

Effets de la création de la réserve marine de la côte palavasienne sur le peuplement ichthyologique

Effects on fishes of the new marine reserve of Palavas

■ P. MOLINIER¹, A. MALLET², J.-Y. JOUVENEL^{3*}

¹ Réserve naturelle de Cerbère/Banyuls-sur-Mer – Banyuls-sur-Mer

² Ingerop – Pérols

³ P2A Développement – Frontignan

Projet lauréat du Prix national du Génie écologique 2022 – Catégorie « Restauration d'écosystèmes, de populations »

Mots-clés :

Aire marine protégée
Pêche
Effet réserve
Peuplement
ichthyologique

RÉSUMÉ

Les aires marines protégées sont considérées comme un outil adapté pour la protection et la conservation de la bande littorale, mais aussi pour la reconstitution ou le maintien des stocks des populations de poissons surexploitées. En 2011, une étude de faisabilité pour la création d'un cantonnement de pêche a été réalisée par P2A Développement pour maintenir les stocks de poissons ciblés par la pêche locale. Cette étude a été transmise à la prud'homie de pêche de Palavas-les-Flots qui a voté la création de la réserve marine de la côte palavasienne (RMCP) en 2013. La RMCP est devenue effective en juin 2016. Aujourd'hui, le but du présent travail de recherche est d'étudier les premiers effets de mise en place de ce cantonnement de pêche sur le peuplement ichthyologique. Pour ce faire, les populations ont été suivies à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve, d'abord avec un point zéro en 2016, et durant quatre années suivant sa création, de 2016 à 2020. Une augmentation significative de l'abondance globale et de la biomasse des espèces cibles, ainsi qu'une évolution des assemblages de populations sont mises en évidence à partir de la 3^e année. Les résultats témoignent d'une sensibilité à la mise en réserve malgré un non-respect de la zone de cantonnement déclaré par les pêcheurs eux-mêmes. Les prochains relevés permettront de confirmer un effet réserve.

Keywords:

Marine protected area
Marine fishing reserve
Reserve effect
Fish population

ABSTRACT

Marine protected areas are considered a suitable tool for the protection and conservation of the coastal area, but also for the recovery or sustainability of fish assemblages of overexploited populations. To maintain the stocks of populations targeted by local fisheries, the Palavasian Coast Marine Reserve (PCMR) was set up in 2016 at the request of the fishermen of the Palavas-les-Flots prud'homie. The aim of this study is to study the initial effects of the management of this area on the fish population. To do this, fish populations were monitored inside and outside the reserve for 4 years. A significant increase of the overall abundance and biomass of the target species, as well as changes in the population assemblages, were observed from the third year. The results show a sensitivity to the setting aside of the reserve, despite the fact that the fishermen declared that sometime they did not respect the closed area. The next surveys will allow us to confirm the reserve effect.

Introduction

Dans un contexte de surpêche et de dégradation des habitats marins, les aires marines protégées (AMP) sont considérées comme la solution appropriée pour atteindre les objectifs de protection de la nature à long terme. En particulier, les AMP intégrant des « zones de non-prélèvements », où généralement seule la navigation est autorisée, sont reconnues comme un outil de conservation efficace [WORM *et al.*, 2006 ; EDGAR *et al.*, 2014], mais aussi pour la reconstitution ou le maintien des stocks des populations surexploitées [HASTINGS et BOTSFORD, 1999 ; HALPERN et WARNER, 2003]. Pour autant, en 2021, seulement 2,7 % des AMP sont des zones de non-prélèvements [MARINE CONSERVATION INSTITUTE, 2021]. L'une des explications de ce très faible recouvre-

ment à travers le monde est liée au délai de la mise en place d'une réserve. Celui-ci ne peut pas être défini à l'avance et dépend de plusieurs facteurs comme la taille de la réserve [MCNEILL et FAIRWEATHER, 1993], l'état initial de l'écosystème, son biotope, son niveau de protection [SALA et GIAKOUMI, 2018], les possibilités de recrutement du biote, la présence d'un personnel dévoué [FRANCOUR *et al.*, 2001], les moyens financiers nécessaires à la surveillance et à la logistique en mer, le niveau de connectivité avec les zones de pêche situées à proximité, l'implication des usagers et opérateurs maritimes, l'exposition aux vagues ou encore la bathymétrie [EDGAR *et al.*, 2007].

Les effets de la mise en réserve ont des incidences majeures. La mortalité par la pêche étant limitée dans les zones de non-prélèvements, ces zones influencent directement la dynamique des populations et plusieurs

* Auteur correspondant – Courriel : juvenel@p2adev.com

phénomènes en découlent. Ces phénomènes se mettent en place au cours du temps, plus ou moins rapidement. L'un des effets directs, le plus rapide à se mettre en place, est « l'effet refuge ». Certaines espèces de hauts niveaux trophiques viennent se réfugier dans cette zone [BOULANGER *et al.*, 2021]. Cet effet a été observé dans la réserve marine de Poor Knights Islands (Nouvelle-Zélande), où l'abondance de *Pagrus auratus* a été multipliée par 7 en quatre ans de mise en réserve grâce à l'installation d'individus âgés de 14 ans [DENNY *et al.*, 2004].

La diminution de la pression de pêche permet un vieillissement de certaines espèces cibles, ayant pour conséquence une augmentation de leurs densités, de leurs biomasses et de la taille des individus [MOSQUERA *et al.*, 2000; HALPERN, 2003; LESTER *et al.*, 2009; MOLLOY *et al.*, 2009], et aussi de leur fécondité. Plusieurs études témoignent de ces évolutions, celles-ci pouvant être détectées dès la 3^e année de protection [HALPERN et WARNER 2003; RUSS *et al.*, 2004]. Dans la réserve de Carry-le-Rouet, par exemple, la fréquence d'occurrence, l'abondance, la taille individuelle et la biomasse de 18 espèces cibles ont augmenté significativement en trois années de protection [HARMELIN *et al.*, 1995]. Les stocks de population halieutique peuvent toutefois mettre un certain temps à se stabiliser. En effet, plusieurs AMP aux Philippines montrent des augmentations significatives de biomasse à partir de la 3^e année. Parmi elles, la réserve de l'île d'Apo montre une augmentation continue de la biomasse de ces espèces, même après 18 années de protection [RUSS *et al.*, 2004]. Les stocks ciblés par la pêche, généralement situés dans les hauts niveaux trophiques, augmentent et provoquent un effet « top-down » sur les stocks de population de bas niveaux trophiques [SHEARS et BABCOCK, 2003]. Ce phénomène peut mettre plus longtemps pour être efficient, comme dans la réserve marine de Leigh, où les cascades trophiques prédateurs-oursins-algues ont été visibles seulement après 20 ans de protection [SHEARS et BABCOCK, 2003].

