



Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2009

Domaine : Qualité des masses d'eau

Action : Établissement des conditions de référence et grille de qualité physico-chimique pour le compartiment « poissons » des eaux de transition

Réponses des assemblages ichtyofaunistiques à l'eutrophisation et proposition de méthode pour la définition d'un état de référence.

Auteurs :

Hilaire Drouineau

Christine Delpech

Mario Lepage

Localisation :

Unité Ecosystèmes Estuariens et
Poissons Migrateurs Amphihalins
Groupement de Bordeaux

Février 2010

Table des matières

Contexte.....	1
Chapitre 1 - Réponses des assemblages de poissons aux pressions hydromorphologiques et à l'eutrophisation.....	2
1.1 Pressions hydromorphologiques.....	2
1.2 Eutrophisation.....	2
1.2.1 Matériel et méthodes.....	2
1.2.1.1 Données utilisées.....	2
1.2.2 Méthodes.....	5
1.2.3 Résultats.....	5
1.2.4 Discussion et perspectives.....	8
Chapitre 2 - Arbre de régressions multiples et définition de l'état de référence.....	9
2.1 Matériel et méthodes.....	9
2.2 Résultats.....	10
2.3 Discussion et perspectives.....	11
Références.....	12

Contexte

La mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE - Directive 2000/60/EC) nécessite d'établir des conditions de référence par type de masses d'eau. Ces références, correspondant à des conditions peu ou non anthropisées, permettront ainsi de caractériser le très bon état, niveau de qualité maximale recherché de ces milieux. Dans le cas des eaux de transition françaises, soumises à de fortes perturbations liées aux impacts des activités humaines, il n'existe plus aujourd'hui de situation pouvant répondre aux critères de très peu ou pas perturbé et donc pas de site de référence observable pour chaque type de masse d'eau. Il est également difficile de reconstituer historiquement de telles références car très peu de séries chronologiques de données sur l'ichtyofaune sont disponibles. Une construction théorique par simulation à l'aide de modèles mathématiques s'avère donc être nécessaire pour aller au delà du dire d'expert.

Les eaux de transition sont des écosystèmes très variables et naturellement stressés qui sont également exposés à de fortes pressions anthropiques (Dauvin, J.C., 2007 ; Elliott, M. and Quintino, V, 2007). La majorité des communautés faunistiques et floristiques sont adaptées à la forte variabilité spatiale et temporelle des conditions naturelles de ces milieux. Il est donc difficile de distinguer au sein des changements de communautés et d'abondances, la part de variabilité due aux changements naturels des conditions environnementales de la part lié aux perturbations d'origine anthropique. Ce problème bien spécifique aux milieux de transition a été décrit par Dauvin, J.C. (2007) et Elliot et Quintino (2007) et appelé « estuarine quality paradox ». Ainsi, l'approche adoptée, de type « pression-impact » (Wasson, J.G., Villeneuve, B, Mengin, N, Pella, H and Chandesris, A, 2005), a consisté à modéliser la variabilité de divers descripteurs du peuplement (métriques) en fonction de pressions anthropiques tout en tenant compte de paramètres décrivant la variabilité du protocole d'échantillonnage et des caractéristiques physiques du système qui sont susceptibles d'influer sur la structure des peuplements de poissons dans les estuaires et les lagunes (Elliott, M. and Dewailly, F, 1995 ; Elliott, M. and Hemingway, K, 2002 ; Lobry, J., Mourand, L, Rochard, E and Elie, P, 2003 ; Pombo, L., Elliott, M and Rebelo, J.E, 2005).

Le travail initié en 2008 à partir des réponses « pression-impact » a fourni de bons résultats pour l'aspect « pollution » dans les estuaires et l'aspect « occupation des sols » dans les lagunes en établissant une relation entre le niveau de pression et l'état vu à travers la composante poissons. Les travaux menés dans le cadre de l'action 16 (Convention ONEMA/CEMAGREF 2009) ont permis de mettre en évidence des relations significatives avec un plus large panel de pression : pression de pollution pour les lagunes et pression sur l'habitat et le vivant pour les estuaires et les lagunes. Cependant, en ce qui concerne les pressions hydromorphologiques ou l'eutrophisation, ces relations pression-impact nécessitent d'être mieux définies. Les travaux sur ce sujet ont peu avancé cette année. Un état des lieux des actions actuellement débutées est fourni dans l'action 16 chapitre 1 (Développement de l'indicateur « poisson » pour les eaux de transition). Enfin, une approche pour définir les états de référence à partir d'arbres de régressions multiples est proposée dans le chapitre 2 du même rapport (Analyses multivariées : travailler directement à l'échelle de l'assemblage de poissons). Les travaux présentés dans ce rapport se sont concentrés sur les milieux lagunaires mais les méthodes pourront servir de la même manière sur les estuaires.

