HAL open science

Bioindication basée sur les invertébrés en lagunes oligohalines.

Laure Giordano, Cédric Provost, Muriel Gevrey, Valérie Derolez, Christine Argillier

To cite this version:

Laure Giordano, Cédric Provost, Muriel Gevrey, Valérie Derolez, Christine Argillier. Bioindication basée sur les invertébrés en lagunes oligohalines.. [Rapport de recherche] irstea. 2011, pp.23. hal-02596898

HAL Id: hal-02596898

https://hal.inrae.fr/hal-02596898v1

Submitted on 15 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Partenariat *2010* – *Domaine Qualité des masses d'eau* **-** *Action 15 Développement et optimisation des méthodes de bioindication pour les plans d'eau*

Bioindication basée sur les invertébrés en lagunes oligo-halines

Rapport d'avancement

*Laure Giordano**
*Cédric Provost**
*Muriel Gevrey**
*Valérie Derolez***
*Christine Argillier**

**Pôle Onema/Cemagref Aix en Provence*
***Ifremer, Laboratoire Environnement Ressources, Sète*

Janvier 2011

Avec

Contexte de programmation et de réalisation

Des adaptations des outils d'évaluation des macrophytes et de la macrofaune benthique aux lagunes "dessalées" apparaissent nécessaires pour la mise en œuvre de la DCE en Méditerranéennes.
Les travaux présentés dans ce rapport, menés dans le cadre d'une collaboration Cemagref / Ifremer, concernent la macrofaune benthique avec :1) l'élaboration d'une liste taxonomique pour les espèces spécifiques aux lagunes "dessalées", 2) une réflexion sur les évolutions envisageables du protocole d'échantillonnage actuel, des indicateurs et grilles de qualité.
La réflexion s'appuie sur les points communs aux milieux lagunaires oligo-halins et aux lacs naturels.

Les auteurs

Laure Giordano
Ingénieur d'étude
Pôle Onema/Cemagref Aix en Provence
Laure.giordano@cemagref.fr

Cédric Provost
Ingénieur d'étude
Pôle Onema/Cemagref Aix en Provence
Cedric.provost@cemagref.fr

Muriel Gevrey
Ingénieur de Recherche ONEMA
Pôle Onema/Cemagref Aix en Provence
Muriel.gevrey@cemagref.fr

Valérie Derolez
Ifremer, Laboratoire Environnement Ressources, Sète
Valerie.derolez@ifremer.fr

Christine Argillier
Directeur de recherche
Pôle Onema/Cemagref Aix en Provence
Christine.argillier@cemagref.fr

Les correspondants

Onema : *Yorick Reyjol, DAST, yorick.reyjol@onema.fr*
Partenaire : *Christine.Argillier, Pôle Onema/Cemagref Aix en Provence, christine.argillier@cemagref.fr*

Droits d'usage :	*Externe*
Couverture géographique :	*France*
Niveau géographique :	*National*
Niveau de lecture :	*Professionnels*
Nature de la ressource	*Document PDF*

Bioindication basée sur les invertébrés en lagunes oligo-halines

Rapport d'avancement 2010

Laure Giordano, Cédric Provost, Muriel Gevrey, Valérie Derolez, Christine Argillier

Résumé 4
1. Introduction 5
2. Matériel et méthodes 6
2.1. Sites d'études 6
2.2. Méthode d'échantillonnage 9
3. Résultats des échantillonnages 10
3.1. Composition faunistique des lagunes 10
3.2. Effet de la taille de maille de tamis sur l'abondance 14
3.3. Effet de la taille de maille de tamis sur la richesse taxonomique 15
3.4. Effet de la maille de tamis sur la présence de taxons polluo-sensibles 15
4. Discussion - conclusions 16
4.1. Préconisations en terme d'échantillonnage 16
4.1.1. Période d'échantillonnage 16
4.1.2. Taille des mailles de tamis 17
4.1.3. Mesures de terrain 17
4.2. Eléments de réflexion en vue de la construction d'un outil de bioindication 17
5. Limites et perspectives 18
5.1. Niveau de détermination des taxons 18
5.2. Sites disponibles pour la construction d'un indicateur 19
5.3. Analyse des réponses des communautés aux pressions 21

Bioindication basée sur les invertébrés en lagunes oligo-halines

Rapport d'avancement 2010

Laure Giordano, Cédric Provost, Muriel Gevrey, Valérie Derolez, Christine Argillier

Résumé

Le présent document présente les travaux d'avancement au développement d'un outil de bioindication des communautés d'invertébrés benthiques lacustres adapté aux lagunes oligohalines. Il s'inscrit dans une collaboration IFREMER-ONEMA-CEMAGREF. Actuellement, la plupart des indices couramment employés en lagunes mésohalines, euhalines et polyhalines ne sont pas applicables à ce type de système. Cette étude fait donc office de point d'entrée pour le développement d'un potentiel indice.

La démarche scientifique pour évaluer les lagunes dessalées repose dans un premier temps sur l'adoption du protocole lagunaire développé par l'IFREMER en révisant certains paramètres, (i) la date de prélèvement et (ii) la taille de maille de tamis plus particulièrement.

Au vue des premières analyses, la faune macrobenthique récoltée sur les 3 systèmes se compose majoritairement de taxons dulçaquicoles. Comme pour les protocoles en milieux d'eau douce, une période d'échantillonnage au début du printemps semble plus adaptée à ce type de faune et permet ainsi d'éviter la période d'émergence de certains taxons indicateurs (ex. Chironomidae). De plus, pendant la phase de tri en laboratoire, l'ajout d'un tamis de 500µm de maille en plus du 1mm permet de récolter des taxons indicateurs comme certaines espèces d'Oligochètes indicatrices de dégradation de milieu, ces taxons pouvant être intégrés dans le calcul de métriques pour le futur outil. Cependant, le faible jeu de données n'a pas permis d'analyser la réponse de métriques candidates aux pressions anthropogéniques. Une étape sera donc nécessaire à la constitution d'un jeu de données suffisamment important pour prendre en compte les gammes de variations de paramètres environnementaux et de pressions et ainsi construire l'outil de bioindication adapté aux lagunes dessalées.

Mots clés (thématique et géographique)

DCE, Lagune oligo-haline, Bioindication, Méthode d'échantillonnage, Communauté macrobenthique

Bioindication basée sur les invertébrés en lagunes oligo-halines

Rapport d'avancement 2010

Laure Giordano, Cédric Provost, Muriel Gevrey, Valérie Derolez, Christine Argillier

1. Introduction

Les lagunes sont des plans d'eau littoraux, généralement de faible profondeur, séparés de la mer par un cordon littoral appelé lido. Des connexions avec la mer se font à travers le lido par des bras appelés « graus ». Le caractère temporaire ou permanent de ces communications avec la mer confère aux eaux lagunaires un caractère saumâtre (Kjerfve 1994). Elles entretiennent aussi des relations étroites avec les zones humides environnantes (e.g. marais). Les nombreux apports du bassin versant permettent le développement d'une grande biodiversité. En effet, les lagunes sont connues pour être de véritables nurseries pour les poissons, crustacés, mollusques mais également des sites d'accueil exceptionnels pour l'avifaune.

En France, le long de la côte méditerranéenne, une vingtaine de systèmes lagunaires sont présents, regroupés selon leur niveau de salinité. La salinité joue un rôle prépondérant sur le fonctionnement de ces écosystèmes en exerçant par exemple une pression sur la structure des communautés macrobenthiques présentes.
En ce qui concerne les lagunes oligo-halines, les organismes biologiques sont soumis à des teneurs en sel allant de 0 à 5g/l avec des variations annuelles voire journalières. La variabilité de la salinité dépend de nombreux paramètres comme (i) l'intensité et la direction des courants eaux lagunaires / eaux marines, (ii) l'importance des apports hydriques du bassin versant, (iii) les conditions climatiques (e.g. vent, précipitation) (Guelorget and Perthuisot 1984; Millet and Guelorget 1994). Sur l'ensemble de la lagune, la teneur en salinité peut être également très variable selon les zones, e.g. zones dites de « confinement », avec des valeurs de salinité largement supérieures au reste de la lagune, voire dépassant celles de la mer. Cette variabilité spatio-temporelle influence fortement la distribution et la composition des communautés macrobenthiques (abondance, richesse, présence/absence).
Un premier travail réalisé par Ifremer sur l'ensemble des lagunes méditerranéennes a permis le développement d'indicateurs de qualité des milieux basés sur les invertébrés (Lavesque, Blanchet et al. 2009; Gouilleux, Bachelet et al. 2010). Ces indicateurs utilisent l'abondance de divers taxons ainsi que la présence d'espèces polluosensibles et d'espèces invasives. Cependant, ils se sont avérés inadaptés à la bioindication des lagunes dessalées qui renferment des cortèges d'invertébrés très différents de ceux classiquement observés en milieux saumâtres ou salés.

Ainsi, cette étude est conduite en appui à la mise en œuvre opérationnelle de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) (Communauté Européenne 2000). Elle vise à analyser la convergence possible entre les indicateurs développés sur les lacs naturels d'eau douce et sur ces milieux lagunaires dessalés. Plus précisément, il s'agit dans un premier temps de faire évoluer la méthode de prélèvement pour optimiser la collecte des échantillons. Nous avons vérifié en particulier l'impact de la taille de maille de tamis sur la composition faunistique des communautés. Dans un second temps, il s'agissait de compléter une liste faunistique de macroinvertébrés inféodés à ces milieux dessalés en vue du calcul de métriques candidates à la bioindication.