Enfin, des individus aux stades larvaires, juvéniles ou adultes peuvent également être exportés de la réserve. Cette recolonisation des zones adjacentes, effet « spill over », est visible après plusieurs dizaines d'années de protection. Par exemple, la densité et la taille de *Naso vlamingii* augmentent jusqu'à 300 m autour de la zone de non-prélèvement de l'île d'Apo, après 20 années de protection [ABESAMIS et RUSS, 2005].

De manière générale, ces adaptations permettent, sur le long terme, une stabilisation des stocks de populations dans le temps et une atténuation des fluctuations saisonnières.

L'objectif de cette étude est de mettre en avant la sensibilité des peuplements ichthyologiques à la mise en réserve d'une zone de 100 hectares sur un temps court de quatre années, et de caractériser ainsi les premiers effets directs visibles dans cette zone, notamment l'augmentation de l'abondance globale, de la taille et la biomasse de certaines espèces cibles.

La zone de non-prélèvement étudiée dans cette étude est la réserve marine de la côte palavasienne (RMCP). Elle est établie en 2016 à la demande des pêcheurs de la Prud'homie de Palavas, dans le but de soutenir la pêche locale.

1. Matériels et méthodes

1.1. Présentation du site

La zone d'étude se situe dans la réserve de la côte palavasienne (N 43°30,6845, E 3°58,4635), et les zones adjacentes, à 2,6 km au large des côtes de Palavas-les-Flots (Occitanie, France) (figure 1).

La RMCP possède deux niveaux de protection : la zone de protection renforcée balisée (ZPR) soit 93,5 hectares, où seule la navigation est autorisée. La zone de protection réglementée également balisée (ZR), sur 6,5 hectares, où la plongée en scaphandre autonome, le mouillage, la navigation et la baignade sont autorisés. Ainsi, contrairement aux cas les plus courants, la zone la plus étendue présente le niveau de restriction le plus élevée. Plus précisément, il s'agit d'un cantonnement de pêche défini par un arrêté ministériel, sur lequel se superpose un arrêté de la préfecture maritime pour réglementer les usages. Le contrôle du respect de la réglementation est assuré par les unités de la direction à la mer et au littoral de l'Hérault et des brigades nautiques de gendarmerie de Sète et de Port-Camargue. Et par ailleurs, au niveau local, la patrouille de police municipale du littoral de Palavas et la présence appuyée d'un écogarde de la RMCP en été soutiennent le dispositif tout en étant essentiellement dissuasifs.

La réserve recouvre différents types de substrats compris entre 10 et 20 m de profondeur qui offrent une diversité d'habitats, mais cette étude s'intéresse seulement au substrat rocheux, car les espèces cibles sont inféodées à ce substrat.

1.2. Échantillonnage

Pour cette étude, pour chaque niveau de protection (ZPR, ZR et hors réserve, HR), deux stations rocheuses sont échantillonnées, soit un total de six stations à raison d'une campagne par an depuis 2018. Un état initial a aussi été réalisé lors de la mise en place de la réserve

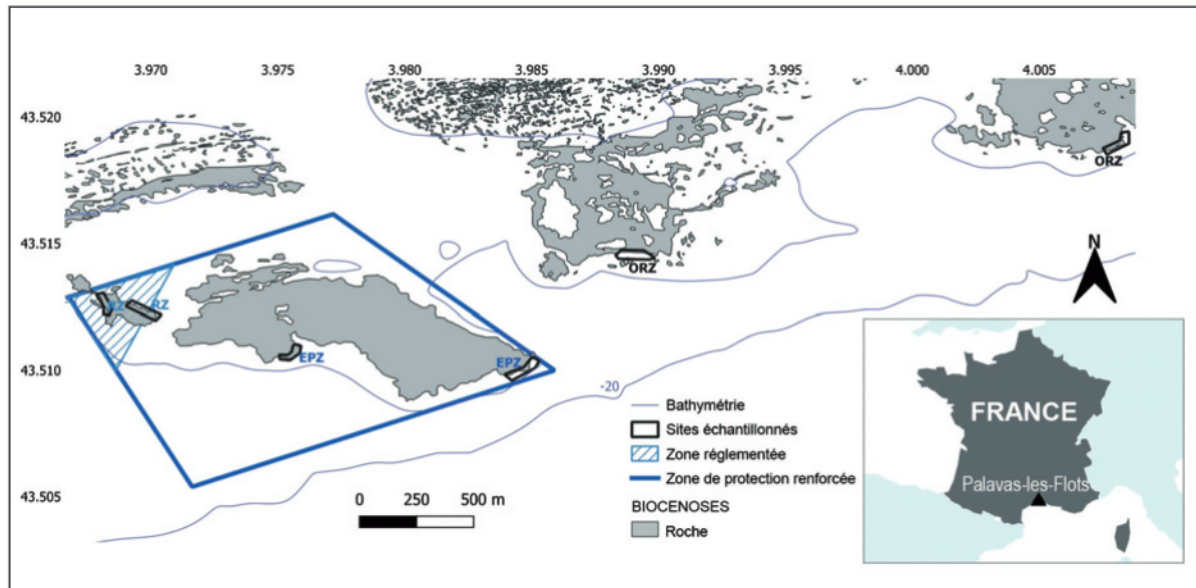


Figure 1. Carte localisant les sites d'échantillonnages dans la zone réglementée (RZ), la zone de protection renforcée (EPZ) et la zone hors réserve (ORZ). Sources : Prud'homme de Palavas, Agence des aires marines protégées, Andromède Océanologie, IGN, Cépralmar, Ifremer, P2A Développement

en juin 2016. Les observations ont été réalisées par comptages visuels en scaphandre autonome pendant la saison estivale (août), car les conditions météorologiques et la visibilité sont plus favorables. Pour ce suivi, les comptages ont porté non seulement sur l'ichtyofaune, mais aussi sur les invertébrés jugés d'importance patrimoniale ou commerciale : langouste *Palinurus elephas*, cigale *Scyllarus arctus*, homard *Homarus gammarus*, poulpe *Octopus vulgaris*, seiche *Sepia officinalis*, calamar *Loligo vulgaris*. Pour chaque individu rencontré, l'espèce et la taille ont été déterminées.