Une synthèse bibliographique concernant la définition des conditions du bon état physico-

chimique (oxygène dissous, salinité et transparence) soutenant la biologie et en particulier l'ichtyofaune des écosystèmes de transition estuariens et lagunaires a fait l'objet d'un rapport rendu courant 2009 (Taverny, C., Élie, P and Boët, P, 2009).

Chapitre 1 - Réponses des assemblages de poissons aux pressions hydromorphologiques et à l'eutrophisation

1.1 Pressions hydromorphologiques

Le travail sur les relations « pressions hydromorphologiques/impacts », n'a pas à proprement débuté si ce n'est par l'intermédiaire de l'indice de pression sur l'habitat et le vivant qui comprend quelques catégories de pressions hydromorphologiques telles que le dragage, la présence de barrage ou les pompes industrielles. Cependant, les travaux du groupe national BRGM (caractérisation du très bon état hydromorphologique), du groupe d'experts au sein du projet LITEAU BEEST (développement d'un indicateur de pressions hydromorphologiques pour les estuaires) et du bureau d'étude ASCONIT pour le compte de l'Agence de l'Eau RM&C sur la caractérisation et l'évaluation des paramètres hydromorphologiques en lagunes, devraient permettre à terme de mieux caractériser les impacts de ces pressions et donc de contribuer à la définition d'un état de référence non impacté.

Les travaux concernant les lagunes ont conduit à développer un protocole de suivi de 5 lagunes méditerranéennes. Les paramètres ayant servi à caractériser les conditions hydromorphologiques de lagunes sont : le gradient de salinité, la granulométrie, la nature des substrats, la nature des berges, le comblement, la connectivité aval, le temps de résidence, la sinuosité des berges, la connectivité avec les zones humides annexes et la couverture macrophytique. Tous ces paramètres ont été retenus pour leur action plus ou moins importante sur l'hydro-morpho-sédimentologie et par conséquent sur la biologie. Le rapport final de cette étude devrait être disponible en début d'année 2010.

1.2 Eutrophisation

L'effet éventuel de l'eutrophisation sur les assemblages ichtyofaunistiques a été analysé à partir des données récoltées lors des campagnes DCE opérées dans les lagunes méditerranéennes en 2006. Ne disposant pas d'un indice composite d'eutrophisation, nous avons utilisé plusieurs variables mesurées dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire de l'IFREMER qui peuvent être considérées comme des proxys de cette pression sur les hydrosystèmes : la chlorophylle a, l'azote total, le phosphate total et les sels nutritifs totaux.

L'approche utilisée est analogue à l'approche qui a servi au développement de l'indicateur poisson : un modèle statistique est construit afin de mettre en évidence l'effet de la pression sur diverses métriques caractéristiques de l'assemblage ichtyofaunistique, tout en prenant en compte la variabilité liée au protocole d'échantillonnage et aux caractéristiques physiques des masses d'eau.

1.2.1 Matériel et méthodes

1.2.1.1 Données utilisées

Les données proviennent des campagnes DCE 2006 dans les lagunes méditerranéennes. Onze masses d'eau ont ainsi été échantillonnées au printemps et à l'automne selon un protocole standardisé : Bages-Sigean, Berre - Grand Etang, Biguglia, Complexe Vaccarès, Grand Bagnas, La Palme, Méjean, Or, Prévost, Salses-Leucate, Thau. Ainsi, 294 opérations de pêches ont été retenues. Trois lagunes ont été ajoutées aux onze précédentes lagunes grâce à une étude portant sur l'anguille réalisée par IFREMER pour le compte de l'Agence de l'eau RM&C, avec le même protocole que les pêches DCE. Il s'agit des lagunes de Diana, Palo et Urbino. Cinquante quatre opérations de pêches ont ainsi été ajoutées au jeu de données (Tableau 1).

Tableau 1 - Récapitulatif du nombre d'opérations de pêche par zone haline et par saison.