2. Matériel et méthodes

2.1. Sites d'études

Les 3 lagunes oligohalines méditerranéennes étudiées sont Bolmon, Scamandre et Grande Palun (Domaine de la Palissade). Ces sites ont été choisis afin de couvrir un gradient de qualité écologique (différents niveaux de pressions). La Figure 1 montre leur situation géographique dans les départements des Bouches du Rhône (13) et du Gard (30). Un tableau récapitulatif reprend les principales informations géo-morphologiques, physico-chimiques ainsi que les pressions exercées sur ces milieux et leur mode de gestion (Tableau 1).

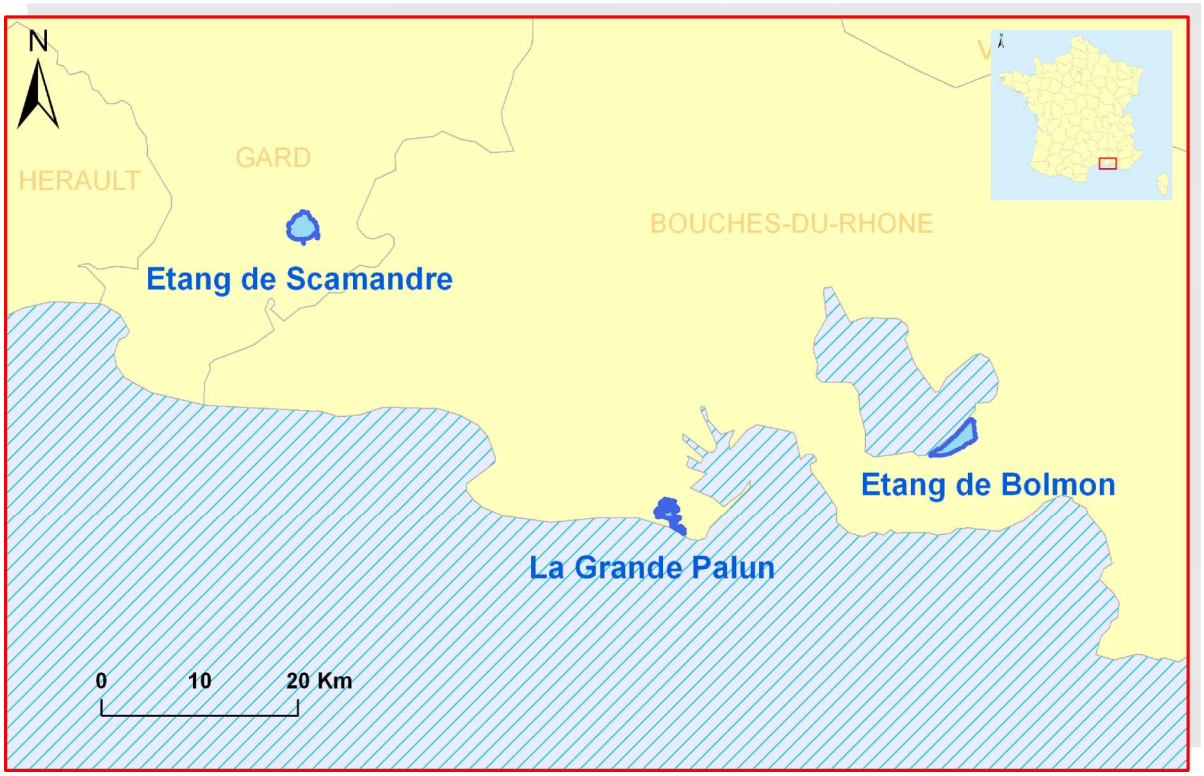

Figure 1*:* Localisation des lagunes méditerranéennes oligo-halines étudiées

Lagune de Bolmon

Bolmon (43°25'N ; 5°10'E) est une lagune saumâtre peu profonde située au sud de l'étang de Berre de 578 hectares, d'un volume de 8.3 millions de m^3 avec une profondeur maximale de 1,8 mètres. Elle est située près de Marseille, entre Marignane et Chateauneuf les Martigues dans les Bouches du Rhône. Le cordon sableux du Jaï sépare Bolmon de l'étang de Berre au nord ; au sud, il est délimité par une digue où passe le canal du Rove et par des zones humides.
L'apport en eau douce se fait par le biais d'une petite rivière eutrophe à son embouchure : La Cadière. La communication avec la mer, quant à elle, se fait par l'intermédiaire de l'étang de Berre qui communique avec la mer par le chenal de Caronte. Les échanges hydriques entre Berre et Bolmon se font par l'intermédiaire de trois bourdigues traversant le Jaï et entre le Bolmon et le canal du Rove via deux passes. Un projet de réouverture du canal du Rove est en cours d'étude. Il permettrait de renouveler les eaux du canal et de l'étang mais augmenterait sensiblement la salinité.
La salinité mesurée en zone centrale est de 2,6 g/l en avril 2010 et la salinité moyenne annuelle de 9.5 g/l. La lagune possède un gradient de salinité d'est en ouest. On passe en effet d'eaux douces à des eaux plus salées.

La lagune reste à un stade trophique avancé malgré les efforts consentis par les communes du bassin versant pour contrôler les pollutions des STEP et des eaux usées en limitant les apports en

nitrates et phosphates. C'est la station la plus impactée des 3 lagunes avec des stress anthropiques importants (e.g pollution chimique via l'étang de Berre limitrophe par les hydrocarbures, et pollutions urbaines).

Lagune de Scamandre

Scamandre (43.62'N ; 4.3'E) est un étang naturel situé dans le département du Gard faisant partie de l'éco-complexe fluvio-lacustre de la Petite Camargue gardoise, incluant au Nord les étangs du Crey et du Charnier. Située sur les communes de Vauvert et Saint-Gilles, elle a une superficie de 550 hectares et une profondeur maximale de 2.5 mètres. Le bassin versant de cet ensemble est de 2110 hectares (BRL 2002).

La salinité mesurée au niveau de l'étang de Scamandre était de 1,6 g/l lors de notre échantillonnage et la salinité annuelle moyenne de 0.9 g/l (données (Créocéan and IFREMER 2000)
Les apports d'eau se font par impluvium direct et par les canaux notamment le canal de Capettes qui relie le Petit Rhône au canal du Rhône à Sète en traversant le complexe avec lesquels il communique par des roubines. Un autre canal apporte au sud des eaux de drainage d'une riziculture (surface drainée d'environ 250 ha). Des échanges peuvent avoir lieu aussi au Nord via des martelières avec le canal du Rhône à Sète. Un plan de gestion, élaboré en 2001 par BRL et la Tour du Valat à la demande du Syndicat Mixte de Camargue Gardoise doit permettre d'améliorer la circulation et le renouvellement des eaux et d'apporter une eau non salée par le Petit Rhône. Actuellement, un tel mode de gestion n'est pas appliqué.

Le substrat de fond est composé de sédiments très fins de type argiles et limons; siège d'une importante activité biochimique. En été, la minéralisation des composés organiques et azotés crée un milieu réducteur.

Des 3 milieux étudiés, cette station est la moins impactée par des perturbations d'origine anthropique et/ou naturelle (absence de sources de pollutions proches). En 2006, AQUASCOP n'a décelé que des traces de chrome et de quelques composés type hydrocarbures (benzopyrène, pyrène, benzoanthène) mais pas de pesticide (AQUASCOP 2006). Néanmoins, une forte activité biologique provoque l'eutrophisation de la lagune.

Lagune de Grande Palun

Grande Palun (43°21'07''N ; 4°48'45''E) est un éta ng permanent de fonctionnement estuarien situé à l'embouchure du Grand Rhône (régime de marées d'amplitude 30 cm). Il couvre 120 ha, sa profondeur est faible, 30 cm en moyenne avec un maximum de 50 cm. Les sédiments de fond alternent dans l'espace de la texture vaseuse (vases réductrices) à silto-sableuse et limono-sableuse.
Elle fait partie du Domaine de la Palissade qui appartient à la Camargue dite « laguno-marine ». Situé hors digue, ce domaine est au cœur de la dynamique deltaïque de l'embouchure du Rhône avec une influence dulçaquicole liée aux crues du Rhône ainsi que des invasions ponctuelles d'eaux marines. De morphologie plane, le domaine a une origine alluviale récente (limons apportés par le Grand Rhône). Cette lagune communique en permanence avec le Rhône par le Canal de la Pêcherie et de façon irrégulière avec la mer via le grau de Piémanson. Deux chenaux pouvant être fermés le relient avec la Baisse Sableuse, le Trou de l'Oie et l'Etang du Capouillet.

Selon le Plan de gestion du domaine de la Palissade 2008-2013, le Rhône et la lagune ne sont jamais à niveau, ce qui induit un courant permanant et un régime de marées (amplitude : 30 cm). Cette influence constante de la mer par l'intermédiaire du Rhône produit de façon journalière une double alternance de courants entrants dominants et sortants (Thibault and Willm 2008). Par vent marin, le basculement de la mer s'oppose à l'écoulement du Rhône et entraîne l'augmentation du niveau du fleuve, ce qui provoque un remplissage de la lagune. Par mistral, l'effet est inverse : le courant sortant est amplifié et le courant entrant atténué. Le renouvellement des eaux de la lagune est donc très rapide (moyenne journalière 23 %) et les variations de salinités importantes au sein même d'une journée.

Sa salinité moyenne est de 3,5 PSU mais elle varie en général entre 2 et 5 PSU. Des variations extrêmes peuvent faire baisser la salinité à 0,5 PSU ou l'augmenter à 16 PSU. La salinité au Sud de la Grande Palun (3,4 PSU de moyenne de juin 2009 à juillet 2010) est généralement moins élevée qu'au Nord (5 PSU de moyenne de juin 2009 à juillet 2010).
Cette station subie donc des pressions naturelles liées au fonctionnement hydraulique de la Palissade.

Le Tableau 1 regroupe leurs caractéristiques environnementales principales recueillies à partir des données antérieures (BRL 2002; Créocéan 2010).

