications pour le suivi des objectifs, le plan d'échantillonnage, les indicateurs et la méthodologie. Il a été développé pour les gestionnaires d'Aires Marines Protégées, y compris les responsables de la conservation et les chercheurs qui collectent des données pour le suivi mais aussi pour un large groupe de plongeurs certifiés, amateurs ou professionnels, ainsi que toute partie prenante intéressée par la vie sous-marine et qui souhaiterait contribuer au suivi de son environnement et à sa conservation.



JCGG

Photo 1: détroit de Gibraltar, lieu où ont été réalisées la plupart des observations mentionnées dans cet ouvrage. A l'arrière-plan, le continent africain et le Djebel Moussa, montagne emblématique de la côte marocaine.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie vivement les experts du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) Atef Limam, Asma Kheriji, Daniel Cebrián et Souha El Asmi, pour avoir encouragé la réalisation de cette publication (initialement prévue en anglais et en français), dans le cadre de l'atelier international « Indicateurs d'impact du changement climatique sur la biodiversité dans les AMP de Méditerranée » (23-24 octobre 2012, Centre pour la coopération méditerranéenne de l'UICN), et Fernando Molina, Manuel Rodríguez et Milagros Pérez, du ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, CMAYOT) du gouvernement d'Andalousie, pour avoir soutenu l'édition numérique en espagnol. Nous avons pu financer cet ouvrage grâce au Projet Régional pour le Développement d'un Réseau Méditerranéen d'Aires Protégées Marines et Côtières (AMP) à travers le Renforcement de la Création et la Gestion des AMP (Projet MedMPAnet), mis en œuvre dans le cadre du Projet PNUE/PAM-GEF MedPartnership avec le soutien financier de la Commission Européenne (CE), l'Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement (AECID), et le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM). Par ailleurs, l'Autorité portuaire de Séville, Aquagestión Sur (Aquarium de Séville) et l'université de Séville ont contribué à la phase finale de collecte d'informations et ce dans le cadre de la Convention de collaboration signée en mai 2013.

Recueillant observations, expériences et résultats depuis 1990, cet ouvrage a bénéficié de projets financés dans le cadre d'appels publics (DGICYT PB87 0397, DGICYT PB89 0081, DGICYT PB95 0235, DGEIC PB98-0532, REN2000-1602/GLO, REN2001-1956-C17-02/GLO et CGL2006-05182/BOS) et du soutien de la Compagnie espagnole des pétroles (Compañía Española de Petróleos, CEPSA S.A.), de l'Autorité portuaire de Ceuta, de l'Autorité portuaire d'Algésiras, de l'Assemblée de Ceuta, OBIMASA, EGMASA et du CMAYOT du gouvernement régional d'Andalousie. Je remercie sincèrement Marina Hércules et son président, José Manuel Ávila, d'avoir mis à notre disposition des infrastructures pour la réalisation de nos activités de recherche et de plongée à Ceuta.

Sans l'aide inestimable de mon plus proche collaborateur, Alexandre Roi González Aranda, qui a déployé de louables efforts, en particulier pour la révision bibliographique et l'élaboration des dessins explicatifs, cet ouvrage n'aurait pu voir le jour en 2015. Je lui exprime ici ma plus profonde gratitude, et je tiens également à remercier Liliana Olaya, Aurora Ruíz, Inés Martínez et Juanjo Díaz pour leur collaboration à la compilation d'informations ainsi que, pour leur expertise taxonomique concernant les espèces controversées, María Altamirano, Julio de la Rosa, Ignacio Bárbara, Ricardo Bermejo et Ignacio Hernández (Macroalgues), José Luis Carballo (Éponges), Pablo López et César Megina (Cnidaires), Carlos López (Bryozoaires), Santi Naranjo, Alfonso Ramos et Xavi Turón (Ascidies).

Nous remercions aussi nos proches collaborateurs Manu Maestre, Free Espinosa, José Manuel Guerra, Emilio Sánchez, Mercedes Conradi, Juan Corzo, Darren Fa et Maria Eugenia Bandera qui m'ont fourni aide et conseils lorsque cela s'est avéré nécessaire. Et parce qu'ils ont toujours été présents et disposés à apporter leur contribution, Íñigo Donázar, Carlos Navarro, Enrique Ostalé, Juan Miguel Miró, Macarena Ros, Javi Pellón, Altai Pavón, Francisco Díaz, Juan Sempere, John Edward, Rocío Espada, Miguel Soto et Alexis Terrón.

Concernant les photographies, je remercie Uwe Acosta, Denis Ader, María Altamirano, Frédéric André, Ignacio Bárbara, Julio de la Rosa, Ricardo Bermejo, Enric Ballesteros, Rocío Espada, Free Espinosa, David Fenwick, Alexandre Roi González, Patrick Heurteaux, Keith Hiscock, Dominique Horst, Véronique Lamare, Salvador Magariño, Vincent Maran, Jorge Martín, Manuel Martínez, César Megina, Javi Pellón, Alfonso Ramos, Macarena Ros, Luis Sánchez Tocino, Joao Pedro Silva, Palma del Valle et Frédéric Ziemski.

Nous remercions également Trágora SCA, Agnès Philippart et Neil Ashby qui ont réalisé la traduction de cet ouvrage.

Les membres des clubs et centres de plongée qui ont intégré le premier Réseau de surveillance environnementale sous-marine appliquant la méthodologie de suivi environnemental exposée ici, et méritent une reconnaissance particulière. Nous remercions Gabriel García et David Manso, de la société de gestion informatique IT3 Cloud, pour le développement du logiciel d'alerte environnementale pour les espèces cibles et la conception du site Internet qui en permettra l'utilisation, leur aide a été extrêmement précieuse. L'annexe du présent ouvrage leur est destinée.

Aussi, j'exprime ma vive gratitude à Fabio Badalamenti et son groupe de recherche (CNR-Siège IAMC di Castellammare del Golfo, Sicile, Italie: Marco Torri, le Dr. Luigi Musco, le Dr. Thomas Vega, le Dr. Carlo Pipitone, le Dr. Giovanni D'Anna et le Dr. Michele Gristina). En 2014 ils ont installé les premières stations sentinelles sous-marines sur la côte italienne (à différents points de l'île de la Sicile), en suivant la ligne de travail contenue dans ce travail et en étroite coopération avec les centres de plongée locaux et le Laboratoire de Biologie Marine de l'Université de Séville.

J'exprime ma gratitude pour le soutien apporté par le Parc naturel du détroit (membre de la Réserve de la biosphère intercontinentale de Méditerranée), le Centre Unesco du Campo de Gibraltar, l'Institut d'études du Campo de Gibraltar, l'Institut d'études de Ceuta, le Musée de Gibraltar et les services de recherche de l'université de Séville, ainsi que sa Fondation de recherche (FIUS).

A la « International Academy of Underwater Sciences and Techniques », l'UNESCO, la CMAS et MAGRAMA, j'apprécie profondément leur soutien et leur reconnaissance aux résultats pratiques de la recherche reflétés dans cet ouvrage, appliquées à la surveillance et la conservation de l'environnement marin.

Je dois une mention spéciale au complexe aquatique Nemo 33 situé à Bruxelles (record Guinness au plus profond système artificiel de plongée au monde), dont les dirigeants m'ont montré leurs installations innovantes avec l'incalculable collaboration de l'excellent ami et collaborateur Jorge Bayo. L'expérience, selon ce qui est dit dans ce livre, permet de suggérer l'intérêt de placer un simulateur artificiel de station sentinelle dans le complexe, avec des reproductions colorées d'organismes marins benthiques dans des quadrilles, qui contribueront à l'apprentissage de la photographie sous-marine dans des systèmes artificiels et à stimuler ses nombreux utilisateurs à participer à la surveillance de l'environnement d'autres zones côtières sous-marines du monde où ils jouissent souvent de leurs vacances. Il serait un attrait supplémentaire pour encourager encore plus la plongée dans ses installations, la promotion de l'éducation environnementale et la conservation du milieu marin.

Sans oublier la Fédération andalouse des activités subaquatiques pour ses efforts permanents en vue de promouvoir et consolider la plongée en Andalousie, tout spécialement Manuel Crespo et Pepe Daza.

Enfin, mes remerciements les plus profonds et les plus sincères vont à mon épouse Liliana et mes enfants Gabriel, María de Los Ángeles, Álvaro et Carlos, non seulement pour leur soutien inconditionnel et leur compréhension dans les moments difficiles, mais aussi parce que cet ouvrage leur a volé beaucoup de l'attention qu'ils méritent. De même que mes frères, leurs épouses et leurs enfants dont l'un, José Luis, récemment décédé, à un très jeune âge et pour qui j'ai une pensée particulière.

1 PRÉFACE

1.1. Contexte

Le présent ouvrage trouve son origine dans l'atelier international « Indicateurs d'impact du changement climatique sur la biodiversité dans les AMP de Méditerranée » (23-24 octobre 2012, Centre pour la Coopération Méditerranéenne de l'UICN), lors duquel l'auteur a exposé une méthodologie provisoire de suivi du milieu sous-marin des Aires Marines Protégées (AMP) fondée sur des indicateurs benthiques en vue de détecter tout changement important dans le biote du système benthique provoqué par des altérations locales ou géographiquement plus étendues (réchauffement de la planète).

Au cours de cette réunion, plusieurs intervenants du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) ont décidé de soutenir cette méthodologie après expérimentation, ainsi que l'élaboration d'un guide complet sur les bioindicateurs environnementaux afin de contribuer à sa bonne application.

Ce guide/protocole méthodologique a été élaboré dans le cadre du Projet Régional pour le Développement d'un Réseau Méditerranéen d'Aires Protégées Marines et Côtières (AMP) à travers le Renforcement de la Création et de la Gestion d'AMP (Projet MedMPAnet), mis en œuvre dans le cadre du PNUE/PAM-FEM MedPartnership avec le soutien financier de la Commission Euro-

péenne (CE), l'Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement (*Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo*, AECID) et le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM).

Ces organismes ont promu et financé la traduction de la présente publication en français et en anglais. Le Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (*Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio*, CMAOT) du gouvernement d'Andalousie a décidé de promouvoir sa publication en ligne en espagnol.

Le Projet européen MedPAN-Nord et la Convention de collaboration signée en mai 2013 entre l'Autorité portuaire de Séville, Aquagestión Sur (Aquarium de Séville) et l'université de Séville, dans le cadre de laquelle a été lancé un programme de surveillance environnemental fondé sur des indicateurs benthiques de substrat meuble (endofaune) dans l'estuaire du Guadalquivir, ont contribué à la phase finale de collecte des données. En 2015, toujours dans le cadre de cette convention, un autre programme de suivi d'indicateurs sessiles dans des quadrats permanents situés dans des stations sentinelles sous-marines en dehors de l'estuaire sera lancé en vue de tester le protocole proposé ici sur des systèmes fluctuants et non sur des systèmes structurés, stables et très riches en biodiversité pour lesquels il a été conçu.

Cet ouvrage est la réédition d'un ouvrage précédemment publié (García-Gómez, 2007), dont certaines parties ont été intégralement conservées, tandis que d'autres ont été modifiées ou approfondies. Il présente également la méthodologie (protocole d'action et de suivi environnemental d'espèces cibles dans des quadrats permanents installés dans des stations sentinelles sous-marines) adaptée et expérimentée en étroite collaboration avec des clubs et des centres de plongée, et constitue un guide argumenté des espèces indicatrices permettant la mise en œuvre de cette méthodologie. Pour sa publication, nous avons toutefois attendu les résultats de l'analyse scientifique des couvertures d'espèces cibles d'une série temporelle de dix années, dont les données ont été collectées dans une station sentinelle du détroit de Gibraltar, située sur des fonds non pollués, stables et riches en biodiversité (García-Gómez *et al.*, en cours de publication). Ces données étaient essentielles pour tester la réponse aux attentes du protocole méthodologique proposé dans cette publication.

La première publication s'inscrivait dans le cadre d'un projet INTERREG IIIC MedPAN (2005-2007), conçu dans le but de créer un réseau méditerranéen d'administrateurs des aires marines protégées, dont l'objectif principal était la conception

d'outils de gestion facilitant le travail quotidien des administrateurs de ces espaces protégés, tout en impliquant les citoyens dans cette gestion. Des recherches ultérieures, menées dans le cadre d'un projet MedPAN-Nord, avec le soutien du CAR/ASP et de la CMAOT du gouvernement d'Andalousie, ont permis d'obtenir davantage de résultats et de perfectionner le protocole méthodologique présenté ici.

Les informations contenues dans cet ouvrage et dans la publication précédente (García-Gómez, 2007) sont le résultat d'une intense recherche scientifique et technique menée durant plus de deux décennies dans le sud de la péninsule Ibérique, sur les côtes d'Andalousie et de Ceuta. Le détroit de Gibraltar, zone limite de l'aire de répartition de nombreuses espèces, ne constitue pas une barrière absolue mais une zone de transition dans laquelle diminuent ou augmentent progressivement les effectifs de nombreuses espèces regroupées de l'un ou l'autre côté du détroit en fonction du changement graduel des conditions environnementales.

Il convient de rappeler que dans cette zone géographique de passage entre l'Atlantique et la Méditerranée, confluent les provinces biogéographiques lusitanienne (tempérée-froide), mauritanienne (chaude) et méditerranéenne (García-Gómez *et al.*, 1997; García-Gómez, 2002) et les similitudes et les différences entre

le biote de cette zone et celui d'autres aires biogéographiques ont été abordées dans plusieurs publications scientifiques (López de la Cuadra et García-Gómez, 1994; Carballo *et al.*, 1997; Naranjo *et al.*, 1998). Il s'agissait donc d'un cadre naturel idéal pour observer les processus de changement du biote littoral non attribuables à l'influence humaine. Cela nous a permis de comparer à une autre échelle les réponses du biote marin à divers degrés de pollution, où les espèces sensibles disparaissent progressivement (ou diminuent numériquement) proportionnellement aux conditions environnementales, c'est-à-dire à mesure que l'on se rapproche de la source principale de pollution.

Dans le domaine des bioindicateurs marins et dans le cadre géographique du sud de la péninsule Ibérique et du détroit de Gibraltar, plusieurs études scientifiques ont été menées sur des groupes zoologiques déterminés, tels que les Porifères (Carballo *et al.*, 1994, 1996), les Polychètes (Sánchez-Moyano *et al.*, 2002; Guerra-García et García-Gómez, 2004b), les Crustacés (Conradi *et al.*, 1997, 2000; Alfonso *et al.*, 1998; Sánchez-Moyano et García-Gómez, 1998; Guerra-García et García-Gómez, 2001, 2004a), les Mollusques (Sánchez-Moyano *et al.*, 2000a; Espinosa *et al.*, 2007), les Ascidiacés (Naranjo *et al.*, 1996, 1998) ou les filtreurs benthiques (Carballo et Naranjo, 2002).

D'autres contributions, axées sur

l'étude intégrée de différents groupes zoologiques en vue de connaître la structure des communautés de la macrofaune endobenthique dans les sédiments et autres types de substrat afin de mesurer leur intérêt en tant que bioindicateurs, ont été publiées (Estacio *et al.*, 1997, 1999; Sánchez-Moyano *et al.*, 2000b, 2003; Fa *et al.* 2003; Guerra-García *et al.*, 2003a, b, c; Guerra-García et García-Gómez, 2005a, b, 2006). La contribution des bioindicateurs benthiques des substrats meubles aux programmes de suivi environnemental des eaux côtières a été confirmée dans plusieurs monographies récentes (Sánchez-Moyano *et al.*, 2005a, b). Plusieurs études sur la macrofaune et la macroflore de la zone intertidale prenant en compte les gradients environnementaux ont également été réalisées (Guerra-García *et al.*, 2006).

1.2. Objectifs et Justifications

L'objectif principal de cet ouvrage est de concevoir un outil méthodologique de suivi environnemental et écologique des Aires Marines Protégées (AMP) de la Méditerranée et des fonds littoraux de leurs zones limitrophes, y compris les zones tampons situées entre ces dernières et les zones anthropisées les plus éloignées. À travers sa mise en œuvre, nous souhaitons également encourager la création de réseaux

interconnectés de stations sentinelles sous-marines de suivi et d'alerte environnementale sous-marine qui permettent de détecter tout changement dans l'écosystème littoral, dans son paysage, sa faune et sa flore. Ces changements peuvent être d'une part d'origine naturelle ou anthropique et, d'autre part, d'origine locale ou dus au réchauffement de la planète.

Il nous a donc semblé important d'inclure des **informations biologiques de base** et d'offrir des pistes de **détection des menaces et des impacts sur le milieu marin littoral** en mettant un accent particulier sur le suivi de plusieurs **espèces sensibles** (qui ne peuvent vivre que dans des zones de haute qualité environnementale et tendent à disparaître lorsque cette qualité se détériore) préalablement sélectionnées (**espèces cibles**), surveillées dans des **quadrats permanents** installés dans des **stations sentinelles** sous-marines sur des fonds intacts présentant une grande stabilité environnementale, de préférence entre 25 et 35 mètres de profondeur. Le suivi périodique de ces espèces permettra de détecter les impacts environnementaux à court terme, le cas échéant, ainsi que les changements progressifs à long terme attribuables au réchauffement de la planète.

Le suivi des **espèces cibles sensibles** dans les zones où elles

sont communes peut réellement contribuer à déterminer l'existence de perturbations d'origine anthropique (même si ces perturbations peuvent être également d'origine naturelle) selon l'équilibre de leurs populations, leur régression, ou leur disparition. Par comparaison et pour éviter de les présélectionner erronément comme espèces cibles (sensibles), nous avons aussi inclus des descriptions d'**espèces tolérantes** (qui s'adaptent très bien à différentes conditions environnementales) pouvant vivre dans des milieux perturbés comme dans des zones de bonne qualité environnementale, peu sensibles aux changements environnementaux et peu susceptibles de disparaître. Il peut arriver que ces dernières espèces, absentes à l'origine, finissent par s'installer dans l'écosystème en conséquence de la dégradation de la qualité environnementale, ce qui apporte aussi de précieuses informations. Nous avons ainsi établi comme nouvel objectif l'élaboration d'un **guide d'identification** complet permettant de reconnaître et de sélectionner les espèces.

Dans l'intervalle bathymétrique 0-35 mètres, en conséquence de l'accroissement graduel de la stabilité environnementale et de l'atténuation progressive de la lumière, la diversité des espèces benthiques et la complexité structurelle des communautés observées augmentent. Par conséquent, les « sources biologiques » d'information susceptibles d'être

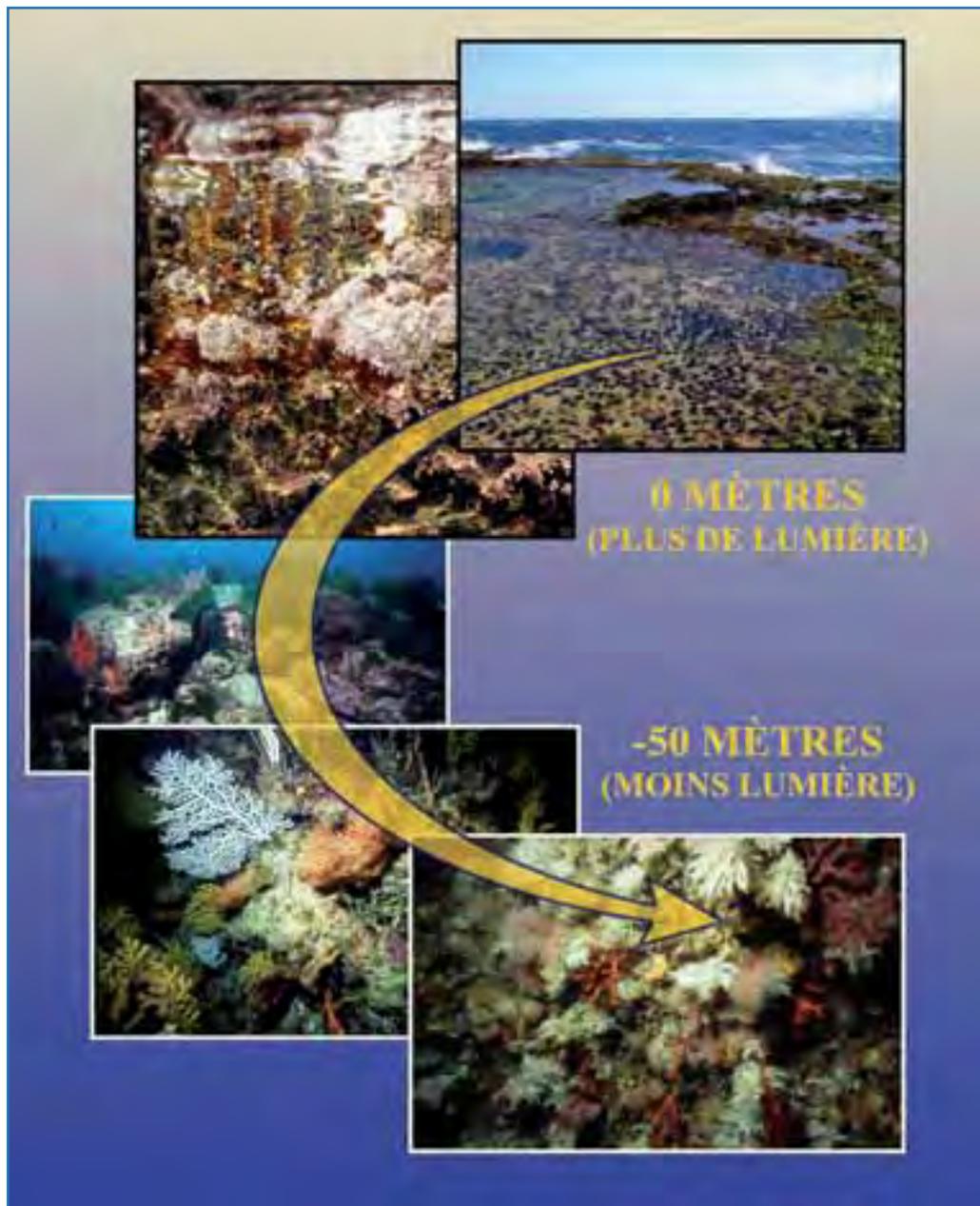


Fig. 1

utiles au suivi environnemental augmentent également (**fig. 1**).

Il ne s'agit pas de concentrer notre attention sur la biodiversité du système (même sur des groupes zoo-

logiques ou botaniques précis), mais sur des espèces cibles sensibles aux changements ou aux altérations environnementales correspondant aux critères que nous détaillerons dans cet ouvrage. Ces espèces constituent des sentinelles permanentes (ou à caractère saisonnier, mais sensibles aux modifications du milieu) fiables, grâce à leur sensibilité, et permettant de déduire l'état de santé de l'écosystème et donner l'alerte en cas de menaces graves, ou d'identifier les impacts sur la biodiversité. Cela évite la mise en place de coûteux programmes de suivi périodique de la biodiversité dans son ensemble (l'étude des communautés d'espèces, par exemple) et l'utilisation de techniques de prélèvement invasives (collecte d'exemplaires) dont les échantillons ne sont utilisés que par les scientifiques qui les reçoivent et les détruisent ou les détériorent, du moins partiellement, lors de leur traitement, rendant quasiment impossible les échanges ou les vérifications par d'autres membres de la communauté scientifique.

Il est important de noter que les espèces désignées ici comme indicatrices ont été proposées sur une base hypothétique de « profil général de réponse » fondé sur des observations *in situ*, le plus souvent étayées par des informations recueillies dans la littérature spécialisée. Mais il n'existe pour ces espèces aucune étude complète en milieu contrôlé

sur la tolérance ou la sensibilité aux différents paramètres physiques et chimiques provoquant des changements importants de leur habitat naturel. À l'avenir, les progrès de la recherche scientifique dans ce domaine permettront certainement de procéder aux ajustements correspondants et d'apporter une meilleure connaissance du niveau de précision et des incidences environnementales (paramètres physiques et chimiques, notamment) que nous pouvons attendre de ces espèces indicatrices écologiques.

Pour la conception de l'outil méthodologique mentionné précédemment, l'objectif premier était d'élaborer un **protocole de suivi environnemental** pour les plongeurs, qui s'avère également utile aux administrations publiques chargées de veiller au suivi et la conservation du littoral. Le but étant de produire de longues séries temporelles de données sur l'évolution des espèces cibles sensibles à partir d'un état zéro ou initial (échelle locale) qui donnent l'alerte sur tout changement ou déséquilibre majeur du benthos sublittoral, par une simple comparaison de photographies et, de manière plus approfondie, par le recours à des techniques statistiques de « mesures répétées » (Lanyon et Marsh, 1995), puisque les espèces surveillées sont « saisies » dans des quadrats permanents fixés sur le substrat.

L'objectif secondaire de cet ouvrage,

comme nous l'expliquons dans le **chapitre 4.1**, est de contribuer à la mise en œuvre des exigences de la directive-cadre sur l'eau 2000/60/CE (DCE), en particulier concernant les macroinvertébrés sessiles.

Si cet outil a pour objectif de détecter l'altération des systèmes écologiques intacts, biologiquement structurés et stables (sens structuration-dégradation), il peut également être utilisé pour évaluer la restauration des écosystèmes côtiers perturbés, après l'élimination ou l'atténuation des causes de perturbation (sens dégradation-structuration). (**figs. 2 et 3**).

Cet ouvrage possède en outre des visées pédagogiques: également destiné aux plongeurs passionnés par le milieu marin, il doit leur permettre de développer leur capacité d'observation, de se former à la détection des processus anormaux susceptibles d'avoir des conséquences majeures, et de collaborer bénévolement avec les autorités compétentes en portant à leur connaissance tout signe de changement environnemental ou de perturbation du milieu marin, afin que ces dernières puissent procéder aux vérifications nécessaires et, le cas échéant, prendre les mesures préventives ou correctives qui s'imposent.

1.3. Destinataires de cet ouvrage

Cet ouvrage a été élaboré dans le but d'être largement diffusé auprès de la société (outil participatif) afin de susciter des engagements à collaborer au suivi de l'environnement des aires marines protégées de la Méditerranée et de leurs zones littorales limitrophes. Il est donc essentiellement destiné aux clubs et aux centres de plongée et donc à un large public de plongeurs (amateurs ou professionnels), ainsi qu'aux scientifiques, techniciens de l'environnement, entreprises et administrations impliquées dans des études sur le milieu littoral, mais également aux étudiants en biologie marine, océanographie ou sciences de l'environnement et, plus largement, à tous les citoyens passionnés par le monde sous-marin, désireux de s'impliquer dans le suivi et la conservation de ce milieu (**photo 2**).

Cet ouvrage a aussi été conçu pour encourager les différentes administrations environnementales (à l'échelon local, national et méditerranéen), avec le soutien des organismes de recherche tel que l'université de Séville (Espagne), à promouvoir le bénévolat en faveur de l'environnement dans les clubs et les centres de plongée, en vue de permettre la création de réseaux de suivi environnemental peu coûteux, et de produire ainsi de longues séries temporelles dont l'absence dans les études complique énormément la détection ou la prévision de tendances dans l'évolution des écosystèmes marins. Partant d'une mé-

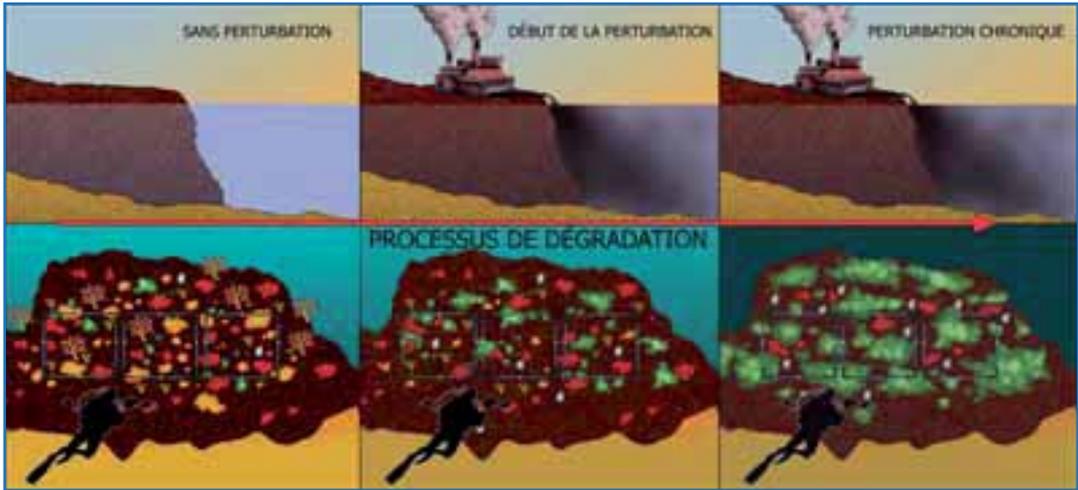


Fig. 2

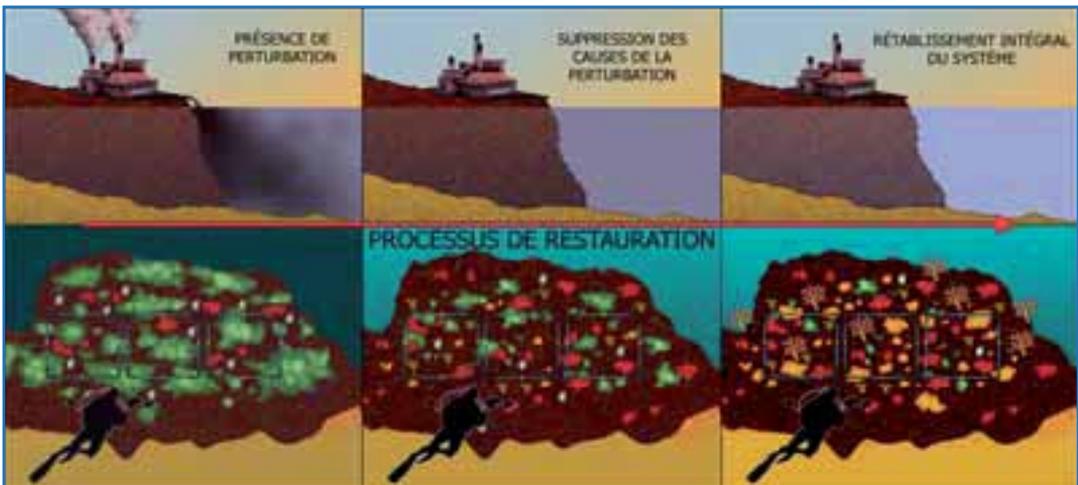
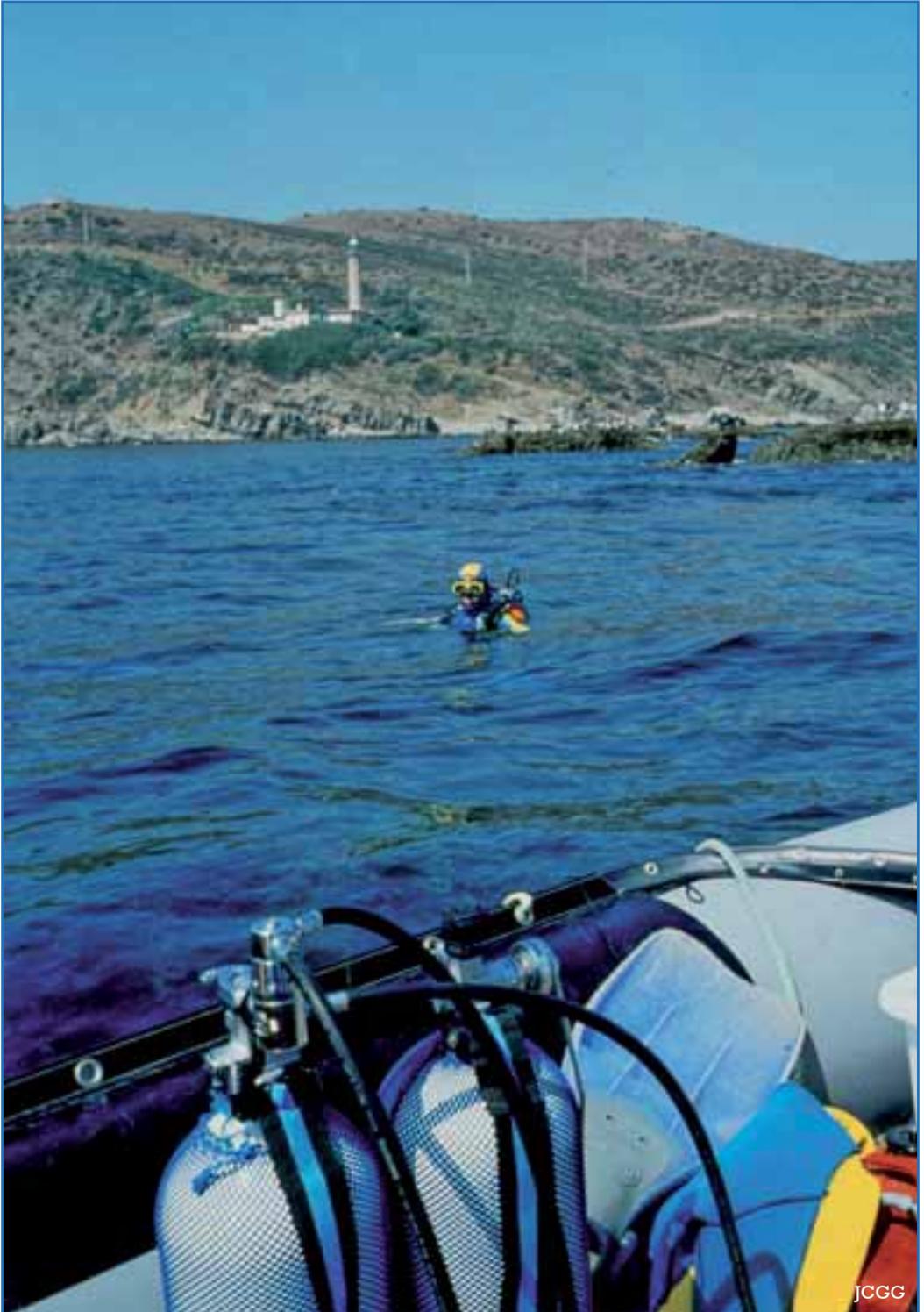


Fig. 3

thodologie fondée sur l'analyse de photographies prises périodiquement, ces actions de suivi présentent divers avantages: elles ne sont pas invasives, elles sont durables (les séries de photographies peuvent être copiées et conservées) et, à

l'avenir, pourront être partagées en ligne par les équipes scientifiques de plusieurs zones géographiques intervenant dans les réseaux de suivi environnemental utilisant des espèces cibles identiques ou similaires.



Phot. 2

2 DÉTECTION DES IMPACTS SOUS-MARINS, UNE QUESTION COMPLEXE

L'eau de mer est près de neuf cents fois plus dense que l'air, en raison de cette caractéristique physique, il est donc impossible d'observer de l'extérieur les changements délétères de l'écosystème résultant de perturbations physiques et chimiques, d'origine naturelle ou anthropique. Contrairement à l'incendie de forêt, par exemple, que nous pouvons voir à des kilomètres, ce qui permet de réagir rapidement pour l'éteindre, les fonds littoraux peu profonds peuvent pâlir, être atteints de maladies ou s'effondrer à quelques mètres de distance de l'observateur, même s'il s'y baigne et si l'eau ne lui arrive qu'à la taille. Par les caractéristiques physiques de la mer, les fonds marins sont cachés, ce qui entrave considérablement la visibilité des éventuels problèmes environnementaux susceptibles de les affecter. En raison de ce grave obstacle par rapport au milieu terrestre, la mer exige une attention particulière et une plus forte implication de la part de l'ensemble de la société.

En revanche, les gaz toxiques se répandent dans l'air bien plus rapidement que les substances polluantes dans l'eau de mer. Le milieu aquatique constitue donc un obstacle aux processus physiques de dispersion, ce qui tend à accroître les retombées au niveau local et à les réduire à plus large échelle. Néanmoins, si des rejets anthropiques (urbains, par exemple) pouvant survenir dans

des zones limitées du littoral ont des conséquences généralement locales, leur accumulation, si les rejets sont rapprochés, peut affecter des zones géographiques plus étendues, déjà détériorées par des changements à l'échelon mondial liés, par exemple, au réchauffement de la planète (hausse de la température et du degré d'acidité de l'eau).

De plus, il est parfois difficile de discerner si les altérations ou les impacts détectés sont d'**origine naturelle** ou d'**origine anthropique**. Une tempête, par exemple, peut provoquer un envasement massif d'espèces (perturbation d'origine naturelle), par un violent déplacement d'agrégats, créant un paysage marin très différent par rapport à celui de la situation préexistante de calme et de stabilité environnementale. Si le phénomène n'est pas régulièrement contrôlé, une vérification environnementale ultérieure détectant d'importants changements dans le système benthique ne pourra en établir avec certitude l'origine. Par ailleurs, de nombreuses espèces dont le cycle de vie est court disparaissent de leur zone d'habitat à certaines époques de l'année pour réapparaître à une autre saison. Dans ce cas, une absence à certaines époques de l'année est naturelle et ne peut être attribuée à un incident d'origine humaine.

L'un des problèmes majeurs des côtes européennes, qui concerne

également les aires marines protégées (AMP) à proximité des zones où la pression humaine est forte, découle des effluents urbains des villes côtières, non épurés ou insuffisamment traités. Tout spécialement l'été, en raison de l'augmentation de la quantité de polluants – principalement organiques – rejetés dans le système littoral, due à l'augmentation du nombre de touristes qui élève considérablement la densité de population de ces villes. Sans oublier les rejets réguliers de produits chimiques utilisés en agriculture, qui entraînent des effets indésirables de fertilisation massive et, par conséquent, d'eutrophisation. Nous ne devons pas non plus négliger la pollution industrielle ou la pollution due à la navigation maritime (la Méditerranée est l'une des mers où le trafic est le plus dense), et les impacts des travaux de génie civil ou de l'extraction d'agrégats pour le secteur de la construction, entre autres sources de détérioration possibles (**photo 3**).

Par ailleurs, certains impacts ponctuels mais graves peuvent s'avérer néfastes à court terme pour une bonne partie du biote (en particulier les espèces sensibles) tandis que d'autres, plus subtils et uniquement perceptibles à long terme, provoqués par une pollution organique légère mais durable dans une zone côtière, par exemple, peuvent entraîner une détérioration presque indétectable à court terme, mais avoir à moyen et long terme un impact environnemen-

tal grave dont les répercussions sont imprévisibles. Si l'on peut avoir au début l'intuition que quelque chose se passe, ce n'est qu'avec le temps que des changements notables se produiront dans la structure de la communauté.

Dans un autre contexte, le contrôle physique et chimique de l'eau ne suffit pas pour prévenir ou détecter des impacts à court ou long terme sur le milieu littoral. De longues séries temporelles et des relevés de données à court terme sont nécessaires pour détecter une atteinte importante du biote (notamment pour les changements à moyen et long termes) car dans les zones proches des estuaires, par exemple, des échantillons peuvent être prélevés à marée montante (dans l'eau propre, renouvelée), dont les analyses présentent des résultats normaux, alors que des atteintes du biote ne sont détectables que par l'analyse des échantillons prélevés à marée descendante (entraînant les polluants déversés dans le fleuve). D'autre part, l'influence sur le biote de certains polluants, en fonction de leur taux de concentration par unité de volume et, surtout, de leur abondance dans le milieu, est méconnue. Cela explique que, souvent, les communautés d'organismes ne montrent aucun signe de dégradation (du moins en ce qui concerne les effets létaux) alors que l'on peut détecter dans la colonne d'eau des concentrations de substances polluantes dépassant les

seuils de normalité ou de tolérance environnementale.

Compte tenu du fait que l'on ne peut évaluer depuis la terre les dégradations sous-marines, et qu'il est compliqué d'y parvenir même en plongeant, en raison de la faible visibilité et des difficultés d'accès, nous devons affiner les méthodes de détection, de suivi et d'évaluation des perturbations. Concevoir de nouveaux protocoles et méthodologies intégratrices de suivi environnemental à faible coût, susceptibles d'être mises en œuvre dans

des zones géographiques proches ou éloignées, et en analyser de façon intégrée mais continue les résultats, constitue un défi permanent. Cet ouvrage vise donc à promouvoir une nouvelle méthode de suivi environnemental sous-marine et de détection des impacts, fondée sur le suivi d'espèces cibles indicatrices (sensibles ou sténoèces) saisies dans les quadrats permanents des stations sentinelles sous-marines, qui sera améliorée avec la collaboration de tous ceux qui s'impliqueront dans son perfectionnement.



JCGG

Phot. 3

3 BENTHOS PLUTÔT QUE PLANCTON ET NECTON, RAISONS DE CE CHOIX

Le rejet accidentel ou récurrent d'un agent perturbateur dans le milieu marin entraîne immédiatement des changements physiques et chimiques des propriétés de l'eau ainsi que des effets à court, moyen et long terme sur le biote. Pour obtenir des informations concernant ce type d'effet sur les organismes littoraux, le **plancton** n'est pas le compartiment du biote marin le plus utile à l'échelle locale car il se compose essentiellement d'organismes de petite taille dont le cycle de vie est court, flottant passivement dans le courant (il ne reste pas dans la zone affectée) et possède une forte capacité de reconstitution des populations (haute capacité de reproduction). Le **necton** est composé d'organismes (principalement des poissons) qui, en dépit de leur taille qui facilite leur visualisation en plongée, sont très mobiles, ce qui leur permet de fuir et de se déplacer à la recherche de meilleures conditions.

Le **benthos** est l'ensemble des organismes présents sur ou dans le fond des eaux, qui peuvent vivre très près du fond sans être en contact avec ce dernier (**suprabenthiques**), en étroit contact avec le fond (**épibenthiques**) ou à l'intérieur du fond (**endobenthiques**); ces organismes peuvent y être fixés (**sessiles**) ou se déplacer librement (**vagiles**). Certains auteurs qualifient les organismes qui vivent activement au voisinage du fond, sans être liés à celui-ci, de **nectobenthiques**.

Par ailleurs, la colonne d'eau, milieu du plancton et du necton, étant très homogène, offre peu d'opportunités de diversification évolutive et donc de spéciation, contrairement aux habitats rocheux des fonds marins dont l'hétérogénéité et la stabilité fournissent davantage de possibilités d'évolution et de spéciation. Lorsqu'il plonge d'une embarcation, tout plongeur peut constater, à mesure qu'il descend vers le fond, la faible diversité existant dans la colonne d'eau, en comparaison de celle qu'abritent les fonds rocheux. En outre, dans les couvertures biologiques des fonds rocheux, de nombreuses espèces sont en compétition permanente pour l'occupation de l'espace, et nombre d'entre elles pourraient constituer un puissant outil d'information environnemental.

Compte tenu de ces critères, le **benthos** est le compartiment du biote marin qui **offre le plus d'informations intéressantes pour atteindre les objectifs présentés dans cet ouvrage**. En effet, les organismes benthiques, en particulier ceux qui vivent fixés au substrat (**sessiles**) durant toute leur phase adulte, ou ceux qui se déplacent très lentement et sont essentiellement sédentaires, demeurent dans la zone affectée et sont incapables d'éviter les changements environnementaux susceptibles de survenir dans leur habitat (**photos 4 et 5**). Par conséquent, soit ils survivent parfaitement à ces changements, soit ils leur survivent

avec des signes évidents de stress et une réduction des effectifs, soit ils disparaissent entièrement du système. Ils peuvent donc être utilisés comme **bioindicateurs** (des effets sublétaux et létaux), en tant que « sentinelles » permanentes ou périodiques (s'ils ne sont pas pérennes et ont un cycle de vie annuel ou subannuel, ne pouvant offrir d'informations environnementales que quelques mois par an) du niveau de qualité des eaux dans lesquelles ils vivent, et contribuer grandement au suivi environnemental des eaux littorales. Les organismes sensibles et de taille suffisante pour faciliter leur localisation et leur reconnaissance par les plongeurs, ce qui motive ces derniers à en effectuer le suivi, sont les espèces cibles les mieux appropriées en raison de leur vulnérabilité aux changements pouvant survenir dans leur habitat. Les animaux qui apportent le plus d'informations dans le cadre du suivi environnemental de nos fonds littoraux sont les macro-invertébrés sessiles adultes (Éponges, Cnidaires,

Bryozoaires...) et les tuniciers benthiques (Ascidies). Et parmi les végétaux, les macroalgues, en particulier les algues pérennes, sont les plus utiles.

Les fonds meubles, plus instables et uniformes que les fonds rocheux, offrent moins de diversité épibenthique et ont presque toujours l'apparence de déserts sous-marins. C'est toutefois sur ces fonds que s'installent les **herbiers de phanérogames marines**, joyaux de l'évolution qui doivent être préservés et jouent un rôle écologique majeur sur nos côtes. Les plongeurs désireux de s'impliquer dans le suivi environnemental de nos côtes et qui explorent régulièrement les fonds meubles doivent prêter une attention particulière à ces herbiers (tout spécialement de *Posidonia oceanica* et de *Cymodocea nodosa*) parfaitement visibles, localisables et, en général, sensibles aux perturbations et à la pollution (notamment organique provenant des eaux usées non traitées d'origine urbaine).



JCGG

Phot. 4



JCCG

Phot. 5

4 LES BIOINDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX ET LE BENTHOS, GISEMENT D'ESPÈCES

Siles altérations environnementales sont principalement physiques ou chimiques, elles peuvent entraîner directement ou indirectement des altérations biologiques. Par action indirecte (effet en cascade) lorsque les changements environnementaux (la hausse de la température, par exemple) permettent à des espèces exotiques d'entrer dans l'écosystème, ce qui peut le déstructurer, car elles deviennent invasives et déplacent les espèces autochtones. Ou par action directe, si ces altérations entraînent sur le biote local une dégradation plus ou moins intense en fonction de la sensibilité des espèces qui le composent. Les perturbations peuvent donc aussi affecter de façon mesurable la structure de la communauté et des populations qui la composent, car elles provoquent des changements quantitatifs et qualitatifs.

Par ailleurs, les espèces marines (en tant qu'unités génétiques et fonctionnelles) ne sont pas les seules à avoir des réponses différentes selon la catégorie et la nature des altérations (en fonction de leur sensibilité), les individus qui les composent ne réagissent pas de la même façon selon leur âge, ce qui aggrave la complexité de la question. Si l'on observe l'espèce humaine, on constate que les individus présentent différents niveaux de tolérance aux divers types d'agression, ou répondent de manière différente à un même traitement médical, par exemple. Comme le

disent les bons médecins, il n'y a pas de maladies, mais des malades.

Cela met en évidence la complexité du problème et permet de comprendre l'insuffisance de la portée de nombreux programmes de suivi environnemental qui ne prennent pas en compte la réponse directe des organismes aux éventuelles altérations du milieu. En l'absence d'informations fournies par le biote marin, ces programmes ne permettent pas d'établir un diagnostic environnemental, car le biote perçoit directement les perturbations survenant dans son milieu et réagit en montrant des signes spécifiques tels qu'un changement d'apparence (affections du phénotype), une diminution des effectifs de population ou une perte nette d'espèces, selon la sensibilité à ces changements.

4.1. Le concept de bioindicateurs et leur rôle émergent

Il existe dans la littérature scientifique de nombreuses définitions des bioindicateurs, ou indicateurs biologiques. Pour Iserentant et De Sloover (1976), un bioindicateur est un organisme ou un système biologique utilisé pour apprécier une modification de l'écosystème ; Lebrun (1981) définit les bioindicateurs comme une population ou un ensemble de populations qui, par ses caractéristiques qualitatives ou quantitatives, témoigne de

l'état d'un système écologique et qui, par des variations de ces caractéristiques, permet de détecter d'éventuelles variations du milieu ; Selon Blandin (1986), les bioindicateurs sont des organismes ou ensembles d'organismes qui – par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques – permettent de façon pratique et sûre de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications naturelles ou provoquées. Le terme « écosystème » est défini par Blandin et Lamotte (1985) comme un assemblage localisé d'écosystèmes interdépendants qui ont été modélisés par une histoire écologique et humaine commune.

L'utilisation de bioindicateurs est un axe de recherche environnemental émergent car, comme nous l'avons expliqué, le contrôle physique et chimique de la zone littorale (c'est-à-dire l'analyse traditionnelle d'échantillons d'eau ou de sédiments) ne suffit pas pour découvrir ou prévenir les changements dans la composition des espèces et la structure de l'écosystème marin. C'est la raison pour laquelle la mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau 2000/60/CE (DCE) du Parlement européen et du Conseil (23 octobre 2000) met l'accent sur l'utilisation de bioindicateurs notamment pour évaluer l'état des écosystèmes côtiers et la qualité de leurs eaux.

Et si cette directive-cadre sur l'eau inclut les animaux invertébrés parmi les organismes indicateurs à surveiller, nous constatons que les indicateurs sélectionnés par la communauté scientifique pour les contrôles de suivi environnemental promus par la directive se concentrent essentiellement sur l'endofaune (invertébrés vivant dans les fonds meubles, constitués de sable ou de sédiments), et ne prend pas en compte les invertébrés fixés sur le substrat rocheux (sans doute en raison de la difficulté de prélèvement d'échantillons due à leur dureté et l'hétérogénéité de leur répartition), qui peuvent pourtant apporter de précieuses informations environnementales, comme nous le verrons dans cet ouvrage. Le protocole méthodologique QPBS (Sessil Bioindicators Permanent Quadrats) proposé ici, plus axé sur les invertébrés adhérant au substrat rocheux, peut donc contribuer, une fois adapté, à combler cette lacune de la DCE, lorsque nous aurons fixé des valeurs de références et des seuils de qualité environnementale.

4.2. Le benthos, réservoir exceptionnel d'espèces indicatrices

Nous avons déjà souligné les avantages du benthos par rapport au plancton et au necton pour la mise en

œuvre d'un protocole de suivi environnemental tel que celui que nous présentons ici. Nous devons toutefois signaler que le benthos, dont la biodiversité est plus riche que celle du plancton et du necton, s'il comprend de **nombreuses espèces intéressantes comme bioindicateurs** pour l'application du protocole, exclut par ailleurs nombre d'autres espèces soit parce qu'elles peuvent se déplacer et fuir les conditions défavorables, soit en raison de leur trop petite taille, soit parce qu'elles possèdent une grande adaptabilité et ne réagissent quasiment pas aux changements soudains (s'ils ne sont pas trop importants) ou graduels pouvant survenir dans le système littoral.

4.3. espèces tolérantes / espèces sensibles, le point de départ

Comme nous l'avons déjà signalé, les altérations environnementales survenant dans la colonne d'eau du littoral peuvent avoir un impact sur le biote benthique et entraîner des signes phénotypiques de stress, une diminution des populations ou une perte nette de biodiversité (espèces sensibles), entre autres dégradations.

Parmi les espèces vivant fixées au substrat en phase adulte (sessiles) et ne pouvant fuir les changements du milieu, nous pouvons observer plusieurs types de réponse aux différentes perturbations environne-

mentales. Certaines disparaissent ou diminuent massivement (**espèces sensibles ou sténoèces**), d'autres parviennent à survivre normalement sans montrer de signe extérieur de dégradation (**espèces tolérantes ou euryèces**), d'autres encore ne diminuent pas mais montrent des anomalies morphologiques (délabrement, faible croissance, maladies visibles dans les taches dues à des microorganismes, etc.). Il peut arriver qu'aucune de ces situations ne se présente et que les espèces soient contaminées par des substances toxiques à des seuils modérés ne causant aucune mortalité ou aucun signe extérieur de dégradation, mais cela n'entre pas dans le cadre du présent ouvrage.

Cet ouvrage, axé sur le contrôle environnemental périodique des communautés benthiques (substrat rocheux) pendant une certaine durée, se concentre sur plusieurs **espèces indicatrices sensibles** et, parmi celles-ci, les **espèces cibles** qui, par leur présence, leur absence ou une modification de leur abondance, sont susceptibles de fournir des informations environnementales pertinentes que nous devons savoir interpréter. À ce sujet, dans un monde bleu rétif à dévoiler ses secrets et pour lequel les photographies aériennes ou satellitaires ne constituent pas des outils bien utiles pour surveiller son évolution (contrairement au système terrestre), il convient d'établir des **états zéro ou initiaux**, dans

des espaces encore vierges aux environnements structurés et stables (dont les communautés benthiques, climax ou préclimax, ne fluctuent quasiment pas dans le temps), menacés par différents vecteurs en raison de leur proximité avec des zones anthropisées. Nous voulons contrôler l'évolution temporelle des **espèces cibles** et tout spécialement « l'avant » et « l'après » d'éventuels impacts environnementaux survenant de manière soudaine (accidentelle) ou lente, ayant une origine plus générale et moins agressive, mais prolongée dans le temps.

L'outil de suivi environnemental que nous proposons est, au minimum, une **méthode d'alerte environnementale sous-marine** qui doit permettre de détecter tout changement dans le système benthique à court ou à moyen et long terme. Le protocole exposé ci-dessous concerne spécifiquement **l'évolution temporelle de couvertures d'espèces cibles sensibles saisies dans des quadrats permanents** (fixés au substrat), en vue de permettre une quantification précise des pertes, de la stabilisation ou de l'augmentation des espèces à court, moyen ou long terme. Ce protocole permettra de créer de longues séries temporelles de données et répond à une approche BACI (Before/After Control Impact) (Green, 1979 ; Underwood, 1992). Il inclut une méthode de prélèvement d'échantillons et de collecte de données non invasive et permet

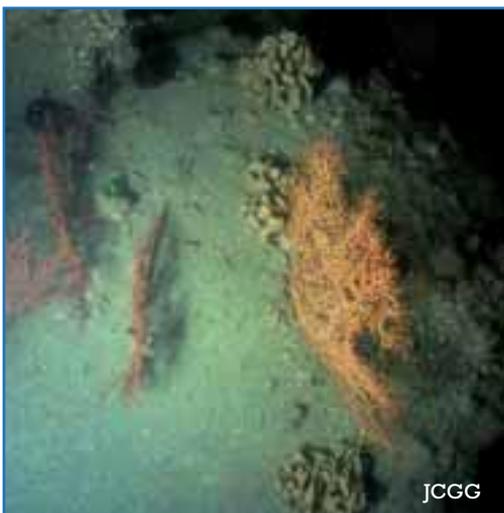
de détecter des changements important à l'œil nu (en comparant des photographies superposées des quadrats permanents, tout en encourageant l'échange d'informations entre stations sentinelles d'un même réseau) même s'il est recommandé, pour mesurer scientifiquement l'importance du changement, que les matrices temporelles de couvertures des taxons sélectionnés soient traitées par des experts au moyen d'analyses statistiques de « mesures répétées » (Lanyon et Marsh, 1995), les observations périodiques de l'évolution des espèces cibles étant limitées aux mêmes quadrats permanents. Les espèces sélectionnées sont en général d'une taille suffisante pour être reconnues in situ, de sorte que l'observateur puisse les identifier assez facilement. Nous avons donc évité d'inclure des espèces de petite taille ou extrêmement difficiles à reconnaître en plongée et sur les photographies des quadrats permanents prises régulièrement.

Les espèces **tolérantes** ou **euryèces** possèdent une forte valence écologique et une grande plasticité adaptative (**photo 6**). Elles sont aussi présentes dans des environnements stressés que non pollués et supportent des situations de perturbation modérée à élevée, mais peuvent en outre devenir des espèces **transgressives** ou **invasives** par un développement anormal de leur population (ce qui déplace des espèces plus sensibles). Elles peuvent

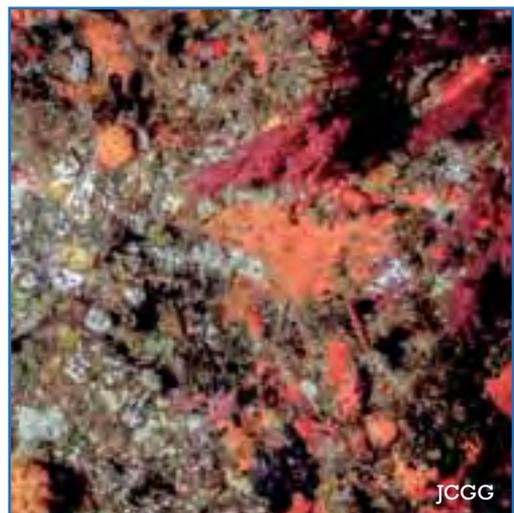
ainsi être utilisées comme **indicateurs de stress environnemental ou de pollution**. En revanche, les espèces **sensibles ou sténocènes** possèdent une faible valence écologique et une faible capacité d'adaptation aux changements environnementaux et constituent donc un marqueur des eaux de très bonne qualité. En effet, elles ne sont pas capables de s'adapter, ou s'adaptent mal, lorsque les conditions se dégradent, elles peuvent être **régressives** et permettent d'obtenir le plus d'informations lors des contrôles de suivi environnemental sous-marin mis en œuvre selon le protocole d'action présenté ci-après (**photo 7**).

Rappelons qu'une espèce peut être **directement sensible** à un facteur de perturbation (elle ne supporte pas les nouvelles conditions environnementales) ou **indirectement**

sensible à ce facteur. Une espèce vagile (qui peut se déplacer sur le substrat) peut, par exemple, tolérer la présence d'une certaine charge de polluant qui, en soi, ne l'éliminerait pas du système, mais ses proies peuvent être létalement affectées. Si les proies disparaissent, l'espèce en question disparaît également faute de nourriture (cela peut se produire avec certaines espèces de nudibranches prédatrices spécifiques d'éponges si ces dernières disparaissent parce qu'elles ne supportent pas de nouvelles conditions dues, par exemple, à une pollution organique croissante). L'espèce prédatrice de cet exemple n'est pas directement sensible au facteur de perturbation, mais elle l'est indirectement car elle se trouve gravement affectée par l'absence de proies entraînant son inexorable disparition du système dégradé (García-Gómez, 2007).



Phot. 6



Phot. 7

5

CHOIX DES ESPÈCES
CIBLES : IMMOBILITÉ
(ESPÈCES SESSILES),
GRANDE TAILLE ET
ABONDANCE,
CRITÈRES ESSENTIELS

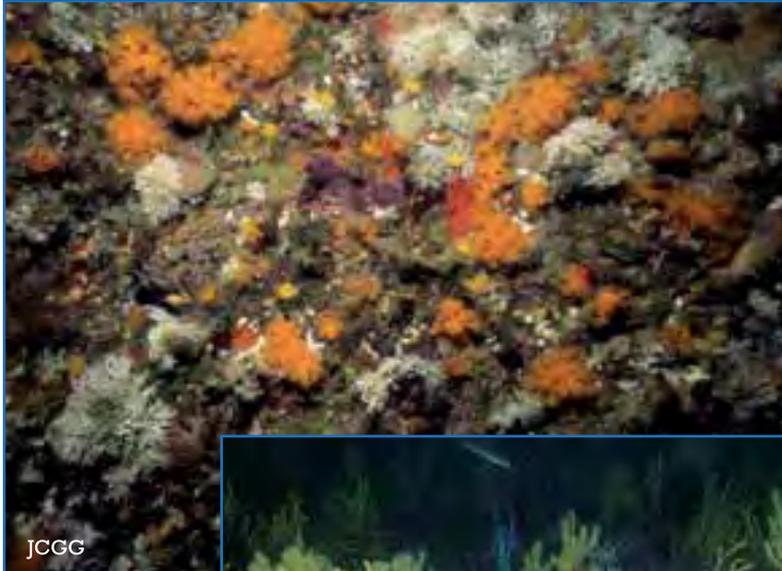
Les plongeurs désireux de s'impliquer dans le suivi de nos fonds littoraux devront surmonter de nombreuses difficultés. Tout d'abord, les plongées sont toujours très limitées, elles doivent donc être soigneusement organisées pour en tirer le meilleur parti. Ensuite, à quelques mètres de profondeur, les couleurs vives, notamment le rouge et l'orange, sont filtrées, de sorte que le bleu domine (longueur d'onde du spectre lumineux dont la capacité de pénétration est la plus élevée), il est par conséquent impossible de détecter les couleurs éclatantes des organismes vivant sur les fonds rocheux, en particulier dans les zones ombragées ou profondes. Enfin, notamment en raison des deux obstacles précédents, l'identification des espèces utiles pour le suivi environnemental de nos fonds littoraux peut s'avérer compliquée, il est donc important de bien s'informer. C'est l'un des objectifs de ce guide des espèces indicatrices que les plongeurs doivent étudier avant de choisir les espèces cibles appropriées qui détermineront l'emplacement des quadrats de suivi et donc, de la station sentinelle sous-marine.

5.1. Critères de sélection des bioindicateurs sessiles fixés sur le substrat rocheux

Les **bioindicateurs sessiles adultes** constituent le groupe dans

lequel nous devons sélectionner les **espèces cibles** qui permettront de mettre en œuvre le protocole de suivi environnemental détaillé dans cet ouvrage. Néanmoins, **toutes les espèces de ce groupe ne sont pas sensibles** (certaines sont tolérantes) et ne présentent pas toutes les caractéristiques de suivi par analyse de couverture requises par la méthodologie de suivi environnemental proposée ici. Certaines, par exemple, ne montrent pas de réponse rapide aux impacts, d'autres sont trop petites pour être visibles sur les photographies.

Une **espèce benthique** doit être **indicatrice et sensible** et pourra être choisie comme **espèce cible** à surveiller périodiquement par photographie si elle répond aux trois exigences suivantes: **1) immobilité** (c'est-à-dire qu'elle doit être **sessile, fixée** au substrat en phase adulte de sorte que sa présence ou son absence puisse être contrôlée périodiquement dans les quadrats, en excluant toute possibilité de fuite ou de déplacement; **2) taille suffisante** pour que le plongeur puisse la voir et la reconnaître facilement in situ et qu'elle soit visible sur les photographies périodiques des quadrats installés aux fins de suivi, et **3) elle doit être abondante** (ou commune, mais en aucun cas rare), car cela implique non seulement une présence pérenne, et non accidentelle, dans l'habitat surveillé, mais également le fait que son



Phot. 8

JCCG



Phot. 9

JCCG

éventuelle disparition locale, ou réduction notable de ses effectifs, soit directement liée à l'importance des changements environnementaux survenus dans son habitat. Les exemples des **photographies 8 et 9** représentant le corail orange (*Astroides calycularis*) et la gorgone jaune *Paramuricea clavata*, toutes deux sensibles, satisfont à ces trois critères.

Par ailleurs, si elles ont une **longue durée de vie** et si elles sont **présentes toute l'année**, cela convient particulièrement à nos objectifs car les mêmes individus ou colonies peuvent témoigner par leur présence de conditions environnementales stables en toute saison (la gorgone *Paramuricea clavata* peut vivre plusieurs années, par exemple). Signalons qu'une espèce

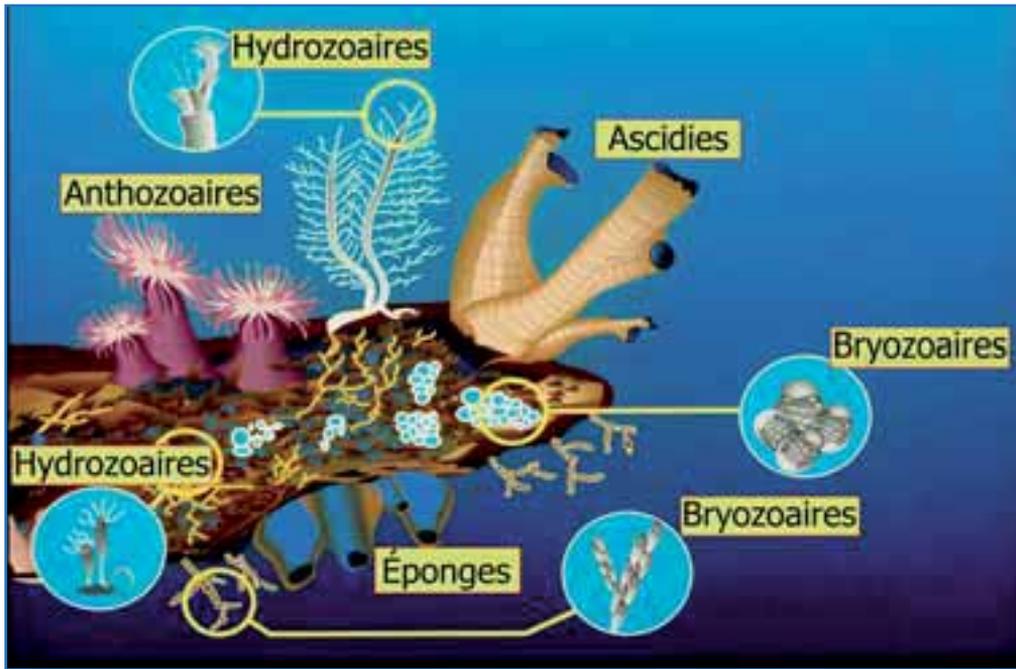


Fig. 4

méditerranéenne peut non seulement être naturellement absente de certaines zones géographiques, mais qu'elle peut aussi être abondante dans une zone et accidentelle ou rare dans une autre. Il faut par conséquent éviter d'utiliser comme bioindicateur toute espèce dont la présence est accidentelle ou rare. Le concept d'abondance doit être relativisé car l'objectif est le suivi efficace de fonds rocheux ou de zones marines restreintes, et non vastes et étendues.

À cet égard, les groupes animaux dans lesquels nous trouverons le plus d'espèces indicatrices sensibles pour le suivi environnemental de

nos fonds littoraux sont les **Éponges**, les **Cnidaires** benthiques (**Anthozoaires** et **Hydrozoaires**), les **Ascidies** et, dans une moindre mesure, les **Bryozoaires** (fig. 4). Parmi les Mollusques et les Annélides, certaines espèces sessiles (ou vagiles mais strictement sédentaires, comme certaines espèces de patelles) peuvent être désignées comme espèces indicatrices sensibles. Parmi les végétaux, de nombreuses **macroalgues** fixées aux rochers sont sensibles et peuvent contribuer au suivi de l'évolution de l'écosystème et à l'évaluation des altérations susceptibles de survenir. Les macroalgues pérennes peuvent

offrir des informations valides durant toute l'année, et les macroalgues saisonnières doivent être surveillées durant les périodes de développement et de couverture maximale, pour l'analyse des photographies selon le protocole détaillé dans cet ouvrage.

Les espèces sensibles répondant aux exigences précédemment mentionnées, qu'il s'agisse des macroalgues ou des macroinvertébrés et tuniciers (ascidies) vivant fixés au substrat, en particulier les espèces vivant en colonies (**figs. 5 et 6, photos 10 et 11**) présentent généralement trois configurations morphologiques principales (pouvant être divisées en catégories intermédiaires): **1) laminaire** ou **plate**, comme nombre d'éponges, d'ascidies coloniales et de bryozoaires qui tapissent les surfaces rocheuses, ce qui correspond à une stratégie « compulsive » de recouvrement du substrat (pour une croissance rapide sur un plan en s'étendant vers l'extérieur dans le plus de directions possibles de la surface colonisée, en évitant de se développer vers le haut); **2) massive**, comme certaines éponges, coraux et ascidies, qui peuvent adopter une apparence globuleuse ou de section irrégulière (elles exploitent l'espace tridimensionnel et croissent dans toutes les directions possibles, et **3) dressée** ou **arborescente**, comme les gorgones qui n'ont besoin que d'une surface rocheuse minimale pour ériger une structure complexe de

centaines de polypes ou zoïdes qui se déploie au-dessus de ses concurrents sur le substrat (évoquant un arbre dépourvu de feuilles dont les ramifications tendent à s'organiser sur un plan, afin de se situer perpendiculairement au courant et optimiser la collecte de nourriture), réduisant la concurrence pour le substrat.

Parmi les macroalgues, la configuration érigée est la plus fréquente (elle réunit le plus grand nombre d'espèces) et celle qui présente la plus large fourchette de dimensions (des espèces de petite taille dressées à faible hauteur au-dessus du substrat, aux grandes laminaires). Dans les zones bien éclairées et peu ombragées, les formes laminaires sont également bien représentées par les algues calcaires incrustantes (coralligènes). La configuration massive est la plus rare et s'observe principalement (forme globuleuse) pour certaines espèces telles que *Codium bursa*, *Colpomenia sinuosa* et *Lithophyllum byssoides*. Parmi les macroinvertébrés « prisonniers » du substrat, les trois configurations sont fréquentes, en fonction de la maturité et de la structuration de l'écosystème, la forte concurrence pour l'espace déplaçant les espèces de morphotype laminaire au bénéfice des formes massives et érigées qui se partagent la majeure partie de la couverture utile des surfaces rocheuses disponibles.

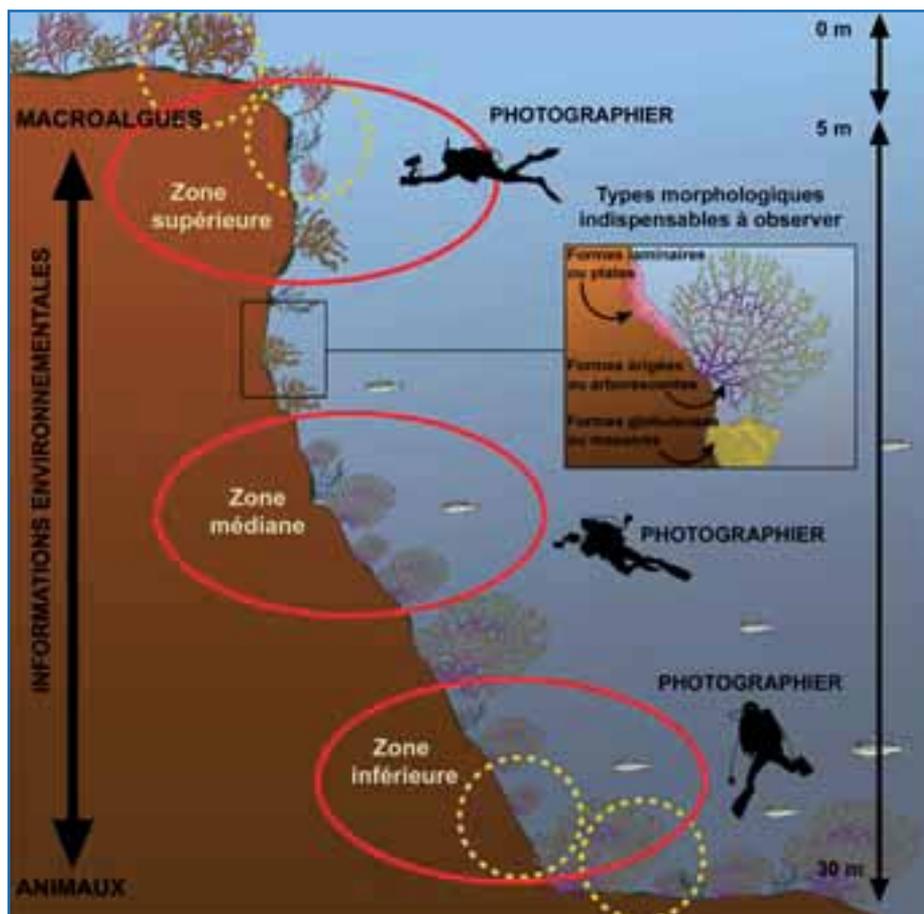


Fig. 5

Nous devons en outre considérer que, dans le suivi environnemental par photographie des quadrats des stations sentinelles, une éventuelle disparition d'espèces indicatrices peut s'accompagner de l'intrusion de nouvelles espèces dans la zone surveillée, ce qui peut renforcer l'hypothèse d'une altération environnementale soit par des changements physiques ou chimiques survenus dans le milieu, soit parce que les nouvelles espèces seraient des

espèces invasives (ce qui constitue aussi une altération, même si les paramètres physiques et chimiques de la colonne d'eau n'ont pas changé).

5.2. Les herbiers de phanérogames marines

Les phanérogames marines, en particulier *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*, peuvent également consti-

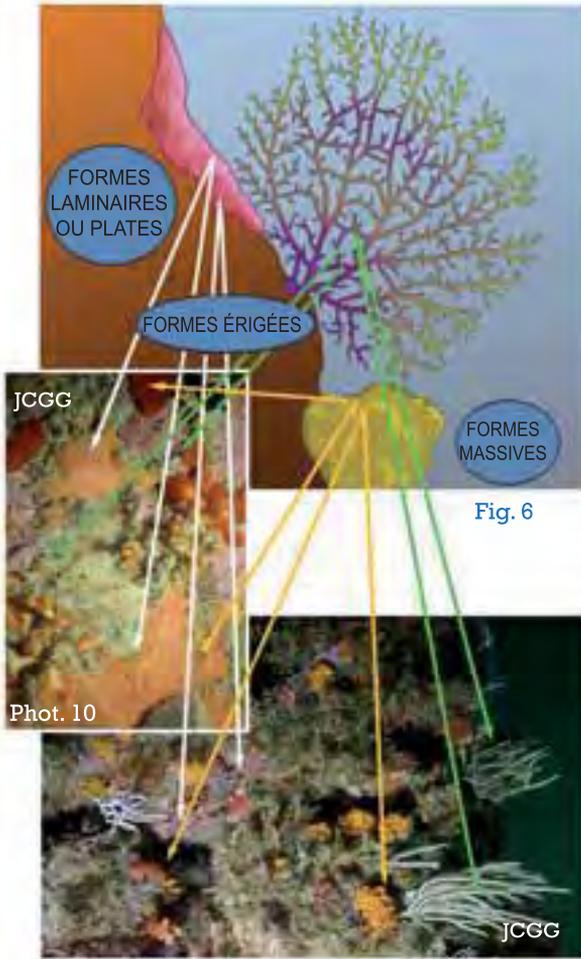


Fig. 6

Phot. 11

tuer des espèces cibles appropriées pour la mise en œuvre de contrôles de suivi sous-marin (en Méditerranée, trois autres espèces peuvent remplir cet objectif: *Zostera noltii*, *Zostera marina* et *Halophila stipulacea*, cette dernière provenant de la mer Rouge, elle n'est présente qu'en Méditerranée orientale), et peuvent former de denses prairies sur un substrat meuble (*P. oceanica* peut aussi s'implanter sur des fonds rocheux). Il est conseillé

de bien en repérer les bordures car celles-ci peuvent indiquer, par leur immobilité, leur croissance ou leur recul, une situation de stabilité environnementale, de progression ou de régression (l'utilisation de quadrats légers, comme le montre la **photographie 12**, peut y aider). À cet égard, les bordures périphériques les plus éloignées le long de la ligne côtière, et les bordures correspondant aux niveaux de profondeur (limite d'implantation la moins et la plus profonde) peuvent apporter des informations utiles. La **figure 7** montre un hypothétique cas de régression d'un herbier, jusqu'à sa disparition totale.

Étant fondamentalement liées au substrat meuble, elles ne sont pas



Phot. 12

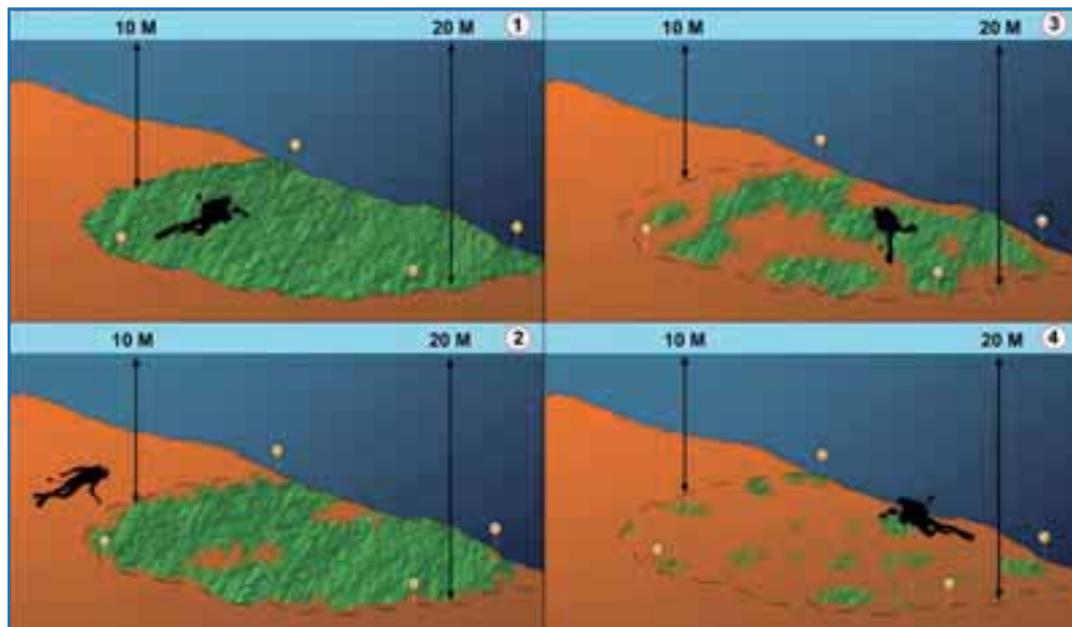


Fig. 7

appropriées au protocole de suivi environnemental sous-marin exposé dans cet ouvrage. Néanmoins, elles peuvent être utilisées dans le cadre de programmes de suivi environnemental de la frange littorale, la limite périphérique la plus profonde des herbiers s'avère en effet particulièrement intéressante car si la colonne d'eau devient progressivement trouble en conséquence d'un processus léger mais continu de pollution organique (rejet d'eaux usées, par exemple), cette limite reculera à une moindre profondeur où la lumière pénètre suffisamment pour que la plante puisse effectuer sa photosynthèse. Si la limite la plus profonde « marquée » par un plongeur se trouve à 20 mètres et, lors du contrôle de suivi, cette limite remonte à 15 mètres, la cause peut être

liée à une augmentation de la turbidité due à un événement persistant de pollution tel que celui que nous venons d'évoquer (**fig. 8, photo 13**). Pour aider les plongeurs à « marquer » chaque bordure ou limite, il ne suffit pas d'en établir la mesure bathymétrique exacte (au moyen d'un profondimètre placé sur le fond), il convient de placer de petites bouées de liège en couleur (ne dépassant pas 10 centimètres de diamètre et munies d'un cordon assez court pour que la bouée se trouve suffisamment près du fond et réduire ainsi les risques de perte) ou bien de baguettes métalliques (si possible en aluminium) également colorées, enterrées solidement et verticalement dans le substrat meuble, de sorte que la partie colorée dépasse d'au moins 50 cm pour que le plongeur puisse facilement les localiser (**photo 14**).



Phot. 13

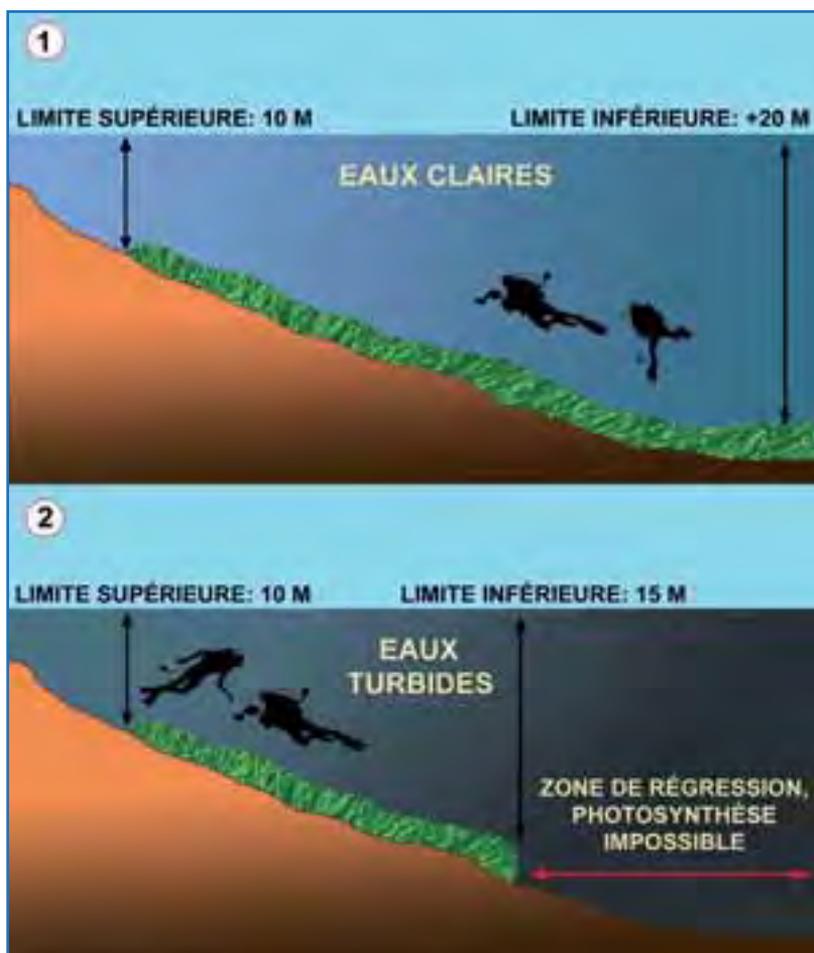


Fig. 8



JCGG

Phot. 14

6

AUTRES

BIOINDICATEURS

D'APPOINT

6.1. Espèces invasives

Les espèces **allochtones** sont des organismes végétaux ou animaux introduits par l'action de l'homme dans des zones situées en dehors de leur aire de répartition naturelle. Ces espèces peuvent se retrouver en concurrence avec les espèces autochtones pour les ressources de la zone (espace, nutriments), voire les déplacer totalement, devenant un agent de changement. Elles sont alors qualifiées d'**espèces invasives**. Le meilleur critère pour distinguer les espèces invasives des autres espèces allochtones, selon Boudouresque et Verlaque (2002), est de prouver leur potentiel invasif dans d'autres parties du monde.

Les principales caractéristiques qui font de ces espèces des organismes particulièrement compétitifs et dont le taux de prolifération peut être très élevé sont les suivantes :

- **Amplitude écologique**: ils colonisent facilement des milieux présentant des caractéristiques très diverses et tolèrent un large registre de conditions environnementales.
- **Haute capacité de multiplication végétative**: ils sont en mesure d'accroître considérablement leur nombre d'individus sans recourir à la reproduction sexuée.
- **Mesures efficaces de défense contre les prédateurs**: ils pré-

sentent des substances ou des structures qui les rendent indigestes ou toxiques en cas d'ingestion.

Les espèces invasives constituent l'une des menaces majeures pour la biodiversité et l'équilibre des écosystèmes autochtones. En effet, déplaçant progressivement les espèces natives avec lesquelles elles sont en concurrence, elles peuvent en venir à transformer radicalement la communauté biologique (Abrams, 1996; Walker et Kendrick, 1998), provoquant de complexes modifications structurelles et fonctionnelles dans ces écosystèmes (Galil, 2007; 2009).

Ces dernières décennies, le nombre d'espèces introduites a notablement augmenté dans le monde entier en raison de facteurs tels que la rupture des frontières naturelles, la culture d'espèces aquatiques, le trafic d'espèces exotiques et, surtout, le développement des transports maritimes internationaux. De nombreuses espèces benthiques sessiles, animales et végétales, provenant d'autres zones géographiques ont été introduites en Méditerranée qui est actuellement la mer comptant le plus d'espèces introduites au monde, avec plus de 700 espèces invasives, dont près de 50 % sont aujourd'hui bien établies (Zenetos *et al.*, 2005).

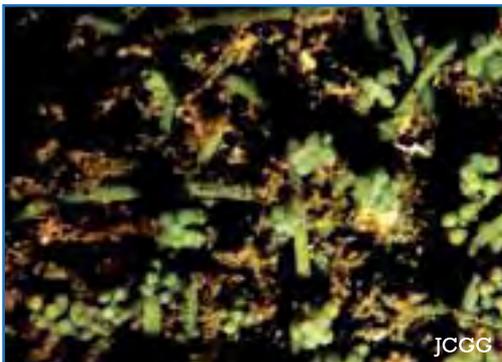
Une fois les espèces invasives établies, leur contrôle et leur éradication sont des processus coûteux

et parfois impossibles. La meilleure option, pour éviter ces problèmes, est la prévention, qui passe par l'identification des envahisseurs potentiels et la limitation de leur implantation. Leur détection précoce peut s'avérer déterminante pour leur éradication et contribuer à éviter leur expansion. Les plongeurs engagés dans le suivi environnemental du milieu littoral doivent donc être dûment formés à la détection de ce type d'espèces.

Nous énumérons ci-dessous les principales espèces invasives sessiles à identifier lors des plongées (Otero *et al.*, 2013) :

Algues

- *Acrothamnion preissii*
- *Asparagopsis armata*
- *Asparagopsis taxiformis*
- *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (photo 15)
- *Caulerpa taxifolia*
- *Codium fragile* sp. *fragile*
- *Lophocladia lallemandii*
- *Styopodium schimperii*
- *Womersleyella setacea*



Phot. 15

Angiospermes

- *Halophila stipulacea*

Cnidaires

- *Oculina patagonica* (photo 16)

Ascidies

- *Herdmania momus*
- *Microcosmus squamiger*

Mollusques

- *Arcuatula (Musculista) senhousia*
- *Brachidontes pharaonis*
- *Chama pacifica*
- *Crassostrea gigas*
- *Limnoperna (Xenostrobus) escurris*
- *Pinctada imbricata radiata*
- *Spondylus spinosus*

Les mollusques *Venerupis (Ruditapes) philippinarum* et *Crepidula fornicata* bien que non sessiles à l'état adulte mais sédentaires stricts, peuvent néanmoins être observés.

Vous pouvez voir des photographies de ces espèces (*Asparagopsis armata*, *A. taxiformis* et *Microcosmus squamiger*, décrites dans le présent



Phot. 16

ouvrage comme espèces tolérantes) sur le site Internet:

<https://portals.iucn.org/library/efiles/edocs/2013-008-Es.pdf>

Nous devons également mentionner l'existence d'espèces allochtones non invasives. En général, elles n'ont aucun impact négatif sur les écosystèmes dans lesquels elles sont introduites, mais elles peuvent néanmoins fournir des informations utiles. Une extension de leur aire de répartition peut ainsi indiquer l'apparition d'éventuels changements dans le système (une augmentation graduelle de la température due au changement climatique planétaire, par exemple) ou encore que l'espèce a été transportée dans un nouveau lieu par l'homme (dans les cales des navires, notamment).

Il est important de déterminer si ces espèces allochtones, invasives ou non, s'introduisent dans des écosystèmes stables et diversifiés, déplaçant une ou plusieurs espèces qui les composent. Le système de suivi par quadrats permanents permet non seulement de détecter ces espèces, mais aussi de quantifier leur présence et leurs éventuels effets néfastes sur d'autres organismes (tel que la réduction de la couverture des espèces les plus sensibles).

En outre (et non seulement lors du processus de suivi et de photographie des quadrats, mais lors de toute plongée), il est également

très important de prêter attention à l'environnement général en vue de contribuer à toute détection précoce de ces espèces allochtones. Ce type d'action peut être mis en œuvre dans le cadre de programmes techniques ou scientifiques déjà en place, ou encore dans le cadre d'initiatives environnementales bénévoles, comme le Réseau de surveillance maritime de la Fédération Espagnole des Activités Subaquatiques (FEDAS): réseau national d'échange d'informations relatives aux espèces invasives, à la pollution, aux déchets ou aux espèces inhabituelles, qui peuvent ainsi être rapidement communiquées à l'administration pour que des mesures soient prises.

6.2. Espèces sensibles vagiles

Indépendamment des espèces cibles sessiles dont la sélection est indispensable pour la bonne application du programme de suivi environnemental proposé ici, plusieurs espèces benthiques non sessiles, qui ne sont pas non plus des espèces cibles, peuvent néanmoins contribuer à confirmer les observations (Cranston *et al.*, 1996; Whitfield et Elliott, 2002; Azzurro *et al.*, 2010; Greenstreet *et al.*, 2012).

Ces espèces se déplacent lentement sur le substrat comme certains échinodermes ou de nombreuses espèces de crustacés et de mollusques de petite taille (parmi ces derniers, des

espèces de nudibranches qui, en dépit de leur petite taille, peuvent être détectés par leurs couleurs vives ou contrastées), ou elles sont très mobiles mais ont des habitudes sédentaires, telles que certaines espèces nectobenthiques ou liées aux fonds marins (*Anthias anthias*, *Apogon imberbis*, *Thalassoma pavo*). Parmi les poissons, la famille des Labridés (dont nombre d'espèces sont présentes dans les eaux européennes) est l'une de celles qui fournissent le plus d'informations environnementales car, en général, ses représentants adultes, qui ont besoin d'eau propre et renouvelée, sont sédentaires et ne se déplacent pas très loin des habitats qu'ils choisissent (García-Gómez., 2007). Nous avons intégré dans ce guide quelques-unes de ces espèces de faune non sessile susceptible d'apporter de précieuses informations, en vue de renforcer le diagnostic environnemental et écologique d'un habitat marin soumis à un programme de suivi écologique.

D'autre part, il existe des espèces sensibles d'intérêt commercial comme certains poissons (mérus, badèches, corbs, etc.) ou crustacés (langoustes, homards), dont l'absence dans les zones où ils abondaient auparavant ne signifie pas forcément qu'ils ont fui en raison d'un changement des conditions environnementales de leur habitat, mais résulte d'une extraction par les pêcheurs de surface ou en plongée, raison pour laquelle **il n'est pas recommandé**

d'intégrer ce type d'animaux aux guides de suivi environnemental visant à contribuer à la détection de changements dans le système **non liés aux captures** (en revanche, les dommages mécaniques provoqués par une mauvaise utilisation des filets et engins de pêche sont pris en compte). Pour l'évaluation de « **l'effet réserve** » dans les zones protégées, le suivi périodique des espèces d'intérêt commercial est en revanche très pertinent (Claudet *et al.*, 2006).

6.3. Espèces sessiles à squelette calcaire fragile

Certaines espèces sessiles à squelette calcaire, sensibles ou tolérantes aux changements, peuvent en raison de la taille et de la fragilité de leurs structures calcaires contribuer au suivi environnemental des impacts mécaniques sur nos fonds marins (Sala *et al.*, 1996; Lloret *et al.*, 2006). Tel est notamment le cas de certains coraux coloniaux (*Dendrophyllia ramea*, *Astroides calycularis*), (**photo 17**), vers polychètes (*Salmacina dysteri*) et bryozoaires (*Pentapora fascialis*, *Myriapora truncata*), (**photo 18**). Leurs formations étant aisément reconnaissables en plongée (dimensions et couleurs vives), et ces colonies étant très vulnérables à l'action abrasive des chaluts, engins et filets de pêche, ancres et coups de palmes de plongeurs inexpéri-

mentés, ces espèces peuvent être surveillées en vue de contrôler leurs pertes ou dommages dans des environnements stables et structurés, qui forment un paysage sous-marin d'une exceptionnelle beauté. Les plongeurs insuffisamment formés à la préservation des fonds marins s'agenouillent fréquemment sur ces derniers (pour prendre des photographies, observer, ou parce qu'ils

ne sont pas lestés de manière appropriée ou ne savent guère utiliser leur gilet stabilisateur). Si les plongeurs observent de tels dommages sur des fonds où les communautés présentent une grande biodiversité et sont très structurées, ils doivent en informer les autorités compétentes. À cet égard, la photographie sous-marine est extrêmement utile pour montrer l'état avant/après.