Lagune	Printemps		Automne		
	Zone oligo-mésohaline	Zone polyhaline	Zone oligo-mésohaline	Zone polyhaline	
Bages-Sigean		0	15	0	12
Berre		0	15	0	15
Biguglia		8	0	8	0
Vaccarès		3	4	3	4
Diana		0	10	0	8
Grand Bagnas		16	0	15	0
La Palme		0	16	0	16
Mejean		0	8	0	8
Or		4	4	4	3
Palo		0	8	0	8
Prévost		0	8	0	8
Salses-Leucate		0	29	0	23
Thau		0	15	0	30
Urbino		0	12	0	8

Pour chacune de ces opérations, un certain nombre de paramètres sont relevés, notamment saison (printemps ou automne), température de l'eau (non utilisée), conductivité (2 classes : forte ou faible), salinité (2 classes : <18 PSU oligo-mésohalin, >18 PSU polyhalin), profondeur (non utilisée car peu de variation). Un certain nombre de métriques a également été calculé. Au cours du projet LITEAU II sur le développement de l'indicateur poisson, un groupe d'experts a préalablement défini en se basant sur la littérature et sur l'expertise des membres du groupe, comment chacune des

métriques devaient réagir à une hausse de pression anthropique (Tableau 2).

Tableau 2 - Récapitulatif des métriques présélectionnées et avis sur les réponses attendues à la pression.

(-) Diminution (+) Augmentation.

Métriques présélectionnées	Abréviation croissante	Réponse attendue face à une dégradation
<i>Métriques descriptives</i>		
1. Richesse taxonomique	RT	(-)
2. Densité totale	DT	(-)
<i>Métriques de diversité fonctionnelle</i>		
<u>Guildes écologiques</u>		
3. Nombre d'espèces migratrices amphihalines	NCA	(-)
4. Densité d'espèces migratrices amphihalines	DCA	(-)
5. Nombre d'espèces résidentes	NER	(-) ou (+)
6. Densité d'espèces résidentes	DER	(-) ou (+)
7. Nombre d'espèces d'origine dulçaquicole	NFW	(-)
8. Densité d'espèces d'origine dulçaquicole	DFW	(-)
9. Nombre d'espèces juvéniles marines	NMJ	(-)
10. Densité d'espèces juvéniles marines	DMJ	(-)
11. Nombre d'espèces marines saisonnières	NMS	(-)
12. Densité d'espèces marines saisonnières	DMS	(-)
<u>Guildes trophiques</u>		
13. Nombre d'espèces zooplanctonophages	NZ	(+) ou (-)
14. Densité d'espèces zooplanctonophages	DZ	(+) ou (-)
15. Nombre d'espèces prédatrices d'invertébrés benthiques	NIB	(-)
16. Densité d'espèces prédatrices d'invertébrés benthiques	DIB	(-)
17. Nombre d'espèces piscivores	NF	(-)
18. Densité d'espèces piscivores	DF	(-)
19. Nombre d'espèces omnivores	NO	(+)
20. Densité d'espèces omnivores	DO	(+)
<u>Guildes de position</u>		
21. Nombre d'espèces benthiques	NB	(-)
22. Densité d'espèces benthiques	DB	(-)

Pour chaque masse d'eau, on dispose en plus de variables descriptives de la lagune: superficie, profondeur moyenne et maximum, nombre et section des graus, connectivité à la mer. On dispose

également grâce au réseau de suivi lagunaire issu du partenariat entre IFREMER, la Région Languedoc Roussillon et l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse, de concentrations en chlorophylle a, azote total, phosphate total et sels nutritifs totaux (valeur moyenne sur les différentes stations de chacune des masses d'eau, une mesure par station pour les mois de juin, juillet et août).

1.2.2 Méthodes

Une approche par modèles linéaires a été utilisée pour cette étude. Seules les métriques de densité ont été utilisées. Un grand nombre de métriques comporte une quantité importante de données nulles difficilement exploitables. Nous avons donc choisi de nous concentrer sur un nombre restreint de métriques: DCA, DER, DIB, DO, DMJ pour lesquelles la proportion de zéros dans le jeu de données est faible. Une transformation racine carrée est ensuite réalisée afin de limiter la surdispersion et ainsi limiter l'influence de valeurs exceptionnelles et se rapprocher d'une distribution normale.