La méthode d'échantillonnage utilisée pour le suivi est la méthode des transects décrite par HARMELIN-VIVIEN *et al.* [1985]. Pour chaque station, 12 transects de 20 m de long et balisés par des piquets permanents ont été réalisés par deux plongeurs (six chacun). Chaque observateur accroche une ligne de 20 m au piquet, puis réalise un premier passage pour inventorier et dénombrer les espèces pélagiques et necto-benthiques. Le retour, second passage, est consacré aux espèces benthiques et aux espèces cryptiques à l'aide d'un éclairage. La réalisation d'un transect dure 10 minutes en moyenne, soit 60 minutes pour une station de 12 réplicats à deux observateurs. Les conditions de visibilité imposent de réduire la largeur du transect à 2 m. Les transects sont géoréférencés et démarqués sur le substrat afin qu'ils soient les mêmes lors des différentes campagnes. La surface totale recouvrant les zones de transects pour chaque station est de 480 m². Un unique transect pour le macrobenthos épigé est réalisé entre deux piquets distants de 28 mètres sur 1 mètre de largeur une fois que le comptage des poissons est terminé.

Enfin, la position GPS (WGS84), la date, l'heure, ainsi que les paramètres environnementaux comme la profondeur, la température au fond (ordinateur de plongée), la visibilité (estimée en mètres) et les conditions météorologiques (couverture nuageuse, vagues, courant) ont été relevés sur les fiches de terrain.

1.3. Statistiques

L'analyse statistique a été effectuée avec le logiciel R, Version 1.1.463 (R Development Core Team, 2011).

Pour évaluer et valider l'effort d'échantillonnage, une étude de la richesse spécifique a été effectuée en utilisant les courbes d'accumulations du package Vegan [OKSANEN *et al.*, 2017].

Afin d'avoir un effort d'échantillonnage plus satisfaisant, une sélection d'espèces est réalisée. Les espèces avec les occurrences les plus aléatoires sont exclues.

Pour caractériser les associations d'assemblages d'abondances en fonction du niveau de protection des relevés (1) ou du temps (2), l'analyse factorielle des correspondances (AFC) est appliquée sur les données d'abondances après transformation en $\log_{10}(N+1)$.

Les biomasses de plusieurs espèces cibles sélectionnées (*Serranus cabrilla*, *Coris julis*, *Labrus merula*, *Pagrus pagrus*, *Scorpaena porcus*, *Scorpaena notata*, *Mullus surmuletus*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus annularis*) ont été comparées entre la zone HR et la ZPR, qui représente 90 % de la surface de la réserve. Les biomasses sont reconstituées à partir des tailles en utilisant les relations longueur-poids de MOREY *et al.* [2003].

2. Résultats

Les quatre années de prospections sur l'ensemble des six stations ont généré un total de 288 transects validés, 24 transects (deux stations) ont été refaits en raison de conditions de visibilité défavorables en 2018 et en 2020. Au total, 53 espèces ont été déterminées sur ce suivi (tableau I). Parmi elles, 43 espèces sont observées pour les stations HR. Pour la zone mise en réserve, 47 espèces sont dénombrées dans les stations de la zone réglementée ainsi que 44 espèces en zone de protection renforcée avec un nombre global de 52 espèces.

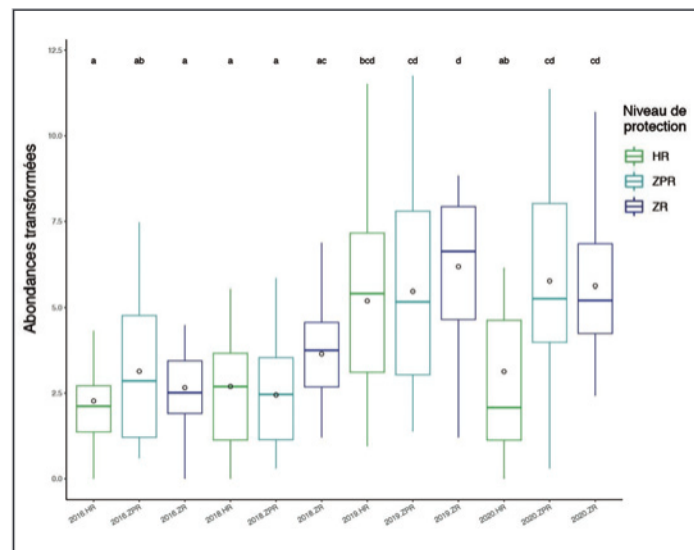
2.1. Étude de l'effort d'échantillonnage

La courbe d'accumulation de la richesse des espèces identifiées augmente en fonction du nombre de transects jusqu'à atteindre un plateau à 53 espèces (figure 2). Pour sélectionner les espèces bien échantillonnées, un seuil de présence dans dix transects au minimum a été défini. Ainsi, les espèces avec les occurrences les plus aléatoires ont été retirées comme certaines espèces pélagiques telles que *Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus* ou certaines espèces rares comme *Dentex dentex* ou *Phycis phycis*.

Avec ce seuil, la courbe d'accumulation de la richesse atteint le plateau de 27 espèces à environ 30 transects, soit la moitié d'une campagne d'échantillonnage. La qualité d'échantillonnage est considérée comme satisfaisante.

2.2. Étude de l'abondance

Les abondances des espèces sélectionnées augmentent au cours du temps (figure 3). Les années 2019



Le cercle représente la moyenne, la barre horizontale en trait épais désigne la médiane et les moustaches correspondent aux valeurs extrêmes. Les lettres différentes indiquent une différence significative (Tukey, $P < 0,05$).

Figure 3. Évolution des abondances annuelles des espèces sélectionnées selon chaque niveau de protection (année suivie du code HR : hors réserve, ZPR : zone de protection renforcée, ZR : zone réglementée)

et 2020 sont significativement plus abondantes que les années 2016 et 2018.

De plus, les abondances fluctuent en fonction du niveau de protection. En 2019, les abondances dans la ZPR ou la ZR tendent à être plus importantes, mais il n'existe pas de différence significative. En revanche, cette tendance se confirme bien en 2020, année où l'abondance de la zone HR est significativement plus faible que celle des zones situées au sein de la réserve.