Phot. 17



Phot. 18

7

CADRE GÉOGRAPHIQUE, ZONAGE ET ÉTAGES BIOLOGIQUES

Cet ouvrage a été conçu afin que l'outil méthodologique qu'il propose soit mis en œuvre pour le suivi des fonds littoraux des aires marines protégées (AMP) dans la **Méditerranée**, y compris le **détroit de Gibraltar et aires limitrophes**, en tenant compte du fait que les espèces indicatrices sensibles intégrées à ce guide ne sont pas réparties de manière homogène et peuvent donc être absentes de nombreuses zones. Ce guide peut être utilisé, en respectant son approche, non seulement dans les aires marines protégées mais aussi tout au long du pourtour du bassin méditerranéen. Les différents pays peuvent contribuer à la mise en œuvre de cet outil en ajoutant ultérieurement d'autres espèces sensibles communes ou abondantes sur leurs propres côtes.

Compte tenu du fait que les organismes du benthos et les espèces cibles que nous devons sélectionner sont liés au substrat rocheux de la frange littorale, nous pouvons dans celle-ci distinguer les zones suivantes: étage **supralittoral** (ou supratidal, environnement le plus élevé qui n'est humecté que par les embruns), étage **médiolittoral** (également nommé **intertidal** ou estran), étage **infralittoral** (ou infratidal, zone immergée qui s'étend de la limite atteinte par la marée à la profondeur maximale à laquelle peuvent se développer les phanérogames marines et les algues photophiles) et étage **circalittoral** (ou sublittoral, qui s'étend de la limite inférieure de l'étage infralittoral à la profondeur

maximale à laquelle peuvent vivre les algues multicellulaires autotrophes capables de supporter une très faible lumière). Les limites bathymétriques entre les étages infralittoral et circalittoral dépendent de la turbidité de l'eau qui conditionne considérablement la pénétration de la lumière et donc la présence des macroalgues et des phanérogames marines. Les communautés benthiques de Méditerranée s'étendent de la zone supralittorale (la plus lumineuse et sèche) à la limite inférieure de la zone circalittorale et de celle-ci aux régions les plus profondes, ombragées et exposées à une pression élevée (la profondeur moyenne, en Méditerranée, est de 1 500 mètres, soit moins de la moitié de la profondeur moyenne des océans, qui est de 3 800 mètres).

Parmi les zones précédemment mentionnées, celle que les plongeurs apprécient et fréquentent le plus est l'étage **infralittoral** et, dans celui-ci, nous avons fixé à **35 mètres** la cote de profondeur maximale d'opération pour la mise en œuvre du protocole de suivi environnemental proposé dans cet ouvrage. Sur les fonds éclairés des niveaux supérieurs, les algues sont dominantes et représentent la majeure partie de la couverture biologique. À mesure que l'on s'enfonce et que la lumière diminue, les algues disparaissent progressivement pour laisser place aux animaux, dont l'abondance et la diversité d'espèces augmente. En conséquence, dans les enclaves

lumineuses aux eaux peu profondes, les formes érigées et massives dominantes sont des algues (**photo 19**), tandis que dans les eaux plus profondes, il s'agit d'éponges ou d'animaux coloniaux (anthozoaires, bryozoaires, ascidies) (**photo 20**), même si dans ce cas, les macroalgues sciaphiles (qui préfèrent les milieux ombragés, peu éclairés) sont souvent bien représentées par des espèces calcaires incrustantes qui cimentent et concrétionnent une grande partie de la structure bioarchitecturale de la communauté.

Pour bien comprendre ce que nous venons d'exposer, classons les **étages**



Phot. 19

biologiques que l'on peut rencontrer en Méditerranée dans les zones bien éclairées où les macroalgues dominent, et les étages dans lesquels nous pouvons trouver des zones de semi-pénombre, très structu-

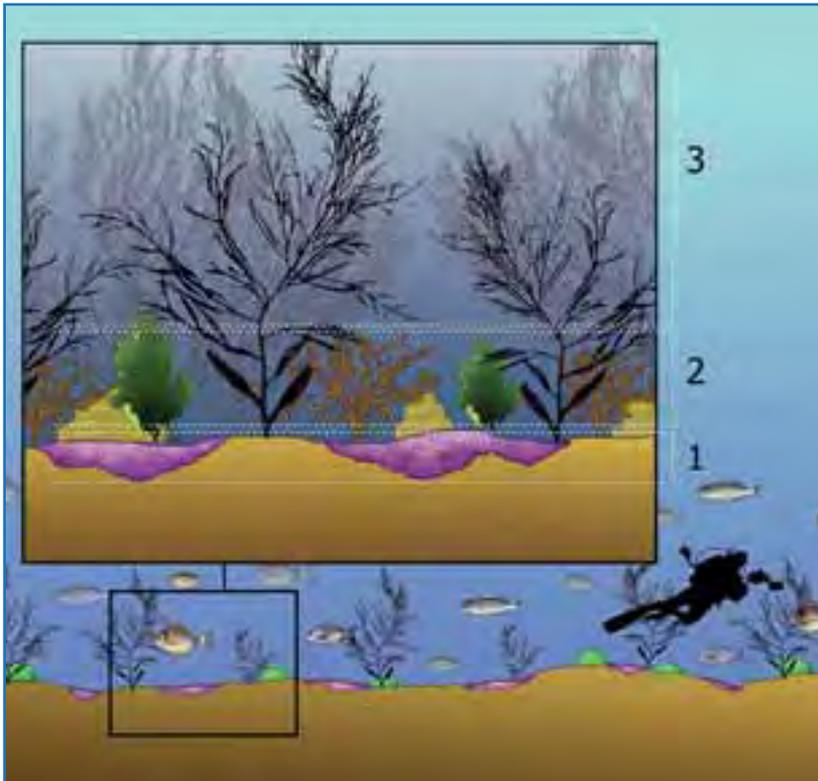


Fig. 9

rées et où les animaux dominant. Dans le premier cas, nous pouvons décrire **trois étages biologiques** (fig. 9) abritant des formes laminaires incrustantes telles que *Lithophyllum incrustans* et *Mesophyllum alternans* (strate 1), massives (*Codium bursa*) et faiblement érigées (*Dictyopteris membranacea*) (strate 2), et érigées (*Cystoseira mediterranea*, *C. usneoides*, *Saccorhiza polyschides*) (strate 3). Précisons que le nombre de strates ou d'étages varie selon les auteurs, et la diversité et les morphotypes d'algues. Nous avons décidé d'établir trois niveaux pour des raisons didactiques et de simplification.

Dans le second cas, concernant les zones où la lumière est très faible et où les animaux dominant, nous pouvons décrire jusqu'à **cinq étages biologiques** (fig. 10, photos 21 et 22) présentant des morphotypes similaires à ceux que nous avons précédemment mentionnés, et nous pouvons rencontrer de fréquentes situations d'épibiose dans des milieux très structurés et compacts où la concurrence pour l'espace est extrêmement rude. La

strate 1 accueille des espèces perforatrices du substrat rocheux telles que le bivalve *Lithophaga lithophaga*. La strate 2, inerte mais d'origine biogénique, se compose de concrétions calcaires d'organismes morts. La strate 3 comprend des organismes incrustants (*Mesophyllum alternans*, *M. expansum*) ou perforants (éponges Clionidae), de forme laminaire ou plutôt massive (nombreuses éponges) et de faible hauteur. La strate 4 abrite essentiellement des éponges massives de plus grande hauteur et envergure (*Sarcotragus spinosulus*, *Crella elegans*, *Spongia officinalis*) ou des coraux massifs (*Astroides calycularis*) ainsi que des espèces coloniales faiblement érigées (*Myriapora truncata*, *Omalosecosa ramulosa*, *Gymnangium montagui*). La strate 5 abrite des espèces largement érigées telles que les gorgones, sur lesquelles nous rencontrons souvent des phénomènes d'épibiose. Aux étages 3, 4 et 5 peuvent également vivre de nombreuses espèces de petite taille, pour des raisons diverses (endobiose, épibiose, abri, alimentation) qui constituent un facteur de diversité.



Phot. 20

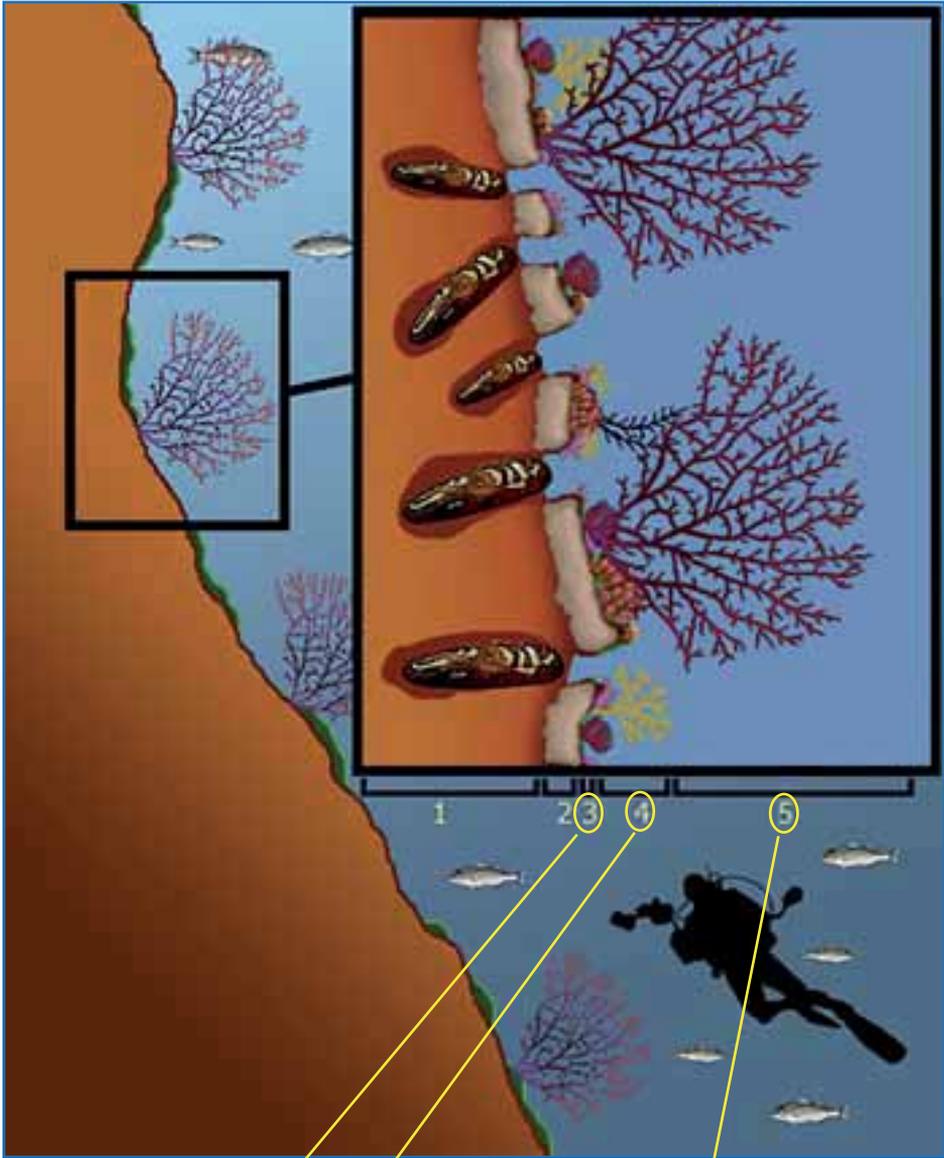
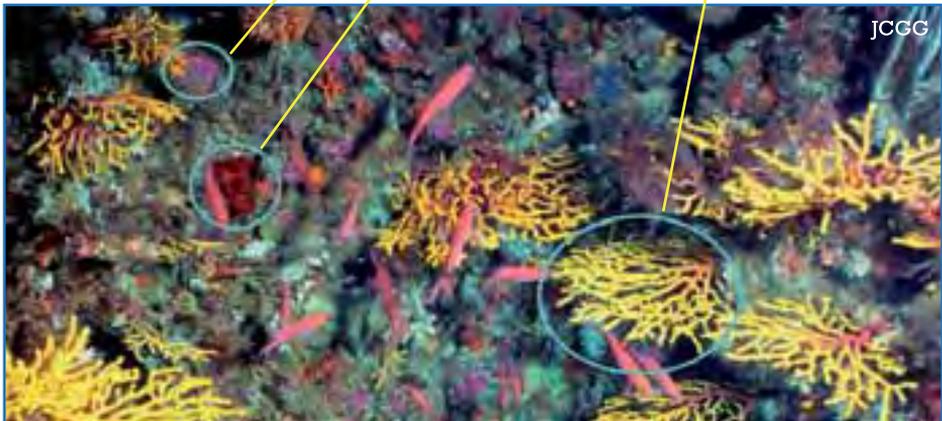


Fig. 10



Phot. 21



JCCG

Phot. 22

8 ÉTAT DES FONDS MARINS ET DU BIOTE INTERTIDAL

Pour information, ce chapitre reproduit intégralement celui d'un ouvrage précédent de l'auteur (García-Gómez, 2007).

8.1. Fonds intacts / fonds perturbés

La comparaison entre un système intact, très structuré et offrant une grande biodiversité (**photo 23**) et un système fortement perturbé (**photo 24**) représente les deux extrêmes du « continuum » du processus de passage progressif du premier au second. Si les deux systèmes représentaient le blanc et le noir, il existerait toute une gamme de gris. Cette « échelle de tons » imaginaire exprime la difficulté à établir un diagnostic environnemental correct dans des situations intermédiaires, ce qui donne une idée de l'extrême complexité de cette question. Il convient de rappeler que non seulement les espèces sont des unités biologiques indépendantes, avec différentes capacités de réponse aux altérations anthropiques, mais que les

individus de chacune d'entre elles le sont aussi (comme pour les humains, qui peuvent avoir une tolérance et un comportement différent face à un même type d'événement perturbant). Par conséquent, la réponse intégrée à un facteur déterminé de perturbation d'un système constitué de nombreuses espèces biologiques (dont notre connaissance est par ailleurs très lacunaire) est difficilement prévisible dans des situations de pollution faible ou modérée. Les éléments perturbateurs pouvant être aussi multiples que les combinaisons de leurs concentrations, leur charge totale et leur prévalence dans le système, la position de ceux qui tentent d'interpréter la santé des écosystèmes côtiers est très frustrante. Bien que la prévention, comme en médecine, soit toujours la meilleure solution, dans le cas qui nous concerne nous devons nous contenter (sans renoncer toutefois aux plus hautes aspirations) d'appliquer une méthodologie simple qui nous permette de détecter les changements négatifs



Phot. 23



Phot. 24

dans les fonds littoraux et les porter à la connaissance des autorités compétentes afin d'en atténuer ou d'en inverser les effets.

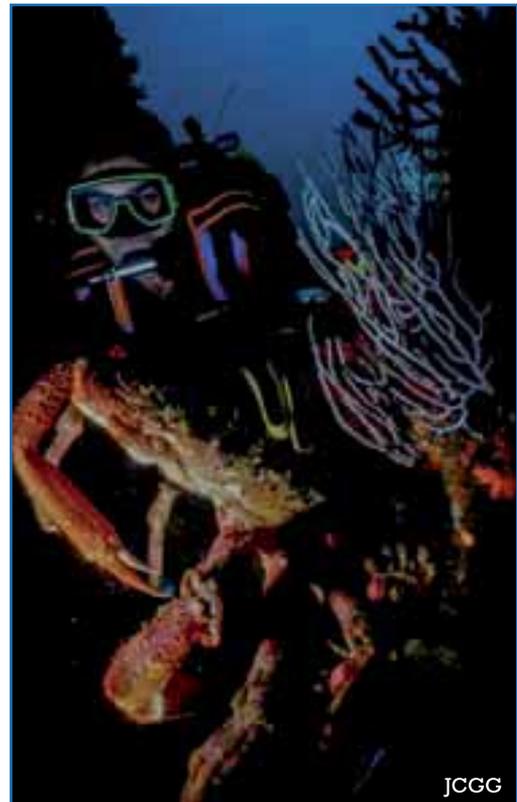
La **photographie 23** (comme la **photo 25**) révèle un degré élevé d'organisation et d'équilibre des communautés benthiques, avec des espèces sessiles (fixées au substrat) de différentes tailles et formes, qui constituent le support bioarchitectural du système (algues calcaires, coraux, bryozoaires, éponges, ascidies), offrant à la fois abri et nourriture à de nombreuses espèces, notamment les poissons sensibles à la qualité de l'eau (*Anthias anthias*), tandis que la **photographie 24** montre un paysage sous-marin quasiment désertique dans lequel la diversité benthique s'est effondrée et où la sensation de désolation est absolue.

La **figure 11** contribue à expliquer en quatre étapes comment peut se produire une dégradation progressive de l'écosystème benthique, en partant d'un milieu offrant une grande diversité et complexité structurelle des communautés (**A**), à un milieu où celle-ci s'effondre, avec une invasion généralisée d'algues opportunistes (tache verdâtre sur l'image) associée à des processus de pollution impliquant un fort apport de nutriments (**D**). En **B**, aucune perte des effectifs ne survient encore, mais ces derniers montrent des signes morphologiques de stress (zones nécrosées, changement de ton,

blanchissement anormal, modification des formes, etc.); on peut également observer de faibles ou importants recouvrements d'algues généralistes (taches verdâtres sur l'image). En **C**, on observe une aggravation de la situation avec perte mesurable des effectifs et augmentation de la présence d'algues opportunistes (taches verdâtres sur l'image).

8.2. Fonds intacts et leur identification

Aucune forme du vivant n'est stable dans le temps, et nous devons



Phot. 25

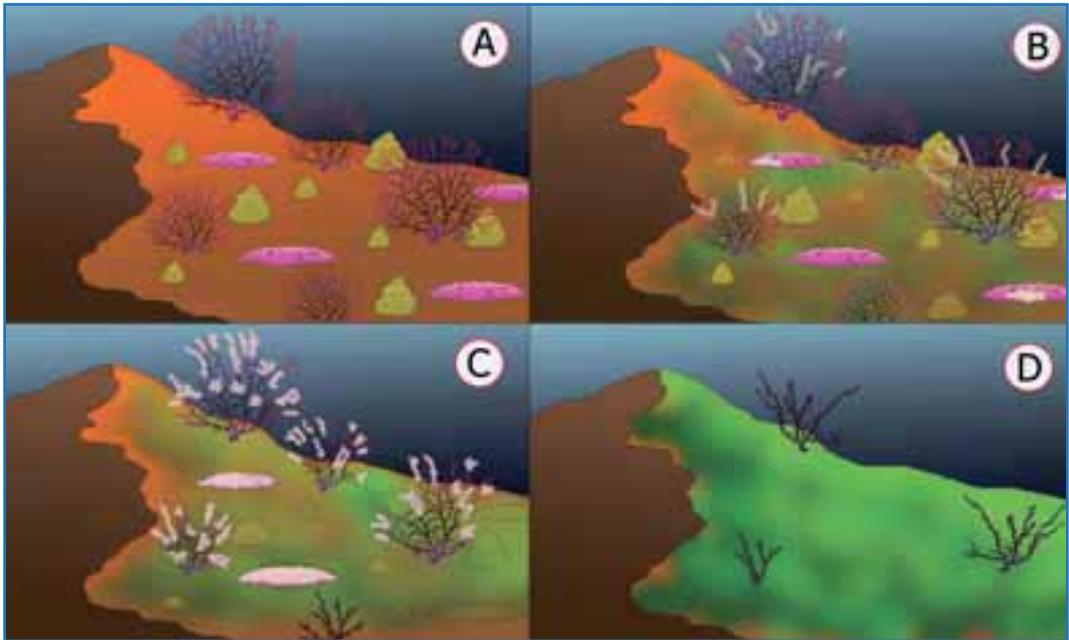


Fig. 11

convenir que la nature est toujours soumise aux aléas de multiples altérations à divers degrés. Les lignes rouges marquant le passage d'altérations supportables par la structure du système et le biote qui le constitue, à un stress environnemental provoquant une tension fonctionnelle dans le biote (individus, populations et communautés) susceptible d'entraîner une mortalité massive qui aboutit à un impact environnemental mesurable, sont réellement subjectives et dépendent dans une large mesure de l'opinion des experts. Par conséquent, pour nous référer à des situations de stress environnemental (d'origine naturelle ou anthropique) provoquées par l'homme et qui, en définitive, constituent un type d'altération parmi nombre d'autres,

nous préférons utiliser les termes **perturbés** et **intacts** car, dans la pratique, ils sont plus simples et décrivent mieux le degré de conservation, de santé environnementale, d'équilibre ou de déséquilibre de nos fonds littoraux.

Il ne faut pas confondre des expressions telles que « haute qualité environnementale des fonds » d'une zone littorale et « haute valeur écologique des fonds » car la qualité environnementale peut être élevée (eaux renouvelées et non polluées) et la valeur écologique faible (peu de diversité, présence d'espèces généralistes, absence d'espèces protégées, etc.). Une zone de brisants, sur une ligne côtière continuellement battue par les

vagues, par exemple, peut être de haute qualité environnementale (ses eaux sont propres et non polluées) mais de faible valeur écologique car on n'y trouve que peu d'espèces et une très faible structuration de l'écosystème en raison de l'impact mécanique permanent des vagues et de l'intense mouvement qui en résulte sous la surface. En revanche, une zone à « haute valeur écologique » en bon état de conservation est, par extension, à « haute qualité environnementale » (excepté si un facteur polluant non détecté dans la structure et la composition de la communauté a été introduit). En outre, qualité environnementale « élevée » ne va pas forcément de pair avec pureté et transparence des eaux qui peuvent être chroniquement troubles et mériter ce qualificatif (eaux non polluées et continuellement renouvelées des estuaires à fort débit, par exemple). Ces termes doivent donc être utilisés avec prudence et contextualisés pour chaque domaine, car les messages qui peuvent découler de l'utilisation de certains mots ou expressions mal choisis ou sortis de leur contexte peuvent donner lieu à des interprétations erronées.

Notons cependant que, dans la pratique, la notion de « valeur écologique » est fondamentalement subjective et peut avoir des connotations qualitatives et pas nécessairement quantitatives. Une zone de

faible diversité et de peu d'intérêt esthétique, par exemple, peut être classée comme zone « à haute valeur écologique » pour sa singularité ou parce qu'elle abrite des populations stables d'une espèce « en danger d'extinction ». Tel est le cas, en Méditerranée occidentale, de la patelle ferrugineuse (*Patella ferruginea*), indicatrice d'eaux propres et renouvelées (voir description de l'espèce dans le guide), mais qui peut vivre dans la zone intertidale de zones côtières où l'on n'observe quasiment aucun système structuré et où le nombre d'espèces accompagnantes est très réduit. Son habitat possède pour cette unique raison une indubitable valeur écologique, car il est « écologiquement fondamental » pour la survie de l'espèce.

Dans nos eaux littorales, un niveau de transparence habituel diminuant avec le temps, révélant une augmentation lente mais progressive de la turbidité, peut être le signe de l'intrusion dans le système d'éléments étrangers qui abaissent la qualité de l'eau (nouvel effluent d'eaux usées à proximité, par exemple). L'inverse peut signifier une amélioration du système.

Nous pouvons voir sur les photographies 26 à 35 différents types de fonds non perturbés, de haute qualité environnementale et différente valeur écologique. Il suffit d'observer le biote pour distinguer les fonds qui semblent



Phot. 26



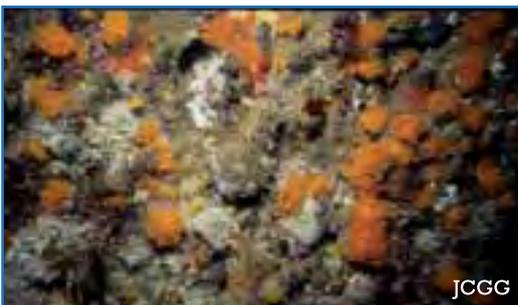
Phot. 27



Phot. 28



Phot. 29



Phot. 30



Phot. 31



Phot. 32



Phot. 33

les mieux structurés et offrent le plus de biodiversité (**photos 30-35**) de ceux qui le sont moins (**photos 26-29**). Dans la zone de plongée habituelle (situons la fourchette entre 0 et 40 mètres de profondeur), les communautés deviennent plus

organisées, structurées et riches en espèces à mesure que la profondeur augmente, aussi, bien que la qualité de l'eau soit identique de 0 à 40 mètres, la diversité et la valeur écologique (complexité structurelle et richesse des espèces) de ce que le plongeur observe augmentent avec la profondeur.



Phot. 34



Phot. 35

Il peut donc exister sur des fonds non perturbés une faible structuration spatiale et un nombre peu élevé d'espèces, mais le contraire peut se produire. L'un des critères permettant de reconnaître de tels fonds est que plus on se rapproche de la surface, plus le système est dynamique et instable, et moins ses

communautés sont structurées et les espèces nombreuses. La situation est inversée dans les fonds (comme nous le verrons en détail plus loin) où il est relativement facile de distinguer les fonds non perturbés de ceux qui le sont. La raison en est que les fonds abritant de nombreuses espèces et présentant une forte hétérogénéité spatiale du biote fixé au substrat ne souffrent pas, en général, de graves perturbations, alors que les fonds perturbés ne présentent jamais un tel degré de diversité et d'organisation. Pour établir un diagnostic plus précis, il convient d'observer les fonds de faible profondeur dont la biodiversité peu élevée et le faible degré d'organisation structurelle peuvent généralement être attribués non à l'instabilité naturelle du système (qui est aussi, d'une certaine manière, un type d'altération provoquant un stress, comme les tempêtes hivernales) mais à un facteur de perturbation d'origine anthropique (une pollution organique, par exemple). Si l'on observe une faible biodiversité et variété de formes non accompagnée d'une abondance excessive de certaines espèces fixées au substrat, on peut raisonnablement en déduire que la qualité des eaux est bonne et que rien ne laisse supposer que les fonds sont perturbés.

Tel est le cas de certains fonds de la zone subtidale de faible profondeur, où l'eau peut être d'une excellente qualité environnementale, mais où

l'on peut avoir une sensation déconcertante de pauvreté de la faune et de la flore découlant essentiellement de la présence d'algues calcaires du genre *Lithothamne*, de certaines espèces d'éponges (dans les zones ombragées) et d'oursins, entre autres organismes (**photos 26, 27 et 29**). Nos doutes doivent se dissiper si l'on observe en outre l'absence d'algues généralistes (fréquemment associées à des épisodes ponctuels ou chroniques de pollution) et de vers tubicoles, d'ascidies solitaires et autres organismes dont le nombre explose en présence de nutriments ou de matière organique en suspension dans l'eau, déplaçant d'autres espèces du système incapables de rivaliser ou qui simplement ne s'adaptent pas au nouvel état de qualité des eaux (voir **chapitre 8.3**). Les « forêts » de *Cystoseira usneoides* (**photo 28**) des eaux peu profondes de la mer d'Alboran, où la diversité des espèces semble faible et le paysage monotone, constitue un autre exemple de ce phénomène; l'observateur inexpérimenté pourrait associer cette abondance à des processus d'eutrophisation, confondant cette espèce avec une algue généraliste. L'abondance naturelle de cette espèce, très compétitive dans son habitat, indique au contraire que l'eau est propre, renouvelée et non polluée, car elle est l'une des espèces les plus sensibles à la dégradation de la qualité du milieu.

Nous pouvons déduire de tout ceci que l'essentiel, pour collaborer au suivi de notre littoral, est de savoir choisir le lieu à observer pouvant apporter le plus d'informations faciles à interpréter et susceptibles d'être suivies dans le temps. Pour éviter qu'un fond au paysage monotone, abritant peu d'espèces observables, ne soit erronément qualifié de perturbé, il est conseillé de se concentrer sur l'intervalle 20-35 mètres (précisément celui que la plupart des plongeurs préfèrent !) où, généralement, du moins dans les zones verticales ombragées, sont implantées des communautés complexes présentant une grande biodiversité. Cela se confirme si, parmi l'ensemble des espèces fixées à la paroi, certaines sont de type **laminaire** (elles tendent à se développer sur un plan) mais, surtout, si l'on observe des espèces **massives** et **dressées** (qui se développent dans les trois dimensions, tirant le meilleur parti des possibilités offertes par le système en termes d'espace). Ces trois types morphologiques créent sur le substrat un microcosme de concrétions biologiques (plus ou moins fortement cimenté) offrant de nombreux interstices, cavités et replis qui abritent de très nombreuses espèces de petite taille que le plongeur ne voit pas. La beauté du paysage sous-marin ne réside pas uniquement dans l'architecture complexe des jardins que ces espèces constituent, mais aussi dans leurs couleurs vives et variées (que

l'on ne peut voir, dans cet intervalle de profondeur, qu'au moyen d'une lampe ou d'un projecteur). De plus, à l'exception des algues calcaires (lithothamnes) et autres macroalgues sciaphiles, la plupart des espèces fixées au substrat visibles in situ par les plongeurs sont des animaux invertébrés, généralement coloniaux, offrant une riche palette de couleurs. Ces systèmes, très structurés et d'une grande biodiversité, sont très sensibles et vulnérables aux perturbations d'origine humaine. Si l'un de ces systèmes se trouve dans une zone de plongée habituelle, et si les plongeurs le considèrent menacé par diverses circonstances, il est particulièrement approprié pour le suivi de nos fonds littoraux.

8.3. Fonds perturbés et leur identification

Des méthodes indirectes permettraient bien sûr de diagnostiquer en laboratoire des perturbations du milieu marin à travers le biote que l'on ne voit pas en plongée (en raison de sa petite taille ou parce que les organismes sont cachés), de même que l'analyse physique, chimique ou microbiologique de l'eau, des sédiments et des organismes. Mais cela sort du cadre de cet ouvrage conçu pour contribuer à la détection de perturbations à travers l'observation à l'œil nu de la faune et de la flore in situ, sans prélèvements susceptibles d'endommager l'écosystème. Il va sans dire que la détection

de perturbations selon la méthode présentée ici ne signifie pas qu'il n'existe pas d'autres perturbations dont les « **effets soient invisibles** » et qui ne peuvent être diagnostiquées qu'au moyen de méthodes indirectes telles que celle que nous venons de mentionner. Cet ouvrage est donc axé sur le suivi du milieu littoral bien conservé et exempt de polluants, de manière à établir un **état zéro ou initial** à partir duquel il soit possible d'identifier avec le temps des perturbations dont « **les effets soient visibles** ». En comparant l'avant (état zéro) et l'après, il est possible de déterminer de manière fiable si les communautés suivies conservent leur équilibre et si tel n'est pas le cas, le type de changement constaté permettra d'établir un diagnostic environnemental de la situation. D'autre part, si l'on constate qu'une altération importante du système est survenue ou est en train de se produire, il reste à trouver la relation de cause à effet. Il incombe aux autorités compétentes de valider ce constat, d'en identifier la cause et de prendre les mesures opportunes pour y remédier.

Ce point étant précisé, compte tenu du fait qu'il est préférable de choisir comme point de départ des fonds riches, colorés et d'une grande biodiversité, (voir **chapitre 8.2**), il sera relativement facile de reconnaître une perturbation qui peut se traduire par la disparition totale d'espèces sensibles ou de leur couverture, le remplacement

d'espèces par d'autres ou, plus rarement, l'intrusion d'une nouvelle espèce inattendue (espèce invasive).

Il est difficile à un observateur de reconnaître des fonds perturbés sans référence à un état antérieur. S'il peut tenter d'imaginer comment étaient les fonds « avant », dans une intention louable mais non recommandée (car elle relève de la pure conjecture), il doit au moins essayer de déterminer, véritable défi, s'il y a ou non perturbation, à partir de ce qu'il peut observer. L'inexistence ou la très faible présence d'organismes vivants est une piste évidente (**photo 36**), tandis qu'une présence modérée ne l'est pas forcément. Et dans les situations intermédiaires la confusion peut être totale. Si le problème est extrêmement complexe et multifactoriel, cela n'empêche pas d'essayer de découvrir ce qui a vraiment pu se produire. Certains exemples présentés ci-dessous peuvent éclairer cette question et contribuer à nous guider pour



Phot. 36



Phot. 37

établir le diagnostic correct d'une série de perturbations susceptibles de survenir dans des sites où l'on ne s'y attend pas.

Nous avons précédemment signalé qu'une faible diversité et structuration spatiale des communautés benthiques n'est pas obligatoirement le signe d'une faible qualité environnementale des eaux du milieu dans lequel elles vivent. Si en outre nous observons une faible quantité d'organismes suspensivores, habituellement liés à la présence de matière organique dans la colonne d'eau,



Phot. 38

nous avons toutes les chances de ne pas nous tromper en affirmant qu'en dépit de la pénurie d'espèces, la qualité environnementale des eaux est bonne, voire excellente. Comme nous l'avons indiqué dans le **chapitre 8.2**, cela peut se produire à faible profondeur, s'il existe des blocs rocheux à peine recouverts d'organismes, à l'exception d'algues calcaires lithothamnes (qui confèrent aux rochers dans lesquels elles s'incrusteront ou qu'elles tapissent une couleur rose ou violacée), nettement dominantes, des oursins en abondance (ils se nourrissent de ces



Phot. 39

algues) et quelques autres espèces. Le paysage présente une coloration monotone qui peut induire en erreur, mais cette impression se dissipe si dans les zones éclairées et sur les parois verticales il n'existe pas d'organismes filtreurs habituellement associés à une charge organique et un taux de sédimentation élevés (certaines espèces de vers polychètes, ascidies solitaires, holothuries dendrochirotes) ou s'ils sont peu abondants.

En revanche, si ces organismes suspensivores (généralement blanchâtres, jaunâtres, bruns, rarement de couleur vive) sont abondants et le nombre d'espèces observé peu élevé, cela peut indiquer une mauvaise qualité environnementale (**photos 37-41**). Les eaux sont alors troubles, le taux de sédimentation élevé et si l'on mesure la matière



Phot. 40

organique présente dans l'eau et les sédiments, elle peut être assez élevée. La **photographie 38** illustre cette situation, où l'on observe une forte présence d'ascidies solitaires, recouvertes d'algues généralistes. La **photographie 37** montre également une situation de faible ou médiocre qualité environnementale qui se traduit par la présence massive de vers tubicoles filtreurs (tubes blanchâtres sur la photographie). La **photographie 40** montre un excès de sédimentation provenant du débordement des godets d'une drague lors du processus d'extraction d'agrégats (sable ou gravier).

Pour résumer, lorsque l'on observe une faible diversité d'organismes, il convient de vérifier s'il y a également abondance de macroalgues généralistes (vertes et rouges), ascidies solitaires, polychètes filtreurs, voire

de tous ces organismes et si tel est le cas, il est très probable que les fonds souffrent d'une perturbation dont l'étendue réelle dépasse notre capacité diagnostique. Dans ce type de situation, les couleurs des ouvertures biologiques sont ternes (blanchâtres, verdâtres, brunes) contrairement aux couleurs vives et variées du biote qui caractérise les fonds bien préservés, d'une grande richesse biologique.

8.4. Enclaves verticales et horizontales

Les fonds rocheux sont, en raison de la stabilité du substrat et de l'hétérogénéité spatiale qu'ils offrent, ceux qui abritent la plus grande diversité d'organismes identifiables en plongée, en particulier les organismes indicateurs fixés au substrat, qui sont ceux auxquels les plongeurs doivent prêter attention s'ils souhaitent collaborer au suivi

environnemental des fonds littoraux.

Si la morphologie des formations rocheuses immergées est intrinsèquement irrégulière, nous pouvons essentiellement les différencier entre enclaves verticales et horizontales, ou similaires à ces dernières par leur disposition et leur inclinaison. Les enclaves verticales sont généralement ombragées, d'autant plus que l'on approche du fond, et tout spécialement dans les grottes. Les enclaves horizontales ou présentant une faible pente sont généralement éclairées, mais la lumière baisse proportionnellement à la profondeur; le plafond des grottes, la partie inférieure des pierres (enclaves lapidicoles) et les enclaves situées entre de grandes parois sont bien sûr ombragées.

Les **enclaves horizontales**, recevant plus de lumière, présentent généralement une couverture de macroalgues plus importante et



Phot. 41

moins d'animaux invertébrés que les enclaves verticales, ce que nous devons prendre en compte si notre capacité de manœuvre est limitée et si nous décidons de choisir l'un ou l'autre type d'organismes pour mettre en œuvre notre programme de suivi environnemental. À une certaine profondeur (et l'on ne peut établir de cote à l'avance car des facteurs locaux tels que la turbidité conditionnent fortement le zonage bathymétrique des organismes benthiques, même si cette cote peut être fixée à 15-20 mètres, en général, dans le sud de la péninsule Ibérique) où la lumière est filtrée, macroalgues et animaux invertébrés sensibles aux perturbations peuvent coexister dans ces enclaves, nous pouvons donc effectuer le suivi des deux types d'organismes sur une même surface rocheuse horizontale ou à faible pente. Ce type d'enclave est plus vulnérable à la sédimentation d'origine naturelle (tempêtes et dynamique littorale) et anthropique (sédiments fins provenant de différentes sources, par exemple de la surverse des dragues à suction – **photo 42** – lors des processus d'extraction d'agrégats dans la mer; la



Phot. 42

surverse est le rejet par les dragues des éléments fins issus du pompage par débordement du puits, qui peut provoquer d'importants panaches turbides dans la colonne d'eau, qui se déposent progressivement sur les fonds marins et affectent directement les communautés vivant sur les rochers immergés). Le biote qui les recouvre est donc plus sensible à ce type de perturbations que le biote fixé sur les enclaves verticales (**photos 43 et 44**). Les **photographies 45-46 et 47-48** illustrent l'avant/après dans une même zone, après dépôt de sédiments provenant de la surverse d'un dragage.

Les **enclaves verticales** sont généralement plus riches en espèces et biologiquement plus structurées que les enclaves horizontales, elles sont par conséquent plus fragiles et sensibles que ces dernières aux processus généraux de perturbation entraînant une perte progressive de biodiversité. Par exemple si une sédimentation anormale due à des dragages intempestifs de courte ou moyenne durée peut provoquer une importante perturbation dans les enclaves horizontales (moins organisées et présentant une moindre diversité) mais une faible perturbation dans les enclaves verticales (les zones offrant le plus de complexité structurelle et de richesse biologique étant les plus affectées), lors d'un lent mais inexorable processus de pollution par rejet d'eaux usées à moyen ou long terme, les consé-



Phot. 43

quences peuvent être pires dans les enclaves verticales, avec une perte massive et irréversible de la structuration et du nombre d'espèces, les pertes étant également importantes dans les enclaves horizontales. La **photographie 49** montre un épisode de perturbation directe



Phot. 45



Phot. 44

(excès de sédimentation) dans des enclaves verticales, sur des colonies de l'anthozoaire *Astroïdes calycularis* et de l'ascidie coloniale *Stolonica socialis*, impact que l'on peut également observer pour ce type d'enclaves sur les **photographies 46 et 48**.



Phot. 46



Phot. 47



Phot. 48



Phot. 49

8.5. Enclaves lapidicoles et conséquences de leur retournement

Les enclaves lapidicoles sont les zones situées sous les pierres et les rochers de la zone littorale, non fixés sur le substrat, et susceptibles d'être colonisées par le biote marin. Si l'on retourne une pierre et que l'on observe sa partie inférieure, nous voyons une **enclave lapidicole**.

Ce type d'enclave peut fournir d'importantes informations environnementales que nous ne devons pas négliger. Nous devons toutefois émettre quelques recommandations pour éviter de commettre des erreurs qui pourraient avoir un coût écologique indésirable. Comme le montrent les illustrations suivantes (figs. 12 et 13), une pierre détachée, dans le milieu littoral (inter ou subtidal) possède une zone éclairée (la partie supérieure) et une zone ombragée (la partie inférieure), cette dernière constituant l'enclave

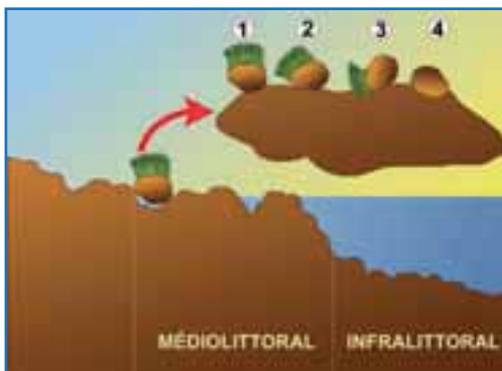


Fig. 12

lapidicole. Sur la première, s'implantent en général des macroalgues, et la seconde abrite des animaux. Il s'agit donc de deux systèmes complètement différents qui, si on les retourne, provoquera la disparition des espèces qui les constituent. Les pierres gisant sur des fonds meubles et partiellement enterrées ne recèlent pas d'infor-

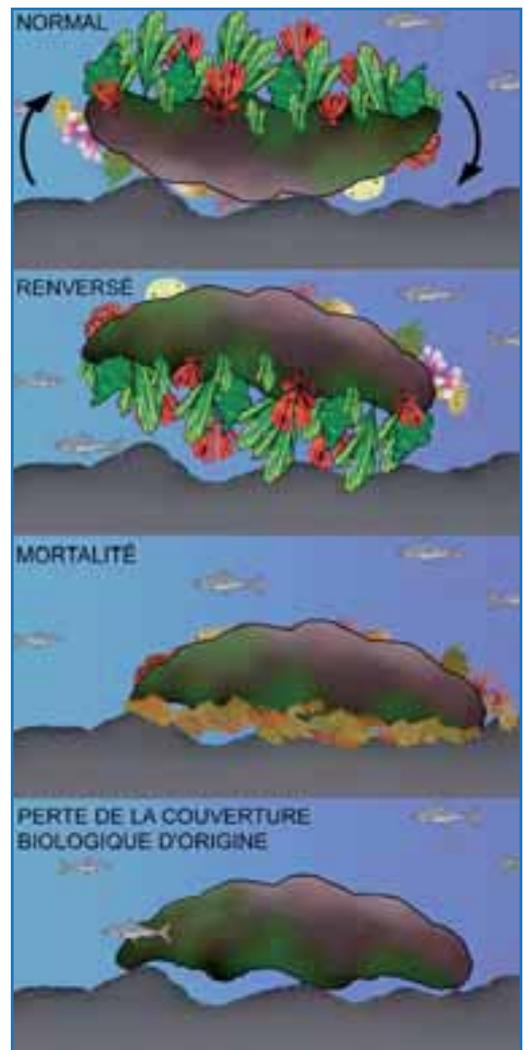


Fig. 13

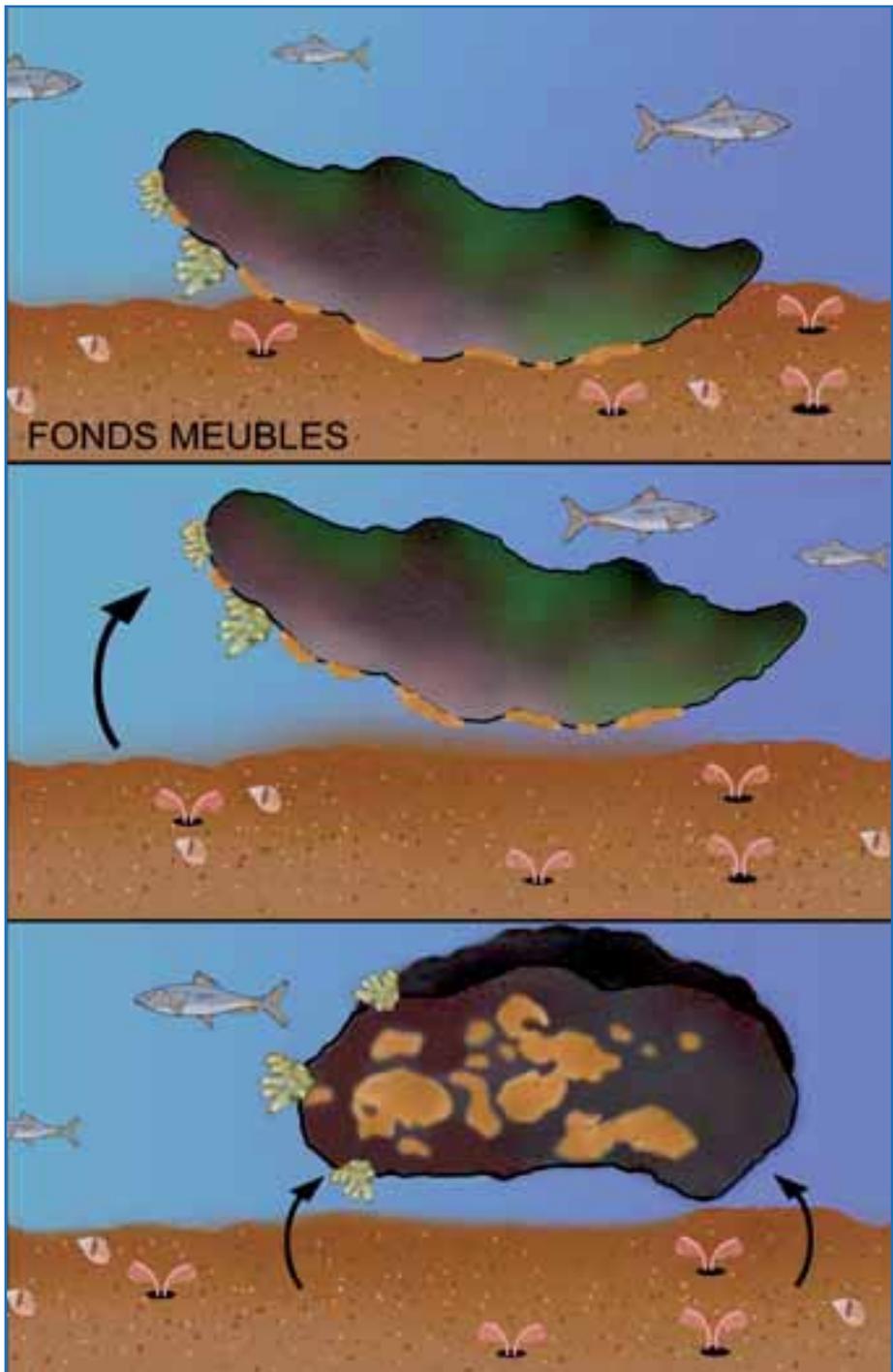


Fig. 14

mations environnementales pertinentes pour notre propos (**fig. 14**), nous ne devons pas les retourner car cette action sera non seulement inutile, mais provoquera une mise en suspension massive de sédiments risquant d'affecter le biote de toute la zone.

Il vaut donc mieux s'abstenir de retourner les pierres de la zone intertidale par curiosité ou pour capturer des spécimens (de vers pour la pêche, par exemple) et, le cas échéant, il faut veiller à les replacer soigneusement dans leur position d'origine afin de réduire les dommages éventuels. Ces recommandations s'étendent évidemment aux pierres détachées de la zone infralittorale où elles sont en permanence submergées. En ce qui concerne les fonds subtidaux si, pour des raisons justifiées (pour obtenir des informations supplémentaires sur l'état des eaux littorales, par exemple) le plongeur choisit des blocs détachés relativement faciles à retourner en plongée, le retournement ne doit pas dépasser 90° (la pierre doit être soutenue par le plongeur ou un aide) et non 180° (cela provoquerait l'inversion totale des surfaces et écraserait le macrobiote implanté dans la zone éclairée, comme le montrent très bien les **figures 12 et 13**. Après observation et prise de photographies, les blocs doivent être replacés aussi précisément que possible dans leur position d'origine.

8.6. Enclaves lapidicoles intactes et perturbées

Outre les perturbations provoquées par le retournement mécanique des blocs (expliquées au **chapitre 8.5**) les communautés implantées dans les enclaves lapidicoles, en particulier sous les blocs immergés à une certaine profondeur où le mouvement des agrégats dû aux tempêtes n'a quasiment aucun impact (à partir de 15 mètres environ) et où le milieu physique est plus stable, peuvent fournir d'importantes informations pour évaluer l'état de santé environnementale de nos côtes et surveiller son évolution future.

Les enclaves lapidicoles, sortes de plafonds colonisés très proches du substrat sous-jacent, n'offrent pas beaucoup de possibilités, faute d'espace, pour une croissance en hauteur (vers le bas, en l'occurrence), de sorte que leur biote ne peut se structurer spatialement que si les blocs détachés reposent sur d'autres pierres, ménageant à la faune sessile un espace pour se développer et donc, lui offrant des possibilités de croissance verticale. Ces enclaves abritent de nombreux organismes pouvant fournir de précieuses informations environnementales, en particulier parce qu'ils ne subissent généralement pas les effets néfastes de la sédimentation (excepté

lorsque les blocs rocheux en viennent à être presque entièrement enterrés), les organismes qui y vivent constituent donc un fidèle reflet des caractéristiques physiques et chimiques de la colonne d'eau et de ce qu'elle leur apporte (plus ou moins grande quantité de plancton, matière organique en suspension, polluants, par exemple).

Lorsque ces enclaves, sur fonds stabilisés de 20 à 30 mètres, sont soumises au flux d'eaux propres et renouvelées (intactes), leur biote présente habituellement une grande variété de formes et d'espèces aux couleurs vives (**fig. 15 et photo 51**), comprenant des organismes sensibles à la baisse de qualité de l'eau tels que les

comatules (Crinoïdes de l'espèce *Antedon mediterranea*) (**photo 50**). On peut observer, si l'on retourne les pierres à 90°, de petites surfaces occupées par des espèces très colorées. Dans les fonds perturbés par excès de sédimentation ou de charge organique dans la colonne d'eau (généralement troubles), nous observons des espèces généralistes ou ubiquitaires qui se nourrissent essentiellement de matière organique en suspension et déplacent les autres espèces du système par leur croissance et leur abondance. Il en résulte que ces enclaves présentent une très faible variété d'espèces très abondantes, et que l'absence de ces espèces particulières sont indicatrices d'eaux propres (**fig. 16 et photo 52**).



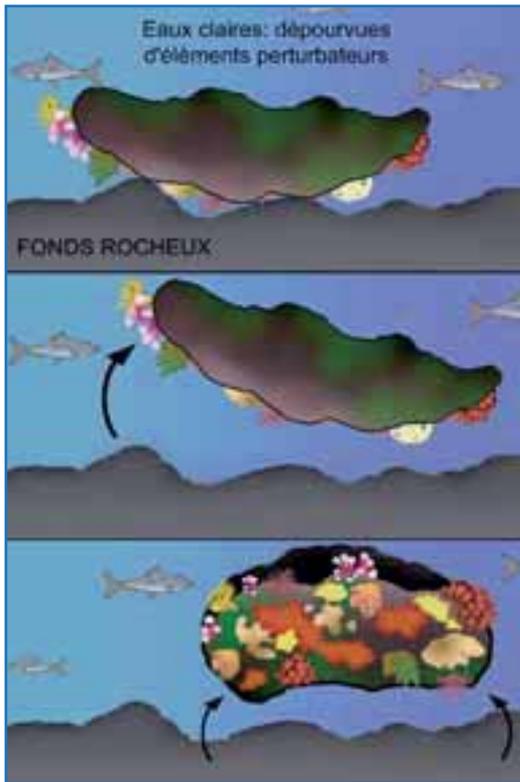


Fig. 15

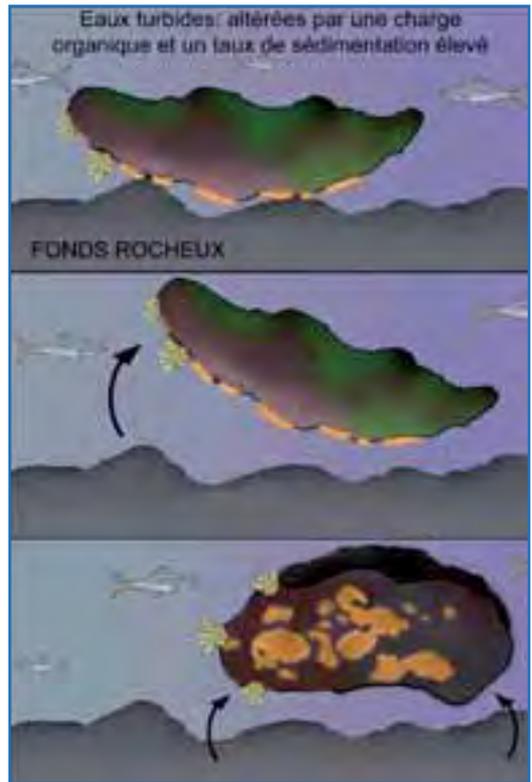
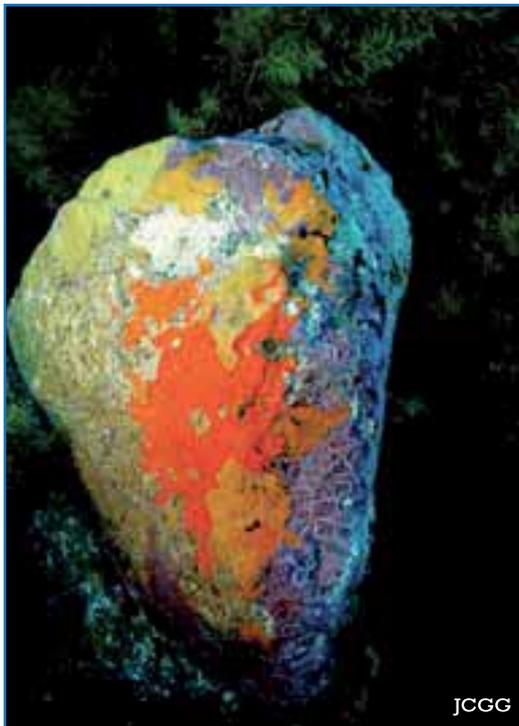


fig. 16.



Phot. 51



Phot. 52

8.7. Grottes marines entièrement ou partiellement submergées

La directive 92/43/ CEE du Conseil inscrit les « grottes marines submergées et semi-submergées » comme un habitat à protéger, dans l'Annexe I (« Les habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite l'affectation de zones spéciales de conservation »), d'où l'importance particulière accordée à ce milieu dans le présent ouvrage. Les grottes sont des lieux où la lumière décroît progressivement à mesure que l'on s'enfonce à l'intérieur, créant des gradients de distribution de la faune et de la flore. À partir du point où la lumière est totalement insuffisante pour toute photosynthèse, la flore sciaphile (qui préfère les zones ombragées) disparaît et les parois sont tapissées d'animaux invertébrés (éponges, anthozoaires, bryozoaires, etc.) qui finissent à leur tour par disparaître lorsque les conditions deviennent trop défavorables. Nous atteignons alors la zone finale du gradient où ne survivent que des organismes hautement spécialisés.

Les grottes partiellement submergées ont une grande valeur écologique, bien que moindre que celle des grottes entièrement submergées, notamment parce que ces dernières, du moins à proximité de leur entrée,

abritent des communautés dont la structuration est plus complexe et le nombre d'espèce supérieur. Peu éclairée, la zone intertidale des premières abrite des espèces subtidales protégées telles que *Astroides calycularis* et *Dendropoma petraeum*, ce qui contribue à accroître la fragilité environnementale de ce type d'habitat, en particulier face à de nouvelles menaces (nappes d'hydrocarbures, par exemple). Il est possible de trouver occasionnellement dans les grottes submergées une faune sessile des profondeurs (qui vit fixée au substrat en phase adulte) car le niveau d'obscurité, dans certaines parties de ces grottes, correspond à celui des grandes profondeurs. Si les larves des espèces des profondeurs portées par les courants remontent dans les eaux de surface et parviennent dans ce type d'enclave, l'obscurité des grottes peut favoriser leur fixation et leur métamorphose sur les parois, et certaines larves peuvent atteindre la phase adulte. Ce phénomène a récemment été observé avec des éponges des profondeurs, non suspensivores, mais carnivores.

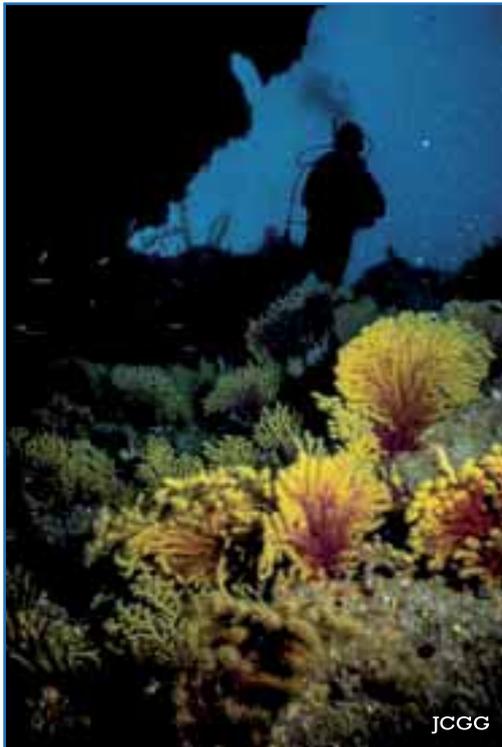
Les grottes submergées, très recherchées pour les circuits d'écotourisme sous-marin, sont spécialement menacées, surtout l'entrée où les plongeurs provoquent des dommages perceptibles sur les fragiles structures calcaires de nombreux organismes sessiles (**photo 53**), notamment ceux qui



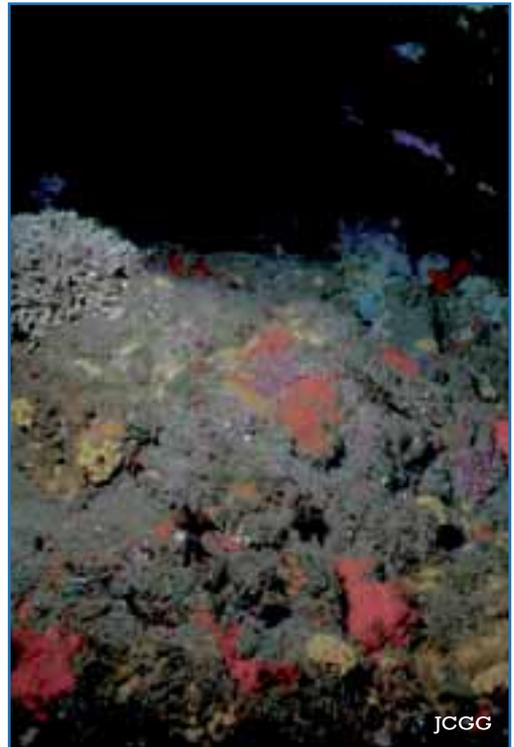
Phot. 53



Phot. 55



Phot. 54



Phot. 56

possèdent un squelette corné, comme les gorgones de la **photographie 54** (*Paramuricea clavata*, entrée de la grotte), sensibles à l'action abrasive de groupes de plongeurs qui visitent souvent ce type d'enclave. En outre, le plafond des grottes est extrêmement vulnérable à la présence des plongeurs

car si les bulles d'air ne peuvent s'échapper de la grotte, elles restent prisonnières, formant des poches d'air, provoquant la mort des espèces recouvrantes qui, et cela semble surréaliste, sont alors émergées sous l'eau et ne peuvent survivre. Les **photographies 55 et 56** montrent respectivement un plafond

et un sol de grotte dans la zone intérieure proche de l'entrée.

Le **suivi environnemental** de ce type d'enclave doit être effectué en vérifiant la présence de bulles d'air sur le plafond de la grotte et de dommages sur la faune sessile de l'entrée comme de l'intérieur. Si l'on constate ce type de dommages, ils doivent être signalés aux autorités compétentes afin qu'elles prennent des mesures correctives, donnent des instructions aux guides des clubs de plongée et, si les grottes submergées ne permettent pas l'évacuation de l'air, envisagent d'interdire la plongée en scaphandre autonome à l'intérieur des grottes. Autre indicateur d'une fréquentation inappropriée de ce type d'habitat, l'excès de sédimentation que l'on peut observer près de l'entrée à la surface des organismes suspensivores. Les plongeurs inexpérimentés soulèvent en effet une grande quantité de sédiment avec leurs palmes, ils doivent apprendre à utiliser correctement leur gilet stabilisateur ou améliorer leur déplacement dans l'eau.

8.8. Efflorescences algales

Les efflorescences (*blooms*) de macroalgues côtières s'inscrivent parfaitement dans le cadre des perturbations, en ce qui concerne les objectifs de cet ouvrage, étant

patentes et identifiables par les observateurs, puisqu'on peut les observer facilement, compte tenu de leur taille. Par leur extrême abondance, elles peuvent colorer le paysage sous-marin et former de véritables tapis qui recouvrent une grande partie des organismes vivant dans les fonds. Les efflorescences de microalgues, en revanche, sortent du cadre de cet ouvrage car si elles peuvent être perçues par les plongeurs, voire par les promeneurs sur les plages (marée rouge), l'échelle microscopique des algues les exclut de notre protocole de suivi.

Plusieurs espèces d'algues macroscopiques connaissent ces explosions de la reproduction entraînant une croissance exponentielle de la biomasse qui ne peut s'expliquer que par un excès de nutriments introduits circonstanciellement dans le système, provoquant une fertilisation excessive dont tirent profit certaines algues qui se reproduisent et se développent alors avec une extrême vigueur.

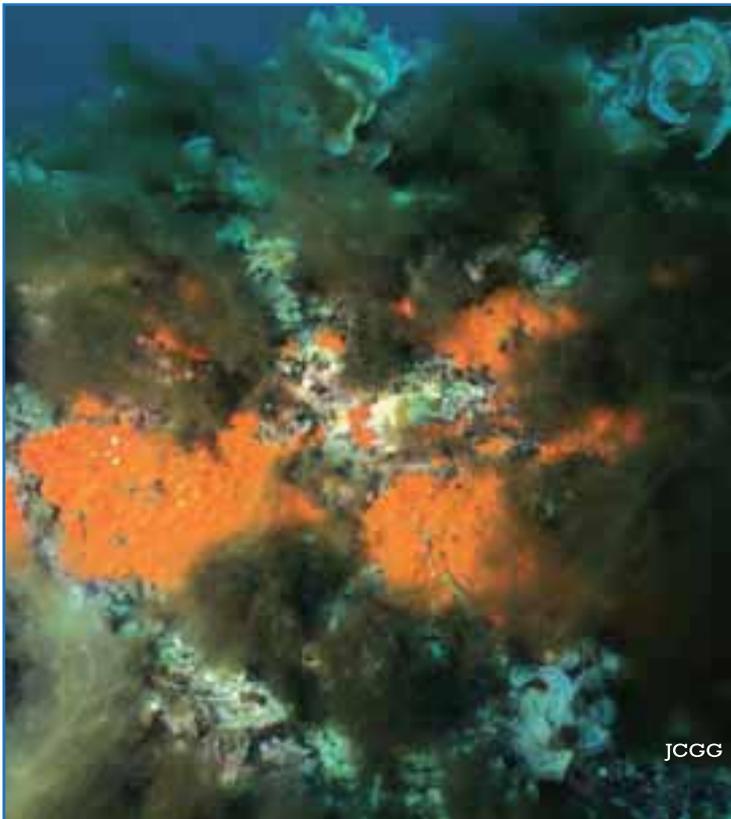
Nous avons choisi, à titre d'exemple, l'algue brune *Ectocarpus sp.* (voir description des espèces tolérantes), de couleur vert jaunâtre, d'aspect filamenteux et de consistance gélatineuse. Elle est formée de longs et fins filaments ramifiés (jusqu'à 50 cm). Elle est cosmopolite et peut se fixer sur des fonds rocheux (épilithe) ou sur de grandes algues (épiphyte). Son habitat s'étend de la

surface à plusieurs mètres au-dessous de la marée. Elle est généralement abondante au printemps.

Ectocarpus sp., peut accumuler des métaux lourds et proliférer, surtout au printemps lorsque la synergie entre charge de nutriments, clarté de l'eau et hausse de la température favorise sa reproduction. Ces explosions d'efflorescences qui finissent par étouffer le biote qu'elles recouvrent (**photo 57**) ne sont pas graves si elles sont de courte durée, excepté dans les zones calmes où elles peuvent réduire la teneur en oxygène, près du fond, soit la nuit (par respiration) soit par leur mort et leur décomposition massive. Si ce type d'invasion persiste, les macroalgues sous-jacentes et

d'autres organismes peuvent s'en trouver affectés. La prolifération massive de cette algue pourrait être liée à des poussées anormales d'eutrophisation; il convient donc, dès qu'elle est détectée, de surveiller sa durée, son évolution ainsi que celle du biote partiellement ou entièrement couvert par l'algue.

Comme nous l'avons déjà indiqué, d'autres espèces d'algues ont ce type d'efflorescences visibles qui recouvrent massivement les organismes benthiques sessiles. Si leur identification taxonomique peut s'avérer compliquée ou virtuellement impossible à simple vue, cela est secondaire pour la réalisation des objectifs de ce guide, l'essen-



Phot. 57

tiel étant que l'observateur puisse noter dans les zones habituelles de plongée l'apparition du phénomène (c'est-à-dire la présence abondante ou la prolifération de ce type d'algue) et déterminer si elle est associée à un facteur de perturbation (introduction dans le système d'un excès de nutriments provenant d'activités humaines incontrôlées, par exemple) dont il doit surveiller la persistance avant de la signaler aux autorités compétentes car la présence de ces algues peut être éphémère et naturelle, et ne pas provoquer de dommages dans le système.

8.9. épibiose (superposition d'espèces)

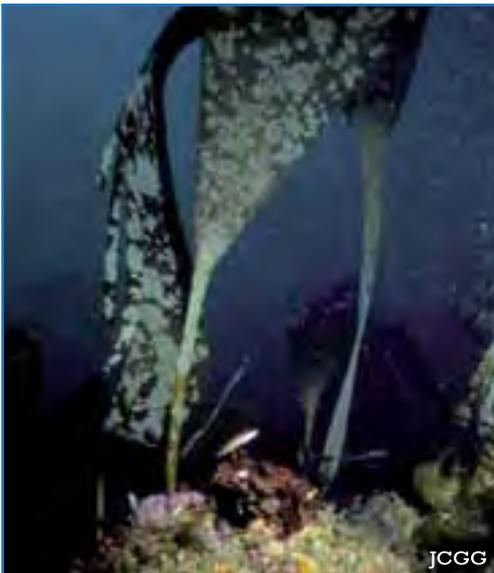
L'épibiose, ou faculté de vivre sur d'autres organismes, comme l'endobiose (capacité à vivre à l'intérieur d'autres organismes) est un phénomène naturel qui, dans la plupart des cas, n'a aucun rapport avec une quelconque perturbation anthropique. En marge d'une éventuelle relation mutualiste ou parasitaire, il faut bien reconnaître que l'épibiose, d'un point de vue environnemental, est déconcertante. Car elle peut traduire une perturbation due à un excès de nutriments et l'eutrophisation qui en découle (cas des floraisons d'algues, présentées au **chapitre 8.8**) ou confirmer que l'écosystème est hautement structuré et fragile, exempt de tout

type de perturbation significative. Tel est le cas des fonds coralligènes, qui présentent une forte hétérogénéité spatiale des communautés, où l'effet de la concurrence extrême pour trouver un accès au substrat pousse de nombreuses espèces à s'implanter sur les espèces préexistantes qui servent ainsi de support. Cela explique que le diagnostic environnemental d'un milieu écologique déterminé puisse s'avérer compliqué, ce qui ne nous empêche pas de fournir quelques pistes en vue d'affiner, dans la mesure du possible, les observations.

Les **photographies 58 à 60** montrent des situations normales d'épibiose du bryzoaire *Membranipora membranacea* sur des algues laminaires, renseignant fréquemment sur l'âge de l'algue (par le degré de recouvrement), ce que l'on peut voir dans la photographie du bas, à droite, où un spécimen d'algue de grande taille présente un aspect détérioré, il est quasiment tapissé par le bryzoaire. Ce type d'épibiose peut également être observé sur des phanérogames marines, par exemple avec le bryzoaire *Electra posidoniae* sur les feuilles de *Posidonia oceanica*. Les **photographies 61 à 64** illustrent le phénomène sur des invertébrés benthiques, dans des fonds présentant une riche biodiversité et une concurrence spatiale élevée, dont l'observation non doit être ici associée à des perturbations anormales. En revanche, les **photographies 65 à 68** doivent être associées à de faibles

perturbations découlant d'un excès de sédimentation. Une algue verte telle que *Codium bursa* présente fréquemment des incrustations sédimentaires mais, si elles sont excessives, cela permet l'implantation d'autres algues (**photo 65**). Tel est également le cas de la gorgone *Eunicella singularis*, presque toujours exempte d'épibiontes, sauf si elle subit un événement de sédimentation anormale, l'incrustation de sable ou de sédiment permet alors

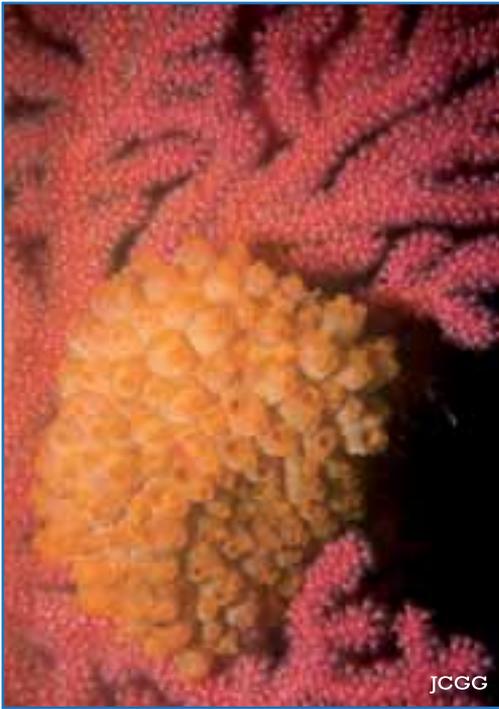
la fixation d'hydrozoaires généralistes (**photo 66**). L'araignée de mer (*Maja squinado*) peut vivre dans des zones à forte sédimentation, ce qui n'est pas seulement perceptible sur la surface de son céphalothorax, mais aussi par les organismes capables de s'y fixer (**photo 67**; le cercle signale l'œil gauche de l'animal). L'ascidie *Halocynthia papillosa*, de faible valence écologique, excellente indicatrice d'eaux propres et renouvelées, ne



Phot. 59



Phot. 60



Phot. 61



Phot. 62



Phot. 63



Phot. 64



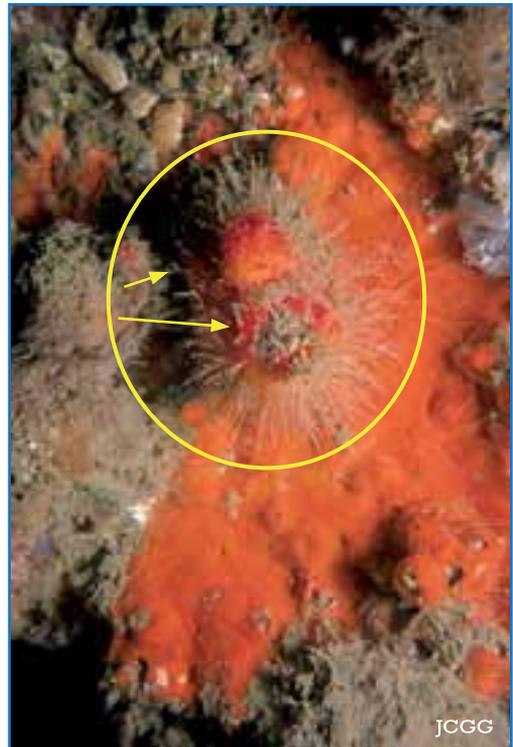
Phot. 65



Phot. 66



Phot. 67



Phot. 68

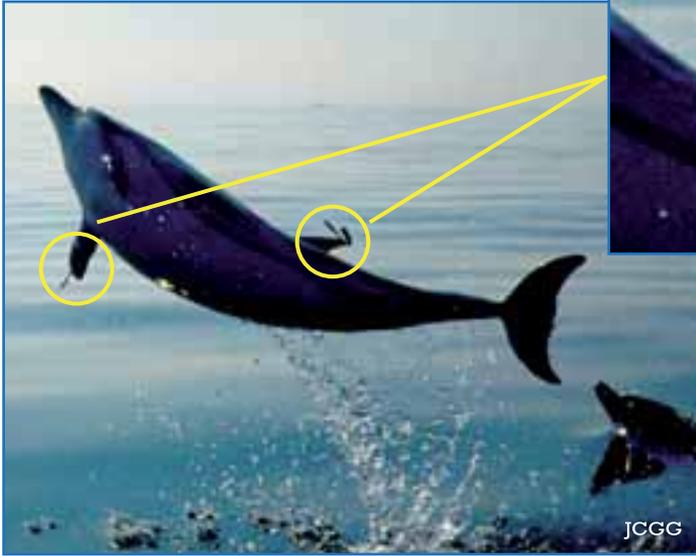
présente qu'exceptionnellement des épibiontes et, lorsque cela se produit, le phénomène est habituellement lié à des événements ponctuels ou persistants de légère perturbation (**photo 68**).

L'épibiose à « pronostic environnemental négatif » peut également être observée sur des organismes marins non benthiques tels que les cétacés et les tortues. Chez les dauphins, qui ne présentent généralement pas d'ectoparasites leur présence (**photos 69 et 70**) peut révéler que ces animaux sont âgés ou légèrement malades, ce qui peut avoir une cause naturelle ou anthropique (pollution). Comme la peau des dauphins, contrairement à celle des autres cétacés, n'est pas de nature à faciliter l'adhérence d'ectoparasites, si une telle situation est observée par hasard sur un spécimen donné, il faut tenter de la corroborer en surveillant d'autres membres du groupe. Si un pourcentage élevé de dauphins présente ce type de parasitose, cela doit être porté à la connaissance des autorités compétentes qui devront se pencher sur la question, car le phénomène pourrait être dû à des causes directement liées à la pollution du milieu. Le cas des tortues de mer est similaire; lorsqu'elles sont malades, elles portent souvent des ectoparasites sur la tête (zone supraorbitaire) voire des algues généralistes, même si chez ce type d'animaux les situations d'épibiose naturelle, en particulier lorsqu'elles se présentent chez les

individus très âgés, sont relativement fréquentes. Cela ajouté au fait que les tortues sont rarement observées et toujours isolées (elles ne vivent pas en groupe) entrave considérablement toute tentative de conclusion générale au-delà de ce qui peut être déduit de l'épisode ponctuel susceptible d'en être la cause.

8.10. Filets, ancres, plongeurs et promeneurs non informés

Dans les zones littorales non intégrées à des espaces protégés, les incursions de chalutiers à des profondeurs non autorisées sont fréquentes. Ce genre d'intrusion est particulièrement grave dans les zones littorales qui font l'objet de certaines mesures de protection pour leur valeur écologique et environnementale. C'est la raison pour laquelle, dans les zones protégées, il est très important de surveiller ce type d'activités en recherchant les marques laissées sur le fond par les chaluts (évidentes sur les herbiers de phanérogames) ou la présence indue d'engins et de filets (trémails ou nasses) (**photos 71 et 72**). Le plongeur doit surveiller ce type d'activité lorsqu'elle est illégale, et peut d'ailleurs représenter un danger pour sa propre intégrité physique, et le signaler aux autorités compétentes. Le braconnage dans



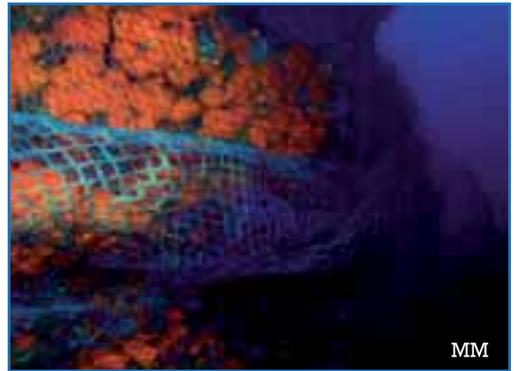
Phot. 69



Phot. 70



Phot. 71



Phot. 72



Phot. 73

les zones surveillées doit être particulièrement contrôlé.

Le mouillage à l'ancre est très néfaste pour les herbiers de phanérogames marines (**photo 73**) et pour le biote implanté sur les fonds précoralligènes et coralligènes (**photo 74**) qui, dans le sud de la péninsule Ibérique, se situent vers 15-20 mètres de profondeur. Cette question est épineuse car dans la plupart des fonds marins, il n'existe pas d'interdiction légale formelle pour ce type de mouillage, il conviendrait donc de renforcer la conscience écologique des plaisanciers qui devraient faire l'effort de mieux connaître les fonds au-dessus desquels ils jettent l'ancre. Si les plongeurs amateurs fréquentent des fonds à haute valeur écologique

qu'ils n'endommagent pas avec leurs embarcations, et observent les ancres d'autres bateaux de plaisance, ils doivent en informer les autorités pour que ces dernières tentent de corriger les effets néfastes qui en découlent et prendre les mesures qui s'imposent en vue de réduire ce type d'impact.

En ce qui concerne les plongeurs amateurs, scientifiques ou professionnels auxquels ce guide est principalement destiné puisqu'ils constituent les principaux acteurs du suivi environnemental que l'on souhaite ici promouvoir, nous devons leur demander d'exercer en permanence leur autocritique de sorte que s'ils ne désirent pas contribuer à ce suivi, ils sachent au moins comment se comporter sous l'eau, en nageant



Phot. 74

à une distance suffisante du fond, en évitant autant que possible de frôler le biote qui y est implanté, en évitant toute capture pour leur consommation ou pour faire collection des spécimens et, si possible, en s'adonnant à la photographie sous-marine, activité inoffensive pour la vie marine et qui, en outre, la favorise, la magnifie et la met en valeur.

Dans la zone intertidale, tout spécialement sur les plates-formes d'abrasion, si vulnérables, les promeneurs doivent être informés afin de ne pas endommager le biote. Marcher sur les couvertures vierges de macroalgues (en particulier s'il s'agit de groupes de promeneurs, touristes ou élèves, dans des zones spécifiques à haute valeur écologique au sein d'espaces protégés) peut avoir un effet abrasif extrêmement néfaste. Les formations calcaires du mollusque *Dendropoma petraeum* ou de l'algue *Lithophyllum byssoides*,

tous deux traités dans cet ouvrage, sont à cet égard particulièrement sensibles.

8.11. Des déchets inacceptables

L'utilisation habituelle de la mer comme décharge, surtout par les plaisanciers qui n'ont pas la moindre hésitation, par commodité, à jeter par-dessus bord leurs ordures, fait de certaines zones sous-marines de véritables dépotoirs (**photos 75 et 76**). Les zones de marées sur les plates-formes d'abrasion et les rochers côtiers sont le réceptacle de débris fréquemment abandonnés par les personnes sans scrupules qui les fréquentent, ainsi que des débris flottant jetés dans la mer, principalement depuis les embarcations.

Dans les fonds riches en espèces et offrant un paysage d'une grande



Phot. 75



Phot. 76

beauté, les plongeurs devraient s'impliquer dans toute action visant à protéger le paysage contre ce type de rejets dans la mer, dont la durée de vie est très longue et qui peuvent être fortement polluants (notamment les piles et les batteries, que l'on rencontre malheureusement souvent au fond de l'eau). En dehors des initiatives de nettoyage des fonds (**photos 77 à 80**), aujourd'hui effectuées par de nombreux clubs de plongée dans le monde, les plongeurs qui adhèrent à la philosophie du suivi environnemental présenté dans cet ouvrage doivent contribuer à détecter et signaler tout nouveau dommage environnemental, par exemple un circuit de plongée qui soudain pâtit du mouillage de bateaux de plaisance dont les utilisateurs n'ont aucun scrupule à jeter par-dessus bord tout

type de débris, transgressant de manière flagrante les principes de respect de l'environnement que nous souhaitons ici encourager, cultiver et transmettre. Si les plongeurs découvrent que des débris s'accumulent progressivement dans leurs zones habituelles de plongée, censées être propres, ils doivent tenter d'en trouver les causes et contribuer à freiner ou inverser cette tendance.

La **photographie 79** montre la récupération de 130 kg de plomb par les plongeurs du Club CIES d'Algésiras. La pollution des eaux par ce métal peut emprunter des voies inattendues. Par exemple, comme nous l'avons suggéré dans une publication précédente, à travers les poulpes qui introduisent parfois les plombs de pêche dans les anfractu-



Phot. 77



Phot. 78

sités qui leur servent d'abri (**photo 81**), et les grattent avec leur bec. Le « X frontal » qu'arborent certains spécimens (**photo 82**) pourrait être lié à la contamination par ce métal. Il ne faut pas oublier qu'au-delà de l'impact esthétique sur les fonds marins du rejet de déchets persistants (souvent polluants ou toxiques, comme nous l'avons dit précédemment), une partie d'entre eux peuvent en outre affecter directement les

espèces marines, même si nous ne pouvons le voir. Tel est notamment le cas des plastiques transparents que les tortues marines prennent pour des méduses, ce qui provoque de graves lésions, voire leur mort (**photo 83**). Citons aussi le cas des anneaux en plastique avec lesquels les dauphins sont susceptibles de jouer et qui peuvent entraîner leur mort s'ils restent coincés sur leurs mâchoires (**photos 84 et 85**).



Phot. 79



Phot. 80



Phot. 81

SM



Phot. 82

SM



Phot. 83

RE



Phot. 84

RE



Phot. 85

RE

9

MÉTHODE DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL SOUS-MARIN QPBS: SUIVI TEMPOREL D'ESPÈCES SESSILES BIOINDICATRICES DANS DES QUADRATS PERMANENTS

D'après les résultats obtenus lors de la série temporelle de dix ans établie et analysée dans le cadre d'un ouvrage précédent (García-Gómez *et al.*, en cours de publication) et l'expérience acquise, nous proposons le protocole méthodologique **QPBS (quadrats permanents de bioindicateurs sessiles)** comme système d'**alerte environnementale sous-marine** en vue de détecter tout changement écologique provoqué par des altérations locales ou mondiales (Changement Climatique), système qui a été expérimenté en 2013-2014 dans le cadre du projet européen MedPAN-Nord pour les zones sensibles des aires marines protégées (AMP) de la Méditerranée et leurs zones limitrophes. L'objectif est d'établir une participation synergique de divers secteurs de la société aux programmes de suivi, de surveillance écologique et d'alerte environnementale de la zone littorale en vue de créer des réseaux géographiques susceptibles de s'interconnecter.

La méthode **QPBS** a pour but d'établir des **réseaux de stations sentinelles**



Phot. 86

sous-marines (de préférence sur des fonds non dégradés, d'excellente qualité environnementale et écologique, abritant des communautés structurées, bien développées (individus adultes) et présentant une riche biodiversité) dans lesquelles sont fixés des **quadrats permanents** pour surveiller des **bioindicateurs sessiles (espèces cibles)** préalablement identifiés comme **sensibles** aux changements environnementaux du système (**photos 86 et 87**). Les programmes de mise en œuvre de cette méthode commencent par une première série de photographies des quadrats (**état zéro ou initial**), essentielles pour détecter ensuite tout éventuel changement dans le système et tenter d'en découvrir les causes. À court terme, cette méthode contribuera à détecter les impacts locaux ou généraux à long terme (découlant par exemple du lent mais progressif réchauffement de la planète).

Si les espèces cibles comparées se trouvent dans des stations sentinelles géographiquement éloignées (par



Phot. 87

exemple *Astroides calycularis* et *Paramuricea clavata* vivant dans des zones distantes de Méditerranée occidentale), les données environnementales obtenues peuvent atteindre une grande portée géographique. Dans ce cas, il conviendrait alors de créer des **réseaux internationaux de stations sentinelles** avec la participation des différents pays désireux de s'impliquer dans le programme de suivi environnemental des espèces cibles sélectionnées.

Si les espèces cibles sont différentes, les informations environnementales à large échelle peuvent également s'avérer pertinentes. Si, par exemple, ces espèces sont sensibles à la hausse de température, les effets de cette hausse permettraient de dessiner une vaste carte des changements écologiques progressifs par la collecte des données de stations sentinelles très éloignées. Cette approche serait particulièrement utile pour le suivi du réchauffement de la planète.

L'objectif de cette méthode est donc de contrôler avec précision, de manière non invasive et fiable, que les couvertures d'espèces cibles surveillées ne diminuent ou ne disparaissent pas avec le temps ce qui, au-delà du suivi du réchauffement de la planète, serait très utile pour le suivi environnemental des aires marines protégées de la Méditerranée et de leurs zones tampons limitrophes ainsi

qu'à d'autres zones côtières soumises à une forte pression anthropique.

9.1. Cadre géographique de l'expérience

La zone géographique principale, dans laquelle ce guide et sa méthodologie pourraient être appliqués est de la mer Méditerranée. Cependant, puisque la méthodologie décrite ci-après a d'abord été expérimentée dans le détroit de Gibraltar, ce guide pourrait ainsi être utilisé dans cette même zone et dans les eaux de l'Atlantique à proximité.

9.2. Sélection des espèces cibles

Conformément aux propositions formulées dans des publications précédentes (García-Gómez, 2007, 2008), les espèces cibles doivent être: 1) **sensibles** aux changements environnementaux (sténoèces, à faible valence écologique); 2) **sessiles** (elle ne peuvent fuir si les conditions environnementales se dégradent); 3) de **taille moyenne à grande** (visibles en plongée et identifiables sur les photographies: dans chaque quadrat, la couverture d'espèces cibles à l'état zéro ou initial doit être relativement importante, **d'au moins 20 % si possible**, même s'il s'agit d'une seule espèce surveillée); 4) **communes ou abondantes** dans la zone; 5) de préférence **pérennes où présentant un long cycle de vie**, et 6) de

préférence des **macrophytes** des zones peu éclairées ou des **animaux benthiques** appartenant aux taxons **Éponges, Anthozoaires, Hydrozoaires, Bryozoaires et Ascidies**; les Éponges, Anthozoaires et Ascidies offrant les meilleures prestations pour la sélection des espèces cibles.

9.3. Sélection des zones littorales appropriées (stations sentinelles)

Les zones littorales destinées à accueillir des stations sentinelles doivent être intactes, présenter des fonds rocheux ou mixtes, situées à proximité de lieux anthropisés (pour la détection des impacts à l'échelon local) ou éloignées de ces derniers (pour la détection des impacts à l'échelon mondial, tels que le changement climatique) et faciles à localiser (aussi près que possible de la ligne côtière). Les stations doivent être aménagées de préférence entre 20 et 35 mètres de profondeur, sur des parois verticales d'au moins 4 mètres de hauteur, abritant des communautés benthiques structurées comportant des individus adultes (potentielle concentration de bioindicateurs sténovaleux ou sensibles, où la couverture

d'espèces sessiles varie faiblement dans le temps), parmi lesquelles au moins une espèce cible (coloniale ou individuelle) doit être identifiée. Pour les clubs et les centres de plongée, il est important que les points d'implantation des stations sentinelles se trouvent dans les zones habituelles de plongée, de sorte que leur participation à ce genre d'initiative n'implique pas d'effort supplémentaire.

En revanche, ce guide pourrait être utilisé non seulement dans les aires marines protégées de la Méditerranée, mais aussi en dehors de ces zones protégées, y compris le détroit de Gibraltar et les eaux de l'Atlantique à proximité.

9.4. Installation des quadrats permanents de suivi environnemental

- Les quadrats doivent être perforés et peints conformément aux exigences précisées ci-après avant d'être immergés (**fig. 17**).



Fig. 17

- Choisir une paroi verticale correspondant aux indications mentionnées au **paragraphe 9.3**.
- Déterminer le point exact de fixation d'au moins trois quadrats de PVC de 1 m x 1 m, disposés horizontalement selon un écartement maximal de 1 m et à au moins 1 m du fond pour éviter toute perturbation provoquée par l'inévitable soulèvement de sédiments (notamment celui que provoquent les palmes des plongeurs), chaque quadrat devant inclure **au moins une espèce cible qui doit être présente dans tous les quadrats (chaque quadrat doit inclure au moins 10 % de la couverture totale surestimée)**. Si les espèces cibles n'ont pas été définies (ce qui ouvre une

nouvelle ligne de recherche pour l'avenir), choisir des espèces « indicateurs environnementaux potentiels » (appartenant aux groupes taxonomiques mentionnés au **paragraphe 9.2**), implantées dans des communautés de fonds rocheux bien structurées et comportant des individus adultes (vulnérables à l'anthropisation, avec présence potentielle d'espèces bioindicatrices sténoèces), conformément aux spécifications du **paragraphe 9.2**, et appartenant aux taxons énumérés. Si une confirmation taxonomique est nécessaire pour commencer la série de photographies (état zéro), prélever un petit échantillon à proximité des quadrats, et surtout pas à l'intérieur de ces derniers.

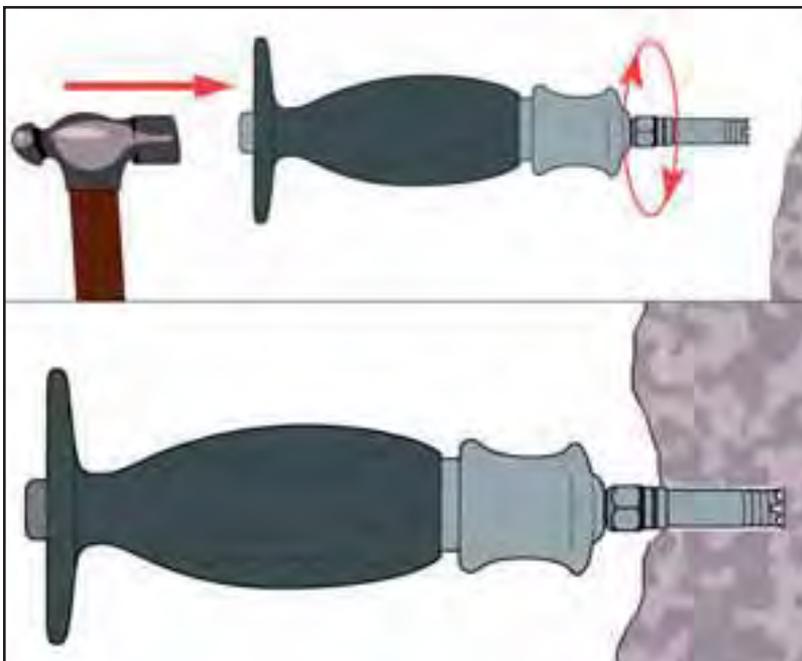


Fig.18

- Pour chaque quadrat (préalablement perforé d'un orifice au centre de chaque face) percer manuellement de deux à quatre orifices dans la roche, à l'aide d'un burin et d'un marteau (**fig. 18**), de sorte qu'ils soient alignés sur les orifices de chaque quadrat. Introduire dans les orifices des baguettes métalliques graduées (**fig. 19**) et les fixer (pour qu'elles ne se déplacent pas) à l'aide de ciment époxy marin (Ivegor, Speed Blue). Les quadrats doivent être fixés à la paroi au moyen des baguettes (**fig. 20, photo 88**). La surface du substrat étant généralement irrégulière, deux points d'ancrage opposés devraient suffire. Éviter de fixer les quadrats trop près de la roche, laisser un espace de 10 cm

minimum entre le quadrat et le substrat rocheux pour permettre le passage de la faune vagile.