Le modèle de base est le suivant :

$$\sqrt{\text{densité}} = \text{salinité} + \text{saison} + \text{connectivité} + \text{section} + \text{superficie} + \text{pression}$$

Afin de réduire le nombre de paramètres dans le modèle, on applique la fonction step du logiciel R. Cette fonction retire séquentiellement les variables explicatives tant que le critère d'information d'Akaike AIC (Akaike, 1973) diminue. A chaque étape, la variable éliminée est celle entraînant la plus forte baisse d'AIC.

Le modèle final est retenu si : (i) l'effet pression a été conservé, (ii) si le coefficient associé à l'effet pression est significativement différent de zéro et (iii) l'effet pression varie dans le sens défini par les experts.

Les proxys utilisés pour représenter la pression d'eutrophisation sont :

azote total moyen	ntmoy
phosphate total moyen	ptmoy
sels nutritifs moyens	selnutmoy
chlorophylle a moyenne	chloamoy

1.2.3 Résultats

Seules huit relations ont répondu aux critères préalablement définies (Tableau 3):

$$\begin{aligned} \sqrt{(DER)} &\sim \text{salinité} + \text{superficie} + \text{section} + \text{connectivité} + \text{ntmoy} \\ \sqrt{(DER)} &\sim \text{salinité} + \text{superficie} + \text{section} + \text{connectivité} + \text{ptmoy} \\ \sqrt{(DER)} &\sim \text{salinité} + \text{superficie} + \text{section} + \text{connectivité} + \text{selnutmoy} \\ \sqrt{(DER)} &\sim \text{salinité} + \text{superficie} + \text{section} + \text{connectivité} + \text{chloamoy} \\ \sqrt{(DIB)} &\sim \text{salinité} + \text{saison} + \text{superficie} + \text{section} + \text{connectivité} + \text{ntmoy} \\ \sqrt{(DIB)} &\sim \text{salinité} + \text{saison} + \text{superficie} + \text{section} + \text{connectivité} + \text{ptmoy} \\ \sqrt{(DIB)} &\sim \text{salinité} + \text{saison} + \text{superficie} + \text{section} + \text{connectivité} + \text{selnutmoy} \\ \sqrt{(DIB)} &\sim \text{salinité} + \text{saison} + \text{superficie} + \text{section} + \text{chloamoy} \end{aligned}$$

Tableau 3 - Tableau récapitulant pour chaque couple métrique x pression, le coefficient de régression estimé (un coefficient positif signifie qu'une hausse de pression implique une hausse de la métrique) et la p-value (une p-value > 0.05 signifie que le coefficient n'est pas significativement différent de zéro). X signifie que l'effet pression n'était pas inclus dans le modèle final.

Métrique	Pression	Coefficient estimé	P-value
DCA	ntmoy	X	X
DCA	ptmoy	-0,045	0,131
DCA	selnutmoy	0,000	X
DCA	chloamoy	0,000	X
DER	ntmoy	-0,010	0,000
DER	ptmoy	-0,152	0,000
DER	selnutmoy	-0,010	0,000
DER	chloamoy	-0,026	0,000
DO	ntmoy	0,000	0,020
DO	ptmoy	-0,040	0,037
DO	selnutmoy	0,000	0,020
DO	chloamoy	-0,010	0,046
DIB	ntmoy	-0,010	0,000
DIB	ptmoy	-0,120	0,000
DIB	selnutmoy	-0,010	0,000
DIB	chloamoy	-0,020	0,000
DMJ	ntmoy	0,010	0,000
DMJ	ptmoy	0,090	0,000
DMJ	selnutmoy	0,010	0,000
DMJ	chloamoy	0,010	0,000

L'analyse des résidus pour les modèles linéaires conservés montrent que grâce à la transformation racine carrée, l'hypothèse de normalité des résidus est relativement bien respectée (Figure 1, les autres modèles donnent des résultats proches).