Le premier plan de l'AFC des abondances (figure 4) représente 55,13% de l'inertie avec un premier axe qui

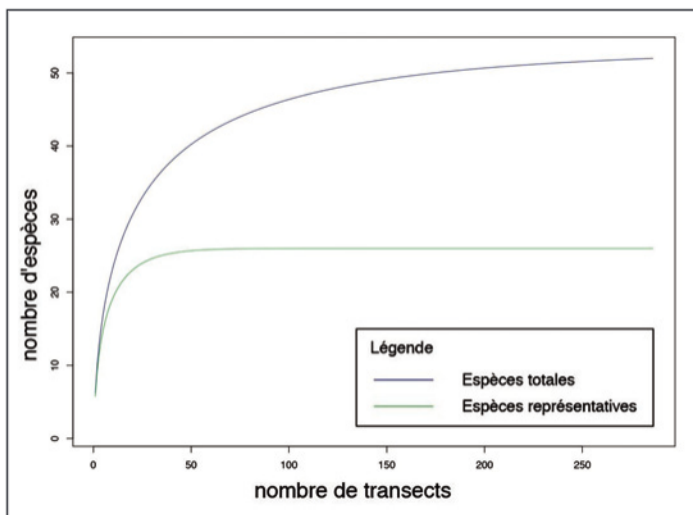


Figure 2. Richesse spécifique cumulée en fonction du nombre de transects. La courbe des espèces totales représente la richesse spécifique cumulée de toutes les espèces identifiées. La courbe des espèces représentatives donne la richesse spécifique cumulée des espèces présentes dans au minimum 10 transects

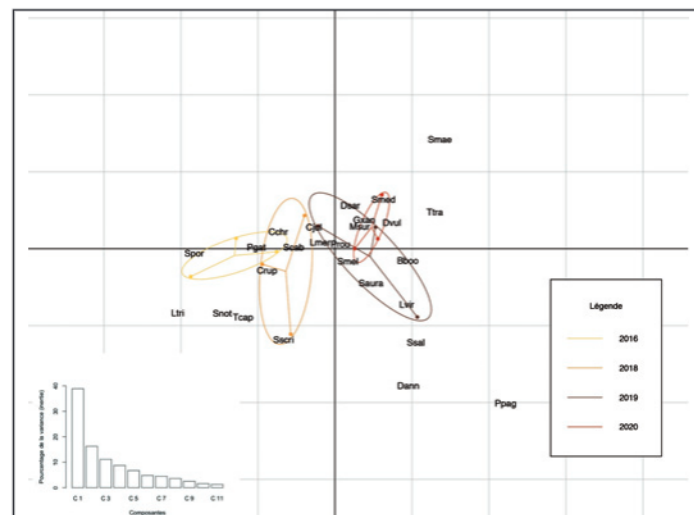


Figure 4. Plan C1-C2 biplot de l'AFC des assemblages d'abondance des espèces sélectionnées en fonction du temps. Ce plan résume 53,13 % d'inertie du tableau et les ellipses comprennent 67 % des stations sous l'hypothèse d'une distribution normale

Listes des espèces présentes						
Taxa code	Noms scientifiques	Noms usuels	Sources	Date	Espèces représentatives	Occurrence
Bboo	<i>Boops boops</i>	Bogue	Linnaeus	1758	YES	29,17
Boce	<i>Blennius ocellaris</i>	Butterfly blenny	Linnaeus	1758	NO	1,04
Cchr	<i>Chromis chromis</i>	Damselfish	Linnaeus	1758	YES	52,78
Ccon	<i>Conger conger</i>	European conger	Linnaeus	1758	NO	1,39
Cjul	<i>Coris julis</i>	Rainbow wrasse	Linnaeus	1758	YES	47,57
Clab	<i>Chelon labrosus</i>	Thick-lipped mullet	Risso	1827	NO	1,04
Crup	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Goldsinny wrasse	Linnaeus	1758	YES	71,53
Dann	<i>Diplodus annularis</i>	Annular seabream	Linnaeus	1758	YES	14,58
Dden	<i>Dentex dentex</i>	Common dentex	Linnaeus	1758	NO	1,04
Dlab	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Seabass	Linnaeus	1758	NO	2,08
Dsar	<i>Diplodus sargus</i>	White seabream	Linnaeus	1758	YES	26,74
Dvul	<i>Diplodus vulgaris</i>	Two-banded bream	Geoffroy St-Hilaire	1817	YES	30,21
Eenc	<i>Engraulis encrasicolus</i>	European anchovy	Linnaeus	1758	NO	1,39
Gcru	<i>Gobius cruentatus</i>	Red-mouthed goby	Gmelin	1789	NO	0,35
Gmin	<i>Gobius minutus</i>	Sand goby	Pallas	1770	NO	1,74
Gxan	<i>Gobius xanthocephalus</i>	Yellow-headed goby	Heymer & Zander	1992	YES	38,54
Lmer	<i>Labrus merula</i>	Brown wrasse	Linnaeus	1758	YES	8,68
Lmix	<i>Labrus mixtus</i>	Cuckoo wrasse	Linnaeus	1758	NO	0,69
Ltri	<i>Lipophrys trigloides</i>	Lipophrys trigloides	Valenciennes	1836	YES	5,21
Lvir	<i>Labrus viridis</i>	Green wrasse	Linnaeus	1758	YES	4,86
Mcep	<i>Mugil cephalus</i>	Flathead grey mullet	Linnaeus	1758	NO	1,74
Msur	<i>Mullus surmuletus</i>	Striped red mullet	Linnaeus	1758	YES	28,13
Mvil	<i>Mallotus villosus</i>	Capelin	Müller	1776	NO	1,74
Omel	<i>Oblada melanura</i>	Saddled seabream	Linnaeus	1758	NO	3,82
Ovul	<i>Octopus vulgaris</i>	Common octopus	Cuvier	1797	NO	3,47
Pble	<i>Phycis blennoides</i>	Greater forkbeard	Brünnich	1768	NO	0,35
Pele	<i>Palinurus elephas</i>	Spiny lobster	Fabricius	1787	NO	3,13
Pgat	<i>Parablennius gattorugine</i>	Tompot blenny	Linnaeus	1758	YES	5,90
Ppag	<i>Pagrus pagrus</i>	Common seabream	Linnaeus	1758	YES	7,29
Pphy	<i>Phycis phycis</i>	Forkbeard	Linnaeus	1766	NO	1,74
Prou	<i>Parablennius rouxi</i>	Long-striped blenny	Cocco	1833	YES	31,60
Saura	<i>Sparus aurata</i>	Gilthead seabream	Linnaeus	1758	YES	7,29
Scab	<i>Serranus cabrilla</i>	Comber	Linnaeus	1758	YES	76,04
Scan	<i>Spondylusoma cantharus</i>	Black seabream	Linnaeus	1758	NO	0,69
Sdod	<i>Symphodus doderleini</i>	Symphodus doderleini	Jordan	1890	NO	2,08
Smae	<i>Spicara maena</i>	Big picarel	Linnaeus	1758	YES	5,56
Smed	<i>Symphodus mediterraneus</i>	Axillary wrasse	Linnaeus	1758	YES	13,54
Smel	<i>Symphodus melanocercus</i>	Black-tailed wrasse	Risso	1810	YES	14,24
Snot	<i>Scorpaena melanota</i>	Small red scorpionfish	Rafinesque	1810	YES	11,81
Soce	<i>Symphodus ocellatus</i>	Ocellated wrasse	Linnaeus	1758	NO	2,78
Spil	<i>Sardina pilchardus</i>	European pilchard	Walbaum	1792	NO	1,39
Spor	<i>Scorpaena porcus</i>	Black Scorpionfish	Linnaeus	1758	YES	13,89
Sroi	<i>Symphodus roissali</i>	Five-spotted wrasse	Risso	1810	NO	1,04
Ssal	<i>Sarpa salpa</i>	Saunders's tern	Linnaeus	1758	YES	6,94
Sscri	<i>Serranus scriba</i>	Painted comber	Linnaeus	1758	YES	5,90
Sscro	<i>Scorpaena scrofa</i>	Large-scaled scorpionfish	Linnaeus	1758	NO	2,78
Ssma	<i>Spicara smaris</i>	Picarel	Linnaeus	1758	NO	2,78
Stin	<i>Symphodus tinca</i>	East Atlantic peacock wrasse	Linnaeus	1758	NO	3,13
Tcap	<i>Trisopterus capellanus</i>	Trisopterus capellanus	Lacépède	1800	YES	6,25
Teph	<i>Thorogobius ephippiatus</i>	Leopard-spotted goby	Lowe	1839	NO	2,78
Tlus	<i>Trisopterus luscus</i>	Whiting-pout	Linnaeus	1758	NO	0,35
Ttra	<i>Trachurus trachurus</i>	Atlantic horse mackerel	Linnaeus	1758	YES	9,38
Ttri	<i>Tripterygion tripteronotum</i>	Red-black triplefin	Risso	1810	NO	0,69

