



Ville d'Istres

Inventaire de la faune et de la flore marines - port des Heures Claires d'Istres

Missions Asconit

Réalisation des inventaires faune et de la flore marines en plongée. Interprétation et rédaction.



Rapport de campagne - juillet 2015

Interlocuteur :

Alexandre SOFIANOS , 06 22 90 78 76, alexandre.sofianos@asconit.com

Aménagement, environnement & Développement durable	ASCONIT Consultants Agence Sud
Hydrobiologie	Naturopôle (Bât. C)
Hydrogéologie	3, boulevard de Clairfont
Systèmes d'information géographique	66350 TOULOUGES
Milieux littoraux et marins	Tel : 04 68 54 76 08 / Fax : 04 68 54 74 09
International et DOM-TOM	Email : commercial@asconit.com
Biodiversité et milieux	www.asconit.com
Recherche & Développement	

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	3
2. INTERVENTION TERRAIN	4
2.1 Personnel mobilisé.....	4
2.2 Moyens mobilisés	4
2.3 Calendrier des opérations et Bilan de la campagne	4
3. MATERIEL ET METHODES	5
3.1 Zones prospectées.....	5
3.2 Cartographie des biocénoses et délimitation des biocénoses.....	6
3.3 Suivi des communautés de macrophytes	6
3.4 Inventaire biologique, espèces protégées et patrimoniales	7
3.5 Qualité de la macrofaune benthique	8
3.5.1 Traitement des invertébrés benthiques	9
3.5.2 Analyses des données et rendus	9
4. RESULTATS	10
4.1 Cartographie des biocénoses	10
4.2 Suivi des communautés de macrophytes	12
4.2.1 Transects de suivi des macrophytes.....	12
4.2.2 Pourcentage de Recouvrement du substrat.....	13
4.2.3 Représentation des résultats : Fréquence et Indice d'Abondance Moyen	14
4.3 Inventaire biologique et espèces protégées et patrimoniales	15
4.3.1 Inventaire biologique	15
4.3.2 Espèces protégées et patrimoniales	16
4.4 Suivi de la macrofaune benthique.....	18
4.4.1 Richesses spécifiques et abondances	21
4.4.2 Indices de diversité et d'équitabilité	21
4.4.3 Indice de qualité écologique	22
4.4.4 CONCLUSION	23
4.4.5 BIBLIOGRAPHIE	24
5. SYNTHESE	25

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les prestations ont consisté en l'exécution d'un inventaire de la faune et de la flore marines, en vue d'alimenter les études techniques et environnementales nécessaires à la réalisation des travaux de revalorisation du port des Heures Claires.

Les compartiments étudiés sont :

- la macrofaune benthique ;
- les macrophytes ;
- les peuplements biologiques du port.

Les investigations terrain ont été effectuées en juin 2015 sur le périmètre d'étude (Figure 1).

ASCONIT consultants a réalisé les inventaires et prélèvements en plongée dans et autour du port des Heures Claires, en respectant la réglementation hyperbare.



Figure 1 : Périmètre d'étude autour du port des Heures Claires (Google Earth).

2. Intervention terrain

2.1 Personnel mobilisé

Trois personnes ont été mobilisées parmi le personnel d'Asconit Consultants :

- Nicolas Claisse, plongeur classe 1B ;
- Marc Landais, plongeur classe 1B ;
- Alexandre Sofianos, plongeur classe 1B.

Les plongées ont été réalisées en respectant la réglementation de la plongée professionnelle en milieu hyperbare.



2.2 Moyens mobilisés

Les moyens utilisés pour cette intervention ont été les suivants :

- un semi-rigide de 3 m propriété d'ASCONIT ;
- trois scaphandres autonomes complets ainsi que le matériel de sécurité nécessaire ;
- deux planches de chasse sous-marine pour signaler la présence des plongeurs en surface et assurer le transport de matériel ;
- un appareil photo Canon G12 avec son caisson dédié ainsi qu'un flash ;
- un GPS Garmin 78, un GPS Garmin Dakota d'une précision de 1 mètre ;
- des quadrats pour les mesures de densité de l'herbier ;
- des plaquettes immergeables pour la prise de notes ;
- des réglets pour la mesure de la hauteur de déchaussement et des feuilles de posidonie ;
- des galitos pour matérialiser les points remarquables depuis la surface ;
- etc.

2.3 Calendrier des opérations et Bilan de la campagne

Les plongées d'inventaire biologique, de caractérisation des herbiers et de cartographie des biocénoses ont été réalisées **les 22-23 juin 2015**.

La mission s'est déroulée sans encombre et les conditions météorologiques ont été favorables. Le trafic maritime très faible a facilité les prospections.

3. Matériel et méthodes

3.1 Zones prospectées

La Figure 2 représente le périmètre d'étude ainsi que la localisation des stations d'études de la macrofaune benthique et les transects de suivi des macrophytes. Par ailleurs l'ensemble du port et des digues (intérieures et extérieures) ont été prospectées pour faire un inventaire biologique exhaustif, et ensuite l'ensemble du périmètre d'étude pour définir les substrats et les biocénoses.



Figure 2 : Secteur de prospection et localisation des transects et stations benthos.

L'ensemble du périmètre d'étude a été prospecté en plongée. Chaque palanquée traînait un DGPS (précision 1 m) en mode « trace » afin d'avoir les prospections réelles pour délimiter précisément les herbiers de zostères (s'ils existaient) et autrement le recouvrement en macrophytes.

3.2 Cartographie des biocénoses et délimitation des biocénoses

L'inventaire des biocénoses a pour objectif de décrire les habitats marins sur la zone d'étude. Alors que deux plongeurs sont simultanément sous l'eau, un plongeur reste sur le bateau afin d'assurer la sécurité. Les plongeurs tractent une planche sur laquelle est posé le DGPS qui enregistre les déplacements en continu. Lorsque les prospections se font depuis la surface ou en apnée, les points remarquables sont enregistrés sur le GPS. En plus de l'utilisation du GPS, les plongeurs sont équipés d'un compas et de plaquettes permettant la prise de notes sous l'eau.