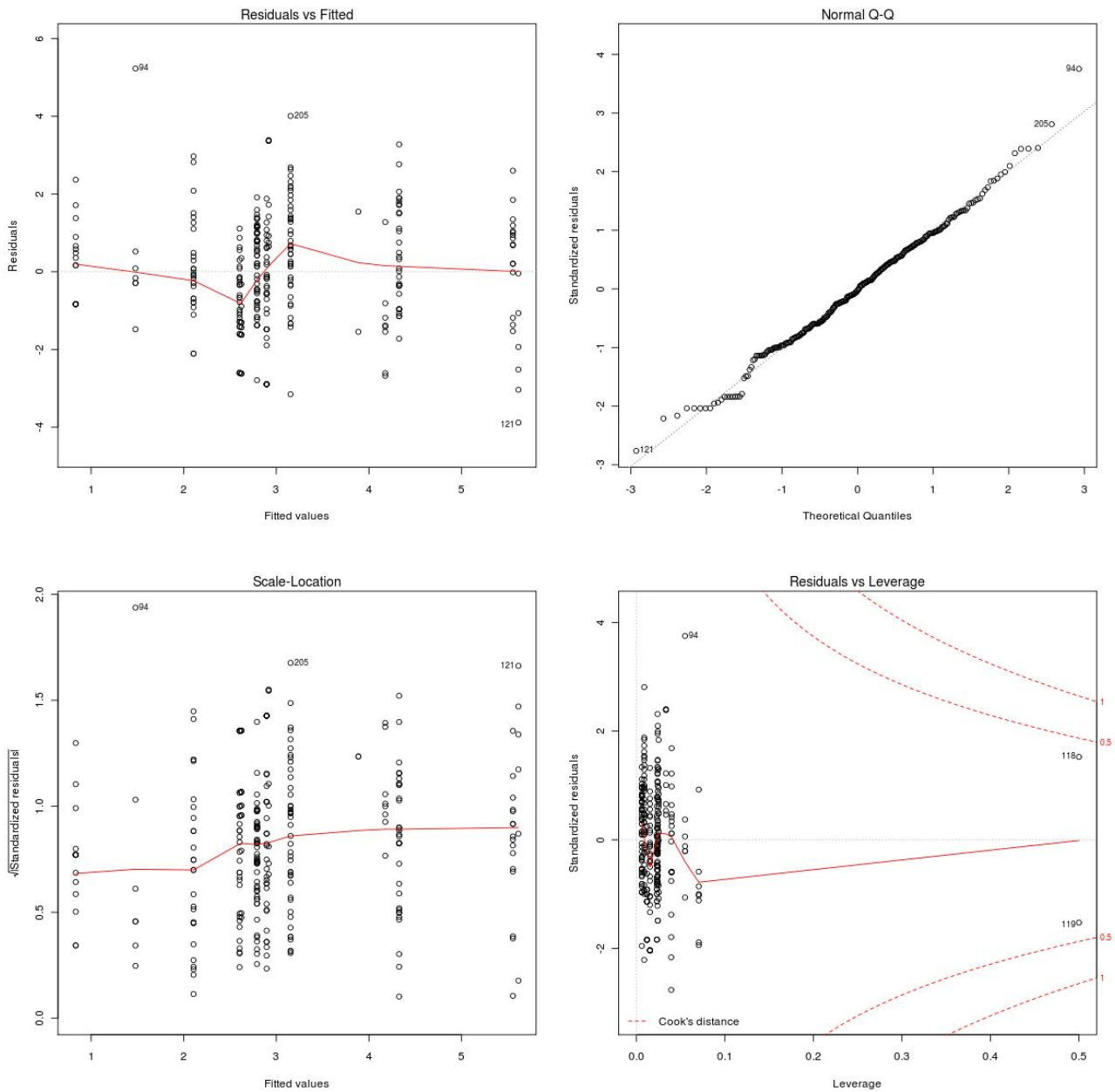


Figure 1 - Graphiques de diagnostic des résidus du modèle $\sqrt{(DER)} \sim \text{salinité} + \text{superficie} + \text{section} + \text{connectivité} + \text{ntmoy}$.

Pour les migrateurs amphihalins, l'effet de la pression est systématiquement retiré du modèle final, ou n'est pas significatif (Tableau 3). Pour les omnivores et les juvéniles marins, les effets sont significatifs, par contre, ils agissent dans le sens inverse de celui défini par les experts: une hausse de pression entraînant une hausse des densités de juvéniles marins et une hausse de pression entraînant une baisse des densités d'omnivores (Tableau 3).

