

Perturbations anthropiques et besoin opérationnel de conditions de référence : Suivi de l'impact des opérations de clapage sur le compartiment macrobenthique de substrat meuble dans un espace à haute variabilité naturelle

Clémence FOULQUIER¹, Didier RIHOUEY¹

1. CASAGEC INGENIERIE, 18 rue Maryse Bastié, Zone de Maignon, 64600 Anglet, France.

foulquier@casagec.fr

Résumé :

De nombreux espaces littoraux font l'objet d'opérations de dragage et d'immersion depuis des décennies. Cette exploitation historique complexifie la caractérisation de l'état de référence du milieu pourtant obligatoire à toute évaluation d'impact anthropique. A cette absence de données caractérisant l'état initial d'un site, s'ajoute la dynamique naturelle qui influence le compartiment à l'étude en affectant une variabilité intrinsèque au milieu lui-même. La difficulté réside alors, comme souvent en écologie, dans la discrétisation des variabilités naturelles et anthropiques.

Le port de Bayonne, situé sur les deux rives de l'estuaire aval de l'Adour, effectue depuis des dizaines d'années des opérations de dragage et d'immersion pour maintenir les profondeurs d'accès. Afin d'appréhender l'impact des opérations récurrentes de clapage au droit du débouché de l'Adour, un suivi sur 3 ans des communautés benthiques de substrat meuble a été effectué. Au regard des résultats obtenus, l'action des houles et la dynamique estuarienne apparaissent comme des paramètres structurants de la répartition des communautés benthiques. La présence d'organismes typiquement estuariens, trace indirecte des apports récurrents de sédiments estuariens, laisse quant à elle supposer à une influence des opérations d'immersion. Ce signal apparaît néanmoins fortement brouillé du fait de l'influence prépondérante de l'hydrodynamisme. Une nouvelle station de référence, positionnée dans l'axe du fleuve, a ainsi été ajoutée au protocole initial afin de discrétiser les variabilités naturelles et anthropiques. Les premiers résultats acquis via ce nouveau plan d'échantillonnage permettent de discuter la pertinence de la localisation retenue pour cette nouvelle station devant permettre de s'affranchir au mieux de la variabilité intrinsèque au milieu et de répondre ainsi au besoin opérationnel en matière de conditions de référence.

Mots-clés : Port estuarien, Clapage, Impacts environnementaux, Communautés benthiques, Substrat meuble, Variabilité naturelle, Conditions de référence

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

1. Introduction

Au cours des dernières décennies, la protection de l'environnement a pris une place grandissante dans les projets d'aménagements littoraux. Parmi les descripteurs de qualité des milieux, une importance particulière est accordée aux éléments biologiques tels que le macrozoobenthos de substrat meuble, désignant l'ensemble des invertébrés dont la taille est supérieure à 1 mm. Du fait de sa longévité, sa sédentarité et la dynamique des espèces qui la composent, la macrofaune benthique intègre les variations de l'environnement et permet d'obtenir un signal relativement clair, susceptible de détecter une perturbation du système (GLEMAREC & HILY, 1981 ; DAUVIN, 1993 ; BLANCHET, 2004). Ce compartiment est ainsi aujourd'hui investigué de façon systématique dans le cadre des suivis de projets d'aménagements et de travaux en espace infralittoral.

Le port de Bayonne (Pyrénées-Atlantiques), situé sur les deux rives de l'Adour aval, connaît les contraintes classiques d'infrastructures estuariennes avec un ensablement à l'embouchure et un envasement récurrent du chenal et des souilles des postes d'accostage. Depuis des décennies, environ 500 000 m³ de sable et 500 000 m³ de vase sont ainsi respectivement dragués à l'embouchure et dans l'estuaire pour maintenir les profondeurs d'accès. Ces activités n'avaient, pourtant encore jusqu'à récemment, jamais fait l'objet d'investigations biosédimentaires.