En plongée et lorsque l'enregistrement du point GPS n'est pas possible directement, des galitos (petites bouées de localisation) peuvent être utilisés afin de marquer les points d'intérêt : touffe d'herbier (=tâche d'herbier de quelques dizaines de cm²), limite entre deux biocénoses, espèce protégée ou patrimoniale (grande nacre notamment).

Ces petits blocs de polystyrène reliés à une drisse et à un plomb sont lâchés par les plongeurs sur les points d'intérêt. Cette technique permet de relever les coordonnées GPS des points remarquables depuis la surface avec une grande précision. L'absence de houle et de clapot rend très efficace cette méthode car le galito peut alors être placé parfaitement à l'aplomb du point remarquable.

3.3 Suivi des communautés de macrophytes

La méthode d'étude a été identique à celle mise en oeuvre par le Gipreb pour le suivi des macrophytes de l'étang de Berre.

Il s'agit de relevés *in situ* le long de deux transect d'une centaine de mètres de long sur lesquels ont été réalisés sur 50 cm de part et d'autre de l'axe des dénombrements quantitatifs de trois espèces et cinq groupes d'espèces (Tableau 1).

Sur chacun des deux transects, l'estimation du recouvrement moyen de chaque espèce a été effectuée tous les cinq mètres (surface échantillonnée : 5 m²), à l'aide d'une cotation allant de 0 à 5 (Tableau 2). L'abondance moyenne des peuplements le long des transects sera appréciée à l'aide de deux indicateurs :

- (i) La fréquence d'apparition ;
- (ii) l'Indice d'Abondance Moyen (IAM).

Tableau 1 : espèces et groupes d'espèces retenus pour le suivi des macrophytes des étangs de Berre et de Vaine (source : Gipreb).

GENRES ET ESPECES	GROUPE
<i>Stuckenia pectinata</i> (anc. <i>Potamogeton pectinatus</i>)	Magnoliophytes
<i>Ruppia cirrhosa</i>	Magnoliophytes
<i>Zostera noltei</i>	Magnoliophytes
<i>Ulva</i> spp.	Chlorobiontes
<i>Enteromorpha</i> spp.	Chlorobiontes
<i>Cladophora</i> spp.	Chlorobiontes
<i>Gracilaria</i> spp.	Rhodobiontes
<i>Callithamniae</i> (<i>Polysiphonia</i> spp. et <i>Callithamnion corymbosum</i>)	Rhodobiontes

*La catégorie *Callithamniae* a été considérée à partir du suivi 2006, elle regroupe des rhodobiontes : d'une part la catégorie *Polysiphonia* et le *Callithamnion corymbosum* (habituellement non suivi), a été considéré, étant donné son important développement saisonnier, depuis la campagne de 2005.

Tableau 2 : codification utilisée pour estimer le recouvrement (exprimé en pourcentage) des macrophytes (phanérogames et algues), sur 5 m², le long des transects de 100 m (source : Gipreb).

CODIFICATION	RECOUVREMENT (%)
0	0
1	< 5
2	5 – 20
3	20 – 50
4	50 – 90
5	> 90

3.4 Inventaire biologique, espèces protégées et patrimoniales

Un inventaire biologique a été mené dans l'ensemble de l'enceinte portuaire et le long des digues intérieures et extérieures du port des Heures-Claires.

Une attention particulière a été portée aux espèces protégées et d'intérêt patrimonial (*Zostera* sp., *Pinna nobilis*, etc.) ainsi qu'à l'éventuelle présence d'espèces invasives.

Lors de ces plongées, un plongeur était équipé d'un appareil photo sous-marin afin de réaliser des clichés nécessaires à la réalisation d'un atlas photographique et l'illustration du rapport final.



Figure 3 : Prise de notes sous l'eau.

3.5 Qualité de la macrofaune benthique

Les prélèvements dédiés à l'analyse de la macrofaune benthique ont été réalisés en juin 2015 au niveau de trois stations disposées au Nord, au droit et au Sud du port des Heures Claires (stations « Benthos 1 », « Benthos 2 » et « Benthos 3 » ; Figure 4).



Figure 4 - Situation géographique des trois stations d'échantillonnage de la macrofaune benthique, disposées au Nord, au Sud et au droit du port des Heures Claires. Des prélèvements de benthos ont été réalisés à chaque station (fond de carte Google Earth 2015).

Sur chaque station, 3 échantillons dédiés à l'analyse de la macrofaune benthique ont été collectés à la benne Van Veen, d'une surface unitaire de 0,1 m². Chaque prélèvement a été pré-tamisé *in situ* sur une maille de 1 mm (Figure 5), transvasé dans un contenant hermétique rigide, puis fixé dans une solution d'eau de mer formolée à 10 %.



Figure 5 – Aperçu d'un refus de tamis.

3.5.1 Traitement des invertébrés benthiques

Le traitement des échantillons d'invertébrés benthiques a respecté scrupuleusement les préconisations de la norme AFNOR ISO/FDIS 16665 «Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles ».

Les prélèvements ont été « déformolés » au laboratoire, sous hotte, par rinçages successifs à l'eau douce sur une maille de tamis de 500 µm. Les échantillons ont été manipulés en respectant les conditions de sécurité exposées dans la norme : port de masque avec filtres adaptés (type formaldéhyde), de lunettes de protection et de gants. Tous les produits formolés seront éliminés par une société spécialisée dans le retraitement des déchets toxiques (entreprise Clikeco, agréée par l'Agence de l'Eau). L'étape consistant à séparer la macrofaune benthique de la fraction minérale du refus, ou « phase de tri », a été réalisée sous binoculaire. Les organismes récoltés ont ensuite été identifiés et dénombrés au niveau spécifique, à l'exception des spécimens trop altérés et de certains groupes taxonomiques spécifiés dans la norme : plathelminthes, némertes, macronématodes et oligochètes. Les nomenclatures spécifiques ont été contrôlées et actualisées à partir du référentiel [WORMS](#) (registre mondial des espèces marines). Les déterminations réalisées reposent sur l'utilisation de clés taxonomiques adaptées. Tous les invertébrés identifiés sont finalement conservés dans de l'alcool à 70°, et stockés dans des flacons référencés par échantillon.