Tableau 1 : Caractéristiques géo-morphologiques, physico-chimiques et de pressions exercées connues sur les 3 lagunes étudiées

Caractéristiques stationnelles	BOLMON (BOL)	SCAMANDRE (SCA)	GRANDE PALUN (GPA)
TWB WFD code	FRDT15c	FRDT13h	FRDT14c
Coordonnées géographiques	43°25'Nord 5°10'Est	43°37'19'' Nord 4°21'29'' Est	43°21'07'' Nord - 4°48'45'' Est.
Origine	lagune séparée de l'étang de Berre par lune digue	lagune deltaïque estuarienne d'origine fluvio-lacustre	lagune de la Camargue "laguno-marine" de type estuarien
Localisation	Complexe de l'Etang de Berre-Marignane-Chateauneuf-les-Martigues -13 -France	Saint Gilles-Vauvert- Camargue Gardoise -30 -France	Domaine de la Palissade-Arles- Les Salins de Giraud- 13 - France
Structures de gestion	Syndicat Intercommunal Bolmon-Jaï (SIBOJAI) Groupement d'intérêt Public pour lea Réhabilitation de l'Etang de Berre (GIPREB)	Synidcat Mixte pour la portection et la gestion de la Camargue Gardoise (SMCG)	Syndicat Mixte de gestion du Domaine de la Palissade (SMGDP)
Superficie (ha)	578	546 (RSI 2009)	120
Surface du bassin versant	11200 ha	2110 ha**	702 ha
Salinité mesurée en avril 2010 (‰)	2.6	2.5	0.8 à 1.6
Niveau de salinité	**oligo-mésohaline**	**oligohaline**	**oligohaline**
Gradient de salinité	la plus salée -salinité stable (léger gradient ouest/est)	la moins salée - salinité stable	salinité variable (gradient sud/nord)
Volume ($m^{3)}$	8.31E+06	9.10E+06	3.00E+05
Profondeur moyenne (m)	1.4	1.5	0.3
Profondeur maximum (m)	2.5	2	0.5
Minimum de salinité en moyenne sur l'année entre 1998 et 2009 ‰ *	5	0	2
Maximum de salinité (en moyenne sur l'année entre 1998 et 2009 ‰*	11	1	8
Amplitude de salinité en moyenne sur l'année entre 1998 et 2009 ‰*	5	1	6
Moyenne de salinité (sur l'année entre 1998 et 2009)‰*	8	1	4
Moyenne annuelle de salinité 2009 *	6,57	0,94	3.4
Salinité (‰) en mai -juin 2009*	4.7	1.5	1.1
Granulométrie : % de fraction fine (>64 µm)*	90.8	95.9	11.2
Type de sédiment	vases pures	vases pures	sables moyennement envasés
Bilan de la qualité des sédiments*	moyen	bon	bon
Enrichissement aux matières organiques (% p.s)*	14.8	7	1.5
Azote NKJ (%p.s)*	0.51	0.25	0
Phosphate total Ptot (mg/kg)*	1110	418	370
Potentiel redox surface moy. (mV)*	-164.5	-4.3	36.3
Potentiel redox profondeur moy. (mV)*	-221	-115	-27
Niveau d'impact	**très impactée**	**la moins impactée**	**impactée**
Type de pressions subies	pressions anthropiques (urbaines, pétrochimiques)	pollution chimique diffuse?	pressions naturelles (variations de salinité)
Alimentation en eau douce	apports de la Cadière (>80%) + échanges diffus avec l'étang de Berre, le canal du Rove et les marais du Jaï.	eaux du Rhône par le Canal du Rhône à Sète + canal de Capettes	permanente par le canal de la Pêcherie du Grand Rhône et le grau du Piemanson
Communication à la mer	via l'étang de Berre qui lui a des échanges avec la mer par le biais du chenal de Caronte	la plus isolée de la mer Méditerrannée	entrées du delta du Rhône (système de marées amplitude 40 cm)
Renouvellement des eaux	faible taux de renouvellement des eaux	faible taux de renouvellement des eaux	renouvellement rapide des eaux (moyenne journalière 23%)
Gradient de pressions	la plus impactée : pressions anthropiques, eaux usées, STEP, pétrochimie	la moins impactée : eutrophisation en l'absence de foyer de pollution	perturbations naturelles due au fonctionnement estuarien (variations fortes de salinité)
Occupation du sol -Bassin versant	4 types de zones : urbaines et industrielles à l'ouest ; rurales aux extrêmes Sud et Nord ; naturelles à l'extrême Ouest (Bolmon et zones humides périphériques). Le bassin versant berre/bolmon occupe 94854ha dont 16220ha de lagunes et 1076ha de zones humides périphériques et compte 300000 habitants répartis sur 10 communes.	le Domaine petite camargue occupe 220000 ha. La Camargue Gardoise possède 10395 ha de lagunes et 10230 ha de zones humides périphériques et un bassin versant global de 48355 ha. Au Nord, on observe les costières et au sud, les anciens cordons littoraux. Le taux d'urbanisation du bassin versant est de 2%, le reste étant réparti entre cultures, friches, prairies, roselières.	Les 702 ha du Domaine de la Palissade sont composés de boisements du bord du Rhône; de terres à tamaris et salicornes, de sansouires; de scirpaies, de pelouses, et de jonchaies
Statuts de protection	709 ha appartiennent au Conservatoire du Littoral. Le site est classé en ZNIEFF littorales, Natura 2000 (pSIC) et « Espace Naturel Sensible » au titre de la loi Littoral.	ZNIEFF n°6/61; site naturel Natura 2000 Camargue Gardoise; SAGE Petite Camargue gardoise (2001); SCOT Sud du Gard	ZPS au titre de la directive Oiseaux, ZNIEFF de type I, inclus dans le site inscrit du PNR de Camargue, dans la ZICO Camargue et dans la zone Ramsar. Psic au titre de la directive Habitat. Zone centrale de la réserve de biosphère Camargue dans le cadre du programme MAB (Unesco)

* données Créocéan 2009 (2010) ** données BRL (2002)

2.2. Méthode d'échantillonnage

Préalablement à la campagne de terrain, l'emploi d'un échosondeur a permis la détection de la profondeur maximale des lagunes. Parallèlement, des mesures de salinité ont été prises à divers points autour de cette zone profonde afin de confirmer le caractère oligohalin des sites d'étude.

Le protocole d'échantillonnage de la faune benthique est basé sur celui employé sur les lagunes dans le cadre du suivi écologique des milieux mis en place en 2000 dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire (Créocéan and IFREMER 2000). Il repose sur l'échantillonnage de trois points centraux qui contiennent chacun 4 réplicats espacés de 100 à 300 mètres selon la dimension de la lagune (Figure 2). Ils ont été choisis en zone centrale pour limiter la variabilité naturelle des échantillons déjà peu nombreux.

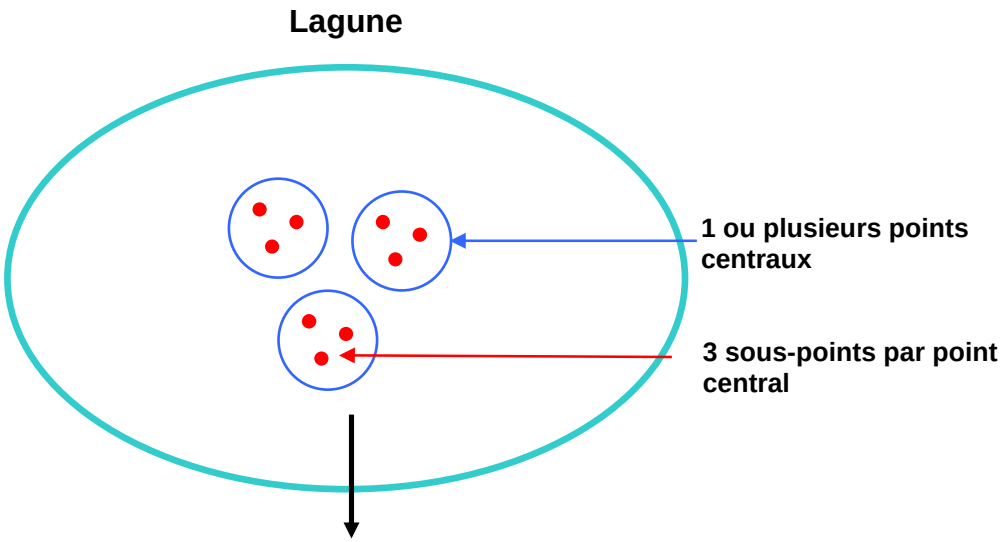

Figure 2: Stratégie d'échantillonnage des milieux lagunaires préconisée par Ifremer

Au niveau de chaque point, 4 prélèvements à la benne Ekman d'un volume de 0,0225 m² sont effectués pour prélever les premiers centimètres de sédiment meuble. L'échantillonnage par benne est l'une des techniques les plus fiables pour quantifier des peuplements d'invertébrés benthiques en substrat meuble (e.g argilo-vaseux) (Grant and Hily 2003)..

Afin d'avoir une meilleure vision de la diversité faunistique globale des lagunes, nous avons avancé la date des prélèvements par rapport aux préconisations du protocole Ifremer (juin). La campagne de terrain s'est faite en début de printemps, les 7, 8 et 9 avril 2010. L'avancée de la période de prélèvements doit permettre théoriquement de récupérer des taxons à cycle de vie court, encore au stade larvaire (comme les Diptères Chironomidae par exemple). L'élévation des températures au printemps provoque souvent une augmentation de la salinité des eaux en lagunes ce qui provoque l'émergence massive de nombreux insectes.