Dans cet environnement littoral hautement variable, exposé à de fortes houles et au régime hydrologique de l'Adour, la définition d'un plan d'échantillonnage permettant de suivre l'impact des opérations d'immersion sur ce compartiment biologique s'avère être un exercice complexe. La difficulté réside en effet, comme souvent en écologie, dans la discrétisation des variations naturelles et anthropiques (BLANCHET *et al.*, 2014 ; DUTERTRE *et al.*, 2013). Du fait de l'exploitation historique de cet espace à des fins anthropiques (opérations de dragage antérieures aux années 1960 et clapage en milieu marin depuis plus de 30 ans, T. DE RECY, communication personnelle), une approche spatio-temporelle classique de type BACI « Before-After-Control-Impact » (UNDERWOOD, 1994) apparaît inadaptée ; la situation pré-travaux restant inconnue. La caractérisation de la variabilité intrinsèque au milieu donnant lieu à la définition de conditions de référence pose donc question.

En s'appuyant sur les résultats d'un suivi saisonnier de 3 ans (août 2014- juin 2017) des communautés benthiques de la zone d'immersion mis en œuvre dans le cadre d'un travail de thèse (FOULQUIER, 2020) et de données récentes (septembre 2021 et mars 2022) issues du suivi environnemental de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bayonne Pays Basque (CCI BPB), gestionnaire des opérations de dragage d'entretien, la présente étude vise à discuter la pertinence de la position d'une nouvelle station visant à s'affranchir au mieux de la variabilité naturelle du milieu.

2. Matériel et méthodes

2.1 Zone d'étude et activités d'immersion du port de Bayonne

La zone d'étude est située à 3 km au large de l'embouchure de l'estuaire de l'Adour, sur la côte basque française, exposée à des conditions de vagues très énergiques. Les vagues viennent principalement de la direction Ouest-Nord-Ouest avec une période de pointe de 10s et une hauteur de vague significative moyenne de 2 m (AUGRIS *et al.*, 2009). L'Adour draine quant à lui un bassin versant de 16 800 km². Cet estuaire a été fortement modifié et canalisé au cours des quatre derniers siècles, générant un fort courant et ainsi une grande quantité d'apports sédimentaires estuariens vers l'océan (MANEUX *et al.*, 1999). Le temps de résidence de l'eau et des sédiments est donc très court, ce qui suggère un transfert dominant vers la zone côtière pendant les débits moyens à élevés (MONPERRUS *et al.*, 2005, PETUS, 2009). Ces apports estuariens associés aux climats de vagues contribuent à faire de l'ouverture côtière de l'estuaire de l'Adour une zone naturellement stressée.

L'estuaire de l'Adour donne par ailleurs accès au port de Bayonne. Afin de garantir une profondeur minimale de navigation, la CCI BPB effectue des dragages d'entretien. Les sédiments extraits sont ensuite déversés dans trois zones d'immersion, dont une zone marine constamment utilisée depuis 30 ans, située devant l'embouchure de l'Adour à des profondeurs comprises entre -20 m et -35 m (figure 1). Pendant plusieurs décennies et jusqu'à 2014, ces travaux ont été réalisés sans évaluation empirique des effets sur les communautés des fonds meubles, que ce soit sur les sites de dragage ou sur les sites recevant les matériaux dragués.

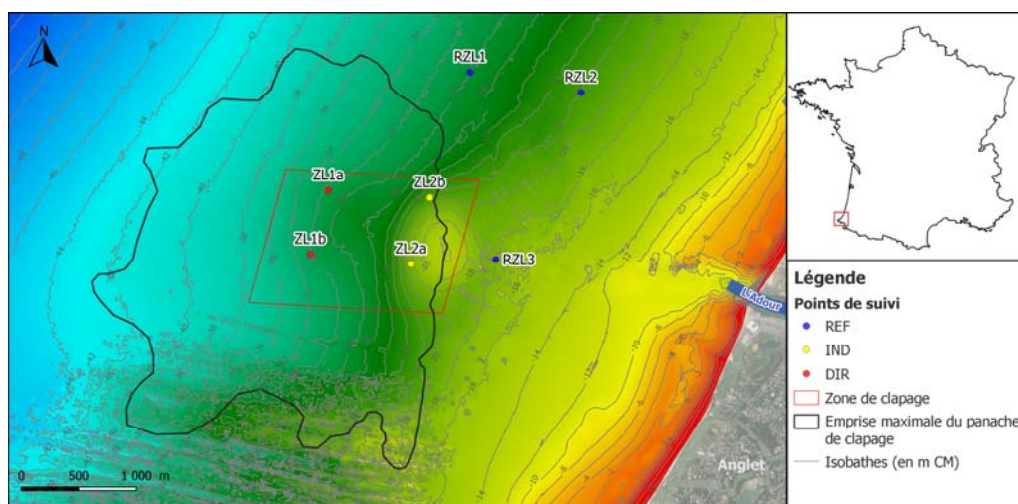
2.2 Variables abiotiques structurant la dynamique et la répartition des communautés macrobenthiques de substrats meuble de la zone