3.5.2 Analyses des données et rendus

Une liste taxonomique détaillée précisant le nombre d'individus par espèce et par échantillon est réalisée. Les descripteurs écologiques classiquement utilisés (richesses spécifiques, abondances, indices d'équitabilité et de diversité, indices biotiques AMBI et M-AMBI) sont calculés à chaque station. Les effectifs des principales espèces indicatrices et des différents groupes de polluo-sensibilité sont détaillés dans le paragraphe « Résultats », ainsi que l'identité des principales espèces discriminantes.

Le statut écologique des peuplements benthiques échantillonnés a été évalué sur la base d'une gamme d'indicateurs couramment utilisés en écologie, ou recommandés dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Pour chaque échantillon, les descripteurs écologiques suivants ont été calculés :

- richesses spécifiques,
- abondances (exprimées en nombre d'individus par m²),
- indice de diversité de Shannon,
- indice d'équitabilité de Piérou,
- indice de qualité AMBI (définition du statut écologique DCE)
- fréquences relatives des différents groupes de polluo-sensibilité.

4. RESULTATS

4.1 Cartographie des biocénoses

La Figure 6 représente les substrats du secteur d'étude.



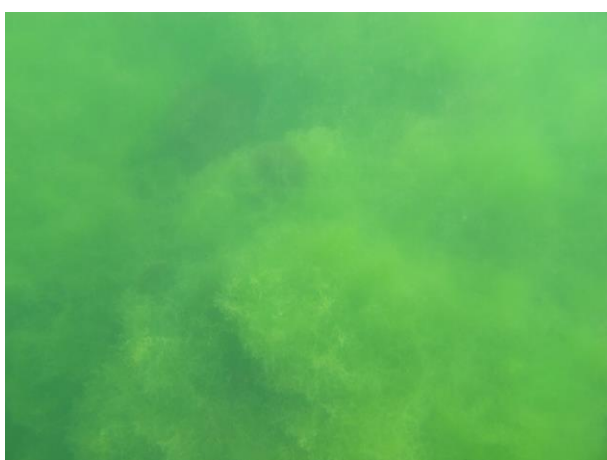
Figure 6 : Cartographie des substrats autour du port des Heures Claires (Asconit 2015).



Nuage vaseux sur le fond dans le port.



Substrat vaseux peu recouvert.



Substrat recouvert en totalité par des algues

(à gauche *Cladophora*, à droite diversifié mais majoritairement *Cladophora et ulva*.)

Figure 7 : exemples de photographie des substrats.

La Figure 7 présente quelques photographies typiques des différents substrats observés.

Le secteur d'étude correspond à la Biocénose lagunaire euryhaline et eurytherme (LEE).

Aucun herbier (ni le moindre pied) de Zostère n'a été observé sur le secteur d'étude.

4.2 Suivi des communautés de macrophytes

4.2.1 Transects de suivi des macrophytes

La Figure 8 présente les 2 transects de suivi des macrophytes.

Le transect 1 mesure 130 m et le transect 2 mesure 135 m.



Figure 8 : Transects de suivi des macrophytes de part et d'autre du port des Heures Claires (Asconit 2015).

4.2.2 Pourcentage de Recouvrement du substrat

L'estimation de recouvrement du substrat pour chaque sous-transect de 5 m était compris pour le transect 1 entre 60 et 100 % pour une moyenne proche de 95 %. Le recouvrement est donc très souvent de 100 %.

Pour le transect 2, l'estimation de recouvrement du substrat pour chaque sous-transect de 5 m depuis le rivage était aussi comprise entre 60 et 100 %, en revanche il chutait en-dessous de 50 % sur sa partie Nord-Est (Figure 9) pour une moyenne inférieure à 30 %.



Figure 9 : Recouvrement en macrophytes plus faible (Asconit 2015).

La Figure 10 représente 3 photographies du substrat avec les estimations de recouvrements réalisées *in situ*.



Recouvrement estimé 10 %

Recouvrement estimé 50 %

Recouvrement estimé 100 %

Figure 10 : exemple d'estimation de recouvrement.

4.2.3 Représentation des résultats : Fréquence et Indice d'Abondance Moyen

La fréquence et les indices d'abondance moyens (IAM) sont respectivement détaillés dans le Tableau 2 pour chaque espèce et pour chaque transect (T).

Tableau 2 : Fréquences (%) et Indices d'abondance moyenne (IAM) de chaque espèce le long des 2 transects (T).

T	Résultats	<i>Potamogon pectinus</i>	<i>Ruppia cirrhosa</i>	<i>Zostera noltii</i>	<i>Ulva sp</i>	<i>Enteromorpha</i>	<i>Chladophora</i>	<i>Gracilaria</i>	<i>Callithamniae</i>
1	Fréquence	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	88,5	42,3	88,5
	IAM	0	0	0	342	0	211	49	191
2	Fréquence	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	74,1	14,8	85,2
	IAM	0	0	0	289	0	129	4	211

Les peuplements des 2 transects sont proches avec toujours les 4 mêmes espèces (groupe d'espèces) : *Ulva sp.*, *Chladophora*, *Callithamniae* et *Gracilaria*. Les recouvrements sont très élevés pour les 3 premières avec une dominance d'*Ulva sp.* *Gracilaria* était bien représentée sur le transect 1 et peu sur le second.

Globalement l'IAM est moins important sur le transect 2 que sur le premier, ce qui est à relier aux faibles recouvrements sur la partie Nord-Est du transect 2 (Figure 9).