Suite à l'échantillonnage, afin de filtrer les limons les plus fins et de retirer l'eau surnageante pour en réduire le volume, le contenu de chaque benne a été filtré au moyen d'un filet Surber ou Haveneau de vide maille de 250µm Les prélèvements représentant chacun 4 bennes soit 0.09 m² de surface échantillonnée ont ensuite été conservés dans des bouteilles plastiques de 1 litre et formolés à 5% par du formaldéhyde 30%.

Au laboratoire, les échantillons ont été tamisés sous hôte aspirante sur une colonne de 3 tamis de section carrée de vide de maille décroissant : 1mm, 500µm et 250µm. Le tamis de 1mm de taille de maille est conforme aux préconisations du protocole Ifremer. Les 2 autres tamis de maille 500

µm et 250 µm ont été utilisés pour permettre éventuellement de récupérer des taxons et/ou individus de plus petite taille.

La détermination taxonomique s'est faite à différents niveaux selon le groupe faunistique considéré (Tableau 2) en fonction des compétences en systématique des techniciens. La fraction récupérée dans chaque refus de tamis a été triée séparément sous loupe binoculaire à l'aide de fibres optiques afin de calculer les abondances récoltées dans chaque refus de tamis.

Tableau 2 : Niveau de détermination systématique par groupe taxonomique

Groupe Faunistique	Ordre/Classe	Famille	Sous-Famille	Niveau de détermination sytématique
Crustacés	Amphipodes	Talitridae		Famille (sauf genre Orchestia sp.)
		Gammaridae		Famille (sauf genre Gammarus sp.)
		Corophiidae		Famille (sauf genre Corophium sp.)
	Mysidés	Mysidae	Mysinae	Espèce
Insectes	Diptères	Chironomidae	Tanypodinae	sous-famille
			Orthocladiinae	sous-famille (sauf Corynoneura sp. au genre)
			Chironominae	tribu Tanytarsini
				tribu Chironomini (sauf genre Chironomus gr.thumni gr.plumosus)
	autres Insectes			Genre
Mollusques	Bivalves			Genre
	Gastéropodes			Genre
Némathelminthes	Nematodes			Classe
Némertiens				Classe
Annélides	Oligochètes	Enchytraeidae		Famille
		Lumbriculidae		Famille
		Naïdidae	Tubificinae	Sous-famille (distinction des Tubificinae avec et sans soies capillaires)
			Naïdinae	Sous-famille, genre ou espèce selon l'intégrité des individus
	Polychètes	Nereididae		Famille (Nereididae) voire espèce (Hediste diversicolor)

Remarque : La détermination des Oligochètes s'arrête à la famille pour les Lumbriculidae et les Enchytraeidae car les individus sont généralement immatures ou bien dégradés par le passage sur la colonne de tamis. Les Naididae ont été déterminés aussi finement que possible : famille, genre voire espèce selon la présence ou le manque de pièces révélatrices d'un(e) genre/espèce. Les Diptères Chironomidae n'ont pas pu être identifiés au genre par manque de spécialistes de ce groupe faunistique.

Lorsque l'abondance de certains taxons est trop importante, l'emploi de boîtes de sous-échantillonnage (de 25 ou 49 cases selon les densités à estimer) est nécessaire afin de sous-échantillonner ces taxons surabondants.

3. Résultats des échantillonnages

3.1. Composition faunistique des lagunes

Les taxons rencontrés dans ces trois lagunes oligohalines sont listés dans le tableau suivant (Tableau 3). Ces communautés lagunaires sont assez comparables à celles des lacs d'eau douce peu profonds, à savoir dominées par des groupes faunistiques ubiquistes tels que les vers oligochètes, les diptères Chironomidae et les crustacés.

Tableau 3*:* Liste faunistique (ensemble des taxons retrouvés). Dernière colonne : code AQEM, permettant de standardiser les données au niveau européen *(Schmidt-Kloiber, Graf et al. 2006)*

Phylum	Subphylum	Class	Sub Class	Superorder/ Infraclass	Order	Suborder	Family	Subfamily	Tribe	Genus (if description at this level)	Group /Species	Taxon	Auteur	Codage	Code AQEM
ARTHROPODA	CRUSTACEA	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Amphipoda	Gammaridea	Gammaridae	Gammarinae		Gammarus	lacustris	**Gammarus lacustris**	G. O. Sars, 1863	**GamL**	5290
ARTHROPODA	CRUSTACEA	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Amphipoda	Gammaridea	Gammaridae	Gammarinae		Gammarus		**Gammarus sp.2**	J. C. Fabricius, 1775	**Gam2**	5293
ARTHROPODA	CRUSTACEA	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Amphipoda	Gammaridea	Talitridae			Talitridae		**Talitridae**		**Tali**	14244
ARTHROPODA	CRUSTACEA	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Amphipoda	Gammaridea	Talitridae			Orchestia		**Orchestia sp.**	Leach, 1814	**Orch**	14242
ARTHROPODA	CRUSTACEA	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Amphipoda	Gammaridea	Corophiidae			Corophium		**Corophium**	Latreille, 1806	**Coro**	4750
ARTHROPODA	CRUSTACEA	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Mysida		Mysidae	Mysinae		Neomysis	integer	**Neomysis Integer**	Leach, 1815	**Neom**	13516
ARTHROPODA	CRUSTACEA	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Mysida		Mysidae	Mysinae		Mesopodopsis	slabberi	**Mesopodopsis slabberi**	Van Beneden, 1861	**Meso**	9278
ARTHROPODA	HEXAPODA	Insecta	Pterygota		Diptera	Nematocera	Chironomidae	Chironominae	Tanytarsini			**Tanytarsini**		**Tani**	6977
ARTHROPODA	HEXAPODA	Insecta	Pterygota		Diptera	Nematocera	Chironomidae	Chironominae	Chironomini	Chironomus	gr.plumosus	**Chironomus gr. plumosus**		**ChPl**	4658
ARTHROPODA	HEXAPODA	Insecta	Pterygota		Diptera	Nematocera	Chironomidae	Chironominae	Chironomini	Chironomus	gr.thummi	**Chironomus gr. thummi**		**ChTh**	10900
ARTHROPODA	HEXAPODA	Insecta	Pterygota		Diptera	Nematocera	Chironomidae	Chironominae	Chironomini			**Chironomini (autres)**		**Chiro**	4663
ARTHROPODA	HEXAPODA	Insecta	Pterygota		Diptera	Nematocera	Chironomidae	Orthocladiinae				**Orthocladiinae**	Lenz, 1921	**Orth**	6208
ARTHROPODA	HEXAPODA	Insecta	Pterygota		Diptera	Nematocera	Chironomidae	Orthocladiinae		Corynoneura		**Corynoneura sp.**		**Cory**	4766
ARTHROPODA	HEXAPODA	Insecta	Pterygota		Diptera	Nematocera	Chironomidae	Tanypodinae				**Tanypodinae**		**Tapo**	6972
ARTHROPODA	HEXAPODA	Insecta	Pterygota	Palaeoptera	Odonata	Zygoptera	Coenagrionidae			Coenagrion		**Coenagrion sp.**	Kirby, 1890	**Coen**	4722
MOLLUSCA		Bivalvia	Heterodonta		Veneroida		Corbiculidae			Corbicula		**Corbicula**	Megerle von Mühlfeld, 1811	**Corb**	11178
NEMATA		Nematoda					Nematomorpha					**Nematodes**	Vejdovsky, 1886	**Nema**	10624
NEMERTEA		Enopla			Hoplonemertea	Monostilifera	Tetrastemmatidae			Prostoma	graecense	**Prostoma graecense**	Bohmig, 1892)	**Prost**	20416
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Tubificina	Enchytraeidae					**Enchytraeidae**		**Ench**	5101
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Tubificina	Naididae					**Naididae (autres)**		**Naid**	6068a
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Tubificina	Naididae			Dero	digitata	**Dero digitata**	Mueller, 1773	**DeDi**	4912
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Tubificina	Naididae			Dero		**Dero sp1**	Okern, 1815	**Der1**	4914
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Tubificina	Naididae			Naïs		**Naïs sp.**	Mueller, 1773	**Nais**	6077
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Tubificina	Naididae			Paranaïs		**Paranaïs sp.**	Czerniavsky, 1880	**Para**	9134
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Tubificina	Naididae	Tubificinae juv ASC				**Tubificinae ASC**		**TASC**	14394
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Tubificina	Naididae	Tubificinae juv SSC				**Tubificinae SSC**		**TSSC**	14393
ANNELIDA		Clitellata	Oligochaeta		Lumbriculida		Lumbriculidae					**Lumbriculidae**		**Lumb**	7490
ANNELIDA		Polychaeta	Palpata		Aciculata	Phyllodocida	Nereididae			Hediste	diversicolor	**Hediste diversicolor**	Malmgren, 1867	**HeDi**	13546
ANNELIDA		Polychaeta	Palpata		Aciculata	Phyllodocida	Nereididae					**Nereidae (autres)**	Johnston, 1865	**Nere**	14637

**Naididae (autres): autres genres de Naididae sans yeux à soies capillaires*

Au total, 44 848 individus ont été dénombrés sur l'ensemble des lagunes :

- 9475 individus répartis dans 17 taxons pour Bolmon
- 5773 individus répartis dans 21 taxons pour Scamandre
- 29600 individus répartis dans 13 taxons pour Grande Palun dont une majorité de parasites Némathelminthes de la classe des Nématodes.

A Bolmon et Scamandre, les densités sont élevées en atteignant respectivement 1170 individus/0.1m² et 713 individus/0.1m². A Grande Palun, la densité totale est la plus forte avec 3654 individus pour 0.1m².

L'étude des communautés par lagune révèle une similarité dans la composition des peuplements de Scamandre et de Bolmon. Ils sont dominés par les annélides Oligochètes et les diptères Chironomidae. Grande Palun possède un peuplement très différent des deux autres lagunes avec une dominance des Nématodes accompagnée de Polychètes et de Crustacés (Figure 3).