Tableau I. Liste des espèces présentes avec précision de leur code, nom scientifique, autorité, date de description et occurrence. Les « espèces représentatives » sont correctement échantillonnées

emporte à lui seul 38,87 % et classe les années dans l'ordre chronologique.

Ce premier axe oppose les espèces *S. porcus*, *S. notata*, *Lipophrys trigloides*, *Trisopterus capelanus*, associées au début du suivi (2016 et 2018) à *P. pagrus*, *Trachurus trachurus*, *Spicara maena*, *Sarpa salpa* et *D. annularis* associées à la fin du suivi (2019 et 2020). Il y a donc une évolution de l'assemblage d'abondance au cours du temps. Aussi, les espèces *D. sargus*, *D. vulgaris*, *P. pagrus*, *Sparus aurata* et *M. surmuletus*, associées aux années 2019 et 2020, sont des espèces cibles. C'est pourquoi l'étude des assemblages d'abondances en fonction du niveau de protection est réalisée uniquement sur cette dernière période.

Le premier plan de l'AFC des abondances, réalisé à partir des abondances des espèces sélectionnées et des années 2019 et 2020 seulement (figure 5), représente 46,44 % de l'inertie avec un premier axe qui emporte à lui seul 27,41 %. Les assemblages d'abondances sont aussi influencés par les niveaux de protection du milieu. La zone hors réserve, caractérisée par *T. trachurus* et *Symphodus melanocercus* est significativement différente des deux autres (Wilcoxon, HR-ZPR $P = 0,001$, HR-ZR $P = 1.4e-08$).

Au sein de la réserve, la ZPR est caractérisée par *S. maena*, *D. annularis* et *S. aurata* alors que la ZR est plutôt caractérisée par la présence de *M. surmuletus*, *D. vulgaris*, *C. julis* et *P. pagrus*. La ZR est la zone la plus diversifiée.

2.3. Étude de la biomasse des espèces cibles

La biomasse moyenne augmente au sein de la réserve au cours du temps (*figure 6*). Elle est significativement

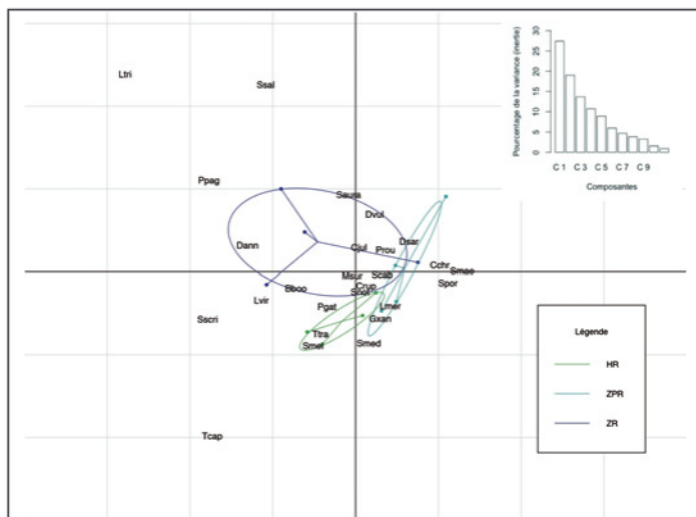
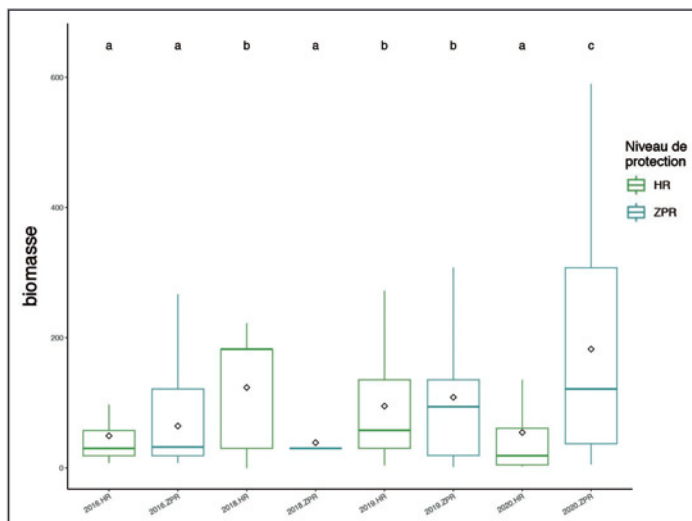


Figure 5. Plan biplot C1-C2 de l'AFC des abondances des espèces sélectionnées, des années 2019-2020, en fonction du niveau de protection (HR : hors réserve, ZPR : zone de protection renforcée, ZR : zone réglementée). Ce plan résume 46,44 % d'inertie du tableau et les ellipses comprennent 67 % des stations sous l'hypothèse d'une distribution normale



Le losange représente la moyenne, la barre horizontale en trait épais désigne la médiane et les moustaches correspondent aux valeurs extrêmes. Les lettres différentes indiquent une différence significative (Tukey, $P < 0,05$).