1.2.4 Discussion et perspectives

Cette étude est une première approche visant à analyser les effets potentiels de l'eutrophisation sur les assemblages de poissons. Certaines relations ont pu être mises en évidence, cependant pour de nombreuses métriques la réaction est inverse (juvéniles marins et omnivores) à celle attendue par les experts ou inexistante (migrateurs amphihalins). En effet, un apport de sels nutritifs dans une eau naturellement oligotrophe permet un meilleur développement phytoplanctonique entraînant une ressource trophique plus abondante pour les espèces. Cependant, un excès de sels nutritifs provoque une eutrophisation entraînant des crises hypoxiques et un déclin des populations de poisson. Il est donc possible que les concentrations de sels nutritifs et de chlorophylle observées soient à des niveaux ayant un effet positif plutôt que négatif sur les peuplements. Il est aussi possible que le niveau d'observation actuel (une mesure par station par mois en été) ne permette pas de mettre en évidence des effets sur les densités de poissons. Un comptage du nombre de bloom et la durée des blooms serait peut-être plus adapté. Ici, les proxys utilisés peuvent aussi bien caractériser la richesse de l'eau et ainsi être un proxy indirect de la disponibilité en nourriture, et donc avoir l'effet inverse de celui attendu de l'eutrophisation. Il est à noter toutefois que les métriques liées aux espèces résidentes et aux espèces prédatrices d'invertébrés benthiques semblent avoir des réactions conformes aux prévisions des experts.

De plus, bien que certaines relations soient significatives, une étude pour vérifier que ses relations soient suffisamment discriminantes reste à réaliser.

En conclusion, même si les analyses restent à affiner, les proxys actuellement utilisés semblent avoir des effets assez variables sur les différentes guildes, et pas nécessairement dans le sens attendu par les experts. La recherche d'un meilleur proxy pour quantifier l'impact de l'eutrophisation paraît donc être une étape prioritaire pour améliorer les résultats.

Chapitre 2 - Arbre de régressions multiples et définition de l'état de référence

Dans le rapport de l'action 16 de la convention ONEMA / CEMAGREF pour l'année 2009, une analyse des assemblages de poissons par arbre de régressions multiples a été proposée. Nous repartirons ici de cette analyse pour voir comment elle peut être utilisée pour définir un état de référence. Nous encourageons le lecteur à lire le rapport de l'action 16 où les données utilisées et la méthode sont présentées. L'arbre de régressions (Figure 2) obtenu permettait de prédire un niveau de pression global en fonction de critères sur des densités par guild.

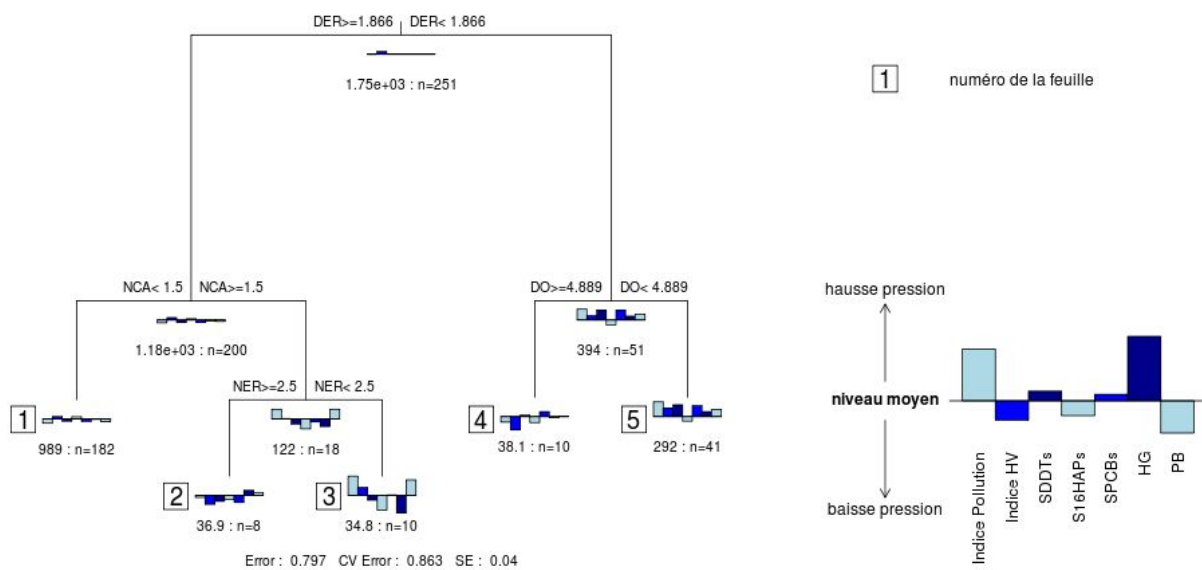


Figure 2 - Arbre de régressions multiples issu de l'analyse présentée dans le rapport de l'action 16 de la convention ONEMA/CEMAGREF pour l'année 2009.