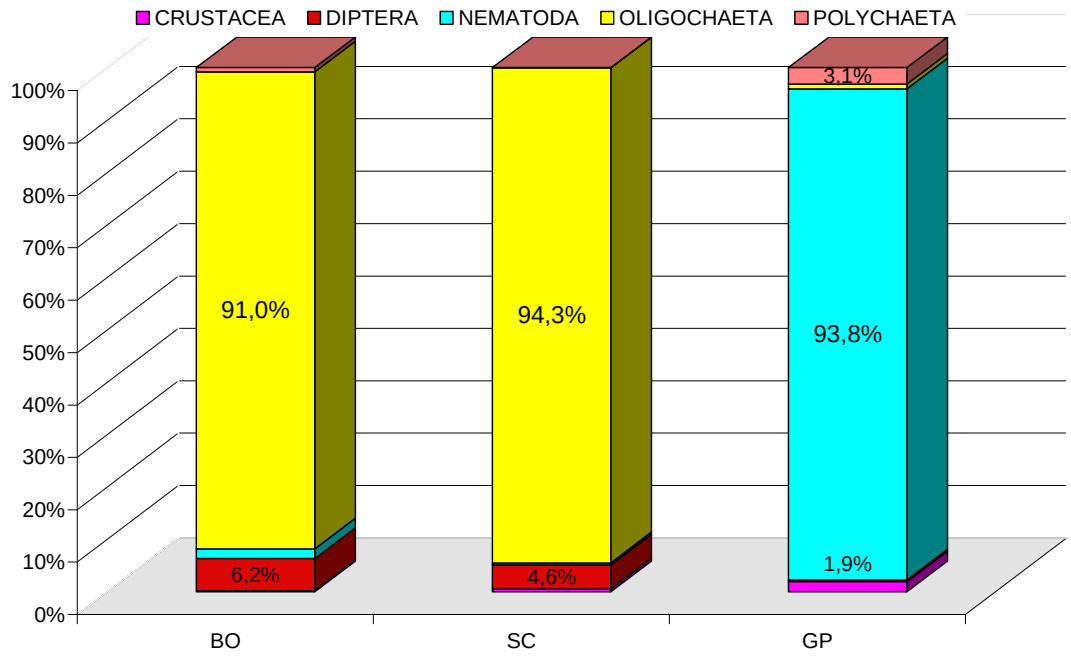

Figure 3: Répartition des abondances relatives des groupes faunistiques majoritaires par lagune (BO : Bolmon, SC : Scamandre et GP : Grande Palun)

Tableau 4: Abondances totales, abondances relatives et densités par 0.1 m² des taxons et des groupes faunistiques rencontrés sur les trois lagunes

Taxon / GROUPE TAXONOMIQUE	Code Taxon	Ab.tot BOL	Ab.rel BOL	Dens /0,1m² BOL	Ab.tot SCA	Ab.rel.SCA	Dens /0,1m² SCA	Ab.tot GPA	Ab.rel GPA	Dens /0,1m² GPA
Gammarus lacustris	GamL	9	0,1%	1,1						
Gammarus sp.2	Gam2	1	0,0%	0,1				3	0,0%	0,4
Talitridae gen;sep.	Tali							1	0,0%	0,1
Orchestia sp.	Orch	4	0,0%	0,5	1	0,0%	0,1			
Corophium	Coro							555	1,9%	68,5
Neomysis Integer	Neom				28	0,5%	3,5	6	0,0%	0,7
Mesopodopsis slabberi	Meso	1	0,0%	0,1						
CRUSTACEA		***15***	***0,2%***	***1,9***	***29***	***0,5%***	***3,6***	***565***	***1,9%***	***69,8***
Tanytarsini	Tani	3	0,0%	0,4	15	0,3%	1,9	79	0,3%	9,8
Chironomus gr. plumosus	ChPl				108	1,9%	13,3			
Chironomus gr. thummi	ChTh	9	0,1%	1,1						
Chironomini (autres)	Chiro	552	5,8%	68,1	34	0,6%	4,2	18	0,1%	2,2
Orthocladiinae	Orth	19	0,2%	2,3	4	0,1%	0,5			
Corynoneura sp.	Cory				6	0,1%	0,7			
Tanypodinae	Tapo				98	1,7%	12,1			
DIPTERA		***583***	***6,2%***	***72,0***	***265***	***4,6%***	***32,7***	***97***	***0,3%***	***12,0***
Coenagrion sp.	Coen				1	0,0%	0,1			
ODONATA					***1***	***0,0%***	***0,1***			
Corbicula	Corb							1	0,0%	0,1
MOLLUSCA								**1**	**0,0%**	**0,1**
Nematodes	Nema	177	1,9%	21,9	23	0,4%	2,8	27746	93,8%	3425,4
NEMATODA		***177***	***1,9%***	***21,9***	***23***	***0,4%***	***2,8***	***27746***	***93,8%***	***3425,4***
Prostoma graciense	Prost				11	0,2%	1,4			
NEMERTEA					***11***	***0,2%***	***1,4***			
Enchytraeidae	Ench				19	0,3%	2,3	2	0,0%	0,2
Naididae (autres)	Naid	3	0,0%	0,4	22	0,4%	2,7	4	0,0%	0,5
Dero digitata	DeDi				10	0,2%	1,2			
Dero sp1	Der1				15	0,3%	1,9			
Naïs sp.	Nais	985	10,4%	121,6	5	0,1%	0,6			
Paranaïs sp.	Para	7461	78,7%	921,1	24	0,4%	3,0			
Tubificinae ASC	TASC	9	0,1%	1,1	883	15,3%	109,0	2	0,0%	0,2
Tubificinae SSC	TSSC	105	1,1%	13,0	4416	76,5%	545,2	254	0,9%	31,4
Lumbriculidae	Lumb	61	0,6%	7,5	49	0,8%	6,0			
OLIGOCHAETA		***8624***	***91,0%***	***1064,7***	***5443***	***94,3%***	***672,0***	***262***	***0,9%***	***32,3***
Hediste diversicolor	HeDi	1	0,0%	0,1	1	0,0%	0,1			
Nereidae (autres)	Nere	75	0,8%	9,3				929	3,1%	114,7
POLYCHAETA		***76***	***0,8%***	***9,4***	***1***	***0,0%***	***0,1***	***929***	***3,1%***	***114,7***
Densité stationnelle (nb ind/0,1m²)	**D**			***1169,8***			***712,7***			***3654,3***
Abondance totale par lagune (nb ind)	**A**			**9475**			**5773**			**29600**
Richesse taxonomique (S)	**S**			**17**			**21**			**13**

Le peuplement de Bolmon est composé à 91% de vers oligochètes de la famille des Naididae (genre Naïs et Paranaïs). Le genre Paranaïs sp. avec un abondance de 78.7%, domine dans la population d'Oligochètes. Ces vers de petite taille ne font pas partie des espèces sensibles à la pollution organique et toxique selon (Lafont, Grapentine et al. 2007) La dominance de ce taxon à Bolmon montre un enrichissement en matières organiques du sédiment.
Le reste du peuplement se partage entre les Chironomidae (6.2%) dominés par la tribu des Chironomini. (5.8%du peuplement), et par ordre décroissant par des Nématodes, des Polychètes Nereidiae et des crustacés Gammarus sp. et Orchestia sp (Tableau 4).

Le peuplement de Scamandre se compose à 94.3% d'Oligochètes dont 76.5% de Tubificinae sans soies capillaires et 15.3% de Tubificinae avec soies capillaires. Il s'agit de taxons à cycle de développement relativement long, pouvant atteindre plusieurs années (Poddubnaya 1980). La lagune accueille toutes les familles d'Oligochètes (Naididae, Tubificidae, Lumbriculidae, Enchytraeidae). Cette grande diversité d'Oligochètes ainsi que la présence d'un seul individu de vers Polychètes nous indique que Scamandre est une lagune très faiblement salée et moins influencée par les apports d'eaux marines que les autres lagunes. Par contre, d'après (Rosso 1995) des pourcentages de Tubificinae sans soies capillaires > 60 % sont généralement associés aux milieux contaminés par les métaux lourds. De plus, la présence à hauteur de 1.9% de Chironomus du groupe plumosus, ainsi

que des Naididae *Dero digitata* ; taxons résistants à la pollution car adaptés aux zones peu oxygénées et riches en matières organiques, indique une probable pollution aux effluents domestiques (ou plutôt engrais agricoles car le Scamandre est surtout alimenté par des ruissellements des rizicultures). La possibilité pour ces organismes de respirer par leurs branchies (abdominales pour les Chironomus et anales pour les Dero) leur confère en effet un pouvoir indicateur de sites dégradés.

Grande Palun possède un peuplement dominé par une population de Némathelminthes Nématodes (93.8%) alors que ces parasites d'insectes et de juvéniles de poissons Nématodes sont quasi-absents des autres lagunes : 1.9% à Bolmon et 0.4% à Scamandre. Ce taxon est peu informatif autant quantitativement que qualitativement de la qualité du milieu (Nicholas 1984). Le reste du peuplement se répartit essentiellement entre les Crustacés (1.9%), espèces marines (3.1%) (e.g. Polychètes) et Tubificinae sans soies capillaires résistants aux pressions du milieu (0.9%). Rappelons que le renouvellement des eaux de la lagune est très rapide avec une moyenne journalière de 23 %. La bioturbation qui en résulte accroît probablement le potentiel de remise en suspension et donc le relargage de nutriments qui va entrainer potentiellement une production biologique accrue. Sur les lagunes méditerranéennes, la bioturbation s'effectue au maximum sur les quinze premiers centimètres de sédiments (Castaings 2008). Dans ces conditions, les organismes les plus résistants subsistent comme les crustacés Corophium, *Neomysis integer* et les polychètes marins Nereididae. Par ailleurs, le crustacé *Corophium* sp. est une espèce détritivore phytophile ; son abondance est donc fonction des débris végétaux (phanérogames et algues macrophytes).