Figure 6. Évolution des biomasses annuelles des espèces cibles déterminées à partir de leurs tailles (MOREY et al. [2003]; Année suivie du code HR : hors réserve, ZPR : zone de protection renforcée)

plus élevée en 2020 que les autres années en ZPR, elle est multipliée par 3,1 entre 2016 et 2020 au sein de ZPR. La biomasse de la zone HR augmente significativement en 2018, et diminue significativement en 2020. De plus, la biomasse est significativement plus importante au sein de la ZPR en 2020.

2.4. Étude des tailles

La répartition de taille des individus *M. surmuletus* est relativement stable en zone HR, or la présence d'un banc provoque une augmentation brutale de l'abondance en 2019 (figure 7). Au sein de la réserve, un étalement de la pyramide des âges à partir de 2020 est visible, avec l'apparition de gros individus, mesurant jusqu'à 30 cm et âgés entre 6 et 7 ans [BENSEBAINI *et al.*, 2019]. Des juvéniles sont aussi dénombrés cette année-là, pouvant témoigner d'un recrutement important en 2020. Cependant, la cohorte de 1 an mesurant environ de 15 cm en 2019 devrait mesurer environ 20 cm l'année suivante. Celle-ci n'est pas visible sur le suivi de l'année 2020.

Les effectifs de *D. sargus* dans la zone HR témoignent de la présence de bancs. Le nombre d'individus augmente au sein de la ZPR à partir de 2019. La taille des individus augmente significativement au cours du temps au sein de la réserve (Wilcoxon, $P = 0,003$). L'année 2020, présente une répartition des tailles tri-modales correspondant à trois cohortes. Un premier mode situé entre 12 et 15 cm correspond aux individus âgés d'environ 1 à 2 ans, un autre entre 22 et 25 cm correspondant à des individus de 3 et 4 ans et une dernière modalité à 30 cm pouvant correspondre à des individus âgés de 6 et 8 ans [MAN-WAI et QUIGNARD, 1984; BENSEBAINI *et al.*, 2019].

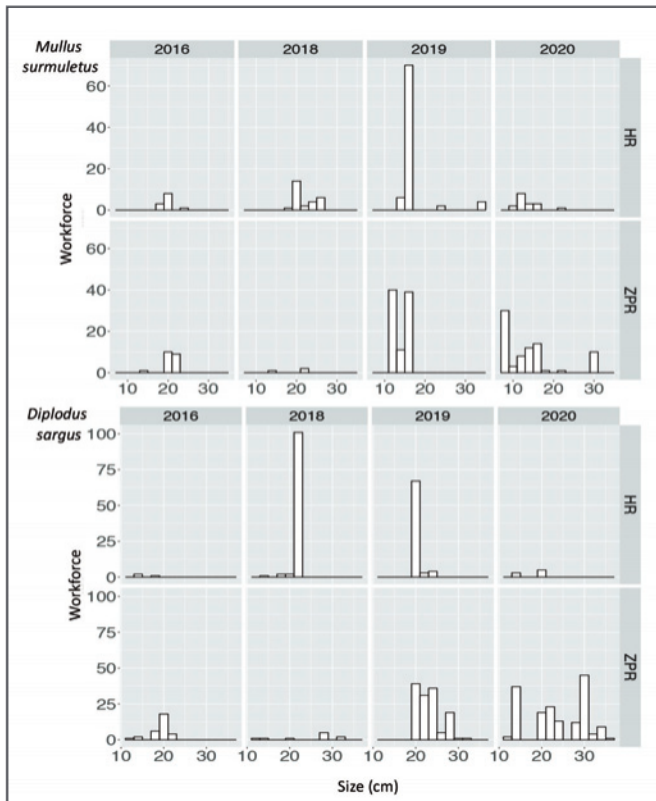


Figure 7. Analyse démographique de *M. surmuletus* et *D. sargus* sur la zone HR et la ZPR

3. Discussion

Le suivi de la RMCP sur les premières années de protection révèle une sensibilité de la zone à la mise en réserve à partir de la 3^e année de protection. Ce résultat est cohérent avec la littérature [HALPERN et WARNER 2003; RUSS et al., 2004].

Des augmentations significatives de l'abondance globale (x1,74) et de la biomasse des espèces cibles (x3,1) sont mises en évidence dès la 3^e année de protection. Ces observations, sur une courte période, peuvent être liées à l'immigration d'individus au sein de la réserve. En effet, le dénombrement d'individus de *D. sargus* et de *M. surmuletus*, âgés entre 6 et 8 ans, témoigne de l'effet refuge de cette zone. L'augmentation de la biomasse est aussi liée à l'étalement de la pyramide des âges. En effet, les populations de *M. surmuletus* et *D. sargus* présentent trois cohortes distinctes au sein de la réserve en 2020. Cette évolution témoigne d'une zone propice au recrutement et au vieillissement des cohortes au sein de la réserve. Ces adaptations permettront une stabilisation des stocks de populations dans le temps. En HR, l'échantillonnage dépend aussi de la pose de filet, qui pourrait expliquer la diminution brutale de la biomasse des espèces cibles en HR en 2020.

Les assemblages d'abondance évoluent progressivement sur les quatre années de suivi. Les populations d'es-

pèces cibles s'accroissent à partir de la 3^e année de protection, notamment les populations de sparidés, espèces de haut niveau trophique favorisées par la mise en place d'une AMP [BOULANGER et al., 2021], sont significativement représentées à partir de l'année 2019 (figure 4).

Le niveau de protection au sein de la réserve influence la répartition des espèces (figure 5). Les abondances des espèces sélectionnées et les biomasses des espèces cibles sont significativement plus importantes en ZR et ZPR qu'en HR. Au sein de la réserve, la ZPR apparaît moins diversifiée que la ZR où la plongée loisir est autorisée. Ce résultat est surprenant, il était attendu que la zone avec le niveau de protection le plus élevé soit la plus diversifiée [LESTER et al., 2009]. La mise en réserve de cet espace suscite un engouement de la part d'une dizaine de clubs de plongée pour le site de Cousanço d'avril à octobre. La présence des plongeurs sur le site de Cousanço peut influencer le comportement des poissons. Certains individus peuvent s'habituer à la présence de l'homme, limitant le comportement de fuites [NEILL, 1966]. IBORRA et al. ont aussi montré que les mérours (*Epinephelus marginatus*) inférieurs à 50 cm peuvent être curieux et attirer par les plongeurs. Ainsi, les individus de la ZR, habitués à la présence de plongeurs, seraient moins craintifs et donc plus accessibles pour le dénombrement. Ainsi, il n'y aurait pas plus d'espèces rares associées à la ZR qu'à la ZPR. Le suivi de la RMCP par des caméras fixes à partir de 2019, présenté dans le rapport annuel du suivi de la réserve [JOUVENEL et al., 2021], soutient cette hypothèse.