2.1 Matériel et méthodes

L'arbre de régressions multiples (Figure 2) sépare les différentes opérations de pêche selon 4 métriques : (i) la densité des espèces résidentes DER, (ii) le nombre d'espèces de migrateurs amphihalins NCA, (iii) le nombre d'espèces résidentes NER et (iv) la densité d'espèces omnivores. On cherche ici à prédire comment se distribuerait les opérations de pêche d'une lagune de référence entre les différentes feuilles de l'arbre.

Pour définir la lagune de référence, on va sélectionner les DO des opérations de pêche de la masse d'eau ayant la seconde meilleure moyenne de densité d'espèces omnivores, les DER des opérations de pêche de la masse d'eau ayant la seconde meilleure moyenne de densité d'espèces résidentes, les NCA de la seconde masse d'eau ayant le plus d'espèces de migrateurs amphihalins en moyenne et les NER de la seconde masse d'eau ayant le plus d'espèces résidentes en moyenne.

On choisit les secondes masses d'eau plutôt que les premières car une trop forte densité pour une guildes peut marquer un fort déséquilibre vers une guildes (par exemple Biguglia a des densités d'espèces résidentes qui ne sont retrouvables dans aucune autre masse d'eau), ou être signe de valeur aberrante ou « outliers ». La réunion de ces métriques fournit alors une lagune virtuelle, que l'on peut noter à l'aide de l'arbre de régressions multiples. Afin de tester la sensibilité à cette hypothèse, on réalise le même exercice avec une lagune virtuelle construite à partir des métriques venant des lagunes ayant les plus fortes densités et les plus forts nombres d'espèces

2.2 Résultats

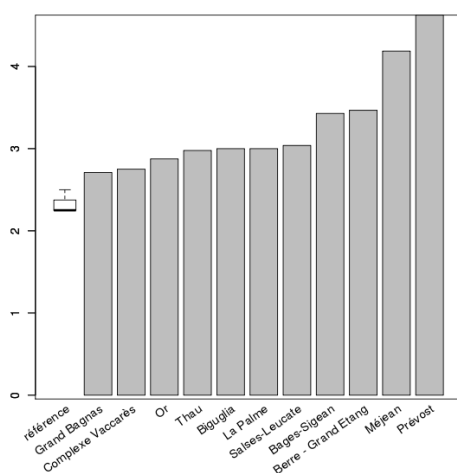
Le tableau 4 présente les lagunes retenues comme référence pour chacune des métriques utilisées par l'arbre de régressions multiples. On observe que les "secondes meilleures" masses d'eau sont toutes des masses d'eau bien notées par l'indice de pression global défini par le CEMAGREF, par contre pour les "meilleures" masses d'eau, Or et Thau ont des notes moyennes pour l'indice de pression global. Disposant de plus d'opérations de pêche dans les lagunes de Grand Bagnas et Thau, on réalise 1000 bootstraps afin d'homogénéiser le nombre des échantillons et pour ramener les résultats à 16 opérations de pêche (nombre d'opérations disponibles pour Or et Biguglia).

Tableau 4 - Masse d'eau de référence retenue pour chacune des métriques utilisées par l'arbre de régressions multiples.

Métrique	Lagune utilisée comme référence (meilleure)	Lagune utilisée comme référence (seconde meilleure)
DER	Biguglia	Grand Bagnas
DO	Grand Bagnas	La Palme
NCA	Or	Grand Bagnas
NER	Thau	La Palme

Dans les deux cas, la lagune virtuelle de référence obtient une meilleure note que les lagunes échantillonnées (Figure 3a et b). Les différences de notes obtenues avec les deux méthodes sont faibles. Par contre, on observe que les notes obtenues par les lagunes virtuelles de référence (en particulier si les "secondes meilleures" lagunes sont utilisées) sont proches des notes reçues par les lagunes échantillonnées en 2006 (Figure 3b). Ceci est à rapprocher du constat fait lors de la présentation de la méthode des arbres de régressions multiples dans le rapport de l'action 16 de la convention ONEMA/CEMAGREF pour l'année 2009, à savoir que la méthode, bien qu'intéressante permet mal, pour le moment, de discriminer entre les masses d'eau.

a)



b)