Aucune phanérogame n'a été observée sur le périmètre d'étude.

Dans le cadre de son suivi le GIPREB suit annuellement 31 transects le long de l'étang de berre, 1 est situé sur la plage des heures claires (Figure 11).

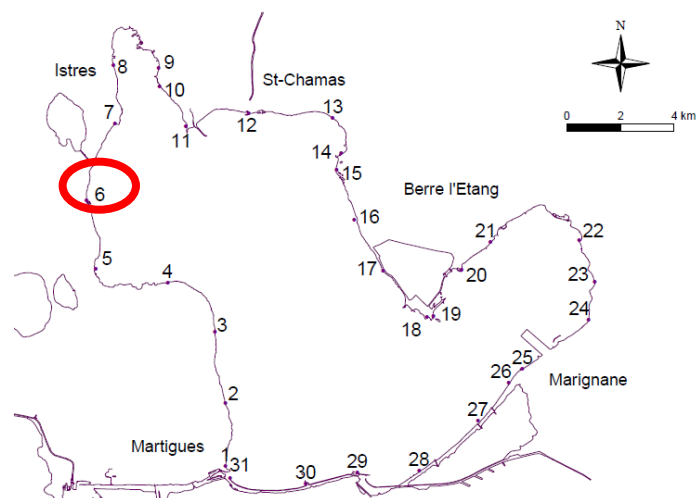


Figure 11 : transects suivis par le GIPREB.

En 2014, le GIPREB avait observé des fréquences de 100% pour les *Ulva sp* et *Gracilaria* et des fréquences moyennes pour les *Callithamniae* et faibles (<10%) pour *Enteromorpha* et *Cladophora*.

En 2014 la somme des IAM était proche de 500 avec plus de 95 % pour les 2 espèces *Ulva sp* et *Gracilaria*.

Si on compare nos transects de 2015 à celui de 2014, on voit qu'*Ulva sp* est toujours dominante, mais que les rôles de *Gracilaria* et *Cladophora* se sont inversés.

Par ailleurs en 2015, sur nos 2 transects, les sommes des IAM sont respectivement de 793 pour le transect 1 et 633 pour le transect 2. Ainsi il semblerait que la prolifération algale soit plus forte en 2015 qu'en 2014 (attention ce ne sont pas exactement les mêmes stations qui ont été échantillonnées).

4.3 Inventaire biologique et espèces protégées et patrimoniales

4.3.1 Inventaire biologique

Les plongeurs ont noté l'ensemble des espèces rencontrées lors des prospections dans le port des Heures Claires.

La diversité spécifique s'élève à 16 espèces (dont 8 poissons) et le nombre d'espèces par embranchement est présenté sur la Figure 12. Le Tableau 3 récapitule la liste complète des espèces recensées.

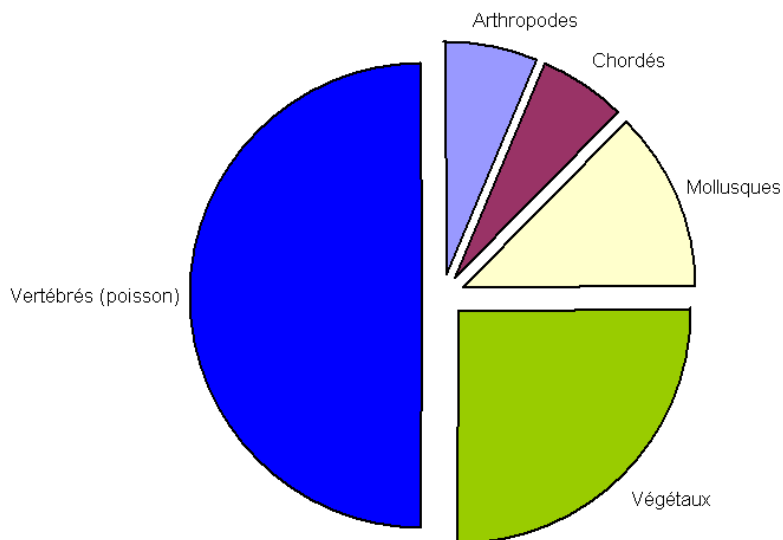


Figure 12 : Représentation du nombre d'espèces par embranchement.

La diversité est faible mais les effectifs d'algues, moules, ascidies, blennies paon, mullets et gobies sont très importants. Ces espèces sont typiques des peuplements lagunaires, et plus particulièrement des substrats dans les lagunes.

Parmi les espèces d'intérêt commercial, en dehors des moules, ont été observées loup, anguille, poulpe, mais toujours **1 unique individu**. Dans une moindre mesure les mullets présentent aussi un intérêt commercial et sont, de ce fait, très présents.

Tableau 3 : Liste des espèces de l'inventaire biologique.

Nom	Nom Vernaculaire	Fréquence	Embranchement
	crevette blanche indet	+	Arthropodes
<i>Ascidiella aspersa</i>	ascidie blanche	+++	Chordés
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Moules	+++	Mollusques
<i>Octopus vulgaris</i>	poulpe	1	Mollusques
<i>Gracilaria</i>		++	Végétaux
<i>Chladophora vagabubda</i>	Chladophora	++	Végétaux
<i>Ulva intestinalis</i>	enteromorpha	+	Végétaux
<i>Polysiphonia elongata</i>	polysiphonia	+	Végétaux
<i>Ulva sp,</i>	enteromorpha	+++	Végétaux
<i>Atherina boyeri</i>	joel	++	Vertébrés (poisson)
<i>Mugil sp.</i>	mulet sp	+++	Vertébrés (poisson)
<i>Anguilla anguilla</i>	anguille	1	Vertébrés (poisson)
<i>Salaria pavo</i>	blennie paon	+++	Vertébrés (poisson)
<i>Mugil cephalus</i>	mulet grosse tête	++	Vertébrés (poisson)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	loup	1	Vertébrés (poisson)
<i>Gobius niger</i>	gobie noir	++	Vertébrés (poisson)
<i>Diplodus sargus</i>	sar commun	1	Vertébrés (poisson)