Des enquêtes pêches, réalisées en avril 2020 auprès des pêcheurs locaux, révèlent un non-respect de l'interdiction de pêche de la part de certains professionnels. La réserve étant bien balisée mais située au large, il est difficile d'assurer sa sécurité et de quantifier ce braconnage. En dehors des missions régaliennes des autorités maritimes, une surveillance complémentaire est assurée l'été en journée par un écoparc, le dispositif peut sembler insuffisant. L'efficacité d'une AMP dépend essentiellement du respect des règles par ces utilisateurs, et des moyens mis en œuvre pour les faire respecter [CAMPBELL et al., 2012]. Ce biais pourrait expliquer la répartition des cohortes de *M. surmuletus* dans la RMCP en 2020. Une cohorte de deux ans et une de quatre ans devraient être visibles sur les résultats de l'étude démographique de l'année 2020.

Conclusion

La RMCP peut être un lieu d'étude prospective pour plusieurs aspects. Elle a un intérêt scientifique de par sa configuration. Cette réserve marine de 100 ha est située à plus de 2 km de la côte, ce qui est rare en Méditerranée.

Il sera intéressant de comparer ces effets à des réserves côtières, par exemple, la réserve marine de Cap Couronne utilise le même protocole de suivi. La réserve suscite un intérêt de la part des pêcheurs, qui sont à l'origine de sa mise en place et souhaitent préserver la ressource. Enfin, elle est aussi un avantage pour les clubs de plongées locaux qui se concentrent dans cette zone. Malgré un braconnage connu, le suivi de la RMCP révèle des effets directs visibles à la mise en place d'une réserve, en seulement trois années de protection. L'abondance totale, la biomasse des espèces cibles augmentent significativement et l'assemblage d'abondances. Ainsi, on espère une intensification des différences spatio-temporelles dans les années à venir. Les prochains suivis pourraient permettre de révéler des différences spatio-temporelles, pouvant être interprétées comme une réponse à l'effet réserve. Il faut aussi espérer que l'augmentation des abondances au sein de la réserve profite aux zones adjacentes.

Ce phénomène ne sera possible que si la pérennité et la protection de la réserve sont assurées, ainsi plusieurs recommandations peuvent être proposées :

- répondre aux inquiétudes des prud'hommes de la pêche côtière de Palavas en intensifiant la surveillance avec l'essor des nouvelles technologies ;
- utiliser les techniques de complexification des récifs artificiels de la RMCP pour soutenir la restauration des habitats rocheux voisins ;
- intégrer des réseaux d'aires marines protégées pour accéder à une plus grande représentativité et à des projets de développement ;
- ouvrir plus largement cette zone aux laboratoires de recherche scientifique afin de créer un site atelier de suivi des changements globaux à venir.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'Association de gestion de la réserve marine de Palavas, la prud'homie de pêche de Palavas-les-Flots, la mairie de Palavas-les-Flots, l'Office français de la biodiversité et le département de l'Hérault pour leur soutien à ce projet. Le travail de terrain a été réalisé par P2A Développement, plongeurs : Jean-Yves Jouvenel, François Baraffe, Antoine Tabeaud et Thomas Barros.

Bibliographie

ABESAMIS R.A., RUSS G.R. (2005) : « Density-dependent spillover from a marine reserve: long-term evidence ». *Ecological Applications*; 15 : 1798-812.

BENSEBAINI C.M., BILLET N., CERTAIN G., JADAUD A., LE ROY E. (2019) : Archimer - Archive institutionnelle de l'Ifremer.

BOULANGER E., LOISEAU N., VALENTINI A., ARNAL V., BOISSEY P., DEJEAN T., DETER J., GUELLATI N., HOLON F., JUHEL J.-B., LENFANT P., MANEL S., MOUILLOT D. (2021) : « Environmental DNA metabarcoding reveals and unpacks a biodiversity conservation paradox in Mediterranean marine reserves ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*; 288(1949), rspb.

CAMPBELL S.J., HOEY A.S., MAYNARD J., KARTAWIJAYA T., CINER J., GRAHAM N.A.J., BAIRD A.H. (2012) : « Weak compliance undermines the success of no-take zones in a large government-controlled marine protected area ». *PLOS ONE* 7; e50074. DOI : 10.1371/journal.pone.0050074

DENNY C.M., WILLIS T.J., BABCOCK R.C. (2004) : « Rapid recolonisation of snapper *Pagrus auratus*: Sparidae within an offshore island marine reserve after implementation of no-take status ». *Marine Ecology Progress Series*; 272 : 183-90.

EDGAR G.J., RUSS G.R., BABCOCK R.C. (2007) : « Marine protected areas ». Chapter 19, in : S.D. Connell, B.M. Gillanders, eds. *Marine Ecology*, p. 534-565. Oxford : Oxford University Press.

EDGAR G.J., STUART-SMITH R.D., WILLIS T.J., KININMONTH S., BAKER S.C., BANKS S., BARRETT N.S., BECERRO M.A., BERNARD A.T.F., BERKHOUT J., BUXTON C.D., CAMPBELL S.J., COOPER A.T., DAVEY M., EDGAR S.C., FÖRSTERRA G., GALVÁN D.E., IRIGOYEN A.J., KUSHNER D.J., MOURA R., PARNELL P.E., SHEARS N.T., SOLER G., STRAIN E.M.A.,

THOMSON R.J. (2014) : « Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features ». *Nature*; 506 : 216-20.

FRANCOUR P., HARMELIN J.-G., POLLARD D., SARTORETTO S. (2001) : « A review of marine protected areas in the north-western Mediterranean region: siting, usage, zonation and management ». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*; 11(3) : 155-88.

HALPERN B.S. (2003) : « The impact of marine reserves: do reserves work and does reserve size matter? » *Ecological Applications*; 13(sp1) : 117-37.

HALPERN B.S., WARNER R.R. (2003) : « Review paper. Matching marine reserve design to reserve objectives ». *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*; 270(1527) : 1871-8.