Le suivi effectué sur la période 2014-2017 dans le cadre d'un travail de thèse (FOULQUIER, 2020) avait notamment pour objet d'évaluer l'impact des immersions sur les communautés benthiques de fond meuble. Six stations ont ainsi été étudiées au cours de 12 campagnes saisonnières d'échantillonnage. L'emplacement des stations avait été choisi en fonction de la bathymétrie (équiprofondeur entre les stations situées en zone d'impact et en zone de référence), des modalités d'immersion et des connaissances issues des modèles de dispersion de panaches de clapage (CASAGEC INGENIERIE, 2014). Deux stations avaient ainsi été placées à -31 m CM dans une zone la plus utilisée (directement impactée "DIR") en partie Ouest du site de clapage (figure 1). Une autre paire de stations avait été positionnée à -21 m CM, également à l'intérieur de la zone de dépôt, dans la partie Est, jamais exploitée depuis 2004, mais affectée par les panaches turbides de travaux (zone indirectement impactée "IND"). Enfin, deux stations étaient situées au Nord de l'embouchure (stations « REF" à -22 et -30m CM) dans une zone

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

considérée comme de référence, en dehors de la zone d'immersion et d'influence des panaches turbides de travaux.

Les résultats de ce suivi ont montré peu d'indication d'un impact des immersions, à l'exception de la présence ponctuelle d'espèces estuariennes typiques dans la zone directement impactée (FOULQUIER *et al.*, 2020). Les facteurs hydrodynamiques ayant montré les niveaux de corrélation les plus élevés avec la structure de la communauté faunistique située au droit de l'embouchure du fleuve, l'hypothèse d'un stress hydrodynamique, combinaison des actions de remise en suspension par les vagues et de chasse hydraulique du fleuve, a été proposée comme un élément potentiellement clé pouvant expliquer la distribution des communautés au droit de l'Adour.



2.3 Collecte et traitement des données biosédimentaires

Les campagnes de prélèvements ont été mises en œuvre respectivement le 13/09/2021 et le 29/03/2022 dans des conditions hydrodynamiques comparables à celles régulièrement rencontrées sur la côte basque à ces périodes. De la même façon en matière de clapage, aucune évolution des pratiques n'est intervenue lors de ces deux campagnes. Les modalités d'immersion sont restées inchangées.

Les stations suivies dans le cadre de la présente étude présentent globalement les mêmes positions que celles suivies entre août 2014 et juin 2017. Dans le but de tester l'hypothèse de chasse hydraulique et de proposer ainsi une station de référence soumise à un stress hydrodynamique comparable à celui des stations de la zone de clapage, une station « RZL3 » a été placée directement à l'Est du site de clapage, au droit de l'embouchure, hors de l'emprise des panaches de clapage, à une profondeur de -18 m CM (figure 1). A l'instar de la précédente étude (FOULQUIER *et al.*, 2020), les prélèvements biosédimentaires ont été réalisés à l'aide d'une benne Van Veen de surface d'échantillonnage 0,1 m². Sur chaque station : 3 prélèvements élémentaires ont

été effectués pour l'analyse des macroinvertébrés benthiques. Un prélèvement supplémentaire a été destiné aux analyses sédimentaires. Les prélèvements voués aux analyses biologiques ont été tamisés à bord sur un tamis de maille 1 mm. Les refus de tamis ont ensuite été fixés à l'éthanol et conservés dans un flacon adapté. Les échantillons voués aux analyses physico-chimiques ont été déposés, le jour même, pour analyse à un laboratoire sous-traitant.

Au laboratoire, les invertébrés échantillonnés ont été identifiés jusqu'à l'espèce et dénombrés sous lampe binoculaire et microscope. L'identification des taxons a été réalisée au niveau le plus fin possible, en fonction de la nature et de l'état des animaux. Concernant les échantillons de sédiments, une granulométrie sur colonne de tamis ainsi qu'un dosage de la matière organique par perte au feu ont été effectués.