- Chaque côté des quadrats doit être marqué d'une, deux ou trois lignes peintes (protégées par du plastique transparent) bien visibles, permettant d'identifier leur position sur le fond. Pour chaque série de trois, le quadrat 1 sera situé à gauche du photographe, le 2 au centre et le 3 à droite (**fig. 21**). Pour trois séries de trois (soit neuf quadrats de 1 m x 1 m, formant un grand carré), la procédure est similaire pour chaque série, la série 1 étant la plus proche du fond et la 3 la plus éloignée de celui-ci (**fig. 22**).
- Chaque point de fixation d'une **série horizontale de trois**

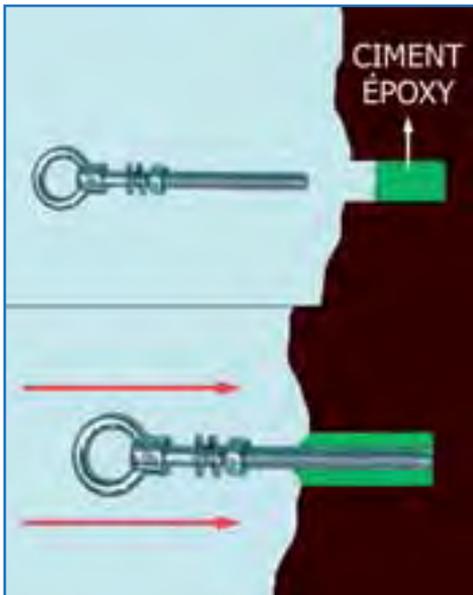


Fig. 19

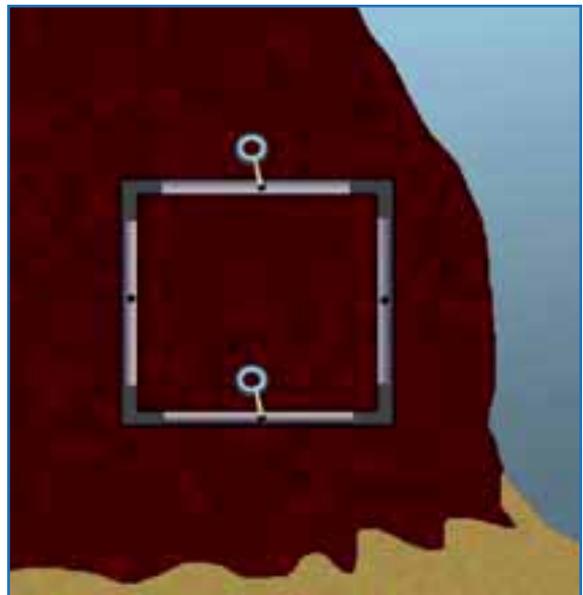


Fig. 20

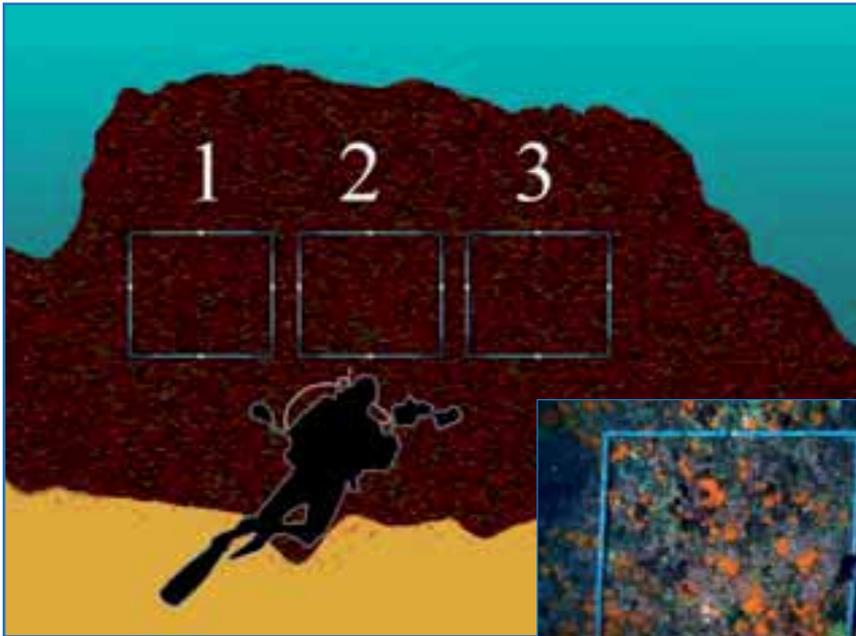
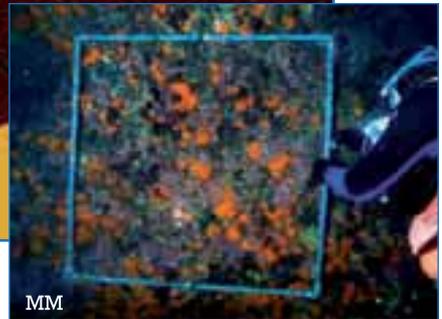


Fig. 21



Phot. 88

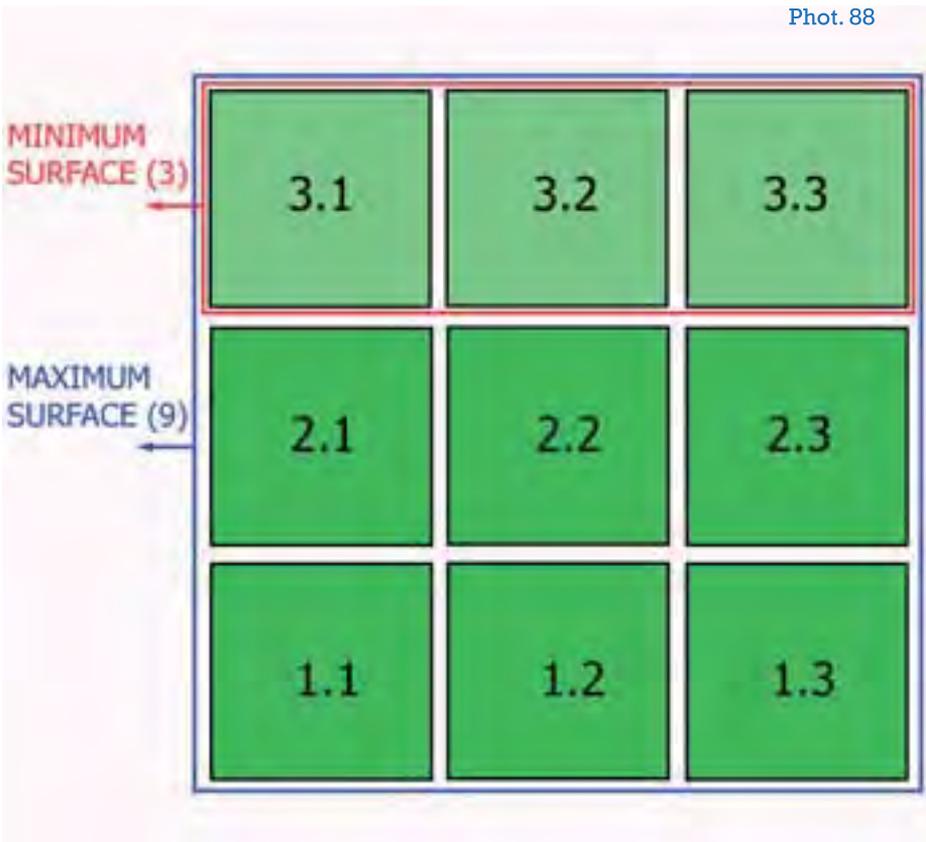


Fig. 22

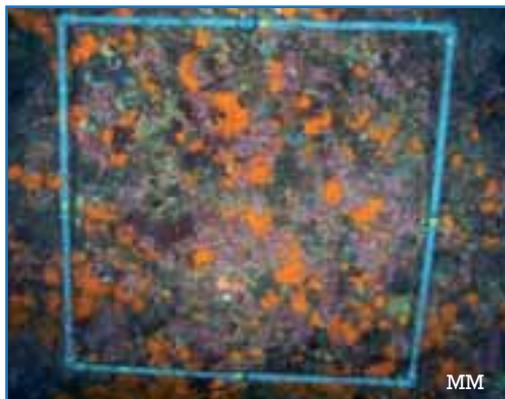
quadrats doit être signalé par une petite bouée immergée (cordon de 1 m maximum) qui facilitera la localisation de la station en plongée et qui, à long terme, permettra de restaurer les quadrats s'ils sont accidentellement arrachés, par la localisation immédiate des points forés dans la roche. La bouée doit porter une étiquette d'identification de la station sous-marine comportant le nom du programme et les adresses des personnes à contacter, pour inviter les plongeurs étrangers au programme à respecter les quadrats et à signaler tout incident aux personnes mentionnées (si une réparation des quadrats est nécessaire, par exemple).

- L'entretien des quadrats se limitera à la vérification des marques

indiquant le numéro du quadrat et la réparation de tout dommage accidentel. Au fil du temps, les quadrats sont colonisés et s'intègrent à l'écosystème, mais ils continuent de remplir leur office et sont tout aussi utiles pour les prises de photographies et l'analyse des contenus, comme nous pouvons le voir en comparant les **photographies 89 et 90**.

9.5. Signalisation et coordonnées GPS des stations sentinelles

Après avoir installé les quadrats, s'il n'est pas possible ni approprié de les baliser à l'aide d'une bouée agréée, les coordonnées géographiques de la station devront



Phot. 89



Phot. 90

être relevées par GPS (de préférence par GPS de positionnement différentiel submétrique). En l'absence de balisage, l'accès aux quadrats s'effectuera selon la technique du cordon vertical manipulé par deux plongeurs (un en surface, un au fond) comme le montre la **figure 23** (pour corriger les éventuelles erreurs de précision du GPS). Une copie de sécurité des données doit être conservée et communiquée au centre de coordination du réseau de suivi environnemental dont dépend le club ou le centre responsable de la station sous-marine.

9.6. Prise de photographies sous-marines à partir d'un état zéro ou initial

- *Matériel photographique.* Si le matériel photographique de

haute qualité (appareils semi-professionnels ou professionnels Nikon ou Canon avec flash externe synchronisé) sont évidemment recommandés (en particulier en plein format), les appareils numériques compacts (munis d'un caisson étanche) peuvent s'avérer suffisants pour le suivi (ce qui facilite l'adhésion des clubs et centres de plongée à notre proposition), mais dans ce cas, il est conseillé d'avoir au moins recours à un flash externe latéral pour éviter tout reflet indésirable de particules en suspension. Pour la seconde solution, il est possible de choisir pour leur bon rapport qualité/prix les compacts étanches Olympus (TG-1, TG-2 ou TG-3; TG-820 avec caisson PT-052; XZ-1 et caisson PT-050; TG-310 et caisson Ikelite spécifique), Canon (G1X et caisson WP-DC44 ou caisson

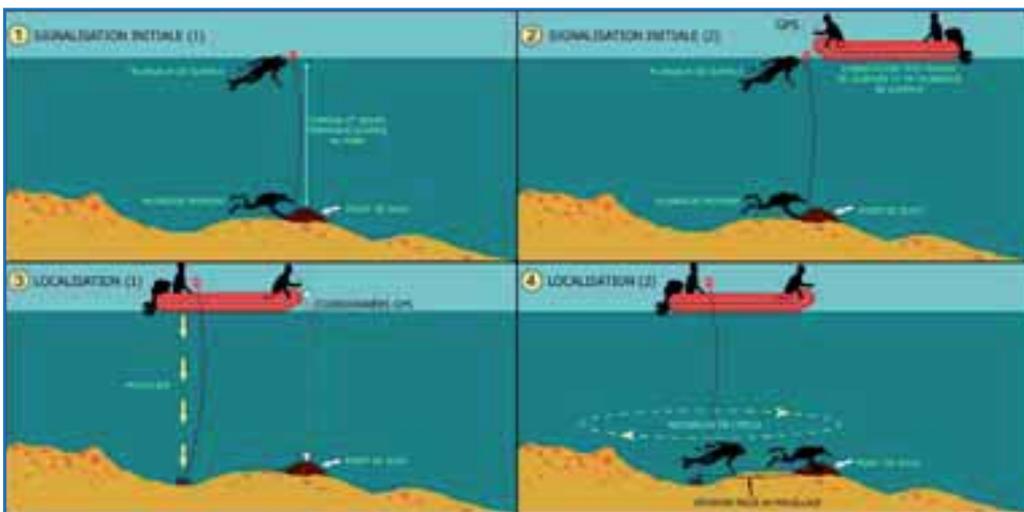


Fig. 23

Ikelite spécifique; S100 et caisson WP-DC43 ou caissons Ikelite, FIX ou Patima pour S100) ou bien Sony (DSC RX100 et caisson Patima spécifique) et différents modèles de flash externe Inon (Epoque 230, Z-240, D-2000, S-2000). Pour leur traitement ultérieur, les photographies doivent avoir la plus haute résolution possible, nous recommandons un minimum de 3 Mo. La collecte d'images par vidéo numérique est également possible à condition que les images fixes extraites possèdent une résolution suffisante.

- *Procédure.* Prendre 1 photographie de chaque quadrat de 1 x 1 m en le cadrant intégralement (plus 1 photo de sécurité, en cas d'erreur de mise au point). Pour chacun des 4 quadrats de chaque série de trois quadrats de 1 x 1 m, prendre 1 photo macro (plus 1 photo de sécurité) en veillant à ce que les baguettes formant les quadrats apparaissent sur l'image (afin d'identifier lors de l'analyse des quatre images macro à quel quadrat elle appartient et chacun de ses angles) (**fig. 24**). Il est donc nécessaire de prendre 5 photographies par quadrat (+ 5 photos de sécurité), soit 15 photos (+ 15 de sécurité) par série de 3 quadrats de 1 x 1 m. L'état zéro ou initial doit être établi pendant la période de l'année où les conditions météorologiques sont les plus stables. Pour la Méditerranée occidentale, nous recommandons d'effectuer cette tâche l'été.
- *Précautions.* Les plongeurs doivent approcher des quadrats aussi

prudemment que possible pour éviter de frôler le biote sessile et de soulever les sédiments.

9.7. Périodicité de la prise de photographies sous-marines. Vers des séries temporelles longues

Pour la mise en œuvre de la méthode de suivi environnemental sous-marin dans les aires marines protégées de Méditerranée et leurs zones limitrophes, les plongeurs doivent s'engager à prendre au moins une série de photographies par saison (quatre séries par an), même si la périodicité peut être adaptée et augmentée ou réduite selon le degré d'implication des centres scientifiques et sportifs. La création d'un réseau de suivi environnemental sous-marin pourrait impliquer la proposition d'une périodicité minimale commune en vue de faciliter les comparaisons entre stations éloignées qui permettraient de détecter des changements dans le système à une vaste échelle géographique.

Pour les organismes scientifiques, techniques ou les clubs de plongée engagés dans le programme de suivi environnemental sous-marin QPBS, les séries, courtes ou longues, apportent toujours des informations précieuses car l'état zéro permettra d'évaluer les éventuels changements qui surviennent dans le système benthique.

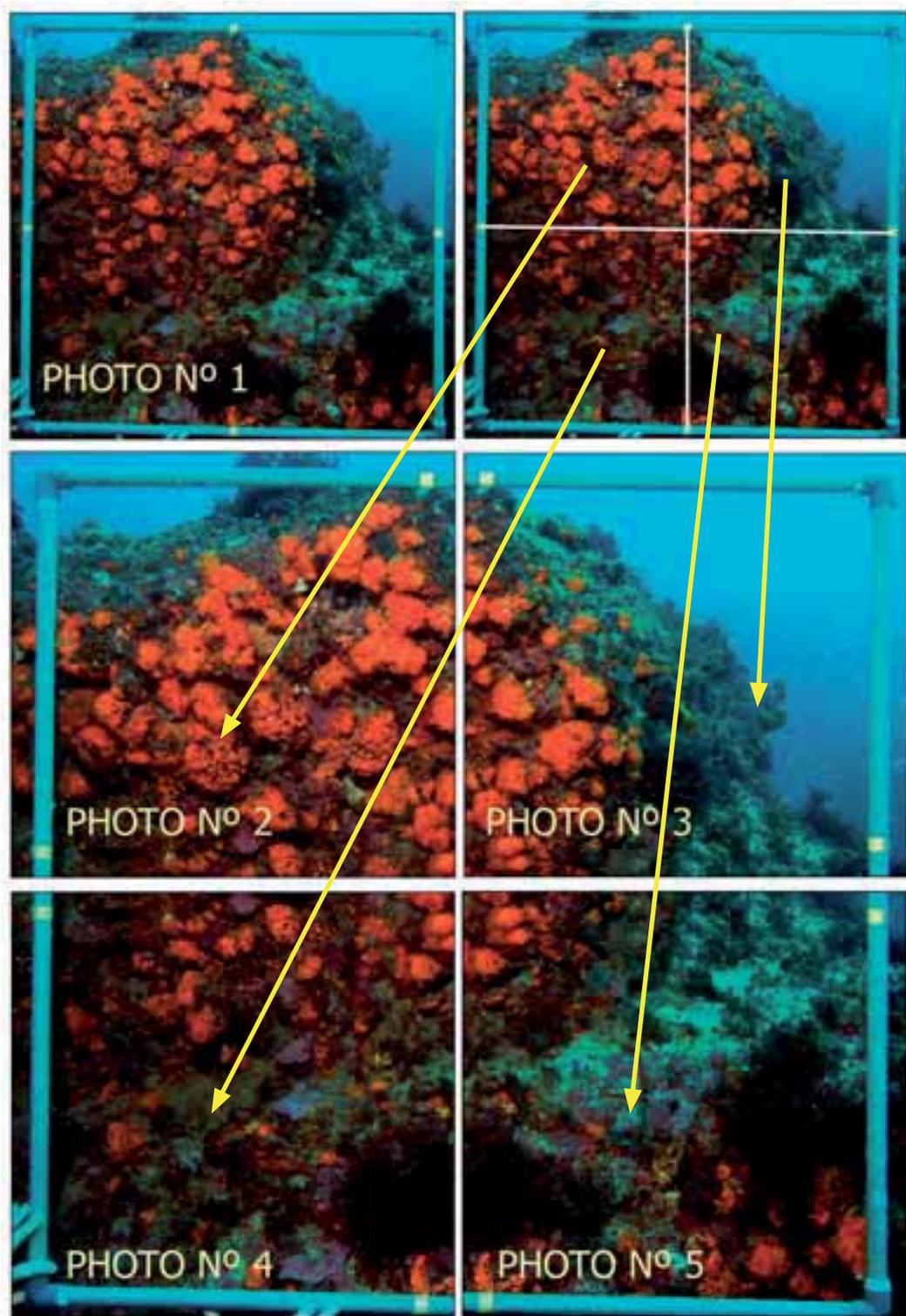


Fig. 24

9.8. Dépôt des séries de photographies auprès des centres de coordination des réseaux de suivi environnemental dont relèvent les stations sentinelles. Vers la création de banques d'images de suivi environnemental sous-marin.

Les clubs et centres de plongée participant au réseau de suivi doivent envoyer les séries de photographies par Internet au centre de coordination et de réception des images pour analyse ultérieure par des experts, même s'il est également souhaitable que les plongeurs effectuent une première évaluation, l'outil devenant ainsi hautement participatif.

Les réseaux de suivi environnemental intégreront alors les données et créeront des copies de sécurité qui pourront être consultées à l'avenir pour effectuer des analyses directes ou transversales, et devront faire appel à des chercheurs spécialisés pour traiter les données et établir un diagnostic.

9.9. Analyse des photographies sous-marines pour l'identification des changements dans le système.

Bien qu'une simple comparaison des photographies (avant, pendant et après) permette de détecter des changements importants dans les couvertures d'espèces cibles présélectionnées, l'établissement de seuils d'atteinte peut aider à percevoir rapidement si le benthos est altéré.

L'échelle suivante, à appliquer à une espèce cible au moins, est fixée: 1) **perte de moins de 25 % de couverture**, le système suit une évolution normale, sans atteinte létale apparente (des effets sublétaux ne sont pas détectés par cette méthode, à moins d'entraîner des signes phénotypiques de stress ou de maladie, tels que les taches qui apparaissent sur certaines espèces d'éponges, dues aux cyanobactéries); 2) **perte de 25 à 50 % de couverture**, signal d'alerte orange (les plongeurs doivent confirmer la tendance régressive) et 3) **perte de plus de 50 % de couverture**, signal d'alerte rouge (doit être signalé au centre de coordination du réseau de suivi environnemental dont relève géographiquement le club de plongée et, si aucun centre n'a été assigné, aux autorités environnementales compétentes ou au centre de

recherches désigné par les autorités pour établir le diagnostic et, le cas échéant, procéder à une intervention).

En ce qui concerne le volet scientifique, il convient de réaliser une analyse statistique de « mesures répétées » (Mauchly, 1940; Geisser et Greenhouse, 1958; Greenhouse et Geisser, 1959; Lanyon y Marsh, 1995) susceptibles de révéler s'il existe ou non des différences significatives entre les couvertures comparées dans le temps, à l'intérieur des mêmes quadrats fixés au substrat (permanents).

L'analyse statistique des photographies des quadrats collectées dans le temps est axée sur la surestimation des changements de la couverture d'espèces cibles correspondant aux descriptions détaillées au **paragraphe 9.2**. L'analyse peut être effectuée au moyen de programmes informatiques simples tels qu'Adobe Photoshop Elements, selon la méthodologie exposée dans cet ouvrage. Comme la matrice de quadrats superposée sur chaque photographie mesure exactement la présence ou l'absence de l'espèce cible dans chaque case de la trame, on calcule 100 % de présence pour chaque pixel, même partiel. Ce système, qui surestime toujours la couverture réelle de chaque espèce cible, est très simple à appliquer et efficace comme système d'alerte environnementale, évitant le problème de la mesure précise du paramètre en prenant en compte les surfaces et les

volumes des espèces et leur arborescence éventuelle (érigées ou non érigées).

9.10. Synthèse de la méthode et perspectives d'avenir: analyse des images sur Internet, diagnostic environnemental et coordination

La **figure 25** résume la méthode de suivi environnemental à partir de la réalisation des premières photographies sous-marines **d'au moins trois quadrats (voir 9.4)** de chaque station sentinelle, durant la **phase initiale** (t_0). Cela permettra: A) de comparer les couvertures d'espèces cibles à intervalles rapprochés de quelques mois (t_1 et t_0 , t_3 et t_2 ... t_n et t_{n-1}), méthode utile pour évaluer les impacts ou les perturbations susceptibles de survenir à l'échelle locale, ainsi que pour un éventuel contrôle environnemental **BACI** (*Before/After Control Impact*); et B) d'établir des comparaisons à long terme, étalées sur plusieurs années (t_n et t_0), qui apporteront des informations sur d'autres perturbations non perceptibles à court et moyen terme, telles que les affections dues à l'élévation progressive de la température (réchauffement planétaire), et détecteront les perturbations anthropogéniques locales de « faible intensité » mais continus.

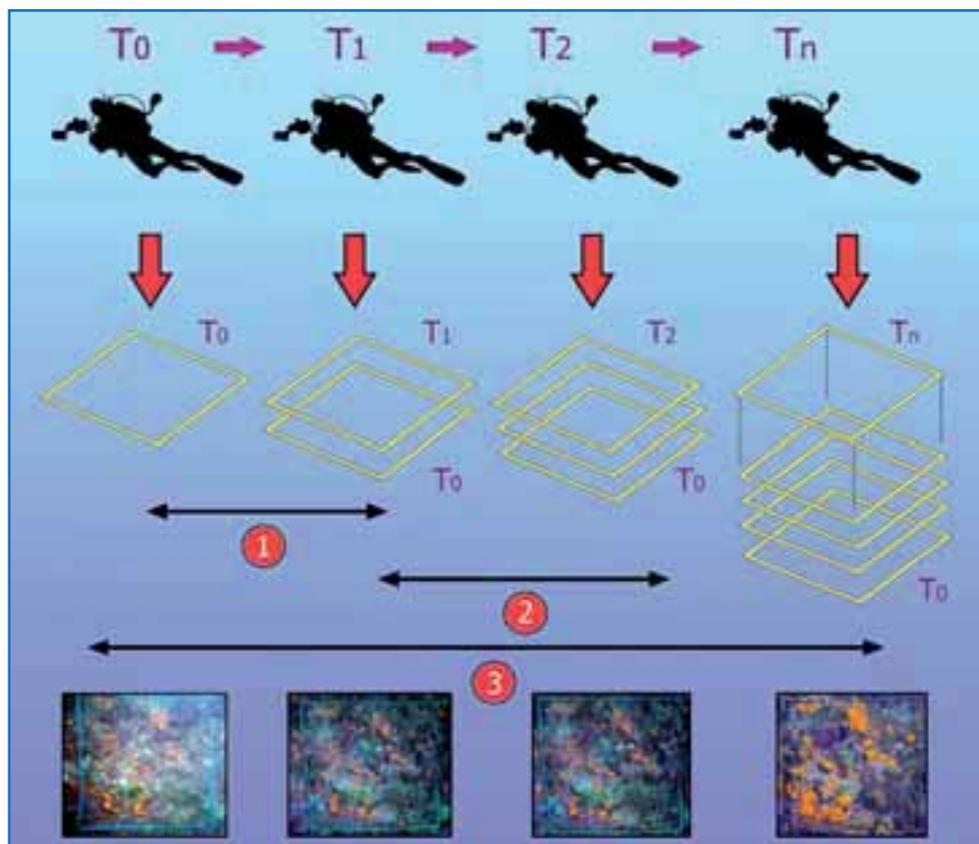


Fig. 25

La **figure 26** propose l'élaboration d'un site Internet doté d'adresses spécifiques afin que l'accès soit limité aux plongeurs impliqués dans la surveillance des stations sentinelles, qui devront s'inscrire. Une application permettra de comparer rapidement et simplement les couvertures d'espèces cibles dans les quadrats permanents. La situation environnementale sera indiquée par les couleurs d'un feu tricolore: **vert**, normalité environnementale; **orange**, diminution inattendue de la couverture d'au moins une espèce cible (perte de 25 à 50 %

de la couverture moyenne); et **rouge**, régression évidente d'au moins une espèce cible parmi les espèces surveillées (perte de plus de 50 % de la couverture moyenne). La société de gestion informatique IT3Cloud, en étroite collaboration avec le Laboratoire de biologie marine de l'université de Séville, a conçu un logiciel, actuellement en phase d'expérimentation, pour les espèces cibles *Astroides calycularis* et *Paramuricea clavata*, qui permettra de comparer leur couverture dans les quadrats permanents, et de traduire les résultats de manière immédiate et graphique au

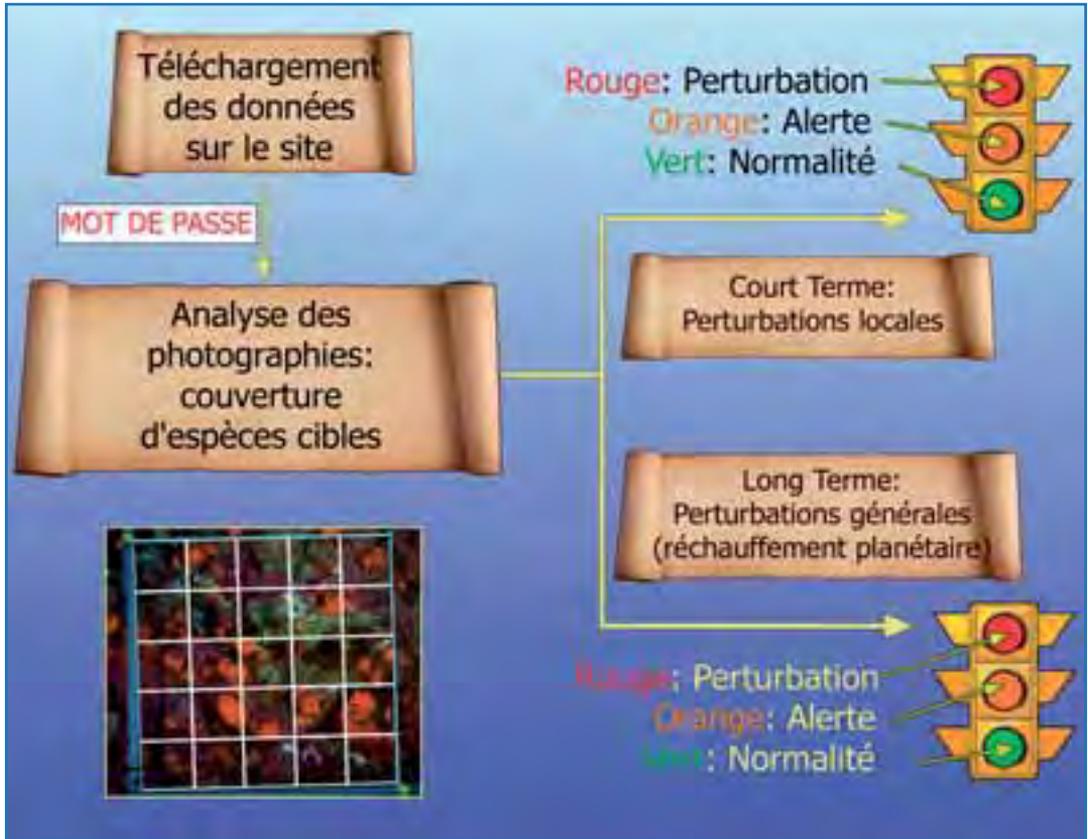


Fig. 26

moyen des couleurs de feu tricolore. Ce logiciel pourrait être adapté à d'autres espèces cibles qui sont conformes aux exigences de forme et de couleur nécessaires, ou adapté à la normalité (ou son absence) de leurs valeurs de couverture, à mesure que les informations écologiques et environnementales concernant ces espèces cibles parviendront des différentes zones géographiques (**réseaux de stations sentinelles**), ce qui permettra de perfectionner progressivement la capacité d'analyse et de diagnostic du logiciel.

La mission du Laboratoire de biologie marine de l'université de Séville, en étroite collaboration avec le ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, CMAYOT) du gouvernement d'Andalousie, le CAR/ASP et le MedPAN, est de coordonner, à travers ce site Internet et les liens correspondants, **les actions de suivi environnemental sous-marin** réalisées par les participants au programme. L'objectif est, à terme, de mettre en œuvre la méthode présentée ici, dans le

cadre d'un macroréseau méditerranéen (ainsi que les aires atlantiques proches) de surveillance environnementale des espèces cibles dans des stations sentinelles sous-marines associées aux AMP et aux zones limitrophes.

9.11. Analyse du biote accompagnant (optionnelle) (RÉSERVÉE AUX EXPERTS)

L'établissement de réseaux organisés de suivi environnemental sous-marin doit permettre de créer une grande base de données susceptible d'être actualisée en permanence par l'ajout d'informations, et pouvant être librement consultée par la communauté scientifique. Cela permettra à tout scientifique accrédité de procéder à une comparaison transversale de toutes les données disponibles et d'étudier les photographies agrandies en vue de collecter de précieuses informations sur le biote accompagnant des espèces cibles. Les données suivies s'en trouveront ainsi renforcées, étendues et plus utiles, et permettront d'identifier de nouvelles espèces cibles qui, étant de plus petite dimension ou n'ayant pas été désignées initialement comme espèces cibles, pourront apporter autant, voire plus d'informations que ces dernières.

9.12. Expérience pilote du protocole QPBS dans les centres de plongée du détroit de Gibraltar et les zones atlantiques limitrophes

Pour évaluer les forces et les faiblesses du protocole méthodologique exposé ci-dessus, une expérience a été lancée en janvier 2013 dans le cadre du projet européen MedPAN-Nord, avec la participation bénévole des centres et clubs de plongée du détroit de Gibraltar et des aires limitrophes (**photo 91, figs. 27 et 28**). Le tout premier but de cette initiative était de l'étendre sur tout le littoral atlantique et méditerranéen de l'Andalousie (sud de la péninsule Ibérique), non seulement pour détecter tout changement anormal local (en particulier dans les zones sensibles des AMP de la Méditerranée et leurs zones limitrophes) mais aussi pour surveiller tout changement anormal susceptible de survenir dans le gradient Atlantique-Méditerranée (séries longues), tout spécialement lié au réchauffement de la planète. Les deux espèces cibles sélectionnées parmi plusieurs espèces accompagnantes également sensibles, sont les anthozoaires *Astroides calycularis* et *Paramuricea clavata*, toutes deux abondantes sur les côtes du détroit de Gibraltar et dans les zones limitrophes. Toutefois, nous

recommandons maintenant d'étendre ce suivi environnemental sur tout le bassin méditerranéen, dans et en dehors des aires marines protégées et leurs zones limitrophes.

Les clubs et centres de plongée qui participent à l'expérience de janvier 2013 sont: Club Universitario de Actividades Subacuáticas de Séville (Club universitaire d'activités sous-marines de Séville – CUASS), Club Buceo del Campo de Gibraltar (Club de plongée du Campo de Gibraltar, La Línea), Club Náutico de La Línea (Club nautique de La Línea, section plongée), Club Buceo del Estrecho (Club de plongée du détroit, Algésiras), Caetaria (Algésiras), CIES Sub Algeciras, CIES Sub Tarifa, Scorpora (Tarifa), Nature Explorer (Barbate), Club Náutico Urta de Rota (Club nautique Urta de Rota section

plongée), Ocean Addicts (Conil de la Frontera). Les plongeurs engagés dans le programme sont mentionnés dans l'annexe et nous envisageons, avec leur collaboration, la création de « sections de plongée environnementale » dans leurs clubs respectifs.

Il est en outre prévu d'installer plusieurs stations sentinelles dans les aires atlantiques proches de l'estuaire du Guadalquivir, en vue d'étudier l'évolution des espèces indicatrices benthiques selon leur tolérance aux phénomènes extrêmes de turbidité et de sédimentation liés à l'important apport de solides en suspension par le fleuve lors de fortes précipitations. Ce sont les seules stations sentinelles qui, pour collecter des informations comparées, seront installées sur des systèmes benthiques par définition fluctuants.



Phot. 91

**BUCEO AMBIENTAL Y ESTACIONES-CENTINELA
PARA EL SEGUIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y
LA DETECCIÓN DE IMPACTOS EN LA ZONA LITORAL.**



Club Universitario de
Actividades Subacuáticas
de Sevilla (CEASUS)

CIES-SUB Aléznar

CIES-SUB Tarifa

Club de Buceo Cádiz

Club de Buceo Campo Gibraltar

Club de Buceo El Estrecho

Club de Buceo Nature Explorer

Club de Buceo Scorpa

Club Náutico Urta. Sección de Buceo

Real Club Náutico de La Línea

Fig. 27



PROYECTO: BUCEO AMBIENTAL Y ESTACIONES-CENTINELA
PARA EL SEGUIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA
DETECCIÓN DE IMPACTOS EN LA ZONA LITORAL.

Fig. 28

10

**ESPÈCES BENTHIQUES
TOLÉRANTES OU
EURYÈGES (SESSILES)**





MACROALGUES

10.1. *Codium bursa* (Olivi) C. Agardh, 1817



R-M-F

Phot. 94

Embranchement: Chlorophyta

Classe: Ulvophyceae

Ordre: Bryopsidales

Famille: Codiaceae

Genre: *Codium*

Nom vernaculaire: codium en boule, algue feutrée en boule, « béret basque »

Description

Cette algue se présente sous la forme d'une boule dont le diamètre varie de 5 à 40 cm. De couleur vert foncé, elle a une consistance spongieuse et élastique. Elle est creuse à l'intérieur, de sorte que les spécimens de grande taille peuvent être aplatis ou déprimés au centre.

Biotope

On la trouve généralement sur des fonds rocheux peu inclinés et bien éclairés où elle se développe en solitaire ou en groupe. Elle vit entre 1 et 45 mètres de profondeur, et elle a été signalée à 90 mètres.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, de l'Irlande aux Canaries. Présente dans toute la Méditerranée, y compris le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce à large valence écologique, elle est donc tolérante aux changements environnementaux (García-Gómez, 2007).

Grâce à sa croissance et ses caractéristiques morphologiques, *Codium bursa* est une espèce paradigmatique de la tolérance aux conditions de stress (Vidondo et Duarte, 1995) et, en dépit de ses vulnérabilités apparentes, elle bénéficie d'un fort taux de réussite écologique et compétitive (Geertz-

Hansen *et al.*, 1994). Cette espèce a été intégrée au groupe écologique des opportunistes et associée à des environnements légèrement dégradés (Orlando-Bonaca et Lipej, 2009; Bermejo *et al.*, 2012), car on la trouve fréquemment dans des zones où ne vivent que des espèces tolérantes à la pollution (Parlakay *et al.*, 2005).

Néanmoins, dans des systèmes de haute qualité environnementale (**photos 94 et 95**), elle peut contribuer à détecter des changements négatifs provoqués par un excès de sédimentation (dus notamment à la surverse «overflow», d'un dragage effectué à proximité), car le sédiment qui se dépose anormalement provoque une épibiose atypique d'autres macroalgues comme celle figurant sur la **photographie 65 (chapitre 8.9)**. Si cette espèce supporte d'être en partie recouverte par des sédiments (**photo 96**), une sédimentation excessive, si elle n'est pas ultérieurement éliminée par les courants ou sous l'action des vagues, peut entraîner la mort des spécimens affectés (**photo 97**).



Phot. 95



Phot. 96



Phot. 97

10.2. *Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje, 1829



Phot. 98

Embranchement: Chlorophyta

Classe: Ulvophyceae

Ordre: Bryopsidales

Famille: Codiaceae

Genre: *Codium*

Nom vernaculaire: codium en forme de ver

Description

Algue de couleur vert foncé. Elle présente un axe cylindrique à ramification dichotomique, fréquente et peu régulière. Les cordons latéraux sont courts. Elle est attachée au substrat par un large disque basal aplati, en forme d'écaille. Elle a une consistance spongieuse et élastique et sa surface est couverte de poils délicats qui lui confèrent un aspect laineux. (**Photos 98 et 99**).

Biotope

Cette espèce est présente toute l'année. Elle s'implante sur les fonds rocheux, de 3 à 50 mètres de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, de la Scandinavie au Maroc. Présente dans toute la Méditerranée, y compris le détroit de Gibraltar. Également présente dans la mer Noire.

Tolérance environnementale

Cette espèce a été observée dans des environnements portuaires de faible qualité environnementale (observation personnelle), de sorte que son utilisation comme indicateur de bonnes conditions écologiques n'est pas conseillée.



JCGG

10.3. *Ulva compressa* Linnaeus, 1753



Phot. 100

Embranchement: Chlorophyta

Classe: Ulvophyceae

Ordre: Ulvales

Famille: Ulvaceae

Genre: *Ulva*

Nom vernaculaire: entéromorphe, «cheveux de mer»

Description

Cette espèce se caractérise par sa couleur vert foncé. Elle est formée de lanières aplaties, creuses, qui peuvent être très ramifiées, et ces ramifications sont également aplaties. Sa longueur s'étend de 5 à 40 cm et ses ramifications peuvent atteindre 2 cm. Les ramules s'élargissent de la base vers l'extrémité. Cette espèce, annuelle, est plus abondante au printemps et en hiver. (**Photos 100 et 101**).

Biotope

Elle se développe sur des fonds rocheux et sableux faiblement inclinés, surtout en milieu battu. Fréquente dans les eaux saumâtres. On la trouve de l'étage médiolittoral, jusqu'à 10-15 mètres de la surface. (**Photo 102**).

Distribution

Espèce cosmopolite.

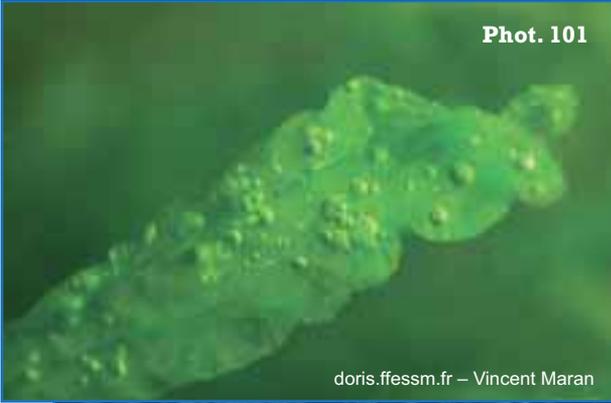
Tolérance environnementale

Cette espèce présente un degré de tolérance élevé à la pollution organique et à l'eutrophisation (Yüsek *et al.*, 2006; Scanlan *et al.*, 2007). Elle peut donc être classée parmi les espèces opportunistes (Orlando-Bonaca *et al.*, 2008) ou dominantes (López-Gappa *et al.*, 1990; Pinedo *et al.*, 2007).

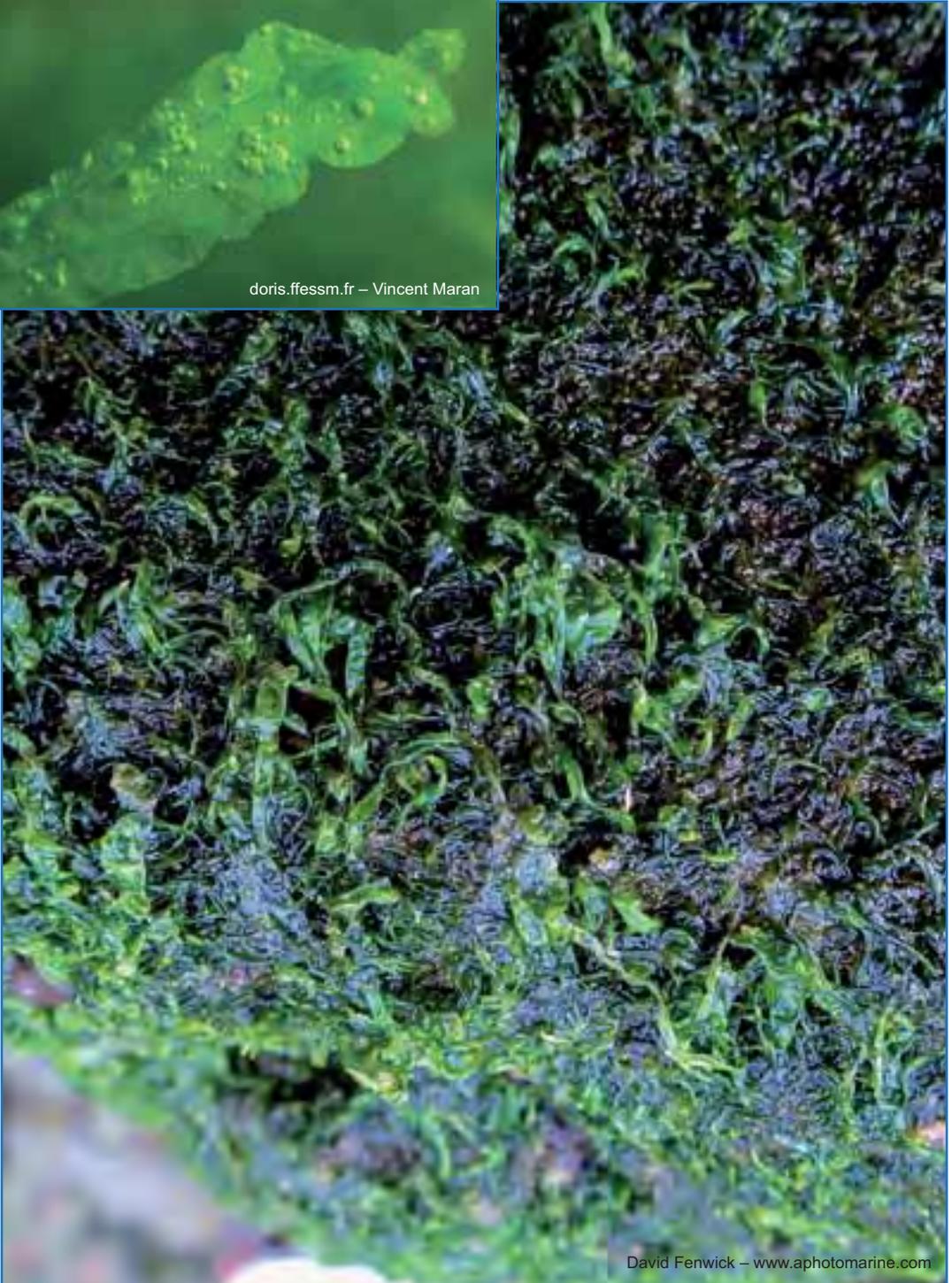
Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom d'*Enteromorpha compressa*.

Phot. 101



doris.ffessm.fr – Vincent Maran



David Fenwick – www.aphotomarine.com

Phot. 102

10.4. *Ulva lactuca* Linnaeus, 1753



Phot. 103

Embranchement: Chlorophyta
Classe: Ulvophyceae
Ordre: Ulvales
Famille: Ulvaceae
Genre: *Ulva*
Nom vernaculaire: laitue de mer

Description

Cette espèce, de couleur vert clair à vert foncé, comporte des feuilles plates et fines dont la longueur peut atteindre 1 m et la largeur 20 cm. Certaines parties sont étroites, à lobes polymorphes, d'autres plus larges, souvent perforées. Elle est fixée au substrat par un petit disque basal. (**Photo 103**).

Biotope

Elle peut se développer sur des rochers et sur d'autres algues. On la trouve à partir des niveaux supérieurs du littoral jusqu'à 10 mètres de profondeur. (**Photo 104**).

Distribution

Espèce cosmopolite, plutôt rare en Méditerranée.

Tolérance environnementale

Ulva lactuca, comme d'autres espèces du genre *Ulva*, est résistante à la pollution et aux perturbations associées à des événements d'eutrophisation et de pollution organique (Golubic, 1970; Pinedo *et al.*, 2007; Scanlan *et al.*, 2007). Dans plusieurs études et méthodologies associées à la directive-cadre de l'Europe sur l'eau, *U. lactuca* est considérée comme une espèce opportuniste et présentant un faible niveau de sensibilité environnementale (Ballesteros *et al.*, 2007; Wells *et al.*, 2007).

Autres informations

Cette algue comestible est également utilisée comme fertilisant en agriculture, ainsi qu'en cosmétique.

Compte tenu de la forte similitude de cette espèce avec *Ulva australis*, mentionnée dans la péninsule Ibérique (Altamirano, communication personnelle), il convient d'examiner de manière approfondie les spécimens détectés pour une identification précise de l'espèce.



JCGG

10.5. *Ulva rigida* C. Agardh, 1823



Phot. 105

Embranchement: Chlorophyta
Classe: Ulvophyceae
Ordre: Ulvales
Famille: Ulvaceae
Genre: *Ulva*
Nom vernaculaire: laitue de mer

Description

Algue dont la couleur varie du vert foncé au vert clair, d'une hauteur de 5 à 30 cm, elle peut se déployer sur plus de 1 m de diamètre dans certaines zones. Elle est formée d'une lame très mince et cartilagineuse, relativement rigide, aux bords plus ou moins crénelés; les bordures inférieures peuvent présenter des dents microscopiques. Elle est fixée au substrat par un pédoncule très court ou quasiment inexistant. Cette espèce, pérenne, est plus abondante au printemps et en hiver. (**Photo 105**).

Biotope

Elle vit surtout sur les fonds rocheux, en milieu battu. Commune dans les ports et les lagunes littorales. On la trouve à partir des niveaux supérieurs du littoral jusqu'à 15-20 mètres de profondeur. (**Photos 106 et 107**).

Distribution

Dans l'Atlantique Est, de la Scandinavie et l'Islande aux Canaries, dans l'Atlantique Ouest, en Méditerranée, en mer Noire, et dans l'océan Pacifique.

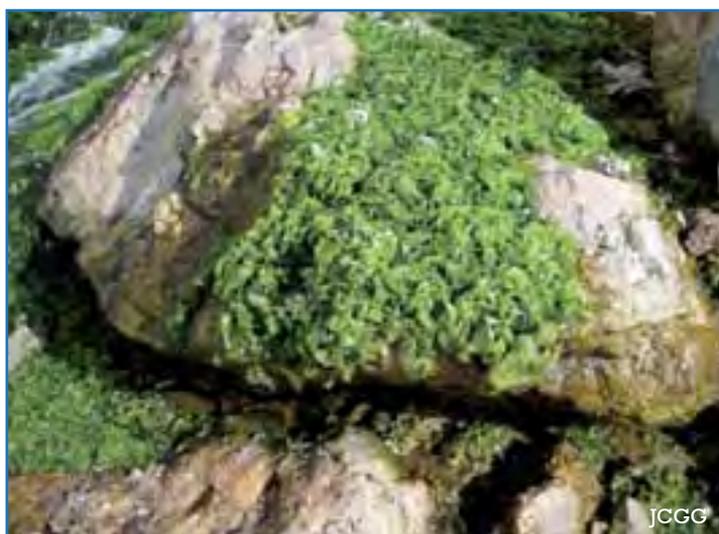
Tolérance environnementale

Ulva rigida est une espèce fréquemment citée comme opportuniste (Orlando-Bonaca *et al.*, 2008; Sfriso et Facca, 2011; García-Sánchez *et al.*, 2012) souvent dominante dans les aires affectées par une pollution organique (Sfriso *et*

al., 2001), une eutrophisation (Scanlan *et al.*, 2007) et une anoxie, y compris lorsque ces paramètres de perturbation sont élevés (Munda, 1993).

Autres informations

Cette espèce supporte la pollution et le stress environnemental et lorsqu'elle est présente parmi les communautés de *Cystoseira mediterranea* ou de *Lithophyllum lichenoides*, cela indique qu'il existe un certain stress environnemental et que ces communautés se trouvent dans une première phase de régression.



Phot. 106



Phot. 107

10.6. *Asparagopsis armata* Harvey, 1855



Phot. 108

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Bonnemaisoniales

Famille: Bonnemaisoniaceae

Genre: *Asparagopsis*

Nom vernaculaire: harpon de Neptune, algue harpon

Description

Algue dont la forme évoque une asperge, pouvant atteindre 30 cm de hauteur. Les axes principaux sont cylindriques et la ramification irrégulière, les axes portent une succession alternée de rameaux garnis de filaments formant des touffes pyramidales. Cette algue possède aussi des rameaux en forme de harpons d'une longueur de 3 cm environ. Elle est de couleur rouge rosé à rose pâle et présente un contour pyramidal. Espèce annuelle. (**Photos 108 et 109**).

Biotope

Cette espèce vit sur des fonds rocheux peu profonds et bien éclairés. Elle se fixe fréquemment sur d'autres espèces d'algues. Elle se développe entre la surface et 3 à 5 mètres de profondeur.

Distribution

Espèce invasive originaire d'Australie et de Nouvelle-Zélande, elle est apparue en Méditerranée en 1925. On la trouve également dans le détroit de Gibraltar et dans l'Atlantique Est, des îles Shetland au Maroc.

Tolérance environnementale

Dans le Méditerranée, cette espèce s'est installée avec succès dans un étage déterminé et vit parfaitement intégrée parmi la communauté des algues

photophiles depuis les années 1920 (Horridge, 1951; Pacios *et al.*, 2011). Si son apport à l'écosystème est faible (elle n'est comestible que pour peu d'espèces), elle n'est pas nuisible comme *Caulerpa taxifolia*, autre espèce invasive ; nous n'avons donc aucun motif pour l'exclure de l'approche de cet ouvrage. Sa principale caractéristique négative est le fait qu'elle soit très invasive (Klein *et al.*, 2005), elle peut en effet déplacer des espèces autochtones moins compétitives (Boudouresque et Verlaque, 2002; Klein et Verlaque, 2009).



Phot. 109

10.7. *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan de Saint-Léon, 1845



Phot. 110

Embranchement: Rhodophyta
Classe: Florideophyceae
Ordre: Bonnemaisoniales
Famille: Bonnemaisoniaceae
Genre: *Asparagopsis*
Nom vernaculaire: algue chevelue
rouge

Description

Espèce ressemblant à *Asparagopsis armata*, elle se compose d'un thalle de 10 à 30 cm formé d'un axe principal qui se termine en touffe pyramidale et comporte des ramifications radiales irrégulières à partir du premier tiers basal, également en forme de touffes pyramidales. Elle se différencie d'*A. armata* par l'absence de ramules en forme de harpons. Sa couleur varie du rouge foncé au rose pâle. Espèce annuelle. (**Photo 110**).

Biotope

Cette espèce a une prédilection pour les fonds rocheux bien éclairés (**photos 111 et 112**). On la trouve généralement de l'étage subtidal jusqu'à 20 mètres de profondeur dans la zone du détroit de Gibraltar.

Distribution

Espèce invasive cosmopolite, des zones tropicales et subtropicales. Sa présence en Méditerranée indique son entrée principalement par le canal de Suez, mais éventuellement à travers la partie Atlantique Est.



Phot. 111

Tolérance environnementale

Asparagopsis taxiformis est considérée comme une espèce très invasive (Altamirano *et al.*, 2008; Tsiamis *et al.*, 2013) et elle tolère des conditions de pollution et de charge organique modérées (Titlyanov et Titlyanova, 2013).

Autres informations

Cette espèce présente une forte activité antimicrobienne (González del Val *et al.*, 2001 ; Manilal *et al.*, 2009) et «antifouling» (Manilal *et al.*, 2010), ce qui en fait une excellente compétitrice.



Phot. 112

10.8. *Caulacanthus ustulatus* (Mertens ex Turner) Kützing, 1843



Phot. 113

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Gigartinales

Famille: Caulacanthaceae

Genre: *Caulacanthus*

Nom vernaculaire: caulacanthé
brûlée

Description

Algue de couleur brun rouge à vert olive. Elle peut atteindre 1 à 2 cm de longueur et forme d'épais tapis inextricables, cartilagineux et filamenteux (**photos 113 et 114**). Elle se constitue d'un axe segmenté qui s'érige au-dessus du tapis et dont partent de nombreuses ramifications latérales de 0,2 à 0,4 mm de largeur.

Biotope

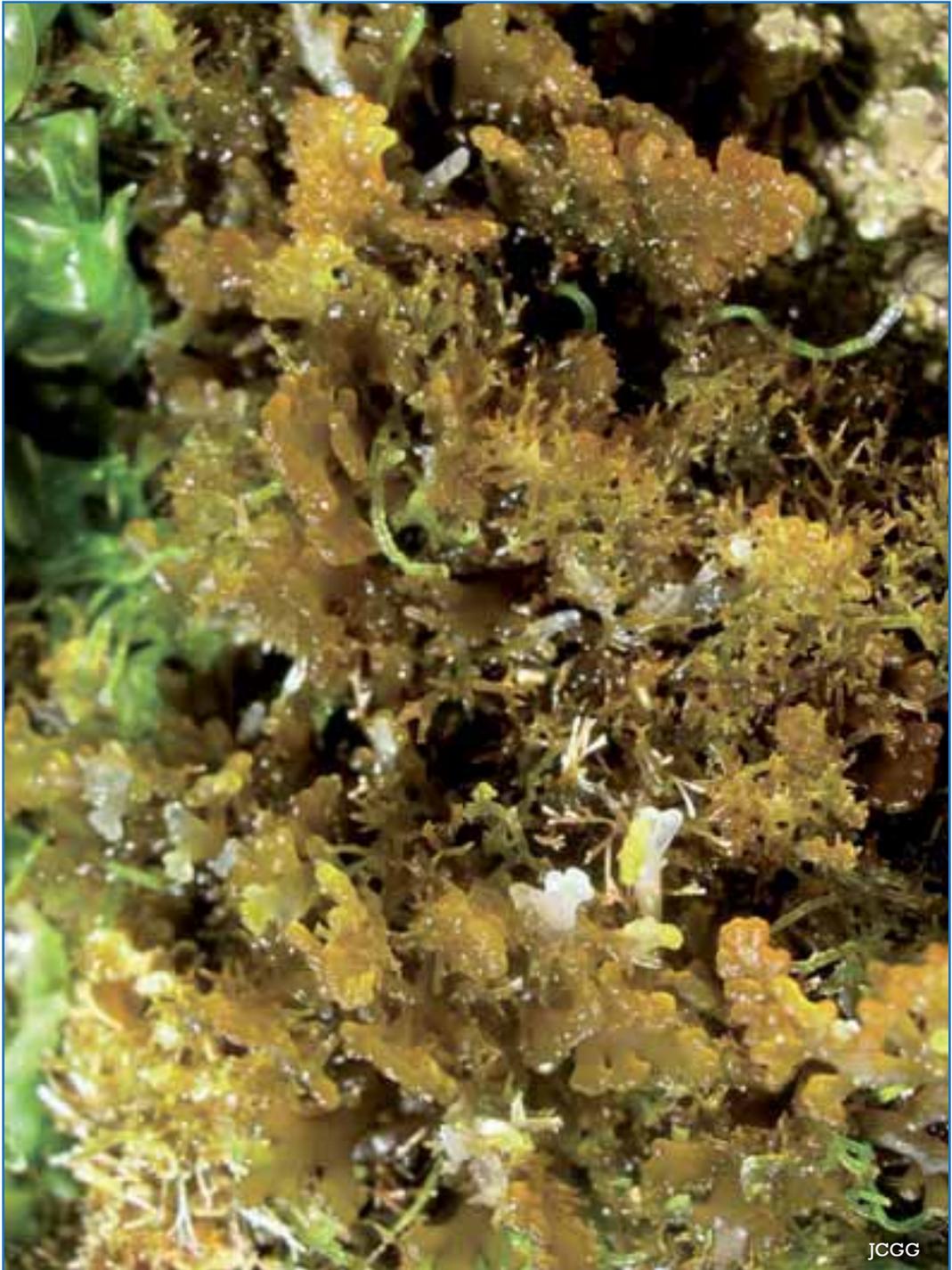
On la trouve sur les roches et de grandes pierres ainsi que sur les parties basales de l'algue *Cystoseira*. C'est une espèce particulièrement intertidale.

Distribution

Méditerranée et détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Caulacanthus ustulatus est moyennement tolérante aux conditions de perturbation (Bard, 1998), on la rencontre fréquemment comme opportuniste dans les aires modérément polluées (Sfriso et Facca, 2011). Elle est toutefois présente dans des zones très polluées ou dégradées (Díez *et al.*, 2009, 2013).



JCCG

Phot. 114

10.9. *Ellisolandia elongata* (J. Ellis and Solander) K. R. Hind and G. W. Saunders, 2013



Phot. 115

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Corallinales

Famille: Corallinaceae

Genre: *Ellisolandia*

Nom vernaculaire: lichen de mer

Description

Algue érigée, à ramification pennée et axes ramifiés, articulés et calcifiés. De couleur rose violacé ou gris violacé, elle forme des couvertures très épaisses et résistantes à l'action des vagues (**photo 115**). Elle ressemble énormément à *Corallina officinalis*, mais se distingue de cette dernière par ses articles ramifiés et plats (**photo 116**).

Biotope

Vit sur un substrat rocheux de l'étage médiolittoral inférieur et des premiers niveaux infralittoraux ; elle peut rester hors de l'eau. On la rencontre fréquemment dans les mares ou cuvettes médiolittorales.

Distribution

Méditerranée, mer Noire, mer d'Alboran et détroit de Gibraltar. Atlantique Nord-Ouest, des îles Britanniques à la Mauritanie.

Tolérance environnementale

En dépit de son apparence vigoureuse et



Phot. 116

bien qu'elle préfère des eaux propres et battues (**photo 115**), elle résiste également à des conditions environnementales précaires (Gorostiaga *et al.*, 2004; García-Gómez, 2007), voire à une pollution organique et un taux de sédimentation élevé (Diez *et al.*, 1999; Soltan *et al.*, 2001; Arévalo *et al.*, 2007). *Ellisolandia elongata* occupe une place non négligeable dans les groupes qui remplacent les communautés de *Cystoseira* sur les enclaves rocheuses dès que ces dernières sont affectées par la pollution (Benedetti-Cecchi *et al.*, 2001). Elle colonise avec succès (plus de 90 % de la couverture) les enrochements artificiels des installations portuaires (**photos 117 et 118**).

Autres informations

Cette espèce était auparavant nommée *Corallina elongata* et *Corallina mediterranea*.

Phot. 118



JCGG



Phot. 117

JCGG

10.10. *Gelidium pusillum* (Stackhouse) Le Jolis, 1863



Phot. 119

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Gelidiales

Famille: Gelidiaceae

Genre: *Gelidium*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Algue de couleur brun rouge foncé formant d'épais tapis. Elle ne s'élève qu'à 1 à 3 cm, elle est rigide, coriace et très ramifiée. Son aspect est très irrégulier, les axes sont cylindriques et aplatis aux pointes, l'apex des ramifications s'élargit en s'aplatissant. (**Photos 119 et 120**).

Biotope

Vit sur les fonds rocheux, ombragés et battus par les vagues. Se développe dans des zones relativement polluées et sales. On les trouve de la surface jusqu'à 15-20 m de profondeur.

Distribution

Espèce cosmopolite.

Tolérance environnementale

Cette algue tolère le stress environnemental provoqué par la pollution. Elle est l'une des espèces caractéristiques qui dominent proportionnellement au degré de pollution (Littler et Murray, 1975; Díez *et al.*, 1999). Elle est citée comme opportuniste et remplace d'autres espèces moins tolérantes à l'eutrophisation et à la pollution organique (Littler et Littler, 1981; May, 1985; Sfriso et Facca, 2011; García-Sánchez *et al.*, 2012).



IB

Phot. 120

10.11. *Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq, 1993



Phot. 121

Embranchement: Rhodophyta
Classe: Florideophyceae
Ordre: Gigartinales
Famille: Gigartinaceae
Genre: *Chondracanthus*
Nom vernaculaire: aucun

Description

Espèce de couleur rouge foncé, sauf l'été où elle se décolore et présente une couleur brun olive (**photo 121**). Elle mesure de 5 à 10 cm de hauteur et le diamètre de ses ramifications est de 1 à 3 mm. Elle présente un axe principal cylindrique légèrement comprimé aux ramifications irrégulières. Les ramifications sont pointues, incurvées et se terminent en ramilles pointues et incurvées (**photos 122 et 123**), qui se fixent dès qu'elles entrent en contact avec un substrat, l'algue présente donc un aspect rampant. Sa consistance est cartilagineuse. Cette espèce, pérenne, est plus abondante en automne et en hiver. Elle forme sur les rochers des tapis étendus et compacts.

Biotope

Elle vit dans des zones bien éclairées et supporte d'être recouverte par le sable. On la trouve de la surface jusqu'à 5 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Cameroun. Présente en Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar, et dans l'Atlantique Nord-Ouest.

Tolérance environnementale

Chondracanthus acicularis tolère un taux de sédimentation élevé (Gorostiaga

et al., 1998), ainsi que des niveaux faibles à modérés de pollution (Mallia et Schembri, 1995; Díez *et al.*, 2009; Scherner *et al.*, 2013). On peut la trouver dans des zones fortement eutrophisées (Chrysovergis et Panayotidis, 1995) mais elle peut être considérée comme une espèce caractéristique des dernières phases de la succession écologique (Borja *et al.*, 2012).

Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom *Gigartina acicularis*.

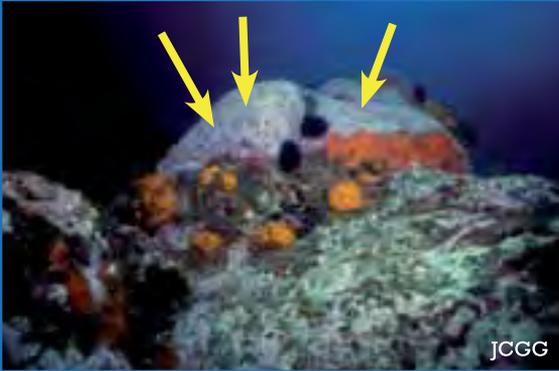


Phot. 123



Phot. 122

10.12. *Lithophyllum incrustans* R. A. Philippi, 1837



Phot. 124

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Corallinales

Famille: Corallinaceae

Genre: *Lithophyllum*

Nom vernaculaire: algue feuille de pierre encroûtante

Description

Algue calcaire encroûtante, possédant un thalle de 3 à 4 cm de diamètre et des croûtes généralement épaisses. Espèce très polymorphe, de couleur rose violacé ou grisâtre. Les spécimens les plus âgés présentent des thalles aux bords ondulés qui, s'ils entrent en contact avec d'autres individus, forment des bourrelets bien apparents.

Biotope

En général, cette algue tapisse des blocs rocheux naturels battus par les vagues mais on la trouve également dans des zones où l'hydrodynamisme est modéré. Elle peut recouvrir des résidus calcaires d'origine biogénique. On la rencontre à l'étage médiolittoral inférieur (y compris dans les mares intertidales) et dans la zone subtidale où elle est très commune jusqu'à 20 m de profondeur.

Distribution

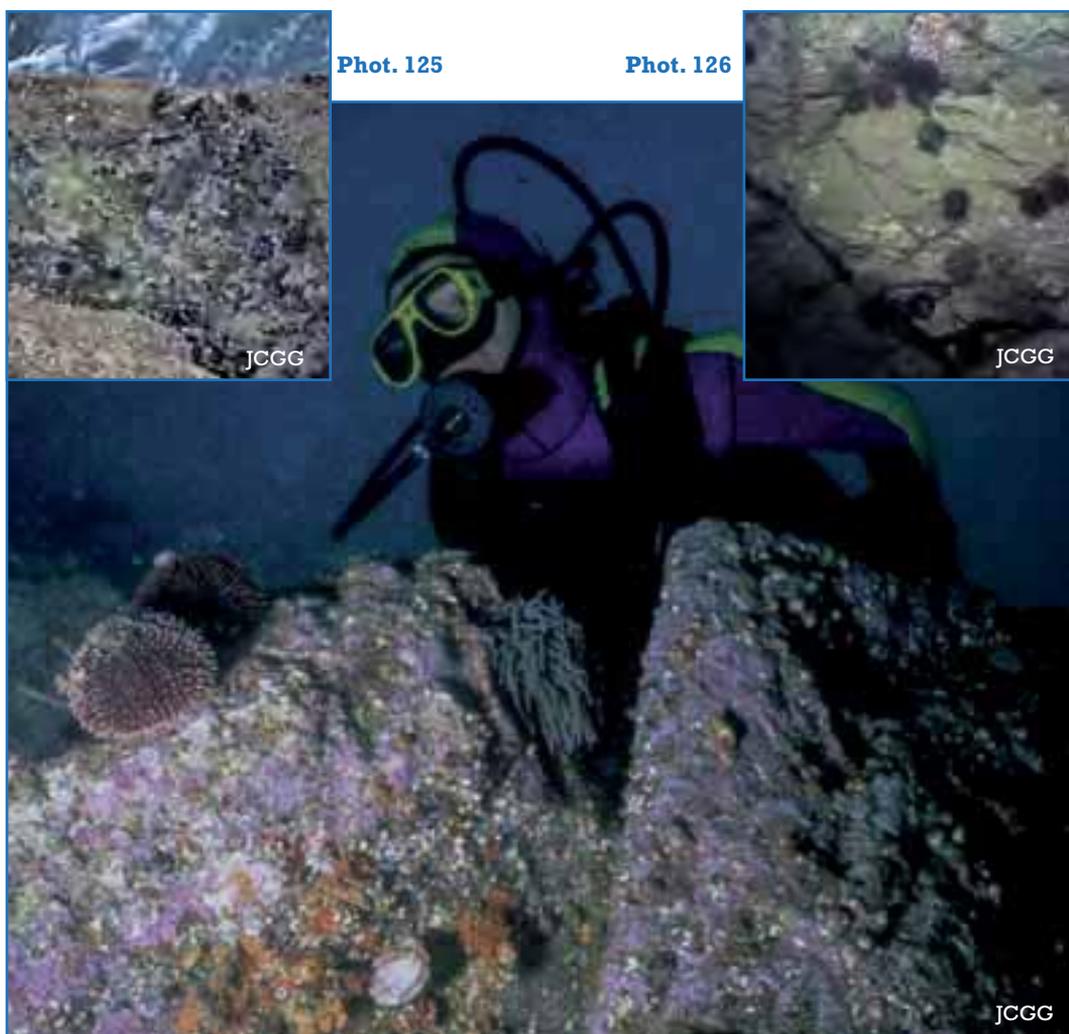
Méditerranée et Atlantique.

Tolérance environnementale

Espèce à large valence écologique, elle est donc tolérante à diverses conditions environnementales (García-Gómez, 2007). Dans plusieurs études consacrées aux indicateurs de qualité écologique, elle est habituellement

située dans une fourchette de moyenne à faible (Pinedo *et al.*, 2003; Torras *et al.*, 2003; Bermejo *et al.*, 2013).

La **photographie 124** montre les couvertures (tons rosés) des rochers dans une zone semi-battue aux eaux propres, renouvelées et limpides (à côté d'autres indicateurs de haute qualité environnementale, comme le corail orange *Astroïdes calycularis*). Elle apparaît également sur la **photographie 125**, dans des mares intertidale de haute qualité environnementale (petites taches roses isolées). On peut aussi la trouver dans des zones de médiocre qualité environnementale, à proximité d'installations portuaires (**photo 126**) et de qualité encore plus faible, soumises à une sédimentation et une charge organique modérées (Soltan *et al.*, 2001; Arévalo *et al.*, 2007) (**photo 127**).



Phot. 125

Phot. 126

Phot. 127

10.13. *Mesophyllum alternans* (Foslie) Cabioch and M. L. Mendoza, 1998



Phot. 128

Embranchement: Rhodophyta
Classe: Florideophyceae
Ordre: Corallinales
Famille: Hapalidiaceae
Genre: *Mesophyllum*
Nom vernaculaire: mésophylle

Description

Espèce encroûtante de 2 à 25 cm de diamètre. Elle est calcifiée et forme des lamelles foliacées ou lobulaires friables et légèrement brillantes, très ondulées et portant des stries concentriques (**photo 128**). Le bord est globulaire, incurvé, arrondi, bombé et légèrement renflé. La surface peut comporter des verrues hémisphériques, liées à la reproduction. Sa couleur varie du rose violacé au brun jaunâtre, et les lamelles sont margées de blanc. Espèce pérenne.

Biotope

Elle apparaît sur les fonds rocheux ombragés (**photo 129**) aux eaux modérément battues. On la trouve également sur d'autres organismes, notamment les algues du genre *Laminaria* et les phanérogames marines. Elle est présente de la surface jusqu'à 30-35 m de profondeur.



Phot. 129

Distribution

Présente dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques à la Mauritanie, et en Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Mesophyllum alternans est une espèce très tolérante aux conditions d'éclairage, de température et d'hydrodynamisme (Hergueta *et al.*, 2004; Ballesteros, 2006), elle est donc dominante dans de nombreux environnements aux eaux peu ou moyennement profondes. Elle a également été citée comme modérément résistante à la pollution organique (Terlizzi *et al.*, 2002). Elle est néanmoins la principale algue formatrice des systèmes du coralligène (Garrabou et Ballesteros, 2000; Piazzi *et al.*, 2010), l'un des écosystèmes les plus riches et variés de Méditerranée, caractéristique des milieux plus profonds et plus stables (et donc plus sensibles).

Formée de lamelles partiellement superposées très structurées et rigides, ces algues sont très vulnérables aux chocs, voire au simple appui de la main des plongeurs ou des promeneurs qui fouillent les rochers de la zone intertidale (**photos 130 et 131**), c'est la raison pour laquelle ce type d'organisme, qui évoque de jolies pierres colorées, est très souvent endommagé par inadvertance ou méconnaissance des promeneurs.

Phot. 130



Phot. 131

10.14. *Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy, 1960



Phot. 132

Description

Algue laminaire érigée de 4 à 15 cm de hauteur et quasiment autant de largeur. Elle présente une forme d'éventail ou d'entonnoir, et le bord supérieur est légèrement enroulé et orné de fines rangées de poils. Elle est de couleur brun verdâtre à blanchâtre. La surface zonée de bandes bien marquées, renforcées par des incrustations de calcaire, présente une série de stries concentriques. Sa consistance est membraneuse et coriace. Cette espèce est présente toute l'année. (**Photo 132**).

Biotope

Elle se développe sur les rochers et les pierres des fonds peu profonds bien éclairés, horizontaux ou peu inclinés, aux eaux calmes. Les spécimens jeunes apparaissent au printemps. On la trouve de la limite inférieure de la marée jusqu'à 30 m de profondeur. On peut aussi la rencontrer dans des mares intertidales bien éclairées. (**Photos 133 et 134**).

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques à la Mauritanie. Également présente dans l'Atlantique Nord-Ouest. Présente dans toute la Méditerranée, y compris le détroit de Gibraltar. Elle est également présente en mer Noire, océan Pacifique et océan Indien jusqu'en Australie et Polynésie Française.

Tolérance environnementale

Cette espèce a été classée comme sensible à la pollution (Boisset-López, 1989; Mallia et Schembri, 1995) ou aux perturbations anthropogéniques (García-Sánchez *et al.*, 2012). Plusieurs études l'ont aussi cataloguée comme faisant partie des dernières étapes de succession écologique (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003).

On peut néanmoins la trouver dans des zones présentant un niveau de pollution faible à modéré, où elle remplace des communautés bien plus sensibles à la pollution (Munda, 1993). Par conséquent, son rôle d'indicateur environnemental est discutable et nous considérons cette espèce comme tolérante.



Phot. 133



Phot. 134

10.15. *Pterocliadiella capillacea* (S. G. Gmelin) Santelices and Hommersand, 1997



Phot. 135

Embranchement: Rhodophyta
Classe: Florideophyceae
Ordre: Gelidiales
Famille: Pterocliadiaceae
Genre: *Pterocliadiella*
Nom vernaculaire: aucun

Description

Cette algue rouge noirâtre mesure de 5 à 20 cm de hauteur. Elle est constituée d'un axe principal aplati d'une épaisseur de 1 à 2 mm, qui se ramifie abondamment à partir du premier tiers inférieur. Les ramifications sont disposées sur un plan. Sa consistance est molle et souple. Cette espèce est présente toute l'année. (**Photos 135 - 137**).

Biotope

Elle vit dans des zones peu éclairées, aux eaux calmes ou légèrement battues et se fixe généralement sur des parois présentant d'étroites fissures. Elle occupe un étage de 0 à 1 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Maroc, dans l'Atlantique Nord-Ouest, en mer Noire, en mer de Chine et en Méditerranée.



Phot. 136

Tolérance environnementale

Pterocliadiella capillacea est une espèce que l'on peut trouver dans des aires fortement affectées par des rejets polluants ou une eutrophisation (May, 1985; Chrysovergis et Panayotidis, 1995), en remplacement d'autres espèces plus sensibles aux perturbations (Littler et Murray, 1975). Elle est citée comme tolérante à la pollution organique (Mallia et Schembri, 1995) et aux hydrocarbures (Binark *et al.*, 2000).

Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom *Pterocladia capillacea*.



Phot. 137

10.16. *Plocamium cartilagineum* (Linnaeus)

P. S. Dixon, 1967



Phot. 138

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Plocamiales

Famille: Plocamiaceae

Genre: *Plocamium*

Nom vernaculaire: plocamium
cartilagineux

Description

Algue de couleur rouge vif formant des touffes mesurant jusqu'à 30 cm de hauteur, et plus de 30 cm de largeur. Elle possède plusieurs axes plats principaux de 2 à 4 cm de largeur, en forme de zigzag. De nombreuses ramifications latérales et rameaux secondaires alternés partent de ces axes. La ramification est régulière. Les dernières ramules sont arquées et forment un petit peigne (**photos 138 et 139**). Consistance cartilagineuse. La forme générale évoque un éventail. Algue annuelle.

Biotope

Elle se développe généralement sur les fonds rocheux, les surplombs et les enclaves verticales. Elle se fixe aussi sur d'autres algues. Vit dans les zones ombragées où le mouvement des eaux est agité à modéré. On la trouve à partir de 1 mètre jusqu'à une grande profondeur. (**Photos 140 et 141**).



Phot. 139

Distribution

Dans l'Atlantique Est, de la Norvège au Sénégal. Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar. Océan Pacifique.

Tolérance environnementale

Les qualités de *Plocamium cartilagineum* comme espèce bioindicatrice suscitent quelques controverses.

D'une part, certaines données encouragent à l'utiliser comme bioindicateur sensible: c'est une espèce qui apparaît, aux côtés d'autres macroalgues, lors des étapes intermédiaire et avancée de recolonisation des zones polluées, dès que la pollution régresse ou disparaît (Gorostiaga *et al.*, 2004). Elle a également été utilisée comme espèce représentative pour le suivi d'un port, dans des conditions de faible perturbation (Van Rein *et al.*, 2011).

Elle a néanmoins été observée dans des zones fortement perturbées (décharges urbaines, industrielles et agricoles), présentant en outre un niveau d'accumulation de plomb élevé (Benkdad *et al.*, 2011). De plus, face à une contamination par des hydrocarbures, en dépit de dommages évidents, elle a révélé une capacité de récupération rapide (Cullinane, 1975).

En raison de cette ambiguïté, son rôle d'indicateur environnemental est discutable, mais nous l'intégrons provisoirement dans cet ouvrage comme espèce tolérante même si, selon nos propres observations, elle a toujours été observée dans des eaux propres où l'hydrodynamisme est modéré à élevé, et jamais dans des eaux perturbées selon les critères de Benkdad *et al.* (2011).



Phot. 140



Phot. 141

10.17. *Ectocarpus* spp. Lyngbye, 1819



Phot. 142

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Ectocarpales

Famille: Ectocarpaceae

Genre: *Ectocarpus*

Nom vernaculaire: aucun

Description

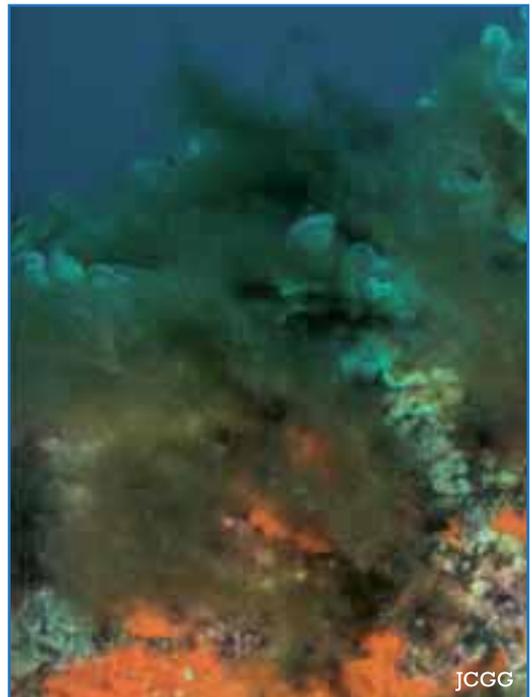
Algue de couleur vert jaunâtre et d'aspect filamenteux, de consistance gélatineuse. Elle est formée de longs et fins filaments ramifiés (jusqu'à 50 cm). Elle peut être ramifiée. (**Photo 142**). Elle est généralement abondante au printemps.

Biotope

Elle peut se fixer sur des fonds rocheux (épilithe) ou sur de grandes algues (épiphyte). Son habitat s'étend de la surface à plusieurs mètres au-dessous de la marée. (**Photos 143 et 144**).

Distribution

Espèce cosmopolite.



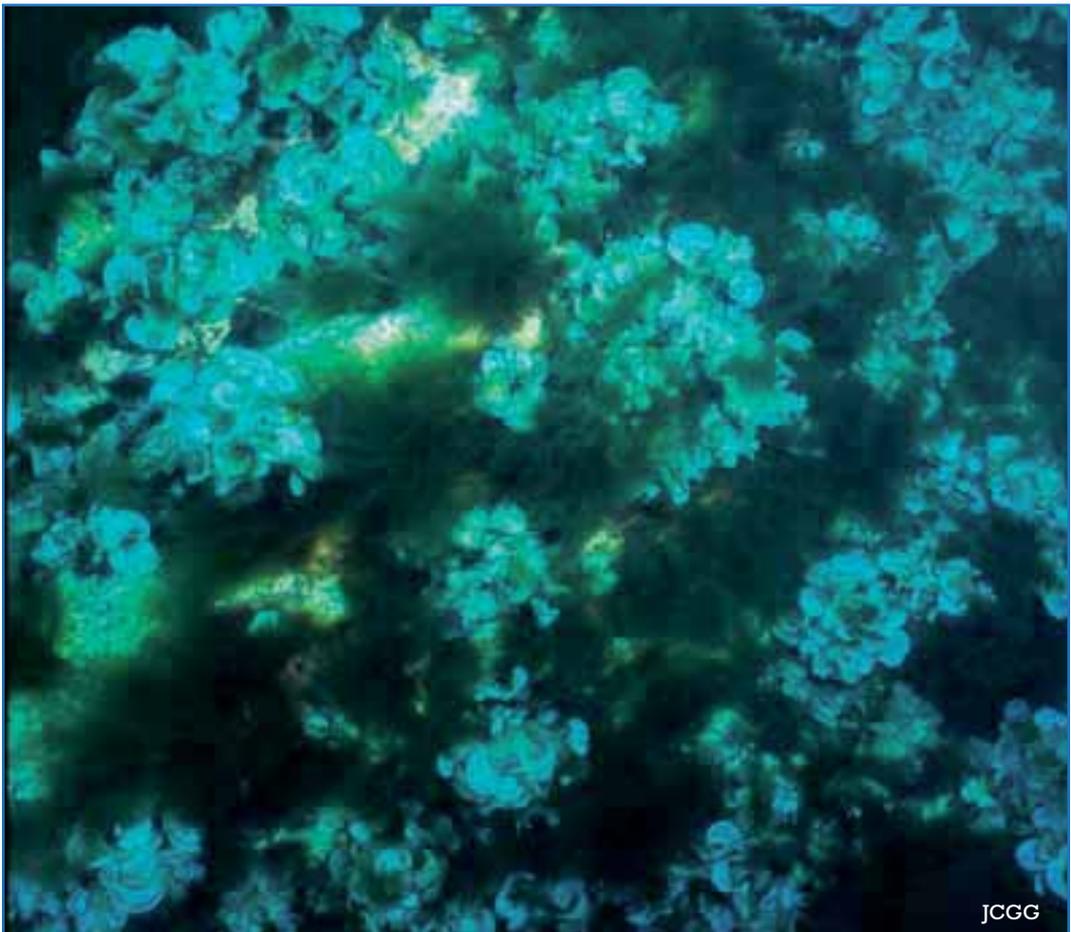
Phot. 143

Tolérance environnementale

Le genre *Ectocarpus* se compose d'espèces relativement tolérantes à une forte eutrophisation (Yüsek *et al.*, 2006) d'origine anthropogénique, comme la pollution organique due à des rejets d'eaux usées (Jeffrey *et al.*, 1993), ou d'origine naturelle, comme les remontées d'eaux profondes (Kiirikki et Blomster, 1996).

C'est un genre classé comme opportuniste dans de nombreuses études (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003; Sfriso et Facca, 2011).

Dans le **chapitre 8.8** (“floraisons algales”), nous mentionnons spécifiquement ce genre.



JCGG

Phot. 144

10.18. *Halopteris scoparia* (Linnaeus) Sauvageau, 1904



Phot. 145

Embranchement: Ochrophyta
Classe: Phaeophyceae
Ordre: Sphacelariales
Famille: Stypocaulaceae
Genre: *Halopteris*
Nom vernaculaire: algue balai

Description

Algue de couleur brun foncé, dressée de 10 à 15 cm de hauteur. Présente un axe épais qui se ramifie abondamment dans toutes les directions. Ces ramifications sont elles-mêmes constituées d'un axe d'où partent des ramules qui ne se divisent pas à leur tour. Elle ressemble à un petit balai. Les extrémités des ramifications sont très rêches. Algue de couleur brun foncé. Espèce pérenne. (**Photos 145 et 146**).

Biotope

Elle vit sur les fonds rocheux et sableux peu battus et bien éclairés. On la trouve depuis la surface jusqu'à 30 mètres de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, de la Scandinavie aux îles de Cap-Vert. Également présente dans l'Atlantique Ouest. Présente dans toute la Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Halopteris scoparia peut supporter des niveaux modérés à élevés de perturbation (Munda, 1993; Sánchez-Moyano *et al.*, 2000a; Parlakay *et al.*, 2005), car elle tolère bien la pollution organique et l'anoxie dues à une forte eutrophisation.

Elle est toutefois citée comme sensible à d'autres types de pollution (Díez *et al.*, 2007) et l'on a découvert que l'espèce disparaît lorsque la pollution augmente (Boisset López, 1989; Díez *et al.*, 2009) mais réapparaît lors des dernières phases de recolonisation des écosystèmes, aux côtés d'autres macroalgues (Gorostiaga *et al.*, 2004).

En raison de cette plasticité, nous considérons provisoirement cette espèce comme tolérante.



Phot. 146

10.19. *Sargassum vulgare* C. Agardh, 1820



Phot. 147

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Fucales

Famille: Sargassaceae

Genre: *Sargassum*

Nom vernaculaire: sargasse
commune

Description

Algue de couleur brun clair à brun foncé, de 20 à 80 cm de longueur, raide et coriace. Elle est fixée au substrat par un disque basal d'où part un axe principal qui se divise à 2 ou 4 cm en ramifications cylindriques bien développées, lisses, d'un diamètre de 2 mm. Ces ramifications se divisent à leur tour, de façon moins abondante, et les ramifications secondaires ressemblent aux rameaux primaires. Les rameaux portent de nombreuses ramifications ressemblant à des feuilles de 1,5 à 4 cm de longueur et 2 à 4 mm de largeur, au bord dentelé ou légèrement ondulé et présentant une sorte de nervure médiane. Les rameaux latéraux portent également des structures sphériques pédonculées remplies d'air. (**Photo 147**).

Biotope

Elle vit isolée ou en groupe sur des fonds rocheux modérément battus ou dans des flaques littorales aux eaux bien renouvelées (**photos 148 et 149**). On la trouve de la surface jusqu'à 20 m de profondeur.

Distribution

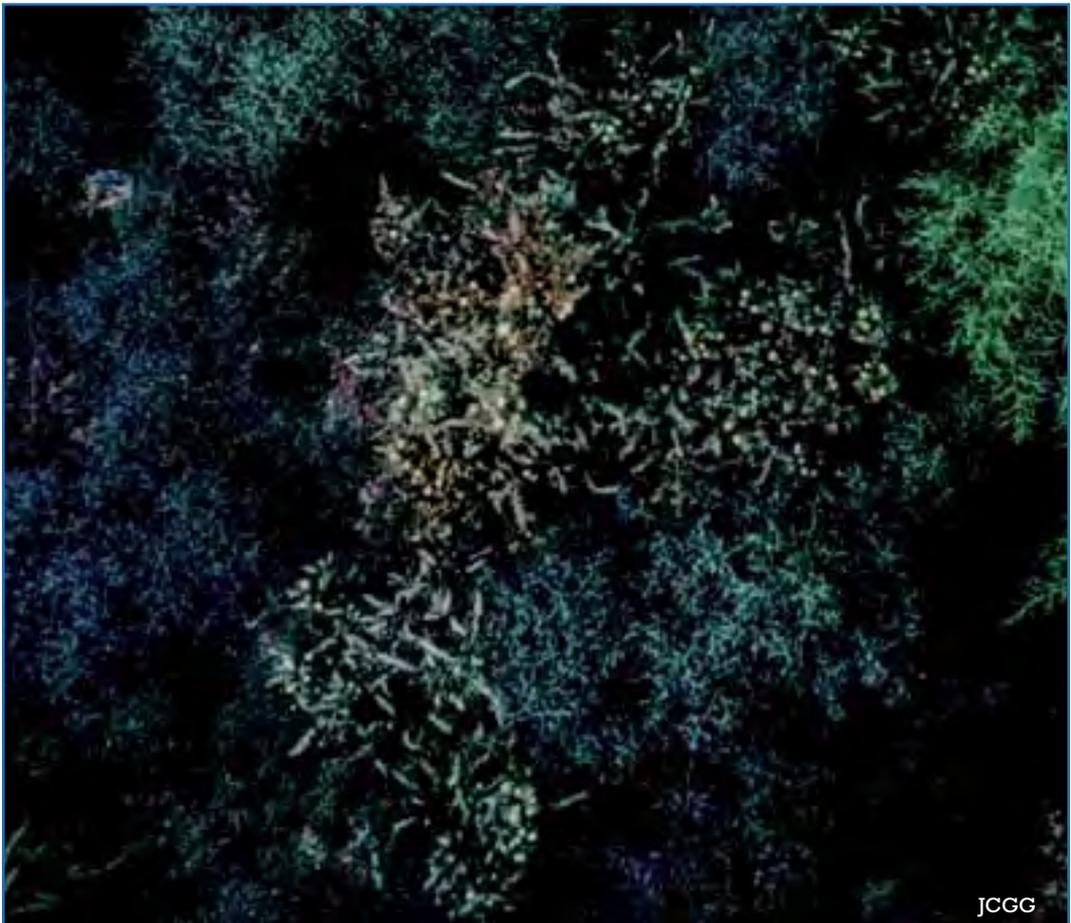
Dans la zone tempérée à chaude et tropicale de l'Atlantique, dans l'ensemble de la Méditerranée et dans la mer Noire. Elle est originaire du Pacifique.

Tolérance environnementale

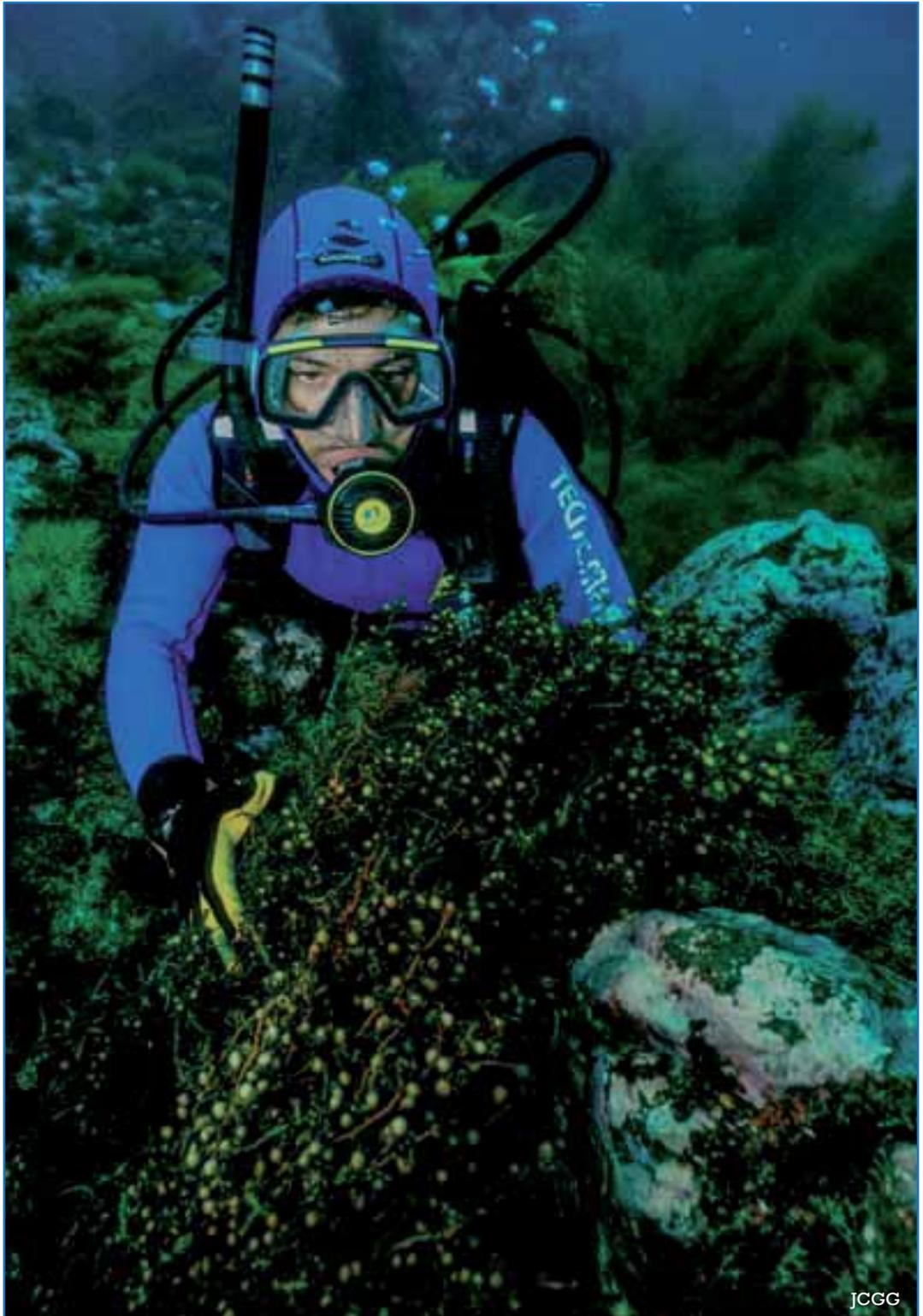
Cette espèce est généralement associée à d'autres indicateurs de bonnes conditions environnementales (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003; Astruch *et al.*, 2012) et cesse d'être dominante lorsque les conditions sont perturbées (Falcão et Menezes de Széchy, 2005).

Elle est toutefois citée pour sa capacité à accumuler des taux élevés d'éléments associés à la pollution (Serfor-Armah *et al.*, 2006) tandis que selon certaines études, sa moyenne d'accumulation d'éléments contaminants est similaire à celle d'espèces sensibles (Hardisson *et al.*, 1998; Lozano *et al.*, 2003).

Compte tenu de ces données, son rôle d'indicateur environnemental est discutable.



Phot. 148



JCCG

Phot. 149



ÉPONGES

10.20. *Cliona celata* Grant, 1826



Phot. 151

Embranchement: Porifera

Classe: Demospongiae

Ordre: Hadromerida

Famille: Clionidae

Genre: *Cliona*

Nom vernaculaire: éponge clione

Description

Cette espèce d'éponge, de couleur variant du jaune pâle au jaune orangé, est fine et rigide. Elle perfore les roches, les coquillages et tout type de substrat calcaire. Elle peut former un réseau de galeries à l'intérieur du substrat qu'elle envahit, et communique avec l'extérieur par des papilles circulaires de 1 à 5 mm de diamètre. Cette forme perforante peut également croître vers l'extérieur, se développer et encroûter le substrat. Elle présente alors une forme massive, lobulée, mais elle peut également présenter une forme plate pouvant atteindre 1 m de largeur, 25 cm d'épaisseur et 50 cm de hauteur. Ces trois morphologies sont appelées alpha, bêta et gamma (**photos 151 et 152**, morphologie gamma).

Biotope

Colonise tout type de substrat calcaire. Cette espèce, en particulier la forme alpha, est présente dans de nombreux environnements, notamment les substrats intertidaux des estuaires où les conditions varient considérablement, les zones semi-stagnantes, les ports et les milieux exposés. La forme gamma est plutôt présente en profondeur, sur les fonds détritiques ou sableux. On la trouve de la surface jusqu'à 200 m de profondeur.

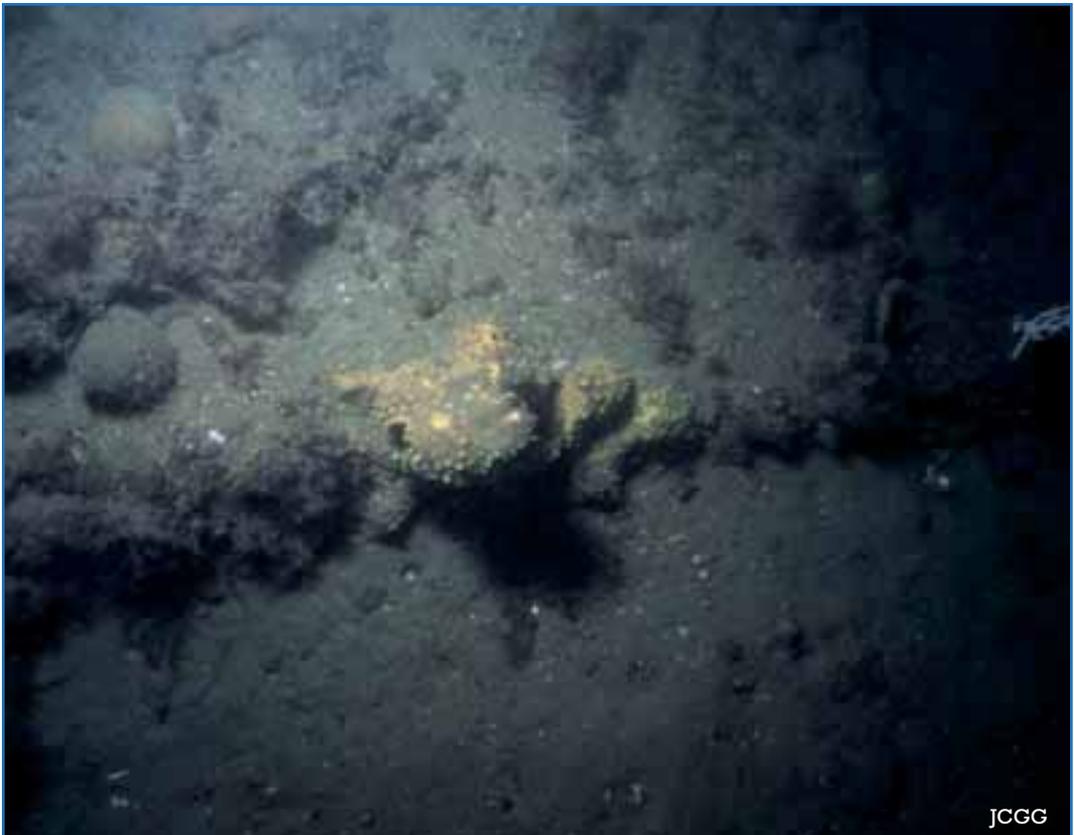
Distribution

Espèce cosmopolite.

Tolérance environnementale

Cette espèce tolère des taux élevés de sédimentation et de solides en suspension (Carballo *et al.*, 1994). On la trouve donc dans des zones affectées par des perturbations environnementales, notamment les ports et les baies (Carballo *et al.*, 1996; Saiz-Salinas et Urkiaga-Alberdi, 1999).

Elle possède également un seuil élevé de tolérance concernant les conditions de température et de salinité (Miller et Strychar, 2010), ainsi qu'une haute capacité d'accumulation d'éléments tels que le zinc (Araújo *et al.*, 1999).



Phot. 152

10.21. *Cliona viridis* (Schmidt, 1862)



Phot. 153

Embranchement: Porifera

Classe: Demospongiae

Ordre: Hadromerida

Famille: Clionidae

Genre: *Cliona*

Nom vernaculaire: clione verte

Description

Cette éponge, de consistance dure mais fragile, présente une couleur variant du vert foncé presque noir au vert jaunâtre ou vert olive selon son exposition au rayonnement solaire, elle est blanchâtre dans les zones peu éclairées. Sa surface est sèche et irrégulière. C'est une espèce perforante des substrats calcaires dont on ne voit que les papilles arrondies ou ovales de 1,2 mm de diamètre environ (**photo 153**). Elle peut également croître vers l'extérieur et présenter une forme encroûtante ou, si son développement se poursuit, présenter une forme massive. Ces trois morphologies sont respectivement appelées alpha (**photo 154**), bêta (**photo 155**) et gamma (**photo 156**). Dans le cas de ces deux dernières formes, les papilles se dressent au-dessus du substrat et leur diamètre peut atteindre plus de 2 cm.

Biotope

Espèce présente dans des environnements très variés. La forme alpha est fréquente dans les zones peu profondes à fort hydrodynamisme, comme dans les zones semi-stagnantes, toujours sur substrat calcaire. On la trouve aussi dans les ports. La forme bêta apparaît sur les roches calcaires des zones plus profondes, où elle peut atteindre une grande taille et occuper tout le substrat disponible. Elle est aussi présente sur les fonds détritiques. On la trouve de la surface jusqu'à 140 m de profondeur.

Distribution

Présente dans l'Atlantique Est et Ouest et en Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cette espèce tolère des conditions extrêmes de pollution et des taux élevés de sédimentation et de solides en suspension (Carballo *et al.*, 1996), ainsi que la présence de divers métaux lourds (Pérez *et al.*, 2004). Elle est indicatrice d'eaux polluées ou environnementalement perturbées (Carballo *et al.*, 1994; El-Wahidi *et al.*, 2011).



Phot. 154



Phot. 155



Phot. 156

10.22. *Crambe crambe* (Schmidt, 1862)



Phot. 157

Embranchement: Porifera
Classe: Demospongiae
Ordre: Poecilosclerida
Famille: Crambeidae
Genre: *Crambe*
Nom vernaculaire: éponge encroûtant orange-rouge

Description

Éponge encroûtante rouge orangé, d'une épaisseur de 1 à 3 mm, pouvant tapisser des surfaces de plus de 1 m² sur des parois verticales. Sa consistance est compacte et charnue, mais molle. La surface est sillonnée de grands canaux qui s'achèvent par un orifice légèrement surélevé (oscule) facile à reconnaître en plongée (**photo 157**).

Biotope

Espèce très abondante dans les zones peu profondes, sur des substrats rocheux verticaux ou faiblement inclinés. À mesure que la profondeur augmente et que l'intensité lumineuse décroît, elle apparaît sur des substrats horizontaux. Épibionte d'autres organismes tels que les coquillages, les tuniciers, les bryozoaires et les algues. On la rencontre également sur des fonds détritiques, dans des herbiers de posidonies, des fonds coralligènes et des zones portuaires. Son habitat s'étend de la zone intertidale à plus de 100 mètres de profondeur.

Distribution

Typiquement méditerranéenne, elle est également abondante en mer Noire, en mer d'Alboran et dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce tolérante, à large valence écologique et très compétitive (Becerro *et al.*, 1994; García-Gómez, 2007). Si on la trouve dans des eaux limpides et des fonds possédant une riche biodiversité en excellent état de conservation, elle supporte aussi des situations de fort stress environnemental (Carballo et Naranjo, 2002), et de forte turbidité, un taux de sédimentation élevé et une teneur modérée en matière organique en suspension (**photo 158**).

Cette espèce présente aussi une haute tolérance aux métaux lourds (Cebrián *et al.*, 2003, 2007) et aux températures élevées (Pérez *et al.*, 2000).

Sa grande adaptabilité n'en fait pas un bon indicateur d'eaux propres et limpides, les informations fournies étant très limitées. Elle constitue un parfait exemple d'espèce à ne pas sélectionner pour le contrôle de l'évolution de fonds bien préservés susceptibles d'être soumis à une surveillance environnementale par le biais de bioindicateurs sensibles.



Phot. 158

10.23. *Crella* (*Crella*) *elegans* (Schmidt, 1862)



Phot. 159

Embranchement: Porifera
Classe: Demospongiae
Ordre: Poecilosclerida
Famille: Crellidae
Genre: *Crella*
Nom vernaculaire: crellie élégante

Description

Éponge recouvrante pouvant tapisser des étendues de plusieurs cm², se caractérise par ses digitations de 3 à 11 cm de longueur, d'un aspect lobulaire. La surface est lisse, brillante et présente des canaux sous forme de veines. Sa consistance est molle et sa couleur varie du crème rosé au violet pâle. (Photos 159 et 160).

Biotope

Vit généralement dans des lieux ouverts sur des substrats rocheux (photo 161), également dans des grottes et sur les fonds détritiques profonds (70-80 m), sur les algues du genre *Laminaria*. On la trouve parfois sur le bryzoaire *Myriapora truncata*, des balanes et des gorgones. On la trouve de 0 à 120 m de profondeur.



Phot. 160

Distribution

Présente dans l'Atlantique Nord et en Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cette espèce possède une grande capacité d'adaptation, elle est présente dans des zones de fort stress environnemental (Carballo *et al.*, 1996), mais cette tolérance est moindre que celle d'autres espèces tolérantes telles que *Crambe crambe*. Elle présente notamment une certaine sensibilité à la présence d'ions métalliques dans le milieu (Sabya *et al.*, 2009).

Sa tolérance à l'élévation anormale de la température de l'eau, qui provoque une mortalité massive de nombreux organismes, a été documentée (Verdura *et al.*, 2013).



Phot. 161

10.24. *Hymeniacion perlevis* (Montagu, 1814)



Keith Hiscock

Phot. 162

Embranchement: Porifera

Classe: Demospongiae

Ordre: Halichondrida

Famille: Halichondriidae

Genre: *Hymeniacion*

Nom vernaculaire: éponge-miette de pain

Description

Éponge recouvrante qui tapisse, de couleur jaune à rouge sang, de consistance molle. Elle présente des expansions ou papilles de près de 1 cm de longueur et 0,5 cm de diamètre. À l'extrémité des papilles, s'ouvre un pore d'où partent des canaux disposés en rayons que l'on peut voir par transparence. Elle peut atteindre une longueur de 20 cm et s'adapte au substrat sur lequel elle se fixe, généralement constitué de roches et d'algues calcaires. (**Photos 162 et 163**).

Biotope

En raison de sa plasticité écologique, cette espèce vit dans divers environnements. Elle recouvre les surfaces rocheuses horizontales des zones exposées et éclairées, on la rencontre sous les roches, sur les fonds détritiques associées à l'algue *Caulerpa prolifera* comme dans des milieux stagnants très pollués, tels que les ports. Elle peut s'étendre sur d'autres organismes comme certains gastéropodes, des algues ou constituer une partie du fouling dans les ports. On la trouve de 3 à 4 m jusqu'à 70 m de profondeur.

Distribution

Espèce cosmopolite.

Tolérance environnementale

Cette espèce est commune dans les installations portuaires artificielles (Carballo *et al.* 1996; Saiz-Salinas et Urkiaga-Alberdi, 1999; Corriero *et al.*, 2007; Bandelj *et al.*, 2009) et l'on a établi une corrélation entre sa présence et la turbidité de l'eau et le taux de matières en suspension (Urkiaga-Alberdi *et al.*, 1999). C'est une espèce très résistante aux chocs provoqués notamment par des plongeurs (Lloret *et al.*, 2006). Ces caractéristiques en font une espèce tolérante aux perturbations anthropogéniques courantes. Il a en outre été démontré qu'elle possède une capacité élevée d'accumulation de polluants *in situ* (Mahaut *et al.*, 2013).

Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom *Hymeniacidon sanguinea*.



doris.ffesm.fr – Vincent Maran

10.25. *Oscarella lobularis* (Schmidt, 1862)



Phot. 164

Embranchement: Porifera
Classe: Homoscleromorpha
Ordre: Homosclerophorida
Famille: Oscarellidae
Genre: *Oscarella*
Nom vernaculaire: oscarelle
bleu-violet

Description

Cette éponge forme des circonvolutions et des lobes érigés, arrondis et creux. Elle est recouvrante et peut tapisser plusieurs cm², elle mesure de 2 à 4 cm de hauteur. Sa surface est lisse et sa consistance molle et gélatineuse. Sa couleur varie, selon l'exposition lumineuse, du bleu ou violet au rougeâtre dans les zones ombragées, jusqu'au blanchâtre. (**Photos 164 et 165**).

Biotope

On la rencontre surtout dans les fonds ombragés, sur les parois verticales et les surplombs. On la trouve parfois sous les roches et sur les algues du genre *Codium*. Elle vit également sur d'autres organismes tels que les coquillages et elle est commune dans les zones portuaires. Elle est présente de la zone intertidale jusqu'à 350 m de profondeur.

Distribution

Espèce cosmopolite.

Tolérance environnementale

Cette espèce présente un niveau de tolérance élevé à divers environnements et degrés de pollution, avec une grande capacité d'adaptation (Carballo *et al.*, 1996; Hiscock *et al.*, 2010). Elle semble en revanche sensible aux effets négatifs dus à une sédimentation excessive (Cocito *et al.*, 2002).



Phot. 165

10.26. *Spongia (Spongia) agaricina* Pallas, 1766



Phot. 166

Embranchement: Porifera

Classe: Demospongiae

Ordre: Dictyoceratida

Famille: Spongiidae

Genre: *Spongia*

Nom vernaculaire: éponge oreille d'éléphant

Description

Cette éponge, de couleur brun ou gris foncé et de forme laminaire et érigée, est souvent fixée par ses extrémités, formant une structure fermée donnant l'aspect d'une coupe ou d'un entonnoir (**photo 166**). Elle est fixée au substrat par une base pédonculée. Sa hauteur varie de 3 à 40 cm et l'épaisseur de la lame est de 0,9 à 1,3 cm. Sa consistance est molle, souple, élastique.

Biotope

Vit sur tout type de substrat, surtout dans les zones peu éclairées, sur les surplombs ou sous de petites corniches et, à mesure que la profondeur augmente (20-25 m). On la rencontre sur des substrats horizontaux ou des parois verticales (**photo 168**). En profondeur, elle se développe sur les fonds détritiques. Elle est répartie de 6 à 300 m de profondeur.

Distribution

Espèce méditerranéenne y compris dans le détroit de Gibraltar. Elle a été citée quelquefois sur les côtes du Portugal.

Tolérance environnementale

Spongia agaricina est une espèce moyennement tolérante aux perturbations environnementales (Carballo *et al.*, 1996; Carballo et Naranjo, 2002) mais c'est une bonne indicatrice car elle constitue par sa forme un piège à sédiments.

Si l'on observe que la coupe est pleine de particules, on peut en déduire qu'une perturbation est survenue (**photo 167**). À l'instar d'autres éponges précédemment décrites, elle montre une forte sensibilité à une élévation anormale de la température (Pérez *et al.*, 2000).

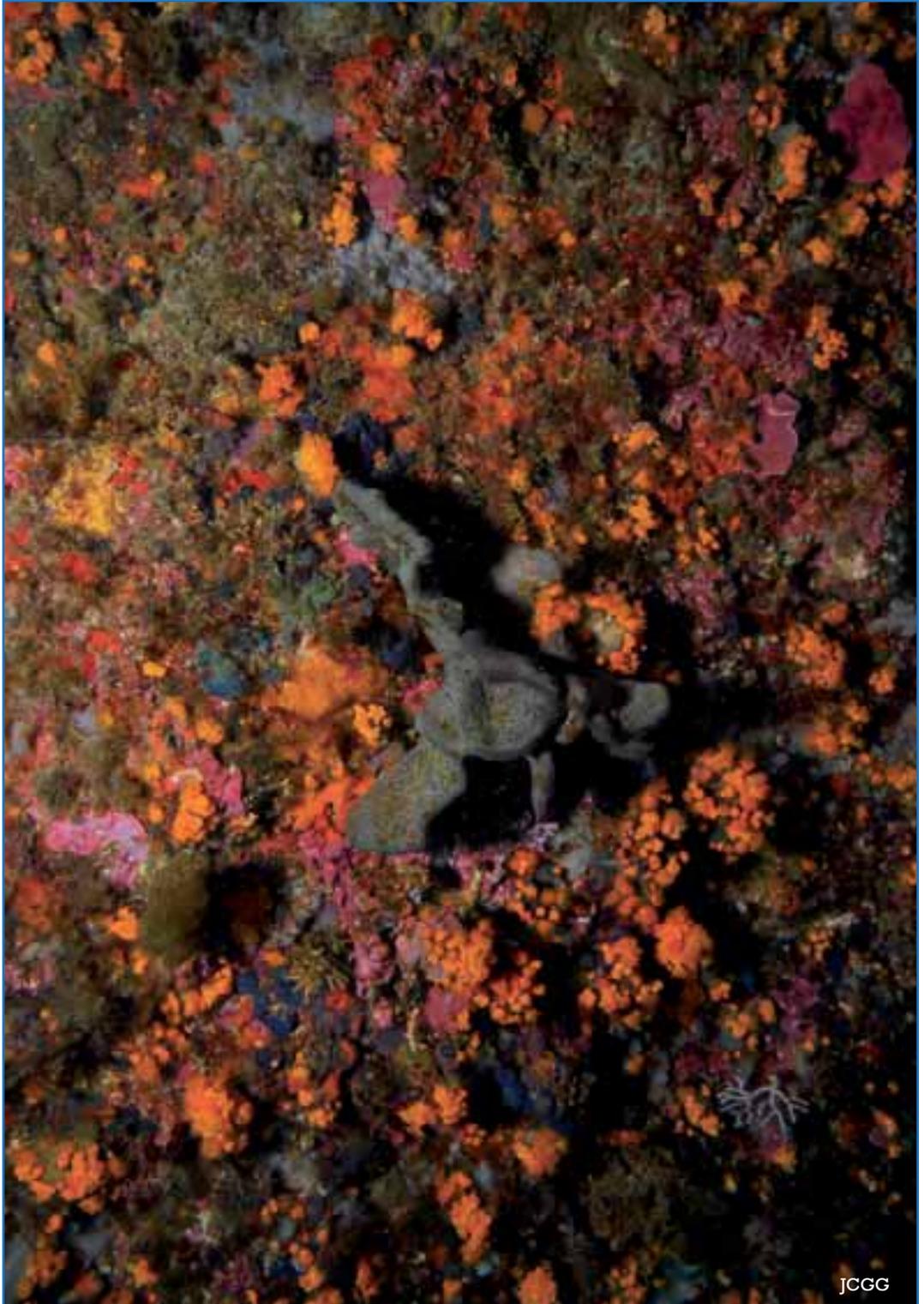
Certaines études la citent comme bonne indicatrice de la présence de métaux lourds (Pérez *et al.*, 2004) et de composés organophosphorés (Coito *et al.*, 2007) dans le milieu.

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 167



JCCG

Phot. 168



**CNIDAIRES
ANTHOZOAIRES**

10.27. *Actinothoe sphyrodeta* (Gosse, 1858)



Phot. 170

Embranchement: Cnidaria
Classe: Anthozoa
Ordre: Actiniaria
Famille: Sagartiidae
Genre: *Actinothoe*
Nom vernaculaire: anémone
marguerite

Description

Anthozoaire solitaire fixé au substrat par une embase d'où part une colonne cylindrique de diamètre légèrement inférieur à celui de la base. Sa surface est lisse et sa couleur gris verdâtre avec des stries longitudinales blanchâtres. L'extrémité de la colonne est généralement de couleur brun rouge ou jaune orangé. Elle possède 96 à 140 tentacules disposés en 5 cercles, blancs, et orange ou bruns à la base. Le diamètre de cette anémone peut atteindre 3 cm et sa hauteur 5 cm. Elle est très fragile. (**Photos 170 - 172**).

Biotope

Cette espèce vit sur des substrats rocheux, sous les roches ou sur les parois verticales et les surplombs. Elle se fixe directement sur la roche ou sur d'autres organismes, notamment des éponges et des ascidies. On la rencontre souvent en groupes qui peuvent couvrir de grandes surfaces. On la trouve fréquemment auprès d'autres anthozoaires tels que *Corynactis viridis*. Elle vit de la surface jusqu'à 40 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Maroc, et dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Actinothoe sphyrodeta a été signalée dans des environnements anthropisés, notamment les zones portuaires (observation personnelle). (**Photo 173**).



Phot. 171



Phot. 172



Phot. 173

10.28. *Anemonia sulcata* (Pennant, 1777)



Phot. 174

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Actiniaria

Famille: Actiniidae

Genre: *Anemonia*

Nom vernaculaire: anémone commune, ortie de mer

Description

Espèce solitaire qui peut atteindre 30 cm de hauteur et 25 cm de diamètre. Elle est fixée au substrat par une large base adhérente. Son corps est généralement cylindrique, d'une consistance charnue, la surface est lisse et légèrement muqueuse. Elle possède de 180 à 260 tentacules longs et fins, à l'extrémité légèrement élargie, disposés en 5 ou 6 cercles. Sa couleur varie du brun jaunâtre au vert (selon les algues zooxanthèles symbiotes) et les pointes des tentacules sont violettes. Les tentacules ne sont pas totalement rétractiles et lorsqu'ils sont étendus, ils recouvrent le corps de l'anémone. (Photo 174).

Biotope

Cette anémone vit dans des fonds de sable, de gravier ou de roche éclairés ou légèrement ombragés, en milieu dynamique. Espèce typique des mares laissées par la marée. Ses tentacules abritent des espèces de crustacés et de poissons. Elle est présente de la surface jusqu'à 25 à 30 m de profondeur.

Distribution

Dans l'ensemble de la Méditerranée et dans l'Atlantique Est, du nord de l'Europe au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Si elle vit dans des fonds de faible profondeur aux eaux limpides et renouvelées (**photo 174**), c'est une espèce à large valence écologique (García-Gómez, 2007), à forte capacité d'adaptation, qui tolère des milieux présentant une teneur en matières organiques (Boyra *et al.*, 2004; Dolenec *et al.*, 2006) et un taux de sédimentation modérés (Ruiz-Giráldez *et al.*, 2004; Dolenec *et al.*, 2005; Guerra-García *et al.*, 2006) (**photos 175 - 177**).

Elle ne doit donc pas être retenue comme indicateur écologique d'eaux propres ou de haute qualité environnementale, en revanche, elle est comestible (elle est souvent servie frite dans les restaurants sous le nom d'ortie de mer). La provenance de ces anémones doit donc être garantie car, comme on peut le voir sur les photographies, elle est abondante dans les zones proches des ports, modérément ou fortement perturbées.



Phot. 175



Phot. 176



Phot. 177

10.29. *Balanophyllia (Balanophyllia)* *regia* Gosse, 1853



Phot. 178

Embranchement: Cnidaria
Classe: Anthozoa
Ordre: Scleractinia
Famille: Dendrophylliidae
Genre: *Balanophyllia*
Nom vernaculaire: madrépore
bouton d'or

Description

Corail solitaire qui possède une base calcaire de texture fragile et spongieuse. Sa section peut être circulaire, légèrement ovale ou polygonale et son diamètre peut atteindre 1,5 cm. Le polype est de couleur jaune ou orange, il compte environ 48 tentacules de 2,5 cm de longueur, de même couleur que la base (**photo 178**).

Biotope

Il vit dans des zones bien éclairées, sur des roches de différentes tailles, mais aussi sur des parois verticales et des surplombs. On le trouve entre 3 et 25 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, du sud-ouest de l'Irlande aux Canaries. En Méditerranée y compris le détroit de Gibraltar.



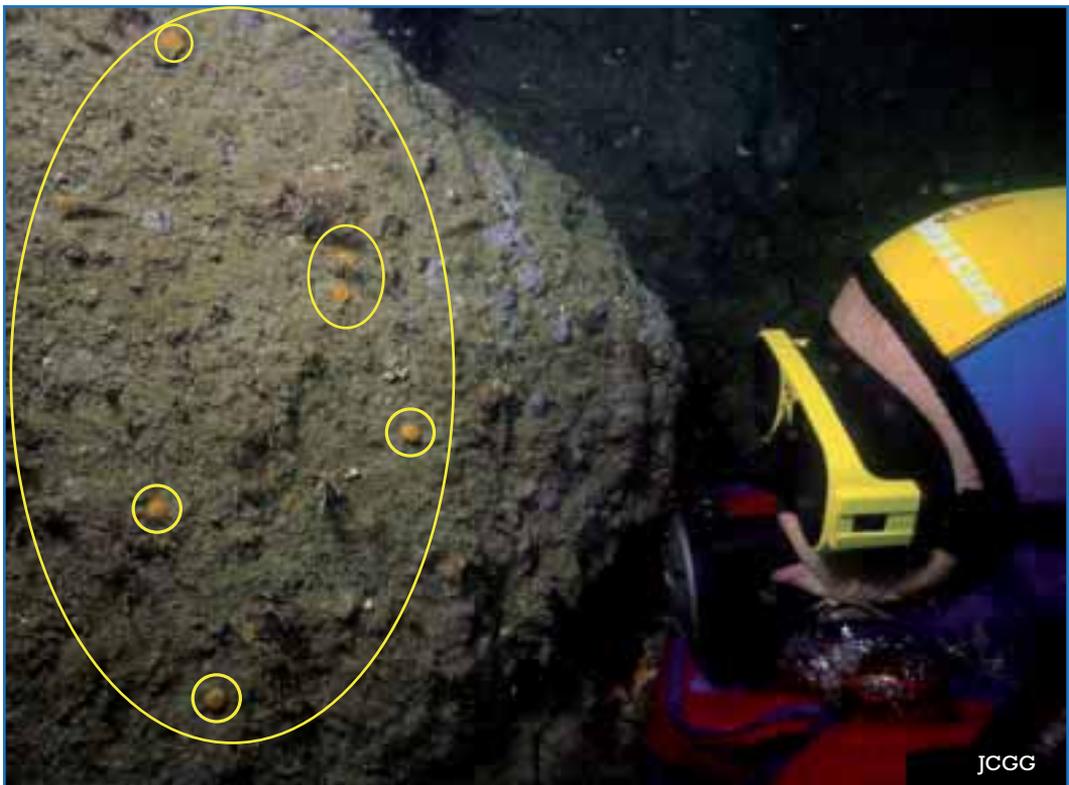
Phot. 179

Tolérance environnementale

Il s'agit d'une espèce tolérante que l'on peut observer aussi bien dans des fonds non perturbés (Bullimore, 1986; Davies, 1998) que dans des milieux présentant une charge organique, une turbidité et un taux de sédimentation modérés (García-Gómez, 2007). Dans l'Adriatique, elle est citée comme espèce nouvelle (Kružić, 2002) et son introduction semble liée au changement climatique (Pećarević *et al.*, 2013). Elle n'est donc pas recommandée comme indicateur biologique pour atteindre les objectifs de cet ouvrage. Les **photographies 179 et 180** montrent plusieurs niveaux de dégradation due à une sédimentation provoquée par des dragages littoraux.

Autres informations

Cette espèce ne doit pas être confondue avec *Leptosammia pruvoti*, espèce sensible qui possède un plus grand nombre de tentacules, est présente en abondance sur des fonds coralligènes plus profonds, et qui évite les surface horizontales où se fixe fréquemment *Balanophyllia regia*.



Phot. 180

10.30. *Eunicella singularis* (Esper, 1791)



Phot. 181

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Alcyonacea

Famille: Gorgoniidae

Genre: *Eunicella*

Nom vernaculaire: gorgone
blanche

Description

Cette espèce forme des colonies érigées, souples et fixes pouvant atteindre 50 cm de hauteur et près de 9 cm de largeur. Sa ramification, de couleur blanche, est peu abondante, ouverte à la base, les rameaux longs et souvent parallèles se développent en forme de candélabre. Les polypes dépassent légèrement des rameaux. (**Photos 181 - 184**).

Biotope

Souvent associée à des enclaves rocheuses horizontales ou faiblement inclinées, elle se fixe également sur des parois et de petits rochers des fonds sableux (**photo 182**). Si elle est présente jusqu'à 40 mètres de profondeur, c'est entre 10 et 20 m que l'on trouve de véritables champs de gorgones blanches.

Distribution

De l'est de la Méditerranée aux côtes atlantiques du Maroc et de la Mauritanie. Très abondante en mer d'Alboran et dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Bien qu'elle préfère les eaux propres et renouvelées, c'est une espèce tolérante à large valence écologique (Linares *et al.*, 2008) que l'on rencontre également dans des fonds où le taux de sédimentation est élevé ou dans des

zones présentant une charge organique modérée. Elle tolère aussi les eaux très turbides. Elle n'est donc pas un bon indicateur environnemental pour les programmes de surveillance de la qualité des fonds littoraux. Elle est en revanche sensible à l'élévation de la température de l'eau (Perez *et al.*, 2000; Garrabou *et al.*, 2009), dans une moindre mesure toutefois que d'autres espèces de gorgones (Previati *et al.*, 2010; Ezzat *et al.*, 2013).

Autres informations

Cette espèce peut être confondue avec *Eunicella verrucosa* qui possède des verrues (calices) plus proéminentes.



Phot. 182

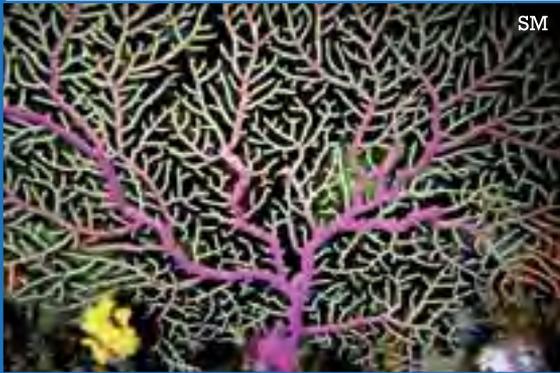


Phot. 183



Phot. 184

10.31. *Leptogorgia lusitanica* Stiasny, 1937



Phot. 185

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Alcyonacea

Famille: Gorgoniidae

Genre: *Leptogorgia*

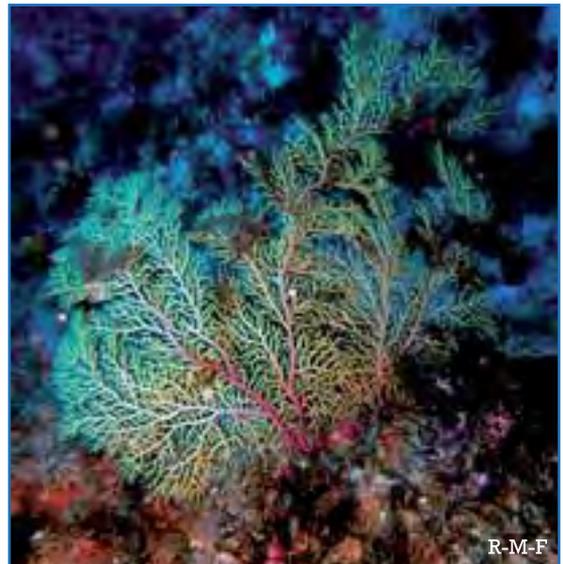
Nom vernaculaire: gorgone mauve de Galice

Description

Les colonies de cette espèce de gorgone sont arborescentes et très ramifiées. Les ramifications tendent à se développer sur un plan. Les rameaux sont courts, épais et légèrement aplatis. Elle peut atteindre 30 cm de hauteur et de largeur, et son squelette est corné. Sa couleur varie du blanc au jaune, en passant par le violet à taches jaunes. (**Photos 185 - 189**).

Biotope

Elle vit sur des fonds rocheux comportant des zones de sable et de vase, fixée sur des parois verticales ou des roches horizontales. Elle est aussi présente sur les fonds graveleux ou détritiques. Les gorgones apparaissent généralement isolées. Elle préfère des eaux plus claires que *Leptogorgia sarmen-tosa*. Présente de 6 à 100 m de profondeur.



Phot. 186

Distribution

Espèce atlantique qui s'étend des côtes du nord de la péninsule Ibérique au Maroc et au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Contrairement à *Leptogorgia sarmentosa*, capable de supporter des niveaux élevés de turbidité, *L. lusitanica* est généralement associée à des zones dont le taux de sédimentation (Cúrdia *et al.*, 2013) et la turbidité sont moindres (López-González, 1993). Néanmoins, comme il s'agit d'un organisme filtreur, cette gorgone est souvent présente dans des zones où le taux de sédimentation et la turbidité sont très élevés (**photo 187**). Cette espèce n'est donc pas recommandée comme indicateur biologique pour les programmes de surveillance environnementale.

Autres informations

Cette espèce peut être confondue avec *Leptogorgia sarmentosa*. Cependant, *L. lusitanica* tend à se ramifier sur un plan, tandis que *L. sarmentosa* se développe dans toutes les directions et ses rameaux sont moins denses et plus longs.



Phot. 187



Phot. 188



Phot. 189

10.32. *Leptogorgia sarmentosa* (Esper, 1789)



Phot. 190

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Alcyonacea

Famille: Gorgoniidae

Genre: *Leptogorgia*

Nom vernaculaire: gorgone orange

Description

Couleur varie du rouge brique au jaune pâle. Colonies au squelette corné arborescent, peu ramifié, pouvant atteindre 1 m de hauteur. Les rameaux sont fins, longs et aplatis, de 4 à 5 mm d'épaisseur pour les rameaux principaux et 0,5 mm pour les rameaux latéraux. La surface est finement striée. (**Photos 190 et 191**).

Biotope

Cette gorgone vit dans des zones ombragées, sur des fonds rocheux, sableux ou vaseux et biodétritiques, fixée sur des débris de coquillages (**photos 192 - 194**). Elle est aussi présente à l'entrée des grottes et dans les crevasses. Les colonies vivent presque toujours isolées et séparées. On trouve cette espèce de 5 à 300 m de profondeur.

Distribution

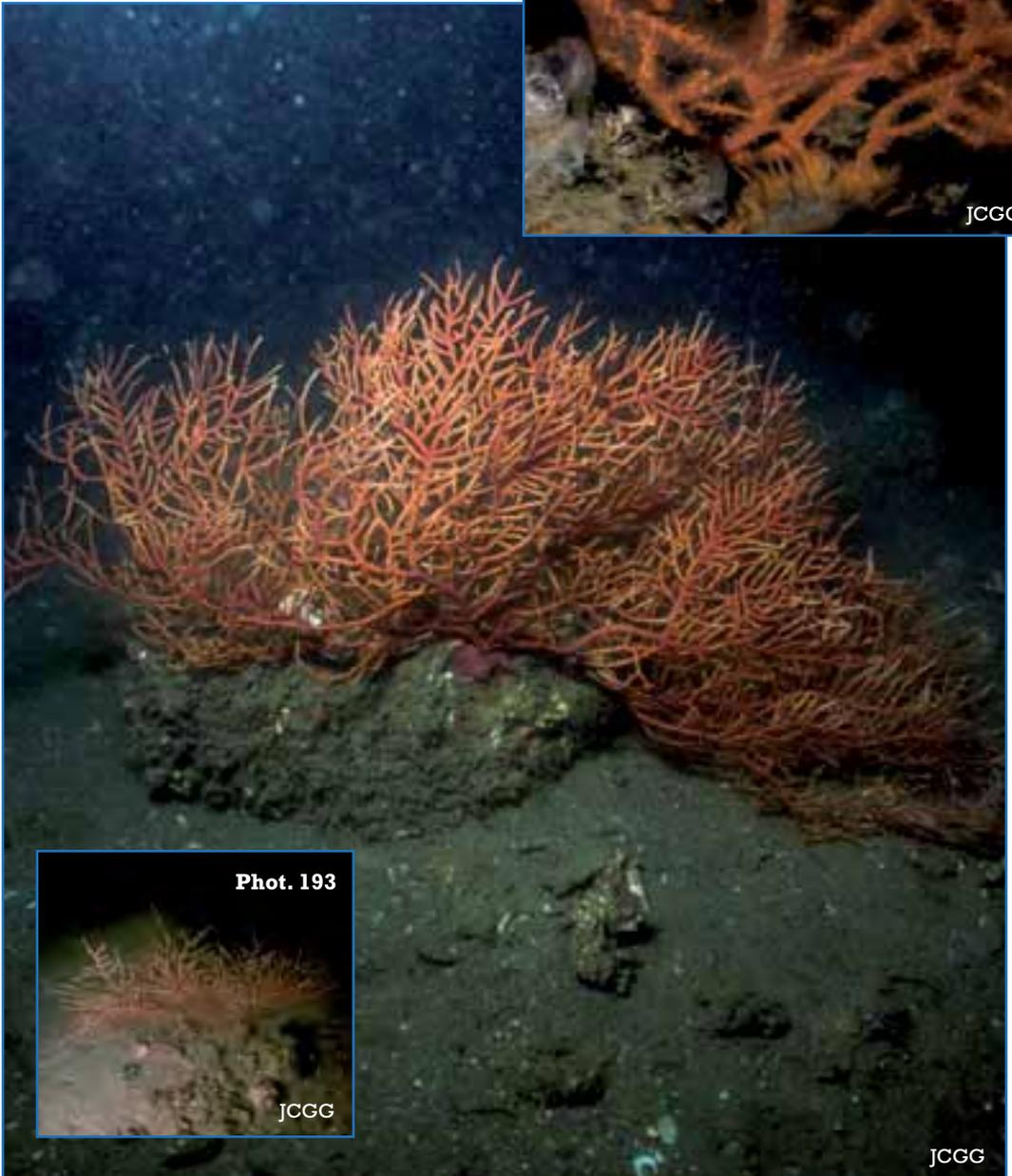
Méditerranée.

Tolérance environnementale

Cette espèce supporte des niveaux élevés de turbidité (Bianchi *et al.*, 2012) et elle est généralement associée à des milieux benthiques présentant de hauts niveaux de turbidité et de sédimentation, comme les fonds détritiques sableux et vaseux (Cocito *et al.*, 2002 ; Gori *et al.*, 201; Sardá *et al.*, 2012). Elle

est également décrite comme tolérante à l'élévation de la température de l'eau (Roghi *et al.*, 2010).

Phot. 191



Phot. 193



Phot. 192



JCGG

Phot. 194

A close-up photograph of a hydrozoan colony, likely a siphonophore, showing numerous translucent, branching structures with many fine, blue-tinted tentacles extending from them. The background is dark, making the colony stand out. The text "CNIDAIRES" and "HYDROZOAIRES" is overlaid in the center in a bold, white, sans-serif font.

CNIDAIRES
HYDROZOAIRES

10.33. *Eudendrium carneum* Clarke, 1882



Phot. 196

Embranchement: Cnidaria

Classe: Hydrozoa

Ordre: Anthoathecata

Famille: Eudendriidae

Genre: *Eudendrium*

Nom vernaculaire: hydraire
dendriforme

Description

Forme des colonies pouvant atteindre 18 cm de hauteur, constituées d'axes principaux épais, noueux et densément ramifiés. La ramification est irrégulière, plus ou moins alternée, les tiges principales sont polysiphoniques (composées de tubes entrecollés) et les extrémités, monosiphoniques. Les rameaux et les pédicelles possèdent des anneaux basaux. L'hydrante au corps allongé possède une couronne de 28 à 32 tentacules entourant un large hypostome. (**Photos 196 - 198**).

Biotope

Cette espèce vit généralement à une profondeur de 0 à 20 mètres et préfère les zones ombragées. Elle colonise aussi bien les substrats rocheux naturels que les substrats artificiels.

Distribution

Largement présente dans l'Atlantique, l'océan Indien, le Pacifique Ouest et la mer Rouge. Signalée dans l'Adriatique et l'ouest de la Méditerranée.

Tolérance environnementale

Espèce tolérante aux perturbations d'origine anthropique (Cabral, 2013), commune dans les zones et installations portuaires (Philp *et al.*, 2003; Megina *et al.*, 2013).

Autres informations

Espèce invasive introduite en Méditerranée par l'homme, principalement en se fixant sur les coques des bateaux.



Phot. 197



Phot. 198

10.34. *Eudendrium racemosum* (Cavolini, 1785)



doris.ffessm.fr – Vincent Maran

Phot. 199

Embranchement: Cnidaria

Classe: Hydrozoa

Ordre: Anthoathecata

Famille: Eudendriidae

Genre: *Eudendrium*

Nom vernaculaire: hydraire
dendriforme

Description

Eudendrium racemosum forme des colonies arborescentes pouvant atteindre 15 cm de hauteur. Les polypes sont athéqués (dépourvus d'enveloppe) et possèdent un cône buccal en forme de massue entourée d'une couronne de longs tentacules. Arrivées à maturité, les colonies sont généralement de couleur orange en raison du développement massif des gonophores. (**Photos 199 - 202**).

Biotope

On rencontre cette espèce sur plusieurs types de substrat (roches, moules, algues), de 0 à 30 mètres de profondeur. Espèce plutôt sciaphile.

Distribution

Espèce considérée comme cosmopolite, largement présente dans l'océan Indien, le Pacifique et l'Atlantique Est. Elle a également été signalée en Méditerranée et en l'Adriatique.

Tolérance environnementale

Eudendrium racemosum est très tolérante à différentes sources de pollution (Cattaneo-Vietti *et al.*, 2003; Marchini *et al.* 2004; Megina *et al.*, 2013).

Autres informations

Espèce très similaire à *Eudendrium carneum*, dont elle est quasiment impossible à distinguer à simple vue (les éléments morphologiques doivent être examinés au microscope).



Phot. 200



Phot. 201



Phot. 202

10.35. *Obelia dichotoma* (Linnaeus, 1758)



Keith Hiscock

Phot. 203

Embranchement: Cnidaria

Classe: Hydrozoa

Ordre: Leptothecata

Famille: Campanulariidae

Genre: *Obelia*

Nom vernaculaire: obélie

Description

Colonies d'hydrozoaires de forme et de taille variable. Stolon s'érigent jusqu'à 35 cm de hauteur, ramifié et monosiphonique, qui durcit en vieillissant. Les jeunes ramifications présentent plusieurs anneaux à leur base. Les hydrothèques sont disposées latéralement, de façon alternée, sur des pédicelles présentant plusieurs étranglements, évoquant un empilement d'anneaux. (**Photo 203**).

Biotope

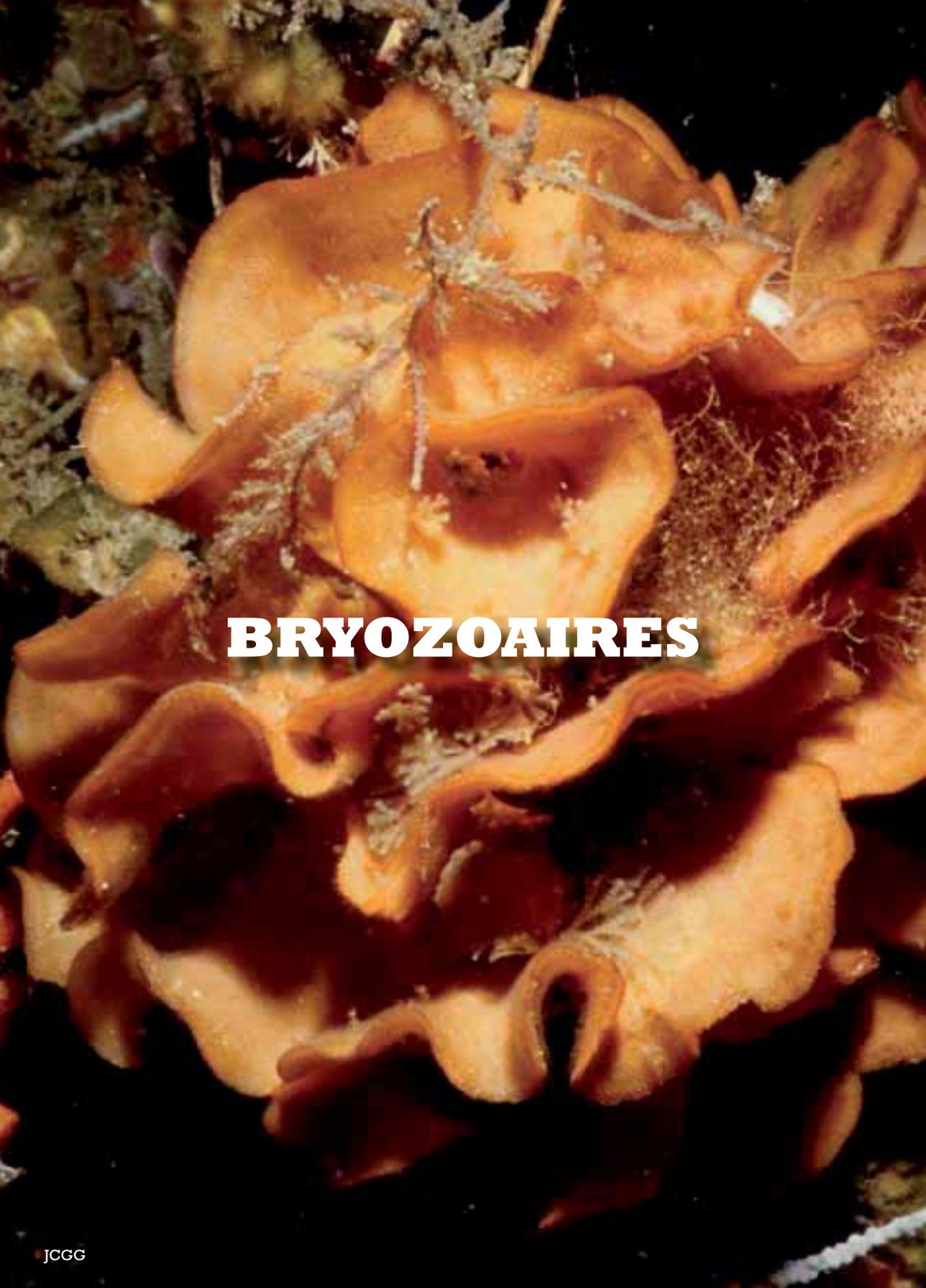
Cette espèce vit généralement à faible profondeur. Elle colonise des substrats solides de tout type, naturels ou artificiels.

Distribution

Espèce cosmopolite. Présente dans toute la Méditerranée, d'Est en Ouest, y compris dans l'Adriatique.

Tolérance environnementale

Obelia dichotoma est une espèce très tolérante à divers types de perturbation, notamment l'eutrophisation (Breves-Ramos *et al.*, 2005; Contardo-Jara *et al.*, 2006), la turbidité (Urkiaga-Alberdi *et al.*, 1999) ou la pollution (Albayrak et Balkis, 2000 ; Marchini *et al.* 2004). Elle est commune dans les zones et les installations portuaires (Megina *et al.*, 2013).

A close-up photograph of a colony of bryozoans. The organisms are a vibrant orange-brown color and form a dense, overlapping mat. Each individual zooid is roughly oval-shaped with a slightly raised, central opening. The colony is growing on a dark, possibly black, substrate. In the background, there are some greenish, fibrous structures, likely other marine life or algae. The lighting is focused on the bryozoan colony, highlighting its texture and color.

BRYOZOAIRES

10.36. *Bugula neritina* (Linnaeus, 1758)



Embranchement: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordre: Cheilostomatida

Famille: Bugulidae

Genre: *Bugula*

Nom vernaculaire: bugule brune

doris.ffesm.fr – Vincent Maran

Phot. 205

Description

Constitue des colonies érigées unilamellaires, en forme de mèche, pouvant atteindre 10 cm. Les ramifications sont dichotomes, chaque ramule se compose de deux séries de zoïdes alternés. Les zoïdes sont dépourvus d'épines mais présentent un prolongement distal sur le côté externe. De couleur brun rougeâtre, très foncé. (**Photo 205**).

Biotope

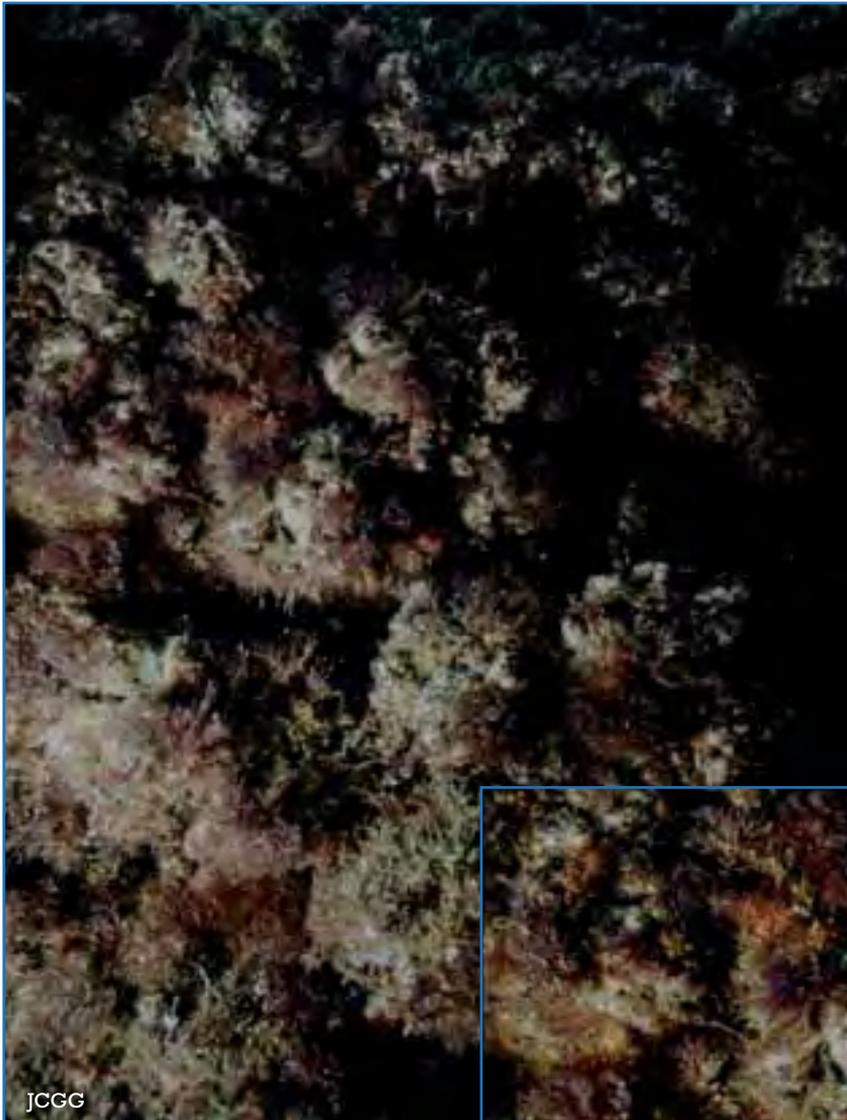
Colonise souvent abondamment les substrats artificiels tels que les coques des embarcations, les quais, embarcadères, bouées et cordes immergées.

Distribution

Espèce cosmopolite.

Tolérance environnementale

Espèce communément présente dans les communautés de *fouling* et dans les zones de faible qualité environnementale telles que les installations portuaires (Ryland, 1965; Geraci et Relini, 1970; Arias et Morales, 1979; Arístegui, 1987). (**Photos 206 et 207**). Possède également une grande tolérance à certains métaux lourds (Piola et Johnston, 2006).



JCGG

Phot. 206



Phot. 207

JCGG

10.37. *Myriapora truncata* (Pallas, 1766)



Phot. 208

Embranchement: Bryozoa
Classe: Gymnolaemata
Ordre: Cheilostomatida
Famille: Myriaporidae
Genre: *Myriapora*
Nom vernaculaire: faux corail

Description

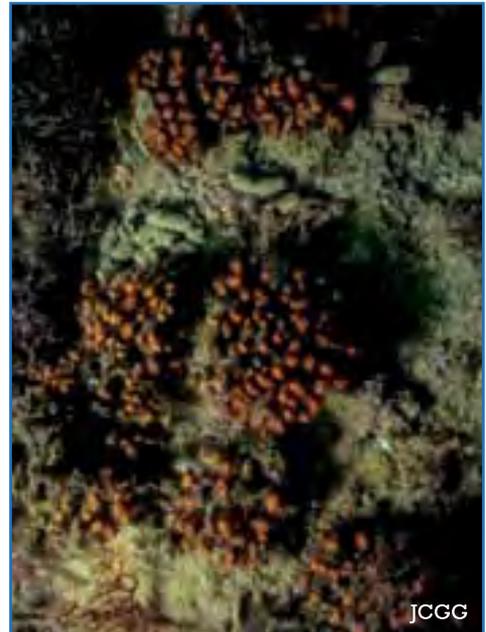
Les colonies de ce bryozoaire sont érigées et présentent une ramification dichotomique, les rameaux sont cylindriques, épais et leur extrémité est tronquée, leur surface est criblée de pores. Les ramifications se développent dans toutes les directions. Les colonies mesurent jusqu'à 12 cm de diamètre. Sa couleur est orange. Elles sont fixées au substrat par une base incrustante. (Photos 208 - 211).

Biotope

On la trouve généralement dans des fonds rocheux et ombragés ainsi que dans des grottes et cavités. Présente de quelques mètres à 100 m de profondeur.

Distribution

Largement distribuée en Méditerranée, elle s'étend jusqu'aux côtes du détroit de Gibraltar. Elle a aussi été signalée dans les Canaries et sur la côte atlantique du Maroc.



Phot. 209

Tolérance environnementale

Cette espèce est tolérante, mais moins que les bryozoaires *Pentapora fascialis* et *Omalosecosa ramulosa*. Elle préfère les eaux propres avec courant modéré à intense, elle est donc plus abondante dans des fonds très structurés présentant une grande biodiversité, mais elle a été observée dans des fonds turbides, avec un certain taux de sédimentation, voire légèrement contaminés par des rejets d'eaux usées d'origine domestique (Harmelin et Capo, 2002). On lui attribue en outre une grande tolérance à des facteurs tels que l'élévation de la température de l'eau (Pérez *et al.*, 2000; Garrabou *et al.*, 2009) ou un taux élevé de CO₂ (Wood *et al.*, 2012). Il ne s'agit donc pas d'une bonne espèce indicatrice d'eaux propres et il n'est pas utile de l'utiliser pour les programmes de surveillance environnementale des fonds littoraux.

Néanmoins, comme les deux autres espèces mentionnées, compte tenu de la visibilité et de la fragilité de ses colonies, son suivi peut s'avérer utile pour la détection des impacts sur les communautés benthiques de l'action mécanique des filets, des ancres ou des plongeurs inexpérimentés ou mal informés, qui peuvent considérablement endommager les structures coloniales.

Autres informations

Cette espèce peut être confondue avec le corail rouge qui s'en distingue par une ramification non dichotomique et des polypes blancs.



Phot. 210



Phot. 211

10.38. *Omalosecosa ramulosa* (Linnaeus, 1767)



Phot. 212

Embranchement: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordre: Cheilostomatida

Famille: Celleporidae

Genre: *Omalosecosa*

Nom vernaculaire: petites cornes de cerf

Description

Forme des colonies dressées aux ramifications dichotomiques et rigides. Les rameaux sont cylindriques, de couleur orange-jaune pâle. (**Photo 212**).

Biotope

On la trouve généralement sur des substrats durs, parfois sur d'autres organismes tels que les gorgones, et près d'hydrozoaires et d'autres bryozoaires. Elle est peu fréquente dans des lieux ombragés à moins de 5 m, mais abondante entre 10 et 40 m de profondeur.

Distribution

Elle s'étend de la Norvège à la Mauritanie et dans l'ensemble de la Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cette espèce est tolérante mais préfère les eaux propres où le courant est modéré à intense (García-Gómez, 2007). Elle est plus abondante dans des fonds structurés offrant une grande biodiversité (précoralligène) habités par des espèces sensibles et à faible valence écologique (**photos 213 et 214**), mais on la rencontre également sur des fonds aux eaux turbides, à forte sédimentation (Foveau *et al.*, 2008) avec une charge organique modérée (**photos 215 et 216**). Elle a aussi été citée comme tolérante à la présence

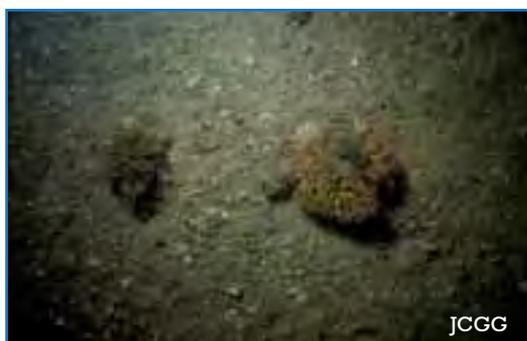
de composés organostanniques (TBT) utilisés dans les antifoulings (Hiscock *et al.*, 2010). Il ne s'agit donc pas d'une bonne espèce indicatrice d'eaux propres (même si elle les préfère) et il n'est pas conseillé de l'utiliser pour les programmes de surveillance environnementale des fonds littoraux. Néanmoins, compte tenu de la visibilité et de la fragilité de ses colonies, comme nous l'avons expliqué pour le bryzoaire *Pentapora fascialis*, son suivi peut être utile pour la détection des impacts sur le biote de l'action mécanique des filets, des ancres ou des plongeurs inexpérimentés ou mal informés qui peuvent endommager les structures coloniales en donnant des coups de palmes ou simplement en s'agenouillant ou en s'appuyant sur les fonds.



Phot. 213



Phot. 214



Phot. 215



Phot. 216

10.39. *Pentapora fascialis* (Pallas, 1766)



Phot. 217

Embranchement: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordre: Cheilostomatida

Famille: Bitectiporidae

Genre: *Pentapora*

Nom vernaculaire: rose de mer

Description

Ce bryozoaire se caractérise par la formation de colonies érigées reposant sur une base incrustante. Ses rameaux sont plats et rigides, bilaminaires, et peuvent présenter une division dichotomique. Pour l'un des morphotypes communs, la partie supérieure des ramifications rappelle la forme des bois de cerfs, tandis que la partie inférieure tend à se souder pour constituer une structure laminaire compacte et uniforme. Hors de l'eau, elle perd sa couleur, rose ou orange intense. Elle peut atteindre 15 cm de hauteur et 20 cm de diamètre. Le morphotype foliacé possède des rameaux très larges non dichotomes en forme de lamelles. Les colonies présentent alors un aspect foliacé massif et rigide dont les lamelles peuvent être soudées et atteindre une grande taille.

Biotope

Vit sur les fonds rocheux et les substrats détritiques peu éclairés. Préfère les eaux calmes, mais elle est aussi présente dans des zones de courants modérés. On la trouve entre 5 et 100 mètres de profondeur.



Phot. 218

Distribution

S'étend dans l'ensemble de la Méditerranée, où elle est commune, et dans l'Atlantique, à partir de l'ouest des îles Britanniques.

Tolérance environnementale

Espèce tolérante, même si elle préfère les eaux propres et relativement calmes (García-Gómez, 2007). On la trouve aussi bien sur des fonds présentant une grande diversité et une bonne qualité environnementale (**photo 217**) que sur des fonds où le taux de sédimentation est élevé, la charge organique modérée et la turbidité persistante (Harmelin et Capo, 2002) (**photos 218 et 219**). Par conséquent, elle n'est pas une espèce indicatrice de bonnes conditions environnementales et n'est pas utile dans le cadre d'un projet de surveillance de la qualité des eaux littorales.

Néanmoins, ses colonies étant spectaculaires, de grande taille, faciles à identifier en plongée, et sensibles aux impacts mécaniques (chaluts, ancrs, plongeurs inexpérimentés) (Sala *et al.*, 1996; Garrabou *et al.*, 1998), cette espèce peut faire l'objet d'une surveillance visant à contrôler les pertes et les dommages dus à l'action abrasive des plongeurs dans des milieux très stables et structurés offrant des paysages sous-marins d'une grande beauté. En effet, insuffisamment informés en matière de conservation sous-marine, les plongeurs s'agenouillent sur les fonds pour prendre des photographies, par exemple, ou parce qu'ils sont mal lestés, ou ne savent pas utiliser leur gilet stabilisateur.

Heureusement, *Pentapora fascialis* présente une capacité de récupération très rapide dès lors que les facteurs à l'origine des dommages sont supprimés ou atténués (Sheehan *et al.*, 2013).

Cette espèce est également considérée comme indicatrice des conditions thermiques d'une zone spécifique, mais dans le sud de la péninsule Ibérique, cette capacité ne peut lui être reconnue car elle ne présente quasiment pas d'atteinte lorsque la température est anormalement élevée (Pérez *et al.*, 2000)..

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 219

10.40. *Schizobrachiella sanguinea* (Norman, 1868)



Phot. 220

Embranchement: Bryozoa
Classe: Gymnolaemata
Ordre: Cheilostomatida
Famille: Schizoporellidae
Genre: *Schizobrachiella*
Nom vernaculaire: bryzoaire encroûtant rouge

Description

Cette espèce se développe en formant des incrustations d'une ou plusieurs lames pouvant s'ériger et constituer des circonvolutions partiellement fermées en cornet. Elle peut recouvrir plusieurs dizaines de centimètres carrés, et sa couleur varie du rouge, au brun et au violet. Sa forme dépend du mouvement des eaux. (**Photo 220**).

Biotope

Espèce recouvrante qui se fixe sur les surfaces rocheuses et les squelettes calcaires d'autres animaux ou d'algues lithothamnes. On la rencontre également à la base de la phanérogame *Posidonia oceanica*. Présente entre 5 et 50 m de profondeur.

Distribution

Espèce typique de la Méditerranée, jusqu'au détroit de Gibraltar. Quelques signalements au sud-ouest des îles Britanniques et dans les Canaries.

Tolérance environnementale

Espèce tolérante, même si elle préfère les eaux propres et relativement calmes. S'adapte à des conditions d'hydrodynamisme faible, modéré ou

élevé et à différents niveaux de turbidité et de charge organique (Mariani *et al.*, 2003; Koçak, 2008), mais elle est sensible à une sédimentation excessive. Par conséquent, elle n'est pas une bonne indicatrice d'eaux propres et renouvelées. Elle peut toutefois contribuer à la surveillance des fonds structurés à grande biodiversité car lorsqu'elle est partiellement recouverte par une sédimentation anormale (surverse de dragage, par exemple) cela entraîne rapidement la mort massive des zoïdes recouverts et les colonies blanchissent (voir **photos 221 et 222**, avant et après l'élimination du sédiment) (García-Gómez, 2007).



Phot. 221



Phot. 222

10.41. *Smittina cervicornis* (Pallas, 1766)



Phot. 223

Embranchement: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordre: Cheilostomatida

Famille: Smittinidae

Genre: *Smittina*

Nom vernaculaire: bryozoaire bois de cerf

Description

Espèces dont les colonies sont érigées et ramifiées, aux nombreux rameaux dichotomiques, de couleur orange. La surface semble recouverte de poils très fins qui sont les tentacules des zooïdes. (**Photo 223**).

Biotope

Vit généralement sur des fonds de coralligène, sur les parois et les roches. On la trouve à partir de 20 m mais elle est surtout abondante entre 40 et 60 m.

Distribution

En Méditerranée y compris le détroit de Gibraltar et dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Gabon.

Tolérance environnementale

Smittina cervicornis a été signalée dans des zones de faible qualité environnementale telles que les installations portuaires, ainsi elle ne peut pas être utilisée comme espèce bioindicatrice.



ANNÉLIDES

10.42. *Sabella pavonina* Savigny, 1822



Phot. 225

Embranchement: Annelida

Classe: Polychaeta

Ordre: Sabellida

Famille: Sabellidae

Genre: *Sabella*

Nom vernaculaire: sabelle paon

Description

La sabelle est un ver mesurant jusqu'à 25 cm de longueur, de section cylindrique légèrement aplatie dans la partie ventrale. La couleur du corps varie du jaune orangé au gris violacé. Les branchies constituent un panache entourant la bouche, elles présentent des bandes horizontales et diverses couleurs. L'animal vit dans un tube constitué de particules de vase agglomérées par du mucus. (**Photo 225**).

Biotope

Il est présent sur des fonds meubles (**photo 226**) dans lesquels le tube est enfoncé verticalement. Il préfère les zones à éclairage indirect comme l'entrée des grottes, et les espaces sableux situés entre les roches ou les touffes de posidonies (**photo 225**). On le trouve de quelques mètres de profondeur jusqu'à 25-30 m.

Distribution

Méditerranée et Atlantique.

Tolérance environnementale

Sabella pavonina est une espèce tolérante à différents niveaux de turbidité, de charge organique et de pollution. Elle est commune dans les zones affectées par l'homme et les zones perturbées, telles que les installations portuaires (Sáiz-Salinas et Urkiaga-Alberdi, 1999; Dyrynda, 2005) ou les centrales thermiques (Charubhun *et al.*, 2003). On rencontre parfois cette espèce parmi les organismes qui forment le *fouling* dans des zones affectées par différents types de perturbation (pêcheries, décharges de déchets agricoles ou trafic maritime intense) (Emara et Belal, 2004). Elle est en outre capable d'accumuler l'argent, métal très toxique, à une concentration élevée sans présenter d'atteinte (Koechlin et Grasset, 1988).



LS

Phot. 226

10.43. *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1791)



Phot. 227

Embranchement: Annelida

Classe: Polychaeta

Ordre: Sabellida

Famille: Sabellidae

Genre: *Sabella*

Nom vernaculaire: spirographe, ver à panache

Description

Le corps de ce ver, long et cylindrique, mesure jusqu'à 30 cm de longueur. L'extrémité inférieure est étroite et l'extrémité supérieure présente un panache de filaments formant jusqu'à 6 spirales pouvant être rétractés instantanément à l'intérieur du tube dans lequel l'animal vit. Ce tube est membraneux et peut atteindre 50 cm, il est cylindrique et constitué de particules de vase agrégées par du mucus, sa consistance peut varier. La couleur du "panache" est variable. (**Photo 227**).

Biotope

Vit sur des fonds rocheux, meubles, détritiques, et dans les herbiers de posidonies. Il est également présent sur le fond et les parois des digues et dans les installations portuaires. On le trouve de 5 à 40 m de profondeur.

Distribution

Présent en Méditerranée et en Atlantique, mais aussi sur les côtes australiennes.

Tolérance environnementale

Espèce invasive en Australie et en Nouvelle-Zélande (Patti et Gambi, 2001; Read *et al.*, 2011), introduite dans les ports lors de la vidange des eaux de ballast des navires. Il tolère des milieux à fort taux de sédimentation (Bocchetti *et al.*, 2004; Okuş *et al.*, 2007) (**photo 228**), ainsi que la présence d'éléments toxiques tels que l'arsenic (Fattorini et Regoli, 2004).



Phot. 228

10.44. *Salmacina dysteri* (Huxley, 1855)



Phot. 229

Embranchement: Annelida
Classe: Polychaeta
Ordre: Sabellida
Famille: Serpulidae
Genre: *Salmacina*
Nom vernaculaire: salmacine

Description

Polychète grégaire formant des tubes calcaires blancs, cylindriques, fragiles et très fins (1 mm de diamètre) imbriqués, pouvant constituer une masse hémisphérique mesurant jusqu'à 20 cm de diamètre. Le corps du ver mesure à peine 0,5 mm, il est de couleur grise et le panache branchial est incolore et comprend peu de filaments. La couleur de la base varie du jaune au rouge. (**Photos 229 - 231**).

Biotope

Cette espèce vit dans une grande variété d'habitats, on peut la rencontrer aussi bien sur des substrats rocheux que sur des fonds détritiques, éclairés, moyennement éclairés ou ombragés (**photos 232, 233 et 235**). Également présente dans les herbiers de posidonies. On la trouve de la surface jusqu'à 600 m de profondeur.

Distribution

Espèce cosmopolite.

Tolérance environnementale

Salmacina dysteri tolère différents types de perturbation (Urkiaga-Alberdi *et al.*, 1999), notamment la turbidité, la pollution et l'eutrophisation. Elle est fréquemment observée dans les zones portuaires (Knight-Jones *et al.*, 1991; Saiz-Salinas et Urkiaga-Alberdi, 1999; DeFelice *et al.*, 2001) (**photo 234**) voire à proximité d'exutoires d'eaux usées (Bailey-Brock et Krause, 2007).



Phot. 230



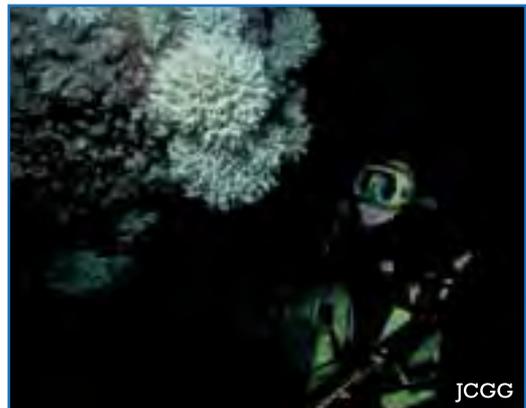
Phot. 231



Phot. 232



Phot. 233



Phot. 234



Phot. 235

10.45. *Serpula vermicularis* (Linnaeus, 1767)



Phot. 236

Embranchement: Annelida

Classe: Polychaeta

Ordre: Sabellida

Famille: Serpulidae

Genre: *Serpula*

Nom vernaculaire: serpule

Description

Le corps de ce ver cylindrique peut atteindre 7 cm de longueur, sa couleur varie du rose à l'orange et l'extrémité supérieure présente un élégant panache à franges roses et blanches alternées. Il possède également un opercule en forme d'entonnoir dont la bordure en fines dents de scie est de la même couleur que le panache. Le ver vit à l'intérieur d'un cylindre en calcaire mesurant jusqu'à 5 cm de longueur et 0,6 cm de largeur. (**Photo 236**).

Biotope

Apparaît sur les fonds rocheux ombragés ou peu éclairés, aux eaux modérément battues (**photos 237 et 238**). Vit également sur les coquilles de mollusques. On le trouve de 0 à 250 m de profondeur.

Distribution

Espèce cosmopolite.

Tolérance environnementale

Cette espèce se développe dans des eaux propres, car elle est sensible à plusieurs types de perturbations environnementales, notamment la présence d'hydrocarbures (Chia, 1973). Elle est toutefois abondante dans de nombreuses expériences de recolonisation de plaques artificielles, le plus souvent dans des milieux pollués (Schoener, 1983; El-Komi, 1991; Kocak et

Kucuksezgin, 2000) ou traités par des substances *anti-fouling* (Jelic-Mrcelic *et al.*, 2006; Cima et Ballarin, 2008). Elle n'est donc pas conseillée pour la surveillance de la qualité des eaux littorales.

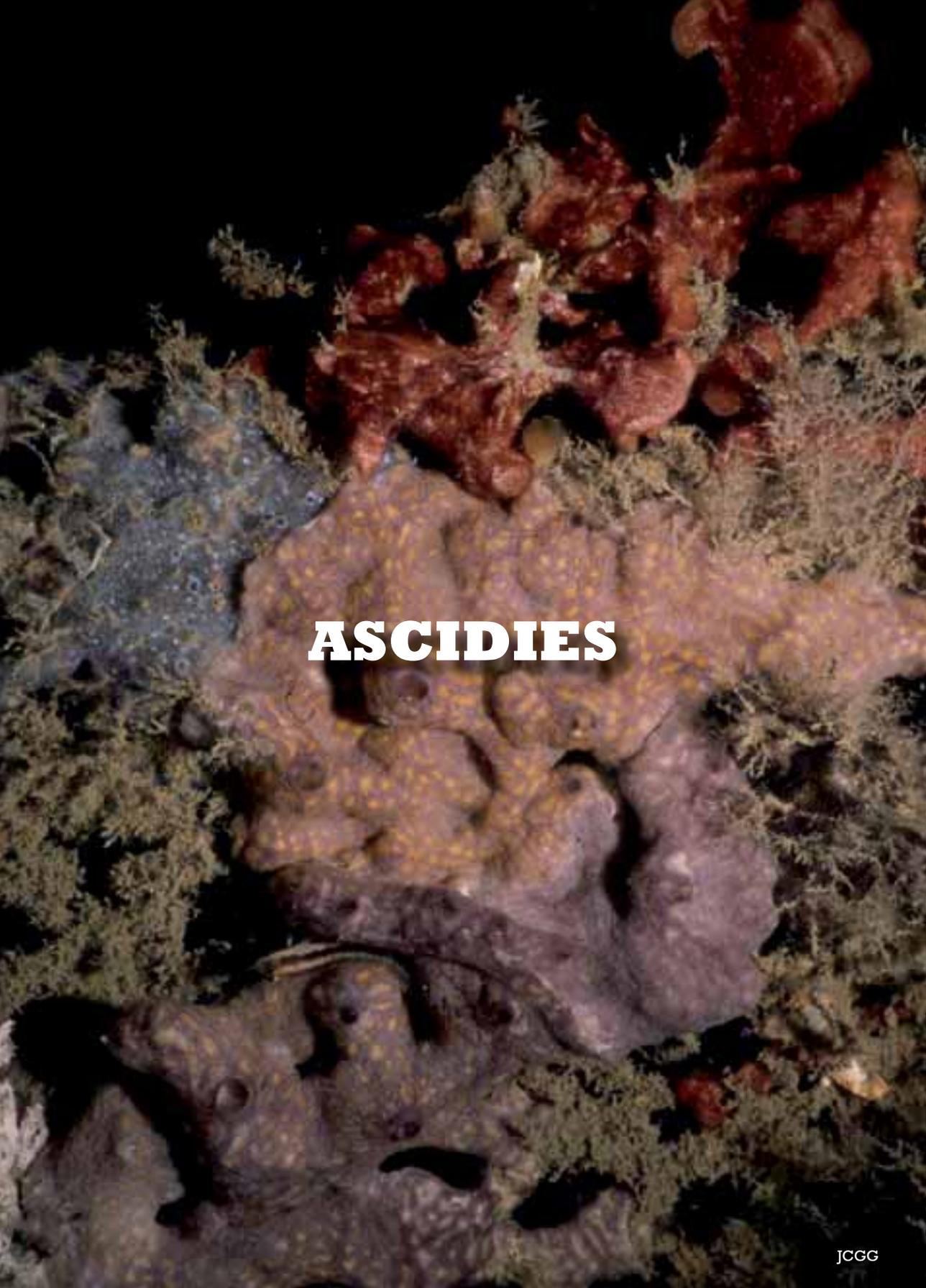


Phot. 237



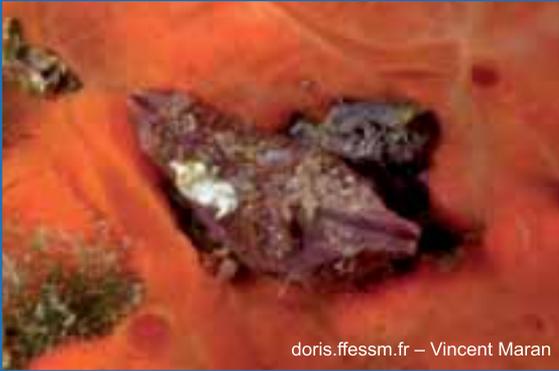
JCCG

Phot. 238

An underwater photograph of a rocky reef. The scene is dominated by a large, flat, purple-colored ascidian with numerous small, bright yellow spots. This ascidian is attached to a rock surface. To its left, there is a blue, textured organism, possibly another type of ascidian or sponge. Above the purple ascidian, there are reddish-brown, branching structures, likely sponges or other colonial invertebrates. The background is dark, suggesting a deep-water environment. The overall lighting is somewhat dim, highlighting the textures and colors of the marine life.

ASCIDIES

10.46. *Microcosmus nudistigma* Monniot C., 1962



doris.ffesm.fr – Vincent Maran

Phot. 240

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Pyuridae
Genre: *Microcosmus*
Nom vernaculaire: violet à crête dorsale

Description

Ascidie, de couleur jaune rougeâtre, est une espèce solitaire mesurant de 3 à 4 cm. Présente une forme trapézoïdale car son corps est aplati dans la partie ventrale. Lorsqu'elle se contracte, une crête se forme sur la partie dorsale. Sa tunique est rêche et coriace. (**Photos 240 et 241**).

Biotope

Vit dans des zones peu profondes, sous les roches. Se fixe également sur d'autres organismes tels que les gorgones et dans des communautés d'algues, dans des milieux bien éclairés ou ombragés. On peut l'observer dans les herbiers de posidonies et dans les fonds coralligènes. On la trouve de l'étage subtidal jusqu'à 15 mètres de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des côtes du Portugal au détroit de Gibraltar. Elle est aussi présente dans le Nord Ouest de la Méditerranée, en France et sur les côtes espagnoles.

Tolérance environnementale

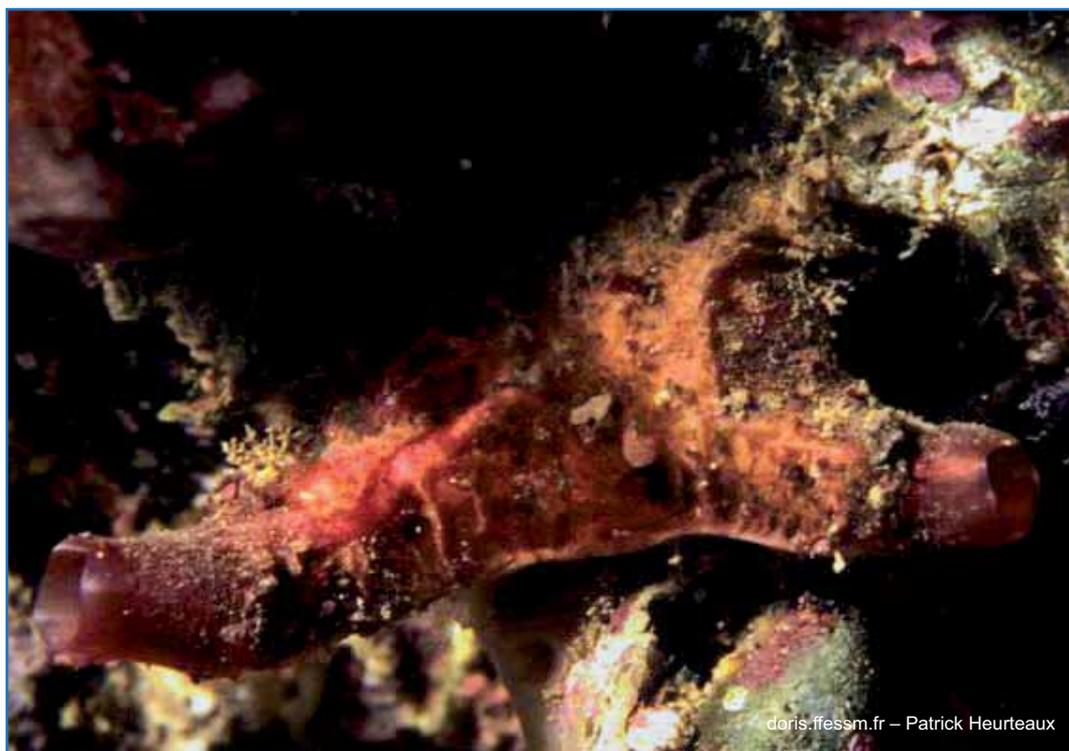
Microcosmus nudistigma, à l'instar d'autres espèces du genre *Microcosmus* décrites dans cet ouvrage, tolère des conditions environnementales défavorables (taux élevé de matières organiques, turbidité, pollution).

L'espèce n'est donc pas conseillée pour la surveillance de la qualité des eaux littorales. S'il n'existe pas de données bibliographiques précises à cet égard, cette espèce est intégrée à titre d'espèce tolérante à partir des observations personnelles et des connaissances de l'auteur.

Autres informations

Il est impossible d'identifier avec certitude les espèces de la famille *Pyuridae* sur photographies, même de très bonne qualité, car les éléments de leur anatomie interne doivent être étudiés, y compris pour déterminer le genre. Si dans une zone précise un plongeur expérimenté peut attribuer des spécimens à une espèce particulière, ces observations ne peuvent être extrapolées à d'autres zones.

En Méditerranée, il existe de nombreuses espèces similaires de la famille *Pyuridae*, tout spécialement les genres *Microcosmus* et *Pyura*.



doris.ffesm.fr – Patrick Heurteaux

10.47. *Microcosmus polymorphus* Heller, 1877



Phot. 242

Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Stolidobranchia

Famille: Pyuridae

Genre: *Microcosmus*

Nom vernaculaire: violet de roche

Description

Ascidie solitaire mesurant jusqu'à 6 ou 7 cm de longueur. Sa tunique est mince et souple mais rugueuse et entièrement couverte d'autres organismes et d'algues. Sa forme irrégulière évoque une outre. (**Photos 242 et 243**).

Biotope

Vit dans les communautés d'algues des zones ombragées ou bien éclairées, aux eaux calmes. On la rencontre également sur des fonds côtiers détritiques, dans les grottes semi-éclairées, dans les herbiers de posidonies, les fonds d'ascidies et les zones portuaires. Elle est présente de 15 à 30 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Maroc, et dans le détroit de Gibraltar. Également présente en Méditerranée jusqu'à l'Italie et dans l'Adriatique.

Tolérance environnementale

On peut rencontrer cette espèce dans des fonds vaseux présentant une turbidité et un taux de sédimentation élevés (Hartl et Ott, 1999), comme sur des substrats artificiels (Mastrototaro *et al.*, 2008). Elle est capable

d'accumuler des métaux lourds (Meziti *et al.*, 2007; Chebbi, 2010) et tolère un certain degré de pollution (Turón, 1988). Elle peut ainsi être classée comme indicateur de pollution marine.

Autres informations

Voir "Autres informations" de *Microcosmus nudistigma*.



doris.ffessm.fr – Dominique Horst

10.48. *Microcosmus squamiger* Michaelsen, 1927



Phot. 244

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Pyuridae
Genre: *Microcosmus*
Nom vernaculaire: ascidie

Description

Ascidie solitaire mesurant de 4 à 5 cm de longueur. De couleur brun rouge, sa tunique est coriace, plus ou moins rugueuse et présente des tubercules. Elle peut être couverte ou non par d'autres organismes. Présente une forme globuleuse prolongée à la base qui la fixe au substrat, ou une forme irrégulière lorsqu'elle s'agrège à d'autres individus dont il est difficile de la distinguer. Les siphons peuvent être proéminents, allongés et bien espacés. (**Photos 244 et 245**).

Biotope

Espèce que l'on rencontre généralement sur les côtes où elle forme des groupes denses constitués de milliers d'individus. On la trouve sur les fonds rocheux, surtout dans les baies et les ports où elle recouvre les blocs de béton, ainsi que sur de grandes étendues de fonds sableux ou vaseux où elle forme un substrat sur lequel se fixent d'autres organismes. C'est une espèce invasive en Australie et une forte concurrente pour les espèces locales. On la trouve de l'étage subtidal jusqu'à 20 mètres de profondeur.

Distribution

Espèce largement répandue. En Méditerranée, elle est commune en Italie, au Maroc, en France et en Espagne y compris dans le détroit de Gibraltar. Également présente en mer Rouge, dans l'océan Indien et Pacifique.

Tolérance environnementale

Espèce tolérante à une large fourchette de températures et de salinité, ainsi qu'à divers types de perturbation environnementale (Naranjo *et al.*, 1996; Carballo et Naranjo, 2002). En effet, ses populations augmentent dans les zones polluées (Mastrototaro *et al.*, 2008) et colonisent divers substrats, naturels ou artificiels (Turón *et al.*, 2007; Rius *et al.*, 2009). Son abondance indique donc que les eaux sont probablement affectées par un type de pollution.

Autres informations

Voir "Autres informations" de *Microcosmus nudistigma*.



Phot. 245

10.49. *Microcosmus vulgaris* Heller, 1877



Phot. 246

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Pyuridae
Genre: *Microcosmus*
Nom vernaculaire: ascidie

Description

Ascidie solitaire de grande taille, pouvant atteindre 10 cm. Le corps présente une forme globulaire et sa tunique très épaisse, qui possède des stries irrégulières (**photo 246**), peut être couverte par d'autres organismes, des débris de coquillages et du sable. La partie ventrale possède des structures allongées de 4 à 5 cm de largeur qui lui permettent d'adhérer au substrat.

Biotope

Cette espèce vit dans les fonds de sable grossier et de gravier, dans les fonds coralligènes, détritiques côtiers et les fonds d'ascidies. On la trouve généralement jusqu'à 40 m de profondeur.

Distribution

Présente en Méditerranée, de l'Italie et la Grèce jusqu'au détroit de Gibraltar et dans l'Adriatique.

Tolérance environnementale

Microcosmus vulgaris est une espèce abondante dans les milieux riches en matière organique où le taux d'oxygène est faible (Okuş *et al.*, 2007 ; Steckbauer *et al.*, 2011). Outre sa forte résistance à l'anoxie (Riedel *et al.*, 2008), d'autres facteurs tels que la capacité à accumuler certains métaux lourds (Papadopoulou et Kanas, 1977) et sa préférence pour les zones à faible hydrodynamisme (Ordines *et al.*, 2011) en font une espèce peu appropriée à la surveillance de la qualité des eaux littorales.

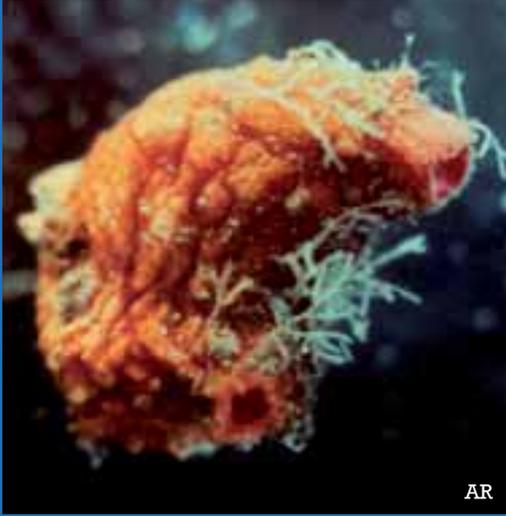
Autres informations

Voir "Autres informations" de *Microcosmus nudistigma*.

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Préoccupation Mineure".

10.50. *Pyura dura* (Heller, 1877)



AR

Phot. 247

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Pyuridae
Genre: *Pyura*
Nom vernaculaire: violet à bouche rose

Description

Cette ascidie solitaire peut atteindre 10 cm de longueur. Son corps est ovale. La tunique épaisse, de couleur jaune orangé, présentant des dépôts de calcaire, est couverte de petits tubercules irréguliers. (**Photos 247 et 248**).

Biotope

Cette espèce vit généralement sur les fonds rocheux tels que le coralligène, et dans les grottes semi-éclairées, sous les roches et dans les communautés d'algues, dans les zones ombragées ou éclairées. Préfère les eaux calmes. Également présente dans les herbiers de posidonies, sur les fonds détritiques côtiers et dans les zones portuaires. On la trouve de 3 à 15 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, au Maroc et au Sénégal. En Méditerranée, de l'Italie au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Pyura dura présente des caractéristiques liées à la tolérance aux perturbations courantes : elle n'est pas considérablement affectée par une élévation anormale de la température de l'eau (Pérez *et al.*, 2000; Lejeusne *et al.*, 2010). Elle est commune sur les substrats artificiels (Mastrototaro *et al.*, 2008), résistante aux substances *anti-fouling* (Jelic-Mrcelic *et al.*, 2006) et dominante dans les zones soumises à la forte pression du chalutage (De Juan *et al.*, 2013). Par conséquent, cette espèce n'est pas utile pour évaluer le bon état des eaux côtières.

Autres informations

Voir "Autres informations" de *Microcosmus nudistigma*.



doris.ffesm.fr – Frédéric André

Phot. 248

10.51. *Pyura microcosmus* (Savigny, 1816)

JCGG



Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Stolidobranchia

Famille: Pyuridae

Genre: *Pyura*

Nom vernaculaire: petit microcosme

Phot. 249

Description

Ascidie de couleur brun rougeâtre, solitaire au corps ovale mesurant de 1 à 4 cm. Sa tunique est épaisse, rugueuse et couverte de protubérances rondes ou polygonales (**photos 249 et 250**). Elle peut être couverte d'algues, de sédiments ou d'autres organismes. Les siphons allongés sont très sensibles à la lumière et à toutes sortes de perturbations. Ils sont sillonnés de lignes longitudinales rouges et blanches, bien visibles sur la surface interne.

Biotope

On la rencontre sur les coquilles des mollusques et sur les roches dans une grande diversité de milieux tels que les communautés d'algues exposées à la lumière, les zones ombragées aux eaux calmes, sur les fonds détritiques côtiers, sur le coralligène, dans les herbiers de posidonies, sur les fonds sableux et les zones portuaires où elle se fixe sur des substrats artificiels. Elle vit également sous les roches dans les zones superficielles. Espèce observée de 1 à 2 mètres jusqu'à 250 mètres de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques aux îles de Cap-Vert. En Méditerranée, dans le détroit de Gibraltar et en mer Rouge.

Tolérance environnementale

Cette espèce à large valence écologique a été choisie comme exemple d'ascidie solitaire tolérante pouvant vivre dans des milieux aux eaux propres ou perturbées par une charge organique et un taux de sédimentation modérés à élevés (Naranjo *et al.*, 1996; García-Gómez, 2007; Mastrototaro *et al.*, 2008). Cette espèce présente également une capacité élevée d'accumulation de divers métaux lourds (Papadopoulou *et al.*, 1967).

Dans ces circonstances, ces organismes sont transgressifs, leurs effectifs augmentent et, lorsqu'on les détecte sur les roches, cela indique que la qualité environnementale des fonds n'est pas bonne. Pour la surveillance sous-marine du littoral, il convient donc de contrôler l'absence ou la rareté de cette espèce ou d'espèces similaires, et de vérifier qu'elle ne devient pas progressivement abondante. Pour détecter une perturbation qui se traduit par l'abondance de ce type d'ascidie, l'identification taxonomique (complexe) n'a pas une importance majeure car le diagnostic de mauvaise qualité environnementale repose sur la présence de plusieurs individus sur les roches, eux-mêmes généralement couverts d'algues ou d'autres épibiontes.

Autres informations

Voir "Autres informations" de *Microcosmus nudistigma*.



Phot. 250

10.52. *Pyura squamulosa* (Alder, 1863)



doris.ffesm.fr – Dominique Horst

Phot. 251

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Pyuridae
Genre: *Pyura*
Nom vernaculaire: pyura
écailleuse

Description

Ascidie, de couleur rougeâtre, est une espèce solitaire mesurant de 2,5 à 4 cm de longueur. Sa tunique est généralement rugueuse, présente des protubérances. Elle est coriace, dans une moindre mesure que les autres espèces du même genre. (**Photos 251 et 252**).

Biotope

Espèce présente dans des environnements très variés: fonds de sable grossier, détritique côtier, d'ascidies, zones portuaires, communautés d'algues dans des zones éclairées aux eaux battues et zones ombragées aux eaux calmes, et herbiers de posidonies. On la trouve de 3 à 10 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Sénégal. En Méditerranée, de l'Italie à la Tunisie et dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Pyura squamulosa, à l'instar d'autres espèces du genre *pyura*, possède une large valence écologique et peut vivre dans des milieux aux eaux propres ou perturbées, l'espèce n'est donc pas conseillée pour la surveillance de la qualité des eaux littorales.

Autres informations

Voir "Autres informations" de *Microcosmus nudistigma*.



Phot. 252

10.53. *Pyura tessellata* (Forbes, 1848)



Phot. 253

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Pyuridae
Genre: *Pyura*
Nom vernaculaire: ascidie
mosaïque

Description

Espèce solitaire de petite taille, mesurant 5 mm de longueur. Son corps est ovoïde et très aplati. Sa tunique est mince et couverte de tubercules hexagonaux (mosaïque) qui la caractérisent. Les siphons sont courts et très écartés. (**Photos 253 - 255**).

Biotope

Vit sous les roches, sur les parois des grottes semi-éclairées, sur le coralligène, dans les herbiers de posidonies et sur les fonds détritiques côtiers. On la trouve généralement dans les milieux exposés à l'action des vagues et des courants où les roches sont exemptes de sédimentation. Elle est observée de la surface jusqu'à 300 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, de la Scandinavie au Sénégal. En Méditerranée, sur les côtes françaises et espagnoles jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Pyura tessellata, à l'instar d'autres espèces du genre *pyura*, possède une large valence écologique et peut vivre dans des milieux aux eaux propres ou perturbées, l'espèce n'est donc pas conseillée pour la surveillance de la qualité des eaux littorales.

Autres informations

Voir "Autres informations" de *Microcosmus nudistigma*.



Phot. 254



Phot. 255

10.54. *Polycarpa pomaria* (Savigny, 1816)



doris.ffesm.fr – Frédéric André

Phot. 256

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Styelidae
Genre: *Polycarpa*
Nom vernaculaire: polycarpe
polymorphe

Description

Ascidie solitaire de couleur brun foncé pouvant former des agrégats. Sa forme est conique et sa consistance coriace. Sa tunique est mince, rugueuse et peut être couverte de sédiments ou de débris de coquillages. Elle peut atteindre une longueur de 5 cm et une largeur de 3 cm. Les siphons sont allongés et légèrement carrés, avec des taches blanches à l'intérieur de l'entrée. (**Photo 256**).

Biotope

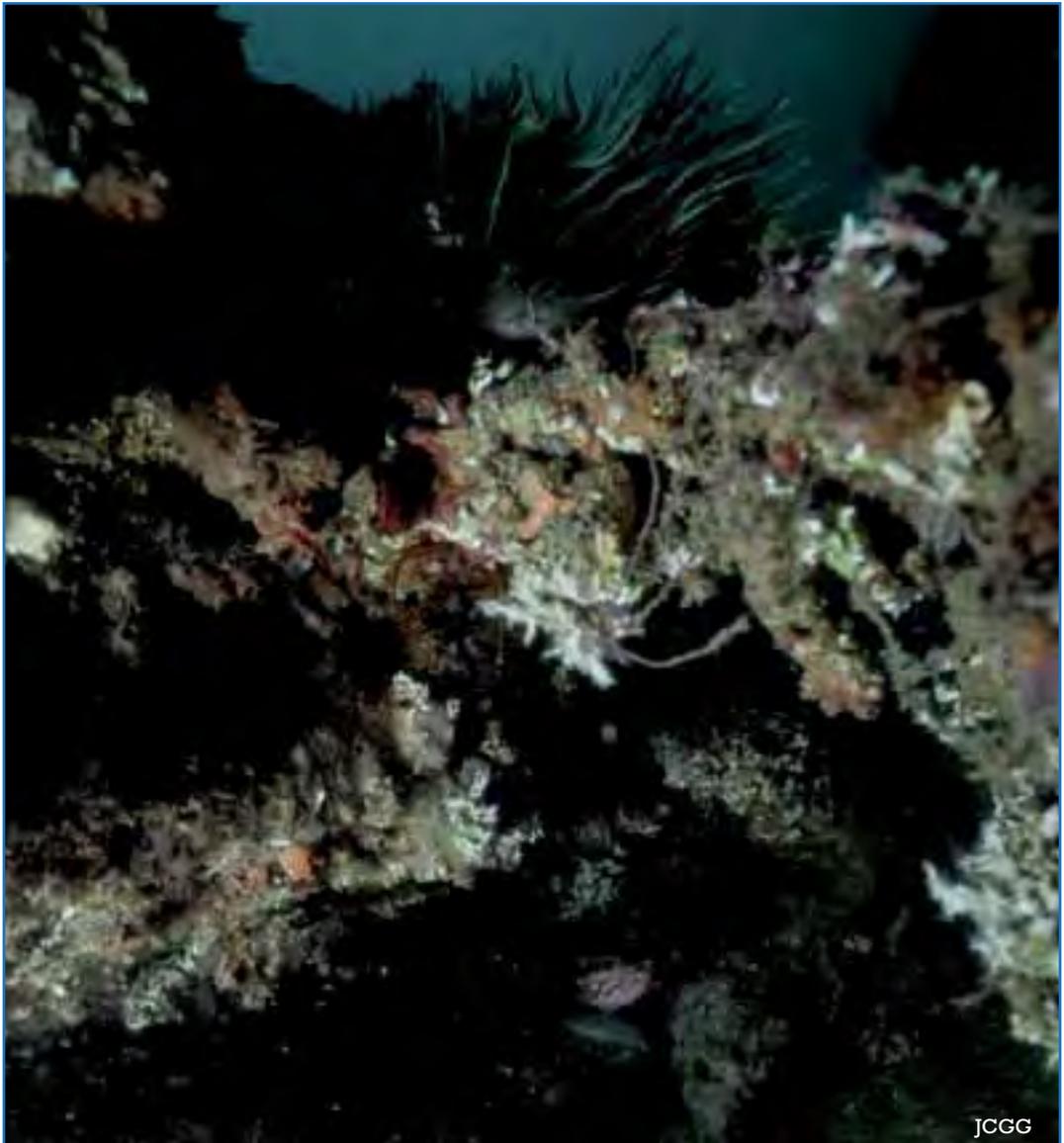
Cette espèce se développe dans des environnements très variés. Elle peut vivre sur les fonds rocheux ou meubles, dans les zones exposées aux courants ou dans des eaux calmes. On la trouve aussi sous les roches, dans les sables vaseux avec *Caulerpa* ou sur les fonds détritiques, et fréquente dans les zones portuaires. Elle est présente de la zone intertidale jusqu'à 500 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, de la Scandinavie au Maroc, ainsi que dans l'Arctique. Présente dans toute la Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cette espèce est citée comme un invertébré des eaux très polluées (Turón, 1988) et elle est commune dans les stations des installations portuaires artificielles (Vázquez et Urgorri, 1992) et les ports de plaisance (Airoldi *et al.*, 2014) (**photo 257**). Par conséquent, cette espèce n'est pas un bioincidateur approprié aux objectifs de cet ouvrage.



JCGG

Phot. 257

10.55. *Botrylloides leachii* (Savigny, 1816)



Phot. 258

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Styelidae
Genre: *Botrylloides*
Nom vernaculaire: botrylloïde

Description

Ascidie coloniale, de consistance gélatineuse. Sa couleur est variable : gris, orange, jaune ou rouge violet (**photos 258 - 262**). Sa tunique présente des lignes parallèles méandriformes. Sa forme est asymétrique et ses colonies peuvent constituer une configuration massive (jusqu'à 5 cm d'épaisseur et 7 à 8 cm de diamètre) ou laminaire (plus de 50 de diamètre).

Biotope

Elle vit incrustée sur des roches et des coquillages, ainsi que sur des macroalgues brunes, des éponges et des gorgones. Bien qu'elle puisse vivre dans des zones à hydrodynamisme très modéré, elle préfère les milieux aux eaux renouvelées par les courants. Son habitat s'étend de la zone intertidale (où on peut la trouver sous les roches, dans des zones ombragées) jusqu'à plus de 100 mètres de profondeur.

Distribution

Espèce dont l'aire de répartition est très étendue. En Méditerranée, sur les deux rives de l'Atlantique et dans le Pacifique.

Tolérance environnementale

Espèce tolérante, à large valence écologique (García-Gómez, 2007), capable de résister ou d'occuper des zones où la diversité benthique est

très amoindrie (Megally, 1970; Turón, 1988; Carballo y Naranjo, 2002). Elle supporte notamment une turbidité, une charge organique et un taux de sédimentation élevés (Wollgast *et al.*, 2008; Sams *et al.*, 2013). En présence de sédiments de surverse de dragages d'agrégats sur la côte, nocifs pour la faune benthique générale si cette perturbation perdure, sa capacité d'adaptation à cette pression est surprenante.

Elle est toutefois présente dans des zones offrant une riche diversité, dans les fonds biologiquement structurés et donc écologiquement sensibles et vulnérables. Dans ce type de fonds, même si cette espèce est facile à reconnaître à l'aide de cet ouvrage (en dépit des variations de forme et de couleur) elle n'est pas une espèce indicatrice de la qualité de l'eau pour les raisons évoquées ci-dessus, par conséquent, elle n'est pas recommandée comme indicateur écologique d'eaux propres. Il peut néanmoins s'avérer utile de l'observer car elle peut contribuer à confirmer un diagnostic environnemental si elle devient plus abondante tandis que d'autres espèces benthiques sensibles diminuent ou disparaissent.

Phot. 262



Phot. 259



Phot. 260



Phot. 261

10.56. *Phallusia fumigata* (Grube, 1864)



Phot. 263

Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Phlebobranchia

Famille: Ascidiidae

Genre: *Phallusia*

Nom vernaculaire: ascidie noire

Description

Cette ascidie, de couleur noire ou vert foncé, est une espèce solitaire qui peut atteindre 15 cm de longueur. Son corps est oblong, cylindrique et élargi à la base. Sa tunique est épaisse et lisse et sa consistance gélatineuse. (**Photos 263 - 267**).

Biotope

Elle vit généralement dans des crevasses ou des anfractuosités de rochers où l'hydrodynamisme est modéré ou fort. On la rencontre également sous les roches, dans les herbiers de posidonies, les communautés d'algues des zones éclairées aux eaux calmes, les zones portuaires, les fonds détritiques et le coralligène. Elle est présente entre 2 et 50 m de profondeur.

Distribution

Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

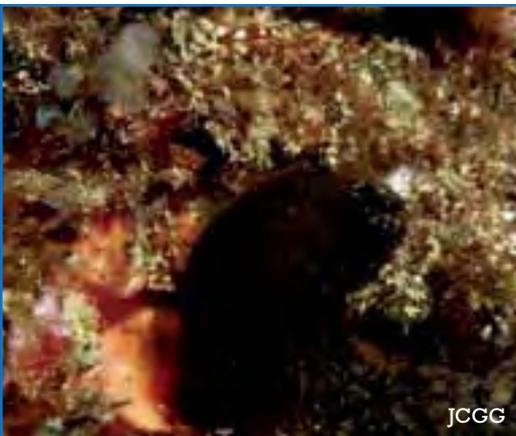
Cette espèce tolérante est capable de maintenir ses populations dans des environnements soumis à un certain niveau de perturbation (Turón, 1988). Bien qu'elle soit présente sur des substrats artificiels (Airoldi *et al.*, 2014) ses populations sont plus abondantes dans des zones naturelles préservées (Naranjo *et al.*, 1996; López-González *et al.*, 1997).



Phot. 264



Phot. 265



Phot. 266



Phot. 267

10.57. *Clavelina lepadiformis* (Müller, 1776)



Phot. 268

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Clavelinidae
Genre: *Clavelina*
Nom vernaculaire: grande claveline

Description

Les colonies de cette ascidie sont constituées de structures cylindriques érigées qui atteignent 3 cm de longueur et sont unies par une sorte de « rameau » basal nommé stolon. Elles présentent une consistance gélatineuse et sont transparentes avec des lignes blanches, parfois jaunes ou roses sur la tunique. (**Photos 268 - 270**).

Biotope

Vivent dans les zones infralittorales associées à des communautés d'algues, dans des milieux éclairés ou ombragés, ainsi que sur les fonds coralligènes et détritiques côtiers. Commune dans les ports et les zones fermées où le taux de sédimentation est élevé. On la trouve dans des eaux superficielles jusqu'à 100 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des côtes scandinaves au Maroc, et en Méditerranée, de la Tunisie et l'Italie jusqu'au détroit de Gibraltar, ainsi que sur l'ensemble de la côte espagnole et des îles Baléares.

Tolérance environnementale

Cette espèce est considérée comme transgressive car ses populations s'accroissent à mesure que le niveau de stress augmente, notamment dans les zones portuaires (Tarjuelo *et al.*, 2001; De Caralt *et al.*, 2002). Elle est commune, voire dominante, dans les zones très polluées et présentant une charge organique importante (Saiz-Salinas et Urkiaga-Alberdi, 1999; Carballo et Naranjo, 2002; Okuş *et al.*, 2007).



Phot. 269



Phot. 270

10.58. *Pycnoclavella nana* (Lahille, 1890)



Phot. 271

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Clavelinidae
Genre: *Pycnoclavella*
Nom vernaculaire: claveline
naine

Description

Les individus qui constituent les colonies de cette ascidie sont isolés et leur longueur est d'environ 2 cm. Ils sont pédonculés et parfois réunis en bouquets reliés par des stolons rampants. Ils sont transparents et gélatineux, et des lignes blanches, jaunes ou roses les parcourent longitudinalement. Souvent solitaires, ils peuvent aussi former une sorte de gazon. (**Photos 271 - 273**).

Biotope

Ils vivent généralement sur des surplombs, des structures portuaires artificielles où l'eau est bien renouvelée, comme les piliers des pontons. On les trouve jusqu'à 50 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des côtes de Norvège aux Açores. En Méditerranée, des côtes françaises et espagnoles aux îles Baléares et au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

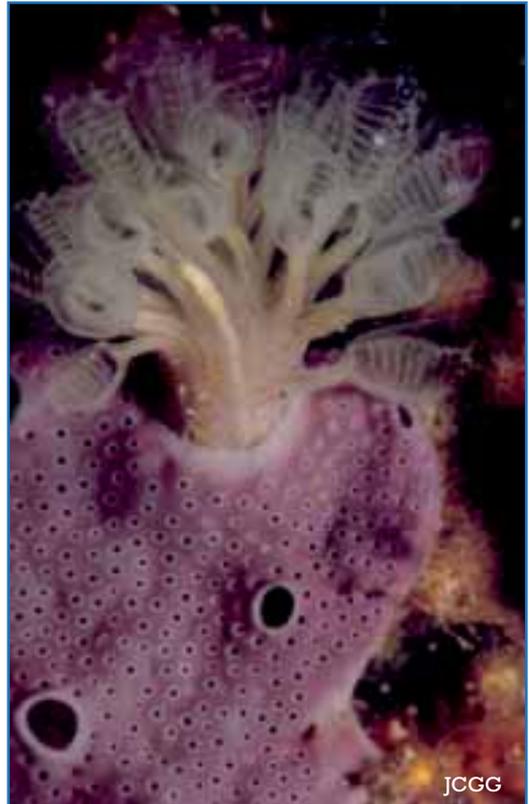
Espèce tolérante qui supporte un certain niveau de perturbation environnementale (Naranjo *et al.*, 1996; Okuş *et al.*, 2007).

Autres informations

Clavelina lepadiformis peut être confondue avec cette espèce. Elle était auparavant classée sous le nom de *Clavelina nana*.



Phot. 272



Phot. 273

10.59. *Diplosoma listerianum* (Milne-Edwards, 1841)



Phot. 274

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Didemnidae
Genre: *Diplosoma*
Nom vernaculaire: synascidie
gélatineuse

Description

Espèce d'ascidie coloniale. Les colonies, laminaires ou encroûtantes, sont de taille variable et peuvent recouvrir de grandes surfaces. Sa consistance est cartilagineuse et sa couleur est transparente avec ou sans pigmentation blanchâtre. La tunique est lisse. (**Photos 274 et 275**).

Biotope

Vit sur les fonds rocheux éclairés, moyennement éclairés ou ombragés où l'hydrodynamisme est modéré à fort. Se fixe sur les parois verticales et dans les crevasses, sur les herbiers de posidonies et de *Caulerpa prolifera*, sur les fonds détritiques côtiers et dans les lagunes. On la trouve sur des substrats naturels et artificiels tels que les blocs de béton et les piliers des zones portuaires. Elle est observée de l'étage subtidal jusqu'à 30 mètres de profondeur.

Distribution

Présente dans l'Atlantique Est, de la Scandinavie à l'Afrique du Sud, dans toute la Méditerranée et y compris le détroit de Gibraltar. Elle est également présente dans l'Atlantique Ouest, l'océan Indien et Pacifique.

Tolérance environnementale

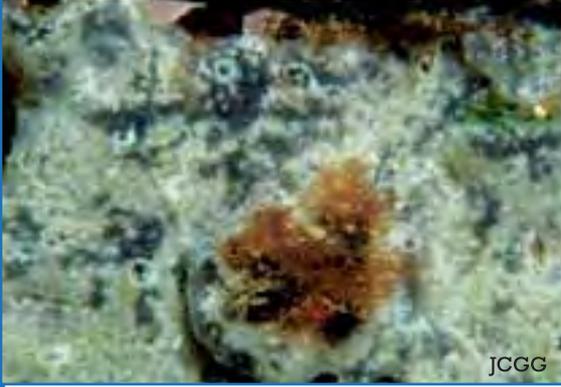
Diplosoma listerianum tolère un certain niveau de perturbation (Mastrototaro *et al.*, 2008; Wollgast *et al.*, 2008) mais elle préfère les milieux préservés. Espèce commune dans les ports (Lambert et Lambert, 1998 ; Pérez-Portela *et al.*, 2013) et elle tolère bien la sédimentation (Sams *et al.*, 2013).



denis.ffesm.fr – Denis Ader

Phot. 275

10.60. *Diplosoma spongiforme* (Giard, 1872)



Phot. 276

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Didemnidae
Genre: *Diplosoma*
Nom vernaculaire: didemne
spongieux

Description

Cette espèce se caractérise par la formation de colonies encroûtantes d'une épaisseur de 7 mm pouvant couvrir de grandes surfaces. Sa couleur est grisâtre avec des zones de pigmentation blanche. Sa consistance est gélatineuse et délicate et sa tunique est lisse. (**Photos 276 et 278**).

Biotope

Vit sur les fonds rocheux, notamment dans les crevasses et sur les surplombs, également dans les fonds bien éclairés à hydrodynamisme variable. Elle peut se fixer sur d'autres organismes tels que les mollusques et les gorgones. On la trouve sur les fonds de graviers, coralligènes, détritiques côtiers, herbiers de posidonies, à la base des laminaires, et dans les zones portuaires. Elle est présente de l'étage subtidal jusqu'à 30 mètres de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques aux côtes du nord de l'Espagne. Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce indicatrice de stress intense (transformation du substrat, stagnation des eaux, sédimentation excessive) et durable (Naranjo *et al.*, 1996). Elle

est commune sur les structures artificielles, aux côtés d'autres espèces tolérantes aux perturbations (Turón, 1988; Mariani *et al.*, 2003; Rius-Viladomiu, 2008) (**photo 277**). Elle a aussi été citée comme résistante à la présence de composés organostanniques (TBT) utilisés dans les produits antifouling (Hiscock *et al.*, 2010).



JCGG

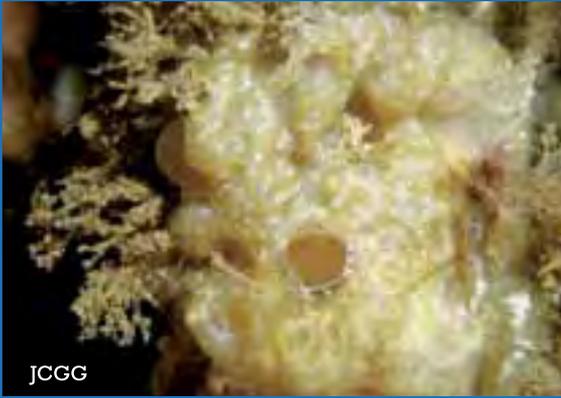
Phot. 277



JCGG

Phot. 278

10.61. *Trididemnum cereum* (Giard, 1872)



Phot. 279

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Didemnidae
Genre: *Trididemnum*
Nom vernaculaire: aucun

Description

Espèce d'ascidie coloniale, de couleur blanchâtre avec des taches brunes ou grisâtres. Les colonies sont importantes, recouvrantes et massives. (**Photos 279 et 280**).

Biotope

Cette espèce vit dans les zones exposées ou protégées telles que les parois verticales, les surplombs et les crevasses. On les rencontre également dans les communautés d'algues des zones éclairées ou ombragées, le coralligène, les herbiers de posidonies, les fonds sableux et vaseux, les détritiques côtiers, les zones portuaires et les lagunes. On la trouve de quelques mètres de la surface jusqu'à 30 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, de la Scandinavie aux côtes du nord de l'Espagne. Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Bien qu'il soit une espèce qui a été observée dans des zones non polluées et qu'elle est quasiment absente des zones polluées dans les études de référence (Naranjo *et al.*, 1996), elle a été signalée de façon récurrente sur

des substrats artificiels (Vázquez et Urgorri, 1992; Mastrototaro *et al.*, 2008; Airoidi *et al.*, 2014). Il a été démontré qu'elle est résistante aux substances d'*antifouling* (Cima et Ballarin, 2008). Elle n'est donc pas classée comme espèce indicatrice.



JCCG

Phot. 280

10.62. *Aplidium turbinatum* (Savigny, 1816)



doris.ffessm.fr – Vincent Maran

Phot. 281

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Polyclinidae
Genre: *Aplidium*
Nom vernaculaire: ascidie coloniale pédonculée

Description

Les colonies de cette espèce, en forme de champignon, sont pédonculées. Leur consistance est charnue et gélatineuse et leur couleur jaune orangé. Leur adhérence au substrat est faible. (**Photos 281 - 283**).

Biotope

Cette espèce est associée aux algues des zones bien éclairées ou ombragées des communautés infralittorales aux eaux calmes, ainsi qu'aux herbiers de posidonies. On la rencontre également sur les fonds coralligènes et sur les rhizomes des laminaires *Laminaria ochroleuca* et *L. hyperborea*. On la trouve de l'étage subtidal jusqu'à 20 mètres de profondeur.

Distribution

Du détroit de Gibraltar aux côtes méditerranéennes d'Espagne et d'Italie. Dans l'Atlantique Est, de la Norvège aux Canaries, sur les côtes britanniques, françaises, portugaises et du nord de l'Espagne.



Phot. 282

Tolérance environnementale

De nombreuses colonies d'*Aplidium turbinatum* ont été observées sur des substrats naturels (Mastrototaro *et al.*, 2008), dans des zones affectées par l'eutrophisation et les impacts anthropogéniques (décharges, trafic naval, activités industrielles et aquaculture).



doris.ffesm.fr – Vincent Maran

Phot. 283

10.63. *Morchellium argus* (Milne-Edwards, 1841)



Phot. 284

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Polyclinidae
Genre: *Morchellium*
Nom vernaculaire: flocon
pédonculé rouge

Description

Cette ascidie coloniale se caractérise par ses colonies constituées de plusieurs «têtes» en forme de clou de 5 mm de diamètre, réunis par un pédoncule basal de longueur variable. Leur consistance est charnue et gélatineuse et leur couleur est orange. On trouve des inclusions de sable dans la partie basale de la colonie. (**Photos 284 et 285**).

Biotope

Vit généralement sur des substrats rocheux plus ou moins exposés, où le taux de sédimentation peut être élevé (**photo 286**). Elle est abondante dans les zones portuaires où elle peut tapisser les surfaces verticales des blocs de béton des jetées et des piliers des pontons. Elle est souvent associée à des communautés d'algues dans les zones éclairées et peut se fixer sur d'autres organismes tels que les bivalves, les balanes et d'autres ascidies. Elle a également été signalée dans les herbiers de posidonies, sur la base de *Laminaria ochroleuca* et sur les fonds de gravier. On la trouve de l'étage subtidal jusqu'à 18 mètres de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Portugal. Dans l'Ouest de la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce tolérante au stress environnemental, même si elle est aussi présente dans des zones à haute valeur écologique (Garrabou, 1997). *Morchellium argus* peut supporter d'intenses perturbations (transformation du substrat, stagnation des eaux, sédimentation excessive) durant de longues périodes (Naranjo *et al.*, 1996), qui peuvent même la favoriser, ce qui se traduit par une augmentation de ses populations dans les zones affectées (Carballo et Naranjo, 2002).

Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom de *Synoicum argus*.



Phot. 285



Phot. 286

10.64. *Synoicum blochmanni* (Heiden, 1894)



Phot. 287

Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Aplousobranchia

Famille: Polyclinidae

Genre: *Synoicum*

Nom vernaculaire: ascidie pédonculée
rouge vif

Description

Ascidie coloniale, caractérisée par sa couleur rouge vif et ses structures terminales globulaires (parfois digitiformes) très serrées et reliées à la base, évoquant un bouquet de ballons rouges (de 3 à 20) dressés sur une base commune, de diverse taille (en général, ils ne dépassent pas 3 à 4 cm de diamètre et 10 cm de hauteur). 10 à 15 zooïdes constituent des groupes circulaires ou étoilés, difficiles à observer compte tenu de leur homogénéité et de l'intensité de la couleur de cette espèce. Lorsque les zooïdes sont actifs, les structures globulaires présentent une surface légèrement rugueuse et le rouge est plus foncé et mat (**photo 287**). Lorsqu'ils se rétractent, la tunique devient lisse et brillante (**photo 288**).

Biotope

Vit de préférence sur les fonds rocheux plutôt ombragés, sur des enclaves horizontales ou verticales. On l'observe aussi sur des fonds détritiques, de gravier, et associée à des herbiers de phanérogames. Peut vivre aussi bien

dans des systèmes peu organisés et présentant une faible diversité, que dans des systèmes fortement structurés offrant une riche diversité (fonds coralligènes). On rencontre généralement cette espèce infralittorale à partir de 10 à 15 mètres de profondeur, jusqu'aux premiers niveaux circalittoraux.

Distribution

Ouest de la Méditerranée et détroit de Gibraltar. Atlantique Est (Galice).

Tolérance environnementale

En dépit de sa couleur et de son apparence, c'est une espèce tolérante à large valence écologique et grande adaptabilité (García-Gómez, 2007), non seulement au type de substrat mais également aux conditions environnementales (Naranjo *et al.*, 1996; Carballo et Naranjo, 2002). Elle préfère toutefois les fonds propres, structurés et offrant une grande biodiversité (**photo 289**), même si la concurrence pour l'espace y est plus forte. L'espèce préfère les zones plutôt calmes, sa présence est inversement corrélée à la vitesse du courant (Ordines *et al.*, 2011).

Elle ne montre aucun signe de stress dans les fonds soumis à une sédimentation modérée, ce que l'on mesure à la quantité de sédiment couvrant les colonies, qui peut masquer la couleur qui les caractérise (**photos 290 et 291**). C'est donc une espèce qui supporte, entre autres, s'ils ne sont pas très persistants au cours du temps, les effets de la surverse (voir **chapitre 8.4**) des dragages d'agrégats sur la côte, particulièrement néfastes pour les organismes suspensivores fixés sur les fonds marins (surtout si le taux de sédimentation est élevé et durable). Sur les fonds à haute valeur écologique, il n'est pas conseillé de suivre cette espèce, mais de se concentrer sur des espèces plus sensibles susceptibles d'indiquer plus rapidement ce type de condition.



Phot. 288



Phot. 289



Phot. 290



Phot. 291

11

ESPÈCES BENTHIQUES
(SESSILES) SENSIBLES
OU STÉNOÈCES





MACROALGUES

11.1. *Palmophyllum crassum* (Naccari) Rabenhorst, 1868



Phot. 294

Embranchement: Chlorophyta
Classe: Chlorophyta incertae sedis
Ordre: Palmophyllales
Famille: Palmophyllaceae
Genre: *Palmophyllum*
Nom vernaculaire: palmophylle

Description

Algue encroûtante de couleur vert lumineux intense. La structure de la lame, qui peut atteindre 20 cm de diamètre et 1 mm d'épaisseur, est constituée de cellules rondes agrégées par une gélatine. Elle s'étend horizontalement en cercle ou en éventail. La surface est légèrement striée. (**Photos 294 et 295**).

Biotope

Vit sur les roches, souvent associée à des algues calcaires encroûtantes. Se développe aussi sous les corniches, sur les parois et dans les grottes. Présente à la base des phanérogames marines et des algues de grandes tailles. Espèce typique des communautés des zones peu éclairées. On la trouve de la surface jusqu'à 130 m de profondeur.

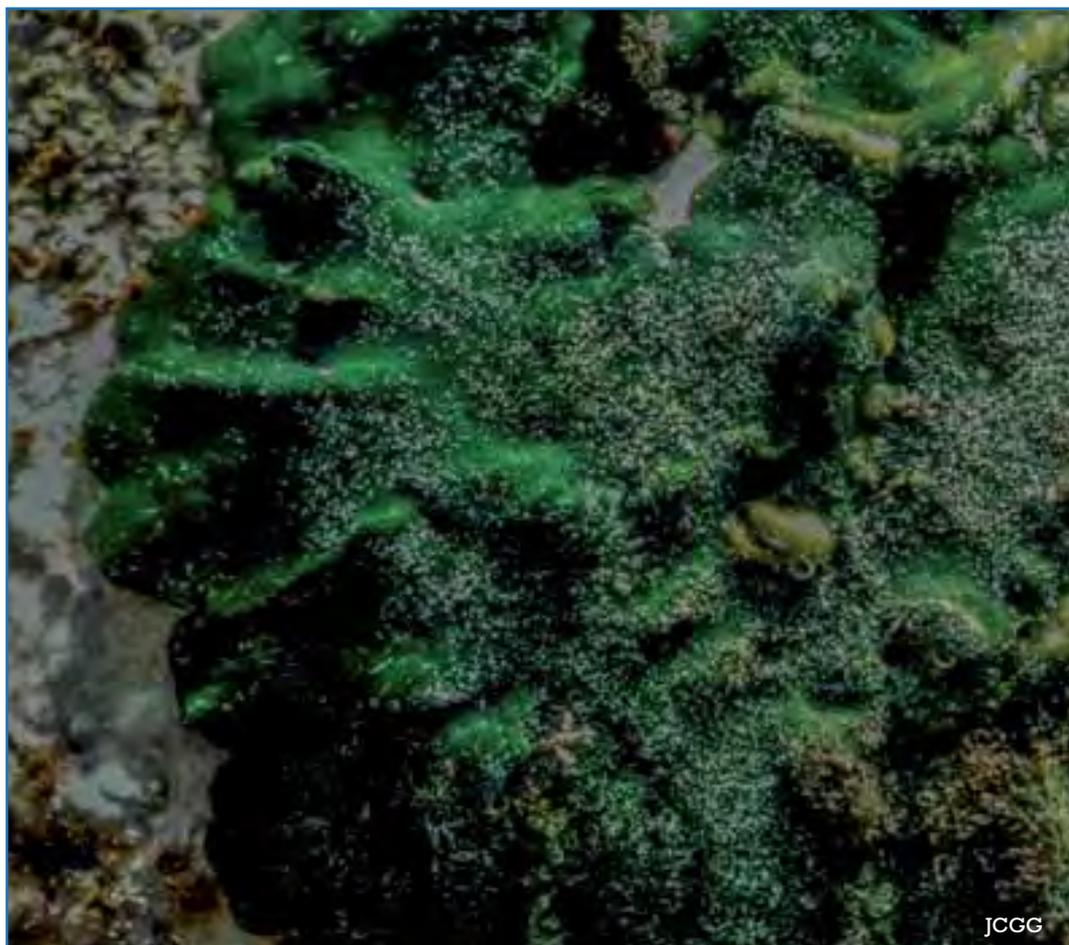
Distribution

Présente dans toute la Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce sensible aux altérations du milieu, généralement présente dans les écosystèmes à haute qualité environnementale tels que les Aires marines protégées (Badalamenti *et al.*, 2011; UNEP(DEPI)/MED, 2011), les zones dominées par des ceintures de *Cystoseira* (Munda, 1993) ou les colonies peuplant le coralligène (Ballesteros, 2006; Cecchi et Piazzini, 2010).

Cette espèce évite les fonds présentant une charge organique modérée à élevée et les zones où le taux de sédimentation est élevé. Dans les zones ombragées comme l'entrée des grottes ou les surplombs, il est facile de vérifier si sa présence diminue dans le temps ou si elle disparaît complètement des enclaves choisies pour effectuer une surveillance environnementale. Pour procéder à cette surveillance, il convient que l'espèce soit bien représentée dans l'enclave délimitée (couverture minimale par rapport à l'ensemble de la couverture benthique), et présente sur les surfaces rocheuses ombragées à proximité.



JCGG

Phot. 295

11.2. *Cystoseira baccata* (S. G. Gmelin) P. C. Silva, 1952



Phot. 296

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Fucales

Famille: Sargassaceae

Genre: *Cystoseira*

Nom vernaculaire: cystoseire à collier de perles

Description

Cette algue pérenne de couleur foncée présente un axe principal de section elliptique qui peut atteindre 5 cm de longueur, l'extrémité est saillante, lisse et mince. De cet axe partent des ramifications alternées disposées sur un plan, dont partent à leur tour des ramules qui se développent dans toutes les directions. Ces dernières ramifications sont fines et parfois bifurquées. L'axe principal est en zigzag en raison de la chute des premières ramifications. L'algue peut atteindre jusqu'à 1 mètre de hauteur. Certains individus possèdent des vésicules remplies d'air formant une chaîne de flotteurs. Elle est fixée au substrat par un gros disque conique. (**Photos 296 - 300**).

Biotope

Espèce vivant sur des substrats rocheux horizontaux. Elle s'étend de la zone intertidale jusqu'à l'étage subtidal où les communautés d'algues disparaissent.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques à la Mauritanie, et dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cystoseira baccata est considérée comme une espèce exigeant une haute qualité environnementale (Díez *et al.*, 1999), elle vit dans des zones de forte complexité structurelle (Gorostiaga *et al.*, 2004) exemptes de polluants, auxquels elle réagit négativement, et ne supporte pas de niveaux d'exposition élevés (Díez *et al.*, 2003). Elle est également citée comme caractéristique des environnements naturels, contrairement aux espèces invasives et opportunistes (Juanes *et al.*, 2008) et comme espèce faisant partie des dernières étapes de succession écologique (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003).

Figures de protection

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE), dans l'extension établie par l'ordonnance AAA/75/2012.

Phot. 297



Phot. 299



Phot. 298



Phot. 300



11.3. *Cystoseira nodicaulis* (Withering) M. Roberts, 1967



Phot. 301

Embranchement: Ochrophyta
Classe: Phaeophyceae
Ordre: Fucales
Famille: Sargassaceae
Genre: *Cystoseira*
Nom vernaculaire: aucun

Description

Algue pérenne dressée pouvant mesurer jusqu'à 50 cm de hauteur. Elle possède un axe principal et est fixée au substrat par un disque conique. L'axe, dont l'extrémité est lisse et proéminente, porte des structures de réserve ovales et coniques, oblongues, lisses ou couvertes de tubercules, qui persistent après la chute des ramifications. L'axe se ramifie dans toutes les directions, les premiers rameaux se divisent à leur tour et les rameaux secondaires également en ramules courtes. Toutes les ramifications portent des appendices épineux. (**Photos 301 - 304**).

Biotope

Espèce vivant en eaux calmes. Peut vivre dans des eaux turbides ou vaseuses. On la rencontre de l'étage subtidal jusqu'à 10 mètres de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Sénégal. Présente dans l'ouest de la Méditerranée en Espagne uniquement, en Tunisie et dans le détroit de Gibraltar.



Phot. 302

Tolérance environnementale

Les forêts complexes et bien structurées des espèces du genre *Cystoseira* indiquent un excellent état écologique, et une diminution de leur abondance implique généralement une baisse de la qualité de l'eau (Arévalo *et al.*, 2007). L'espèce *Cystoseira nodicaulis* se rencontre généralement dans des zones de haute qualité environnementale aux côtés d'autres espèces sensibles comme *C. baccata* ou *C. tamariscifolia* (Guiry, 1973; Rindi et Guiry, 2004), elle est caractéristique des dernières étapes de succession écologique (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003). Toutefois, selon Roberts (1977), cette espèce peut également vivre dans des eaux turbides ou vaseuses.

Figures de protection

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE), dans l'extension établie par l'ordonnance AAA/75/2012.



Phot. 303



Phot. 304

11.4. *Cystoseira amentacea* var. *stricta* Montagne, 1846



Phot. 305

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Fucales

Famille: Sargassaceae

Genre: *Cystoseira*

Nom vernaculaire: cystoseire
stricte

Description

Algue flexible mesurant de 20 à 40 cm de hauteur. Elle se caractérise par son axe basal dont partent plusieurs axes dressés et cylindriques, aux extrémités épineuses et peu saillantes. Les premières ramifications sont également cylindriques et plus longues que les suivantes qui ne partent pas de la base, mais de plus haut. Le sommet des ramifications est épineux et l'on peut y observer des structures mesurant jusqu'à 2 cm de longueur, compactes et entourées de petites épines (**photos 305 et 306**). Algue pérenne qui perd ses rameaux en automne.

Biotope

Elle peut former une frange dense dans les zones superficielles éclairées aux eaux battues. On la trouve dans la zone infralittorale supérieure.

Distribution

Dans l'Ouest de la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

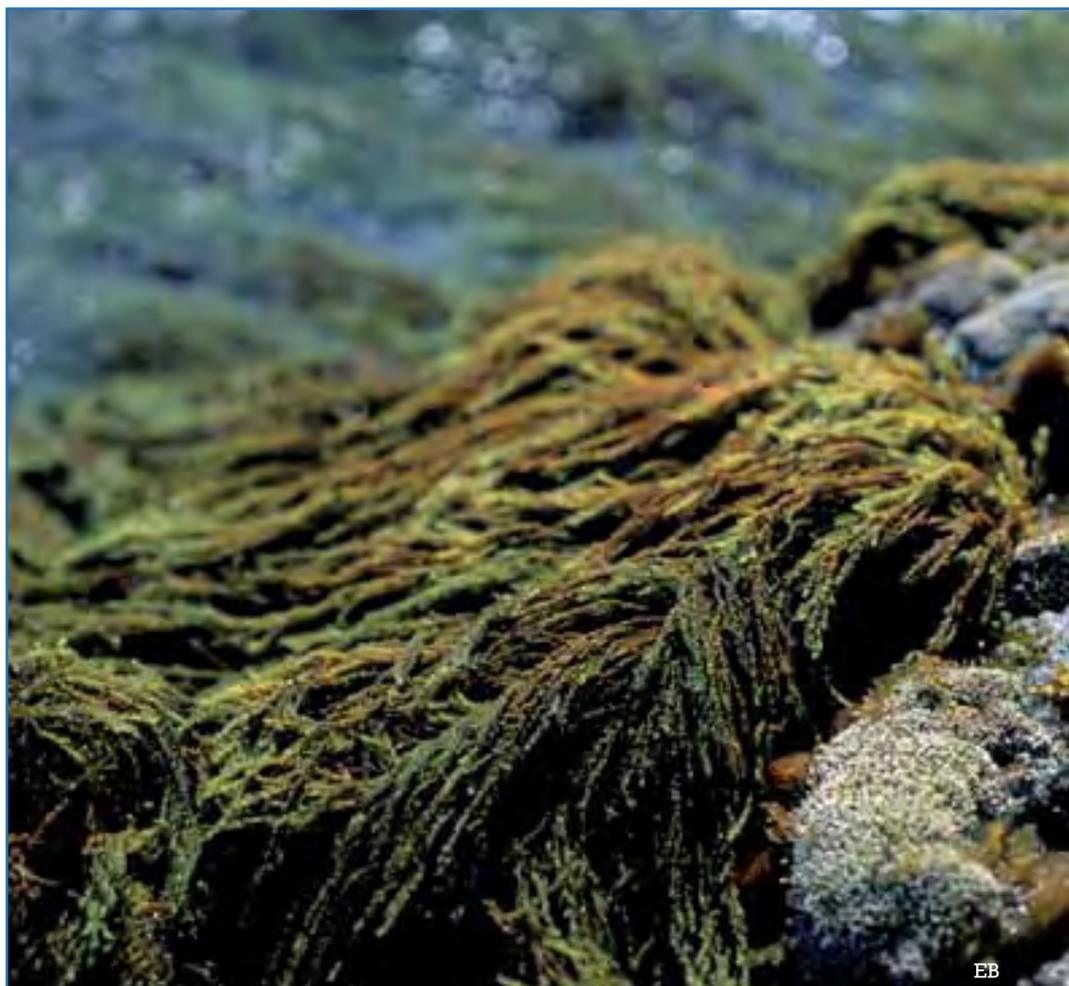
Tolérance environnementale

Les communautés bien structurées de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* indiquent un milieu à haute valeur écologique (Ballesteros et Pardo, 2004) et leur disparition est considérée comme un bon indicateur des effets

anthropogéniques associés à l'urbanisation des côtes (Mangialajo *et al.*, 2008). *C. stricta* est donc rigoureusement protégée et elle est inscrite à l'Annexe I de la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, ou Convention de Berne (Susini *et al.*, 2007). Comme d'autres espèces du genre *Cystoseira*, elle est caractéristique des dernières étapes de succession écologique (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003).

Figures de protection

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE), dans l'extension établie par l'ordonnance AAA/75/2012.



EB

11.5. *Cystoseira tamariscifolia* (Hudson) Papenfuss, 1950



Phot. 307

Embranchement: Ochrophyta
Classe: Phaeophyceae
Ordre: Fucales
Famille: Sargassaceae
Genre: *Cystoseira*
Nom vernaculaire: aucun

Description

Cette algue pérenne, qui peut atteindre près de 1 m de hauteur, se fixe au substrat par un disque ou des rameaux épais ramifiés pouvant être partiellement soudés ou séparés. L'axe principal est cylindrique et mesure 3 à 10 mm de diamètre, son sommet est peu proéminent, couvert de petites épines, la base peut porter des ramules cylindriques ou aplaties et courtes. La ramification est abondante, les rameaux primaires sont cylindriques et les secondaires sont plus courts, ils partent de la base et atteignent le sommet des rameaux primaires. L'algue présente une couleur vert bleuté iridescente (**photo 307**). Espèce pérenne dont les rameaux tombent en automne-hiver et repoussent au printemps.

Biotope

Espèce qui peut apparaître aux côtés de diverses espèces de *Laurencia* et de *Cystoseira baccata*. Vit sur les fonds rocheux (**photo 308**). On la rencontre de l'étage subtidal jusqu'à 10 à 15 mètres de profondeur.

Distribution

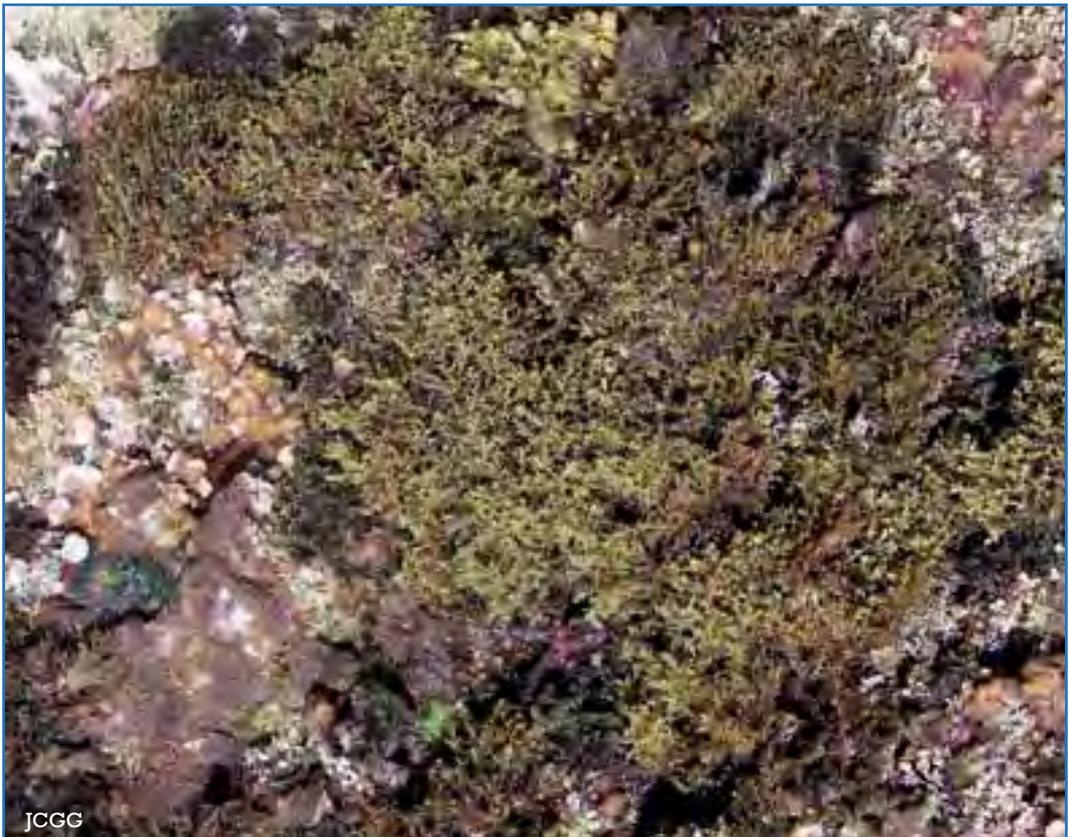
Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques à la Mauritanie. En Méditerranée, dans les zones d'influence atlantique (Espagne, Algérie, Malte et Sicile) et dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cystoseira tamariscifolia est considérée comme une espèce exigeant une haute qualité environnementale (Díez *et al.*, 1999; Ruiz-Tabares *et al.*, 2003; Arévalo *et al.*, 2007), elle est caractéristique des dernières étapes de succession écologique et vit dans des zones de haute complexité structurale (Ballesteros et Pardo, 2004 ; Gorostiaga *et al.*, 2004). Sa disparition de zones sans perturbation apparente est l'un des premiers signes de la dégradation de ces zones (Díez *et al.*, 2012).

Figures de protection

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE), dans l'extension établie par l'ordonnance AAA/75/2012.



JCCG

Phot. 308

11.6. *Cystoseira usneoides* (Linnaeus)

M. Roberts, 1968



Phot. 309

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Fucales

Famille: Sargassaceae

Genre: *Cystoseira*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Algue pérenne, fixée au substrat par des haptères. À l'instar de *C. tamariscifolia*, elle aussi pérenne, ses rameaux tombent en automne-hiver et sont réduites à leur partie basale. Ils peuvent ensuite se développer considérablement à partir de la base, au printemps et en été, et atteindre plus d'un mètre de longueur. Elle présente un axe central cylindrique faiblement fixé au substrat par des structures cylindriques formant parfois un disque. Les ramifications primaires et secondaires sont également cylindriques mais à la base de l'organisme, il existe aussi des rameaux plats et très fins (2 à 4 mm de largeur). À partir de la deuxième ramification, les rameaux sont couverts de petits appendices de différentes formes: incurvés, simples, aciculaires ou bifides. À la surface de l'algue, des chaînes de vésicules, remplies d'air, servent de flotteurs. La base des rameaux porte des réceptacles oblongs lisses ou rugueux servant de réserve. Au sommet des dernières ramules, des réceptacles cylindriques se terminant en pointe peuvent être recouverts d'épines. (Photo 309).



Phot. 310

Biotope

Cette espèce infralittorale se reproduit toute l'année et forme des communautés complexes avec d'autres espèces sur les substrats rocheux. Dans le sud de la péninsule Ibérique, on la rencontre fréquemment aux côtés de laminaires. Elle vit principalement sur des enclaves horizontales ou à faible pente, bien éclairées. Présente à partir de 3 m de profondeur, on peut l'observer plus rarement au-dessous de 20 m. On peut aussi la voir à marée basse dans de grandes mares intertidale, quasiment jusqu'à la surface. Elle peut former de denses forêts sous-marines. (**Photo 310**).

Distribution

Dans l'Atlantique, de la France aux îles de Cap-Vert. En Méditerranée, elle est présente dans les zones d'influence atlantique telles que les côtes espagnoles, algériennes, maltaises et dans les détroits de Messine et de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce sensible à l'augmentation de la turbidité et à la charge organique, elle tend donc à disparaître des zones où ce type de perturbation survient (García-Gómez, 2007), mais on peut la rencontrer dans des habitats artificiels si les conditions écologiques sont bonnes (Pérez-Cirera *et al.*, 1989). Si un plongeur détecte une diminution ou une disparition des populations dans une zone où cette espèce est commune ou abondante, cela peut être lié à une dégradation environnementale.

Comme les autres espèces du genre *Cystoseira*, elle est caractéristique des dernières étapes de succession écologique (Bermejo *et al.*, 2012), et des populations complexes et bien structurées indiquent un excellent état écologique (Arévalo *et al.*, 2007). Dans la mer d'Alboran, *Cystoseira usneoides* forme une biocénose: biocénoses coralligènes en association avec *C. usneoides* (Templado *et al.*, 2009).

Figures de protection

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE), dans l'extension établie par l'ordonnance AAA/75/2012.

11.7. *Fucus spiralis* Linnaeus, 1753



Phot. 311

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Fucales

Famille: Fucaceae

Genre: *Fucus*

Nom vernaculaire: fucus spiralé

Description

Algue pérenne dont la hauteur varie de 1 à 50 cm, fixée au substrat par un disque sur lequel on peut observer un pédoncule rond. Un axe partant du disque se divise dichotomiquement, sur un seul plan. Les lanières mesurent de 15 à 25 mm de largeur. Elles possèdent une nervure centrale et les bordures peuvent être légèrement ondulées ou lisses. Les extrémités des rameaux portent des structures sphériques ou cylindriques liées à la reproduction. L'algue est de couleur brun olive. (**Photo 311**).

Biotope

Espèce vivant dans des zones protégées et exposées à l'action des vagues. Elle supporte différents degrés et variations de salinité et peut donc vivre dans les estuaires. Elle forme des franges de plusieurs centimètres de largeur. Vit dans la zone intertidale ou eulittorale supérieure. (**Photos 312 et 313**).

Distribution

Atlantique Nord-Ouest et Est, de l'Arctique à la Mauritanie. En Méditerranée, elle n'est présente que sur les côtes de Malaga, dans le sud de la péninsule Ibérique.

Tolérance environnementale

Espèce sensible, qui exige des eaux renouvelées et propres (García-Gómez, 2007), caractéristique des dernières étapes de succession écologique (Bermejo *et al.*, 2012). Dans son aire de répartition, elle peut s'établir sur la frange intertidale en formant une ceinture très caractéristique. Inutile de plonger, il suffit de marcher sur les rochers, à marée basse, pour observer cette ceinture d'algues si particulière, et donc facile à surveiller. Si les effectifs de cette espèce observée sur des enclaves rocheuses d'une zone côtière déterminée viennent à disparaître définitivement, cela constitue un signal d'alerte. Le cas échéant, les observations doivent être validées par l'observation d'autres espèces intertidales (par exemple l'algue calcaire *Lithophyllum byssoides*, ou l'anémone rouge *Actinia equina*, toutes deux présentées dans cet ouvrage) avant de signaler les faits aux autorités compétentes. Par ailleurs, les populations tendent à augmenter et à s'étendre lorsque les conditions environnementales s'améliorent après une certaine dégradation (Bokn *et al.*, 1992; Hardy *et al.*, 1993).

Sa sensibilité à la pollution par des métaux lourds (Stromgren, 1980) ou des hydrocarbures (Thomas, 1973), entre autres facteurs, a été signalée.



Phot. 312



Phot. 313

11.8. *Halopteris filicina* (Grateloup) Kützing, 1843



Phot. 314

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Sphacelariales

Famille: Stypocaulaceae

Genre: *Halopteris*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Algue dressée pouvant atteindre 10 cm de hauteur, dont la couleur varie du brun jaunâtre au vert olive. Elle possède un axe principal et est fixée au substrat par un disque basal. L'axe est rectiligne et porte de nombreuses ramifications régulières qui se développent sur un seul plan et évoquent généralement des plumes fines et rigides. (**Photos 314 et 315**).

Biotope

Apparaît sur les fonds rocheux moyennement éclairés aux eaux peu battues. Associée à des *Laminaria*. On la trouve de quelques mètres de la surface à 40 m de profondeur.

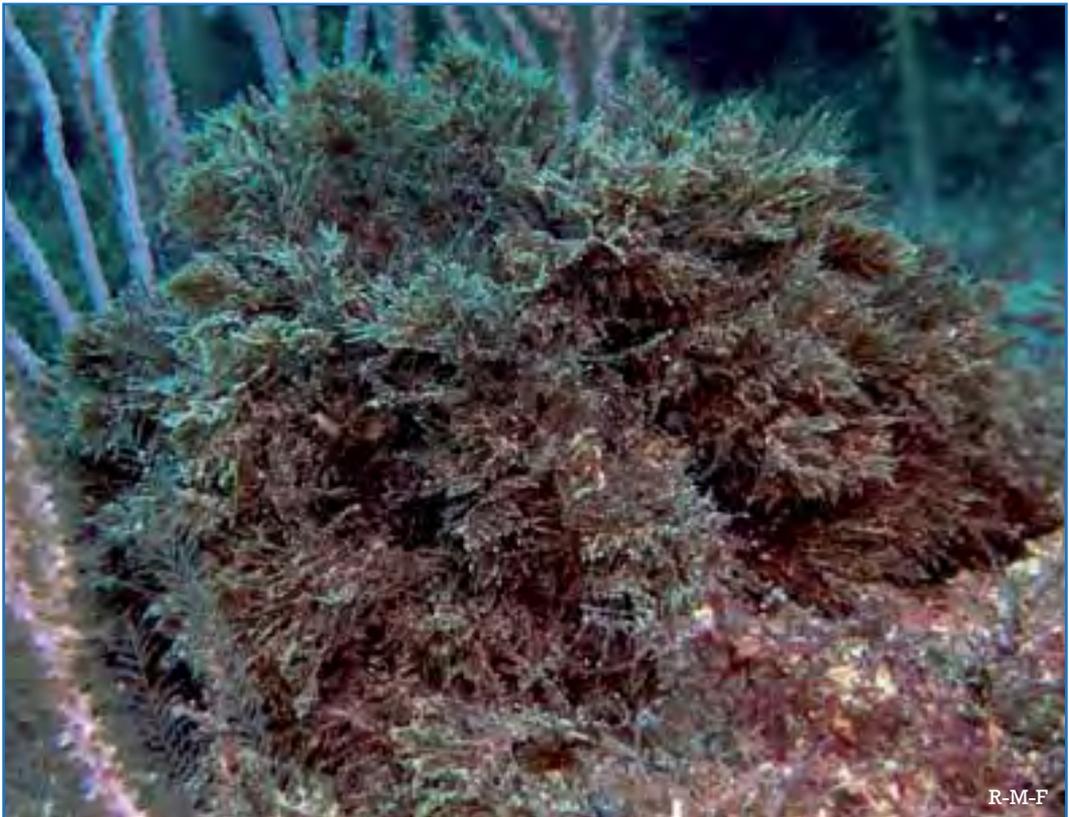
Distribution

Dans l'Atlantique Est, de l'Écosse aux Canaries. Présente dans toute la Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar et dans la mer Noire. Dans l'océan Pacifique.

Tolérance environnementale

Elle est également citée comme caractéristique des environnements naturels, contrairement aux espèces invasives et opportunistes (Giangrande, 1988;

Juanes *et al.*, 2008) et elle est fréquente dans les communautés associées à un bon état environnemental, comme les fonds de maërl (Ramos-Esplá et Luque, 2004) ou le coralligène méditerranéen (Ballesteros et Karim, 2003). Lors d'épisodes de pollution, on peut observer une diminution importante des populations à moyen terme (Echavarri-Erasun *et al.*, 2007).



Phot. 315

11.9. *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie, 1824



Phot. 316

Embranchement: Ochrophyta
Classe: Phaeophyceae
Ordre: Laminariales
Famille: Laminariaceae
Genre: *Laminaria*
Nom vernaculaire: aucun

Description

C'est l'une des plus grandes algues du littoral européen (elle peut atteindre 6 m de hauteur). La base est fixée au substrat par d'épais rameaux cylindriques soudés (formant un tronc conique). De cette structure part un axe lisse, rigide et souple, de section ronde, qui se rétrécit de la base au sommet, sur lequel pousse une lame relativement large divisée en segments longitudinaux de consistance coriace. Sa couleur est brun jaunâtre. (**Photos 316 - 318**). Espèce pérenne mais la lame des individus adultes est renouvelée tous les ans.

Biotope

Vit sur les substrats rocheux, dans les eaux battues ou calmes mais dont la température est inférieure à 15 °C. Elle peut constituer de belles forêts sous-marines. En mer d'Alboran, si l'on rencontre d'étroites franges bathymétriques où elle coexiste avec *Saccorhiza polyschides*, *Laminaria ochroleuca* est généralement présente en dessous de 25 m, contrairement à la première espèce. Dans le nord de l'Espagne, elle peut vivre sur des fonds rocheux moins profonds. Elle est parfois rejetée sur les plages après les tempêtes de l'automne.

Distribution

Atlantique Ouest, des îles Britanniques au Maroc. En Méditerranée, elle est moins fréquente mais reste abondante en mer d'Alboran et dans le détroit de Gibraltar. On la trouve en grande profondeur dans le détroit de Messine.

Tolérance environnementale

À l'instar de *Saccorhiza polyschides*, elle exige des eaux propres (Borja *et al.*, 2004) et parfaitement renouvelées (en mer d'Alboran, elle est principalement inféodée à des zones de forts courants) (García-Gómez, 2007). Sa sensibilité environnementale semble donc similaire à celle de cette espèce, avec des populations bien définies et non associées à des perturbations (Juanes *et al.*, 2008).

Vivant à une plus grande profondeur (plus éloignée des côtes), sa vulnérabilité est toutefois moindre car elle est éloignée de l'influence néfaste des travaux d'aménagement du littoral et de la pollution côtière. Les recommandations de surveillance environnementale sont néanmoins semblables à celles que nous proposons pour *Saccorhiza polyschides*. Si l'on constate l'absence de cette algue dans une zone où elle était abondante, le phénomène ne doit rien au hasard, il faut donc le signaler aux autorités compétentes et en rechercher l'origine.

Laminaria ochroleuca, est menacée par le Changement Climatique, car c'est une espèce caractéristique des eaux froides, très sensible à l'élévation de la température (Hiscock *et al.*, 2004; Guinda *et al.*, 2012; Smale *et al.*, 2013).



Phot. 317



Phot. 318

11.10. *Phyllariopsis brevipes* (C. Agardh)

E. C. Henry and G. R. South, 1987



Phot. 319

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Tilopteridales

Famille: Phyllariaceae

Genre: *Phyllariopsis*

Nom vernaculaire: algue petite
feuille de tabac

Description

Algue érigée, de 15 à 30 cm de longueur et de 4 à 25 cm de largeur. Elle possède un court pédoncule et elle est fixée au substrat par un disque basal. Du pédoncule part une lame mince aux bords ondulés qui tend à se rétrécir vers l'extrémité. De couleur vert olive clair, légèrement translucide, elle porte de nombreuses touffes de poils bruns. (**Photos 319 - 321**). Cette espèce est présente toute l'année

Biotope

Vit sur les fonds rocheux et ombragés, souvent à la base des parois verticales et toujours dans des zones où l'eau est très battue. On la trouve de 1 à 2 m jusqu'à 130 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, du nord de l'Espagne au Maroc. Présente dans l'ouest de la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cette espèce est souvent associée à des écosystèmes hautement vulnérables à une large gamme de perturbations, tels que les fonds de maërl (Ramos-Esplá et Luque, 2004) ou les fonds de coralligène méditerranéen (Ballesteros

et Karim, 2003; Ballesteros, 2006; Astruch *et al.*, 2012) où elle présente une grande importante structurelle (UNEP(DEPI)/MED, 2007).



JCGG

Phot. 320



JCGG

Phot. 321

11.11. *Saccorhiza polyschides* (Lightfoot) Batters, 1902



Phot. 322

Embranchement: Ochrophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordre: Tilopteriales

Famille: Phyllariaceae

Genre: *Saccorhiza*

Nom vernaculaire: laminaire à
bulbe

Description

L'une des plus grandes algues du littoral européen (elle peut atteindre plus de 5 m de hauteur). La base est creuse, renflée, bulbeuse et couverte de crampons de fixation. De la base part un axe flexible et plat de près de 8 cm de largeur, qui se termine en ruban très développé qui se divise. Sa couleur est brun foncé. (**Photos 322 - 325**). Espèce annuelle qui perd toutes ses structures, excepté la partie bulbeuse, en automne et se régénère au printemps.

Biotope

Elle se fixe sur les surfaces rocheuses peu éclairées où l'eau est constamment en mouvement, généralement dans des zones balayées par les courants. En mer d'Alboran, on la rencontre dans la frange de 0 à 25 mètres, mais elle a été observée à plus grande profondeur, en dessous de 40 mètres. Dans le nord de l'Espagne, elle est bien présente dans la partie intertidale inférieure des zones battues et passe de longues périodes en émergence. Après les tempêtes de l'automne, on la trouve en masse sur les plages.

Distribution

Elle est rare en Méditerranée (ouest de l'Italie et la Grèce) exceptée en mer d'Alboran et dans le détroit de Gibraltar, d'influence atlantique, où elle forme des forêts sous-marines. Elle est également présente dans l'Atlantique Est, de la Norvège au Maroc.

Tolérance environnementale

Espèce exigeant des eaux propres et renouvelées, plus spécialement des zones de courants, classée comme espèce caractéristique, avec des populations visibles et bien définies, associées à des aires exemptes de perturbation (Juanes *et al.*, 2008; Bermejo *et al.*, 2012).

Une augmentation de la turbidité et de la charge organique peut entraîner une régression ou une disparition des populations (García-Gómez, 2007). Dans les zones proches des côtes, à faible profondeur, elle est particulièrement sensible aux changements du régime hydrodynamique élevé à faible provoqué notamment par des travaux d'aménagement du littoral qui interceptent, atténuent ou bloquent les courants (digues de protection des zones portuaires, par exemple). Pour la surveillance de l'espèce, les plongeurs doivent contrôler les fonds où l'on observe des groupes ou de véritables forêts d'algues mais doivent se rappeler que ces formations ne durent pas toute l'année, compte tenu de leur cycle naturel. Pour établir des comparaisons, ils doivent concentrer les observations sur le printemps et l'été. Si l'on observe un été, dans la même zone de plongée, de denses formations ou une certaine abondance de *Saccorhiza polyschides* (en règle générale, il est recommandé d'écarter les zones sous-marines où l'espèce est rare, pour la surveillance environnementale) et si l'été suivant ces formations ont disparu, le phénomène peut être lié à des causes anthropiques telles que celles que nous avons mentionnées. En Méditerranée, cette espèce est menacée par la pollution.

Le phénomène de réchauffement climatique est considéré comme une autre menace pour *Saccorhiza polyschides*, car cette espèce est caractéristique des eaux froides et très sensible à l'élévation de la température (Guinda *et al.*, 2012; Smale *et al.*, 2013).



Phot. 323



Phot. 324



Phot. 325

11.12. *Gelidium corneum* (Hudson)

J. V. Lamouroux, 1813



Phot. 326

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Gelidiales

Famille: Gelidiaceae

Genre: *Gelidium*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Algue pérenne, robuste pouvant mesurer jusqu'à 35 cm de hauteur. De couleur rouge foncé. Présente un axe central cylindrique à la base, s'aplatissant pour former un ruban de 2 cm de largeur. L'axe se ramifie sur un seul plan dans la partie supérieure, et l'extrémité des ramifications s'élargit en spatule. (Photos 326 et 327).

Biotope

Algue des zones ombragées aux eaux battues. Elle vit sur les roches du niveau infralittoral supérieur, sous la limite inférieure de la marée, même si elle peut être en émergence.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques à la Mauritanie. Dans l'Ouest de la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Gelidium corneum est une espèce exigeant un environnement de bonne qualité (Díez *et al.*, 1999; Gorostiaga *et al.*, 2004), elle constitue un bioindicateur utile pour les sites dont le niveau de qualité a été préservé (Gorostiaga et Díez, 1996). *G. corneum* montre une corrélation négative avec

les phénomènes de pollution (Díez *et al.*, 2003) et une forte sensibilité à un taux excessif de sédimentation (Gorostiaga *et al.*, 1998).

Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom *Gelidium sesquipedale*.



JCGG

Phot. 327

11.13. *Halichrysis depressa* (J. Agardh) F. Schmitz, 1889



Phot. 328

Embranchement: Rhodophyta
Classe: Florideophyceae
Ordre: Rhodymeniales
Famille: Rhodymeniaceae
Genre: *Halichrysis*
Nom vernaculaire: aucun

Description

Espèce remarquable par son iridescence dorée aux reflets métalliques. Elle est formée de nombreuses lames foliacées aux bords lobulés de forme irrégulière, parfois découpés, et plus ou moins ondulés. Les lames peuvent être soudées dans certaines parties. Elle mesure jusqu'à 11 cm. Elle est fixée au substrat par des axes plus ou moins discoïdaux, parfois pédonculés. (**Photos 328 – 330, 334**).

Biotope

Vit sur les formations rocheuses naturelles dans des enclaves horizontales ou faiblement inclinées, sombres, souvent dans l'entrée des grottes sous-marines ou sur les surplombs (**photos 331 - 333**). Elle est observée à partir de 5 m, jusqu'à une profondeur maximale de 25 m.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Canaries aux côtes du Ghana et de la Guinée équatoriale, et dans le détroit de Gibraltar. Elle a également été signalée en Australie, en Nouvelle-Zélande et au Pakistan.

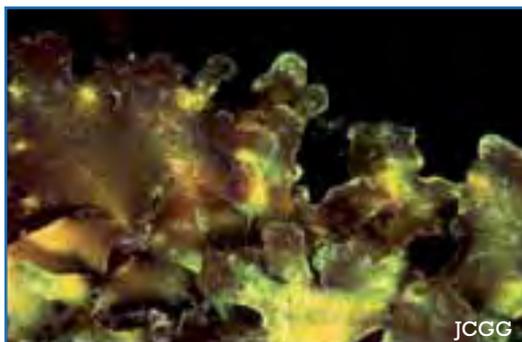
Tolérance environnementale

Cette espèce semble répondre à des exigences environnementales très strictes, son suivi in situ peut donc fournir des informations utiles pour

détecter des changements dans l'écosystème. La surveillance peut être effectuée en sélectionnant quelques enclaves sous-marines où l'on trouve le plus grand nombre de spécimens possible dans le moindre espace (une surface de 5 m², par exemple).



Phot. 329



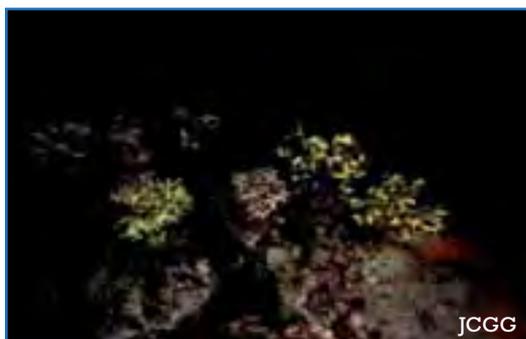
Phot. 330



Phot. 331



Phot. 332



Phot. 333



Phot. 334

11.14. *Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse, 1809



Phot. 335

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Ceramiales

Famille: Rhodomelaceae

Genre: *Osmundea*

Nom vernaculaire: dulse poivrée

Description

Cette algue, de couleur brun rougeâtre et de consistance charnue, mesure de 3 à 10 cm de hauteur. L'axe aplati, d'une largeur de 3 à 10 cm, se ramifie 4 ou 5 fois de façon alternée ou irrégulière, sur un seul plan. Les rameaux sont comprimés et se divisent à leur tour en ramules plates. (**Photos 335 - 337**).

Biotope

L'espèce forme des touffes sur les roches, dans les anfractuosités et les mares. On la trouve généralement dans les zones exposées aux eaux calmes. Elle occupe la zone intertidale jusqu'aux fonds situés sous la ligne de marée.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Maroc et au Sénégal. Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar. Elle est également présente en mer Noire, sur les côtes de l'Inde, du Yémen et du Pakistan.

Tolérance environnementale

Espèce citée comme sensible à la pollution par les hydrocarbures (Baker *et al.*, 1931; Díez *et al.*, 2007). Elle est classée selon plusieurs études comme espèce caractéristique des zones bien préservées (Juanes *et al.*, 2010; García *et al.*, 2011) et des dernières étapes de succession écologique (Gorostiaga *et al.*, 2004).

Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom *Laurencia pinnatifida*.



Phot. 336

JCGG

Phot. 337



JCGG

11.15. *Lithophyllum byssoides* (Lamarck) Foslie, 1900



Phot. 338

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Corallinales

Famille: Corallinaceae

Genre: *Lithophyllum*

Nom vernaculaire: algue calcaire
des trottoirs

(Espèce également classée sous le
nom de *Lithophyllum lichenoides*)

Description

Algue calcaire massive et encroûtante. De couleur violet clair à blanchâtre. La surface est couverte de nombreuses lames plus ou moins verticales, repliées et parfois soudées pour former un grand nombre de petites alvéoles. Les lames fragiles se brisent facilement au moindre frôlement, elles peuvent être épineuses, écailleuses ou en forme de crête de coq. (**Photo 338**).

Biotope

Crée d'importantes formations sur les roches naturelles de l'étage médiolittoral supérieur, voire des corniches ou des «trottoirs», généralement dans des zones bien éclairées et exposées à l'action des vagues. (**Photos 339 et 340**).

Distribution

Surtout présente dans l'ouest de la Méditerranée, rare dans l'Est. Dans l'Atlantique Est, des côtes françaises au Maroc, et dans le détroit de Gibraltar. Elle a également été signalée dans l'océan Indien.

Tolérance environnementale

Cette espèce exige des eaux propres et agitées (Mannino, 2003; Torras *et al.*, 2003). Son utilisation comme bioindicateur est recommandée (Sfriso y Facca, 2011; Bermejo *et al.*, 2013), car elle est sensible à la pollution organique et

à la sédimentation. La surveillance environnementale est facile parce qu'il n'est pas nécessaire de plonger pour l'observer, il suffit de photographier les zones des plates-formes d'abrasion ou les rochers sur lesquelles elle est implantée. Cette observation peut permettre de détecter des changements attribuables à des perturbations environnementales difficiles à détecter dans l'eau. Cette espèce intertidale étant très fragile, elle est extraordinairement vulnérable au piétinement (qui provoque de multiples fractures), ce qui doit être évité (García-Gómez, 2007). Si l'on observe des pertes massives des effectifs pour des raisons apparemment non érosives (piétinement), il est conseillé de confirmer cette information par des observations semblables sur d'autres espèces intertidales (notamment l'algue brune *Fucus spiralis* ou l'anémone rouge *Actinia equina*, présentées dans cet ouvrage).

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole ASP/DB de la Convention de Barcelone (espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (espèces de faune strictement protégées).

Inscrite dans les Listes espagnole et andalouse des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011 et LAESRPE, décret 23/2012).



Phot. 339



Phot. 340

11.16. *Mesophyllum expansum* (Philippi) Cabioch y M. L. Mendoza, 2003



Phot. 341

Embranchement: Rhodophyta
Classe: Florideophyceae
Ordre: Corallinales
Famille: Hapalidiaceae
Genre: *Mesophyllum*
Nom vernaculaire: grand
mésophylle

Description

Algue calcaire de couleur violacée, pouvant mesurer jusqu'à 30 cm de diamètre. Forme un massif étendu de lames fines, lisses, aux bords lobulés et légèrement ondulés. (**Photos 341 et 342**).

Biotope

Vit généralement sur les fonds rocheux peu éclairés et modérément battus (**photos 343 et 344**). Elle est également observée sur des substrats meubles, constituant les fonds détritiques d'algues calcaires peu adhérentes (maërl). Elle est commune à la base des herbiers de posidonies. On trouve cette espèce de 10 à 100 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques à la Mauritanie. En Méditerranée, y compris le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cette espèce présente une étroite valence écologique et exige des eaux propres et renouvelées (García-Gómez, 2007). Elle constitue une partie importante des fonds de maërl, coralligènes et précoraligènes (Boisset-López, 1992; Sardá *et al.*, 2012), où elle établit sa propre typologie de

communauté (Ballesteros, 1992). Elle est sensible à la pollution organique (Boisset-López, 1989) et à la sédimentation et, en raison de sa fragilité, spécialement vulnérable à une pratique excessive et non contrôlée de la plongée dans son environnement (Lloret *et al.*, 2006).

Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom *Lithophyllum expansum*.



Phot. 342

R-M-F



JCGG

Phot. 343

Phot. 344

JCGG

11.17. *Peyssonnelia rosa-marina* Boudouresque y Denizot, 1973



doris.ffesm.fr – Frédéric André

Phot. 345

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Peyssonneliales

Famille: Peyssonneliaceae

Genre: *Peyssonnelia*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Algue présentant une apparence de croûte, dont le thale adhère au substrat sur toute sa surface, pouvant atteindre 40 cm de diamètre. Elle est de consistance rigide car sa structure est calcifiée, excepté sur les bords, et elle est fragile et cassante. Elle se caractérise par sa forme ronde ou sphérique, formant des lobes foliaires qui évoquent une rose. Sa couleur varie du rose clair au rouge vif. (**Photos 345 et 346**).

Elle peut présenter des stries concentriques et radiales très marquées (communication personnelle de De la Rosa et Altamirano).

Biotope

Vit dans les zones ombragées où le mouvement des eaux est agité à modéré. Elle peut recouvrir des roches sur les fonds rocheux. Sur les fonds meubles détritiques, elle est moins adhérente. On trouve cette espèce de 10 à 100 m de profondeur.

Distribution

Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Cette espèce est généralement associée aux fonds de maërl et coralligènes

très bien préservés (Ramos-Esplá et Luque, 2004; Virgilio *et al.*, 2006; Klein et Verlaque, 2009), alors qu'elle est absente des zones présentant un certain niveau d'eutrophisation (Chrysosvergis et Panayotidis, 1995). Le genre a été classé comme caractéristique des dernières étapes de succession écologique (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003).

Autres informations

Pour un plongeur non expérimenté, il est très difficile d'identifier avec certitude les espèces de la famille ***Peyssonnelidae*** au moyen de photographies, aussi bonnes soient-elles. Il est hautement recommandé d'examiner les spécimens au niveau tissulaire et cellulaire. Si dans une zone précise un plongeur expérimenté peut attribuer des spécimens à une espèce particulière, ces observations ne peuvent être extrapolées à d'autres zones.



Phot. 346

11.18. *Peyssonnelia rubra* (Greville) J. Agardh, 1851



Phot. 347

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Peyssonneliales

Famille: Peyssonneliaceae

Genre: *Peyssonnelia*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Algue de couleur pourpre à carmin foncé dans la partie supérieure et blanchâtre dans la partie inférieure, peut mesurer jusqu'à 10 cm de diamètre. Elle est peu calcifiée et sa consistance est membraneuse. Elle présente une forme d'éventail à plusieurs lobes qui peuvent se superposer et s'enrouler vers le bas. (**Photos 347 et 348**).

Biotope

Préfère les fonds rocheux peu éclairés tels que les grottes, les zones abritées par des corniches ou de grands rochers. On la rencontre aussi à la base des herbiers de posidonies. Peut se fixer sur des algues ou les débris calcaires des fonds détritiques. On trouve cette espèce de 10 à 100 m de profondeur.

Distribution

Présente en Méditerranée, y compris le détroit de Gibraltar, et dans l'Atlantique.

Tolérance environnementale

Cette espèce est généralement associée aux fonds de maërl et coralligènes très bien préservés (Virgilio *et al.*, 2006; Klein et Verlaque, 2009; Piazzini et Balata, 2011), ainsi qu'aux zones dominées par des ceintures de *Cystoseira*, de haute qualité environnementale (Munda, 1993). Comme les autres

espèces du genre *Peyssonnelia*, elle est caractéristique des dernières étapes de succession écologique (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003).

Autres informations

Voir "Autres informations" de *Peyssonnelia rosa-marina*.



Phot. 348

11.19. *Peyssonnelia squamaria* (S. G. Gmelin) Decaisne, 1842



Phot. 349

Embranchement: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordre: Peyssonneliales

Famille: Peyssonneliaceae

Genre: *Peyssonnelia*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Algue laminaire de consistance membraneuse, peu calcifiée, formée de frondes en éventail. Elle est fixée au substrat en 1 ou 2 points et présente une couleur rouge pâle, avec des nuances rougeâtres ou brunes en surface (communication personnelle de De la Rosa et Altamirano). Les frondes peuvent se chevaucher ou se développer en spirale. Elle peut atteindre 8 cm de diamètre. **(Photos 349 et 350).**

Biotope

Elle apparaît sur les fonds rocheux ombragés aux eaux modérément battues. On la rencontre également sur les fonds détritiques, sur des roches détachées ou sur des algues calcaires, et dans les herbiers de posidonies. On la trouve de la surface jusqu'à 40 m de profondeur.

Distribution

Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar. Également présente dans l'Atlantique.

Tolérance environnementale

Cette espèce est généralement associée aux fonds de maërl et coralligènes très bien préservés (Giangrande, 1988; Ramos-Esplá et Luque, 2004; Piazzini et

Balata, 2011), ainsi qu'aux zones dominées par des ceintures de *Cystoseira*, de haute qualité environnementale (Munda, 1993).

Comme les autres espèces du genre *Peyssonnelia*, elle est caractéristique des dernières étapes de succession écologique (Orfanidis *et al.*, 2001, 2003).

Autres informations

Voir "Autres informations" de *Peyssonnelia rosa-marina*.



Phot. 350

11.20. *Sphaerococcus coronopifolius* Stackhouse, 1797



Phot. 351

Embranchement: Rhodophyta
Classe: Florideophyceae
Ordre: Gigartinales
Famille: Sphaerococcaceae
Genre: *Sphaerococcus*
Nom vernaculaire: sphérocoque

Description

Cette algue peut atteindre 25 cm de hauteur et forme des touffes arborescentes. Les axes principaux, cylindriques et sombres dans la partie inférieure, sont aplatis et rouge foncé dans la partie supérieure, les ramules terminales peuvent être épineuses et fourchues. La ramification est dichotomique, dispersée et sur un seul plan. Elle est fixée au substrat par un disque basal d'où partent les axes principaux. **(Photos 351 et 353).**

Biotope

Vit sur les fonds rocheux peu éclairés, dans les eaux calmes ou modérément battues **(photos 352, 354 et 355)**. On la trouve de la surface jusqu'à 30 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Maroc. Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar. Également présente dans la mer Noire.

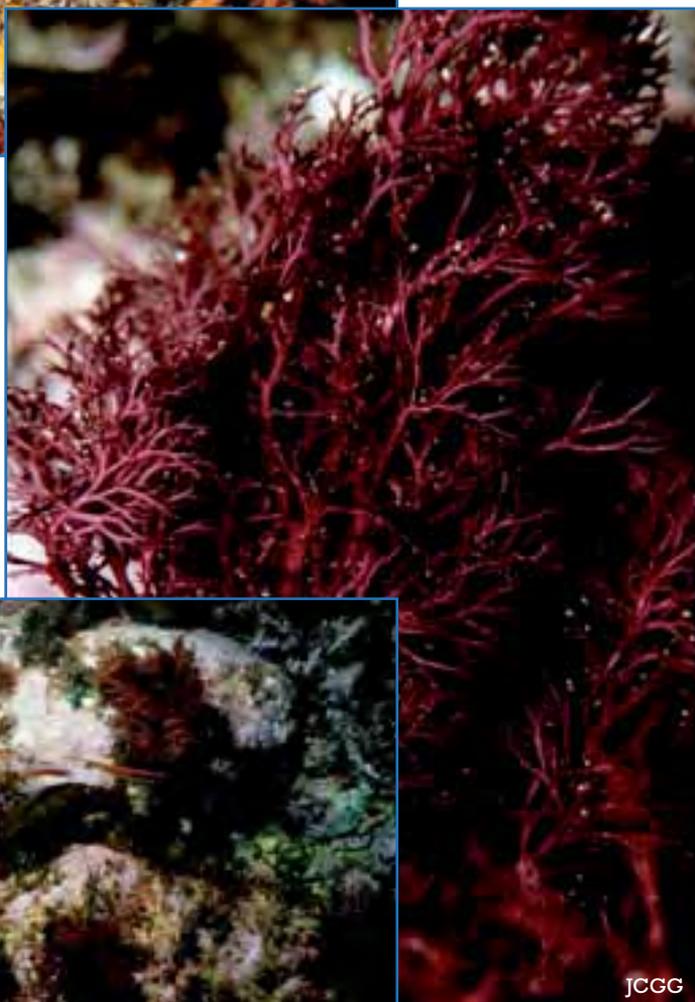
Tolérance environnementale

Espèce sensible à la pollution (Gorostiaga *et al.*, 2004) et à la sédimentation. Lorsque le taux de sédimentation s'élève anormalement, *Sphaerococcus coronopifolius* disparaît (Balata *et al.*, 2007). On la rencontre fréquemment dans des zones profondes et battues de bonnes conditions environnementales (Tittley et Neto, 2000; Guinda *et al.*, 2012).



Phot. 352

JCGG



Phot. 353

JCGG



Phot. 354

JCGG



JCGG

Phot. 355

An underwater photograph showing a dense field of green seagrass in the foreground and middle ground. In the background, a large, dark rock formation rises from the seabed. The water is clear and blue. The text 'PHANÉROGAMES MARINES' is overlaid in the center in a bold, white, sans-serif font.

PHANÉROGAMES MARINES

11.21. *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1870



Phot. 357

Embranchement: Tracheophyta

Ordre: Alismatales

Famille: Cymodoceaceae

Genre: *Cymodocea*

Nom vernaculaire: paille de mer

Description

Plante herbacée possédant de longues tiges horizontales enfoncées dans le sédiment, d'où partent des tiges verticales de petite taille. Les tiges verticales sont minces, de couleur rose ou orangée, avec une série de nœuds à intervalle plus ou moins régulier. Les tiges horizontales sont plus épaisses et plus longues. Les rhizomes partent des deux types de tige au niveau des nœuds et peuvent être ramifiés. Ils sont de couleur blanchâtre et leur extrémité forme des poils absorbants. Ils ont une fonction d'ancrage et de nutrition. Les feuilles, groupées en faisceaux, se développent à l'extrémité des deux types de tige, elles peuvent mesurer jusqu'à 60 cm de longueur et 0,4 cm de largeur (**photos 357 - 359**). Elles sont rubanées, avec un apex arrondi et mince, et présentent 7 à 9 nervures parallèles. Les faisceaux comptent entre 2 et 7 feuilles. La base des feuilles est enveloppée d'une gaine qui se détache lorsque la feuille tombe, laissant une cicatrice circulaire qui forme un nœud. Il existe deux types de fleur: de petite taille et solitaires. Les fleurs mâles sont simples et apparaissent au bout d'un pédoncule d'une dizaine de centimètres. Les fleurs femelles sont sessiles, couvertes par les gaines des feuilles modifiées. Les fruits sont ronds et latéralement comprimés, avec une petite pointe.

Biotope

Se développe en général sur les substrats sableux ou sableux-vaseux, rarement sur les fonds rocheux ou de maërl, apparaît également dans les lagunes. Contrairement à *Posidonia oceanica*, les prairies ne se développent que sur le plan horizontal. Cette plante colonisatrice peut former des prairies plus ou moins denses et apparaître seule ou aux côtés d'autres espèces telles que l'algue *Caulerpa prolifera*, et dans des zones de confluence avec

les herbiers de *P. oceanica* ou de *Zostera marina*. On la trouve de la surface jusqu'à 30 m de profondeur.



JCGG

Phot. 359



JCGG

Phot. 358

Distribution

Dans l'Atlantique Est, du sud du Portugal au Sénégal, dans les Canaries et à Madère. Présente dans toute la Méditerranée jusqu'à l'entrée de la mer Noire, et dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce réputée plus résistante et tolérante que *Posidonia oceanica*, exigeant des sédiments riches en matière organique, capable de supporter des conditions d'anoxie dans le sédiment et des concentrations de sulfure d'hydrogène dans l'eau, elle doit néanmoins être considérée comme sensible (Sánchez-Lizaso, 2004b; Barsanti *et al.*, 2007), car elle ne supporte pas les rejets d'eaux usées et elle est très vulnérable aux travaux d'aménagements du littoral et à une élévation durable de la turbidité. Un événement de ce type, par exemple, est à l'origine de la perte massive des formations de cette espèce dans la baie d'Algésiras (sud de la péninsule Ibérique, il y a plus de trente ans), qui recouvraient, selon les estimations, 4 km² de fonds meubles peu profonds et ont définitivement disparu de la zone (Sánchez Moyano *et al.*, 1998; García-Gómez, 2007) (**fig. 29 et photo 360**). L'espèce *Cymodocea nodosa* a donc souvent été utilisée comme indicateur d'une éventuelle dégradation des habitats côtiers (Orfanidis *et al.*, 2007, 2010; Oliva *et al.*, 2012).

Bien que les prairies de cette espèce sont moins stables que les herbiers de *Posidonia oceanica* et en zones littorales ouvertes sont sensibles aux des variations naturelles à la périphérie, les recommandations fournies pour *P. oceanica* peuvent être suivies pour la surveillance de cette espèce dans les eaux littorales. Il convient de contrôler tout spécialement les limites les plus profondes des prairies, plus sensibles à une augmentation de la turbidité (voir **chapitre 5.2**).

Les deux autres espèces méditerranéennes de phanérogames marines, mentionnées dans le **chapitre 5.2**, *Zostera marina* et *Z. noltii*, peuvent également faire l'objet d'une surveillance selon la méthode indiquée pour *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*.

Figures de protection

Inscrite dans les Listes espagnole et andalouse des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011 et LAESRPE, décret 23/2012).

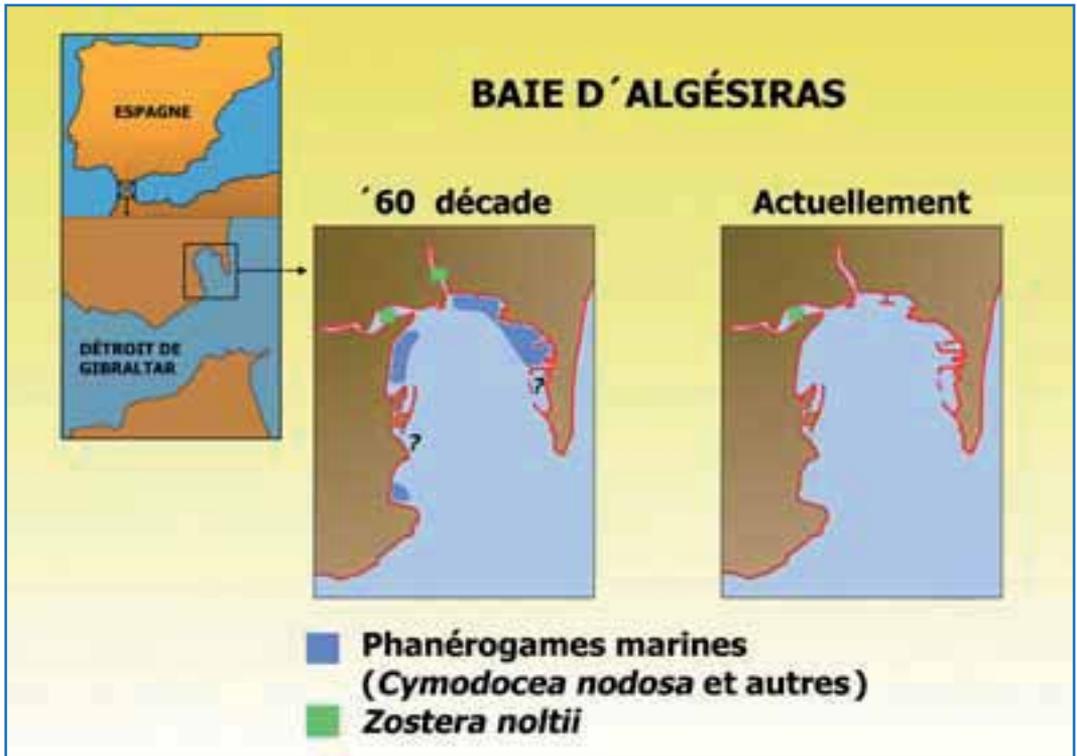


Fig. 29



JCCG

Phot. 360

11.22. *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813



Phot. 361

Embranchement: Tracheophyta

Ordre: Alismatales

Famille: Posidoniaceae

Genre: *Posidonia*

Nom vernaculaire: posidonie

Description

Plante herbacée constituée de tiges horizontales ou verticales formant un réseau intriqué, fréquemment recouvertes par des sédiments. Les tiges, pouvant atteindre 1 cm d'épaisseur, sont ligneuses, légèrement comprimées et recouvertes d'écailles issues de la base d'anciennes feuilles. Les racines, d'une longueur de 10 à 15 cm, partent des tiges et sont nombreuses et robustes. Elles fixent la plante au substrat, leur nombre est donc plus important dans les zones où l'hydrodynamisme est élevé. Les feuilles partent de l'extrémité des tiges et se regroupent en faisceaux de 4 à 10 unités. Elles présentent l'aspect d'un ruban de près de 1 cm de largeur et de 20 à 140 cm de longueur. La couleur verte des parties les plus jeunes (basales) est plus vive que celle des parties les plus anciennes (distales) plus foncées, virant au brun, souvent couvertes d'organismes. En outre, il faut distinguer pour chaque feuille deux parties : la base ou le pétiole, et le limbe. La première présente une résistance mécanique et ne se détache pas de la plante, elle reste attachée à la tige où elle forme les écailles qui la recouvrent. Le limbe est la partie responsable de la photosynthèse. Les fleurs sont hermaphrodites et occupent le centre du faisceau de feuilles, en groupes de 3 à 5 fleurs. Le fruit, plus ou moins charnu, évoque une olive par son aspect et sa couleur, il est d'ailleurs appelé «olive de mer».

Biotope

Vit sur les fonds peu profonds ou dans les zones ouvertes soumises à un fort hydrodynamisme. Les herbiers qu'elle constitue peuvent se développer horizontalement (**photo 361**), mais également dans le sens vertical (**photos**

362 et 363). Dans ce cas, la croissance de l'herbier peut alors créer des mattes formées par un entrelacement de rhizomes pouvant dépasser deux mètres d'épaisseur, à raison d'un centimètre par an. Elle peut affleurer à la surface et former des «récifs de posidonies». On peut la trouver sur les fonds rocheux mais elle préfère les fonds sableux, en particulier dans les grandes baies ou les zones à faible hydrodynamisme. Selon la limpidité de l'eau, on la rencontre de la surface jusqu'à 40 mètres de profondeur.



JCGG

Phot. 362

Distribution

Espèce endémique de la Méditerranée.

Tolérance environnementale

Cette espèce est indicatrice d'eaux propres, non polluées et bien oxygénées (García-Gómez, 2007; Montefalcone, 2009; López et Royo *et al.*, 2011). Elle est particulièrement sensible à l'augmentation progressive de la turbidité, surtout si elle est associée à une charge organique (Cancemi *et al.*, 2003) et un taux de sédimentation élevés (Ruiz et Romero, 2003; Sánchez-Lizaso, 2004a).

La surveillance environnementale de cette espèce doit porter essentiellement sur les limites périphériques des herbiers dans le cadre de plongées régulières pour observer si la limite contrôlée reste stable ou si, au contraire, elle recule (**fig. 30**). Les zones aux abords de la périphérie peuvent également être observées (pour contrôler la densité, la longueur et l'aspect des feuilles). Ces reculs sont parfois naturels et limités, il faut donc confirmer *a posteriori* la stabilisation de la limite surveillée. La zone la plus profonde, comme cela a déjà été expliqué dans cet ouvrage, doit être surveillée (**chapitre 5.2**), car elle est particulièrement sensible aux augmentations de turbidité provoquées, notamment, par un surplus de charge organique rejeté dans le système littoral. Si les feuilles de ces plantes présentent souvent des épibiontes, la présence anormale d'algues généralistes peut être un événement anormal de courte durée (excès ponctuel de nutriment

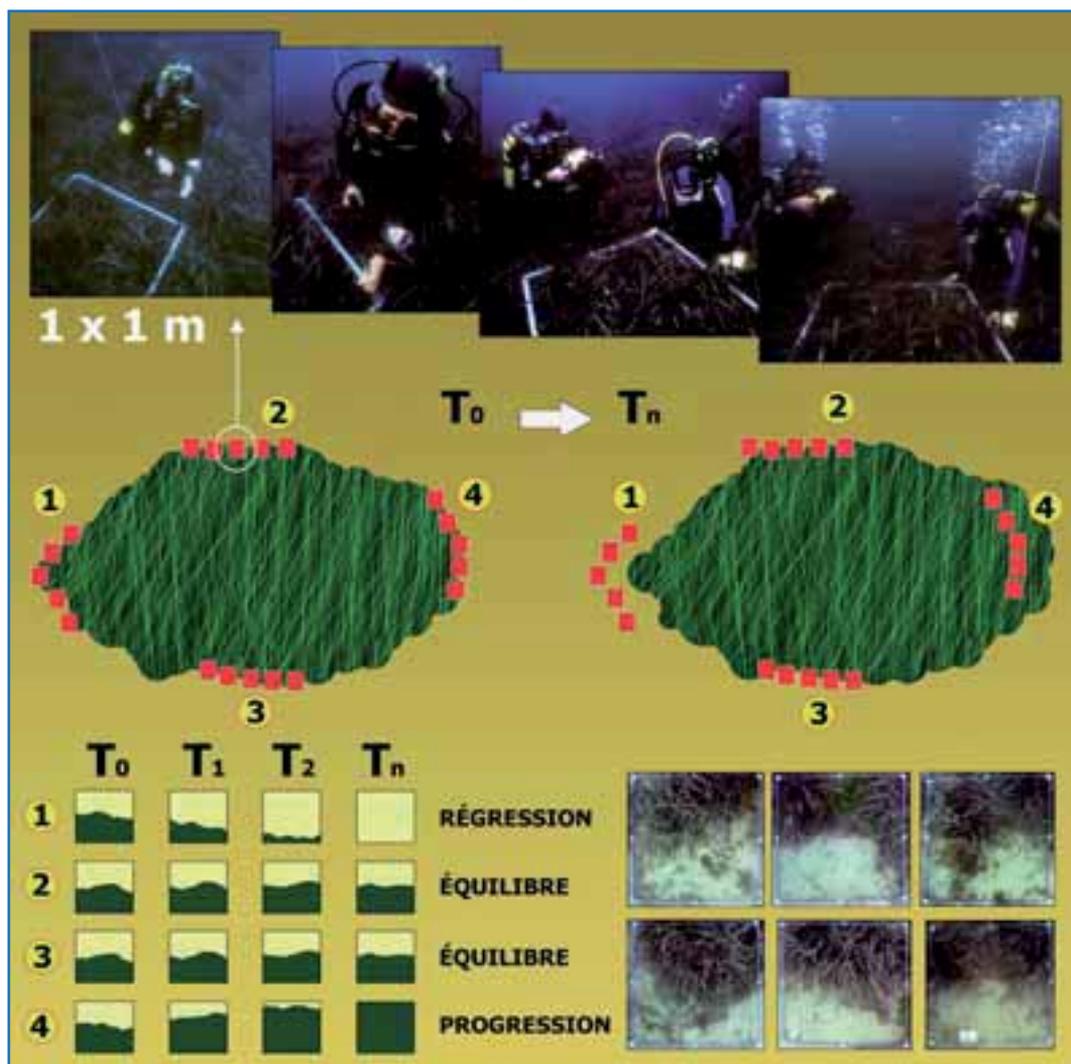


Fig. 30



Phot. 363

dans le milieu) mais si l'accroissement des nutriments perdure (par exemple en raison de la présence à proximité d'un effluent d'origine humaine qui n'existait pas auparavant), il peut provoquer un processus de régression avec une perte mesurable de la superficie de l'herbier et une diminution ou la disparition d'une partie de la biodiversité associée. L'aspect des feuilles et la présence d'épibiontes non habituels et qui n'avaient pas été observés antérieurement peuvent être des indices de changements négatifs au sein du système. Cette espèce ne tolère pas de grandes variations de salinité. En revanche, elle peut supporter une large échelle de température, de 10 à 28 °C.

Les photographies en noir et blanc (Astier et Tailliez, 1978), montrent les effets d'un effluent d'eaux usées sur *Posidonia oceanica*, à distance (**photo 364**) et à 600 mètres de l'exutoire. À 26 mètres de profondeur, l'impact négatif sur les herbiers est parfaitement visible. Les touffes survivantes sont légèrement couvertes de macroalgues généralistes (**photos 365 et 366**).

Cette espèce est l'une des plus emblématiques de la Méditerranée aux fins de suivi et de surveillance environnementale, non seulement en raison de la sensibilité des herbiers aux perturbations anthropogéniques mais aussi parce qu'elle constitue l'un des habitats à forte valeur écologique de cette mer.

Figures de protection

Inscrite au Directive 92/43/CEE du Conseil (Annexe I: "Types d'habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite de zones spéciales de conservation")

Inscrite dans les Listes espagnole et andalouse des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011 et LAESRPE, décret 23/2012).



Phot. 364

JCGG



Phot. 365

JCGG



Phot. 366

JCGG



ÉPONGES

11.23. *Aplysina aerophoba* (Nardo, 1833)



Phot. 368

Embranchement: Porifera
Classe: Demospongiae
Ordre: Verongida
Famille: Aplysinidae
Genre: *Aplysina*
Nom vernaculaire: vérongia

Description

Éponge massive formant des lobes digitiformes de structure tubulaire d'une longueur de 6 cm portant un oscule au sommet. Les parois sont épaisses et la surface est lisse et douce au toucher. Elle peut atteindre un diamètre de 30 cm. Sa couleur est jaune vif, mais elle devient violet foncé lorsqu'elle est en contact avec l'air. (**Photo 368**).

Biotope

Espèce des zones éclairées en raison de la présence d'une cyanobactérie symbiote, on la rencontre donc du rivage jusqu'à une profondeur de 30 à 40 m, généralement sur des substrats horizontaux aussi bien rocheux que sableux (**photo 369**). On rencontre souvent sur cette espèce son prédateur, le gastéropode opisthobranche *Tylodina perversa*.

Distribution

Espèce cosmopolite.

Tolérance environnementale

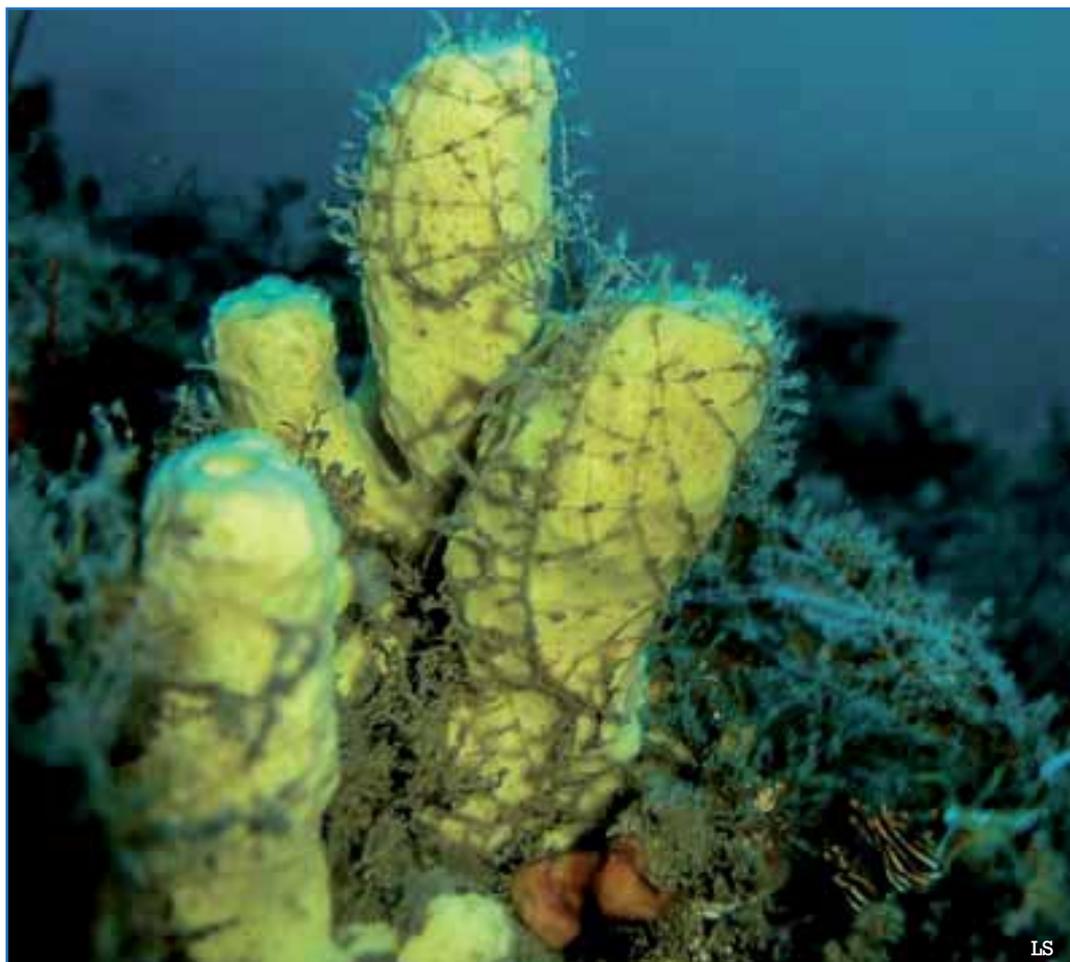
Espèce présente et même abondante dans les zones de très bonne qualité environnementale, telles que les aires marines protégées (Tunési *et al.*, 2008) ou les herbiers de *Posidonia* avec des forêts abondantes de *Cystoseira*

spp. (Ben Mustapha *et al.*, 2002). Il a également été montré qu'il s'agit d'une espèce sensible à l'élévation de la température de l'eau (Friedrich *et al.*, 2001; Ahn *et al.*, 2003; Webster, 2007).

Figures de protection

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE), dans l'extension établie par l'ordonnance AAA/75/2012.

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 369

11.24. *Axinella damicornis* (Esper, 1794)



Phot. 370

Embranchement: Porifera

Classe: Demospongiae

Ordre: Halichondrida

Famille: Axinellidae

Genre: *Axinella*

Nom vernaculaire: axinelle plate

Description

Cette éponge, de couleur est jaune vif, présente un aspect ramifié. Elle possède un pédoncule d'où partent des branches courtes, dures et aplaties, parfois pseudocylindriques. Sa consistance est souple et élastique. Les embranchements se replient souvent, évoquant d'épais éventails ou des bois de daim. Cette algue mesure de 4 à 10 cm de hauteur et son diamètre maximal est de 5 cm. (**Photos 370 et 371**).

Biotope

Espèce typique des zones peu éclairées. Dans les zones peu profondes, on la rencontre dans les crevasses, les grottes ou sur les surplombs. À mesure que la profondeur augmente, elle se fixe sur des substrats plus horizontaux, rocheux ou sableux, voire sur des fonds détritiques-vaseux, vaseux et les fonds de maërl. On peut la rencontrer exceptionnellement sur des enclaves très sombres de fonds rocheux peu profonds. Cependant, dans le détroit de Gibraltar, il est plus fréquent de la trouver entre 20 et 50 mètres de profondeur. Elle a d'ailleurs été signalée à des profondeurs plus importantes dans d'autres zones géographiques. Cette espèce est souvent colonisée par l'anthozoaire *Parazoanthus axinellae*, avec lequel elle semble vivre en symbiose.

Distribution

Atlantique et Méditerranée. Présente sur toutes les côtes de la péninsule Ibérique.

Tolérance environnementale

Espèce à valence écologique étroite, très sensible aux perturbations environnementales, avec de strictes exigences de qualité des eaux (limpide et renouvelées) et vulnérable aux forts courants (Bell et Barnes, 2000; Ordines *et al.*, 2011). Lorsque la turbidité augmente de façon continue en raison de rejets urbains ou de la surverse des dragages littoraux d'agrégats, elle tend à disparaître de la zone affectée. Elle est absente des fonds où le taux de sédimentation et la charge organique sont élevés. Cette espèce est donc caractéristique des fonds propres, présentant une grande biodiversité et un bon état de conservation (Hiscock *et al.*, 2010; Altug *et al.*, 2011; Templado *et al.*, 2012).

Autres informations

Espèce utilisée en pharmacologie car elle contient des substances antitumorales.



LS

Phot. 371

11.25. *Axinella polypoides* Schmidt, 1862



Phot. 372

Embranchement: Porifera

Classe: Demospongiae

Ordre: Halichondrida

Famille: Axinellidae

Genre: *Axinella*

Nom vernaculaire: axinelle
commune

Description

Éponge en forme d'arbuste à base épaisse et dure d'où partent des rameaux flexibles de section cylindrique, parfois plats. Ces rameaux se divisent et peuvent se souder, l'éponge présente alors une forme en éventail. De couleur jaune ou orange, elle peut atteindre une taille de 50 cm. Sa surface est veloutée et les oscules répartis en étoile sont bien visibles. (**Photos 372 et 373**).

Biotope

Vit sur les fonds circalittoraux et infralittoraux profonds, rocheux ou sableux. Elle se fixe généralement sur des surfaces horizontales ou des parois légèrement inclinées. Dans les zones les plus éclairées, elle se loge dans les crevasses, les grottes et les anfractuosités. On peut exceptionnellement la rencontrer à faible profondeur, sur des surfaces très ombragées des fonds rocheux peu profonds mais on la trouve plus souvent dans le détroit de Gibraltar, à partir de 20 mètres de profondeur.

Distribution

Du sud de la Norvège à la Méditerranée, y compris le détroit de Gibraltar et sur toutes les côtes de la péninsule Ibérique.

Tolérance environnementale

Sa valence écologique est étroite, comme l'espèce congénérique *Axinella*

damicornis. Elle est très sensible aux perturbations environnementales (Moreno *et al.*, 2008b), exige des eaux limpides et renouvelées, et elle est absente des fonds où le taux de sédimentation et la charge organique sont élevés. Cette espèce est caractéristique des fonds propres et non pollués (Tunesi *et al.*, 2008; Altug *et al.*, 2011; Templado *et al.*, 2012). Elle a aussi été utilisée comme indicatrice du réchauffement des eaux (Bianchi *et al.*, 2012). Compte tenu de la facilité à trouver et à identifier cette espèce en plongée, elle est recommandée pour la surveillance environnementale des fonds littoraux.

Autres informations

Haliclona oculata est une espèce similaire.

Figures de protection

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



SM

11.26. *Haliclona (Halichoclona) fulva* (Topsent, 1893)



Phot. 374

Embranchement: Porifera
Classe: Demospongiae
Ordre: Haplosclerida
Famille: Chalinidae
Genre: *Haliclona*
Nom vernaculaire: haliclone
orange

Description

Éponge encroûtante, de couleur orange, d'une épaisseur de 1 cm environ, peut s'étendre jusqu'à 10 cm sur son axe principal. Elle présente une forme globuleuse d'où partent des tubes érigés et parfois des ramifications latérales. Des oscules sont présents au sommet des deux sortes d'extension. La surface est irrégulière. (**Photos 374 et 375**).

Biotope

On la rencontre dans des zones peu éclairées comme les surplombs et les cavités, généralement sur des surfaces verticales ou légèrement inclinées. Elle vit aussi sur d'autres espèces d'éponge et les rhizomes de posidonie. Elle a été signalée sur des fonds détritiques profonds et dans des zones où la courantologie est élevée. On rencontre cette espèce de 0 à 120 m de profondeur.

Distribution

Espèce typiquement méditerranéenne que l'on peut néanmoins trouver jusqu'aux îles du Cap-Vert, dans l'Atlantique et par conséquent dans le détroit de Gibraltar également.

Tolérance environnementale

Cette espèce est sensible à certaines conditions environnementales telles qu'une quantité élevée de solides ou de particules en suspension (Carballo *et al.*, 1996). Elle est donc indicatrice de conditions optimales. Elle semble être tolérante au réchauffement de l'eau, car elle ne montre pas d'atteinte lors d'élévation de la température qui provoque une mortalité massive chez d'autres espèces marines sensibles (Verdura *et al.*, 2013).



doris.ffesm.fr – Frédéric André

Phot. 375

11.27. *Ircinia oros* (Schmidt, 1864)



Erwin et al. (2011)

Phot. 376

Embranchement: Porifera

Classe: Demospongiae

Ordre: Dyctioceratida

Famille: Irciniidae

Genre: *Ircinia*

Nom vernaculaire: ircinie sombre

Description

Cette éponge, de forme massive et conique, mesure 6 à 12 cm de diamètre. Sa surface est hérissée et sa consistance ferme, souple et compressible. Elle est résistante à la déchirure. Chaque spécimen présente un ou deux oscules ronds d'un centimètre de diamètre environ, situés au sommet de l'éponge. La couleur varie, selon l'exposition à la lumière, du gris foncé ou brun dans les zones exposées, au gris pâle dans les grottes et les crevasses (**photos 376 et 377**).

Biotope

Fréquente dans les grottes, crevasses et surplombs, absente des zones entièrement exposées à la lumière. Elle vit aussi bien sur les substrats horizontaux que verticaux, et elle peut apparaître près de la surface et sur le coralligène. L'espèce se reproduit entre juillet et août. On la trouve de 1 à 150 m de profondeur.

Distribution

Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce sensible aux perturbations environnementales (Carballo *et al.*, 1996) sa présence indique donc que le milieu présente des conditions optimales (Garrabou, 1997). Elle est aussi affectée par différents événements de mortalité, légers à massifs, associés à une élévation anormale de la température (Perez *et al.*, 2000; Lejeusne *et al.*, 2010).



doris.ffesm.fr – Dominique Horst

Phot. 377

11.28. *Sarcotragus spinosulus* Schmidt, 1862



Phot. 378

Embranchement: Porifera

Classe: Demospongiae

Ordre: Dactyloceratida

Famille: Irciniidae

Genre: *Sarcotragus*

Nom vernaculaire: ircinie noire épineuse

Description

Éponge d'apparence massive et régulière, subsphérique et aplatie, et d'une taille qui varie de 10 à 25 cm. Elle présente une consistance molle et élastique, mais elle est très résistante à la rupture. Sa surface est lisse, réticulée et rêche. La couleur varie du gris foncé au noir, l'intérieur est plus clair, presque blanchâtre (**photos 378 et 379**).

Biotope

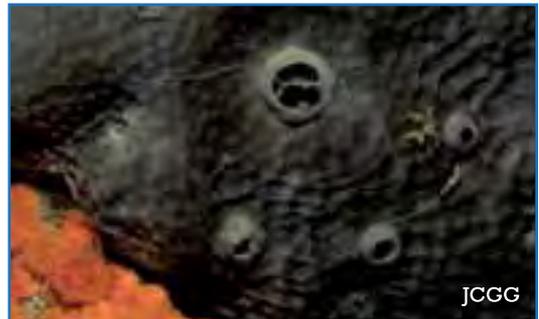
Cette espèce vit sur des substrats rocheux horizontaux et verticaux, sur les surplombs et à l'entrée des grottes. On la trouve parfois sous les roches et sur des algues et des anthozoaires. On la trouve de 1 à 300 m de profondeur.

Distribution

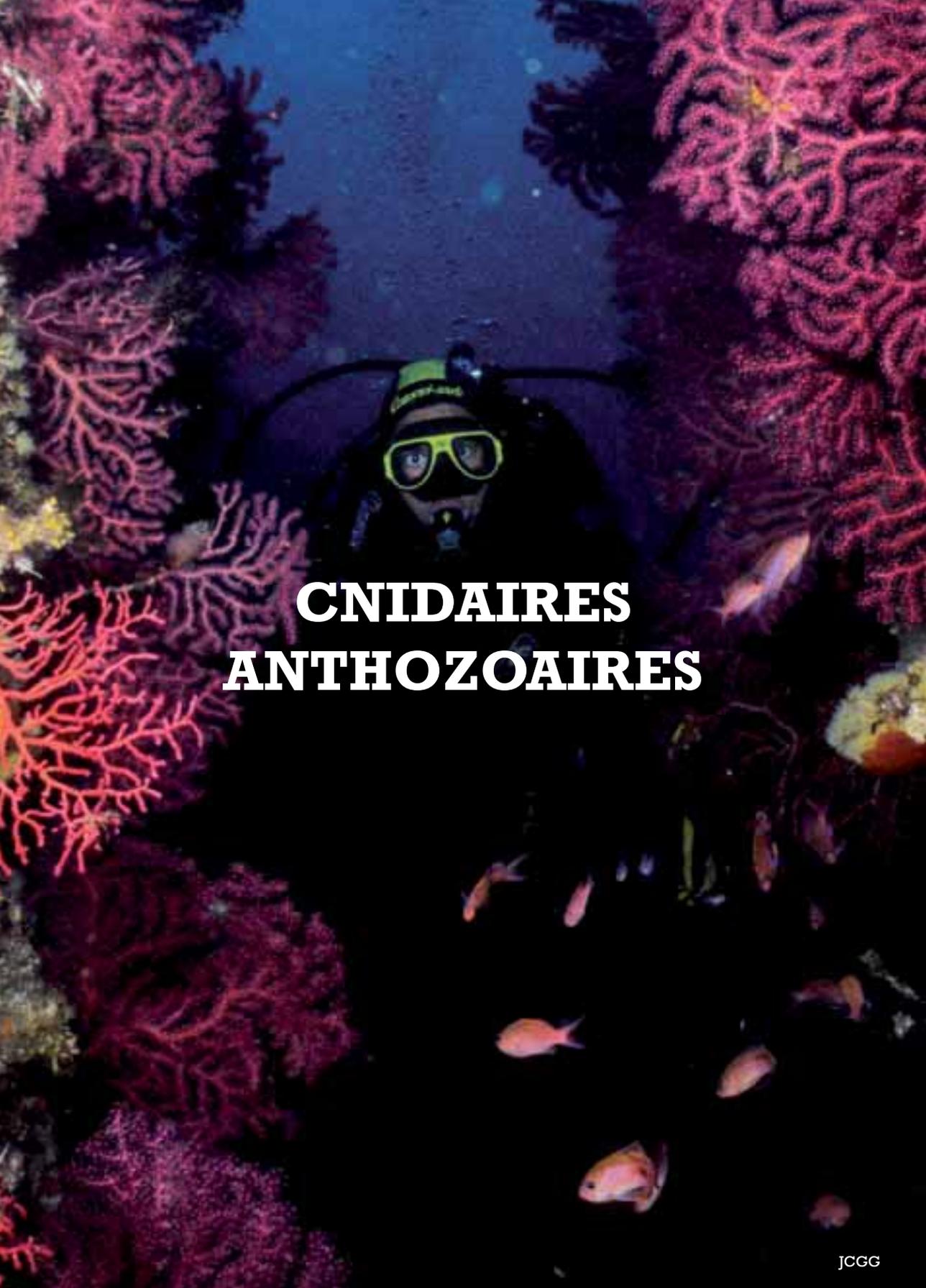
Présente dans l'Atlantique et en Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce sensible aux perturbations environnementales (Carballo *et al.*, 1996), sa présence est indicatrice de bonnes conditions (Corriero *et al.*, 2004). Elle a néanmoins été citée comme capable d'accumuler des quantités élevées d'arsenic (Araújo *et al.*, 1999).



Phot. 379



**CNIDAIRES
ANTHOZOAIRE**

11.29. *Actinia equina* (Linnaeus, 1758)



Phot. 381

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Actiniaria

Famille: Actiniidae

Genre: *Actinia*

Nom vernaculaire: tomate de mer

Description

Anémone de couleur rouge vif dont la hauteur et le diamètre peuvent atteindre jusqu'à 8 et 7 cm respectivement. Les tentacules sont nombreux (jusqu'à 192), courts, plus larges à la base, avec des extrémités arrondies.

Biotope

Vit sur des substrats rocheux de la zone intertidale, de préférence éclairés ou légèrement ombragés. À marée basse, elle reste en émergence et apparaît sous la forme d'une structure globuleuse rouge vif dont les tentacules sont invisibles, car ils se rétractent pour ne pas se dessécher (**photos 381 - 384**). Lorsque la marée monte et qu'elle devient recouverte par l'eau, elle reprend son apparence d'anémone, les tentacules redeviennent visibles et prêts à capturer les aliments (**photo 385**). On peut la rencontrer dans des fissures et des crevasses exposées à l'action des vagues, sous des roches et sur des enclaves horizontales ou légèrement inclinées, mais elle se fixe souvent sur les parois verticales. Sa capacité à retenir l'eau lui permet de supporter des périodes d'émergence prolongées. On peut également la trouver à quelques mètres de profondeur, elle a même été signalée à 20 mètres (à cette profondeur, elle peut être orange ou verte).

Distribution

Méditerranée et Atlantique Est, du nord de l'Europe aux limites de l'Équateur, sur la côte ouest de l'Afrique.

Tolérance environnementale

Il lui faut pour vivre des eaux très propres et bien oxygénées, ce qui en fait un bon indicateur d'eaux non polluées (Smith, 1968; García-Gómez, 2007). Son absence, dans des zones où elle était abondante, peut indiquer un changement négatif de la qualité de l'eau (Cha *et al.*, 2013).

Actinia equina est une espèce sensible affectée par l'exposition à la pollution par les hydrocarbures (Ormond et Caldwell, 1982), et elle est considérée comme un bon indicateur pour la surveillance de la contamination des milieux littoraux par les métaux lourds (Shiber, 1981; Gadelha *et al.*, 2010).

La surveillance de cette espèce est simple, comme le montrent les photographies. Une promenade régulière, à marée basse, sur les zones de la côte où cette espèce est abondante suffit à repérer toute modification significative de son effectif ou la disparition totale. Le cas échéant, les observations doivent être validées par l'observation d'autres espèces intertidales (par exemple l'algue brune *Fucus spiralis*, ou l'algue rouge *Lithophyllum bissoides*, toutes deux présentées dans cet ouvrage).

Phot. 382



Phot. 384



Phot. 383



Phot. 385



11.30. *Alicia mirabilis* Johnson, 1861



Phot. 386

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Actiniaria

Famille: Aliciidae

Genre: *Alicia*

Nom vernaculaire: alicia, anémone alicie

Description

Anthozoaire solitaire dont l'apparence change tout au long de la journée. Le jour, elle est recroquevillée (**photos 386 et 387**) et présente la forme d'un cône brun couvert de tentacules rétractés et de tubercules évoquant la forme d'un chou-fleur. La nuit, elle se déploie et prend la forme d'un «palmier» (**photos 388 et 389**). La colonne de couleur crème et translucide peut atteindre 30 cm de hauteur, elle est surmontée de tentacules et de protubérances dorés et orangés. Les tentacules sont longs, très nombreux et se rétractent vivement, ils sont de couleur crème avec une bande brune près de la base.

Biotope

Vit sur des substrats horizontaux ou faiblement inclinés, sur les fonds rocheux, de gravier ou sableux-vaseux, dans des zones éclairées et dans le coralligène. L'espèce se reproduit entre juin et octobre. Certains individus peuvent apparaître détachés du substrat car leur système de fixation est plutôt faible. On la rencontre de 3 à 50 mètres de profondeur.

Distribution

Dans l'Ouest de la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar et dans l'Atlantique Est, du Portugal aux Canaries. Elle est également présente dans la mer Rouge.

Tolérance environnementale

Espèce généralement peu abondante que l'on peut souvent dans des zones bien conservées offrant une grande biodiversité (Ocaña *et al.*, 2000). Nous avons choisi d'intégrer *Alicia mirabilis* dans cet ouvrage car cette espèce a commencé à s'étendre vers l'Adriatique (Kružić, 2002; Kružić *et al.*, 2002) et cette introduction pourrait être liée au changement climatique (Pećarević *et al.*, 2013).

Autres informations

Les tentacules sont très urticants.



Phot. 387



Phot. 388



Phot. 389

11.31. *Ellisella paraplexauroides* Stiasny, 1936



Phot. 390

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Alcyonacea

Famille: Ellisellidae

Genre: *Ellisella*

Nom vernaculaire: gorgone balai

Description

Espèce coloniale, de couleur rouge ou orange, aux polypes blancs ou jaunâtres. Ses colonies sont peu ramifiées (elles peuvent ne pas présenter de ramification). Les rameaux sont droits, ils se divisent à partir de la base et se développent verticalement. L'axe est corné, très résistant. Les calices des polypes sont petits et proéminents, disposés en deux séries irrégulières, de part et d'autre de l'axe. Cette gorgone est la plus grande de la Méditerranée et de l'Atlantique Est, elle peut atteindre plus de 2 mètres de hauteur. (**Photos 390 - 393**).

Biotope

Vit sur les substrats rocheux horizontaux ou légèrement inclinés. Préfère les fonds balayés par les courants. Espèce de la zone circalittorale, on la trouve généralement entre 50 et 150 mètres de profondeur, mais elle peut être présente dès 15 mètres, si la lumière est très atténuée par la turbidité. C'est une espèce rare et occasionnelle qui ne forme pas de groupes denses d'individus.

Distribution

La côte Ouest de l'Afrique, de l'Angola au Maroc, dans les îles Canaries et jusqu'au sud du Portugal. Rare en Méditerranée, mais elle a été signalée dans le détroit de Gibraltar, en Algérie, en Tunisie et sur les côtes de quelques îlots de la mer d'Alboran.

Tolérance environnementale

On ne possède que peu de données sur la sensibilité environnementale d'*Elisella paraplexauroides*. Toutefois, sa structure complexe, la richesse spécifique qui lui est associée et sa vulnérabilité aux activités humaines (Angiolillo *et al.*, 2012), en particulier la pêche non contrôlée (Maldonado *et al.*, 2013), nous obligent à l'intégrer dans cet ouvrage.

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "En Danger".



Phot. 391



Phot. 392



Phot. 393

11.32. *Astroides calycularis* (Pallas, 1766)



Phot. 394

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Scleractinia

Famille: Dendrophylliidae

Genre: *Astroides*

Nom vernaculaire: mimosa de mer

Description

Elle constitue des colonies d'aspect massif et parfois buissonnant. Le squelette est calcaire et les polypes cylindriques sont généralement placés les uns à côtés des autres. S'ils se rejoignent, ils peuvent adopter une forme polygonale. Les tentacules sont petits et pointus. Toute la colonie est de couleur orange vif (**photo 394**).

Biotope

Cette espèce vit sur des substrats rocheux, généralement sur les surplombs, les parois verticales et les plafonds des grottes (**photo 395**). On la trouve parfois sur le sol des grottes ou sur des surfaces horizontales où la pénétration de la lumière est très faible. Peut être intertidale sur des surfaces rocheuses de la côte complètement ombragées, où l'action des vagues est modérée à forte (**photos 396 et 397**). Elle peut être rencontrée jusqu'à 50 mètres de profondeur.

Distribution

Bien représentée dans l'ouest de la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar. Sur la côte atlantique, elle a été observée en Afrique du Nord et au sud de la péninsule Ibérique (côte de Cadix).

Tolérance environnementale

Elle est sensible à la pollution marine (Moreno *et al.*, 2008a), tout spécialement à l'augmentation de la charge organique et de la turbidité. La **figure 31** illustre la disparition progressive de cette espèce dans la baie d'Algésiras (en 2001) lorsque la qualité de l'eau diminue; les cercles orange indiquent l'abondance des colonies dans les quatre transects entre 5 et 20 mètres de profondeur (d'observation personnelle).

C'est une espèce qui peut servir comme un bon indicateur de la qualité des eaux littorales (García-Gómez, 2007; Terrón-Sigler *et al.*, 2014), caractéristique des zones tempérées, sa marge de tolérance au changement de température est étroite (Grubelić *et al.*, 2004; Bianchi, 2007). Dans des situations de sédimentation excessive d'origine anthropique, les colonies sont massivement imprégnées par les sédiments. Les **photographies 398 et 399** prises respectivement au

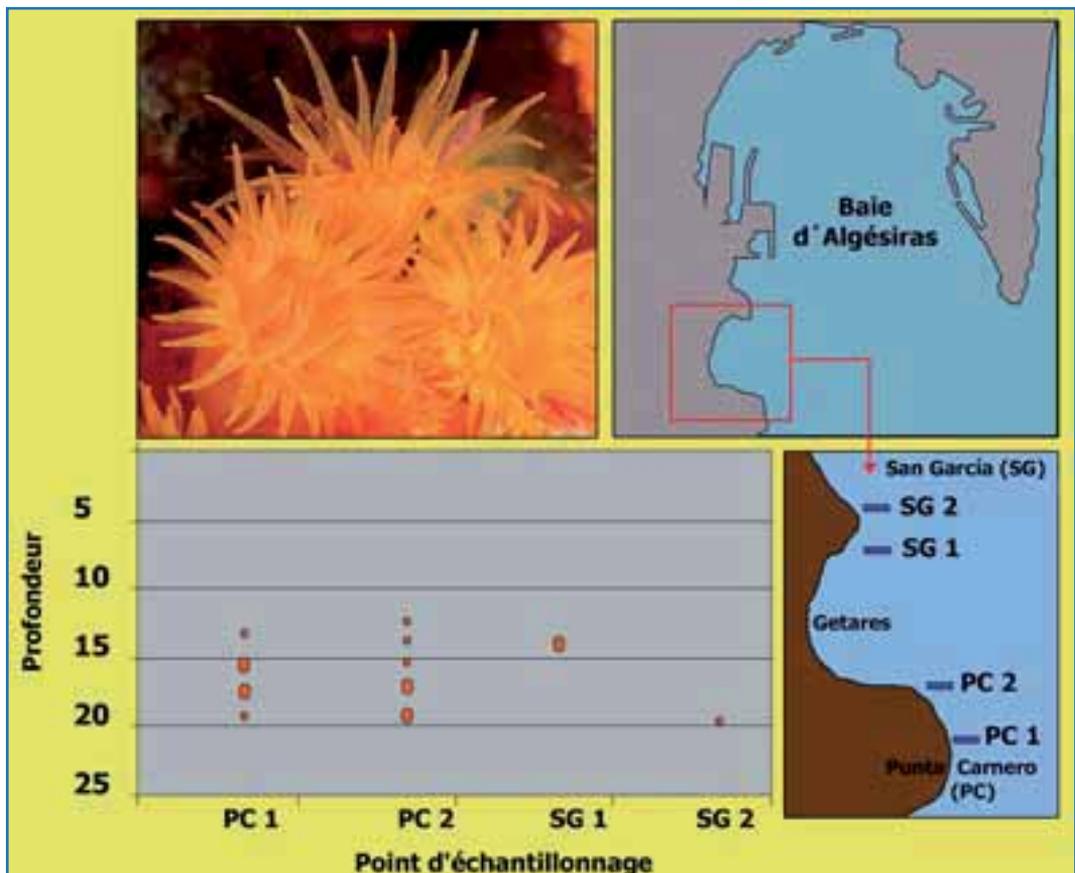
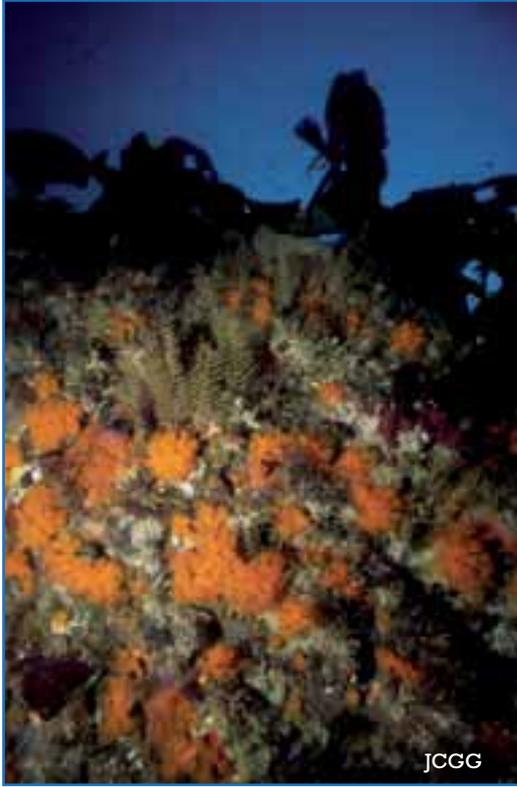


Fig. 31



Phot. 395



Phot. 396



Phot. 397

grand angle et avec un objectif macrophotographique montrent les effets d'un excès de sédimentation provenant d'une «surverse» de dragues à succion utilisées pour l'extraction d'agrégats dans les fonds littoraux. La mort des colonies in situ peut également être détectée par la présence du squelette calcaire des polypes (**photos 400 et 401**).

Elle est vulnérable aux processus d'érosion mécanique (ancres qui dérapent par exemple), y compris les contacts accidentels ou non des plongeurs (Di Franco *et al.*, 2009).



Phot. 398



Phot. 399

En ce qui concerne les gradients d'atteinte environnementale, la répartition géographique de cette espèce indique les zones à partir desquelles les eaux sont propres. La surveillance est facile, les colonies étant particulièrement visibles et pouvant tapisser entièrement des parois ombragées du précoraligène. La mortalité partielle ou massive de ses polypes laisse entrevoir le squelette calcaire et la disparition des colonies dans des zones où elles étaient abondantes peut être liée à une perturbation d'origine anthropique.

En Méditerranée, cette espèce est en régression, principalement pour des causes anthropogéniques (Moreno *et al.*, 2008a). Cet excellent indicateur d'eaux propres, qui est en outre une espèce protégée, est prioritaire pour toute initiative de surveillance environnementale scientifique, technique ou bénévole des fonds littoraux dans lesquels elle est présente.



Phot. 400



Phot. 401

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite au Catalogue National des Espèces Menacées dans la catégorie "Vulnérable" en Espagne.

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".

11.33. *Dendrophyllia ramea* (Linnaeus, 1758)



Phot. 402

Embranchement: Cnidaria
Classe: Anthozoa
Ordre: Scleractinia
Famille: Dendrophylliidae
Genre: *Dendrophyllia*
Nom vernaculaire: corail jaune
branchu

Description

Corail colonial arborescent de grande taille, pouvant atteindre 1 mètre de hauteur. Le squelette est calcaire, fragile, de couleur jaune orangé. Il est fixé au substrat par une plaque d'où part un axe central d'une épaisseur de 10 cm s'amincissant vers le sommet. Les ramifications se développent dans toutes les directions et peuvent être abondantes. Les polypes de section circulaire sont allongés, de couleur blanche ou légèrement jaunâtre. La surface est poreuse (**photos 402 et 403**).

Biotope

Se fixe sur les enclaves horizontales ou faiblement inclinées des fonds rocheux moyennement ombragés, soumis à un hydrodynamisme modéré à élevé (courants) (**photo 404**). S'il a été signalé dans des fonds peu profonds et à plus de 100 mètres de profondeur, on le trouve généralement à partir de 25 à 30 mètres en mer d'Alboran.

Distribution

Du sud-ouest de la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar et dans l'Atlantique Est, du Portugal au golfe de Guinée.

Tolérance environnementale

Cette espèce exige des eaux propres. Elle est présente principalement sur des fonds hautement structurés présentant une grande biodiversité, dans un

excellent état de conservation (Ocaña *et al.*, 2000). Elle est absente des eaux polluées ou soumises à un stress environnemental d'origine anthropique. Elle montre néanmoins une grande tolérance aux phénomènes de sédimentation excessive, voire au recouvrement, à condition que le phénomène soit constant et normal, comme dans l'embouchure des grands fleuves, et non le résultat d'un événement ponctuel (**photo 405**).

Dendrophyllia ramea est très sensible à l'action mécanique des ancrs et de certains engins de pêche qui ont un impact considérable sur cette espèce à croissance lente, principalement leur cassure, tout particulièrement en raison de la grande taille que peuvent atteindre les colonies. L'espèce est également menacée par les plongeurs qui la collectent pour la beauté de son squelette calcaire.

Cette espèce, vulnérable et menacée, fait l'objet d'une protection (Giménez-Casaldueiro *et al.*, 2011). Elle doit être contrôlée par les plongeurs impliqués dans la surveillance environnementale des fonds littoraux.

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".

Phot. 403



Phot. 405



Phot. 404



11.34. *Leptopsammia pruvoti* Lacaze-Duthiers, 1897



Phot. 406

Embranchement: Cnidaria
Classe: Anthozoa
Ordre: Scleractinia
Famille: Dendrophylliidae
Genre: *Leptopsammia*
Nom vernaculaire: corail jaune solitaire

Description

Espèce solitaire, bien que certains individus se regroupent parfois, formant une fausse colonie. Les polypes possèdent une base calcaire conique dont l'apex est légèrement plus large. Un polype mesure jusqu'à 2 cm de hauteur et 1,5 cm de diamètre. Sa couleur est jaune orange (**photo 406**). Possède jusqu'à 96 tentacules jaunes translucides, et la couleur de l'ensemble, comme le montrent les photographies, est intense.

Biotope

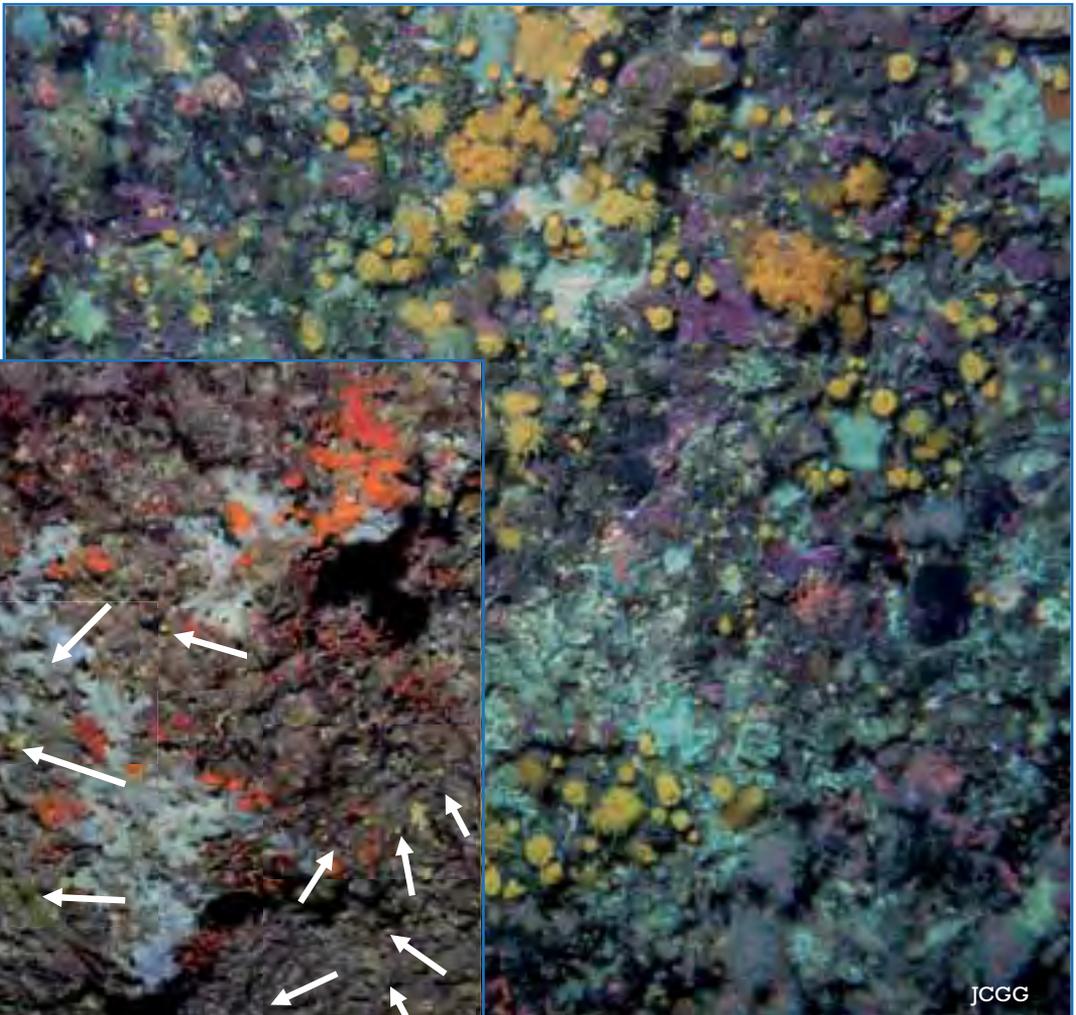
Cette espèce vit dans des zones très ombragées, sur les surplombs, les parois verticales, les crevasses profondes et dans les grottes (**photos 407 et 408**). Elle est caractéristique des fonds coralligènes très concrétionnés, à structuration spatiale élevée et présentant une riche biodiversité. Rare à faible profondeur, on la trouve généralement à partir de 15-20 mètres, et il peut vivre à 150 mètres.

Distribution

Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar. On la rencontre aussi dans l'Atlantique Est, ayant ses limites nord de distribution dans les îles Britanniques.

Tolérance environnementale

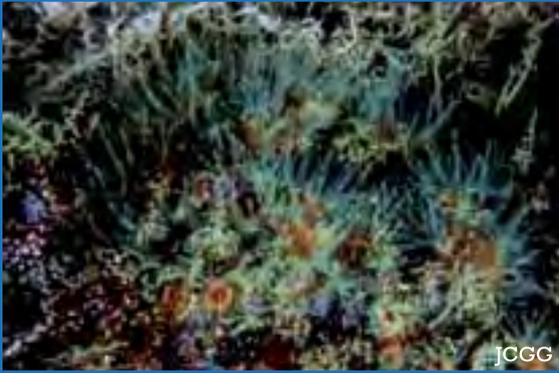
Leptopsammia pruvoti exige des eaux propres et bien oxygénées (Garrabou, 1997), elle est donc généralement absente des fonds soumis à un stress environnemental physique ou chimique (García-Gómez, 2007). Elle est sensible à la sédimentation (Balata *et al.*, 2005) et à la présence de matière organique dans la colonne d'eau, elle est donc considérée comme spécialement intéressante pour les programmes de suivi et de gestion de l'environnement (Hartnoll, 1998). Sur les surfaces qu'elle colonise, elle peut être abondante, elle est donc aussi vulnérable aux impacts de la plongée récréative comme la collecte ou les dommages par contact (Milazzo *et al.*, 2002; Lloret *et al.*, 2006).



Phot. 408

Phot. 407

11.35. *Phyllangia americana mouchezii* (Lacaze-Duthiers, 1897)



Phot. 409

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Scleractinia

Famille: Caryophylliidae

Genre: *Phyllangia*

Nom vernaculaire: madrépore
colonial sombre

Description

Anthozoaire colonial encroûtant de petite taille. Chaque colonie est constituée de 20 à 40 polypes, parfois moins, translucides de couleur brun clair ou blanc. Le squelette de la colonie est calcaire, il est formé d'une plaque basale blanche qui adhère fortement au substrat, d'où partent les polypes cylindriques ayant une base calcaire mesurant 3 cm de hauteur. (**Photo 409**).

Biotope

Vit sur les roches naturelles ou sur les squelettes des colonies mortes de la même espèce sur des parois verticales ou dans des crevasses (**photos 410 - 412**). L'espèce préfère les zones ombragées, mais on peut la rencontrer dans des zones exposées à la lumière. On la trouve de 3 à 30 m de profondeur.

Distribution

Commune dans toute la Méditerranée, y compris dans le détroit de Gibraltar. Également présente dans l'Atlantique Est, du Portugal au Sénégal.

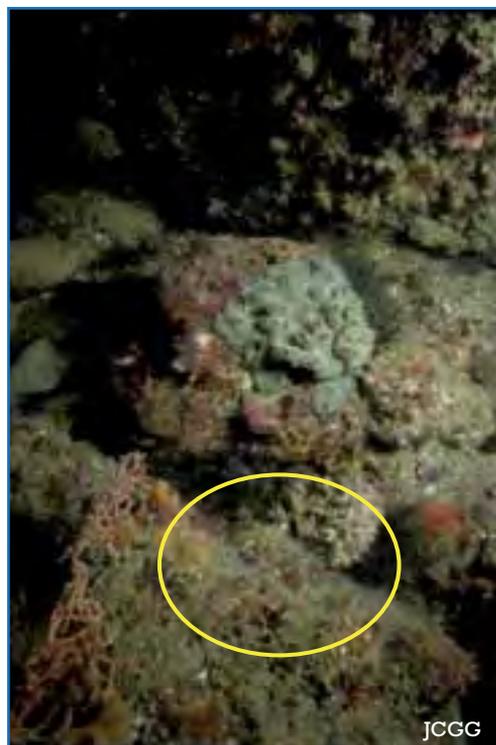
Tolérance environnementale

Espèce que l'on rencontre généralement dans les zones bien conservées et présentant une grande biodiversité (Ocaña *et al.*, 2000), sensible aux

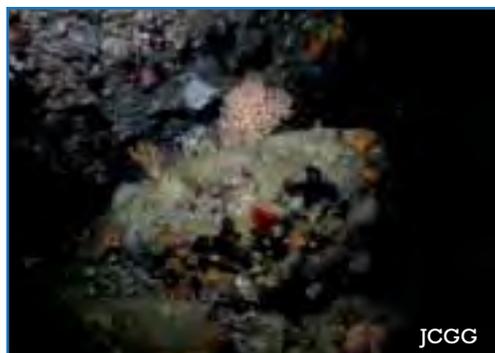
perturbations provoquées par les travaux d'aménagement du littoral (Moreno et López-Gonzalez, 2008), les rejets et la pollution, en particulier pour les colonies vivant à moindre profondeur. Elle est également sensible aux menaces liées à la plongée de loisir, notamment les dommages provoqués par les coups de palmes ou la collecte sans discernement. Par ailleurs, *Phyllangia americana mouchezii* a été utilisée comme indicateur dans le cadre d'études sur le réchauffement des eaux (Bianchi *et al.*, 2012) car elle ne semble pas être affectée par les anomalies thermiques qui provoquent une mortalité massive chez d'autres espèces de cnidaires (Verdura *et al.*, 2013).

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 410



Phot. 411



Phot. 412

11.36. *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758)



Phot. 413

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Alcyonacea

Famille: Coralliidae

Genre: *Corallium*

Nom vernaculaire: corail rouge

Description

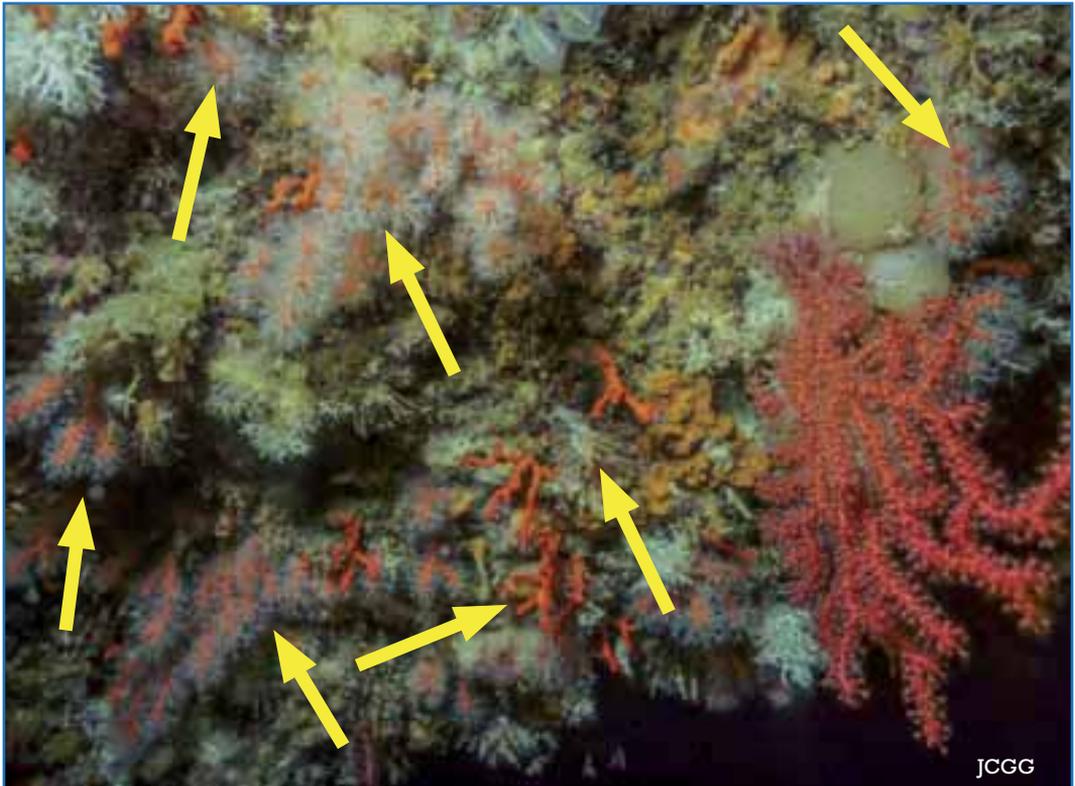
Cette espèce coloniale se caractérise par son squelette calcaire rigide et compact. Il présente une forme arborescente et ses ramifications se développent dans toutes les directions (**photo 414**, plusieurs colonies indiquées par des flèches, à ne pas confondre avec l'espèce de gauche, de grande taille, *Paramuricea clavata*). Les colonies peuvent atteindre une hauteur de 50 cm, mais elles mesurent en général entre 4 et 16 cm. Leur couleur est rouge (**photo 413**), et les polypes sont blanchâtres et transparents, cachant presque complètement le rouge des «rameaux» lorsqu'ils sont entièrement déployés. La colonie possède un aspect globuleux presque blanc, légèrement translucide et peut passer complètement inaperçue. Les colonies ont donc une apparence très différente selon que les polypes sont rétractés ou déployés, comme le montre la **photographie 415** (à l'intérieur des cercles). Les **photographies 416 et 417** montre une partie d'une colonie de cette espèce avec les polypes rétractés (d'où le rouge vif) et la petite crevette associée *Ballsia gasti* qui, de même couleur que le corail, passe souvent inaperçue.

Biotope

Espèce typique des milieux peu éclairés tels que les crevasses, les grottes et les parois verticales des zones profondes, du coralligène et des communautés rocheuses de la plate-forme. On la rencontre de 10 à 200 m, généralement au-dessous de 40 m car l'espèce est très rare.

Distribution

Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar. On la rencontre aussi dans l'Atlantique Est, du Portugal au Sénégal et dans les Canaries.



Phot. 414

Tolérance environnementale

Elle vit sur des fonds rocheux très structurés aux eaux propres et renouvelées, et semble être sensible à la pollution et à la dégradation de la qualité de l'eau (García-Gómez, 2007). La menace principale reste néanmoins la collecte massive par les plongeurs et au moyen d'engins illégaux (Garrabou et Harmelin, 2006). De plus, l'espèce est très menacée par les phénomènes liés au changement climatique, comme le réchauffement des eaux (Garrabou *et al.*, 2001, 2009; Torrents *et al.*, 2008) ou leur acidification (Bramanti *et al.*, 2013). La surveillance des parois de corail doit porter sur les zones que

l'observateur peut contrôler et où le corail rouge est abondant. Il pourra ainsi surveiller qu'il n'y ait pas d'extraction massive et de déchirure ou de rupture de la faune associée résultant de l'action mécanique de piolets. Parmi toutes les espèces présentées dans cet ouvrage, il s'agit de celle dont la surveillance comporte les plus grands risques et difficultés. On la trouve généralement à partir de 40 mètres de profondeur, ce qui va bien au-delà de la profondeur maximale recommandée ici, il est donc conseillé de faire appel à des plongeurs professionnels habitués à plonger à ces profondeurs.



Phot. 415

Autres informations

Cette espèce est utilisée depuis des millénaires pour fabriquer des bijoux car, outre sa beauté, le matériau est facile à travailler. Cela a conduit à sa disparition des eaux peu profondes et sa rareté dans les zones profondes où elle est collectée indirectement par des engins spécifiques ou directement par des plongeurs (ce qui exige à la fois des compétences professionnelles et une bonne préparation, compte tenu des profondeurs).

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite au Directive 92/43/CEE du Conseil (Annexe V: "Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion")

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 416



Phot. 417

11.37. *Paramuricea clavata* (Risso, 1826)



Phot. 418

Embranchement: Cnidaria
Classe: Anthozoa
Ordre: Alcyonacea
Famille: Plexauridae
Genre: *Paramuricea*
Nom vernaculaire: gorgone
pourpre

Description

Gorgone arborescente mesurant jusqu'à 1 m de hauteur. Ses rameaux se divisent par deux sur un seul plan et forment un éventail. Sa consistance est cornée et souple. La couleur peut être rouge foncé ou violet uniforme (**photos 418 - 420**) ou jaune à l'extrémité des rameaux (**photos 421 et 422**). Les colonies bicolores reflètent le contraste chromatique des deux couleurs, mais lorsque le jaune domine (**photo 423**), on peut avoir l'impression que les colonies sont entièrement jaunes alors qu'en observant attentivement, le rouge foncé ou le violet prédominent près de la base (jamais le contraire).

Biotope

Vit habituellement sur les fonds rocheux moyennement ombragés, sur les parois verticales et les rochers (**photo 426**), et sur les épaves. On la trouve dans des zones balayées par des courants constants, l'éventail orienté perpendiculairement au courant. Elle est plus abondante dans les zones profondes (30 m) où sa densité augmente au point de former de véritables «forêts». La croissance de cette espèce est lente, environ 1 cm par an, il lui faut donc de longues années pour atteindre sa taille maximale (1 m). On la rencontre normalement à partir de 15 m (exceptionnellement à moindre profondeur sur les parois verticales très ombragées), et jusqu'à 50 mètres.

Distribution

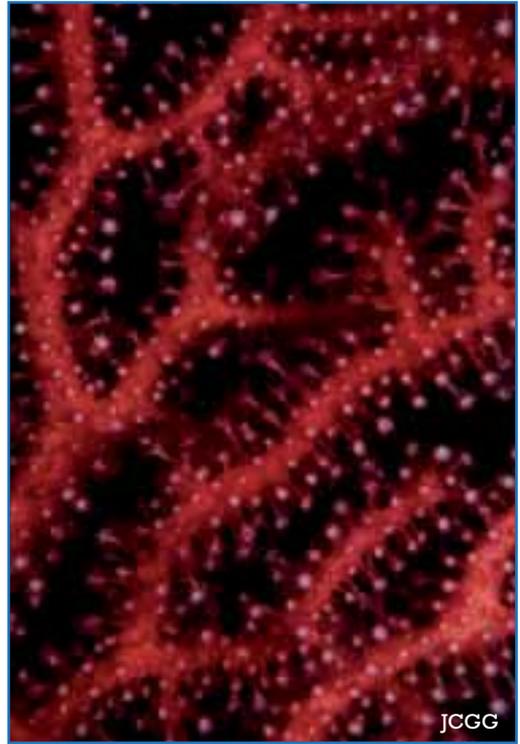
Ouest de la Méditerranée, y compris la mer d'Alboran et détroit de Gibraltar.

Espèces similaires

Les petites colonies peuvent être confondues avec celles du corail rouge (*Corallium rubrum*), dont elles se distinguent par la couleur de leurs polypes (blanchâtres pour le corail rouge, lorsqu'ils sont déployés) et la forme des colonies (en éventail pour *Paramuricea clavata* et arborescentes pour le corail rouge).



Phot. 419



Phot. 420



Phot. 421



Phot. 422

Tolérance environnementale

Espèce sensible à la pollution marine, à l'élévation de la température et particulièrement à l'augmentation de la charge organique (García-Gómez, 2007). Excellente espèce indicatrice de la qualité de l'eau côtières, car sa répartition répond à une fourchette étroite de conditions environnementales (Linares *et al.*, 2008). Les colonies importantes (**photo 424**) supportent toutefois, s'il ne perdure pas, un événement de sédimentation excessive due à la surverse du dragage d'agrégats ponctuellement effectué sur le littoral. Les colonies de plus petite dimension (**photo 425**) sont plus vulnérables car elles possèdent moins de polypes et ces derniers sont plus proches du substrat. Par ailleurs les anomalies dues au changement climatique se traduisant par un réchauffement de l'eau pendant de brèves périodes sont associées à une mortalité massive de l'espèce, ce qui révèle sa sensibilité à ce type de phénomène (Perez *et al.*, 2000; Ballesteros, 2006; Garrabou *et al.*, 2009; Lejeusne *et al.*, 2010).

Sa surveillance peut être facilement mise en œuvre, non seulement en raison de la taille et la couleur des colonies, mais parce qu'elles sont facilement reconnaissables dans les parois verticales spécifiques qui peuvent être marquées et suivis.



Phot. 423



Phot. 425



Phot. 424

Autres informations

Les petites colonies peuvent être confondues avec celles du corail rouge (*Corallium rubrum*), dont elles se distinguent par la couleur de leurs polypes (blanchâtres pour le corail rouge, lorsqu'ils sont déployés) et la forme des colonies (en éventail pour *P. clavata* et arborescentes pour le corail rouge).



Phot. 426

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".

11.38. *Parazoanthus axinellae* (Schmidt, 1862)



Phot. 427

Embranchement: Cnidaria

Classe: Anthozoa

Ordre: Zoantharia

Famille: Parazoanthidae

Genre: *Parazoanthus*

Nom vernaculaire: anémone
encroûtante jaune, mimosa de mer

Description

Anémone coloniale de couleur jaune et orange (**photo 427**). Chaque polype possède de 28 à 32 tentacules disposés sur deux rangées. La hauteur de la colonie est de 2 à 3 cm et sa superficie varie en fonction de la disponibilité du substrat, pouvant couvrir de grandes étendues. Les polypes sont très proches les uns des autres et organisés soit en groupes, soit en files.

Biotope

Elle recouvre des substrats rocheux dans les milieux ombragés tels que les parois ou le sol des grottes ainsi que d'autres organismes (**photo 433**). Cette espèce est souvent associée aux éponges du genre *Axinella*. Elle est rare à faible profondeur (5-10 m, sur des enclaves très sombres), on la rencontre généralement à partir de 20 mètres, et elle a été signalée à plus de 300 mètres de profondeur.

Distribution

En Méditerranée y compris le détroit de Gibraltar et dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques aux côtes africaines.

Tolérance environnementale

Parazoanthus axinellae exige des eaux propres et renouvelées, dont elle est une bonne indicatrice (Garrabou, 1997; Ocaña *et al.*, 2000; Burton *et al.*, 2008). Elle est aussi très vulnérable à une sédimentation excessive provoquée par

des dragages García-Gómez, 2007), en particulier si les colonies sont établies sur des enclaves horizontales (Balata *et al.*, 2005), comme le montre la série de **photographies 428 - 432**. La réduction significative ou la disparition totale des colonies dans une zone précise du littorale peut indiquer une perturbation (Cerrano *et al.*, 2006) dont l'origine et les caractéristiques devront être déterminées.



Phot. 428

Phot. 429



Phot. 430



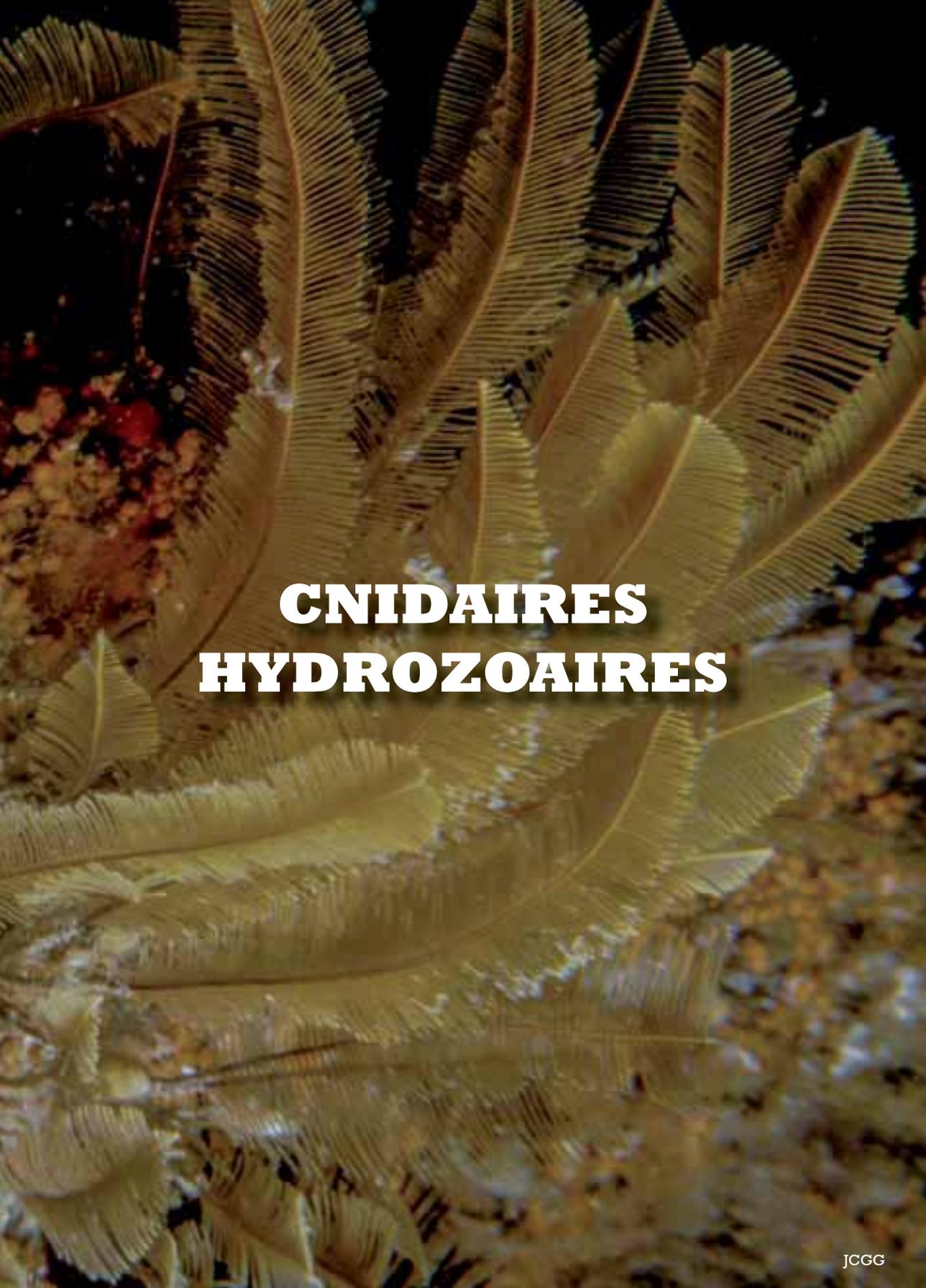
Phot. 431



Phot. 432



JCGG



**CNIDAIRES
HYDROZOAIRES**

11.39. *Aglaophenia* spp. Lamouroux, 1812



Phot. 435

Embranchement: Cnidaria
Classe: Hydrozoa
Ordre: Leptothecata
Famille: Aglaopheniidae
Genre: *Aglaophenia*
Nom vernaculaire: plumule
bicolore, plumulaire, plume de
mer

Description

Les espèces de ce genre se présentent sous la forme de colonies en plumes régulières, de 3 à 15 cm, composées d'un thalle (hydrocaule) jaunâtre sur lequel sont fixées des rameaux sur un seul plan. Les polypes sont sur les ramifications, sans enveloppe. (**Photos 435 et 436**).

Biotope

Les espèces du genre *Aglaophenia* colonisent les sols et substrats rocheux, de préférence dans des zones ombragées comme l'entrée des grottes et les crevasses. La plupart des espèces méditerranéennes du genre *Aglaophenia* sont typiques des zones profondes, à partir de l'étage circalittoral, en particulier les zones de forts courants.

Distribution

Présente dans l'ensemble de la Méditerranée et dans l'Atlantique.

Tolérance environnementale

Les espèces de ce genre sont sensibles à la pollution par les eaux usées (Arévalo *et al.*, 2007; Pinedo *et al.*, 2007). Une corrélation négative a également été établie avec la turbidité (Urkiaga-Alberdi *et al.*, 1999).

Autres informations

Aglaophenia picardi, *A. pluma*, *A. kirchenpaueri*, et *A. octodonta* comptent parmi les espèces rencontrées fréquemment.



11.40. *Gymnangium montagui* (Billard, 1912)



Phot. 437

Embranchement: Cnidaria

Classe: Hidrozoa

Ordre: Leptothecata

Famille: Aglaopheniidae

Genre: *Gymnangium*

Nom vernaculaire: plume d'or

Description

Cet hydrozoaire colonial présente une forme caractéristique de plume pouvant atteindre 10 cm de hauteur et 2 cm de largeur. Chaque colonie est constituée d'un axe unique d'où partent des rameaux non divisés, développés sur un seul plan, ce qui donne à la colonie la forme d'une plume. Colonie de couleur brun clair à brun foncé. (**Photos 437 - 439**).

Biotope

Vit sur les fonds rocheux, notamment les surplombs et les parois verticales. Elle vit également sur d'autres organismes tels que les éponges, les algues, les bivalves et d'autres hydrozoaires. On la trouve de 10 à 40 m de profondeur.



Phot. 438

Distribution

Dans l'Atlantique Est, son aire de répartition s'étend des îles Britanniques aux côtes de l'Afrique du Sud. Présente dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Les effectifs de l'espèce diminuent jusqu'à disparaître selon un gradient géographique, des zones extérieures (battues et renouvelées) vers les zones intérieures, où l'hydrodynamisme est moindre et la pression anthropogénique plus forte, avec des conséquences telles qu'une augmentation de la turbidité, de la charge organique, etc. (observation personnelle).



11.41. *Pseudoplumaria marocana* (Billard, 1930)



Phot. 440

Embranchement: Cnidaria

Classe: Hydrozoa

Ordre: Leptothecata

Famille: Plumulariidae

Genre: *Pseudoplumaria*

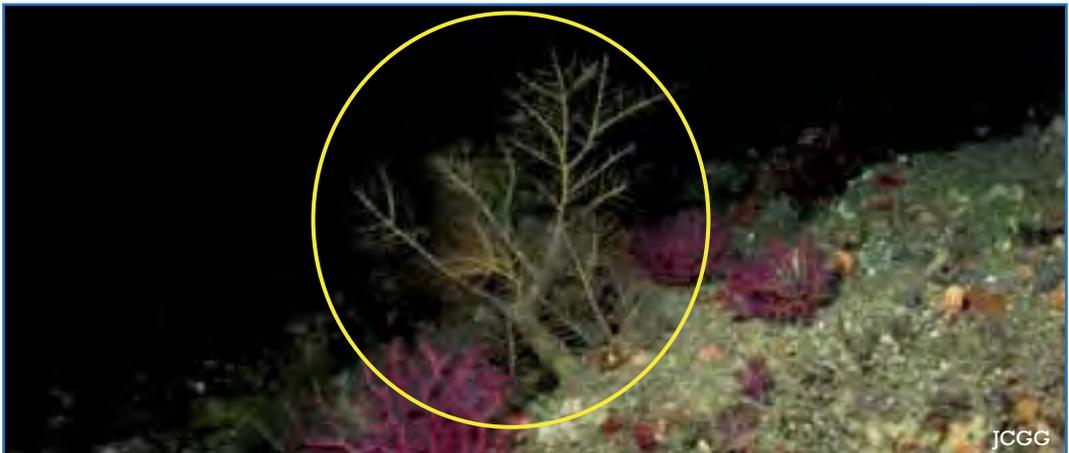
Nom vernaculaire: aucun

Description

Colonies possédant un axe épais, polysiphonique, très ramifié, pouvant atteindre 22 cm. La ramification se développe sur un seul plan, les rameaux sont opposées ou disposées irrégulièrement. Elles présentent deux rangées de petites nématothèques longeant les canaux axiaux (**photo 440**). Elles peuvent être confondues avec *Polyplumaria flabellata*.

Biotope

L'espèce a été observée dans le détroit de Gibraltar, entre 25 et 50 mètres de profondeur, fixée sur de gros blocs rocheux dans des zones ombragées et, exceptionnellement, sur des roches détachées. (**Photos 441 et 442**).



Phot. 441

Distribution

Dans la partie tempérée et tropicale de l'Atlantique Est. Dans le détroit de Gibraltar et la baie d'Algésiras.

Tolérance environnementale

L'espèce *Pseudoplumaria marocana* a été intégrée à cet ouvrage en tant qu'espèce indicatrice de conditions environnementales défavorables, à partir des observations personnelles de l'auteur.



Phot. 442

11.42. *Sertularella* spp. Gray, 1848



doris.ffesm.fr – Dominique Horst

Phot. 443

Embranchement: Cnidaria

Classe: Hydrozoa

Ordre: Leptothecata

Famille: Sertulariidae

Genre: *Sertularella*

Nom vernaculaire: sertularelle

Description

Ces hydrozoaires forment des colonies pouvant mesurer 6 cm de hauteur, aux ramifications développées sur un seul plan, sur lesquelles se situent les polypes disposés alternativement. Les polypes se trouvent dans des hydrothèques (**photos 443 et 444**). En raison de la forte variabilité présentée par les espèces de ce groupe, il n'existe aucun caractère précis permettant de les différencier clairement.

Biotope

Les colonies vivent dans des zones ombragées sur les rochers exposés (**photos 445 - 447**), dans les bancs de moules, voire sur les bouées. Elles colonisent également d'autres espèces d'invertébrés tels que les gorgones.

Distribution

Nombreuses espèces du genre *Sertularella* se trouvent en Méditerranée, notamment l'espèce endémique *Sertularella crassicaulis*.



Phot. 444

Tolérance environnementale

Les espèces du genre *Sertularella* peuvent être majoritairement considérées comme indicatrices de conditions environnementales défavorables à partir des observations personnelles et des connaissances de l'auteur, car leur présence diminue jusqu'à disparaître selon un gradient géographique, des zones extérieures (battues et renouvelées) vers les zones intérieures, où l'hydrodynamisme est moindre et la pression anthropogénique plus forte. Les plus sensibles sont *Sertularella cylindritheca* et *S. gayi*. *S. ellisii* et *S. mediterranea* présentent une moindre sensibilité, néanmoins, *S. polyzonias* doit être considérée comme tolérante.



Phot. 445



Phot. 446



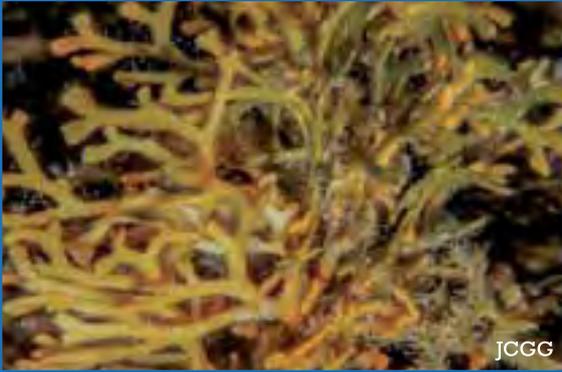
JCGG

Phot. 447

A close-up photograph of a bryozoan colony. The colony consists of a dense, bright red, fuzzy mat of polypoid zooids. From this mat, numerous thin, white, branching structures (likely asexual zooids or specialized structures) extend upwards. The background is dark and out of focus, highlighting the texture and color of the bryozoan.

BRYOZOAIRES

11.43. *Adeonella calveti* (Canu y Bassler, 1930)



Phot. 449

Embranchement: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordre: Cheilostomatida

Famille: Adeonellidae

Genre: *Adeonella*

Nom vernaculaire: adéonelle

Description

Colonie dressée densément ramifiée, rigide et fragile, de couleur orange, pouvant atteindre plus de 10 cm de hauteur. Les rameaux, de 2 mm de largeur et 0,5 mm d'épaisseur, sont aplatis et arrondis au sommet (**photo 449**). Les zooïdes sont rhomboïdaux.

Cette espèce peut être confondue avec une espèce dont la forme et la couleur sont très similaires: *Smittina cervicornis*, qui se distingue toutefois par une ramification moins dense et une couleur plus pâle. Si l'on parvient à voir les zooïdes, l'espèce est plus facile à différencier car ceux d'*Adeonella calveti* sont nettement rhomboïdaux, tandis que ceux de *S. cervicornis* sont de forme hexagonale allongée, presque rectangulaires.

Ces deux espèces n'étant pas apparentées, la ressemblance de leurs colonies illustre parfaitement le phénomène de convergence évolutive.

Biotope

Vit dans les cavités, sur les parois et les surplombs de 5 à 50 m de profondeur, bien conservée dans des fonds coralligènes (**photo 450**), souvent associée à des colonies de gorgones. Elle préfère généralement des milieux protégés en raison de la fragilité de ses rameaux.

Distribution

Considérée comme endémique de la Méditerranée, mais on la trouve également dans le golfe de Cadix (dans la partie atlantique de l'Espagne).

Tolérance environnementale

Espèce des eaux propres et relativement calmes car la rigidité et la fragilité de ses rameaux la rend vulnérable à l'hydrodynamisme. Les plongeurs doivent éviter de la toucher car elle se brise très facilement. Elle est également citée comme sensible à la contamination (Harmelin et Capo, 2002).

L'espèce similaire *Smittina cervicornis* est plus tolérante et peut vivre dans des zones où le taux de sédimentation est plus élevé, si l'hydrodynamisme n'est pas assez fort pour rompre ses rameaux.



Phot. 450

11.44. *Bicellariella ciliata* (Linnaeus, 1758)



Phot. 451

Embranchement: Bryozoa
Classe: Gymnolaemata
Ordre: Cheilostomatida
Famille: Bugulidae
Genre: *Bicellariella*
Nom vernaculaire: bryzoaire
flocon blanc

Description

Colonies pouvant mesurer jusqu'à 6 cm de hauteur, de couleur blanche opale, ramifiées et très souples car elles sont peu calcifiées. Les zooïdes possèdent des épines filiformes longues et molles, ce qui confère à la colonie un aspect cotonneux (**photos 451 et 452**).

Biotope

En Méditerranée, elle est plus particulièrement présente dans les premiers mètres, aux côtés d'algues photophiles.

On peut la rencontrer dans des zones intertidales rocheuses sur les plafonds des cavités temporairement émergés lorsque la marée descend, à condition d'être protégée du soleil et de pouvoir retenir l'humidité.

La préférence de l'espèce pour ces substrats indique qu'elle est sensible à la sédimentation mais supporte bien l'hydrodynamisme. On la trouve de la zone intertidale jusqu'à 140 m.

Distribution

Son aire de répartition est vaste, on la trouve dans tout l'Atlantique, une partie du Pacifique, l'océan Indien et elle est commune en Méditerranée.

Tolérance environnementale

Généralement associée à des milieux variés et en bon état de conservation mais, comme pour la plupart des bryozoaires, ses exigences écologiques sont peu étudiées et l'on ignore quelles sont ses vulnérabilités spécifiques, au-delà de celles que l'on retrouve dans les milieux où elles vivent (observation personnelle).



JCGG

11.45. *Caberea boryi* (Audouin, 1826)



Phot. 453

Embranchement: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordre: Cheilostomatida

Famille: Candidae

Genre: *Caberea*

Nom vernaculaire: bryozoaire à fouet, crise de Bory, cabérée de Bory

Description

Colonies en forme d'éventail semi-circulaire pouvant atteindre 2 cm de hauteur, avec des rameaux de 0,5 mm de largeur à division dichotomique (**photos 453 et 454**). Généralement de couleur fauve, l'espèce peut présenter des tons verdâtres. Elle est couverte de vibraculaires, longs filaments chitineux articulés et mobiles qui permettent à la colonie de se libérer des particules flottantes.

Biotope

Vit sur les fonds durs, entre la limite de la marée et 100 m de profondeur, mais elle est plus abondante entre 20 et 60 m. Elle préfère les zones à hydrodynamisme faible ou modéré. Elle est fréquemment associée à d'autres organismes tels que les gorgones, hydrozoaires, éponges, ascidies et autres bryozoaires sur lesquels elle se développe souvent. En raison de cette préférence pour l'association à d'autres organismes, elle est plus abondante dans les milieux offrant une riche biodiversité.

Distribution

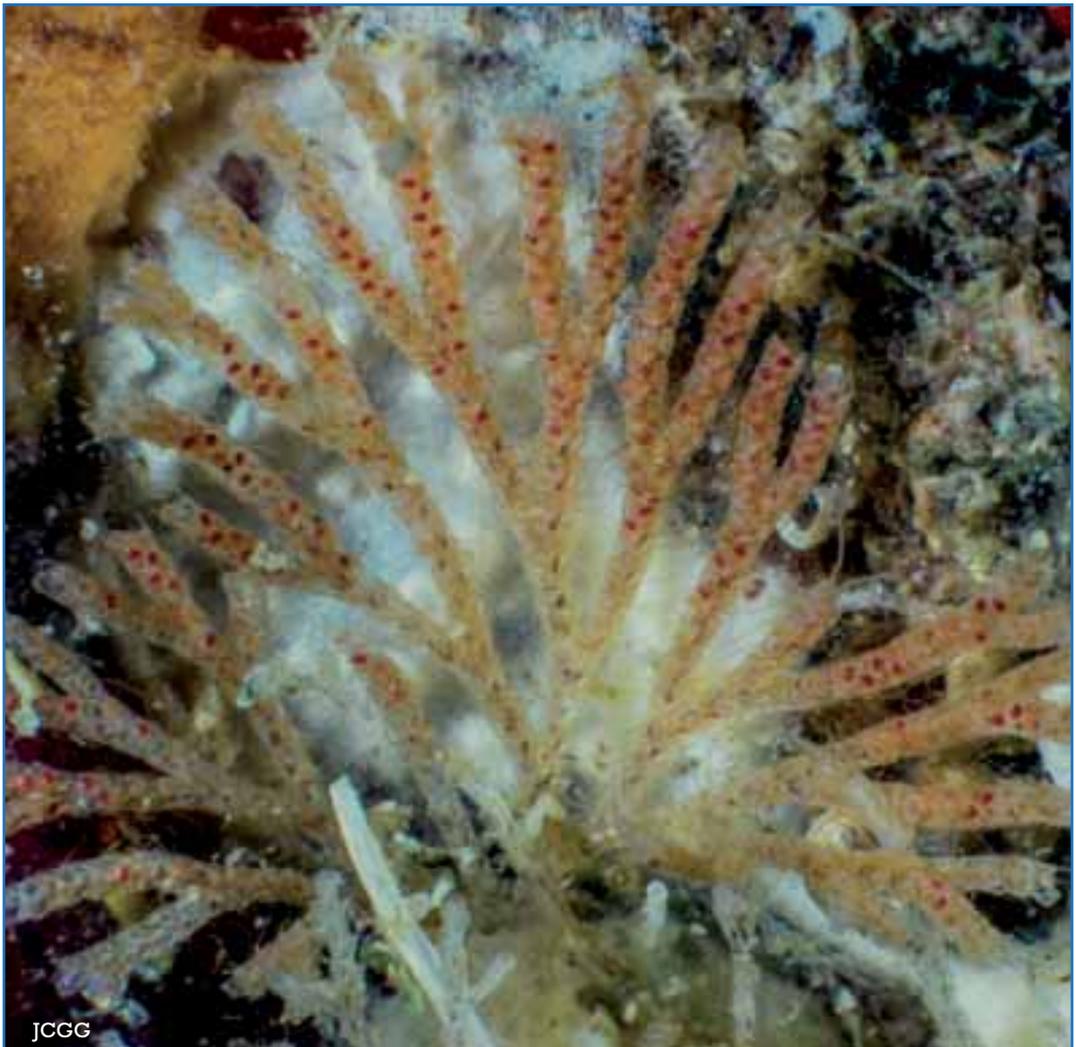
On la rencontre dans les eaux tempérées et chaudes de l'Atlantique, du Pacifique, de l'océan Indien et de la Méditerranée.

Tolérance environnementale

On ne connaît pas précisément ses exigences, mais l'espèce est absente des environnements dégradés (observation personnelle).

Autres informations

Par ses dimensions, elle peut être confondue avec certaines espèces du genre *Bugula*, qui s'en distinguent par leur forme spiralée.



JCGG

11.46. *Cellaria* spp. Ellis y Solander, 1786



Phot. 455

Embranchement: Bryozoa
Classe: Gymnolaemata
Ordre: Cheilostomatida
Famille: Cellariidae
Genre: *Cellaria*
Nom vernaculaire: cellaire

Description

Les colonies, de couleur blanc ivoire, peuvent atteindre une hauteur de 5 à 6 cm (légèrement plus pour *Cellaria sinuosa*), et sont érigées, flexibles et très ramifiées avec des divisions dichotomes (**photos 455 et 456**). Elles sont constituées de segments cylindriques rigides, bien calcifiés, réunis par des joints cornés flexibles de couleur sombre, ce qui facilite leur identification. Les segments mesurent de 0,5 à 1 cm de longueur et moins de 1 mm de largeur. Lorsque la colonie est fertile, l'extrémité des segments, qui abrite des logettes d'incubation, s'élargit.

Les zoïdes sont rhomboïdaux ou en forme d'hexagone allongé, mais ils sont difficiles à observer en plongée en raison de leur petite taille, toujours inférieure à 0,5 mm. La colonie est fixée au substrat par des rhizoïdes chitineux.

Cellaria fistulosa et *C. salicornioides* sont difficiles à distinguer sans loupe binoculaire, mais *C. sinuosa*, moins commune sur les côtes de la péninsule Ibérique, peut être différenciée par sa robustesse et des segments qui dépassent souvent 1 cm de longueur et 1 mm de largeur.

Biotope

Les trois espèces sont communes sur les parois riches en faune, mêlées à d'autres animaux sessiles, et souvent épibiontes de gorgones et d'autres invertébrés érigés (Zabala, 1986).

On peut également les rencontrer, du moins *Cellaria fistulosa*, sur des substrats meubles si la larve trouve un débris solide sur lequel elle se fixe, à l'instar d'un coquillage ou une pierre (Zabala, 1986).

Les deux espèces les plus superficielles peuvent être rencontrées dans les 100 premiers mètres et sont communes aux alentours de 20 m, elles sont donc faciles à observer en plongée. En revanche, *Cellaria sinuosa*, qui préfère des eaux plus froides, vit à plus grande profondeur sur les côtes de la péninsule Ibérique, généralement à plus de 50 m (Zabala, 1986; Hayward et Ryland, 1998).

Distribution

Les trois espèces sont présentes sur les côtes espagnoles. L'aire de répartition de *Cellaria fistulosa* et *C. sinuosa* s'étend vers le nord de l'Europe, ces deux espèces sont communes dans les îles Britanniques et en mer du Nord. *C. salicornioides* est plutôt fréquente des eaux plus chaudes, on la rencontre donc principalement autour de la péninsule Ibérique et dans l'ouest de l'Afrique, bien qu'elle soit aussi signalée plus au nord, notamment au sud de la Grande-Bretagne (Cook, 1967; Zabala, 1986; López de la Cuadra et García-Gómez, 1996; Hayward et Ryland 1998).

Tolérance environnementale

La sensibilité environnementale de ces espèces est peu étudiée. *Cellaria sinuosa* et *C. salicornioides* semblent exiger une certaine qualité de l'eau et sont absentes des zones très dégradées. *C. fistulosa* semble être la plus tolérante puisqu'elle a été citée comme abondante dans des zones à sédimentation modérée sous l'influence d'estuaires, et qu'elle a été rencontrée dans la baie d'Algésiras, toujours sur des sites où la sédimentation est plutôt faible. Les deux autres espèces sont plus exigeantes. Elles sont absentes des zones fortement dégradées.



Phot. 456

Autres informations

Trois espèces du genre *Cellaria* ont été signalées sur les côtes andalouses, *Cellaria fistulosa*, *C. salicornioides* et *C. sinuosa*, bien que cette dernière soit difficile à trouver par les plongeurs en raison de sa préférence pour les eaux froides (elle est plus commune dans le nord de l'Europe), et parce qu'on la rencontre généralement à plus de 50 m de profondeur. Ces trois espèces sont traitées conjointement car elles sont difficiles à distinguer en plongée.

11.47. *Chartella* spp. Gray, 1848



Phot. 457

Embranchement: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordre: Cheilostomatida

Famille: Flustridae

Genre: *Chartella*

Nom vernaculaire: chartelle

Description

Les colonies de ce genre présentent un aspect flustriforme (terme dérivé de *Flustra*, genre similaire absent des côtes andalouses), formé de lames très ramifiées et flexibles, ayant la consistance et l'apparence du papier (**photos 457 et 458**). Les espèces traitées ici sont de couleur ivoire. Les rameaux de *Chartella papyracea* sont légèrement plus fins que ceux de *C. tenella* et leur extrémité est quadrangulaire, tandis que celle de *C. tenella* est arrondie. Elles peuvent atteindre plus de 10 cm de hauteur et sont composées de zooïdes rectangulaires d'environ 0,5 mm de longueur et 0,25 mm de largeur.

Bien que les colonies flustriformes sont présentes dans le monde entier, représentées par plusieurs genres et un grand nombre d'espèces, elles sont peu communes en Andalousie. Ces deux espèces sont les plus citées, même si d'autres ont été ponctuellement signalées, notamment *Hincksinoflustra octodon*. Si les plongeurs rencontrent une colonie flustriforme, il s'agira donc probablement de l'une des deux espèces présentées ici.

Biotope

Ces espèces vivent dans des zones rocheuses abritées : parois, cavités, surplombs et sous les roches des 100 premiers mètres, parfois à l'étage intertidal dans des cavités profondes où elles peuvent être exposées à l'air à condition d'être protégées du soleil et de retenir l'humidité. Elles sont fréquemment signalées sur les parois de gorgones et dans des milieux présentant une grande biodiversité.

Distribution

Ces deux espèces ne confluent quasiment que sur les côtes andalouses, car *Chartella papyracea* est caractéristique de l'Atlantique Est et *C. tenella* est considérée comme une espèce endémique de la Méditerranée.

Tolérance environnementale

Comme la plupart des bryozoaires, ces espèces sont peu étudiées d'un point de vue environnemental, mais on les rencontre dans des milieux non perturbés offrant une grande biodiversité, par conséquent, elles peuvent constituer de bons indicateurs.

Pas de menaces spécifiques connues, en dehors de la dégradation des milieux bien conservés dans lesquels elles vivent.

Autres informations

Deux espèces de ce genre ont été citées sur les côtes andalouses: *Chartella tenella* et *C. papyracea*. Toutes deux sont de forme et de couleur similaires, elles sont donc difficiles à distinguer en plongée.



11.48. *Reteporella* spp. Busk, 1884



Phot. 459

Embranchement: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordre: Cheilostomatida

Famille: Phidoloporidae

Genre: *Reteporella*

Nom vernaculaire: dentelle de Neptune, dentelle de Vénus, giroflade de mer

Description

Les espèces du genre *Reteporella* ont une apparence caractéristique. Ce sont des colonies rigides et fragiles formées de lames finement dentelées (**photo 459**), dont certaines espèces peuvent atteindre plus de 10 cm de hauteur. Certaines espèces du genre possèdent des ramifications arborescentes et non des lames, mais elles sont moins communes et vivent à une grande profondeur, les espèces visibles en plongée présentent donc généralement la forme typique.

Biotope

Ces espèces se rencontrent dans des milieux bien conservés tels que le coralligène, les parois de gorgones et les sites riches en biodiversité (**photo 460**). La profondeur varie selon les espèces. *Reteporella grimaldii*, qui forme

d'assez grandes colonies dans les 50 premiers mètres, est l'une des plus faciles à observer en plongée. Elle est également présente dans les herbiers de posidonies.

Distribution

L'aire de répartition du genre s'étend dans le monde entier, avec de nombreuses espèces des pôles jusqu'aux tropiques. *Reteporella grimaldii* vit dans l'Atlantique et la Méditerranée.

Tolérance environnementale

Les espèces du genre *Reteporella* exigent des eaux propres et un hydrodynamisme faible à modéré. La fine perforation des colonies est nécessaire à la circulation de l'eau qui apporte les aliments aux zooïdes, un taux de sédimentation élevé pourrait obstruer ces pores et serait létal pour la colonie. Elles sont également citées comme sensibles à la pollution (Harmelin et Capo, 2002).

La fragilité des colonies les rend vulnérables aux chocs, elles peuvent donc être endommagées dans les zones de plongée (Guarnieri *et al.*, 2012), par ailleurs, certains plongeurs les collectent comme objets de décoration, une pratique à éradiquer absolument.

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Préoccupation Mineure".

Autres informations

Les espèces de *Reteporella* sont très difficiles à distinguer sans loupe binoculaire, nous les traitons donc ici de manière conjointe. La plus connue sur les côtes espagnoles est *Reteporella grimaldii*, récemment renommée *R. septentrionalis*. Le genre a longtemps été classé sous le nom de *Sertella*.



JCCG

ANNÉLIDES (SESSILES)



JCGG

11.49. *Bispira volutacornis* (Montagu, 1804)



Phot. 463

Embranchement: Annelida

Classe: Polychaeta

Ordre: Sabellida

Famille: Sabelliae

Genre: *Bispira*

Nom vernaculaire: bispire

Description

Ver au corps cylindrique légèrement aplati dans la partie ventrale, mesurant jusqu'à 15 cm de longueur et 1 cm de largeur. La couleur varie de gris vert à brun violacé. Il porte dans la partie supérieure des extensions filamenteuses formant une couronne de couleur jaune, brun ou blanchâtre. L'animal peut rétracter cette couronne à l'intérieur du tube dans lequel il vit, formé de particules fines de sédiment agglomérées par du mucus. L'orifice du tube se ferme partiellement en formant un huit caractéristique. **(Photo 463)**.

Biotope

Vit sur les fonds rocheux éclairés ou moyennement ombragés où l'hydrodynamisme est modéré. On peut rencontrer plusieurs individus regroupés. Des mares intertidales jusqu'à 30 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, du sud de la Norvège au sud de la péninsule Ibérique. Également présente en Méditerranée.

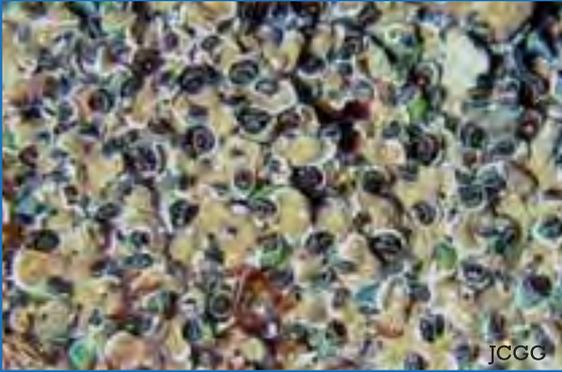
Tolérance environnementale

Cette espèce n'a été observée que dans des zones présentant une sédimentation et une charge organique peu élevées (Carvalho *et al.*, 2006).

A close-up photograph of a sessile mollusk colony. The colony is a dense, flat, pinkish-red mass with numerous small, dark, circular openings (siphons) scattered across its surface. It is attached to a rough, textured rock substrate. The background is dark and out of focus.

**MOLLUSQUES
(SESSILES)**

11.50. *Dendropoma petraeum* (Monterosato, 1884)



Phot. 465

Embranchement: Mollusca
Classe: Gastropoda
Ordre: Littorinimorpha
Famille: Vermetidae
Genre: *Dendropoma*
Nom vernaculaire: petit vermet
colonial

Description

La coquille de ce gastéropode est plus ou moins irrégulière, en forme de tube enroulé en spirale. Le tube peut mesurer jusqu'à 0,5 mm de diamètre. Il constitue des concrétions compactes avec des algues calcaires, formant de denses encroûtements multiperforés, très bien cimentés (**photo 465**). Peut être confondu avec un autre vermet, *Vermetus triquetrus*, mais ce dernier possède une coquille de section légèrement triangulaire avec une crête longitudinale dorsale et ne forme pas de concrétions compactes.

Biotope

Vit sur des fonds rocheux éclairés et des milieux où le mouvement de l'eau est fort à modéré. Espèce infralittorale (vit en dessous de la limite inférieure de la marée, dans la zone de ressac, reste parfois en émergence ; jusqu'à 5 mètres de profondeur). On la trouve dans des eaux propres. Elle édifie des concrétions avec les algues calcaires incrustantes *Neogoniolithon brassica-florida*, auparavant nommée *Spongites notarisii* (**photo 466**) et *Mesophyllum alternans*, anciennement nommée *M. lichenoides* (**photos 467 - 469**), qui constituent des conglomérats calcaires de formes diverses (souvent des bourrelets ou des corniches d'une épaisseur de 20 à 30 cm), parfois considérés comme des microrécifs. Ces concrétions peuvent également se fixer sur les coquilles des patelliformes (patelles et espèces voisines) (**photo 470**).

Distribution

Ouest de la Méditerranée y compris le détroit de Gibraltar, qui constitue la limite ouest de son aire de répartition.



Phot. 466



Phot. 467



Phot. 468



Phot. 469

Tolérance environnementale

Espèce à valence écologique étroite, très sensible à la pollution (García-Gómez, 2007; Ibrahim, 2009) et à la sédimentation. Très menacée par la détérioration des côtes (Fernández-Torquemada *et al.*, 2005; Schembri *et al.*, 2005), le piétinement des baigneurs et des promeneurs, mais surtout par les marées noires et la pollution des couches superficielles de la mer (Moreno, 2008). Il s'agit d'une espèce de haute valeur écologique (Sfriso et Facca, 2011) car les bioconstructions qu'elle constitue protègent les rochers de l'érosion. Les formations de cette espèce constituent un habitat qui permet la cohabitation d'autres espèces d'invertébrés associés.

Comme *Astroides calycularis*, cet excellent indicateur d'eaux propres, qui est en outre une espèce protégée, est prioritaire pour toute initiative de surveillance environnementale scientifique, technique ou bénévole des fonds littoraux dans lesquels elle est présente.

Autres informations

Il s'agit d'une espèce de haute valeur écologique car les bioconstructions qu'elle constitue protègent les rochers de l'érosion. Les anfractuosités retenant l'eau de mer forment des mares qui constituent de nouveaux habitats. Ces formations abritent donc de nombreuses espèces d'invertébrés.

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite au Catalogue National des Espèces Menacées dans la catégorie "Vulnérable" en Espagne.

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



JCCG

Phot. 470

11.51. *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758



Phot. 471

Embranchement: Mollusca

Classe: Bivalvia

Ordre: Pterioida

Famille: Pinnidae

Genre: *Pinna*

Nom vernaculaire: grande nacre

Description

La coquille de ce bivalve est triangulaire, en forme de quille de bateau (**photo 471**), avec une extrémité pointue, l'autre arrondie et fragile. L'extérieur des coquilles est brun et l'intérieur nacré, jaune-orange, irisé. Les faces extérieures des valves sont hérissées de petites épines en forme de gouttières, présentent des lignes de croissance et peuvent être recouvertes d'épibiontes, gorgones, algues ou éponges. Elle peut atteindre 100 cm de hauteur et 30 de largeur, ce qui en fait le plus grand bivalve de Méditerranée mais aussi le plus grand mollusque à coquille de cette mer.

Biotope

Vit sur des fonds sableux, vaseux ou détritiques et dans les touffes de phanérogames marines. Il se fixe au moyen de filaments, en position verticale, un tiers de la coquille étant généralement enfoui dans le substrat et, dans les zones où l'eau est très battue, cette proportion peut être supérieure. Il a été observé que les individus jeunes vivent généralement dans les zones superficielles et les individus âgés dans les zones plus profondes. On le trouve de 2 à 60 m de profondeur.

Distribution

Espèce endémique de Méditerranée, quelques peuplements isolés ont néanmoins été observés dans la mer Cantabrique. Elle a également été signalée sur la côte atlantique du Maroc et au Portugal.

Tolérance environnementale

Ses populations ont subi une nette réduction du nombre d'individus principalement en raison de la destruction progressive de leurs habitats (Rabaoui *et al.*, 2008), et de leur sensibilité à la pollution marine (García-Gómez, 2007; Katsanevakis et Thessalou-Legaki, 2009; Guallart et Templado, 2012; Sureda *et al.*, 2013). Elle est en outre souvent prélevée par les plongeurs pour sa beauté et directement menacée par l'effet des ancrages et les chaluts utilisés illégalement par les pêcheurs sur les fonds où vit cette espèce (Addis *et al.*, 2009). Si elle préfère des eaux propres et des fonds non perturbés (García-Gómez, 2007), sa rareté ne permet pas de l'utiliser dans les programmes de suivi de la qualité environnementale de l'eau. Toutefois, en raison de sa taille et de son immobilité, elle peut parfaitement être surveillée par les plongeurs qui fréquentent habituellement des zones où l'espèce est présente.

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite au Directive 92/43/CEE du Conseil (Annexe V: "Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion")

Inscrite au Catalogue National des Espèces Menacées dans la catégorie "Vulnérable" en Espagne.

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".

11.52. *Pinna rudis* Linnaeus, 1758



Phot. 472

Embranchement: Mollusca

Classe: Bivalvia

Ordre: Pterioida

Famille: Pinnidae

Genre: *Pinna*

Nom vernaculaire: nacre épineuse, nacre rude, petite nacre

Description

Ce bivalve possède une coquille triangulaire fine et fragile en forme de quille de bateau. Il peut atteindre 40 cm de hauteur. À l'extérieur, les valves sont recouvertes de grandes écailles cannelées (5 à 8 côtes) et protubérantes en forme de tuile. Il est de couleur brun rosâtre et présente généralement des incrustations de bryozoaires, d'algues calcaires et d'autres épibiontes (**Photos 472 - 474**).

Biotope

Espèce vivant sur des fonds vaseux et sableux mais également sur des fonds rocheux exposés à la lumière où elle s'installe dans les anfractuosités des rochers. On la trouve à partir de la limite inférieure de la marée, sur les premiers mètres de profondeur jusqu'à 50 mètres environ.

Distribution

Dans la Méditerranée et l'Atlantique (amphiatlantique, observée dans les zones tempérées des deux côtés de l'océan) y compris les Caraïbes (dans l'Atlantique Ouest, elle n'est présente que dans cette mer), les Açores et les îles Canaries. Elle vit également dans la mer d'Alboran, dans le détroit de Gibraltar et sur les côtes atlantiques du sud de la péninsule Ibérique.

Tolérance environnementale

Comme *Pinna nobilis*, elle attire l'attention des plongeurs qui la capturent

pour la collectionner ou l'utiliser comme objet décoratif (Moreno et Barrajon, 2008). Elle est également menacée par les ancrs et les chaluts. Elle préfère les eaux propres (Ben Mustapha *et al.*, 2002) mais elle est moins sélective que *Pinna nobilis* et présente une capacité de survie plus élevée aux attaques des prédateurs (Dietl et Alexander, 2005). On peut la rencontrer dans des fonds non limpides mais exempts de pollution (García-Gómez, 2007). Si elle n'est pas particulièrement utile pour les programmes de surveillance environnementale des fonds littoraux en raison de sa rareté, elle peut parfaitement être surveillée par les plongeurs qui fréquentent habituellement des zones où l'espèce est présente.

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 473



JCGG

Phot. 474

ASCIDIES



JCGG

JCGG

11.53. *Halocynthia papillosa* (Linnaeus, 1767)



Phot. 477

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Stolidobranchia
Famille: Pyuridae
Genre: *Halocynthia*
Nom vernaculaire: violet rouge,
ouatre de mer

Description

Ascidie solitaire dont le corps, en forme d'ouatre, mesure de 12 à 20 cm de longueur. Elle est généralement de couleur rouge vif et sa tunique est coriace (**photo 477**), mais elle est parfois jaune blanchâtre (**photo 478**). L'aspect velouté de sa tunique facilite son identification.

Biotope

Espèce infralittorale généralement fixée sur le substrat rocheux des zones peu éclairées comme les parois verticales, les anfractuosités, les grottes et les surplombs, sur les fonds coralligènes et précoraligènes. On peut également la trouver dans les communautés d'algues, dans les herbiers de posidonies et dans les milieux détritiques côtiers. À faible profondeur (moins de 10 m), elle est exceptionnellement rare, alors qu'elle est relativement commune entre 20 et 40 mètres.

Distribution

Commune dans toute la Méditerranée, d'Israël au détroit de Gibraltar. Également présente dans l'Atlantique Est, au Portugal et aux Canaries.



Phot. 478

Tolérance environnementale

Espèce très sensible aux perturbations du milieu (Naranjo *et al.*, 1996). Ses effectifs tendent à baisser considérablement lorsque le stress environnemental augmente (espèce régressive). Elle est particulièrement sensible à la pollution par des matières organiques et à une turbidité durable (Carballo et Naranjo, 2002), ce qui en fait un bon indicateur d'eaux limpides et renouvelées (García-Gómez, 2007). Elle est également sensible à l'action des plongeurs amateurs à proximité, essentiellement en raison de la mise en suspension du sédiment provoquée par le mouvement des palmes (Luna-Pérez *et al.*, 2010, 2011). Elle semble en revanche tolérante à l'élévation de la température de l'eau (Pérez *et al.*, 2000).

Facile à reconnaître en plongée (**photo 479**), elle peut être utilisée pour le contrôle de l'évolution biologique des sites appropriés afin de surveiller toute perte ou disparition anormale liée à une dégradation progressive du milieu marin littoral. Elle ne porte qu'exceptionnellement des épibiontes et dans ce cas, ils sont présents sur plusieurs individus, le phénomène peut être lié à un processus de perturbation (García-Gómez, 2007) (**photo 480**).

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 479



Phot. 480

11.54. *Stolonica socialis* Hartmeyer, 1903



Phot. 481

Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Stolidobranchia

Famille: Styelidae

Genre: *Stolonica*

Nom vernaculaire: mirabelle de mer, stolonique sociale, ascidie orange

Description

Ascidie coloniale dont les colonies sont constituées de zoïdes de 25 mm de hauteur, en forme d'outre oblongue, regroupés en bouquets unis à la base. La tunique est fine et de couleur orange. (**Photos 481 et 482**).

Biotope

Vit sur des fonds rocheux, fixée à des parois verticales et des surplombs dans des eaux à hydrodynamisme modéré ou élevé et à faible sédimentation. Elle peut également être liée à des substrats sableux ou biodétritiques proches des roches où elle est fixée à des concrétions biogéniques. Elle apparaît parfois comme épibionte d'autres organismes sessiles, essentiellement des gorgones (**photos 483 - 485**). On la trouve de 10 à 40 m de profondeur, plus fréquente entre 20 et 30 mètres.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, des îles Britanniques au Maroc, et dans le détroit de Gibraltar.



Phot. 482



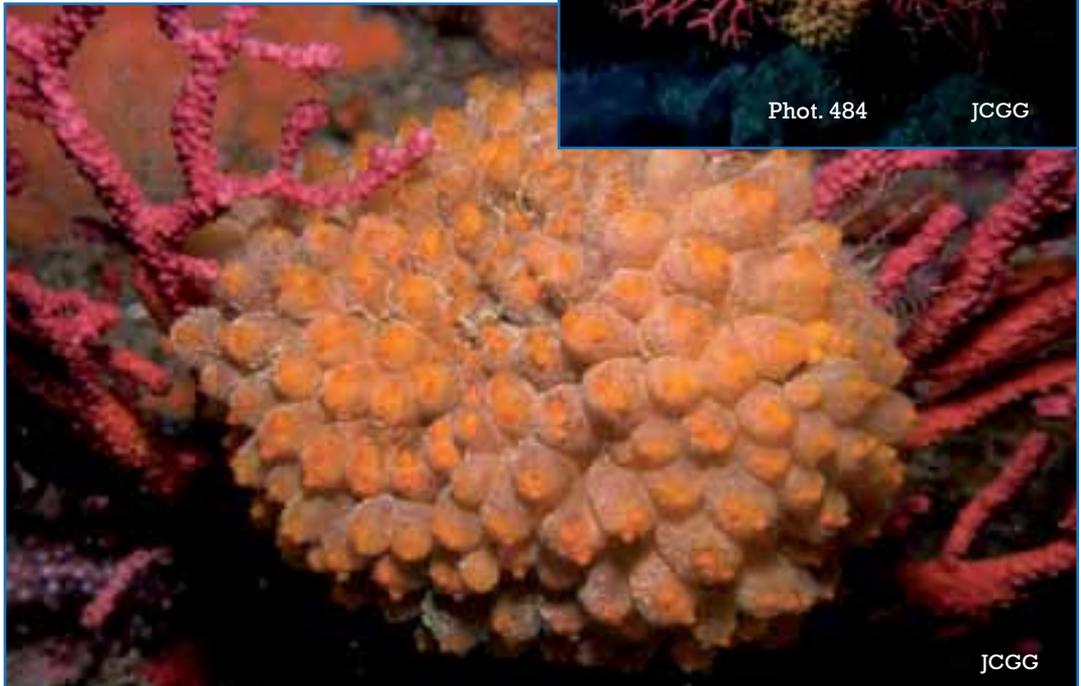
JCGG

Phot. 483



Phot. 484

JCGG



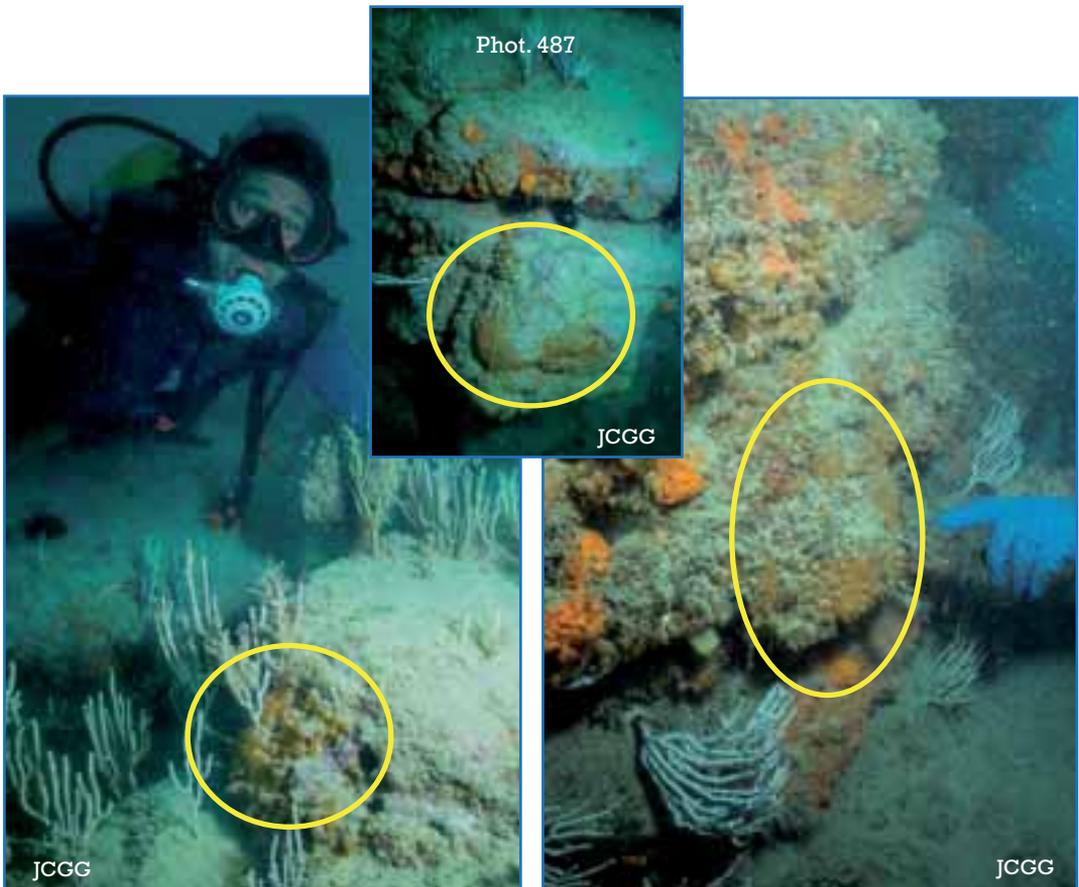
JCGG

Phot. 485

Tolérance environnementale

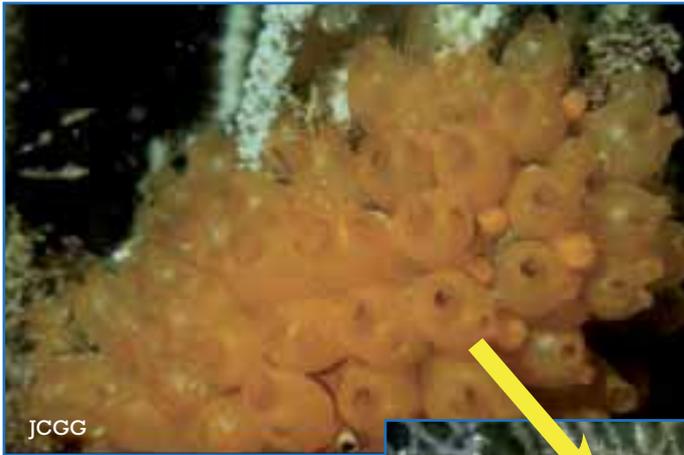
Espèce sensible, caractéristique des eaux limpides et renouvelées (Naranjo *et al.*, 1996; Zubía *et al.*, 2003). Ne tolère pas certains niveaux de charge organique ni les taux de sédimentation élevés, elle préfère les substrats naturels aux substrats artificiels, même si ces derniers présentent également de bonnes conditions environnementales (Hiscock *et al.*, 2010). Elle est donc absente des fonds perturbés soumis à l'influence directe ou indirecte des effluents d'eaux usées (Carballo et Naranjo, 2002). Elle s'avère également vulnérable à la sédimentation excessive provoquée par la décantation d'agrégats fins provenant d'opérations de dragage près du littoral, surtout si les colonies sont établies sur des surfaces horizontales (García-Gómez, 2007) (voir séquence des **photographies 489 - 492**). Lorsque ce type d'impact est important, les colonies fixées sur les tombants sont elles aussi atteintes (**photos 486 - 488**).

Sa couleur vive, la taille des colonies et son aspect particulier (lorsque l'observateur connaît l'espèce), en font un indicateur idéal dans le cadre de la surveillance sous-marine du milieu sous-marin.



Phot. 486

Phot. 488



Phot. 489



Phot. 490



Phot. 491



Phot. 492

11.55. *Clavelina dellavallei* (Zirpolo, 1925)



Phot. 493

Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Aplousobranchia

Famille: Clavelinidae

Genre: *Clavelina*

Nom vernaculaire: claveline

bleutée de Méditerranée, claveline

cloche, claveline transparente

Description

Ascidie coloniale dont les zooïdes indépendants (mais réunis par des stolons basaux) peuvent atteindre 5 cm de longueur. Les zooïdes sont transparents, laissant voir les structures internes qui présentent une pigmentation jaune et bleutée (**photos 493 - 495**). Sa consistance est gélatineuse, tandis qu'elle est chitineuse au pédoncule.

Biotope

Associée à des communautés d'algues des zones éclairées et ombragées, elle est généralement fixée sur des surfaces rocheuses verticales et des surplombs, dans des zones d'hydrodynamisme modéré à élevé. On la trouve également sur des gorgones et sur les fonds coralligènes et détritiques côtiers. Elle est rare à moins de 5 m de profondeur, on la rencontre normalement à partir de 10 mètres, et elle a été signalée jusqu'à 90 mètres.

Distribution

Méditerranée, de la Grèce et la Tunisie à l'Espagne, y compris la mer d'Alboran et le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce sensible aux perturbations environnementales, en particulier aux rejets d'eaux usées et aux travaux d'aménagement du littoral, elle préfère donc les écosystèmes naturels présentant un bon état écologique (Carballo

et Naranjo, 2002). Elle est par conséquent un bon indicateur d'eaux limpides et renouvelées (Naranjo *et al.*, 1996; López-González *et al.*, 1999 ; García-Gómez, 2007). Cette espèce est particulièrement sensible à une turbidité durable et un taux de sédimentation élevé. Elle est aussi classée comme espèce très vulnérable aux activités de plongée (Lloret *et al.*, 2006; García-Charton *et al.*, 2008).

Facile à localiser en plongée, elle devrait faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre de programmes de surveillance environnementale des fonds littoraux, pouvant être réalisés par des plongeurs amateurs.



Phot. 495

Phot. 494

11.56. *Polysyncraton lacazei* (Giard, 1872)



Phot. 496

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Didemnidae
Genre: *Polysyncraton*
Nom vernaculaire: synascidie de Lacaze, synascidie rouge

Description

Ascidie coloniale, presque toujours de couleur rouge-orange. Forme des colonies laminaires ou légèrement massives et lobées de taille variable pouvant tapisser de vastes surfaces de roches, peut se confondre facilement avec les espèces rouges ou orangées d'éponges (**photos 496 - 501**). *Polysyncraton lacazei* se distingue de ces éponges par le grand nombre de petits points clairs qui parsèment sa tunique et sont absents des éponges recouvrantes de même couleur, dont on ne voit que les orifices exhalants (oscules) par lesquels l'eau est rejetée.

Biotope

Vit dans les zones protégées telles que les parois verticales, les surplombs, l'entrée des grottes ou sous les roches. On la trouve également dans les enclaves semi-exposées, les fonds coralligènes et détritiques côtiers. Peut apparaître associée à des communautés d'algues dans les zones éclairées et ombragées. On peut l'observer dans les herbiers de posidonies et de *Caulerpa prolifera*. On la trouve depuis la limite inférieure de la marée jusqu'à 30 à 40 mètres de profondeur.

Phot. 497



Distribution

Atlantique Est, de la Scandinavie à l'Afrique du Sud. Elle est également



Phot. 498

présente dans l'Atlantique Ouest, l'océan Indien et le Pacifique. Ouest et est de la Méditerranée, y compris la mer d'Alboran et le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce caractéristique des fonds bien conservés, biens structurés et offrant une grande biodiversité (Turón, 1985; Chabbi *et al.*, 2010). Elle exige des eaux limpides et renouvelées (García-Gómez, 2007; Chebbi, 2010), mais peut tolérer un certain degré de perturbation, sa présence devenant alors exceptionnelle (Naranjo *et al.*, 1996). En raison de sa couleur et de l'occupation par ses colonies d'une importante surface de substrat, lorsque le plongeur a appris à reconnaître l'espèce, elle peut contribuer à la surveillance des zones habituelles de plongée où sa présence est permanente. La disparition complète de cette ascidie des enclaves où elle était abondante indique une perturbation importante qu'il convient de confirmer par des observations parallèles axées sur d'autres espèces bioindicatrices sensibles.



Phot. 499



Phot. 500



Phot. 501

11.57. *Aplidium conicum* (Olivi, 1792)



Phot. 502

Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Aplousobranchia

Famille: Polyclinidae

Genre: *Aplidium*

Nom vernaculaire: aplidium
conique, synascidie conique

Description

Ascidie coloniale, massive, en forme de poire ou de disque, ou encore irrégulière (**photo 502**). Sa taille varie normalement de 5 à 10 cm de diamètre, mais on peut rencontrer des colonies mesurant jusqu'à 25 centimètres, voire davantage. Sa tunique est charnue et cartilagineuse et ne présente pas d'adhérences de sable. La couleur varie du blanchâtre ou rose au jaune orangé, et orange vif dans certaines zones (**photos 503 - 510**).

Biotope

Souvent associée à des communautés d'algues de zones éclairées dans des eaux battues ou semi-battues sur des sites rocheux naturels mais surtout sur des parois verticales et des surplombs (**photo 503**). Elle s'intègre également à des communautés d'algues de milieux ombragés, des fonds coralligènes et détritiques côtiers. Elle peut être observée dans des herbiers de *Posidonia* et des fonds de *Caulerpa prolifera*. On la trouve à quelques mètres de profondeur, dans des milieux ombragés jusqu'à 40 m.

Distribution

Du cap de Trafalgar, dans le détroit de Gibraltar, jusqu'à l'Italie et la Tunisie, sur les côtes méditerranéennes espagnoles, les Baléares et Ceuta.



Phot. 503



Phot. 504



Phot. 505



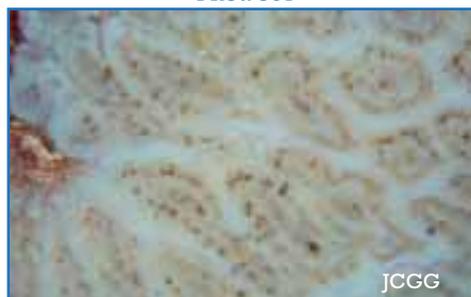
Phot. 506



Phot. 507



Phot. 508



Phot. 509

Tolérance environnementale

Espèce excellente indicatrice d'eaux limpides et renouvelées (García-Gómez, 2007; Chabbi *et al.*, 2010; El Lakhrech *et al.*, 2012), étant très sensible à la dégradation de la qualité de l'eau et aux perturbations environnementales importantes (Naranjo *et al.*, 1996; Carballo et Naranjo, 2002). Un exemple de l'information environnementale (eau renouvelée) offerte par cette espèce indicatrice est illustré dans la **figure 32**. Les points jaunes indiquent la présence de l'espèce en 1995 dans la baie d'Algésiras. L'un d'eux, à l'intérieur de la zone portuaire de large embouchure, illustre leur existence inattendue. Cependant, la photographie obtenue par le satellite Landsat (courtoisie de CMAYOT de la Junta de Andalucía) montre comment un courant (flèche jaune en pointillés) baigne l'intérieur du bassin, ce qui semble expliquer la présence inhabituelle (García-Gómez *et al.* 1997).



Fig. 32



Phot. 510

Aplidium conicum est particulièrement sensible à la charge organique, la turbidité et un taux de sédimentation élevés. Une corrélation négative a aussi été établie avec l'intensité du courant (Ordines *et al.*, 2011). Les **photographies 511 et 512** montrent son extrême sensibilité à un excès de sédimentation provenant d'activités humaines sur le littoral. La **photographie 513** représente une colonie presque complètement imprégnée de sédiments fins. La **514** est une photographie de la même colonie et de ses alentours, après son nettoyage manuel. On observe, à sa couleur pâle (comparer avec la **photo 513**), la situation «pré-mortem» de la colonie.

Sa taille et sa couleur vive en font une espèce idéale comme indicateur dans le cadre de programmes de surveillance environnementale des fonds littoraux.



Phot. 511



Phot. 512



Phot. 513



Phot. 514

11.58. *Aplidium punctum* (Giard, 1873)



Phot. 515

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Polyclinidae
Genre: *Aplidium*
Nom vernaculaire: flocon
pédonculé orange

Description

Ascidie caractérisée par ses colonies constituées de structures pédonculaires dont le sommet se termine en «massue» (**photos 515, 516 et 518**). De ces flocons distaux, ayant une forme de globe et dont le diamètre varie de 1 à 3 cm, partent de longs pédoncules rattachés à une base commune. La consistance est charnue et gélatineuse et de couleur orange. On n'observe aucune incrustation de sable.

Biotope

S'établit dans la zone infralittorale où elle est fixée sur des surfaces rocheuses verticales de préférence, où la lumière est atténuée (**photo 517**). Elle préfère les zones où l'hydrodynamisme est modéré à intense. Si on l'observe dans des eaux peu profondes, elle vit généralement à une profondeur de 10 à 30 mètres. Elle se reproduit en mars, avril et mai.

Distribution

Mer d'Alboran et dans le détroit de Gibraltar. Dans l'Atlantique Est, elle a été observée des îles Britanniques au Portugal.



Phot. 516

Tolérance environnementale

Espèce sensible aux perturbations environnementales qui provoquent sa disparition progressive (Naranjo *et al.*, 1996; Derrien-Courtel *et al.*, 2008; Van Rein *et al.*, 2011). Elle est par conséquent un bon indicateur d'eaux limpides et renouvelées (Carballo et Naranjo, 2002; García-Gómez, 2007). Elle est particulièrement sensible à la charge organique, à une forte turbidité et à un taux de sédimentation élevé. Lorsque la sédimentation est d'origine anthropique et survient à proximité d'un dragage avec «surverse», les sédiments fins la recouvrent et elle finit par mourir après une période de résistance relativement courte au facteur de perturbation (**photo 519**: on peut observer le mauvais aspect de la colonie après quelques jours d'exposition à la colonne de turbidité sédimentaire). Sa taille et sa couleur vive, qui facilitent son identification en plongée, en font une espèce recommandée comme indicateur dans le cadre de programmes de surveillance environnementale des fonds littoraux.



Phot. 517

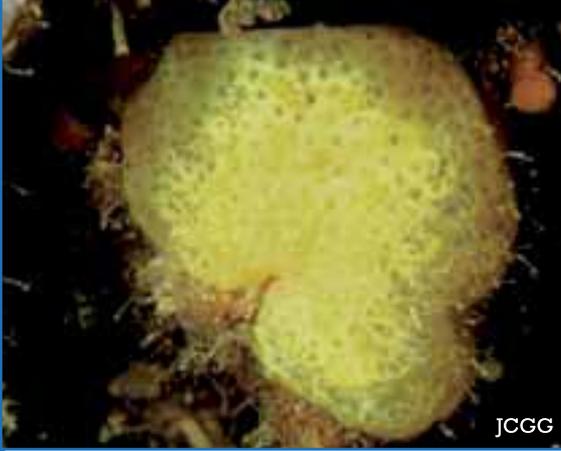


Phot. 518



Phot. 519

11.59. *Pseudodistoma obscurum* Pérès, 1959



Phot. 520

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Tunicata
Classe: Ascidiacea
Ordre: Aplousobranchia
Famille: Pseudodistomidae
Genre: *Pseudodistoma*
Nom vernaculaire: ascidie globuleuse de Méditerranée

Description

Ascidie coloniale qui peut se présenter sous deux formes différentes. D'une part, sa forme peut être globuleuse, pyramidale et conique de grande taille, pouvant atteindre plus de 5 cm de hauteur; charnue, de couleur jaune vif ou pâle (**photos 520 et 523**), elle ne présente généralement pas d'incrustations de sable (ce type morphologique était antérieurement attribué à l'espèce *Pseudodistoma crucigaster*, considérée aujourd'hui comme synonyme de *P. obscurum*). D'autre part, sa forme est soit de même morphologie que la précédente (et parfois aplatie ou discoïdale), de petite taille (ne dépassant pas 5 cm de hauteur et 10 cm de diamètre); également charnue, mais plus ferme et présentant des incrustations de sable, de couleur grisâtre, parfois presque noire (d'où le nom d'*obscurum*) (**photos 521 et 524**). On observe parfois les deux formes côte à côte (**photo 522**). Il existe aussi des morphotypes de couleur jaune pâle ou très foncé.

Biotope

L'espèce vit en association avec des communautés d'algues dans des milieux éclairés à hydrodynamisme modéré à élevé, mais elle est également liée à des habitats faiblement éclairés aux eaux calmes, et au coralligène. Elle est observée dans des herbiers de



Phot. 521

posidonies et des fonds détritiques côtiers. On la rencontre généralement à une profondeur de 5 à 35 mètres.

Distribution

Ouest de la Méditerranée, mer d'Alboran et détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce très sensible aux perturbations environnementales d'origine humaine (Naranjo *et al.*, 1996; García-Gómez, 2007; Chebbi, 2010). Elle exige des eaux propres (López-González *et al.*, 1997; Carballo y Naranjo, 2002) et un hydrodynamisme modéré à élevé (Zubía *et al.*, 2003), ce qui en fait une bonne indicatrice de ce type de conditions environnementales. Elle est particulièrement sensible à la charge organique, une forte turbidité et un taux de sédimentation élevé.



Phot. 522



Phot. 523



Phot. 524

11.60. *Polycitor adriaticus* (Drasche, 1883)



Phot. 525

Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Aplousobranchia

Famille: Polycitoridae

Genre: *Polycitor*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Cette espèce vit en colonies massives de forme variable pouvant atteindre un diamètre de 10 cm et une hauteur de 5 cm (**photo 525**). Les colonies ont une consistance gélatineuse et cartilagineuse, leur tunique est lisse, le pédoncule est très court et généralement non visible en plongée. Couleur blanchâtre légèrement translucide avec des motifs bruns en forme de huit correspondant aux zooïdes (**photos 527 et 528**).

Biotope

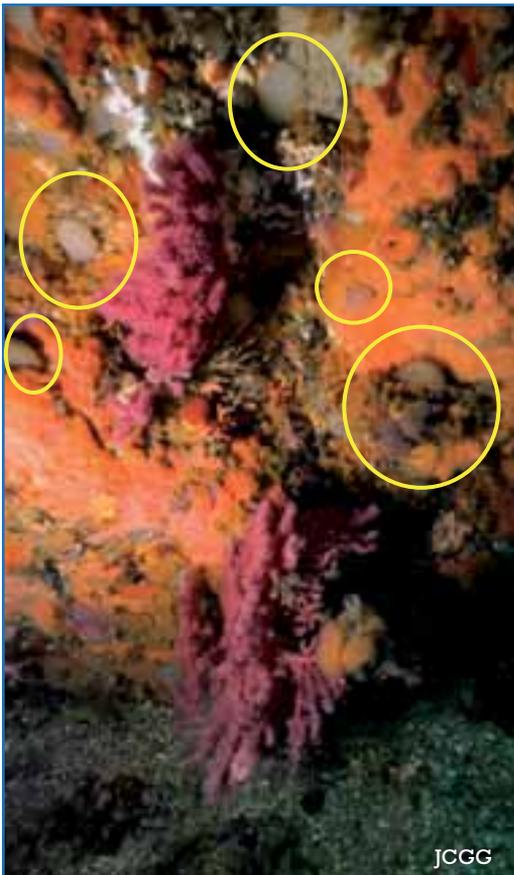
Vit généralement sur les parois verticales et les surplombs (**photo 526**, dans les cercles), en association avec des communautés d'algues dans des eaux soumises à l'action des courants ou à un hydrodynamisme modéré. Elle choisit habituellement les fonds ombragés ou moyennement ombragés. Elle se fixe également dans les herbiers de posidonies, sur les fonds détritiques (exceptionnellement sur des fonds de sable vaseux). Elle a été observée sur des parois en béton où l'hydrodynamisme est élevé, comme à l'extérieur des ports. On la trouve entre 2 et 40 mètres, mais elle semble plus fréquente entre 10 et 30 mètres.

Distribution

Méditerranée, mer d'Alboran et détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Espèce sensible aux perturbations environnementales (Carballo et Naranjo, 2002; García-Gómez, 2007) donc régressive, c'est-à-dire que ses peuplements diminuent avec le stress environnemental. Elle est particulièrement sensible à la charge organique, à une forte turbidité et à un taux élevé de sédimentation, ce qui en fait une très bonne indicatrice des eaux propres et renouvelées (Naranjo *et al.*, 1996; Chabbi *et al.*, 2010; El Lakhrach *et al.*, 2012). Elle est également décrite comme sensible à l'élévation de température de l'eau (Verdura *et al.*, 2013).



Phot. 526



Phot. 527



Phot. 528

11.61. *Polycitor crystallinus* (Renier, 1804)



Phot. 529

Embranchement: Chordata

Sous-embranchement: Tunicata

Classe: Ascidiacea

Ordre: Aplousobranchia

Famille: Polycitoridae

Genre: *Polycitor*

Nom vernaculaire: aucun

Description

Ascidie coloniale directement fixée au substrat sans pédoncule intermédiaire. Les colonies sont massives, en forme de globe, d'un diamètre de 6 à 7 cm. Les colonies sont de couleur blanchâtre et de nombreux cercles d'un blanc intense bordent souvent les siphons des zooïdes (**photo 529 - 531**). Dans les colonies les plus développées, le blanc est plus intense, certaines peuvent présenter un ton jaune orangé. Leur consistance est charnue et gélatineuse, la tunique est lisse. À la base des colonies on peut trouver du sable (zone de fixation au substrat), absent du reste de la surface.

Biotope

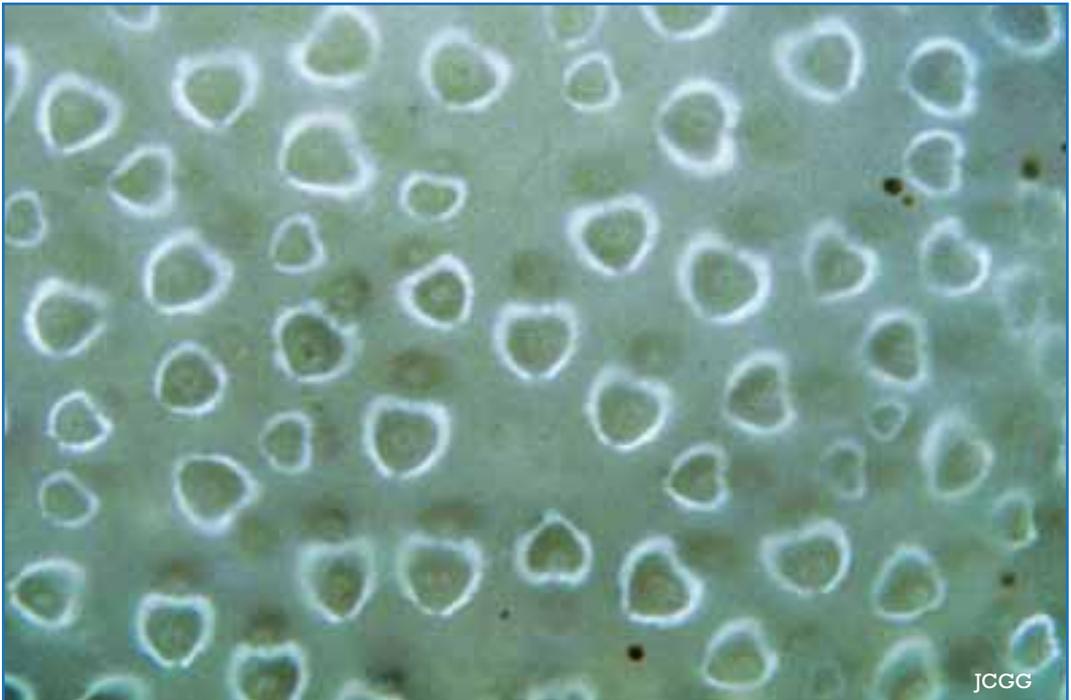
Espèce présente sur les fonds rocheux de zones de préférence ombragées et à hydrodynamisme modéré, sur les parois verticales et les surplombs du coralligène. Elle est également citée dans des herbiers de posidonie, sur les rhizomes des algues laminaires, des prairies à *Caulerpa*, ainsi que des fonds détritiques côtiers et vaseux. Elle peut être épibionte des gorgones (*Eunicella*). On la trouve de 4 mètres de profondeur jusqu'à l'étage bathyal.

Distribution

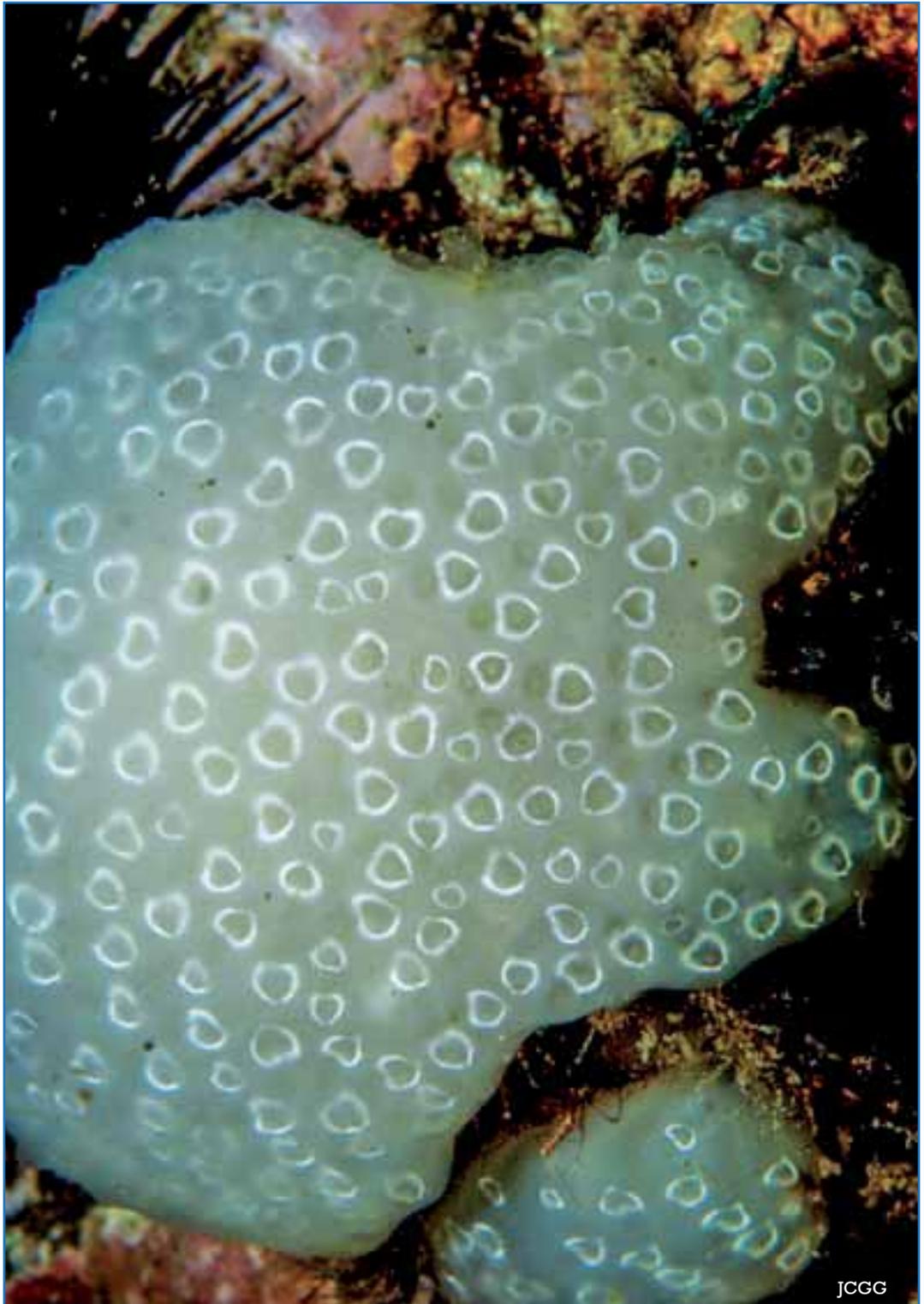
Méditerranée et détroit de Gibraltar. Atlantique Est, dans les côtes africaines du Sénégal et de la Gambie.

Tolérance environnementale

Espèce indicatrice d'eaux limpides non polluées, sensible aux perturbations environnementales (Naranjo *et al.*, 1996; García-Gómez, 2007). Ses effectifs tendent à diminuer ou à disparaître sous l'effet d'une augmentation du stress environnemental provoqué par une atteinte anthropique significative.



Phot. 530



JCCG

Phot. 531

12 AUTRES ESPÈCES BENTHIQUES SENSIBLES D'APPOINT



A young child, likely a toddler, is the central focus of the image. They are dressed in a white sailor-style outfit, including a white cap and a white long-sleeved shirt. The child is sitting on a wooden structure, possibly part of a boat, which is covered with various pieces of fishing gear, including ropes and nets. The child is holding a large, cooked mussel shell with both hands and is in the process of eating it. The background shows a clear blue sky and a body of water with several boats in the distance. The overall scene is bright and sunny, suggesting a coastal or maritime setting.

MOLLUSQUES

12.1. *Patella ferruginea* Gmelin, 1791



Phot. 534

Embranchement: Mollusca

Classe: Gastropoda

Famille: Patellidae

Genre: Patella

Nom vernaculaire: patelle
ferrugineuse, arapède géant

Description

Patella ferruginea est l'une des plus grandes patelles européennes, elle mesure de 40 à 80 mm de diamètre et peut atteindre 100 mm. Elle possède une coquille très caractéristique, dont le relief est marqué des côtes radiales, épaisses et irrégulières (**photos 534 et 535**), tandis qu'elles sont lisses et régulières chez les spécimens adultes. La coquille est de couleur brun rouille, parfois soulignée de bandes concentriques plus foncées chez certains spécimens de petite taille, l'intérieur est blanc opaque et brillant. La hauteur de la coquille est variable, les plus hautes et coniques sont généralement typiques des zones les moins battues, tandis que les patelles sont moins hautes et aplaties dans les zones où l'hydrodynamisme est plus fort. *P. ferruginea* possède un grand pied charnu, de couleur crème, avec des nuances orangées. L'envers du pied et la tête sont gris foncé.

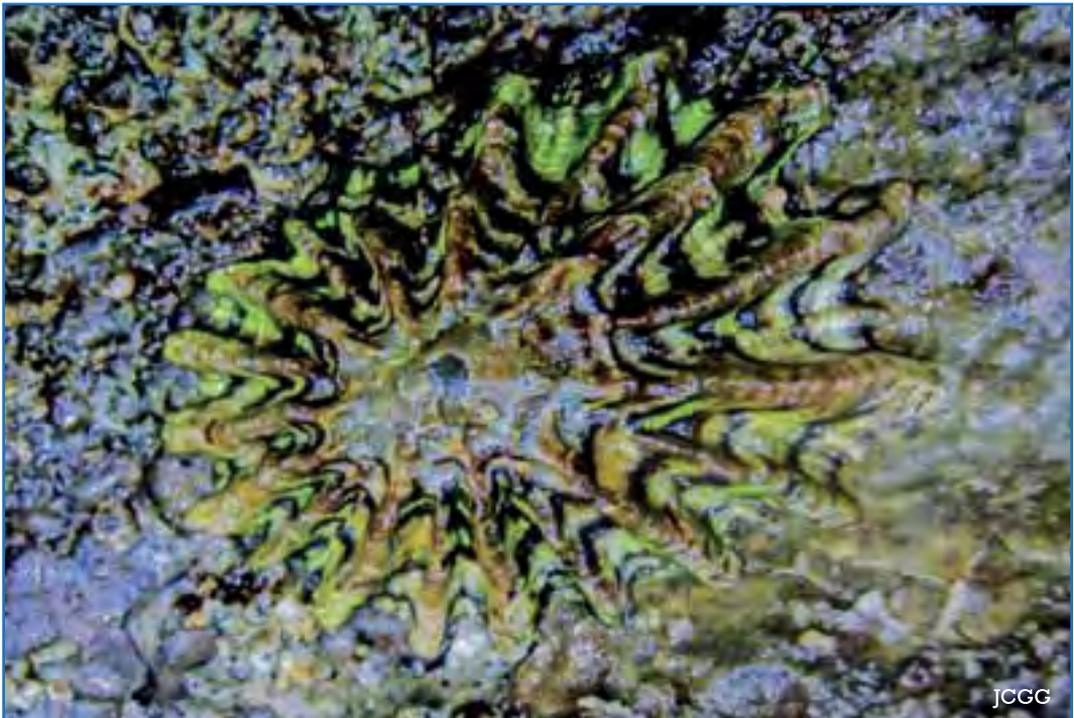
Biotope

Cette espèce ne peut être considérée comme strictement sessile car elle est vagile à marée haute, elle se déplace alors activement autour de son creux où elle retourne pour se fixer à la roche à marée basse. Il ne s'agit pas non plus d'une espèce FBI (Fixed Biological Indicator) selon la conception de Rovere *et al.*, (2015), elle ne peut être considérée comme telle qu'à marée basse.

Vit dans la zone intertidale rocheuses, et se trouve essentiellement à l'étage médiolittoral supérieur (**photos 536 et 537**). Une association aux ceintures de *Chtamalus stellatus* a été signalée.

Distribution

Espèce endémique de Méditerranée Ouest, en nette régression depuis le début du XX^e siècle, tant sur les côtes européennes que sur les côtes africaines. Elle a quasiment disparu des côtes continentales européennes où elle est aujourd'hui réduite à de petites sous-populations en Corse, en Sardaigne et sur l'île de Pantelleria. Sur les côtes africaines, sa présence se limite au Maroc, aux îles Habibas en Algérie, à l'île de Zembra et au Cap Bon en Tunisie. En Espagne, il existe quelques colonies en Andalousie et dans la région de Murcie, les principales se trouvant à Ceuta, Melilla et dans les îles Zaffarines.



Phot. 535

Tolérance environnementale

Patella ferruginea est une espèce traditionnellement associée aux eaux limpides et bien oxygénées. Elle est sensible à la pollution, à la turbidité et à la diminution du taux d'oxygène dans l'eau (Espinosa, 2005). Dans plusieurs travaux précédents, elle a été proposée comme espèce indicatrice de bonnes conditions environnementales (Espinosa *et al.*, 2007).

Autres informations

Espèce emblématique des nouvelles Microréserves Marines Artificielles (García-Gómez *et al.*, 2011, 2014) car, en dépit de sa sensibilité aux perturbations, elle possède de nombreuses populations dans des environnements artificiels réunissant certaines conditions environnementales favorables: 2.500 spécimens seulement sont recensés sur l'ensemble du littoral de la péninsule Ibérique (Moreno et Arroyo, 2008; Communication de l'Agence de l'Environnement et Eau de l'Andalousie), et plus de 14.000 individus ont été dénombrés dans le port de Ceuta (Rivera-Ingraham *et al.*, 2011).



JCCG

Phot. 536

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite au Directive 92/43/CEE du Conseil (Annexe IV: "Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte")

Inscrite au Catalogue National des Espèces Menacées dans la catégorie "En Danger D'extinction" en Espagne.

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "En Danger Critique D'extinction".



Phot. 537

12.2. *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758)



Phot. 538

Embranchement: Mollusca

Classe: Bivalvia

Ordre: Mytiloidea

Famille: Mytilidae

Genre: *Lithophaga*

Nom vernaculaire: datte de mer, moule lithophage, dactyle

Description

Possède des valves symétriques, allongées, oblongues, avec une forme presque cylindrique et de couleur brun rougeâtre (**photos 538 et 539**). La coquille présente de fines bandes radiales concentriques. L'intérieur est bleu clair. Elle peut atteindre 10 cm de longueur.

Biotope

Espèce endolithique vivant sur les substrats rocheux de l'étage infralittoral, à l'intérieur des roches calcaires qu'elle perfore en sécrétant une substance acide (**photo 540**). La galerie créée peut atteindre 20 cm de longueur. On la rencontre généralement de la surface jusqu'à 30 m de profondeur.

Distribution

Dans l'Atlantique Est, du Maroc au Portugal, dans les Canaries et à Madère, et sur l'ensemble du littoral Méditerranéen.

Tolérance environnementale

Espèce des eaux limpides et renouvelées. Elle évite les fonds où la charge organique et le taux de sédimentation sont élevés (*observation personnelle*).

Autres informations

La menace principale de cette espèce est son intérêt gastronomique, elle

est en effet très appréciée dans la plupart des pays méditerranéens. En raison de son mode de vie, la pêche ou la capture de cette espèce implique la destruction irréversible de son habitat (Pantoja-Trigueros *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2008c). Par conséquent, elle est protégée à l'échelon européen (Moreno *et al.*, 2008c; Tunesi *et al.*, 2008).

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite au Directive 92/43/CEE du Conseil (Annexe V: "Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion")

Inscrite au Catalogue National des Espèces Menacées dans la catégorie "Vulnérable" en Espagne.

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 539



Phot. 540

12.3. *Charonia lampas lampas* (Linnaeus, 1758)



Phot. 541

Embranchement: Mollusca

Classe: Gastropoda

Ordre: Littorinimorpha

Famille: Ranellidae

Genre: *Charonia*

Nom vernaculaire: grande conque, triton, trompe des dieux

Description

Ce gastéropode est le plus grand de Méditerranée. Possède une coquille épaisse, solide, pouvant mesurer jusqu'à 40 cm de longueur et 15 cm de diamètre. La coquille est conique, elle présente 9 tours de spire, et l'apex est pointu. Ces tours sont couverts de tubercules, et les côtes des spécimens âgés sont parfois érodés. L'ouverture est large, ovale, crénelée de petites dentelures brunâtres. La couleur de la coquille est blanchâtre, jaune et grise, avec des bandes radiales plus ou moins fines et irrégulières de couleur brun-rouge. Le corps est orangé ou rougeâtre. (**Photos 541, 542 et 545**).

Biotope

Vit sur des fonds rocheux et sur des fonds détritiques proches de ces derniers (**photos 543 et 544**). Il s'alimente d'oursins et d'étoiles de mer, participant ainsi au contrôle des effectifs de ces organismes. Son habitat s'étend des eaux peu profondes à plus de 100 mètres de profondeur.

Distribution

Bien que l'aire de répartition de *Charonia lampas* s'étend à toutes les mers tempérées du monde, la sous-espèce *Charonia lampas lampas* vit dans l'ouest de la Méditerranée et l'Atlantique Est, des îles Canaries à la mer Cantabrique. Elle est également présente en mer d'Alboran et dans le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Bien qu'elle préfère des eaux limpides et des fonds non perturbés (Bazairi *et al.*, 2013), sa rareté ne permet pas de l'utiliser dans les programmes de

surveillance, sauf s'ils bénéficient de ressources importantes (CAPMA, 2012). Néanmoins, s'agissant d'une espèce protégée et de grande taille, elle doit être intégrée à cet ouvrage pour informer les plongeurs, afin que ces derniers la respectent et la protègent, car elle est souvent prélevée comme objet de décoration ou pour être consommée. Le message ne s'adresse pas uniquement aux plongeurs, mais également aux pêcheurs susceptibles de capturer accidentellement des spécimens de cette espèce dans leurs filets (trémails, chaluts) (Malaquias *et al.*, 2006) qui doivent immédiatement les remettre en mer dès qu'ils les aperçoivent.

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite au Catalogue National des Espèces Menacées dans la catégorie "Vulnérable" en Espagne.

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 542



Phot. 543



Phot. 544



JCGG

Phot. 545



ÉCHINODERMES

12.4. *Antedon mediterranea* (Lamarck, 1816)



Phot. 547

Embranchement: Echinodermata

Classe: Crinoidea

Ordre: Comatulida

Famille: Antedonidae

Genre: *Antedon*

Nom vernaculaire: comatule de Méditerranée, crinoïde, encrine, danseuse de mer, étoile plumeuse

Description

Crinoïde de couleur orange, rouge ou brun, les couleurs peuvent être homogènes ou être irrégulièrement mélangés (**photos 547, 549 - 551**). Le corps est constitué d'un petit cône central en forme de cupule et l'apex est arrondi. De ce cône partent une dizaine de bras évoquant des plumes. De la partie dorsale partent jusqu'à 40 cirres, d'une longueur de 1,5 cm, qui se terminent en crochet. La taille de ce crinoïde peut atteindre 25 cm. Espèce sédentaire et grégaire qui se reproduit au printemps et en été.

Biotope

Elle vit sur les fonds rocheux où les algues sont abondantes et sur les fonds sableux ou vaseux, ainsi que dans les herbiers de posidonies. Elle est souvent fixée sur des organismes benthiques (**photo 548**). Préfère les zones ombragées ou moyennement ombragées aux eaux modérément battues. Elle fuit la lumière. On la trouve de 15 à 200 ou 300 m de profondeur.

Distribution

Présente dans toute la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar.



Phot. 548

Tolérance environnementale

Espèce généralement associée à de bonnes conditions écologiques, qui peut être abondante (El Lakhrech *et al.*, 2012). Sensible aux perturbations environnementales d'origine humaine, notamment la pollution (Candia-Carnevali *et al.*, 2001; Barbaglio *et al.*, 2006) ou le chalutage (Mangano *et al.*, 2013). Elle semble bien tolérer les processus de sédimentation, car des populations importantes ont été observées dans des zones où les dépôts de vase et d'argile sont abondants (McKinneya et Jaklin, 2001).



Phot. 549



Phot. 550



Phot. 551

12.5. *Astrospartus mediterraneus* (Risso, 1826)



Phot. 552

Embranchement: Echinodermata

Classe: Ophiuroidea

Ordre: Euryalida

Famille: Gorgonacephalidae

Genre: *Astrospartus*

Nom vernaculaire:

gorgonocéphale, tête de Méduse

Description

Ophiure de grande taille, pouvant atteindre 40 cm de diamètre, de couleur gris clair. Présente un centre épais en forme de disque pentagonal de 8 cm environ de diamètre, dont partent 5 bras mobiles qui se ramifient plusieurs fois par dichotomie, et deviennent de plus en plus fines, pour former un filet de dentelle (**photos 552 et 553**). Le disque et les bras présentent une fine granulation.

Biotope

Vit sur les fonds rocheux et sableux ou vaseux, dans des zones ombragées ou moyennement ombragées où le mouvement des eaux est modéré mais constant. Elle se fixe souvent sur d'autres organismes tels que les gorgones, toujours dans des zones balayées par les courants, pour capturer les aliments. On la trouve à partir de 25 m de profondeur.

Distribution

Méditerranée et Atlantique.

Tolérance environnementale

Espèce fréquemment associée aux communautés caractéristiques des zones de haute valeur écologique (Junoy et Viéitez, 2008; Templado *et al.*, 2012). Selon divers travaux, elle est vulnérable à plusieurs facteurs tels que l'élévation

de la température de l'eau (Escoubet *et al.*, 2001) et la pêche (Gonçalves *et al.*, 2008). Dans les zones de gradient environnemental, elle disparaît des milieux aux eaux plus turbides, plus anthropisés et où l'hydrodynamisme est plus faible (observation personnelle).

Autres informations

Espèce plutôt rare.

Figures de protection

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie " Préoccupation mineure ".



JCCG

Phot. 553

12.6. *Centrostephanus longispinus* (Philippi, 1845)



R-M-F

Phot. 554

Embranchement: Echinodermata
Classe: Echinoidea
Ordre: Diadematoida
Famille: Diadematidae
Genre: *Centrostephanus*
Nom vernaculaire: oursin diadème

Description

Cet oursin se caractérise par ses piquants longs et fins pouvant atteindre 14 cm de longueur. Ils sont souvent annelés de brun violet et de blanc. Le corps est brun violacé et mesure jusqu'à 6 cm de diamètre. Espèce active. (Photos 554 - 556).

Biotope

Vit sur les fonds rocheux des zones ombragées ou moyennement ombragées, et sur les fonds détritiques, sableux ou vaseux. Il s'agit d'une espèce sciaphile, elle fuit la lumière. Au cours des plongées de jour, on la trouve donc dans les grottes ou les anfractuosités des rochers. On la rencontre de 15 à 130 m de profondeur. Les populations les plus denses se rencontrent entre 60 et 130 m.

Distribution

Méditerranée, jusqu'au détroit de Gibraltar, et dans l'Atlantique.

Tolérance environnementale

Elle est fréquente dans les zones de haute qualité environnementale (Micael *et al.*, 2012) et avec une faible influence des activités liées à la pêche et à la plongée, car elle est extrêmement fragile (Lloret *et al.*, 2006).

Elle est également classée comme espèce thermophile, sa présence dans des zones dont elle était auparavant absente peut donc indiquer une possible élévation de la température de l'eau (Francour *et al.*, 1994; Pérez, 2008).

Autres informations

Espèce supportant une fourchette de températures étroite. Elle est plutôt rare.

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite au Directive 92/43/CEE du Conseil (Annexe V: "Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion")

Inscrite au Catalogue National des Espèces Menacées dans la catégorie "Intérêt Particulier" en Espagne.

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



Phot. 555



Phot. 556

12.7. *Gracilechinus acutus* (Lamarck, 1816)



Phot. 557

Embranchement: Echinodermata

Classe: Echinoidea

Ordre: Camarodonta

Famille: Echinidae

Genre: *Gracilechinus*

Nom vernaculaire: oursin jaune, oursin pointu, oursin blanc

Description

Oursin dont le corps sphérique et légèrement conique, mesure jusqu'à 17 cm de diamètre, la surface côté bouche est aplatie. La couleur est variable, rose, jaune ou orangé, avec des bandes radiales claires. Les piquants sont plutôt courts et fins, rouge orangé au pied, verdâtres sur la longueur et blancs à la pointe. (**Photos 557 et 558**).

Biotope

Vit sur les fonds rocheux des zones ombragées ou moyennement ombragées, sur les fonds détritiques, et dans les herbiers de posidonies. Se reproduit principalement au printemps et en été, mais également durant une grande partie de l'année. On la trouve à partir de 20 mètres jusqu'à 250 mètres de profondeur.

Distribution

Méditerranée et la côte atlantique de l'Europe, jusqu'au détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

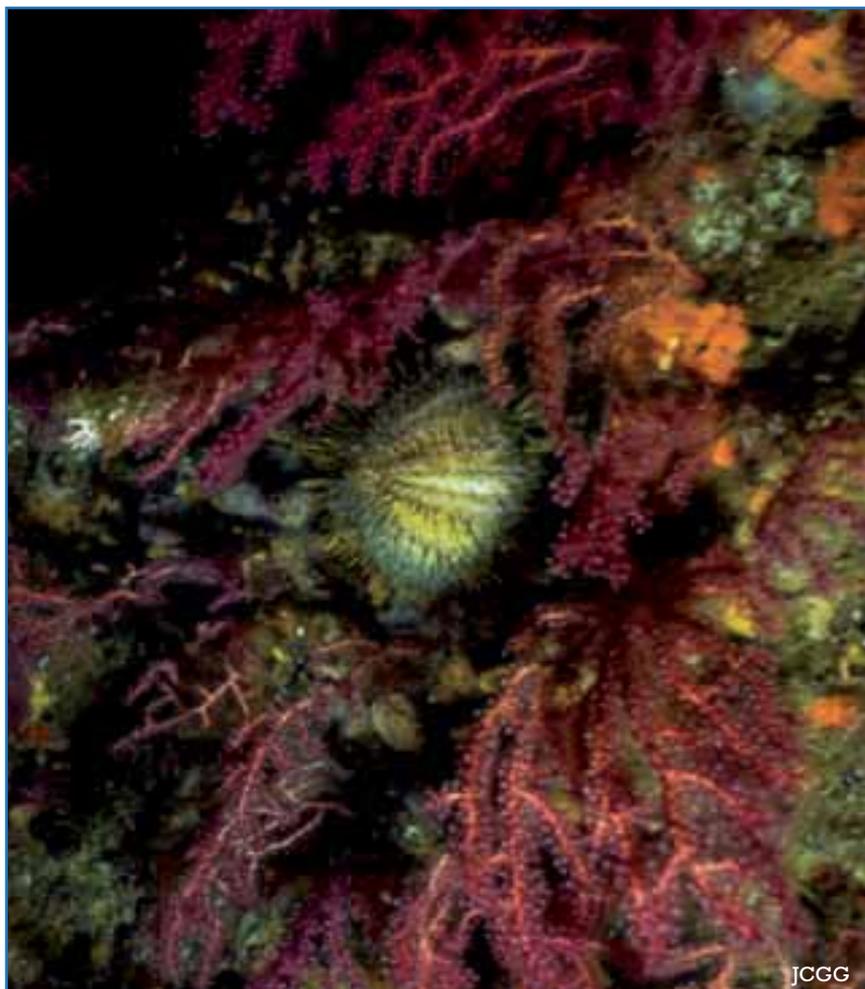
Espèce utilisée comme indicateur d'eaux relativement non polluées (Wielgolaski, 1975). Cette espèce constitue aussi un indicateur approprié pour évaluer les effets de la pêche au chalut (González-Irusta *et al.*, 2012) et des perturbations provoquées par la pollution par les hydrocarbures (Hughes *et al.*, 2010). Plusieurs études (Catarino *et al.*, 2008; Moureaux *et*

al., 2011) signalent toutefois la capacité de cette espèce à tolérer des environnements hautement contaminés par des métaux lourds où, en dépit de diverses atteintes, elle parvient à survivre.

Dans le détroit de Gibraltar, l'espèce a été observée dans des eaux propres et des fonds structurés, jamais dans des zones intérieures anthropisées (observation personnelle).

Autres informations

Espèce précédemment classée sous le nom *Echinus acutus*.



Phot. 558

12.8. *Echinus melo* Lamarck, 1816



Phot. 559

Embranchement: Echinodermata

Classe: Echinoidea

Ordre: Camarodonta

Famille: Echinidae

Genre: *Echinus*

Nom vernaculaire: oursin melon

Description

Gros oursin sphérique avec un diamètre allant jusqu'à 14 cm, de couleur vert olive avec des bandes claires. Les piquants, peu nombreux, sont courts et de couleur jaune verdâtre, mais il porte également des piquants primaires plus longs, verdâtres à pointe blanche. (**Photos 559 et 560**).

Biotope

Vit sur les fonds durs et sableux et sur les fonds coralligènes. On le trouve entre 30 et 1 000 mètres de profondeur.

Distribution

En Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar et dans l'Atlantique Est, des Açores aux côtes portugaises.

Tolérance environnementale

Echinus melo est une espèce commune dans les zones de haute qualité environnementale (Micael *et al.*, 2012), notamment les fonds bien préservés de coralligène (Lo Iacono *et al.*, 2012; Templado *et al.*, 2012). Elle est absente des zones perturbées par la pollution chimique et biologique (Altug *et al.*,

2011), et elle est particulièrement sensible au chalutage (Hall-Spencer *et al.*, 1999).



SM

Phot. 560

12.9. *Ophidiaster ophidianus* (Lamarck, 1816)



Phot. 561

Embranchement: Echinodermata

Classe: Asteroidea

Ordre: Valvatida

Famille: Ophidiasteridae

Genre: *Ophidiaster*

Nom vernaculaire: étoile de mer violette, astérie serpent, astérie pourpre

Description

Étoile de mer violacée, orange ou rouge, parfois avec beaucoup de pintes de violette. Elle est robuste et peut mesurer jusqu'à 45 cm de diamètre. Le disque central est très petit, d'où partent cinq bras très allongés, de section circulaire et de diamètre constant, leur extrémité est arrondie. (**Photos 561 - 563**).

Biotope

Vit sur les fonds rocheux éclairés ou moyennement ombragés, dans des zones où l'eau est modérément battue. Cette espèce préfère les températures élevées. On la trouve de 5 à 40 m de profondeur.

Distribution

En Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar. Dans l'Atlantique Est, des Açores au golfe de Guinée.

Tolérance environnementale

Ophidiaster ophidianus est inscrite sur la liste des espèces protégées de la Convention de Barcelone (Boudouresque, 2002). On la rencontre facilement dans les zones de haute qualité environnementale (Tunesi *et al.*, 2008; Micael *et al.*, 2012). Elle est également classée comme espèce thermophile, sa présence dans des zones dont elle était auparavant absente peut donc

indiquer une possible élévation de la température de l'eau (Francour *et al.*, 1994; Pérez, 2008).

Figures de protection

Inscrite à l'Annexe II du Protocole Aires Spécialement Protégées/Diversité Biologique de la Convention de Barcelone (Espèces en danger ou menacées) et à l'Annexe II de la Convention de Berne (Espèces de faune strictement protégées).

Inscrite dans la Liste espagnole des espèces sauvages sous régime de protection spéciale (LESRPE, décret royal 139-2011).

Inscrite au Livre Rouge des Invertébrés d'Andalousie (Barea-Azcón *et al.*, 2008), dans la catégorie "Vulnérable".



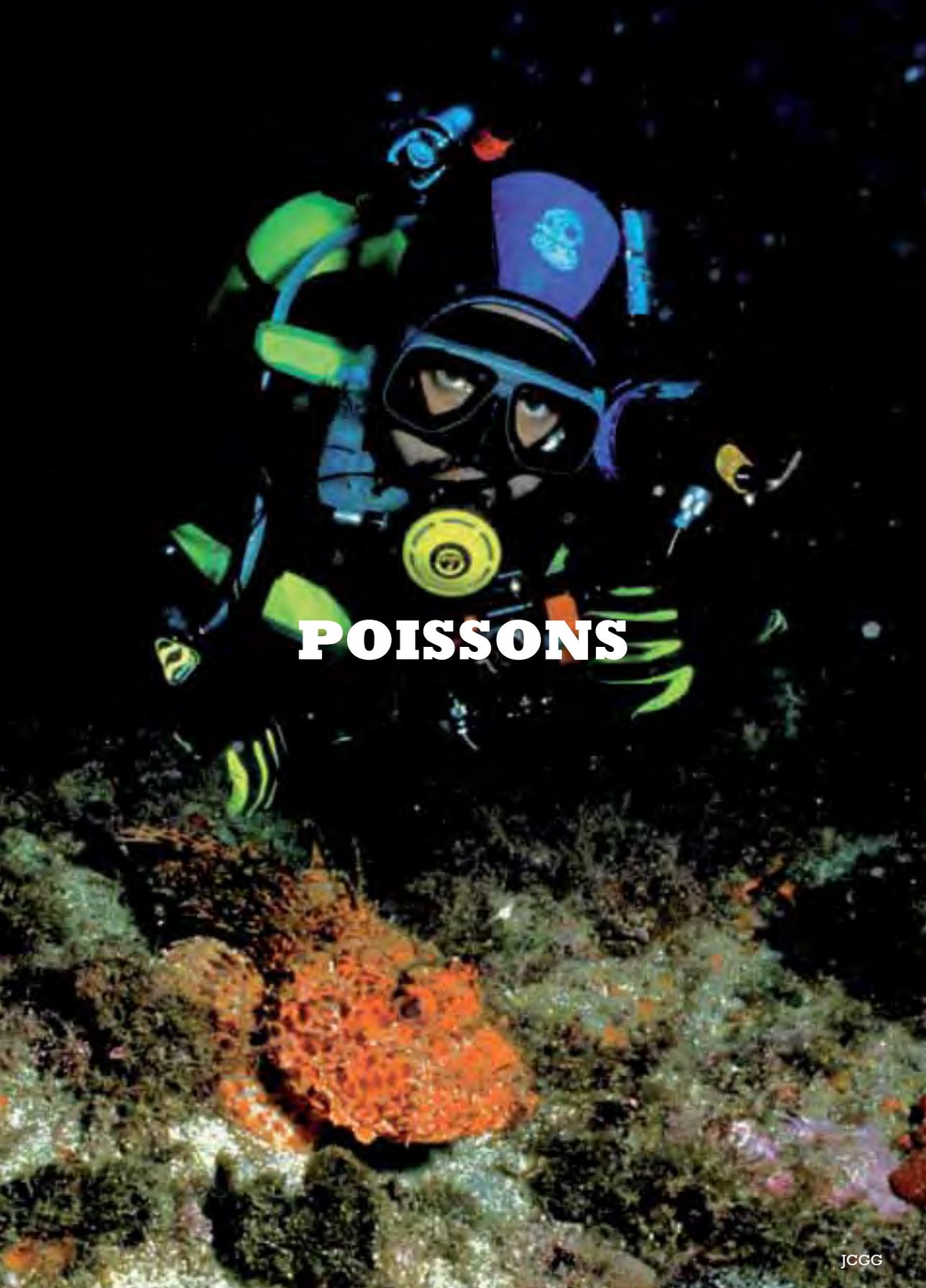
JCGG

Phot. 562



JCCG

Phot. 563



POISSONS

12.10. *Apogon imberbis* (Linnaeus, 1758)



Phot. 565

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Vertebrata
Classe: Actinopterygii
Ordre: Perciformes
Famille: Apogonidae
Genre: *Apogon*
Nom vernaculaire: castagnole rouge, roi des rougets, coq, cardinal, apogon

Description

Poisson au corps ovale et court de couleur rouge vif, aux nageoires roses, pouvant mesurer jusqu'à 15 cm de longueur (**photo 565**). Il présente deux ou trois points noirs près de la base de la nageoire caudale, pouvant être parfois attachés. Les nageoires pectorales sont longues, elles peuvent atteindre le début de la nageoire anale. La première nageoire dorsale est triangulaire, la seconde est plus longue et plus large que la première. Les yeux sont grands, ronds et noirs barrés de deux fines stries blanches horizontales, et les parties dorsale et ventrale de la tête sont de couleur marron. Elle possède une grande bouche avec mâchoire inférieure proéminente, pourvue de petites dents fines.

Biotope

Animal migrateur qui peut vivre seul ou en groupe. Il s'établit généralement sur des substrats rocheux, dans des crevasses ou des grottes (**photo 566**). C'est une espèce très sciaphile (qui élit domicile dans des milieux complètement obscurs). Elle peut être observée uniquement durant la journée par les plongeurs s'ils introduisent la tête dans des crevasses ou des cavités où ils pourront les voir tout au fond. On les trouve depuis les fonds peu profonds, à 1 ou 2 m de profondeur, dans des lieux ombragés, jusqu'à 200 m.

Distribution

Méditerranée et Atlantique, y compris le détroit de Gibraltar.

Tolérance environnementale

Bien qu'elle ait été occasionnellement signalée dans des substrats vaseux, cette espèce, typique des enclaves rocheuses très ombragées et couvertes, est sensible aux perturbations du milieu et préfère des eaux propres, renouvelées et non polluées (Guidetti *et al.*, 2002, 2004; García-Gómez, 2007). Néanmoins, si ces perturbations ne sont pas trop importantes, l'espèce peut se maintenir (Guidetti *et al.*, 2003; Azzurro *et al.*, 2010).

Si on ne la voit pas dans la journée hors de ses refuges sombres, l'observateur doit contrôler, dans la zone de plongée habituelle, et durant les mois de l'année où elle vit dans la zone (groupe d'au moins quelques individus) sa présence dans les grottes et les crevasses faciles à repérer en plongée (Bussotti *et al.*, 2003).



JCGG

Phot. 566

12.11. *Thalassoma pavo* (Linnaeus, 1758)



Phot. 567

Description

Ce poisson se caractérise par son corps fusiforme, élancé et comprimé sur les flancs. Tête moyenne et convexe avec des lèvres pas très épaisses et des replis, les dents sont coniques et disposées en une seule rangée sur chaque mâchoire. Les yeux sont petits. Les nageoires dorsale et anale sont longues, la première plus longue que la seconde, l'extrémité postérieure est pointue. Les nageoires pectorales sont longues et obliques et les pelviennes sont courtes. Les mâles atteignent 25 cm de longueur et sont verts avec de fines lignes transversales roses, la tête rouge réticulée de bleu, les lèvres sont blanches. Les bandes transversales sont de couleur variable sur les flancs. Ils présentent aussi sur les flancs une frange bleue dans la zone des nageoires pectorales, et des bandes longitudinales de diverses couleurs sur les nageoires dorsale et anale. Les femelles atteignent une longueur de 15 cm, elles sont de couleur vert clair avec 5 ou 6 bandes bleues transversales et la tête est réticulée de lignes bleu clair, elles portent sur le dos une tache noire et des bandes longitudinales près des nageoires impaires. Il existe différentes variétés de couleur de ce poisson, qui était considéré auparavant comme des espèces différentes. Cette espèce est néanmoins facile à reconnaître et à distinguer des autres labridés, il ne devrait pas y avoir d'erreur d'identification en plongée. (**Photo 567**).

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Vertebrata
Classe: Actinopterygii
Ordre: Perciformes
Famille: Labridae
Genre: *Thalassoma*
Nom vernaculaire: girelle-paon,
girelle turque



Phot. 568

Biotope

Cet animal grégaire très actif qui vit sur les fonds rocheux et dans les herbiers de phanérogames (**photo 568**, dans les cercles; **photo 569**), fréquente les grottes, anfractuosités, parois verticales, blocs rocheux et pierres recouvertes d'algues. Il est également observé également à l'interface roche-sable et sable-phanérogames, sur les fonds de sables vaseux et grossiers, graviers et détritiques ainsi qu'à l'intérieur des éponges et des tubes vides des vers polychètes. On le rencontre de 1 et 50 mètres de profondeur.

Distribution

Méditerranée y compris le détroit de Gibraltar. Atlantique Est, du Portugal au Congo.

Tolérance environnementale

Comme la plupart des labridés de Méditerranée, c'est une espèce sensible vivant dans des eaux limpides, renouvelées et non polluées (García-Gómez, 2007). Elle est généralement sensible à la présence de polluants dans l'eau (Azzurro *et al.*, 2010), mais plusieurs études signalent certains cas où l'espèce n'est pas affectée par différents types de perturbation (Guidetti *et al.*, 2002, 2003, 2004; Araújo *et al.*, 2005).

Bien qu'elle fuit très rapidement, elle s'approche facilement du plongeur s'il soulève doucement une pierre pour examiner la couverture lapidicole ou prélève des échantillons du substrat. Cette espèce est donc facilement repérable sur les lieux de plongée habituels, surtout à faible profondeur (de 0 à 15 m) et si les fonds n'ont pas été perturbés de façon significative.



Phot. 569

12.12. *Anthias anthias* (Linnaeus, 1758)



JCGG

Phot. 570

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Vertebrata
Classe: Actinopterygii
Ordre: Perciformes
Famille: Serranidae
Genre: *Anthias*
Nom vernaculaire: anthias, barbier
hirondelle, castagnole rouge

Description

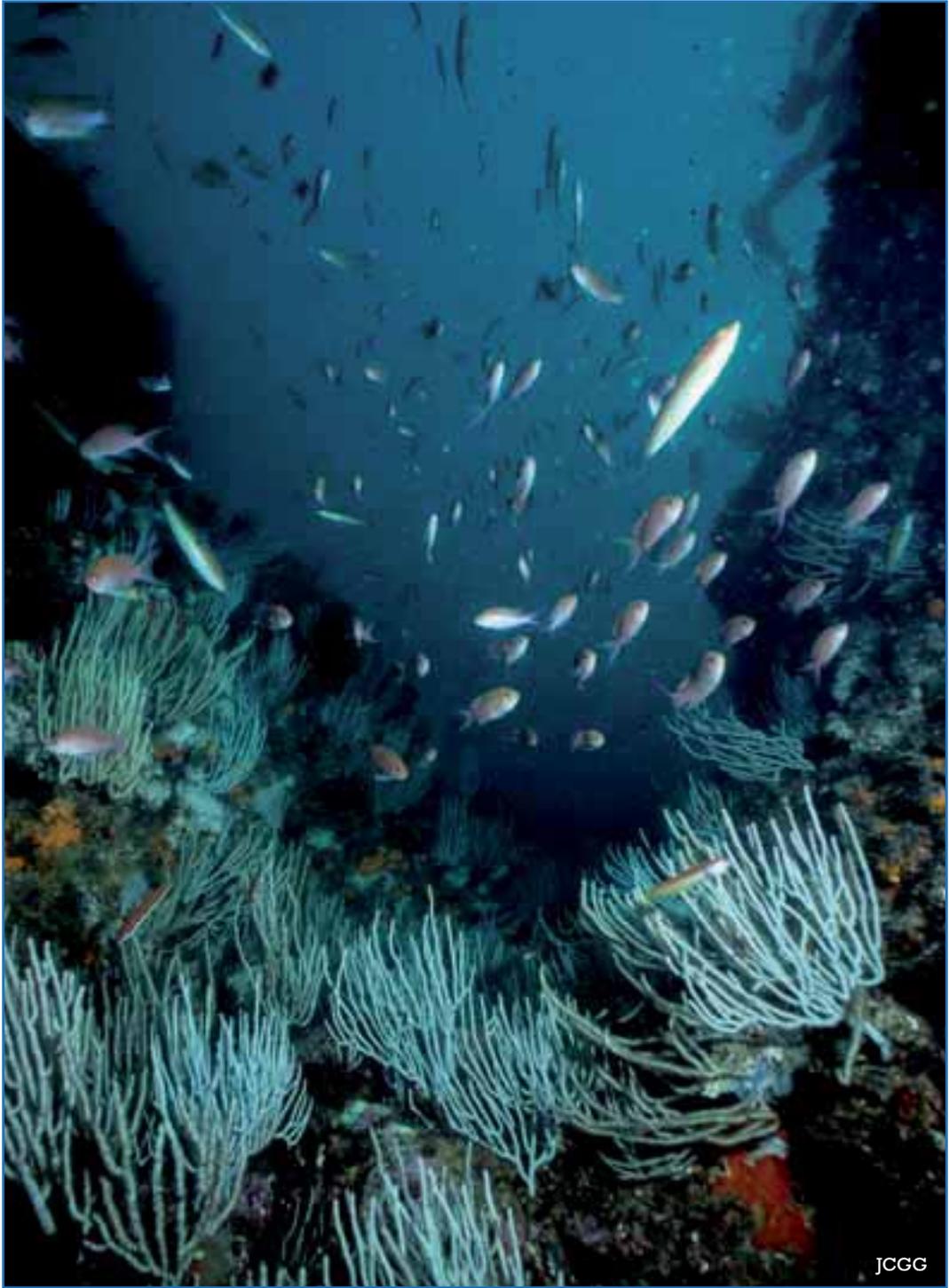
Le corps de cette espèce est ovale, haut et comprimé sur les côtés. Il atteint une longueur de 25 cm mais il est généralement plus petit. Il est muni de grands yeux, d'une tête haute, un museau court, et une large bouche oblique et protractile pourvue de nombreuses petites dents. La mâchoire inférieure est plus proéminente que la supérieure. Le corps est rouge et le ventre un peu plus clair. Sur le flanc et le museau figurent trois bandes jaunes longitudinales. Les bords des nageoires sont violets. La nageoire dorsale occupe quasiment tout le dos, les nageoires pectorales sont grandes, larges et rondes, les nageoires pelviennes sont très longues et la nageoire caudale largement échancrée (**photo 570**).

Biotope

Cette espèce vit en petits groupes. On la trouve sur des fonds rocheux, notamment près des parois verticales (**photo 571**) à l'entrée des cavités et des crevasses (**photos 572 et 573**), mais on trouve aussi de grands bancs au-dessus de blocs rocheux et d'enclaves rocheuses horizontales (proches de promontoires rocheux) (**photos 574 et 575**). On la rencontre habituellement à partir 20 m de profondeur mais aussi à moindre profondeur dans des zones rocheuses ombragées.

Distribution

Méditerranée et Atlantique, y compris dans la mer d'Alboran et le détroit de Gibraltar, où l'espèce est très abondante.



JCGG

Phot. 571



Phot. 572



Phot. 573

Tolérance environnementale

Espèce sensible qui exige des eaux limpides, non polluées et renouvelées (García-Gómez, 2007), elle est donc plus abondante dans les zones bénéficiant de mesures de protection (Cecchi *et al.*, 2007; Consoli *et al.*, 2013). Elle fait les délices des plongeurs en raison de sa couleur et de son abondance mais aussi parce qu'elle vit près des surfaces rocheuses et laisse s'approcher le plongeur qui se sent ainsi accompagné sur les fonds rocheux (Templado *et al.*, 2012). Si l'espèce disparaît des lieux de plongée habituels, entre 20 et 40

m, cela signifie qu'un grave facteur de perturbation est apparu, provoquant sa fuite des sites dans lesquels elle était présente.

Nous n'avons pas encore pu le confirmer, mais nous pouvons raisonnablement penser que, même s'il s'agit d'une espèce aux habitudes sédentaires, sa capacité de fuite en cas de dégradation des conditions environnementales en fait un indicateur de choix car, par sa disparition, elle est la première à signaler la survenue d'une perturbation dès sa phase initiale. Les indicateurs benthiques, fixés aux substrats, ne peuvent fournir de réponse aussi rapide (prisonniers de leur substrat, ils ne peuvent fuir). Il est recommandé de choisir sur le parcours de plongée habituel un site facilement repérable où le plongeur pourra observer la présence continue de l'espèce en formations denses.



Phot. 574



Phot. 575

12.13. *Phycis phycis* (Linnaeus, 1766)



Phot. 576

Embranchement: Chordata
Sous-embranchement: Vertebrata
Classe: Actinopterygii
Ordre: Gadiformes
Famille: Phycidae
Genre: *Phycis*
Nom vernaculaire: mostelle de roche

Description

La mostelle est un poisson au corps oblong, fusiforme et légèrement comprimé latéralement. Elle peut atteindre un mètre de longueur, le corps est brun avec des reflets violacés, marron foncé sur les nageoires, les flancs sont plus clairs, et le ventre parfois blanc. La tête est petite et la bouche, pourvue de petites dents, est si grande qu'elle arrive jusqu'à l'extrémité de l'œil, la mâchoire supérieure est proéminente. Les yeux sont relativement grands. Elle possède deux nageoires dorsales de même hauteur, la première courte et la seconde assez longue. Les nageoires pectorales et la caudale sont arrondies. Les nageoires pelviennes situées devant les pectorales sont filamenteuses, longues et bifides, et leur extrémité atteint la base de la nageoire anale. (**Photos 576 - 578**).

Biotope

Espèce solitaire qui vit sur les fonds rocheux, surtout dans les anfractuosités et les grottes (**photo 579**). On la trouve de 20 à 600 m.

Distribution

En Méditerranée et dans l'Atlantique Est, de l'Irlande aux îles de Cap-Vert, y compris le détroit de Gibraltar.



Phot. 577

Tolérance environnementale

Phycis phycis est l'une des espèces les plus caractéristiques des fonds coralligènes du littoral espagnol (Templado *et al.*, 2012), qui exigent toujours de bonnes conditions environnementales. L'une des preuves de la sensibilité de *P.phycis* aux environnements perturbés est que l'espèce est plus abondante dans les zones bénéficiant de mesures de protection (Cecchi *et al.*, 2007). Enfin, c'est une espèce qui présente de faibles valeurs d'accumulation des différents éléments toxiques et polluants (Carvalho *et al.*, 2005).