HARMELIN J.-G., BACHET F., GARCIA F. (1995) : « Mediterranean marine reserves: fish indices as tests of protection efficiency ». *Marine Ecology*; 16(3) : 233-50.

HARMELIN-VIVIEN M.L., HARMELIN J.G., CHAUVET C., DUVAL C., GALZIN R., LEJEUNE P., BARNABÉ G., BLANC F., CHEVALIER R., DUCLERC J., LASERRE G. (1985) : « Évaluation visuelle des peuplements et des populations de poissons : méthodes et problèmes ». *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*; 40(4) : 467-539.

HASTINGS A., BOTSFORD L.W. (1999) : « Equivalence in yield from marine reserves and traditional fisheries management ». *Science*; 284(5419) : 1537-8.

JOUVENEL J.-Y., MALLET A., MOLINIER P., TESSIER P. (2021) : *Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne 2016-2021. Suivi annuel 2020.*

LESTER S.E., HALPERN B.S., GRORUD-COLVERT K., LUBCHENCO J., RUTTENBERG B.I., GAINES S.D., AIRAMÉ S., WARNER R.R. (2009) : « Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis ». *Marine Ecology Progress Series*; 384 : 33-46.

MAN-WAI R., QUIGNARD J.-P. (1984) : « Les sars *Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758) du Golfe du Lion. Croissance et caractéristiques des débarquements aux criées de Sète et du Grau-du-Roi ». *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*; 46(3) : 173-94.

MARINE CONSERVATION INSTITUTE (2021) : *Marine Protection Atlas*. Consultable en ligne : <https://mpatlas.org>

MCNEILL S.E., FAIRWEATHER P.G. (1993) : « Single large or several small marine reserves? An experimental approach with seagrass fauna ». *Journal of Biogeography*; 20(4) : 429-40.

MOLLOY P.P., MCLEAN I.B., CÔTÉ I.M. (2009) : « Effects of marine reserve age on fish populations: a global meta-analysis ». *Journal of Applied Ecology*; 46(4) : 743-51.

MOREY G., MORANTA J., MASSUTÍ E., GRAU A., LINDE M., RIERA F., MORALES-NIN B. (2003) : « Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean ». *Fisheries Research*; 62(1) : 89-96.

MOSQUERA I., CÔTÉ I.M., JENNINGS S., REYNOLDS J.D. (2000) : « Conservation benefits of marine reserves for fish populations ». *Animal Conservation*; 3(4) : 321-32.

NEILL S.R.S.J. (1966) : « Observations on the behaviour of the grouper species *Epinephelus guaza* and *E. alexandrinus* (Serranidae) ». In: J. Lythgoe, J. Woods, eds. *Report, 1966-67*. Surry, UK.

OKSANEN J., BLANCHET F.G., FRIENDLY M., KINDT R., LEGENDRE P., MCGLINN D., MINCHIN P., O'HARA R., SIMPSON G., SOLYMOS P., STEVENS H., SZÖCS E., WAGNER H. (2017) : « Vegan community ecology package. Ordination methods, diversity analysis and other functions for community and vegetation ecologists ». Version 2.4-4. The Comprehensive R Archive Network.

RUSS G.R., ALCALA A.C., MAYPA A.P., CALUMPONG H.P., WHITE A.T. (2004) : « Marine reserve benefits local fisheries ». *Ecological Applications*; 14(2) : 597-606.

SALA E., GIAKOUMI S. (2018) : « No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean ». *ICES Journal of Marine Science*; 75(3) : 1166-8.

SHEARS N.T., BABCOCK R.C. (2003) : « Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine reserve protection ». *Marine Ecology Progress Series*; 246 : 1-16.

WORM B., BARBIER E.B., BEAUMONT N., DUFFY J.E., FOLKE C., HALPERN B.S., JACKSON J.B.C., LOTZE H.K., MICHELI F., PALUMBI S.R., SALA E., SELKOE K.A., STACHOWICZ J.J., WATSON R. (2006) : « Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services ». *Science*; 314(5800) : 787-90.



Rivières intermittentes : urgence

Pourquoi les intégrer dans les politiques de gestion de l'eau et de l'environnement ?

De la recherche à l'opérationnel

21 décembre 2023, 13h00-14h00

Événement accessible à tous, gratuit
pour les membres de l'Astee

**Inscription et plus d'informations sur
astee.org rubrique Evénements**

Avec le soutien de l'OFB



**Le Webcafé du comité de la recherche de l'Astee
ou comment favoriser les échanges
entre opérationnels et chercheurs**

Expérience et Qualité à votre service depuis plus de 50 ans



FILTRES À PLATEAUX POUR PISCINES MUNICIPALES

*Filtration à haut rendement :
économies d'eau et d'énergie*

Avantages

- Eau cristalline
- Microfiltration à 1 µm
- Vitesse de filtration lente : 5 m/h
- Garantis 10 ans
- Pas de rétrolavage à l'eau
- Economies d'eau importantes
- Décolmatage à l'air
- Economie d'électricité sur le pompage
- Economie de surface occupée au sol
- Pas d'utilisation de Flocculant
- Utilisation fiable de la diatomée
- Pas d'utilisation de bougies
- Toile filtrante résistante et maintenue
- Pas de fabrication de lait de diatomée
- Chargement directement dans le filtre
- Un seul nettoyage des plateaux par an
- Durée de vie illimitée du corps (Inox 316 L)
- Débit maxi d'un filtre seul : 500 m³/h



Cifec

12 Bis rue du Cdt Pilot
92200 Neuilly-sur-Seine - France
Tél: 01 4640 4949 - Fax: 01 4640 0087
Email: info@cifec.fr - Web: www.cifec.fr
Boutique : shop.cifec.fr



» depuis 2005 BE TECH SUD propose :

- Études d'enfouissement et dévoiement de réseaux
- Détection tous réseaux
- Géoréférencement et récolement tous réseaux
- Topographique / Implantation
- Traitement et migration de données vers S.I.G.
- Assistance DT / DICT
- Production de données aériennes et P.C.R.S.
- PLU mise au format CNIG des données

BE TECHSUD
UN PARTENAIRE À VOTRE ÉCHELLE

contact@betechsud.com
www.betechsud.com

Certifié en Géoréférencement et Détection



LA TRANSFORMATION ÉCOLOGIQUE COMMENCE AUSSI SOUS VOS PIEDS

Innovier pour accompagner la sobriété hydrique
en réutilisant les eaux usées et en assurant la pérennité
du patrimoine public et privé

SARP VEOLIA