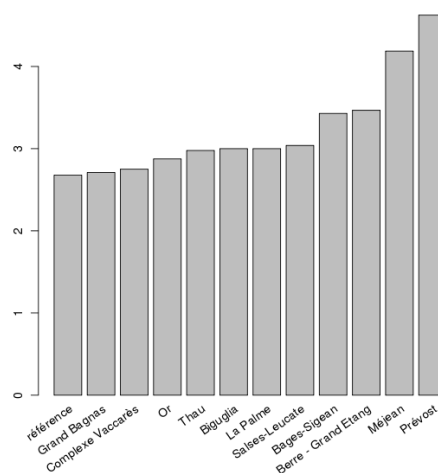


Figure 3 - Notes de pression obtenues pour la lagune virtuelle de référence par rapport aux notes obtenues par les autres masses d'eau en utilisant l'arbre de régressions multiples. A gauche (graphique a), les meilleures lagunes ont été utilisées comme référence alors qu'à droite (graphique b) les secondes meilleures ont été utilisées comme référence.

2.3 Discussion et perspectives

Cette étude est une approche permettant de définir un état de référence. Elle présente l'avantage de définir une référence métrique par métrique, la référence n'est donc pas uniquement définie comme étant la masse d'eau la moins anthropisée du jeu de données. Un inconvénient de cette méthode est que l'on considère que les métriques, et donc les guildes, sont complètement indépendantes les unes des autres, ce qui n'est pas le cas dans la réalité.

Les mêmes critiques peuvent être adressées ici que lors de l'utilisation de l'arbre de régressions multiples pour classer les masses d'eau. En particulier, la méthode ne permet pas bien de prendre en compte les paramètres physiques des masses d'eau et les variables liées au protocole d'échantillonnage (la salinité a été utilisée mais n'influe pas dans la construction de l'arbre). La seconde critique concerne le peu de contraste obtenu entre les différentes masses d'eau par cette méthode, les lagunes obtenant des notes sans doute trop proches de la lagune virtuelle dite de référence. Cela vient probablement aussi du fait que les lagunes étudiées ont assez peu de contraste et se situent pour plusieurs d'entre elles dans une classe de qualité semblable. On a vu précédemment que Thau et Or, bien qu'ayant une note de pression globale moyenne permettent d'obtenir une valeur maximale pour des métriques. Ceci n'est pas forcément aberrant car il n'est pas dit que les pressions subies par ces masses d'eau affectent particulièrement une métrique donnée. Nous avons montré dans le rapport de l'action 16 (2009) que les métriques n'étaient pas toutes sensibles aux mêmes pressions et il est donc possible que ce soit le cas pour ces deux lagunes. Une autre hypothèse serait que les conditions physiques du milieu compensent en quelque sorte les effets des pressions et atténuent les impacts prévus sur les métriques. Enfin, au risque de nous répéter, le jeu de données reste très limité pour l'instant pour asseoir un argumentaire très solide. Les pêches qui devraient avoir lieu en 2010 viendront très utilement compléter le jeu de données actuel et permettront peut-être d'éclaircir certaines de nos interrogations.

Références

- Akaike, H. 1973. Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. *In* 2nd International Symposium on Information Theory. B.N. Petrov and F. Csaksi. Akademiai Kiado, Budapest, Hungary. 267-281.
- Dauvin, J.C. 2007. Paradox of estuarine quality: Benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 271-281.
- Elliott, M. and Dewailly, F 1995. The structure and components of European estuarine fish assemblages. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 29: 397-417.
- Elliott, M. and Hemingway, K 2002. *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science, London, . 636pp.
- Elliott, M. and Quintino, V 2007. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 640-645.
- Lobry, J., Mourand, L, Rochard, E and Elie, P 2003. Structure of the Gironde estuarine fish assemblages: a European estuaries comparison perspective. *Aquatic Living Resources*, 16: 47-58.
- Pombo, L., Elliott, M and Rebelo, J.E 2005. Environmental influences on fish assemblage distribution of an estuarine coastal lagoon, Ria de Aveiro (Portugal). *Scientia Marina*, 69: 143-159.
- Taverny, C., Élie, P and Boët, P. 2009. La vie piscicole dans les masses d'eau de transition : proposition d'une grille de qualité pour la température, l'oxygène dissous, la salinité et la transparence.. 131: 44p + annexespp.
- Wasson, J.G., Villeneuve, B, Mengin, N, Pella, H and Chandesris, A. 2005. Modèles pressions-impacts. Approche méthodologique, modèles d'extrapolation spatiale et modèles de diagnostic de l'état écologique basés sur les invertébrés en rivière (IBGN). : 61pp.