Notons la quasi absence de Mollusques Bivalves (un unique individu à Grande Palun), de Gastéropodes et de taxons polluo-sensibles comme les insectes EPT (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères).

3.2. Effet de la taille de maille de tamis sur l'abondance

La Figure 4 présente le gain en nombre d'individus obtenu par l'emploi des tamis 500 µm puis 250 µm par rapport à l'abondance récoltée dans le tamis 1mm.

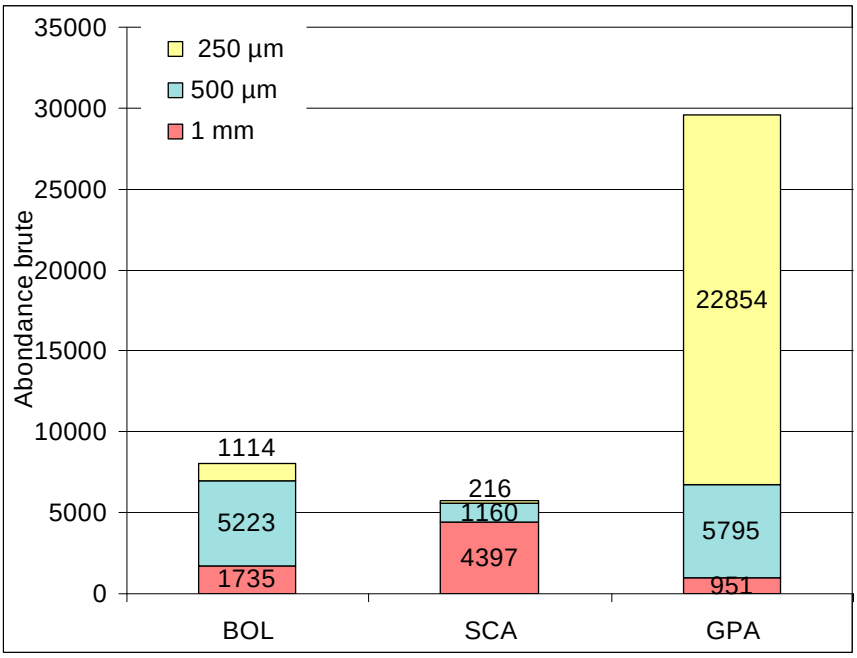

Figure 4: Représentation des abondances (en nombre d'individus) par l'emploi de la colonne de tamis

Avec un tamisage complémentaire, on observe un apport important d'organismes pour Bolmon et surtout pour Grande Palun ou l'abondance est relativement faible dans le tamis de 1mm.

C'est sur Scamandre où l'abondance calculée sur la base d'un tamisage à 1mm est la plus importante, que l'impact de l'utilisation d'une maille de tamis plus fine est le plus faible.

3.3. Effet de la taille de maille de tamis sur la richesse taxonomique

La Figure 5 présente la richesse taxonomique calculée dans chaque fraction de tamis cumulée sur chacune des lagunes.

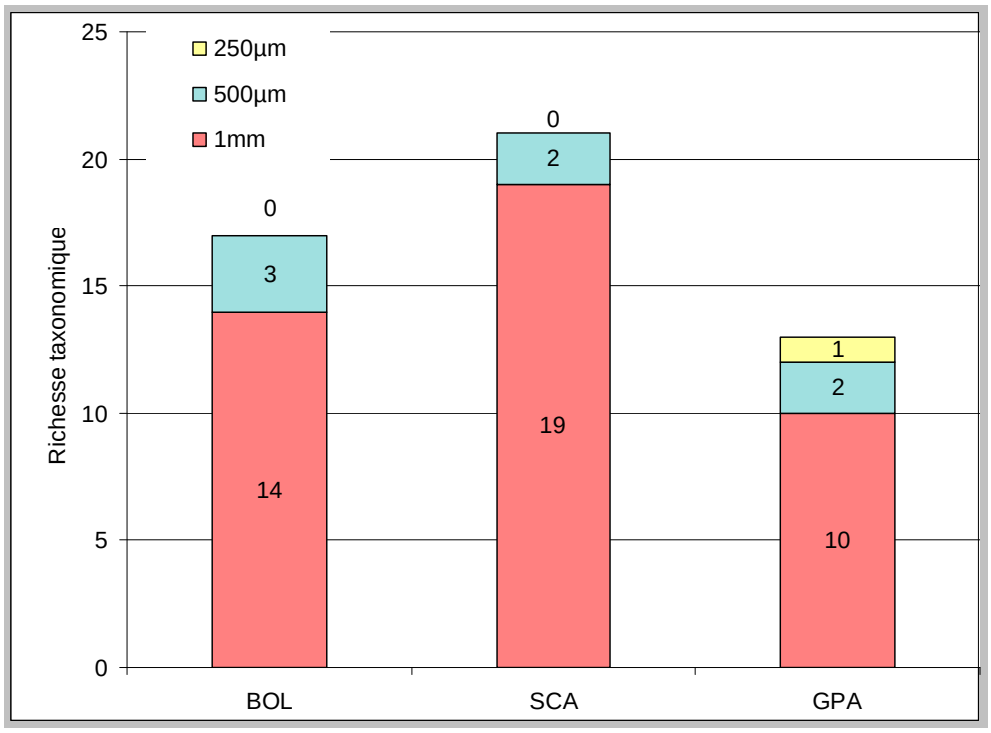

Figure 5 : Représentation de la richesse taxonomique (en nombre de taxons) par l'emploi de la colonne de tamis

Les richesses taxonomiques obtenues par le tamis 1mm sont fortes, allant de 10 pour Grande Palun à 19 pour Scamandre qui est la lagune la plus diversifiée. Les taxons récoltés par un tamisage à 500 µM sont au nombre de 3 au maximum pour Bolmon et de 2 pour les autres lagunes. Le tamisage à 250 µm n'apporte pas de nouveaux taxons pour Bolmon et Scamandre et un seul pour Grande Palun.

L'effet de l'usage des nouveaux tamis sur la diversité prélevée est donc évidente pour le tamis 500 µm et moindre pour le tamis 250 µm

3.4. Effet de la maille de tamis sur la présence de taxons polluo-sensibles

Les taxons qui apparaissent dans le tamis 250µm sont majoritairement les *Nématodes*, qui sont peu informatifs sur la qualité des eaux des lagunes, ainsi que les oligochètes de très petite taille (*Naïs, Paranaïs*).

Sur Bolmon, trois nouveaux taxons apparaissent par l'usage du tamis 500 µm : les Naïdidae (genres autres que Nais, Paranaïs, et Dero), les Tubificinae à soies capillaires et les Tanytarsini. Certains de ces taxons sont indicateurs de pollution mais le niveau de détermination obtenu ne permet pas précisément de révéler les sources de pollution.

Sur Scamandre, le tamis 500 µm apporte 2 nouveaux taxons à la communauté : les oligochètes Enchytraeidae qui, à la famille, ne peuvent renseigner sur l'état de la lagune ainsi que les Naididae du genre Naïs. Certaines espèces de ces vers de petite taille sont indicatrices de pollution (Lafont, Grapentine et al. 2007).

Sur Grande Palun, le tamis 500 µm apporte 2 taxons supplémentaires : les Enchytraeidae et les Tubificine à soies capillaires (Tableau 5).

Tableau 5 : Nombre de taxons apportés par chaque maille de tamis ainsi que sa désignation et son caractère bioindicateur

Lagune	BOLMON			SCAMANDRE			GRANDE PALUN		
Maile de tamis	**1 mm**	**500 µm**	**250 µm**	**1 mm**	**500 µm**	**250 µm**	**1 mm**	**500 µm**	**250 µm**
Richesse taxonomique	14	17	17	19	21	21	10	12	13
Taxons apportés par tami		*Naididae (autres)*			*Enchytraeidae*			*Enchytraeidae*	*Naididae (autres)*
		Tanytarsini			*Naïs sp.*			*Tubificinae ASC*	
		Tubificinae ASC							
Intérêt en bioindication		*(+++)*			(++)			(++)	(+)

Les taxons les plus intéressants récoltés par les tamis complémentaires font donc partie de la classe des oligochètes. La plupart des oligochètes sont capturés par le tamis 500µm.

4. Discussion - conclusions

4.1. Préconisations en terme d'échantillonnage

Les préconisations proposées concernent les modalités du déroulement de la campagne de terrain (dates de campagne), les conseils de tri au laboratoire, ainsi que les mesures annexes à réaliser sur le terrain.

4.1.1. Période d'échantillonnage

Un échantillonnage précoce permet une meilleure vision de la composition des peuplements, notamment des chironomidae et des mollusques.

En effet, la période d'envol de ces diptères s'échelonne toute l'année selon un cycle plus ou moins court. L'émergence des imagos est bimodale, les mâles se développant plus vite que les femelles (Pascoe, Williams et al. 1989) Il est donc impératif de capturer les Chironomidae durant leur écophase aquatique (forme larvaire), la période la plus favorable se situant avant les premières chaleurs printanières. Selon (Vergon and Bourgeois 1993), « les prélèvements de fin du printemps sont généralement les plus riches en larves du dernier stade », permettant ainsi une détermination générique voir spécifique des chironomes basée sur le montage des capsules céphaliques.

De plus, les mollusques bivalves et gastéropodes subissent dans ces milieux aux contraintes naturelles fortes, des mortalités estivales massives (e.g phénomène des malaïgues créant une anoxie temporaire du milieu). Avec les fortes chaleurs, l'évaporation augmentent d'autant les taux en sels, ce qui soumet les peuplements à une forte pression de sélection (stress induit par la sécheresse et la salinité) (Boulton, Marmonier et al. 2007)

Nous préconisons donc un avancement de la période d'échantillonnage au début de la saison printanière (entre mi-mars et mi-avril) afin d'avoir une bonne représentation de la macrofaune des lagunes oligo-halines.