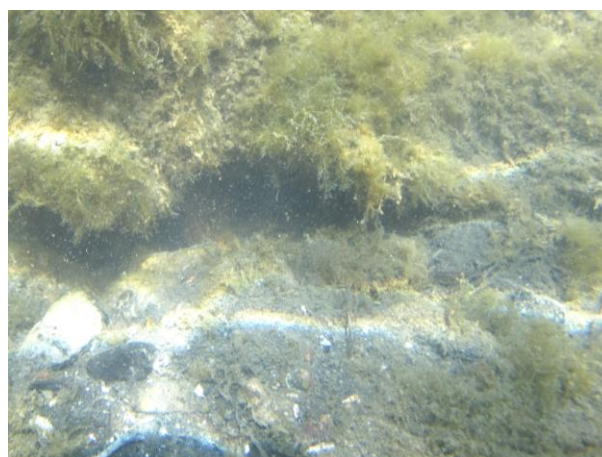
1 : observation de 1 individu, + : effectif faible, ++ : effectif moyen, +++ : effectif important à très important.

4.3.2 Espèces protégées et patrimoniales

Aucune espèce protégée ou patrimoniale n'a été observée lors de notre investigation dans le port des Heures Claires.



Moules et ascidies.



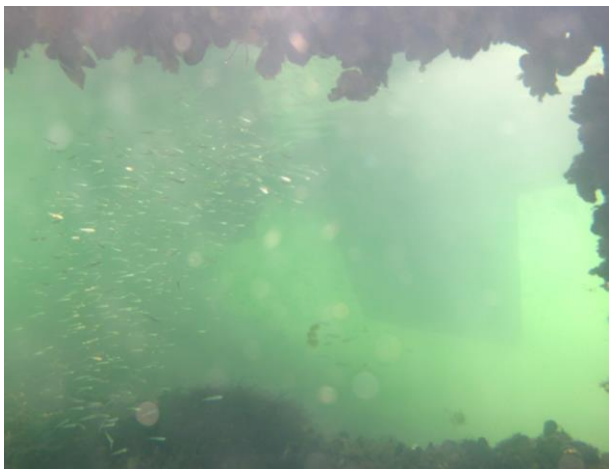
Poulpe dans son trou.



Crevette.



Blennie paon (Mâle avec sa crête).



Juvéniles de poissons sous un ponton.



Gobie noir.

Figure 13 : Photographies de quelques espèces observées dans le port et sur ses digues extérieures.

4.4 Suivi de la macrofaune benthique

L'échantillonnage à la benne des trois stations a permis l'identification de 17 espèces macrobenthiques, réparties en 4 embranchements. Le Tableau 4 renseigne pour chaque station l'identité et la densité des espèces collectées (nombre d'individus par m²). Les peuplements benthiques échantillonnés sont peu diversifiés, avec une richesse spécifique moyenne par station de 12,3 ($\pm 1,2$) espèces. La densité moyenne est évaluée à 1712 (± 791) individus.m⁻². Ces estimations moyennes se situent dans la gamme des valeurs habituellement constatées au sein des peuplements benthiques lagunaires.

Les assemblages benthiques échantillonnés correspondent au peuplement Lagunaire Eurytherme Euryhalin (LEE). Sept taxons sont communs aux trois stations : les moules *Mytilaster marioni*, *Mytilus galloprovincialis* et *Arcuatula senhousia*, les gastéropodes *Bittium reticulatum* et *Pusillina lineolata*, l'annélide polychète *Alitta succinea* et les oligochètes. Les assemblages benthiques échantillonnés sont caractérisés sur l'ensemble des stations par la dominance de la moule *Mytilaster marioni* (espèce endémique) et du microgastéropode brouteur *Bittium reticulatum*.

Tableau 4 - Densités moyennes (Nombre d'individus par m²) des 17 espèces macrobenthiques répertoriées au mois de juin 2015 au sein des trois d'échantillonnage. Le groupe de polluo-sensibilité est précisé pour chaque espèce sous forme de code couleur : **groupe I** (espèces sensibles) ; **groupe II** (espèces indifférentes) ; **groupe III** (espèces tolérantes) ; **groupe IV** (opportunistes ordre II) ; **groupe V** (opportunistes ordre I) ; espèces non assignées.

ESPÈCE - AUTORITÉ	BENTHOS 1	BENTHOS 2	BENTHOS 3
ANNELIDA [4 espèces]			
CLITELLATA			
● Oligochaeta ind.	160.0	20.0	16.7
POLYCHAETA			
● <i>Alitta succinea</i> - (Leuckart, 1847)	36.7	23.3	6.67
● <i>Capitella capitata</i> - (Fabricius, 1780)		23.3	6.67
● <i>Polydora ciliata</i> - (Johnston, 1838)	10.0	43.3	
ARTHROPODA [3 espèces]			
MALACOSTRACA			
● <i>Echinogammarus stocki</i> - Karaman, 1969		13.3	6.67
● <i>Gammarus insensibilis</i> - Stock, 1966	146.7		
● <i>Microdeutopus</i> sp.	3.33		
CNIDARIA [1 espèce]			
ANTHOZOA			
● <i>Actiniidae ind.</i>	3.33		
MOLLUSCA [9 espèces]			
BIVALVIA			
● <i>Abra segmentum</i> - (Récluz, 1843)	10.0	13.3	
● <i>Arcuatula senhousia</i> - (Benson in Cantor, 1842)	400.0	120.0	23.3
● <i>Mytilaster marioni</i> - (Locard, 1889)	910.0	543.3	330.0
● <i>Mytilus galloprovincialis</i> - Lamarck, 1819	203.3	16.7	20.0
GASTROPODA			
● <i>Bittium reticulatum</i> - (da Costa, 1778)	1130	170.0	120.0
● <i>Haminoea hydatis</i> - (Linnaeus, 1758)		16.7	3.33
● <i>Nassarius reticulatus</i> - (Linnaeus, 1758)	3.33	3.33	
● <i>Peringia ulvae</i> - (Pennant, 1777)	13.3		
● <i>Pusillina lineolata</i> - (Michaud, 1830)	226.7	230.0	110.0