2.4 Analyse des données

La structure de la communauté macrobenthique a été étudiée à l'aide d'une analyse des coordonnées principales (PCO) basée sur l'indice de similarité de Bray-Curtis des données d'abondance transformées (double racine carrée). Cette technique permet de visualiser l'ordination des échantillons dans un espace de dimensions réduites sur la base de la ressemblance faunistique entre échantillons (ANDERSON *et al.*, 2008). Les vecteurs des abondances des taxons ont enfin été superposés aux résultats de la PCO en utilisant la corrélation de Pearson pour identifier les principales espèces contribuant à la distribution des stations dans cet espace bidimensionnel ($r > \pm 0,5$). Chaque station a ensuite été caractérisée par sa richesse spécifique (S) et sa densité d'individus (N).

3. Résultats

3.1 Evolution des caractéristiques sédimentaires

Les caractéristiques des sédiments sont influencées par la localisation des stations. La composition des sédiments des stations situées dans l'axe du fleuve est en effet plus grossière que sur les stations de référence situées au Nord du débouché. Sur les stations de référence RZL1 et RZL2, les sables moyens sont nettement moins représentés (9%) au profit des sables fins (31%), très fins (23%) et des fines (9%). D'un point de vue temporel, seule la campagne d'août 2014, intervenue post-crue exceptionnelle du fleuve (FOULQUIER *et al.*, 2020), présente une forte proportion de sédiments fins globalement sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces observations confortent la suspicion d'un niveau d'exposition plus fort dans l'axe du fleuve (FOULQUIER, 2020) ; la station ZL3 étant hors de l'emprise des panaches de clapage (CASAGEC INGENIERIE, 2014).

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

3.2 Analyses des communautés benthiques

Un total de 160 espèces a été échantillonné sur l'ensemble de la période de suivi. La macrofaune benthique est principalement caractérisée par les polychètes *Magelona mirabilis* et *Nephtys cirrosa*, les arthropodes *Diastylis bradyi* et *Diogenes pugilator* ainsi que l'échinoderme *Echinocardium cordatum*. Sur la figure 2, la communauté benthique de chaque espace (DIR, IND et REF) et pour chaque saison est identifiable comme des groupes de points ayant une couleur et une forme similaires (« ▼ »). Au sein des stations de référence, la station RZL3, nouvellement suivie a été distinguée sur le graphique par un symbole spécifique (« ● »). D'un point de vue spatial, les résultats distinguent les différents espaces. Les stations de la zone d'immersion se dispersent en effet très majoritairement sur la partie négative de l'axe PCO1, expliquant 25,6% de la variation totale. La station de référence RZL3, située dans l'axe du fleuve, se positionne quant à elle lors des deux saisons de suivi disponibles au sein des stations de la zone clapage, en lien avec la présence des espèces *Nephtys cirrosa* et *Diogenes pugilator*. A l'inverse, les stations de référence situées au Nord se regroupent sur la moitié positive de l'axe 1, en lien avec la présence des échinodermes *Echinocardium cordatum* et *Ophiura ophiura*, des annélides polychètes *Nephtys hombergii* et *Owenia fusiformis*, des bivalves *Abra alba* et *Fabulina fabula* ainsi que du gastéropode *Euspira nitida*. Avec une faible représentativité de 13%, l'axe 2 est quant à lui fortement corrélé positivement aux arthropodes : *Diastylis bradyi* et *Gastrosaccus sanctus*.

En termes de temporalité, seule la campagne particulière d'août 2014, post crue exceptionnelle, regroupe l'ensemble des stations, tout espace confondu, sur la partie positive de l'axe PCO1. Cette campagne reflétant une perturbation naturelle du site (FOULQUIER *et al.*, 2020), cette condition exceptionnelle a par la suite été exclue de l'analyse afin de se concentrer sur les différences dans la structure de la communauté et leur relation présumée avec les activités d'immersion. Ainsi, en termes d'évolution temporelle, hors campagne estivale de 2014, sur les stations situées dans l'axe du fleuve, les 2 saisons de suivi sont distinguables le long de l'axe PCO1. Les prélèvements estivaux sur ces espaces (DIR, IND et REF_{Axe Adour}) tendent en effet vers la partie positive de l'axe, en lien avec la présence à cette saison des échinodermes *Echinocardium cordatum* et *Ophiura ophiura*, présents toute l'année sur les stations au Nord de l'embouchure mais représentés majoritairement en été au droit du débouché. A l'inverse les prélèvements printaniers se cantonnent à l'extrémité négative de cet axe. Sur les deux stations de référence présentes au Nord de l'axe du fleuve (REF_{Nord ZI}), les stations sont nettement moins dispersées et ne traduisent pas ce schéma saisonnier.