4.1.2. Taille des mailles de tamis

Pour conditionner le contenu des bennes, nous conseillons un pré-tamisage des sédiments fins à l'aide d'un filet Haveneau ou d'un filet Surber de maille 250µm lorsque la vase est dominante.

D'après nos résultats, l'emploi du tamis de 250 µm pour le tri de la macrofaune en laboratoire est faiblement informatif (espèces bioindicatrices) et chronophage par rapport :

- au tamisage et au tri des débris minéraux et organiques fins. Les quantités massives de vases et de limons dans nos prélèvements ont en effet rallongé le temps de passage et de séparation des matières à travers ce tamis.

- à la détermination systématique au laboratoire. Les organismes de très petite taille comme les Naïdidae sont difficiles à déterminer à la loupe binoculaire (grossissement maximum x 40) et nécessitent des montages sous microscope optique.

- au dénombrement des individus. Les organismes les plus abondants sont sous-échantillonnés par des boîtes de sous-échantillonnage ce qui augmente la phase de laboratoire.

L'usage du tamis 500µm en plus du tamis 1mm apparait donc plus bénéfique en terme de biodiversité, d'abondance et d'informations sur l'état du milieu.

Lors de la phase de laboratoire, le tamisage s'effectuera donc sur une colonne de 2 tamis : tamis de vide de maille de 1mm et 500µm. Les organismes de chaque refus de tamis seront trié puis déterminés au niveau systématique le plus précis possible et dénombrés.

4.1.3. Mesures de terrain

Pour permettre une bonne interprétation des données de macrofaune, il est recommandé de mesurer des paramètres d'accompagnement permettant de décrire la granulométrie et l'enrichissement nutritif des sédiments. Un prélèvement de sédiment au carottier, en plus de l'échantillonnage à la benne des macroinvertébrés, réalisé en zone centrale permettra l'analyse des paramètres suivants :

- Proportion de la fraction fine <63µm (exprimant la dominance des vases et limons)
- Enrichissement en matières organiques (en % de poids sec)
- Teneurs en azote total (NKJ en % poids sec) et en phosphore total (en mg/kg) dans les sédiments

Des mesures parallèles liées à la typologie du milieu sont à mener :

- Salinité à chaque station (point central) : la salinité d'une lagune est par nature variable. Ses mesures doivent rendre compte des variations annuelles au centre de la lagune.
- Température de l'eau au niveau du prélèvement à la benne Ekman (immédiatement au dessus des sédiments de fond)
- Profondeur à chaque point central (moyenne des profondeurs mesurées au niveau des 3 sous-points).

4.2. Eléments de réflexion en vue de la construction d'un outil de bioindication

La structure taxonomique des peuplements benthiques des trois lagunes étudiées n'est pas caractérisée par le cortège faunistique classique des milieux lagunaires, à savoir des amphipodes, des isopodes, des polychètes, des bivalves et gastéropodes (Amanieu, Guélorget et al. 1977; Mistri, Ghion et al. 2002)

La plupart des indices couramment employés en lagunes mésohalines, euhalines et polyhalines ne sont pas applicables à nos systèmes. C'est le cas par exemple de l'indice BOPA basé sur les amphipodes et les polychètes indicateurs comme *Ficopotamus enigmaticus*. C'est aussi le cas de l'indice AMBI et son dérivé M-AMBI, basés sur les abondances de taxons marins appartenant à différents groupes écologiques sensibles, opportunistes, tolérants…). Hormis l'oligochète *Paranaïs sp*, indicateur d'un enrichissement fort aux matières organiques, aucun macroinvertébré considéré comme espèce bioindicatrice de perturbation des lagunes cité par (Créocéan 2010) n'a été échantillonné.

Par contre, nous avons montré que les lagunes étudiées possèdent une majorité de taxons d'origine dulçaquicole. Les espèces les plus résistantes dominent les communautés lagunaires : comme les vers marins (polychètes Nereididae à Grande Palun) et les oligochètes (Paranais à Bolmon et les Tubificinae SSC à Scamandre). Les divers types de pressions d'origine naturelle ou anthropique (salinité, teneur en nutriments en particulier) qui s'exercent sur ces milieux engendrent donc :

- la survie d'un faible nombre de taxons euryhalins (e.g. Nématodes ; Polychètes Nereididae) et/ou résistants aux pollutions comme les Tubificinae sans soies capillaires ;
- l'absence d'un grand nombre de Mollusques Bivalves et Gastéropodes : phénomène très marqué à Scamandre et dans une moindre mesure sur Grande Palun (incidence des malaïgues et fortes périodes d'anoxie ?).

Parmi ces taxons, quelques uns sont utilisés pour leur niveau de sensibilité aux pressions (*Chironomidae Tanytarsini* et *Dero digitata* [1] par exemple).
Ainsi, la plupart des métriques utilisées sur les milieux d'eau douce sont potentiellement calculables à partir de compositions faunistiques. Elles regroupent 4 grands types de métriques:

1. les métriques de richesse et de diversité (indice de Shannon-Wiever, Hill….)
2. les métriques d'équitabilité des peuplements. Ces métriques renseignent sur l'équitabilité de la distribution des individus au sein des peuplements.
3. les métriques d'abondance et de composition utilisant 1 ou plusieurs groupes faunistiques. Certaines métriques sont spécifiques au groupe des Annélides oligochètes
4. Les métriques employant les traits fonctionnels des espèces (appartenance à un groupe trophique ou écologique) ou leur degré de sensibilité/tolérance aux pollutions.

5. Limites et perspectives

5.1. Niveau de détermination des taxons

Le caractère indicateur des taxons dépend beaucoup du niveau de détermination. Parallèlement, le niveau de détermination sera d'autant plus fin que le temps imparti à l'identification est important. De plus, une détermination fine n'est souvent possible que par des spécialistes qui sont peu nombreux.

De nombreux auteurs émettent la possibilité de déterminer les taxons au genre voire à la famille (Dauvin, Gesteira et al. 2003; Chainho, Lane et al. 2007) ce qui rend le protocole moins lourd et plus facile à exploiter par les gestionnaires.

Dans cette première approche, très peu d'individus ont été déterminés à l'espèce alors que, pour les oligochètes par exemple qui sont les plus fréquents, c'est souvent à ce niveau que se fait la classification des taxons sensibles à la dégradation des milieux. La détermination des Naididae à l'espèce permettrait de calculer un certain nombre de métriques utilisant ces oligochètes sensibles

aux pollutions (e.g. % Naididae sensibles, %Naididae sensibles/oligochètes, %Stylaria lacustris, %Naididae sensibles/reste de la faune).

La possibilité pour ces organismes de respirer par leurs branchies leur confère un pouvoir indicateur de sites dégradés. De fortes proportions indiquent généralement une probable pollution aux effluents domestiques (Lafont 1989; Lafont, Grapentine et al. 2007)

Si aucune des métriques calculables avec le niveau de détermination choisi ici ne s'avérait pertinente, un effort pourrait être fait pour améliorer la liste faunistique par une meilleure précision des taxons présents.

5.2. Sites disponibles pour la construction d'un indicateur

Nous avons échantillonné 3 lagunes oligohalines incluses dans les réseaux mis en place en application de la DCE. Cet échantillonnage pourrait être complété en 2011 par une intervention sur l'étang du Charnier, qui, avec le Scamandre et le Crey constitue une seule masse d'eau.

Cependant cet échantillonnage sera encore bien insuffisant pour construire un indicateur sur des bases solides d'un point de vue statistique (réponse pressions/impacts).

Ainsi, plusieurs options non exclusives sont envisageables:

- Intervenir sur des sites oligohalins mais non inclus dans les réseaux car de petite taille. C'est le cas des systèmes du domaine de la Palissade : Etang du Capouillet (20 ha, zmoy= 40 cm, salinité élevée 10 -15 PSU), Trou de l'Oie (12 ha, Zmoy = 65 cm ; Sal variable 7 à 17 PSU), Baisse Sableuse (30 ha, Zmoy= 40 cm ; salinité entre 2 et 6 PSU), Baisse Claire (17 ha ; Zmoy) 1.2 m ; sal moy = 4 PSU), Les Launes (10 ha ; salinité ?), Baisse Michel (25ha), Baise Neuve (1.5 ha) ; étang de Chabrier et de la Gacholle (5 ha ;sal 1 à 5 PSU) ; marais du Clos d'Argent (5 ha)

- Echantillonner les 5 lagunes mésohalines du contrôle de surveillance : Canet, Vaccarès, Bagnas (salinité minimum = 4 mg/l; salinité moyenne = 7 mg/l), Marette (salinité maximum = 8 ; salinité moyenne = 3 mg/l) et Campignol (salinité maximum =13 ; salinité moyenne= 3 mg/l),

- Utiliser des données collectées sur des lagunes méditerranéennes d'autres pays. Il sera envisageable pour cela de s'appuyer sur les travaux du groupe d'intercalibration. Malheureusement, le nombre de lagunes oligohalines incluses dans cet exercice est assez réduit (une en Grèce et neuf en Catalogne et aux Iles Baléares). De plus le nombre de campagne annuelle et les périodes d'échantillonnage sont très différents (en automne pour les grecs, en été et hiver pour la Catalogne, printemps/automne/hiver pour les Iles Baléares) de même que les protocoles de prélèvement (Tableau 6). Dans ces conditions, les comparaisons risquent de s'avérer difficile.

Tableau 6 : Protocoles et indicateurs utilisées sur les lagunes oligohalines méditerranéennes européennes

Pays	Lagunes oligohalines	Protocole	Indices employés	Référence
FRANCE	3 en 2010 (2 oligohalines + mésohalines ? à prospecter en 2011)	Benne Eckman Zone centrale 1 campagne printanière ; Tamisage 500 µm	En cours de développement	(Dauvin and Ruellet 2007) (Borja, Bricker et al. 2008)
ITALIE	Pas de système oligohalin connu. 8 systèmes mésohalins		BITS ; M-AMBI BENTIX (inapproprié dans les milieux eutrophes)	(Mistri and Munari 2008)
ESPAGNE	9 lagunes (4 en Catalogne ; 5 aux Iles Baléares)	Hand Net, Benne Van Veen; Multi-habitat (sédiments fins et meubles) 3 campagnes (printemps, automne, hiver) ; Tamisage à 500 µm Niveau de détermination spécifique (sauf taxons rares)	MIBIN ; QAELS (combine l'indice ACCO basé sur les microcrustacés sensibles et RIC basé sur la richesse en crustacés, insectes, coléoptères et hétéroptères	(Moss, Stephen et al. 2003) (Boix, Gascon et al. 2005)
GRECE	1 lagune (Kotychi)	Benne Ponnar ; Multi-habitat (sédiment + zone littorale) ; 1 campagne automnale ; Tamisage 500 µm	ISD (Index of Size Distribution) indique un gradient de pollution organique ; M-AMBI	(Reizopoulou and Nicolaidou 2007) (Simboura and Reizopoulou 2008)

Les listes faunistiques des lagunes d'Espagne présentent divers groupes faunistiques non recherchés en France comme les microcrustacés appartenant au zooplancton (e.g. Cladocères, Copépodes, Daphnie, Cyclops). En effet, ces organismes microscopiques ne sont pas capturés en application du protocole standard utilisé actuellement dans les lagunes (tamis 1mm). La liste montre également la présence d'oligochètes de la famille des Naididae et des Tubificinae déterminés à la famille. La composition de la lagune grecque montre une très grande richesse spécifique avec de nombreux insectes (coléoptères, hétéroptères, odonates…) ainsi que des crustacés, mollusques et polychètes.
La prochaine étape va consister à analyser dans quelle mesure une partie de ces données peut être utilisée pour répondre à notre objectif.

5.3. Analyse des réponses des communautés aux pressions

L'analyse de la réponse des métriques candidates aux pressions est l'étape finale à envisager pour définir les métriques à utiliser. Ces dernières devront répondre significativement à un gradient de perturbations du milieu. Dès lors que de nouvelles compositions faunistiques de milieux comparables d'un point de vue environnemental viendront compléter les données acquises en 2010, nous pourrons commencer à établir les premières régressions. Dans un premier temps, on s'intéressera à des descripteurs assez simples des communautés et des pressions anthropiques. Il faut cependant garder à l'esprit que le nombre de sites (et donc de données/réplicats) potentiellement exploitables est très faible et ne nous permet pas d'envisager des analyses très robustes d'un point de vue statistique. De plus, la question de la définition de l'état de référence de la macrofaune benthique des lagunes oligo-halines va se poser, sachant que la plupart de ces milieux sont soumis à des pressions anthropiques non négligeables. Ces indicateurs seront donc nécessairement développés avec une bonne part d'expertise.

Références

Amanieu, M., O. Guélorget, et al. (1977). "Richesse et diversité de la macrofaune benthique de la lagune littorale méditerranéenne de Prévost." Vie & Milieu, XXVII, 1, ser. B: 85-109.

AQUASCOP (2006). Etangs du Scamandre, Charnier et Crey : suivi de la qualité des eaux et bilan hydrobiologique.

Boix, D., S. Gascon, et al. (2005). "A new index of water quality assessment in Mediterranean wetlands based on crustacean and insect assemblages: the case of Catalunya (NE Iberian peninsula)." Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems **15**(6): 635-651.

Borja, A., S. B. Bricker, et al. (2008). "Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide." Marine Pollution Bulletin **56**(9): 1519-1537.

Boulton, A. J., P. Marmonier, et al. (2007). "Hyporheic invertebrate community composition in streams of varying salinity in southwestern Australia: Diversity peaks at intermediate thresholds." River Research and Applications **23**(6): 579-594.

BRL (2002). "Rapport de fin d'étude du Syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue Gardoise." (Observatoire de l'eau en Camargue gardoise).

Castaings, J. (2008). État de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires. Rapport de stage Master 2, CEPRALMAR-IFREMER-RSL**:** 100.

Chainho, P., M. F. Lane, et al. (2007). "Taxonomic sufficiency as a useful tool for typology in a poikilohaline estuary." Hydrobiologia **587**: 63-78.

Communauté Européenne (2000). "Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000." Journal Officiel des Communautés Européennes **L327**.

Créocéan (2010). Directive Cadre sur l'Eau : Eaux de transitions, évaluation de la qualité écologique de la macrofaune benthique. Suivi des lagunes méditerranéennes en région Languedoc-Roussillon et PACA, campagne 2009. Montpellier.

Créocéan and IFREMER (2000). Mise à jour d'indicateurs du niveau d'eutrophisation des milieux lagunaires méditerranéens, Université Montpellier 2, . **2**.

Dauvin, J. C., J. L. G. Gesteira, et al. (2003). "Taxonomic sufficiency: an overview of its use in the monitoring of sublittoral benthic communities after oil spills." Marine Pollution Bulletin **46**(5): 552-555.

Dauvin, J. C. and T. Ruellet (2007). "Polychaete/amphipod ratio revisited." Marine Pollution Bulletin **55**(1/6): 215-224.

Gouilleux, B., G. Bachelet, et al. (2010). "Propositions d'un indicateur benthique pour la qualification des masses d'eau de transition pour la Directive Cadre sur l'Eau. Lagunes Méditerranéennes." 50.

Grant, I., F. and C. Hily (2003). "Echantillonnage quantitatif des biocénoses subtidales des fonds meubles." REBENT, IUEM (UBO)/LEMAR.

Guelorget, O. and J. P. Perthuisot (1984). "BIOLOGICAL INDICATORS AND ECOLOGICAL DIAGNOSIS IN THE PARALIC REALM." Bulletin D Ecologie **15**(1): 67-76.

Kjerfve, B. (1994). "Coastal Lagoon Processes." Elsevier Science B.V: 577.

Lafont, M. (1989). Contribution à la gestion des eaux continentales : utilisation des oligochètes comme descripteurs de l'état biologique et du degré de pollution des eaux et des sédiments. Sciences. Lyon, Université Claude Bernard, Lyon I**:** 286.

Lafont, M., L. Grapentine, et al. (2007). "Bioassessment of wet-weather pollution impacts on fine sediments in urban waters by benthic indices and the sediment quality triad." Water Science and Technology **56**(9): 13-20.

Lavesque, N., H. Blanchet, et al. (2009). "Development of a multimetric approach to assess perturbation of benthic macrofauna in Zostera noltii beds." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **368**(2): 101-112.

Millet, B. and O. Guelorget (1994). "SPATIAL AND SEASONAL VARIABILITY IN THE RELATIONSHIPS BETWEEN BENTHIC COMMUNITIES AND PHYSICAL-ENVIRONMENT IN A LAGOON ECOSYSTEM." Marine Ecology-Progress Series **108**(1-2): 161-174.

Mistri, M., F. Ghion, et al. (2002). "Response of macrobenthic communities to an hydraulic intervention in an enclosed lagoon (Valle di Gorino, northern Italy)." Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **82**(5): 771-778.

Mistri, M. and C. Munari (2008). "BITS: A SMART indicator for soft-bottom, non-tidal lagoons." Marine Pollution Bulletin **56**(3): 587-599.

Moss, B., D. Stephen, et al. (2003). "The determination of ecological status in shallow lakes - a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive." Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems **13**(6): 507-549.

Pascoe, D., K. A. Williams, et al. (1989). "CHRONIC TOXICITY OF CADMIUM TO CHIRONOMUS-RIPARIUS MEIGEN - EFFECTS UPON LARVAL DEVELOPMENT AND ADULT EMERGENCE." Hydrobiologia **175**(2): 109-115.

Poddubnaya, T. L. (1980). "Life cycles of mass species of Tubificidae (Oligochaeta)." In R.O. Brinkhurst & D.G. Cook (eds.). Aquatic Oligochaeta Biology, Plenum press, New York & London.

Reizopoulou, S. and A. Nicolaidou (2007). "Index of size distribution (ISD): a method of quality assessment for coastal lagoons." Hydrobiologia **577**: 141-149.

Rosso, A. (1995). Description de l'impact des micropolluants sur les peuplements d'oligochètes des sédiments de cours d'eau du bassin-versant de 1'111 (Alsace). Elaboration d'une méthode biologique de diagnostic de l'incidence des micropolluants., Université Claude Bernard Lyon I **PH-D:** 232.

Schmidt-Kloiber, A., W. Graf, et al. (2006). "The AQEM/STAR taxalist - a pan-European macro-invertebrate ecological database and taxa inventory." Hydrobiologia **566**: 325-342.

Simboura, N. and S. Reizopoulou (2008). "An intercalibration of classification metrics of benthic macroinvertebrates in coastal and transitional ecosystems of the Eastern Mediterranean ecoregion (Greece)." Marine Pollution Bulletin **56**(1): 116-126.

Thibault and Willm (2008). "Plan de gestion du domaine de la Palissade 2008-2013 : Approche descriptive et analytique." 84.

Vergon, J. P. and C. Bourgeois (1993). "Les larves de Diptères chironomiae : 1. caractères généraux et clés d'identification des tribus." Bull. Mens. Soc. Limn. Lyon **62**: 101-132.

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Cemagref
3175 Route de Cézanne
CS 40061
13182 Aix en Provence
04 42 66 99 10
webmaster@aix.cemagref.fr