L'utilisation de tests statistiques multivariés (permanova, Anderson, 2001 ; distance de Bray-Curtis, 9999 permutations) met en exergue une différence significative de structure et de composition entre l'assemblage d'espèces de la station « Benthos 1 », située au Nord du port des Heures Claires, et ceux des deux autres stations. La station « Benthos 1 » se distingue en effet par la présence de l'amphipode *Gammarus insensibilis* et du gastéropode *Peringia ulvae* (hydrobie), ainsi que par de plus fortes densités du gastéropode *Bittium reticulatum* et des moules *Arcuatula senhousia* (espèce introduite) et *Mytilus galloprovincialis*. Cette différence est illustrée par l'intermédiaire du cadrage multidimensionnel non-métrique (nMDS) de la Figure 14, qui permet de schématiser la distribution des échantillons et des stations en fonction des similitudes de structure et de composition entre leurs assemblages d'espèces respectifs.

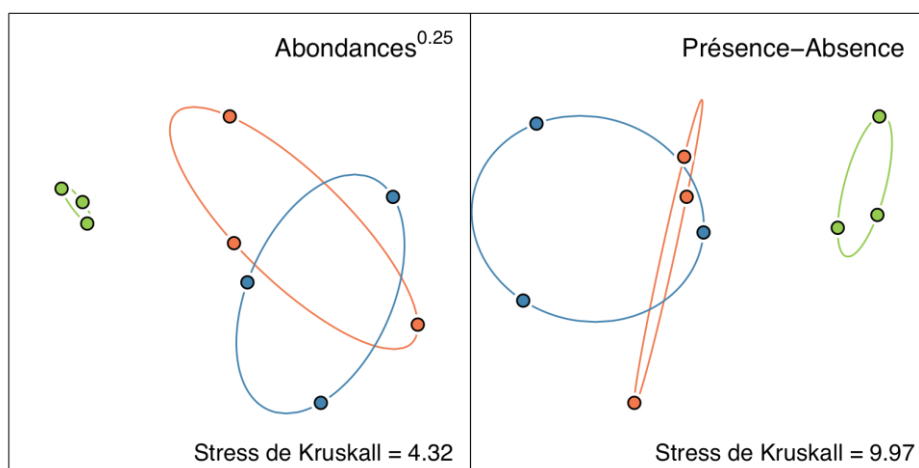


Figure 14 - Cadrages multidimensionnels non-métriques (nMDS) des échantillons benthiques collectés en juin 2015 au niveau des trois stations. Sur ce type de représentation les échantillons sont représentés par des points : plus les points sont proches, plus les assemblages d'espèces présentent de fortes affinités (même composition et mêmes espèces dominantes), et inversement. Les ellipses encerclent les points issus d'une même station. Les valeurs de stress indiquées correspondent au stress de Kruskal (une valeur de stress inférieure à 20 témoigne d'une représentation robuste des tendances).

Les valeurs des différents descripteurs mesurés à chaque station (richesses spécifiques, abondances et indices) sont synthétisées dans le **Tableau 5**. Ces données sont également illustrées par l'histogramme de la **Figure 15**.

Tableau 5 - Valeurs moyennes des principaux descripteurs mesurés au sein des trois stations d'échantillonnage. Les valeurs AMBI ont été utilisées afin de qualifier le statut écologique des différentes stations.

DESCRIPTEUR	STATION		
	BENTHOS 1	BENTHOS 2	BENTHOS 3
Nb total d'espèces	14	13	10
Densité	3257	1237	643.33
Indice de Shannon	2.36	2.27	1.84
Indice de Pielou	0.68	0.72	0.68
Indice AMBI	0.9	0.62	0.41
Statut écologique	[Très Bon] ●	[Très Bon] ●	[Très Bon] ●

4.4.1 Richesses spécifiques et abondances

Les richesses spécifiques sont décroissantes du Nord au Sud, oscillant entre 14 et 10 espèces. Les densités suivent une progression analogue, les effectifs les plus importants étant constatés au sein de la station «Benthos 1», avec une densité estimée à 3257 individus.m⁻², significativement supérieure aux autres stations.

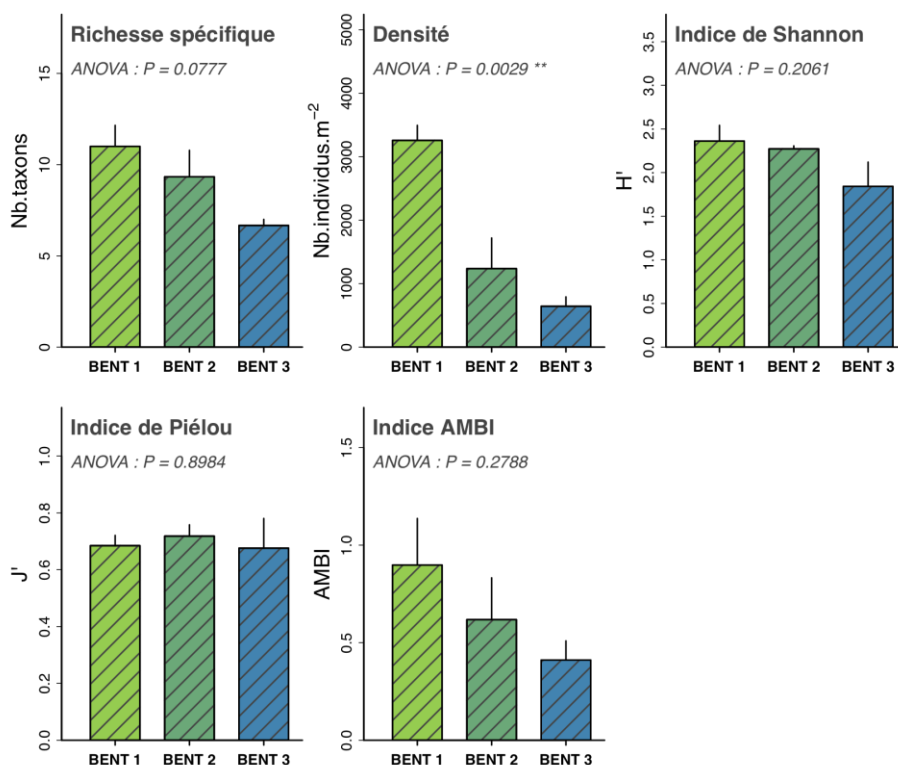


Figure 15 - Valeurs des richesses taxinomiques, des densités, de l'indice de diversité de Shannon, de l'indice d'équitabilité de Piélou et de l'indice de qualité AMBI.

4.4.2 Indices de diversité et d'équitabilité






L'indice de diversité de Shannon-Wiener (H' ; Shannon, 1948) explique la diversité spécifique au sein d'un échantillon en fonction du nombre d'espèces récoltées et du nombre d'individus appartenant à chaque espèce. Cet indice est nul si l'échantillon considéré ne comporte qu'une espèce et prend des valeurs minimales si chaque espèce ne présente qu'un seul individu, à l'exception d'une ou deux espèces aux abondances très importantes. Il affiche en revanche des valeurs maximales lorsque l'échantillon comporte de nombreuses espèces, dont les effectifs sont répartis en proportions équivalentes. L'indice d'équitabilité de Piélou (J' ; Piélou, 1966) rend compte de la distribution des individus entre les différentes espèces. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une espèce) à 1 (équitépartition des individus entre les espèces).

Les deux indices affichent des valeurs relativement stables d'une station à l'autre ; les tests statistiques (ANOVA) ne montrent pas de réelles différences significatives. La valeur moyenne de l'indice de Shannon est comprise entre 1,84 et 2,36, ce qui traduit une faible diversité. Les valeurs de l'indice de Piélou apparaissent relativement élevée ($0,68 < J' < 0,72$) en raison de la dominance numérique de quelques espèces (*Mytilaster marioni* et *Bittium reticulatum* notamment).

4.4.3 Indice de qualité écologique

L'**AMBI** (AZTI Marine Biotic Index ; Borja *et al.*, 2000) a été conçu afin d'évaluer le statut de qualité écologique des masses d'eau côtières européennes (concept EcoQ de la Directive Cadre sur l'Eau). Il s'appuie sur la réponse des communautés benthiques de substrats meubles aux changements naturels et/ou anthropiques de qualité environnementale (eau et sédiments). Son calcul repose sur la classification des espèces benthiques en cinq groupes de polluo-sensibilités différentes (Glémarec & Hily, 1981 ; Grall & Glémarec, 1997 ; groupe I : espèces sensibles ; groupe II : espèces indifférentes ; groupe III: espèces tolérantes ; groupe IV : espèces opportunistes de second ordre ; groupe V : espèces opportunistes de premier ordre). Les mesures AMBI varient de 0 à 6 ; les fortes valeurs sont indicatrices d'une altération des peuplements benthiques. La grille de qualité associée à l'indice AMBI est présentée par le Tableau 6.

Tableau 6 – Synthèse des valeurs AMBI et de leurs équivalences (état de santé de la communauté benthique, classe de perturbation et statut écologique), modifiée d'après Borja *et al.* (2003) et Muniz *et al.* (2005).

Valeur AMBI	Groupe écologique dominant	Communauté macrobenthique	Perturbation	Statut écologique (DCE)	
0.0 < BC ≤ 0.2	I	Normale	Très faible à nulle	Très bon	
0.2 < BC ≤ 1.2		Appauvrie			
1.2 < BC ≤ 3.3	III	Déséquilibrée	Faible	Bon	
3.3 < BC ≤ 4.3		Transitoire			
4.3 < BC ≤ 5.0	IV-V	Polluée	Modérée	Moyen	
5.0 < BC ≤ 5.5		Transitoire			
5.5 < BC ≤ 6.0	V	Sévèrement polluée	Sévère	Médiocre	
Azoïque (7.0)		Azoïque			
	Azoïque	Azoïque	Excessive	Mauvais	

Dans cette étude, les valeurs AMBI ont été calculées par l'intermédiaire d'une routine R (<http://www.r-project.org/>), à l'aide de la dernière classification AZTI mise à jour en novembre 2014.

L'indice AMBI classe l'ensemble des stations en « Très Bon » état écologique. Les valeurs moyennes de cet indice apparaissent décroissantes du Nord vers le Sud ; les tests statistiques (ANOVA) ne montrent cependant pas de réelles différences significatives entre les trois stations. L'histogramme de la Figure 16 présente les fréquences relatives des cinq groupes de polluosensibilité selon la station. Quelle que soit la station considérée, les assemblages benthiques échantillonnés présentent une proportion majoritaire d'espèces du groupe I (espèces sensibles), auquel sont notamment rattachées les deux espèces dominantes *Bittium reticulatum* et *Mytilaster marioni*.

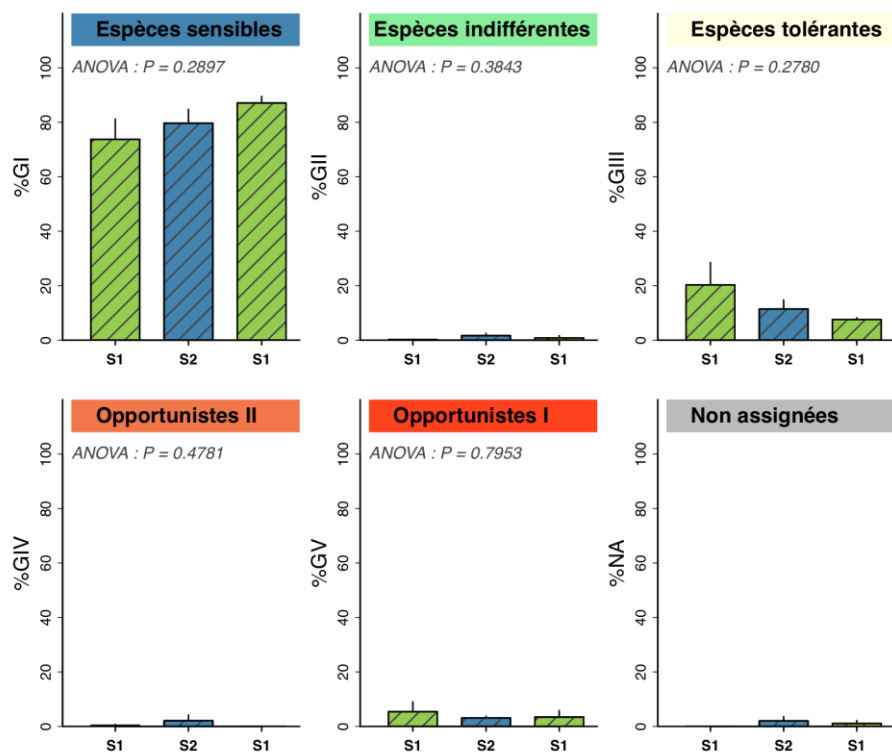


Figure 16 - Fréquences relatives des espèces sensibles (groupe I), indifférentes (groupe II), tolérantes (groupe III), opportunistes de second ordre (groupe IV) et opportunistes de premier ordre (groupe V). Le taux d'espèces non assignées à un groupe de polluo-sensibilité est également illustré.

4.4.4 CONCLUSION

Les assemblages macrobenthiques échantillonnés au cours de cette étude correspondent au peuplement Lagunaire Eurytherme Euryhalin (LEE). Ils se caractérisent par une faible diversité et sont numériquement dominés par quatre espèces : les bivalves *Mytilaster marioni*/*Arcuatula senhousia* et les gastéropodes brouteurs *Bittium reticulatum*/*Pusillina lineolata*. Trois de ces espèces (*M. marioni*, *B. reticulatum* et *P. lineolata*) sont considérées comme sensibles à une hypertrophisation du milieu : leur développement contribue à la diminution des valeurs de l'indice AMBI, qui classe l'ensemble des stations en « très bon » état écologique.

4.4.5 BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, M.J. (2001).** A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26 : 32–46.
- Borja, A. ; Franco, J. & Muxika, I. (2003).** Classification tools for marine ecological quality assessment : the usefulness of macrobenthic communities in an area affected by a submarine outfall. Dans : ICES Council Meeting/Session J-02, 2003.
- Borja, A.; Franco, J. & Pérez, V. (2000).** A Marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40 : 1100–1114.
- Borja, A. & Muxika, I. (2005).** Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, 50 : 787–789.
- Glémarec, M. & Hily, C. (1981).** Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oecologica*, 2 : 139–150.
- Grall, J. & Glémarec, M. (1997).** Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44 : 43–53.
- Muniz, P. ; Venturini, N. ; Pires-Vanin, A. M. S. ; Tommasi, L. R. & Borja, A. (2005).** Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*, 50(6) : 624–637.
- Pielou, E. C. (1966).** Shannon's formula as a measure of species diversity, its use and misuse. *American Naturalist*, 100 : 463–465.
- Shannon, C. E. (1948).** A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27 : 379–423.
- Simboursa, N. & Zenetos, A. (2002).** Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index. *Mediterranean Marine Science*, 3/2 : 77–111.

5. Synthèse

L'inventaire des biocénoses a montré l'absence d'herbiers de zostères sur le secteur d'étude. Le substrat est très vaseux avec ponctuellement une fraction sableuse sur le secteur, et il est à 100 % vaseux dans l'enceinte portuaire.

Hormis dans le port et au Nord-Est de la sortie du Grand Bassin, le recouvrement par les algues est très important et proche de 100 %. Les 2 transects présentaient un recouvrement important avec une fréquence de 100 % pour *Ulva sp.*, forte pour *Chladophora* et *Callithamniae* et plus variable pour *Gracilaria*. Les indices d'abondances sont plus élevés qu'en 2014 sur le transect proche du GIPREB.

Seule la biocénose lagunaire euryhaline et eurytherme (LEE) a été observée. Celle-ci est typique des lagunes méditerranéennes et correspond à ce qui était attendu sur le secteur des Heures Claires.

Les assemblages de macrofaune benthique échantillonnés au cours de cette étude correspondent au peuplement Lagunaire Eurytherme Euryhalin (LEE). Ils se caractérisent par une faible diversité et sont numériquement dominés par quatre espèces : les bivalves *Mytilaster marioni*/*Arcuatula senhousia* et les gastéropodes brouteurs *Bittium reticulatum*/*Pusillina lineolata*. Trois de ces espèces (*M. marioni*, *B. reticulatum* et *P. lineolata*) sont considérées comme sensibles à une hypertrophisation du milieu : leur développement contribue à la diminution des valeurs de l'indice AMBI, qui classe l'ensemble des stations en « très bon » état écologique.

D'un point de vue biodiversité le port est typique des zones d'enrochements en milieu lagunaire, avec quelques espèces fixées en très grand nombre (moules, ascidies blanches) et des espèces de poissons inféodés à ces zones (blennies paon, mulets, etc.). La majorité des espèces observées sont habituellement présentes en milieu lagunaire, ce qui est cohérent avec la distance au grau importante.

Aucune espèce protégée ou d'intérêt patrimonial n'a été observée.