Enfin, en termes de paramètres structurels, les stations de référence situées au Nord de la zone d'immersion présentent le plus grand nombre d'espèces et la plus grande densité de faune avec 28 ± 7 espèces et 100 ± 36 individus.0.3 m⁻² (tableau 1). Sur la nouvelle station positionnée dans l'axe de l'Adour, les valeurs de richesse spécifique et d'abondance sont quant à elles comparables à celles observées sur le site d'immersion.

Sur cet espace, aucune distinction claire n'a été observée entre les zones indirectement et directement touchées par les clapages.

Tableau 1. Abondance (N) et diversité spécifique (S) moyenne par 0.3 m² pour les différents espaces sur la période de suivi (hors campagne exceptionnelle d'été 2014).

Localisation		Nbre de prélèvements	S	N
DIR		12	13 ± 6	39 ± 20
IND		12	13 ± 7	36 ± 17
REF	RZL1+RZL2+RZL3	14	26 ± 9	94 ± 17
	REF _{Nord ZI} (RZL1+RZL2)	12	28 ± 7	100 ± 36
	REF _{Axe Adour} (RZL3)	2	13 ± 6	56 ± 8

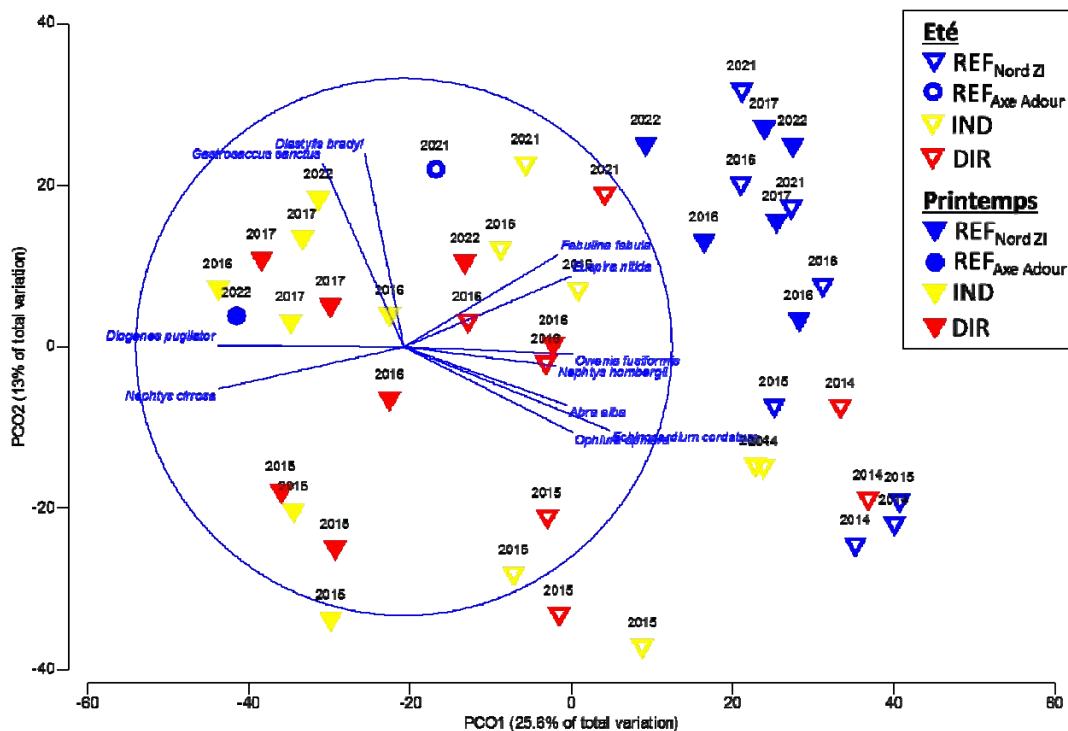


Figure 2. Résultats de la PCO des échantillons faunistiques collectés lors de chaque campagne printanière (mars) et estivale (août-septembre) pour les différents niveaux d'impact (IND indirect, DIR direct et REF référence).