JCGG

Phot. 578



JCCG

Phot. 579

BIBLIOGRAPHIE

- Abrams, P. A. 1996. *Evolution and the consequences of species introductions and deletions*. *Ecology* 77: 1321-1328.
- Addis, P., Secci, M., Brundu, G., Manunza, A., Corrias, S. et Cau, A. 2009. Density, size structure, shell orientation and epibiontic colonization of the fan mussel *Pinna nobilis* L. 1758 (Mollusca: Bivalvia) in three contrasting habitats in an estuarine area of Sardinia (W Mediterranean). *Scientia Marina* 73(1): 143-152.
- Ahn, Y. B., Rhee, S. K., Fennell, D. E., Kerkhof, L. J., Hentschel, U. et Häggblom, M. M. 2003. Reductive Dehalogenation of Brominated Phenolic Compounds by Microorganisms Associated with the Marine Sponge *Aplysina aerophoba*. *Applied and Environmental Microbiology* 69(7): 4159-4166.
- Airoldi, L., Turón, X., Perkol-Finkel, S. et Rius, M. 2014. Corridors for aliens but not for natives: effects of marine urban sprawl at a regional scale. *Diversity and Distributions* doi: 10.1111/ddi.12301.
- Albayrak, S. et Balkis, N. 2000. Hydroid Polyps of the Bosphorus. *Turkish Journal of Marine Sciences* 6(1): 41-53.
- Alfonso, M. I., Bandera, M. E., López-González, P. J. et García-Gómez, J. C. 1998. Spatio-temporal distribution of the cumacean community associated to seaweed as a bioindicator in Algeciras Bay. *Cahiers de Biologie Marine* 39: 197-205.
- Altamirano, M., Muñoz, A. R., De la Rosa, J., Barrajon-Minguez, A., Barrajon-Domenech, A., Moreno-Robledo, C. et Arroyo, M. C. 2008. The invasive species *Asparagopsis taxiformis* (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) on Andalusian coasts (Southern Spain): Reproductive stages. New records and invaded communities. *Acta Botanica Malacitana* 33: 5-15.
- Altug, G., Aktan, Y., Oral, M., Topaloglu, B., Dede, A., Keskin, Ç., Isinibilir, M., Çardak, M. et Çiftçi, P. S. 2011. Biodiversity of the northern Aegean Sea and southern part of the Sea of Marmara, Turkey. *Marine Biodiversity Records* 4: 1-17.
- Angiolillo, M., Bo, M., Bavestrello, G., Giusti, M., Salvati, E. et Canese, S. 2012. Record of *Ellisella paraplexauroides* (Anthozoa: Alcyonacea: Ellisellidae) in Italian waters (Mediterranean Sea). *Marine Biodiversity Records* 5(4): 1-8.
- Araújo, M. F., Cruz, A., Humanes, M., Lopes, M. T., da Silva, J. A. L. et Fraústo da Silva, J. J. R. 1999. Elemental composition of Demospongiae from the eastern Atlantic coastal waters. *Chemical Speciation and Bioavailability* 11(1): 25-36.
- Araújo, R., Almeida, A. J. et Freitas, M. 2005. The impact of the oil spill of the tanker "Aragon" on the littoral fish fauna of Porto Santo (NE Atlantic Ocean) in 1991 and ten years later. *Bocagiana* 217: 1-8.
- Arévalo, R., Pinedo, S. et Ballesteros, E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study et test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55: 104-113.
- Arias, E. et Morales, E. 1979. Variación estacional de organismos adherentes en el puerto de Castellón de la Plana. *Investigaciones Pesqueras* 43(2): 353-382.

- Aristegui, J. 1987. Introducción al estudio de de las comunidades de Briozoos más representativas del litoral de las Islas Canarias. *Cahiers de Biologie Marine* 28: 323-338.
- Astier, J. M. et Tailliez, P. 1978. Impacts des effluents du grand collecteur du cap Sicié sur la vie des fonds marins. *Bulletin de la Fondation scientifique Ricard, Observatoire de la Mer* 3: 13-23.
- Astruch, P., Boudouresque, C. F., Bonhomme, D., Goujard, A., Antonioli, P. A., Bonhomme, P., Perez, T., Ruitton, S., Saint-Martin, T. et Verlaque, M. 2012. Mapping and state of conservation of benthic marine habitats and assemblages of Port-Cros national Park (Provence, France, northwestern Mediterranean Sea). *Scientific Reports of Port-Cros National Park* 26: 45-90.
- Azzurro, E., Matiddi, M., Fanelli, E., Guidetti, P., La Mesa, G., Scarpato, A. et Axiak, V. 2010. Sewage pollution impact on Mediterranean rocky-reef fish assemblages. *Marine Environmental Research* 69: 390–397.
- Badalamenti, F., Ben Amer, I., Dupuy De La Grandrive, R., Foulquie, M., Milazzo, M., Sghaier, Y. R., Gomei, M. et Limam, A. 2011. *Scientific field survey report for the development of Marine Protected Areas in Libya*. Medpan South Project Technical Series, 31 pp.
- Bailey-Brock, J. H. et Krause, E. R. 2007. *Benthic Infauna Community Structure in Reef Sediments Adjacent to Sewage Outfalls at the Agana and Northern District Treatment Plants, Guam, Mariana Islands for 2005-2007*. Water Resources Research Center, University of Hawai 'i At Manoa, 80 pp.
- Baker, J. M., Hiscock, S., Hiscock, K., Levell, D., Bishop, G., Precious, M., Collinson, R., Kingsbury, R. et O'sullivan, A. J. 1931. The rocky shore biology of Bantry bay: a re-survey. *Irish Fisheries Investigations Series B (marine)* 23: 28 pp.
- Balata, D., Piazzzi, L., Cecchi, E. et Cinelli, F. 2005. Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposition. *Marine Environmental Research* 60: 403–421.
- Balata, D., Piazzzi, L. et Cinelli, F. 2007. Increase of sedimentation in a subtidal system: Effects on the structure and diversity of macroalgal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 351: 73–82.
- Ballesteros, E. 1992. *Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució*. Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques, 315 pp.
- Ballesteros, E. 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 44: 123-195.
- Ballesteros, E. et Karim, B. M. 2003. The coralligenous in the Mediterranean Sea. Definition of the coralligenous assemblage in the Mediterranean, its main builders, its richness and key role in benthic ecology as well as its threats. Project for the preparation of a Strategic Action Plan for the Conservation of the Biodiversity in the Mediterranean Region (SAP BIO). RAC/SPA- Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, 82 pp.
- Ballesteros, E. et Pardo, S. 2004. Los bosques de algas pardas. En: Luque, A. A. et Templado, J. (coords.). *Praderas y bosques marinos de Andalucía*, pp.223-236. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 336 pp.

- Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L. et De Torres, M. 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 172-180.
- Bandelj, V., Curiel, D., Lek, S., Rismondo, A. et Solidoro, C. 2009. Modelling spatial distribution of hard bottom benthic communities and their functional response to environmental parameters. *Ecological Modelling* 220: 2838–2850.
- Barbaglio, A., Mozzi, D., Sugni, M., Tremolada, P., Bonasoro, F., Lavado, R., Porte, C. et Candia-Carnevali, M. D. 2006. Effects of exposure to ED contaminants (TPT-Cl and Fenarimol) on crinoid echinoderms: comparative analysis of regenerative development and correlated steroid levels. *Marine Biology* 149: 65-77.
- Bard, S. M. 1998. A biological index to predict pulp mill pollution levels. *Water Environmental Research* 70(1): 108-122.
- Barea-Azcón, J. M., Ballesteros-Duperón, E. et Moreno, D. (coords.). 2008. *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*. Consejería de Medio ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Barsanti, M., Delbono, I., Ferretti, O., Peirano, A., Bianchi, C. N. et Morri, C. 2007. Measuring change of Mediterranean coastal biodiversity: diachronic mapping of the meadow of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in the Gulf of Tigullio. (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Hydrobiologia* 580: 35–41.
- Bazairi, H., Limam, A., Benhoussa, A., Navarro-Barranco, C., González, A. R., Maestre, M., Perez-Alcantara, J. P. et Espinosa, F. 2013. *Communautés biologiques marines du Cap des Trois Fourches (Méditerranée, Maroc): caractérisation, cartographie et orientations de gestion*. Ed. CAR/ASP - Projet MedMPAnet, Tunis, 98 pp.
- Becerro, M. A., Uriz, J. M. et Turón, X. 1994. Trends in space occupation by the encrusting sponge *Crambe crambe*: variation in shape as a function of size and environment. *Marine Biology* 121: 301-307.
- Bell, J. J. et Barnes, D. K. A. 2000. The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a temperate sea lough: vertical cliff surfaces. *Diversity and Distributions* 6: 283-303.
- Ben Mustapha, K., Komatsu, T., Hattour, A., Sammari, C., Zarrouk, S., Souissi, A. et El Abed, A. 2002. Tunisian mega benthos from infra (*Posidonia* meadows) and circalittoral (*coralligenous*) sites. *Bulletin de L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô* 29: 23-36.
- Benedetti-Cecchi, L., Pannacciulli, F., Bulleri, F., Moschella, P. S., Airoidi, L., Relini, G. et Cinelli, F. 2001. Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores. *Marine Ecology Progress Series* 214: 137–150.
- Benkdad, A., Laissaoui, A., Tornero, M. V., Benmansour, M., Chakir, E., Moreno Garrido, I. et Blasco Moreno, J. 2011. Trace metals and radionuclides in macroalgae from Moroccan coastal Waters. *Environmental Monitoring and Assessment* 182: 317–324.

Bermejo, R., Vergara, J. J. et Hernández, I. 2012. Application and reassessment of the reduced species list index for macroalgae to assess the ecological status under the Water Framework Directive in the Atlantic coast of Southern Spain. *Ecological Indicators* 12: 46–57.

Bermejo, R., De la Fuente, G., Vergara, J. J. et Hernández, I. 2013. Application of the CARLIT index along a biogeographical gradient in the Alboran Sea (European Coast). *Marine Pollution Bulletin* 72: 107–118.

Bianchi, C. N. 2007. Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. *Hydrobiologia* 580: 7–21.

Bianchi, C. N., Parravicini, V., Montefalcone, M., Rovere, A. et Morri, C. 2012. The Challenge of Managing Marine Biodiversity: A Practical Toolkit for a Cartographic, Territorial Approach. *Diversity* 4: 419–452.

Binark, N., Güven, K. C., Gezgin, T. et Ünlü, S. 2000. Oil Pollution of Marine Algae. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 64: 866–872.

Blandin, P. 1986. Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin Ecologie* 17(4): 211–307.

Blandin, P. et Lamotte, M. 1985. Écologie des systèmes et aménagement: fondements théoriques et principes méthodologiques, pp. 139–162. In: *Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire* (Lamotte, M. éd.), Masson, Paris.,

Bocchetti, R., Fattorini, D., Gambi, M. C. et Regoli, F. 2004. Trace metal concentrations and susceptibility to oxidative stress in the polychaete *Sabella spallanzani* (Gmelin) (Sabellidae): potential role of antioxidants in revealing stressful environmental conditions in the Mediterranean. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 46: 353–361.

Boisset-López, F. 1989. Influencia de la contaminación sobre las comunidades esciáfilas superficiales en régimen moderadamente batido del litoral valenciano. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 46(1): 139–148.

Boisset-López, F. 1992. Las comunidades algales esciáfilas en régimen relativamente calmado del litoral levantino. Comportamiento de los parámetros bionómicos y estructurales en función de la profundidad. *Lazaroa* 13: 5–22.

Bokn, T. L., Murray, S. N., Moy F. E. et Magnusson, J. B. 1992. *Changes in furoid distributions and abundances in the inner Oslofjord, Norway: 1974–80 versus 1988–90*. En: *Acta Phytogeographica Suecica* 78 (Eds. Sjogren, E., Wallentinus, I. and Snoeijs, P.), pp. 117–124. OPULUS Press A B, Uppsala.

Borja, A., Aguirrezabalaga, F., Martínez, J., Sola, J. C., García-Arberas, L. et Gorostiaga, J. M. 2004. Benthic communities, biogeography and resources management. *Elsevier Oceanography Series. Oceanography and Marine Environment of the Basque Country* 70: 455–492.

Borja, A., Fernández, J. A. et Orive, E. 2012. Aplicación de métodos numéricos al estudio de la distribución de los organismos bentónicos del intermareal rocoso de Vizcaya. *Oecologia aquatica* 6: 147–157.

Boudouresque, C. F. 2002. Protected marine species, prevention of species introduction and the national environmental agencies of Mediterranean countries: professionalism or amateurishness? En: Actes du congrès international "Environnement et identité en Méditerranée", Corte, 3-5 July 2002, Université de Corse Pascal Paoli publ. 4: 75-85.

Boudouresque, C. F. et Verlaque, M. 2002. Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine Pollution Bulletin* 44: 32-38.

Boyra, A., Nascimento, F. J. A., Tuya, F., Sánchez-Jerez, P. et Haroun, R. J. 2004. Impact of sea-cage fish farms on intertidal macrobenthic assemblages. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84: 665-668.

Bramanti, L., Movilla, J., Gurón, M., Calvo, E., Gori, A., Dominguez-Carrió, C., Grinyó, J., López-Sanz, A., Martínez-Quintana, A., Pelejero, C., Ziveri, P. et Rossi, S. 2013. Detrimental effects of ocean acidification on the economically important Mediterranean red coral (*Corallium rubrum*). *Global Change Biology* 19: 1897-1908.

Breves-Ramos, A., Passeri-Lavrado, H., De Oliveira Ribeiro, A. et Gonçalves da Silva, S. H. 2005. Succession in Rocky Intertidal Benthic Communities in Areas with Different Pollution Levels at Guanabara Bay (RJ-Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48(6): 951-965.

Bullimore, B. 1986. Skomer marine reserve subtidal monitoring project. *Hydrobiologia* 142: 340.

Burton, M., Lock, K., Gibss, R. et Newman, P. 2008. *Parazoanthus axinellae* population. Skomer Marine Nature Reserve project status report 2007/08. CCW Regional Report CCW/WW/08/3, 99 pp.

Bussotti, S., Guidetti, P. et Belmonte, G. 2003. Distribution patterns of the cardinal fish, *Apogon imberbis*, in shallow marine caves in southern Apulia (SE Italy). *Italian Journal of Zoology* 73; 153-157.

Cabral, A. C. 2013. *Hidrozoários bênticos, em substrato artificial, como indicadores de condições ambientais na baía da Babitonga, Santa Catarina*. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 114 pp.

Cancemi, G., De Falco, G. et Pergent, G. 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 961-968.

Candia-Carnevali, M. D., Galassi, S., Bonasoro, F., Patruno, M. et Thorndyke, M. C. 2001. Regenerative response and endocrine disrupters in crinoid echinoderms: arm regeneration in *Antedon mediterranea* after experimental exposure to polychlorinated biphenyls. *The Journal of Experimental Biology* 204: 835-842.

CAPMA. 2012. *Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz. Informe final de resultados*. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 109 pp.

Carballo, J. L. et Naranjo, S. 2002. Environmental assessment of a large industrial marine complex based on a community of benthic filter-feeders. *Marine Pollution Bulletin* 44: 605-610.

- Carballo, J. L., Sánchez-Moyano, J. E. et García-Gómez, J. C. 1994. Taxonomic and ecological remarks on boring sponges (Clionidae) from the Straits of Gibraltar (southern Spain): tentative bioindicators? *Zoological Journal of the Linnean Society* 112(4): 407-424.
- Carballo, J. L., Naranjo, S. A. et García-Gómez, J. C. 1996. Use of marine sponges as stress indicators in marine ecosystems at Algeciras Bay (southern Iberian Peninsula). *Marine Ecology Progress Series* 135: 109-122.
- Carballo, J. L., Naranjo, S. et García-Gómez, J. C. 1997. Where does the Mediterranean Sea begin? Zoogeographical affinities of the littoral sponges of the Straits of Gibraltar. *Journal of Biogeography* 24: 223-232.
- Carvalho, M. L., Santiago, S. et Nunes, M. L. 2005. Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 382: 426-432.
- Carvalho, S., Barata, M., Pereira, F., Gaspar, M. B., Cancela da Fonseca, L. et Pousao-Ferreira, P. 2006. Distribution patterns of macrobenthic species in relation to organic enrichment within aquaculture earthen ponds. *Marine Pollution Bulletin* 52: 1573-1584.
- Catarino, A. I., Cabral, H. N., Peeters, K., Pernet, P., Punjabi, U. et Dubois, P. 2008. Metal concentrations, sperm motility, and RNA/DNA ratio in two echinoderm species from a highly contaminated fjord (the Sørøfjord, Norway). *Environmental Toxicology and Chemistry* 27(7): 1553-1560.
- Cattaneo-Vietti, R., Benatti, U., Cerrano, C., Giovine, M., Tazioli, S. et Bavestrello, G. 2003. A marine biological underwater depuration system (MUDES) to process waste waters. *Biomolecular Engineering* 20: 291-298.
- Cebrian, E., Martí, R., Uriz, J. M. et Turón, X. 2003. Sublethal effects of contamination on the Mediterranean sponge *Crambe crambe*: metal accumulation and biological responses. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1273-1284.
- Cebrian, E., Úriz, M. J. et Turón, X. 2007. Sponges as biomonitors of heavy metals in spatial and temporal surveys in Northwestern Mediterranean: multispecies comparison. *Environmental Toxicology and Chemistry* 26: 2430-2439.
- Cecchi, E. et Piazzì, L. 2010. A new method for the assessment of the ecological status of coralligenous assemblages. *Biol. Mar. Mediterr* 17(1): 162-163.
- Cecchi, E., Piazzì, L. et Balata, D. 2007. Interaction between depth and protection in determining the structure of Mediterranean coastal fish assemblages. *Aquatic Living Resources* 20: 123-129.
- Cerrano, C., Totti, C., Sponga, F. et Bavestrello, G. 2006. Summer disease in *Parazoanthus axinellae* (Schmidt, 1862) (Cnidaria, Zoanthidea). *Italian Journal of Zoology* 73(4): 355-361.
- Cha, J. H., Kim, K. B., Song, J. N., Kim, I. S., Seo, J. B. et Kwoun, C. H. 2013. Comparative Study on the Fauna Composition of Intertidal Invertebrates between Natural and Artificial Substrata in the Northeastern Coast of Jeju Island. *Ocean Science Journal* 48(4): 319-328.

Charubhun, N., Charubhun, B. et Thongpan, A. 2003. Water Quality and Identification of Organisms Found at the Intake Water Area of South Bangkok Thermal Plant. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 37: 307-320.

Chabbi, N., Mastrototaro, F. et Missaoui, H. 2010. Ascidio fauna from the gulf of Hammamet (Mediterranean sea, Tunisia). *Bulletin de L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô* 37: 51-56.

Chebbi, N. 2010. *Etude systématique, bio-écologique et chimique des ascidies de Tunisie*. Thèse. Institut National Agronomique de Tunisie, 301 pp.

Chia, F. 1973. Killing of marine larvae by diesel oil. *Marine Pollution Bulletin* 4(2): 29-30.

Chrysosvergis, F. et Panayotidis, P. 1995. Évolution des peuplements macrophytobenthiques le long d'un gradient d'eutrophisation (Golfe de Maliakos, Mer Egée, Grèce). *Oceanologica Acta* 8(6): 649-658.

Cima, F., et Ballarin, L. 2008. Effects of antifouling paints alternative to organotin-based ones on macrofouling biocoenosis of hard substrates in the lagoon of Venice. *Fresenius Environmental Bulletin* 17: 1901-1908.

Claudet, J., Pelletier, D., Jouvenel, J. Y., Bachet, F. et Galzin, R. 2006. Assessing the effects of marine protected area (MPA) on a reef fish assemblage in a northwestern Mediterranean marine reserve: Identifying community-based indicators. *Biological Conservation* 130: 349-369.

Cocito, S., Bedulli, D. et Sgorbini, S. 2002. Distribution patterns of the sublittoral epibenthic assemblages on a rocky shoal in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Scientia Marina* 66: 175-181.

Coito, R., Torres, P., Costa, M. C., Humanes, M. et Almeida, M. 2007. Acetylcholinesterase activity in marine sponges from the Portuguese coast. *Revista lusófona de Ciências e Tecnologias da Saúde* 4(2): 202-214.

Conradi, M., López-González, P. J. et García-Gómez, J. C. 1997. The amphipod community as a bioindicator in Algeciras Bay (Southern Iberian Peninsula) based on a spatio-temporal distribution. *Marine Ecology PSZN* 18(2): 97-111.

Conradi, M., López-González, P. J., Cervera, J. L. et García-Gómez, J. C. 2000. Seasonality and spatial distribution of peracarids associated with the bryozoan *Bugula neritina* (L.) in Algeciras Bay, Spain. *Journal of Crustacean Biology* 20(2): 334-349.

Consoli, P., Sarà, G., Mazza, G., Battaglia, P., Romeo, T., Incontro, V. et Andaloro, F. 2013. The effects of protection measures on fish assemblage in the Plemmirio marine reserve (Central Mediterranean Sea, Italy): A first assessment 5 years after its establishment. *Journal of Sea Research* 79: 20-26.

Contardo-Jara, V., Miyamoto, J. H. S., Da Gama, B. A. P., Molis, M., Wahl, M. et C. Pereira, R. C. 2006. Limited evidence of interactive disturbance and nutrient effects on the diversity of macrobenthic assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 308: 37-48.

- Cook, P. L. 1967. Polyzoa (Bryozoa) from West Africa. The Pseudostega, the Cribrimorpha and some Ascophora Imperfecta. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology* 15(7): 321-351.
- Corriero, G., Gherardi, M., Giangrande, A., Longo, C., Mercurio, M., Musco, L. et Marzano, C. N. 2004. Inventory and distribution of hard bottom fauna from the marine protected area of Porto Cesareo (Ionian Sea): Porifera and Polychaeta. *Italian Journal of Zoology* 71: 237-245.
- Corriero, G., Longo, C., Mercurio, M., Marchini, A. et Occhipinti-Ambrogi, A. 2007. Porifera and Bryozoa on artificial hard bottoms in the Venice Lagoon: Spatial distribution and temporal changes in the northern basin. *Italian Journal of Zoology* 74(1): 21–29.
- Cranston, P. S., Fairweather, P. et Clarke, G. 1996. Biological indicators of water quality. En: Indicators of Catchment Health: a technical perspective (Eds: Walter, J. y Reuter, D. J.) pp. 143-154. CSIRO, Melbourne.
- Cullinane, J. P. et McCarthy, P. 1975. The effect of oil pollution in Bantry Bay. *Marine Pollution Bulletin* 6(11): 173–176.
- Cúrdia, J., Monteiro, P., Afonso, C. M. L., Santos, M. N., Cunha, M. R. et Gonçalves, J. M. S. 2013. Spatial and depth-associated distribution patterns of shallow gorgonians in the Algarve coast (Portugal, NE Atlantic). *Helgoland Marine Research* 67: 521-534.
- Davies, J. 1998. Bristol Channel and approaches (Cape Cornwall to Cwm yr Eglwys, Newport Bay) (MNCR Sector 9). En: *Marine Nature Conservation Review. Benthic marine ecosystems of Great Britain and the north-east Atlantic*, Ed. K. Hiscock, 255–295. Peterborough, Joint Nature Conservation Committee. (Coasts and seas of the United Kingdom. MNCR series.)
- De Caralt, S., López-Legentil, S., Tarjuelo, I., Úriz, M. J. et Turón, X. 2002. Contrasting biological traits of *Clavelina lepadiformis* (Ascidacea) populations from inside and outside harbours in the western Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 244: 125–137.
- De Felice, R. C., Eldredge, L. G. et Carlton, J. T. 2001. *Salmacina dysteri* (Huxley, 1885). En: A Guidebook of Introduced Marine Species in Hawaii (Eds. Eldredge, L. G. et Smith, C. M.), pp 35-36. Bishop Museum Technical Report 21.
- De Juan, S., Lo Iacono, C. et Demestre, M. 2013. Benthic habitat characterisation of soft-bottom continental shelves: Integration of acoustic surveys, benthic samples and trawling disturbance intensity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 117: 199-209.
- Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., Mercier-Pécard, M., Derrien, R. et Decaris, F. X. 2008. *Résultats de la surveillance du Benthos. Région Bretagne. Suivi stationnel des roches subtidales 2007*, Volume 1. Muséum National d'Histoire Naturelle - Station de Biologie Marine de Concarneau. Département Milieux et Peuplements Aquatiques, 315 pp.
- Di Franco, A., Milazzo, M., Baiata, P., Tomasello, A. et Chemello, R. 2009. Scuba diver behaviour and its effects on the biota of a Mediterranean marine protected area. *Environmental Conservation* 36: 32–40.
- Dietl, G. P. et Alexander, R. R. 2005. High frequency and severity of breakage-induced shell repair in western Atlantic Pinnidae (Bivalvia). *Journal of Molluscan Studies* 71(3): 307-311.

- Díez, I., Secilla, A., Santolaria, A. et Gorostiaga, J. M. 1999. Phytobenthic Intertidal Community Structure Along an Environmental Pollution Gradient. *Marine Pollution Bulletin*, 38(6): 463-472.
- Díez, I., Santolaria, A. et Gorostiaga, J. M. 2003. The relationship of environmental factors to the structure and distribution of subtidal seaweed vegetation of the western Basque coast (N Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 1041-1054.
- Díez, I., Secilla, A., Santolaria, A. et Gorostiaga, J. M. 2007. Assessing the Impact of 'Prestige' oil spill in Phytobenthic Intertidal Communities from the Basque coast: Results from 2004 to 2005. *Abstracts book of the Symposium on Marine Accidental Oil Spills – VERTIMAR*, 118.
- Díez, I., Santolaria, A., Secilla, A. et Gorostiaga, J. M. 2009. Recovery stages over long-term monitoring of the intertidal vegetation in the 'Abra de Bilbao' area and on the adjacent coast (N. Spain). *European Journal of Phycology* 44(1): 1-14.
- Díez, I., Bustamante, M., Santolaria, A., Tajadura, J., Mugerza, N., Borja, A., Muxika, I., Saiz-Salinas, J. I. et Gorostiaga, J. M. 2012. Development of a tool for assessing the ecological quality status of intertidal coastal rocky assemblages, within Atlantic Iberian coast. *Ecological Indicators* 12: 58-71.
- Díez, I., Santolaria, A., Mugerza, N. et Gorostiaga, J. M. 2013. Measuring restoration in intertidal macrophyte assemblages following sewage treatment upgrade. *Marine Environmental Research* 84: 31-42.
- Dolenec, T., Vokal, B. et Dolenc, M. 2005. Nitrogen-15 signals of anthropogenic nutrient loading in *Anemonia sulcata* as a possible indicator of human sewage impacts on marine coastal ecosystems: a case study of Pirovac Bay and the Murter Sea (Central Adriatic). *Croatica Chemica Acta* 78(4): 593-600.
- Dolenec, T., Lojen, S., Kniewald, G., Dolenc, M., et Rogan, N. 2006. $\delta^{15}\text{N}$ of particulate organic matter and *Anemonia sulcata* as a tracer of sewage effluent transport in the marine coastal ecosystem of Pirovac Bay and the Murter Sea (Central Adriatic). *Materials and Geoenvironment* 53(1): 1-13.
- Dyrynda, P. 2005. The Ecology of Poole Harbour. *Proceedings in Marine Science* 7: 109-130.
- Echavarri-Erasun, B., Juanes, J. A., García-Castrillo, G. et Revilla, J. A. 2007. Medium-term responses of rocky bottoms to sewage discharges from a deepwater outfall in the NE Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 54: 941-954.
- El-Komi, M. M. 1991. Incidence and Ecology of Marine Fouling Organisms in the Eastern Harbour of Alexandria, Egypt. *Marine Pollution Bulletin* 23: 289-206.
- El-Lakhrach, H., Hattour, A., Jarboui, O., Elhasni, K. et Ramos-Esplá, A. A. 2012. Spatial distribution and abundance of the megabenthic fauna community in Gabes gulf (Tunisia, eastern Mediterranean Sea). *Mediterranean Marine Science* 13(1): 12-29.
- El-Wahidi, M., El-Amraoui, B., Biard, J. F., Uriz, M. J., Fassouane, A. et Bamhaoud, T. 2011. Seasonal and geographical variation range of antifungal activity of sponge extracts from the Moroccan Atlantic coasts. *Journal de Mycologie Médicale* 21: 28-32.
- Emara, A. M. et Belal, A. A. 2004. Marine fouling in Suez Canal, Egypt. *Egyptian journal of Aquatic Research* 30(A): 189-206.

- Erwin, P. M., López-Legentil, S., González-Pech, R. et Turón, X. 2012. A specific mix of generalists: bacterial symbionts in Mediterranean *Ircinia* spp. *Microbiological Ecology* 79: 619–637.
- Escoubet, S., Woitrain, F., Arnaud, A. et Escoubet, P. 2001. Some observations about *Astrospartus mediterraneus* and *Centrostephanus longispinus* in captivity. *Bulletin de l'Institut océanographique*, Monaco, n° spécial 20, fascicule 1.
- Espinosa, F. 2005. *Caracterización biológica del molusco protegido Patella ferruginea Gmelin, 1791 (Gastropoda: patellidae): bases para su gestión y conservación*. Thèse. Laboratorio de Biología Marina – Universidad de Sevilla, 329 pp.
- Espinosa, F., Guerra-García, J. M. et García-Gómez, J. C. 2007. Sewage pollution and extinction risk: an endangered limpet as a bioindicator? *Biodiversity and Conservation* 16: 377-397.
- Estacio, F., García-Adiego, E., Fa D., García-Gómez, J. C., Daza, J. L., Hortas, F. et Gómez-Ariza, J. L. 1997. Ecological analysis in a polluted area of Algeciras Bay (Southern Spain): external vs. Internal outfalls and environmental implications. *Marine Pollution Bulletin* 34(10): 780-793.
- Estacio, F., García-Adiego, E. M., Carballo, J. L., Sánchez-Moyano, J. E. et García-Gómez, J. C. 1999. Interpreting temporal disturbances in an estuarine benthic community under combined anthropogenic and climatic effects. *Journal of Coastal Research* 15(1): 155-167.
- Ezzat, L., Merle, P. L., Furla, P., Buttler, A. et Ferrier-Page, C. 2013. The response of the mediterranean gorgonian *Eunicella Singularis* to thermal stress is independent of its nutritional regime. *PLoS ONE* 8(5) e64370.
- Fa, D. A., Sánchez-Moyano, J. E., García-Asencio I., García-Gómez, J. C., Finlayson, C. et Sheader, M. 2003. A comparative study of the marine ecoregions of the South Iberian Peninsula, as identified from different coastal habitats. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 19(1.4): 135-147.
- Falcao, C. et Menezes de Széchy, M. T. 2005. Changes in shallow phytobenthic assemblages in southeastern Brazil, following the replacement of *Sargassum vulgare* (Phaeophyta) by *Caulerpa scalpelliformis* (Chlorophyta). *Botanica Marina* 48: 208–217.
- Fattorini, D. et Regoli, F. 2004. Arsenic speciation in tissues of the Mediterranean polychaete *Sabella spallanzanii*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23: 1881-1887.
- Fernández-Torquemada, Y., González-Correa, J. M., Martínez, J. E. et Sánchez-Lizaso, J. L. 2005. Evaluation of the effects produced by the construction and expansion of marinas on *Posidonia oceanica* (L.) Delile Meadows. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 49: 94-99.
- Foveau, A., Desroy, N., Dewarumez, J. M., Dauvin, J. C. et Cabioch, L. 2008. Long-term changes in the sessile epifauna of the Dover Strait pebble community. *Journal of Oceanography, Research and Data* 1: 1-11.
- Francour, P., Boudouresque, C. F., Harmelin, J. G., Harmelin-Vivien, M. L. et Quignard, J. P. 1994. Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators. *Marine Pollution Bulletin* 28: 523–526.

- Friedrich, A. B., Fischer, I., Proksch, P., Hacker, J. et Hentschel, U. 2001. Temporal variation of the microbial community associated with the mediterranean sponge *Aplysina aerophoba*. *Federation of European Microbiological Societies Microbiology Ecology* 38: 105-113.
- Gadelha, J. R., Ferreira, V. A. M., Abreu, S. N., Soares, A. M. V. M. et Morgado, F. M. R. 2010. Experimental mercury bioaccumulation trends in sea anemone *Actinia equina* exposed to chlor-alkali industry effluent contaminated water. *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry - Biological Responses to Contaminants* 3: 149-157.
- Galil, B. 2007. *Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea*. *Marine Pollution Bulletin* 55: 314-322.
- Galil, B. 2012. *Truth and consequences: the bioinvasion of the Mediterranean Sea*. *Integrative Zoology* 7(3): 299-311.
- García, P., Gutierrez Pesquera, L. M. et Zapico Redondo, E. 2011. Macroalgae in the intertidal zone of Cantabrian Sea: richness, cover of characteristic and opportunistic species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 21: 7-16.
- García-Charton, J. A., Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., Claudet, J., Badalamenti, F., Benedetti-Cecchi, L., Falcón, J. M., Milazzo, M., Schembri, P. J., Stobart, B., Vandeperre, F., Brito, A., Chemello, R., Dimech, M., Domenici, P., Guala, I., LeDiréach, L., Maggi, E. et Planes, S. 2008. Effectiveness of European Atlanto-Mediterranean MPAs: Do they accomplish the expected effects on populations, communities and ecosystems? *Journal for Nature Conservation* 16: 193-221.
- García-Gómez, J. C. 2002. *Paradigmas de una fauna insólita. Los Moluscos Opisthobranchios del Estrecho de Gibraltar*. Publicaciones del Instituto de Estudios Campogibaltareños. Serie Ciencias 29, 397 pp.
- García-Gómez, J. C. 2007. *Biota Litoral y Vigilancia Ambiental en las Áreas Marinas Protegidas*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, 193 pp.
- García-Gómez, J. C. 2008. Implicaciones de la biodiversidad marina en la evaluación de impactos, vigilancia ambiental y conservación del medio litoral, pp: 169-183. En: *Biodiversidad*. Ed. Presidència de la Generalitat, Fundació Premios Rey Jaime I.
- García-Gómez, J. C. et Magariño, S. 2010. *Bucear en el último confín de Europa, la isla de Tarifa*. Instituto de Estudios Campogibaltareños, Algeciras, 349 pp.
- García-Gómez, J. C., Manzano, C. et Olaya-Ponzone, L. 1997. Los Océanos y el Litoral Andaluz como escenario. In: *Naturaleza de Andalucía: El Mar* (2), Ed. Giralda, pp. 27-81.
- García-Gómez, J. C., López-Fé, C. M., Espinosa, F., Guerra-García J. M. et Rivera-Ingraham, G. A. 2011. Marine artificial micro-reserves: a possibility for the conservation of endangered species living on artificial substrata. *Marine Ecology* 32: 6-14.
- García-Gómez, J. C., Guerra-García, J. M., Espinosa, F., Maestre, M. J., Rivera-Ingraham, G. A., Fa, D., González, A. R., Ruiz-Tabares, A. et López-Fé, C.M. 2014. Artificial Marine Micro-Reserves Networks (AMMRNs): an innovative approach to conserve marine littoral biodiversity and protect endangered species. *Marine Ecology*, MAE-1921.R1.

García-Gómez, J. C., González, A. R., Maestre, M. J. et Espinosa, F. Long-term pattern of sessile bioindicators monitoring (rocky shores). Alert system proposal to detect coastal disturbances and climate change effects. (en curso de publicación)

García-Sánchez, M., Pérez-Ruzafa, I. M., Marcos, C. et Pérez-Ruzafa, A. 2012. Suitability of benthic macrophyte indices (EEI, E-MaQI and BENTHOS) for detecting anthropogenic pressures in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain). *Ecological Indicators* 19: 48-60.

Garrabou, J. 1997. Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient: a Geographical Information system (GIS) approach. Thèse. Departamento Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, 214 pp.

Garrabou, J. et Ballesteros, E. 2000. Growth of *Mesophyllum alternans* and *Lithophyllum frondosum* (Corallinales, Rhodophyta) in the northwestern Mediterranean. *European Journal of Phycology* 35 (2000) 1-10.

Garrabou, J. et Harmelin, J. G. 2002. A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology* 71: 966-978.

Garrabou, J., Sala, E., Arcas, A. et Zabala, M. 1998. The impact of diving on rocky sublittoral communities: A case of study of a bryozoan population. *Conservation Biology* 12(2): 302-312.

Garrabou, J., Perez, T., Sartoretto, S., et Harmelin, J. G. 2001. Mass mortality event in red coral *Corallium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series* 217: 263-272.

Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Díaz, D., Harmelin, J. G., Gambi, M. C., Kersting, D. K., Ledoux, J. B., Lejeusne, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, J. C., Serrano, E., Teixido, N., Torrents, O., Zabala, M., Zuberer, F. et Cerrano, C. 2009. Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology* 15: 1090-1103.

Geertz-Hansen, O., Enríquez, S., Duarte, C. M., Agustí, S., Vaqué, D. et Vidondo, B. 1994. Functional implications of the form of *Codium bursa*, a balloon-like Mediterranean macroalga. *Marine Ecology Progress Series* 108: 153-160.

Geisser, S et Greenhouse, S. W. 1958. An extension of Box' results on the use of *F* distribution in multivariate analysis. *Annals of Mathematical Statistics* 29: 885-891.

Geraci, S. et Relini, G. 1970. Fouling di zone inquinate. Osservazioni nel Porto di Genova. I. Briozoi. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli* 38: 21-32.

Giangrande, A. 1988. Polychaete zonation and its relation to algal distribution down a vertical cliff in the western Mediterranean (Italy): a structural analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 120: 263-276.

Giménez-Casalduero, F., Gomariz-Castillo, F. J. et Calvín, J. C. 2011. Hierarchical classification of marine rocky landscape as management tool at southeast Mediterranean coast. *Ocean & Coastal Management* 54: 497-506.

- Golubic, S. 1970. Effect of organic pollution on benthic communities. *Marine Pollution Bulletin* 1(4): 56-57.
- Gonçalves, J. M. S., Bentes, L., Coelho, R., Monteiro, P., Ribeiro, J., Correia, C., Lino, P. G. et Erzini, K. 2008. Non-commercial invertebrate discards in an experimental trammel net fishery. *Fisheries Management and Ecology* 15: 199–210.
- González del Val, A., Platas, G., Basilio, A., Cabello, A. Gorrochategui, J., Suay, I., Vicente, F., Portillo, E., Jiménez del Río, M., García-Reina, G. et Peláez, F. 2001. Screening of antimicrobial activities in red, green and brown macroalgae from Gran Canaria (Canary Islands, Spain). *International Microbiology* 4: 35-40.
- González-Irusta, J. M., Punzón, A. et Serrano, A. 2012. Environmental and fisheries effects on *Gracilechinus acutus* (Echinodermata: Echinoidea) distribution: is it a suitable bioindicator of trawling disturbance?. *ICES Journal of Marine Science* 69(8): 1457-1465.
- Gori, A., Rossi, S., Berganzo, E., Pretus, J. L., Dale, M. R. T. et Gili, J. M. 2011. Spatial distribution, abundance and relationship with environmental variables of the gorgonians *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* and *Leptogorgia sarmentosa* (Cape of Creus, Northwestern Mediterranean Sea). *Marine Biology* 158: 143-158.
- Gorostiaga, J. M. et Díez, I. 1996. Changes in the sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (Northern Spain). *Marine Ecology Progress Series* 130: 157-167.
- Gorostiaga, J. M., Santolaria, A., Secilla, A. et Díez, I. 1998. Sublittoral Benthic Vegetation of the Eastern Basque Coast (N. Spain): Structure and Environmental Factors. *Botanica Marina* 41: 455-465.
- Gorostiaga, J. M., Borja, A., Díez, I., Francés, G., Pagola-Carte, S. et Sáiz-Salinas, J. I. 2004. Recovery of benthic communities in polluted systems. *Elsevier Oceanography Series. Oceanography and Marine Environment of the Basque Country* 70: 549-578.
- Green R. H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. John Wiley & Sons, New York, 257 pp.
- Greenhouse, S. W. et Geisser, S. 1959. On methods in the analysis of profile data. *Psycho-metrika* 24: 95-112.
- Greenstreet, S. P. R., Rossberg, A. G., Fox, C. J., Le Quesne, W. J. F., Blasdale, T., Boulcott, P., Mitchell, I., Millar, C. et Moffat, C. F. 2012. Demersal fish biodiversity: species-level indicators and trends-based targets for the Marine Strategy Framework Directive. *Journal of Marine Science* 69(10): 1789-1801.
- Grubelić, I., Antolić, B., Despalatović, M., Grbec, B. et Beg-Paklar, G. 2004. Effect of climatic fluctuations on the distribution of warm-water coral *Astroides calycularis* in the Adriatic Sea: new records and review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84: 599-602.

Guallart, J. et Templado, J. 2012. *Pinna nobilis*. In: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 81 pp.

Guarnieri, G., Terlizzi, T., Bevilacqua, S. et Frascetti, S. 2012. Increasing heterogeneity of sensitive assemblages as a consequence of human impact in submarine caves. *Marine Biology* 159: 1155–1164.

Guerra-García, J. M. et García-Gómez, J. C. 2001. The spatial distribution of Caprellidea (Crustacea: Amphipoda): A stress bioindicator in Ceuta (North Africa, Gibraltar Area). *Marine Ecology PSZN* 22(4): 357-367.

Guerra-García, J. M. et García-Gómez, J. C. 2004a. Crustacean assemblages and sediment pollution in an exceptional case study: a harbour with two opposing entrances. *Crustaceana* 77(3): 353-370.

Guerra-García, J. M. et García-Gómez, J. C. 2004b. Poychaete assemblages and sediment pollution in a harbour with two opposing entrances. *Helgoland Marine Research* 58: 183-191.

Guerra-García, J. M. et García-Gómez, J. C. 2005a. Assessing pollution levels in sediments of an unusual harbour with two opposing entrances. *Journal of Environmental Management* 77: 1-11.

Guerra-García, J. M. et García-Gómez, J. C. 2005b. Oxygen levels versus chemical pollutants: do they have similar influence on macrofaunal assemblages? A case study in a harbour with two opposing entrances. *Environmental Pollution* 135: 281-291.

Guerra-García, J. M. et García-Gómez, J. C. 2006. Recolonization of defaunated sediments: Fine versus gross sand dredging versus experimental trays. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68: 328-342.

Guerra-García, J. M., Corzo, J. et García-Gómez, J. C. 2003a. Short-Term Benthic Recolonization after Dredging in the Harbour of Ceuta, North Africa. *Marine Ecology PSZN* 24(3): 1-13.

Guerra-García, J. M., Corzo, J. et García-Gómez, J. C. 2003b. Distribución vertical de la macrofauna en sedimentos contaminados del interior del puerto de Ceuta. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 19: 105-121.

Guerra-García, J. M., González-Vila, F. J. et García-Gómez, J. C. 2003c. Aliphatic hydrocarbon pollution and macrobenthic assemblages in Ceuta harbour: a multivariate approach. *Marine Ecology Progress Series* 263: 127-138.

Guerra-García, J. M., Maestre, M. J., González, A. R. et García-Gómez, J. C. 2006. Assessing a quick monitoring method using rocky intertidal communities as a bioindicator: a multivariate approach in Algeciras Bay. *Environmental Monitoring and Assessment* 116: 345–361.

Guidetti, P., Fanelli, G., Frascetti, S., Terlizzi, A. et Boero, F. 2002. Coastal fish indicate human-induced changes in the Mediterranean littoral. *Marine Environmental Research* 53: 77–94.

Guidetti, P., Terlizzi, A., Frascetti, S. et Boero, F. 2003. Changes in Mediterranean rocky-reef fish assemblages exposed to sewage pollution. *Marine Ecology Progress Series* 253: 269–278.

- Guidetti, P., Frascchetti, S., Terlizzi, A. et Boero, F. 2004. Effects of desertification caused by *Lithophaga lithophaga* (Mollusca) fishery on littoral fish assemblages along rocky coasts of southeastern Italy. *Conservation Biology* 18(5): 1417-1423.
- Guinda, X., Juanes, J. A., Puente, A. et Echavarrri-Erasun, B. 2012. Spatial distribution pattern analysis of subtidal macroalgae assemblages by a non-destructive rapid assessment method. *Journal of Sea Research* 67: 34–43.
- Guiry, M. D. 1973. The Marine Algal Flora of Bantry Bay, Co. Cork. *Irish Fisheries Investigations Series B (Marine)* 10, 23 pp.
- Hall-Spencer, J. M., Froglija, C., Atkinson, R. J. A. et Moore, P. G. 1999. The impact of Rapido trawling for scallops, *Pecten jacobaeus* (L.), on the benthos of the Gulf of Venice. *Journal of Marine Science* 56: 111–124.
- Hardisson, A., Frias, I. et de Bonis, A. 1998. Mercury in algae of the Canary Islands littoral. *Environment International* 24(8): 945-950.
- Hardy, F. G., Evans, S. M. et Tremayne, M. A. 1993. Long-term changes in the marine macroalgae of three polluted estuaries in north-east England. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 172: 81-92.
- Harmelin, J. G. et Capo, S. 2002. Effects of sewage on bryozoan diversity in Mediterranean rocky bottoms. En: Wyse Jackson, P. N., Buttler, C. J. et Spencer-Jones, M. (eds.), *Bryozoan Studies 2001*: 151-158. A. A. Balkema Publishers, Lisse, Abingdon, Exton, Tokyo.
- Hartl, M. G. J. et Ott, J. A. 1999. An *In-Situ* Study on the Influence of Ascidian Suspension Feeding on the Subtidal Nepheloid Layer in the Northern Adriatic Sea. *Marine Ecology* 20: 359-372.
- Hartnoll, R. G. 1998. Volume VIII. Circalittoral faunal turf biotopes. Scottish Association of Marine Sciences (UK Marine SAC Project), Oban, Scotland, 109 pp.
- Hayward, P. J. et Ryland, J. S. 1998. Cheilostomatous Bryozoa. Part I. Aeteoidea-Cribrilinoidea. *Synopses of the British Fauna (N. Ser.)* 10 (2^o ed.). Field Studies Council, Shrewsbury.
- Hergueta, E., Salas, C. et García-Raso, J. E. 2004. Las formaciones de *Mesophyllum alternans*. En: Luque, A. A. et Templado, J. (coords.). *Praderas y bosques marinos de Andalucía*, pp. 223-236. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 336 pp.
- Hiscock, K., Southward, A. J., Tittley, I. et Hawkins, S. J. 2004. Effects of changing temperature on benthic marine life in Britain and Ireland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14: 333-362.
- Hiscock, K., Sharrock, S., Highfield, J. et Snelling, D. 2010. Colonization of an artificial reef in south-west England – ex-HMS ‘Scylla’. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90(1): 69-94.
- Horridge, G. A. 1951. Occurrence of *Asparagopsis armata*-harv on the Scilly isles. *Nature* 167: 732-733.

Hughes, S. J. M., Jones, D. O. B., Hauton, C., Gates, A. R. et Hawkins, L. E. 2010. An assessment of drilling disturbance on *Echinus acutus* var. *norvegicus* based on in-situ observations and experiments using a remotely operated vehicle (ROV). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 395: 37-47.

Ibrahim, A. 2009. Impacts of urban activities on the coastal and marine ecosystems of Syria, and the adaptative measures. *Impact of large coastal Mediterranean cities on marine ecosystems, Alexandria, Egypt*: 1-4.

Iserentant, R. et De Sloover, J. L. 1976. Le concept de bioindicateurs. *Mém. Soc. Roy. Bot. Belg.* 7: 15-24.

Jeffrey, D. W., Madden, B. et Rafferty, B. 1993. Beach Fouling by *Ectocarpus siliculosus* in Dublin Bay. *Marine Pollution Bulletin* 26: 51-53.

Jelic-Mrcelic, G., Sliskovic, M. et Antolic, B. 2006. Biofouling communities on test panels coated with TBT and TBT-free copper based antifouling paints. *Biofouling* 22(5): 293-302.

Juanes, J. A., Guinda, X., Puente, A. et Revilla, J. A. 2008. Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. *Ecological Indicators* 8: 351-359.

Juanes, J. A. *et al.* 2010. Intercalibration of biological elements for transitional and coastal water bodies. North East Atlantic GIG: Coastal Waters - Macroalgae and Angiosperms. Macroalgae - Parameter intertidal or subtidal macroalgae rocky bottom, 109 pp.

Junoy, J. et Viéitez, J. M. 2008. Especies protegidas por la legislación recogidas durante la campaña. In: *Informe final sobre los trabajos realizados en el Laboratorio de Bentos de la Universidad de Alcalá con las muestras recogidas durante la campaña PALAMÓS08 (convenio SGP-UAH)*, pp. 58-64. Dpto. de Zoología y Antropología Física, Universidad de Alcalá, 112 pp.

Katsanevakis, S. et Thessalou-Legaki, M. 2009. Spatial distribution, abundance and habitat use of the protected fan mussel *Pinna nobilis* in Souda Bay, Crete. *Aquatic Biology* 8: 45-54.

Kiirikki, M. et Blomster, J. 1996. Wind induced upwelling as a possible explanation for mass occurrences of epiphytic *Ectocarpus siliculosus* (Phaeophyta) in the northern Baltic Proper. *Marine Biology* 127: 353-358.

Klein, J. C. et Verlaque, M. 2009. Macroalgal assemblages of disturbed coastal detritic bottoms subject to invasive species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82: 461-468.

Klein, J. C., Ruitton, S., Verlaque, M. et Boudouresque, C. F. 2005. Species introductions, diversity and disturbances in marine macrophyte assemblages of the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 290: 79-88.

Knight-Jones, P., Knight-Jones, W. et Ergen, Z. 1991. Sabelliform polychaetes, mostly from Turkey's Aegean coast. *Journal of Natural History* 25: 837-858.

Koçak, F. 2008. Bryozoan assemblages at some marinas in the Aegean Sea. *Marine Biodiversity Records* 1, e45 doi:10.1017/S1755267207005325.

- Kocak, F. et Kucuksezgin, F. 2000. Sessile fouling organisms and environmental parameters in the marinas of the Turkish Aegean coast. *Indian Journal of Marine Sciences* 29: 149-157.
- Koechlin, N. et Grasset, M. 1988. Silver contamination in the marine polychaetes annelid *Sabella pavonina*: A cytological and analytical study. *Marine Environmental Research* 26: 249-265.
- Kružić, P. 2002. Marine fauna of the Mljet National Park (Adriatic Sea, Croatia). 1. Anthozoa. *Natura Croatica* 11: 265-292.
- Kružić, P., Zibrowius, H. et Pozar-Domac, A. 2002. Actiniaria and Scleractinia (Cnidaria, Anthozoa) from the Adriatic Sea (Croatia): First records, confirmed occurrences and significant range extensions of certain species. *Italian Journal of Zoology* 69: 345-353.
- Lambert, C. C. et Lambert, G. 1998. Non-indigenous ascidians in southern California harbors and marinas. *Marine Biology* 130: 675-688.
- Lanyon J. M. et Marsh, H. 1995. Temporal changes in the abundance of some tropical intertidal seagrasses in North Queensland. *Aquatic Botany* 49 : 217-237.
- Lebrun P. 1981. L'Usage des bioindicateurs dans le diagnostic sur la qualité du milieu de vie, pp 13-14. En: *Ecologie appliquée: indicateurs biologiques et techniques d'études, Journées d'études, Grenoble*. Association Française des Ingénieurs Ecologues, Mainvilliers.
- Lejeusne, C., Chevaldonne, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F. et Pérez, T. 2010. Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology and Evolution*. 25(4): 250-260.
- Linares, C., Coma, R., Garrabou, J., Díaz, D. et Zabala, M. 2008. Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology* 45: 688-699.
- Littler, M. M. et Littler, D. S. 1981. Intertidal Macrophyte Communities from Pacific Baja California and the Upper Gulf of California: Relatively Constant vs. Environmentally Fluctuating Systems. *Marine Ecology Progress Series* 4: 145-158.
- Littler, M. M. et Murray, S. N. 1975. Impact of Sewage on the Distribution, Abundance and Community Structure of Rocky Intertidal Macro-organisms. *Marine Biology* 30: 277-291.
- Lloret, J., Marín, A., Marín-Guirao, L. et Carreño, M. F. 2006. An alternative approach for managing scuba diving in small marine protected areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16: 579-591.
- Lo Iacono, C., Orejas, C., Gori, A., Gili, J. M., Requena, S., Puig, P. et Ribó, M. 2012. Habitats of the Cap de Creus Continental Shelf and Cap de Creus Canyon, Northwestern Mediterranean. En: Harris, P. T. et Baker, E. K. (Eds.) *Seafloor geomorphology as benthic habitat*, pp. 457-469. Elsevier, 936 pp.
- López de la Cuadra, C. M. et García-Gómez, J. C. 1988. Briozoos Queilostomados del Estrecho de Gibraltar y áreas próximas. *Cahiers de Biologie Marine* 29: 21-36.

López de la Cuadra, C. M. et García-Gómez, J. C. 1994. *Zoogeographical study of the Cheilostomida from the Straits of Gibraltar*. En: *Biology and Paleobiology of Briozoans*. Eds: Hayward, P. J., Ryland, J. S. et Taylor, P. D. Olsen y Olsen, Denmark.

López de la Cuadra, C. M. et García-Gómez, J. C. 1996. The species of *Cellaria* (Bryozoa: Cheilostomatida) with large avicularia from West Africa. *Journal of Natural History* 30(1): 153-161.

López-Gappa, J. J., Tablado, A. et Magaldi, N. H. 1990. Influence of sewage pollution on a rocky intertidal community dominated by the mytilid *Brachidontes rodriguezii*. *Marine Ecology Progress Series* 63: 163-175.

López-González, P. J. 1993. Taxonomía y zoogeografía de los antozoos del Estrecho de Gibraltar y áreas próximas. Thèse. Universidad de Sevilla, 568 pp.

López-González, P. J., Conradi, M. et García-Gómez, J. C. 1997. New records of copepods associated with marine invertebrates from the Strait of Gibraltar and nearby areas. *Miscel-lània Zoològica* 20(1): 101-110.

López-González, P. J., Megina, C. et Conradi, M. 1999. *Ascidioxynus ibericus* n. sp. (Copepoda: Poecilostomatoidea: Lichomolgidae), associated with the ascidian *Clavelina dellavallei* from the Strait of Gibraltar. *Hydrobiologia* 400: 205-210.

Lopez y Royo, C., Pergent, G., Alcoverro, T., Buia, M. C., Casazza, G., Martínez-Crego, B., Pérez, M., Silvestre, F. et Romero, J. 2011. The seagrass *Posidonia oceanica* as indicator of coastal water quality: Experimental intercalibration of classification systems. *Ecological Indicators* 11: 557-563.

Lozano, G., Hardisson, A., Gutiérrez, A. J. et Lafuente, M. A. 2003. Lead and cadmium levels in coastal benthic algae (seaweeds) of Tenerife, Canary Islands. *Environment International* 28: 627-631.

Luna-Pérez, B., Valle, C., Vega Fernández, T., Sánchez-Lizaso, J. L. et Ramos-Esplá, A. A. 2010. *Halocynthia papillosa* (Linnaeus, 1767) as an indicator of SCUBA diving impact. *Ecological Indicators*. 10: 1017-1024.

Luna-Pérez, B., Valle-Pérez, C. et Sánchez-Lizaso, J. L. 2011. *Halocynthia papillosa* as SCUBA diving impact indicator: An in situ experiment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 398: 33-39.

Mahaut, M. L., Basuyaux, O., Baudinière, E., Chataignier, C., Pain, J. et Caplat, C. 2013. The porifera *Hymeniacidon perlevis* (Montagu, 1818) as a bioindicator for water quality monitoring. *Environmental Science and Pollution Research* 20: 2984-2992.

Malaquias, M. A. E., Bentes, L., Erzini, K. et Borges, T. C. 2006. Molluscan diversity caught by trawling fisheries: a case study in southern Portugal. *Fisheries Management and Ecology* 13: 39-45.

Maldonado, M., López-Acosta, M., Sánchez-Tocino, L. et Sitjà, C. 2013. The rare, giant gorgonian *Ellisella paraplexauroides*: demographics and conservation concerns. *Marine Ecology Progress Series* 479: 127-141.

- Mallia, A. et Schembri, P. J. 1995. Detecting low-level sewage pollution using rocky shore communities as bio-indicators. *Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* 34: 140.
- Mangano, M. C., Kaiser, M. J., Porporato, E. M. D. et Spanò, N. 2013. Evidence of trawl disturbance on mega-epibenthic communities in the Southern Tyrrhenian Sea. *Marine Ecology Progress Series* 475: 101-117.
- Mangialajo, L., Chiantore, M. et Cattaneo-Vietti, R. 2008. Loss of furoid algae along a gradient of urbanisation, and structure of benthic assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 358: 63–74.
- Manilal, A., Sujith, S., Seghal-Kiran, G., Selvin, J., Shakir, C., Gandhimathi, R et Premnath-Lipton, A. 2009. Antimicrobial potential and seasonality of red algae collected from the southwest coast of India tested against shrimp, human and phytopathogens. *Annals of Microbiology* 59: 207-219.
- Manilal, A., Sujith, S., Sabarathnam, B., Seghal-Kiran, G., Selvin, J., Shakir, C. et Premnath-Lipton, A. 2010. Bioactivity of the red algae *Asparagopsis taxiformis* collected from the southwestern coast of India. *Brazilian Journal of Oceanography* 58(2): 93-100.
- Mannino, A. M. 2003. Morphology et composition of mineral deposits of *Lithophyllum byssoides* (Lamarck) Foslie (Corallinales, Rhodophyta) from the Island of Ustica. *Plant Biosystems* 137(2): 203-214.
- Marchini, A., Gauzer, K. et Occhipinti-Ambrogi, A. 2004. Spatial and temporal variability of hard-bottom macrofauna in a disturbed coastal lagoon (Sacca di Goro, Po River Delta, Northwestern Adriatic Sea). *Marine Pollution Bulletin* 48: 1084–1095.
- Mariani, S., Uriz, M. J. et Turón, X. 2003. Methodological bias in the estimations of important meroplanktonic components from near-shore bottoms. *Marine Ecology Progress Series* 253: 67-75.
- Mastrototaro, F., D'onghia, G. et Tursi, A. 2008. Spatial and seasonal distribution of ascidians in a semi-enclosed basin of the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88: 1053–1061.
- Mauchly, J. W. 1940. Significance test for sphericity of a normal n -variate distribution. *Annals of Mathematical Statistics* 11: 204-209.
- May, V. 1985. Observations on algal floras close to two sewerage outlets. *Cunninghamia* 1(3): 385-394.
- McKinneya, F. K. et Jaklin, A. 2001. Sediment accumulation in a shallow-water meadow carpeted by a small erect bryozoan. *Sedimentary Geology* 145: 397-410.
- Megally, A. H. 1970. Ecological study on marine fouling organisms in the Eastern Harbour of Alexandria. M. Sc. Thèse, Faculty of Science, Alexandria University, 240 pp.
- Megina, C., González-Duarte, M. M., López-González, P. J. et Piraino, S. 2013. Harbours as marine habitats: hydroid assemblages on sea-walls compared with natural habitats. *Marine Biology* 160: 371-381.

Meziti, A., Kormas, K. A. R., Pancucci-Papadopoulou, M. A. et Thessalou-Legaki, M. 2007. Bacterial phylotypes associated with the digestive tract of the sea urchin *Paracentrotus lividus* and the Ascidian *Microcosmus* sp. *Russian Journal of Marine Biology* 33(2): 84-91.

Micael, J., Alves, M. J., Jones, M. B. et Costa, A. C. 2012. Diversity of shallow-water asteroids (Echinodermata) in the Azorean Archipelago. *Marine Biodiversity Records* 5-49: 1-10.

Milazzo, M., Chemello, R., Badalamenti, R.C. et Riggio, S. 2002. The impact of human activities in marine protected areas: What lessons should be learnt in the Mediterranean Sea? *P.Z.S.N.I. Marine Ecology* 23: 280- 290.

Miller, A. N. et Strychar, K. B. 2010. Effects of Heat and Salinity Stress on the Sponge *Cliona celata*. *International Journal of Biology* 2(2): 3-16.

Montefalcone, M. 2009. Ecosystem health assessment using the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: A review. *Ecological indicators* 9: 595–604.

Moreno, D. 2008. *Dendropoma petraeum* (Monterosato, 1884). En: Libro rojo de los invertebrados de Andalucía (Eds. Barea-Azcón, J. M., Ballesteros-Duperón, E. et Moreno, D), pp. 323-329. Tome 1. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

Moreno, D. et Arroyo, M. C. 2008. *Patella ferruginea* Gmelin, 1791. En: Libro rojo de los invertebrados de Andalucía (Eds. Barea-Azcón, J. M., Ballesteros-Duperón, E. et Moreno, D), pp. 308–319. Tome 1. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

Moreno D. et Barraón, A. 2008. *Pinna Rudis* (Linnaeus, 1758). En: Libro rojo de los invertebrados de Andalucía (Eds. Barea-Azcón, J. M., Ballesteros-Duperón, E. and Moreno, D), pp. 403-407. Tome 1. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

Moreno, D. et López-González, P. J. 2008. *Phyllangia mouchezii* (Lacaze-Duthiers, 1897). En: Libro rojo de los invertebrados de Andalucía (Eds. Barea-Azcón, J. M., Ballesteros-Duperón, E. et Moreno, D), pp. 272-276. Tome 1. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

Moreno, D., Arroyo, M. C. et López-González, P. J. 2008a. *Astroides calycularis* (Pallas, 1766). En: Libro rojo de los invertebrados de Andalucía (Eds. Barea-Azcón, J. M., Ballesteros-Duperón, E. et Moreno, D), pp. 281–287. Tome 1. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

Moreno, D., Linde-Rubio, A. et Maldonado-Barahona, M. 2008b. *Axinella polypoides* Schmidt, 1862. En: Barea-Azcón J. M., Ballesteros-Duperón, E. et Moreno, D. (coords.). *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*, pp. 192-196. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla.

Moreno, D., Linde-Rubio, A. et Remón-Menéndez, J. M. 2008c. *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus 1758). En: Libro rojo de los invertebrados de Andalucía (Eds. Barea-Azcón, J. M., Ballesteros-Duperón, E. et Moreno, D), pp. 386–392. Tome 1. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

- Moureaux, C., Simon, J., Mannaerts, G., Catarino, A. I., Pernet, P. et Dubois, P. 2011. Effects of field contamination by metals (Cd, Cu, Pb, Zn) on biometry and mechanics of echinoderm ossicles. *Aquatic Toxicology* 105: 698-707.
- Munda, I. M. 1993. Changes and degradation of seaweed stands in the Northern Adriatic. *Hydrobiologia* 260/261: 239-253.
- Naranjo, S. A., Carballo, J. L. et García-Gómez, J. C. 1996. Effects of environmental stress on ascidian populations in Algeciras Bay (southern Spain). Possible marine bioindicators?. *Marine Ecology Progress Series* 144: 119-131.
- Naranjo, S., Carballo, J. L. et García-Gómez, J. C. 1998. Towards a knowledge of marine boundaries using ascidians as indicators. Characterising transition zones for species distribution along Atlantic-Mediterranean shores. *Biological Journal of the Linnean Society* 64: 151-177.
- Ocaña, A., Sánchez-Tocino, L. et López-González, P. J. 2000. Faunistic and biogeographical observations concerning the Anthozoa (Cnidaria: Anthozoa) of the Granada coast (Sea of Alboran). *Zoologica Baetica* 11: 51-65.
- Okuş, E., Altıok, H., Yükses, A., Yılmaz, N., Yılmaz, A. A., Karhan, S. U., Demirel, N., Müftüoğlu, E., Demir, V., Zeki, S., Kalkan, E. et Taş, S. 2007. Biodiversity in western part of the Fethiye Bay. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment* 13: 19-34.
- Oliva, S., Mascaró, O., Llagostera, I., Pérez, M. et Romero, J. 2012. Selection of metrics based on the seagrass *Cymodocea nodosa* and development of a biotic index (CYMOX) for assessing ecological status of coastal and transitional waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 114: 7-17.
- Ordines, F., Jordá, G., Quetglas, A., Flexas, M., Moranta, J. et Massutí, E. 2011. Connections between hydrodynamics, benthic landscape and associated fauna in the Balearic Islands, western Mediterranean. *Continental Shelf Research* 31: 1835-1844.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P. et Stamatis, N. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Resources* 2(2): 45-65.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P. et Stamatis, N. 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators* 3: 27-33.
- Orfanidis, S., Papathanasiou, V. et Gounaris, S. 2007. Body size descriptor of *Cymodocea nodosa* indicates anthropogenic stress in coastal ecosystems. *Transitional Waters Bulletin* 2: 1-7.
- Orfanidis, S., Papathanasiou, V., Gounaris, S. et Theodosiou, T. 2010. Size distribution approaches for monitoring and conservation of coastal *Cymodocea* habitats. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20: 177-188.
- Orlando-Bonaca, M. et Lipej, L. 2009. Benthic macroalgae as bioindicators of the ecological status in the gulf of Trieste. *Varstvo Narave* 22: 63-72.
- Orlando-Bonaca, M., Lipej, L. et Orfanidis, S. 2008. Benthic macrophytes as a tool for delineating, monitoring and assessing ecological status: The case of Slovenian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin* 56: 666-676.

- Ormond, R. F. G. et Caldwell, S. 1982. The effect of oil pollution on the reproduction and feeding behaviour of the sea anemone *Actinia equina*. *Marine Pollution Bulletin* 13(4): 118-122.
- Otero, M., Cebrian, E., Francour, P., Galil, B. et Savini, D. 2013. Monitoreo de especies marinas invasoras en áreas marinas protegidas (AMP) del Mediterráneo: Estrategia y guía práctica para gestores. UICN, 136 pp.
- Pacios, I., Guerra-García, J. M., Baeza-Rojano, E. et Cabezas, M. P. 2011. The non-native seaweed *Asparagopsis armata* supports a diverse crustacean assemblage. *Marine Environmental Research* 71: 275-282.
- Pantoja-Trigueros, J., Redondo, M. S. et García, R. 2000. *Estudio sobre la biología, conservación y problemática del dátil de mar (Lithophaga lithophaga) en España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, España, 66 pp.
- Papadopoulou, C. P., Cazianis, C. T. et Grimanis, A. P. 1967. Neutron activation analysis of vanadium, copper, zinc, bromine and iodine in *Pyura microcosmus*. Proceedings of a Symposium IAEA, "Nuclear activation techniques in the life sciences": 365-377.
- Papadopoulou, C. et Kanas, G. D. 1977. Tunicate species as marine pollution indicators. *Marine Pollution Bulletin* 8(10): 229-231.
- Parlakay, A., Sukatar, A. et Şenkardeşler, A. 2005. Marine Flora Between South Çeşme and Cape Teke (Izmir, Aegean Sea, Turkey). *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 22: 187-194.
- Patti, F. P. et Gambi, M. C. 2001. Phylogeography of the invasive polychaete *Sabella spallanzanii* (Gmelin) (Sabellidae) based on the nucleotide sequence of internal transcribed spacer 2 (ITS2) of nuclear rDNA. *Marine Ecology Progress Series* 215: 169-177.
- Pećarević, M., Mikuš, J., Bratoš-Cetinić, A., Dulčić, J. et Calić, M. 2013. Introduced marine species in Croatian waters (Eastern Adriatic Sea). *Mediterranean Marine Science* 14(1): 224-237
- Pérez., T. 2008. Impact of climate change on biodiversity in the Mediterranean Sea. UNEP/MAP-RAC/SPA, 1-61.
- Pérez, T., Garrabou, J., Sartoretto, S., Harmelin, J. G., Francour, P. et Vacelet, J. 2000. Mortalité massive d'invertébrés marins: un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie* 323(10) : 853-865.
- Pérez, T., Vacelet, J. et Rebouillon, P. 2004. *In situ* comparative study of several mediterranean sponges as potential biomonitors of heavy metals. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova* 68: 517-525.
- Pérez-Cirera, J. L., Cremades, J. et Bárbara, I. 1989. Precisiones sistemáticas y sincológicas sobre algunas algas nuevas para Galicia o para las costas atlánticas de la península ibérica. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 46(1): 35-45.
- Pérez-Portela, R., Arranz, V., Rius, M. et Turón, X. 2013. Cryptic speciation or global spread? The case of a cosmopolitan marine invertebrate with limited dispersal capabilities. *Scientific Reports* 3, 3197 DOI: 10.1038/srep03197.

- Piazzì, L. et Balata, D. 2011. Coralligenous habitat: patterns of vertical distribution of macroalgal assemblages. *Scientia Marina* 75(2): 399-406.
- Piazzì, L., Balata, D., Cecchi, E., Cinelli, F. et Sartoni, G. 2010. Species composition and patterns of diversity of macroalgal coralligenous assemblages in the north-western Mediterranean Sea. *Journal of Natural History* 44(1-2): 1-22.
- Pinedo, S., García, M., Satta, M. P., Torras, X. et Ballesteros, E. 2003. Littoral benthic communities as indicators of environmental quality in mediterranean waters. *Proceedings of the second mediterranean symposium on marine vegetation*, 205-210.
- Pinedo, S., García, M., Satta, M. P., De Torres, M. et Ballesteros, E. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* 55: 126-135.
- Piola, R. F. et Johnston, E. L. 2006. Differential tolerance to metals among populations of the introduced bryozoan *Bugula neritina*. *Marine Biology* 148: 997-1010.
- Philp, R. B., Leung, F. Y. et Bradley, C. 2003. A Comparison of the Metal Content of Some Benthic Species from Coastal Waters of the Florida Panhandle Using High-Resolution Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) Analysis. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 44: 218-223.
- Previati, M., Scinto, A., Cerrano, C. et Osinga, R. 2010. Oxygen consumption in Mediterranean octocorals under different temperatures. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 390: 39-48.
- Rabaoui, L., Tlig-Zouari, T. et Ben Hassine, O. K. 2008. Distribution and habitat of the fan mussel *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Bivalvia) along the northern and eastern Tunisian coasts. *Cahiers de Biologie Marine* 49: 67-78.
- Ramos-Esplá, A. A. et Luque, A. A. 2004. Los fondos de Maërl. En: Luque, A. A. et Templado, J. (coords.). *Praderas y bosques marinos de Andalucía*, pp.223-236. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 336 pp.
- Read, G. B., Inglis, G., Stratford, P. et Ahyon, S. T. 2011. Arrival of the alien fanworm *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1791) (Polychaeta: Sabellidae) in two New Zealand harbours. *Aquatic Invasions* 6(3): 273-279.
- Riedel, B., Zuschin, M., Haselmair, A. et Stachowitsch, M. 2008. Oxygen depletion under glass: Behavioural responses of benthic macrofauna to induced anoxia in the Northern Adriatic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 367: 17-27.
- Rindi, F. et Guiry, M. D. 2004. A long-term comparison of the benthic algal flora of Clare Island, County Mayo, western Ireland. *Biodiversity and Conservation* 13: 471-492.
- Rius, M., Pineda, M. C. et Turón, X. 2009. Population dynamics and life cycle of the introduced ascidian *Microcosmus squamiger* in the Mediterranean Sea. *Biological Invasions* 11: 2181-2194.

- Rius-Viladomiu, M. 2008. Biology and population genetics of the invasive ascidian *Microcosmus squamiger*. Thèse, Universidad de Barcelona, Departamento de Biología animal, 186 pp.
- Rivera-Ingraham, G. A., Espinosa, F. et García-Gómez, J. C. 2011. Conservation status and updated census of *Patella ferruginea* (Gastropoda, Patellidae) in Ceuta: distribution patterns and new evidence of the effects of environmental parameters on population structure. *Animal Biodiversity and Conservation* 34(1): 83-99.
- Roberts, M. 1977. Studies on marine algae of the British Isles. 9. *Cystoseira nodicaulis* (Withering) M. Roberts. *British Phycological Journal* 12: 175-199.
- Roghi, F., Parravicini, V., Montefalcone, M., Rovere, A., Morri, C., Peirano, A., Firpo, M., Bianchi, C. N. et Salvati, E. 2010. Decadal evolution of a coralligenous ecosystem under the influence of human impacts and climate change. *Biol. Mar. Mediterr.* 17(1): 59-62.
- Rovere, A., Antonioli, F. et Bianchi, C. N. 2015. *Fixed biological indicators*. En: Handbook of Sea-Level Research (Eds. Shennan, I., Long, A. J. et Horton, B. P.), pp. 268-280. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
- Ruiz, J. M. et Romero, J. 2003. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1523-1533.
- Ruiz-Giráldez, F., Corzo, J., Espinosa, F. et García-Gómez, J. C. 2004. Utilización de especies bioacumuladoras para la evaluación de impactos de dragados sobre la biota marina en el entorno portuario de Ceuta. *Actas del XII Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino*, p. 161.
- Ruiz-Tabares, A., Gordillo, I., Corzo, J. R. et García-Gómez, J. C. 2003. Macrofitobentos mediolitoral y delimitación de áreas sensibles a la contaminación marina en el litoral ceutí (estrecho de Gibraltar). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 19: 93-103.
- Ryland, J. S. 1965. *Catalogue des principales salissures marines. 2: Bryozoaires*. O.C.D.E., 82 pp.
- Sabya, E., Justesen, J., Kelvec, M. et Úriz, M. J. 2009. *In vitro* effects of metal pollution on Mediterranean sponges: Species-specific inhibition of 2',5'-oligoadenylate synthetase. *Aquatic Toxicology* 94: 204-210.
- Saiz-Salinas, J. I. et Urkiaga-Alberdi, J. 1999. Use of Faunal Indicators for Assessing the Impact of a Port Enlargement near Bilbao (Spain). *Environmental Monitoring and Assessment* 56(3): 305-330.
- Sala, E., Garrabou, J. et Zabala, M. 1996. Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology* 126: 451-459.
- Sams, M. A. et Keough, M. J. 2013. Early recruitment variation and an established dominant alter the composition of a temperate fouling community. *Marine Ecology Progress Series* 486: 79-91.
- Sánchez-Lizaso, J. L. 2004a. Impactos sobre las praderas de *Posidonia oceanica*. En: Luque, A. A. et Templado, J. (coords.). *Praderas y bosques marinos de Andalucía*, pp. 127-132. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 336 pp.

Sánchez Lizaso, J. L. 2004b. Impactos sobre *Cymodocea nodosa*. En: Luque, A. A. et Templado, J. (coords.). *Praderas y bosques marinos de Andalucía*, pp. 153-156. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 336 pp.

Sánchez-Moyano, J. E. et García-Gómez, J. C. 1998. The arthropod community, especially crustacea, as a bioindicator in Algeciras Bay (Southern Spain) based on a spatial distribution. *Journal of Coastal Research* 14-13: 1119-1133.

Sánchez-Moyano, J. E., Estacio, F., García-Adiego, E. M. et García-Gómez, J. C. 1998. Las praderas submarinas de la Bahía de Algeciras. Evolución histórica y planes para su restauración y conservación. *Almoraima* 19: 173-180.

Sánchez-Moyano, J. E., Estacio, F. J., García-Adiego, E. M. et García-Gómez, J. C. 2000a. The molluscan epifauna of the alga *Halopteris scoparia* in Southern Spain as a bioindicator of coastal environmental conditions. *Journal of Molluscan Studies* 66: 431-448.

Sánchez-Moyano, J. E., García-Adiego, E. M., Estacio, F. et García-Gómez, J. C. 2000b. Environmental factors influence on the spatial distribution of the epifauna of the alga *Halopteris scoparia* in Algeciras Bay, Southern Spain. *Aquatic Ecology* 34: 355-367.

Sánchez-Moyano, J. E., García-Adiego, E. M., Estacio, F. et García-Gómez, J. C. 2002. Effects of environmental factors on the spatial variation of the epifaunal polychaetes of the algae *Halopteris scoparia* in Algeciras Bay (Strait of Gibraltar). *Hydrobiologia* 470: 133-148.

Sánchez-Moyano, J. E., Estacio, F., García-Adiego, E. M. et García-Gómez, J. C. 2003. Dredging impact on the benthic community of an unaltered inlet in southern Spain. *Helgoland Marine Research* 58: 32-39.

Sánchez-Moyano, E., García-Asencio, I., García-Adiego, E., García-Gómez, J. C., Leal, A., Ollero, C. et Fraidías, J. 2005a. *Caracterización ambiental de los fondos del estuario del río Guadiana. Respuesta de la fauna bentónica a gradientes físico-químicos y a la calidad ambiental de los sedimentos*. Ed. Junta de Andalucía-Consejería de Medio Ambiente, 271 pp.

Sánchez-Moyano, E., García-Asencio, I., García-Adiego, E., García-Gómez, J. C., Leal, A., Ollero, C. et Fraidías, J. 2005b. *Vigilancia Ecológica del litoral andaluz (I). Monitorización de la macrofauna del sedimento y calidad ambiental de los fondos sublitorales*. Ed. Junta de Andalucía-Consejería de Medio Ambiente, 271 pp.

Sardá, R., Rossi, S., Martí, X. et Gili, J. M. 2012. Marine benthic cartography of the Cap de Creus (NE Catalan Coast, Mediterranean Sea). *Scientia Marina* 76(1): 159-171.

Scanlan, C. M., Foden, J., Wells, E. et Best, M. A. 2007. The monitoring of opportunistic macroalgal blooms for the Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 162-171.

Schembri, P. J., Deidun, A., Mallia, A. et Mercieca, L. 2005. Rocky Shore Biotic Assemblages of the Maltese Islands (Central Mediterranean): A Conservation Perspective. *Journal of Coastal Research* 21(1).

Scherner, F., Antunes Horta, P., Cabral de Oliveira, E., Simonassi, J. C., Hall-Spencer, J. M., Chow, F., Nunes, J. M. C. et Barreto Pereira, S. M. 2013. Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 76: 106-115.

- Schoener, A. 1983. *Colonization rates and processes as an index of pollution severity*. NOAA Technical Memorandum OMPA-27. School of Oceanography, University of Washington, 45 pp.
- Serfor-Armah, Y., Carboo, D., Akuamoah, R. K. et Chatt, A. 2006. Determination of selected elements in red, brown and green seaweed species for monitoring pollution in the coastal environment of Ghana. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 269(3): 711–718.
- Sfriso, A. et Facca, C. 2011. Macrophytes in the anthropic constructions of the Venice littorals and their ecological assessment by an integration of the “CARLIT” index. *Ecological Indicators* 11: 772-781.
- Sfriso, A., Birkemeyer, T. et Ghetti, P. F. 2001. Benthic macrofauna changes in areas of Venice lagoon populated by seagrasses or seaweeds. *Environmental Marine Research* 52: 323-349.
- Sheehan, E. V., Stevens, T. F., Gall, S. C., Cousens, S. L. et Attrill, M. J. 2013. Recovery of a Temperate Reef Assemblage in a Marine Protected Area following the Exclusion of Towed Demersal Fishing. *PLoS ONE* 8(12) e83883.
- Shiber, J. G. 1981. Metal concentrations in certain coastal organisms from Beirut. *Hydrobiologia* 83(2): 181-195.
- Smale, D. A., Burrows, M. T., Moore, P., O’Connor, N. et Hawkins, S. J. 2013. Threats and knowledge gaps for ecosystem services provided by kelp forests: a northeast Atlantic perspective. *Ecology and Evolution* 3(11): 4016–4038.
- Smith, J. C. 1968. The fauna of a polluted shore in the Firth of Forth. *Helgotänder Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 17: 216-223.
- Soltan, D., Verlaque, M., Boudouresque, C. F. et Francour, P. 2001. Changes in macroalgal communities in the vicinity of a Mediterranean sewage outfall after the setting up of a treatment plant. *Marine Pollution Bulletin* 42(1): 59-70.
- Steckbauer, A., Duarte, C. M., Carstensen, J., Vaquer-Sunyer, R. et Conley, D. J. 2011. Ecosystem impacts of hypoxia: thresholds of hypoxia and pathways to recovery. *Environmental Research Letters* 6: 1-12.
- Stromgren, T. 1980. The effect of dissolved copper on the increase in length of four species of intertidal fucoid algae. *Marine Environmental Research* 3: 5–13.
- Sureda, A., Tejada, S., Box, A. et Deudero, S. 2013. Polycyclic aromatic hydrocarbon levels and measures of oxidative stress in the Mediterranean endemic bivalve *Pinna nobilis* exposed to the Don Pedro oil spill. *Marine Pollution Bulletin* 71: 69–73.
- Susini, M. L., Mangialajo, L., Thibaut, T. et Meinesz, A. 2007. Development of a transplantation technique of *Cystoseira amentacea* var. *Stricta* and *Cystoseira compressa*. *Hydrobiologia* 580: 241–244.

Tarjuelo, I., Posada, D., Crandall, K., Pascual, M. et Turón, X. 2001. Cryptic species of *Clavelina* (Asciacea) in two different habitats: harbours and rocky littoral zones in the northwestern Mediterranean. *Marine Biology* 139: 455-462.

Templado, J., Capa, M., Guallart, J. et Luque, A. 2009. 1170 Arrecifes. In: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 142 pp.

Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Martín, L. et Brito, A. 2012. Tipología de hábitats marinos presentes en España y descripción sinóptica de los mismos. En: Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos, pp. 21-83. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 231 pp.

Terlizzi, A., Frascchetti, S., Guidetti, P. et Boero, F. 2002. The effects of sewage discharge on shallow hard substrate sessile assemblages. *Marine Pollution Bulletin* 44: 544-550.

Terrón-Sigler, A., Peñalver-Duque, P., León-Muez, D. et Espinosa-Torre, F. 2014. Spatio-temporal macrofaunal assemblages associated with the endangered orange coral *Astroides calycularis* (Scleractinia: Dendrophylliidae). *Aquatic biology* 21: 143-154.

Thomas, M. L. H. 1973. Effects of Bunker C Oil on Intertidal and Lagoonal Biota in Chedabucto Bay, Nova Scotia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30(1): 83-90.

Titlyanov, E. A. et Titlyanova, T. V. 2013. Algal Fouling of Underwater Structures at Lobster Farms in Nha Trang Bay (Vietnam). *Russian Journal of Marine Biology* 39(5): 321-330.

Tittley, I. et Neto, A. I. 2000. A provisional classification of algal-characterised rocky shore biotopes in the Azores. *Hydrobiologia* 440: 19-25.

Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L. et Ballesteros, E. 2003. Assessment of coastal environmental quality based on littoral community cartography: methodological approach. *Proceedings of the second mediterranean symposium on marine vegetation*, 145-153.

Torrents, O., Tambutté, E., Caminiti, N. et Garrabou, J. 2008. Upper thermal thresholds of shallow vs. deep populations of the precious Mediterranean red coral *Corallium rubrum* (L.): Assessing the potential effects of warming in the NW Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 357: 7-19.

Tsiamis, K., Economou-Amilli, A., Katsaros, C. et Panayotidis, P. 2013. First account of native and alien macroalgal biodiversity at Andros Island (Greece, Eastern Mediterranean). *Nova Hedwigia* 97: 209-224.

Tunesi, L., Agnesi, S., Di Nora, T., Molinari, A. et Mo, G. 2008. Marine protected species and habitats of conservation interest in the Gallinaria island (Ligurian sea): a study for the establishment of the Marine Protected Area. *Atti Associazione Italiana Oceanologia Limnologia* 19: 489-497.

Turón, X. 1985. Ascidiias del cabo de Creus (Costa NE española). *Miscel-lània Zoológica* 9: 265-271.

- Turon, X. 1988. Distribución ecológica de las ascidias en las costas de Cataluña e Islas Baleares (Mediterráneo Occidental). *Miscel·lanea Zoològica* 12: 219-236.
- Turón, X., Nishikawa, T. et Rius, M. 2007. Spread of *Microcosmus squamiger* (Ascidacea: Pyuridae) in the Mediterranean Sea and adjacent waters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342: 185–188.
- Underwood, A. J. 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable World. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 161: 145-178.
- UNEP (DEPI)/MED WG.320/20. 2007. Draft decision on the “action plan for the protection of the coralligenous and other calcareous bio-concretions in the Mediterranean”. United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan, 19 pp.
- UNEP (DEPI)/MED WG.359/16. 2011. Proposition d’inscription sur la liste des ASPIM: Aire Marine Protégée de Capo Carbonara. Programme des Nations Unies pour l’environnement/Plan d’action pour la Méditerranée, 40 pp.
- Urkiaga-Alberdi, J., Pagola-Carte, S. et Saiz-Salinas, J. I. 1999. Reducing effort in the use of benthic bioindicators. *Acta Oecologica* 20(4): 489–497.
- Van Rein, H., Brown, C. J., Schoeman, D. S., Quinn, R. et Breen, J. 2011. Fixed-station monitoring of a harbour wall community: the utility of low-cost photomosaics and scuba on hard-substrata. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 21: 690–703.
- Vázquez, E. et Urgorri, V. 1992. Ascidiáceos del «fouling» de la ensenada de A Graña, Ría de Ferrol (Galicia, España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 3: 161-167.
- Verdura, J., Cebrián, E. et Linares, C. 2013. *Efectes de les mortalitats massives en el coral·ligen al Parc Nacional de Cabrera*. Màster d’ecologia, gestió i restauració del medi natural. Centre d’Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC), Departament d’Ecologia de la Universitat de Barcelona, 38 pp.
- Vidondo, B. et Duarte, C. M. 1995. Seasonal growth of *Codium bursa*, a slow-growing Mediterranean macroalga: *in situ* experimental evidence of nutrient limitation. *Marine Ecology Progress Series* 123: 185-191.
- Virgilio, M., Airoidi, L. et Abbiati, M. 2006. Spatial and temporal variations of assemblages in a Mediterranean coralligenous reef and relationships with surface orientation. *Coral Reefs* 25: 265–272.
- Walker, D. I. et Kendrick, G. A. 1998. *Threats to macroalgal diversity: marine habitat destruction and fragmentation, pollution and introduced species*. *Botanica Marina* 41: 105-112.
- Webster, N. S. 2007. Sponge disease: a global threat? *Environmental Microbiology* 9(6): 1363–1375.
- Wells, E., Wilkinson, M., Wood, P. et Scanlan, C. 2007. The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 151-161.

- Whitfield, A. K. et Elliott, M. 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology* 61 (Supplement A): 229-250.
- Wielgolaski, F. E. 1975. Biological indicators on pollution. *Urban Ecology* 1: 63-79.
- Wollgast, S., Lenz, M., Wahl, M. et Molis, M. 2008. Effects of regular and irregular temporal patterns of disturbance on biomass accrual and species composition of a subtidal hard-bottom assemblage. *Helgoland Marine Research* 62: 309-319.
- Wood, A. C. L., Probert, P. K., Rowden, A. A. et Smith, A. M. 2012. Complex habitat generated by marine bryozoans: a review of its distribution, structure, diversity, threats and conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22: 547-563.
- Yüsek, A., Okus, E., Yılmaz, I. N., Aslan-Yılmaz, A. et Tas, S. 2006. Changes in biodiversity of the extremely polluted Golden Horn Estuary following the improvements in water quality. *Marine Pollution Bulletin* 52: 1209-1218.
- Zabala, M. 1986. Fauna dels Briozous dels Països Catalans. *Arxius de la Secció de Ciències* 84. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 833 pp.
- Zenetos, A., Çınar, M. E., Pancuci-Papadopoulou, M. A., Harmelin, J. G., Furnari, G., Aandaloro, F., Belou, N., Streftaris, N. et Zibrowius, H. 2005. *Annotated list of marine alien species in the Mediterranean with records of the worst invasive species*. *Mediterranean Marine Science* 6(2): 63-118.
- Zubía, E., Ortega, M. J. et Salvá, J. 2003. Antitumor potential of natural products from marine ascidians of the Gibraltar Strait: A survey. *Ciencias Marinas* 29(2): 251-260.

ANNEXE



Centre de Plongée “Campo de Gibraltar”, La Línea de la Concepción (Cádiz).



Collaborateurs:

- Augusto Martínez Álvarez
- Rafael Fosela García
- Daniel Miguel Tarazona
- Tyrone Leonardo Ruíz Viñas
- Rafael Fosela Bouzon
- Juan Antonio Olmedo Bonachera
- Rafael M^a Cobo Gutiérrez
- José Ángel Cantera Novales
- José Fernando Pérez Cuesta
- Vanesa Beza Robles



Club Nautique La Línea (Section Plongée), La Línea de la Concepción (Cádiz).

<http://www.rcnllalinea.es/>



Collaborateurs:

- Agustín Villar Iglesias
- Mario Jiménez Galeote
- Fico Jiménez Galeote
- Miguel Puche
- Guillermo Puche
- Alba Jiménez
- Mario Diego Jiménez
- Gerardo Torres

Centre de Plongée "El Estrecho", Algeciras (Cádiz).

Club de Buceo
"El Estrecho"



<http://www.buceoelestrecho.com/>

Collaborateurs:

- Roberto Anillo Carreto
- Eduardo del Valle Abadía
- Mauricio Rodríguez Ruiz
- M^o Palma del Valle Abadía
- Luis Bravo Galtier
- Guillermo Oteros Valcarce



Activités Sous-Marines "Caetaria", Algeciras (Cádiz).



<http://proyecto.caetariabuceo.com/>

Collaborateur:

- Raúl González Gallero
- Carmen Mora Aguilar
- María Jesús Martín Villota
- María Jesús Pérez Ramírez
- Félix Rodríguez Lloret

Centre de Plongée C.I.E.S., Algeciras (Cádiz).

<http://www.clubuceocies.org/>



Collaborateurs:

- Manuel Martínez Chacón (fotógrafo)
- Ricardo Silva Silva
- Juan Antonio Parada Rodríguez
- Encarni Sánchez Castillo
- Francisco Javier Nieto Vera
- Javier Moreno Franco
- Vicente Durán Pérez.



Centre de Plongée "Scorpora", Tarifa (Cádiz).

<http://www.buceoscorporea.com>



Collaborateur:

- Miguel Blanco

**Centre de Plongée
“CIES-SUB”, Tarifa
(Cádiz).**

CIES-SUB
TARIFA

Collaborateur: Salvador Magariño Rubio



**Centre de Plongée
“Nature Explorer”,
Barbate (Cádiz).**

NatureEXPLORER
TURISMO ACTIVO

<http://www.zaharasub.com/>

<http://www.natureexplorer.com/>

Collaborateur: Juan Hernández



**“Ocean addicts”
Diving Center,
Conil de la Frontera
(Cádiz).**



<http://www.oceanoadictos.com/>

Collaborateurs:

- Alberto González Fernández
- Juan Carlos González Fernández



**Club Nautique U.R.T.A.
(Section Plongée), Rota (Cádiz).**

<https://www.facebook.com/cnurtabuceo>

Collaborateurs:

- José Manuel Cermeño Fenoy
- Pedro Jiménez Nievas
- José Antonio Pérez Ruiz
- Uwe Acosta Martín



Club Universitaire d'Activités Sous-Marines de Séville (CUASS), Seville.



Collaborateurs:

- Javier Pellón
- Francisco Sánchez
- María Gutiérrez
- Juan Sempere
- John Mejía
- Fátima Luca
- Gonzalo Mendoza
- Álvaro Sabino
- Carlos Pérez
- Claire Lugrin
- Manuel Cepedello



IT3 CLOUD

Société de gestion informatique chargée de l'élaboration du site Internet pour l'accès aux photographies sous-marines et au logiciel d'interprétation et d'analyse des images.

The logo for IT3CLOUD, featuring the text "IT3CLOUD" in a stylized, bold, red font with a white outline, set against a white background within a blue-bordered box.

Collaborateurs:

- Gabriel García
- David Manso





**Centre d'Activités Régionales pour les
Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP)**

Boulevard du Leader Yasser Arafat
B.P. 337 - 1080 Tunis Cedex - TUNISIE
Tel. : +216 71 206 649 / 485 / 765
Fax : +216 71 206 490
e-mail : car-asp@rac-spa.org

www.rac-spa.org