4. Conclusions

Ces dernières années, la protection de l'environnement a pris une place grandissante dans les projets d'aménagements littoraux et le renforcement des exigences du Code de l'Environnement en matière de contenu des études d'impact impose désormais un cadre strict aux porteurs de projet. La discrimination des variables naturelles et anthropiques

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

qui façonnent la structure de la communauté des fonds meubles est ainsi devenue un sujet de préoccupation global, pour adopter des stratégies de gestion et de conservation pertinentes (DUTERTRE *et al.*, 2013), mais également local pour appréhender l'impact d'un aménagement spécifique sur le milieu. Il apparaît néanmoins particulièrement complexe de répondre au besoin opérationnel de définition de conditions de référence et ainsi d'évaluation d'impact d'une activité sur la structure et la dynamique des communautés macrobenthiques de substrat meuble dans des milieux hautement variables et historiquement exploités.

Au regard des résultats de la présente étude, l'ajout d'une station de référence semble vraisemblablement permettre de s'affranchir au mieux de la variabilité naturelle du milieu, exposant cette nouvelle station à un stress hydrodynamique comparable à celui des stations de la zone d'immersion au large. Le faible nombre de données acquises pour l'heure limite encore néanmoins la discrétisation des différents facteurs naturels et anthropiques responsables de la dynamique spatio-temporelle des communautés macrobenthiques de la zone. Ainsi, bien que cette étude soit encore perfectible, notamment via l'acquisition de données supplémentaires sur la nouvelle station de référence, elle fournit cependant déjà des éléments de connaissance locaux, socle de réflexion pour l'évaluation de l'impact des activités de clapage et l'alimentation des futurs dossiers d'études d'impact.

5. Références bibliographiques

- AUGRIS C., CAILL-MILLY N., DE CASAMAJOR M.N. (2009). *Atlas thématique de l'environnement marin du Pays basque et du sud des Landes*. Quae Editions, 127 p.
- BLANCHET H. (2004). *Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du Bassin d'Arcachon*. Thèse de doctorat en océanographie. Université Bordeaux I: 331 p.
- BLANCHET H., GOUILLIEUX B., ALIZIER S., AMOUROUX J.M., BACHELET G., BARILLE A.L., DAUVIN J.C., DE MONTAUDOUIN X., DEROLEZ V., DESROY N., GRALL J., GREMARE A., HACQUEBART P., JOURDE J., LABRUNE C., LAVESQUE N., MEIRLAND A., NEBOUT T., OLIVIER F., PELAPRAT C., RUELLET T., SAURIAU P.G., THORIN S. (2014). *Multiscale patterns in the diversity and organization of benthic intertidal fauna among French Atlantic estuaries*, Journal of Sea Research, 90: 95-110.
- CASAGEC INGENIERIE (2014). *Modélisation numérique pour la définition des zones impactées par les rejets de sédiments dragués par le port de Bayonne*.
- DAUVIN J.C. (1993). *Le benthos : témoin des variations de l'environnement*. Oceanis, 19: 25 - 53.
- DUTERTRE M., HAMON D., CHEVALIER C., EHRHOL, A., 2013. *The use of the relationships between environmental factors and benthic macrofaunal distribution in the establishment of a baseline for coastal management*. ICES Journal of Marine Science, 70(2) : 294 – 308.

- FOULQUIER C., BAILLS J., BLANCHET H., D'AMICO F., RIHOUEY D. (2020). *Soft-bottom community responses in a marine area influenced by recurrent dumping activities and freshwater discharges*. Marine Pollution Bulletin 156, 14p.
- GLEMAREC M., HILY C. (1981). *Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires*. Acta oceanologica : 139-150.
- MANEUX E., DUMAS J., CLEMENT O., ETCHEBER H., CHARRITTON X., ETCHART J., VEYSSY E., RIMMELIN P. (1999). *Assessment of suspended matter input into the oceans by small mountainous coastal rivers: the case of the Bay of Biscay*. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science, 329(6) : 413-420.
- MONPERRUS M., POINT D., GRALL J., CHAUVAUD L., AMOUROUX D., BAREILLE G., DONARD O., (2005). *Determination of metal and organometal trophic bioaccumulation in the benthic macrofauna of the Adour estuary coastal zone (SW France, Bay of Biscay)*. Journal of Environmental Monitoring, 7(7) : 693-700.
- UNDERWOOD A.J., 1994. *On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances*. Ecological Applications, 4 (1): 3-15.

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes