

PRE

SIONS

ET

MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

IM

PACTS

PRESSIONS ET IMPACTS

MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

JUIN 2012

PRESSIONS PHYSIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS

Pertes et dommages physiques

Modifications de la nature du fond et de la turbidité

Florence Cayocca
(Ifremer, Brest).



**On appelle communément « turbidité »
de l'eau l'obstruction à la pénétration
de la lumière.**

La turbidité résulte de la quantité de particules solides en suspension (dites « matières en suspension »), qu'elles soient minérales – sables, argiles, limons –, ou d'origine organique – phytoplancton ou zooplancton, matières organiques détritiques. Dans le cadre de cette synthèse, les modifications de la turbidité et de la nature du sédiment sont identifiées comme « dommages physiques » résultant de sources de pression anthropiques. Ces modifications traduisent, dans la colonne d'eau pour la turbidité et à la surface du fond pour la nature du sédiment, les effets de la remise en suspension des sédiments – c'est-à-dire leur érosion –, de leur transport, puis éventuellement leur dépôt. La nature du fond change si les sédiments qui se déposent en un point donné sont de composition et/ou de granulométrie différente de celles des sédiments en place, ou si l'érosion de sédiments de surface met à nu des sédiments sous-jacents de nature différente.

Les modifications de la nature du fond peuvent impacter les communautés benthiques par le biais d'une altération de leur habitat : les enrichissements en sable ou en vase, par exemple, conduisent à une adaptation des assemblages en fonction de la nouvelle composition du fond. En cela, ces processus relèvent du Descripteur 6 « niveau d'intégrité des fonds marins » (Décision de la Commission du 1^{er} septembre 2010, 2010/477/UE). Parallèlement, *les modifications de la turbidité* peuvent avoir un impact indirect sur les communautés phytoplanctoniques et les communautés végétales benthiques, par le biais de l'altération de la propagation de la lumière, qui joue un rôle essentiel dans la fonction chlorophyllienne. Des niveaux de turbidité élevés peuvent également affecter les fonctions de filtration des coquillages sauvages ou cultivés, et par conséquent leur croissance, voire leur survie. Ces processus

relèvent du Descripteur 1.6.3 (« Conditions physiques, hydrologiques et chimiques des habitats marins », Décision de la Commission du 1^{er} septembre 2010, 2010/477/UE).

Les modifications d'origine anthropique de la turbidité et de la nature du sédiment sont liées à des pressions s'exerçant sur le fond, ou à des pressions qui modifient les apports terrigènes. Elles ne peuvent donc être traitées indépendamment des sources qui les provoquent, reprises dans les contributions thématiques « Abrasion », « Extraction sélective » et « Apports fluviaux en nutriments et matières organiques ». Elles peuvent également résulter d'activités conduisant à des « pertes physiques » provisoires ou permanentes, comme les rejets de dragage, les opérations de génie civil en mer – installations de structures pour la récupération de l'énergie en mer, enfouissement de câbles, constructions d'ouvrages, par exemple –, la mariculture dont la conchyliculture.

Peu de données permettent de quantifier les modifications d'origine anthropique étudiées ici, d'autant plus que la connaissance des conditions « naturelles », que ce soit pour la nature du fond ou la turbidité ambiante, est très parcellaire. Ce document se propose donc de rappeler les sources de pression – dont l'inventaire par sous-région marine est détaillé dans les contributions thématiques « Étouffement et colmatage » pour la conchyliculture, le dragage et la construction d'ouvrages, « Abrasion » et « Extraction sélective » – et de présenter l'état des connaissances permettant d'estimer les pressions résultantes sur le fond et sur la colonne d'eau. L'analyse complète des impacts sur les habitats et les biocénoses associées est traitée dans le § « Impacts sur les habitats » de la contribution thématique « Impacts cumulatifs des pertes et dommages physiques ».

1. SOURCES DE PRESSION DE TYPE « ABRASION » ET PRESSIONS ASSOCIÉES

1.1. PÊCHE AUX ARTS TRAÎNANTS

1.1.1. Mécanismes

La pêche aux arts traînants remanie les fonds sédimentaires en tractant derrière un bateau un chalut destiné à exploiter les espèces commerciales vivant à proximité du fond. La partie avant du chalut est constituée de plusieurs composants qui s'enfoncent plus ou moins dans le sédiment, afin de piéger dans le filet placé derrière les espèces convoitées. L'ampleur du remaniement dépend de la taille de l'engin tracté, de son poids, et de la vitesse à laquelle il est tracté. Ce remaniement, à l'image des activités d'extractions de granulats marins, peut induire des modifications morphologiques des fonds – en fonction de leur nature –, et une remise en suspension liée à l'action mécanique du chalut. En Méditerranée, ces effets concernent le golfe du Lion.

1.1.2. Pressions sur la nature du fond et la remise en suspension

Des images issues d'observations au sonar latéral illustrent l'effet des chalutages sur la morphologie du fond [1]. Selon les engins utilisés, leur mode de mise en œuvre et la nature du fond, l'enfoncement – et donc le remaniement – varie de 1 à quelques centimètres. La profondeur des sillons observés est généralement moindre du fait du dépôt rapide des particules les plus grossières. La dynamique des nuages turbides produits par ce remaniement des fonds a été analysée lors d'études ponctuelles [2] [3] [4]. Les flux ainsi remis en suspension varient d'une centaine de $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ pour les sédiments les plus grossiers à $800 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ pour les sédiments les plus fins [2], et les concentrations maximales dans le panache sont comprises entre 150 et 350 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ selon les expériences. À une distance du chalut de quelques centaines de mètres, la hauteur du panache est de l'ordre de 2 fois l'ouverture du chalut – quelques mètres –, sa largeur de l'ordre de la centaine de mètres, et sa concentration de l'ordre de quelques dizaines de $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ dans les premiers mètres au-dessus du fond. La masse totale en suspension diminue de manière exponentielle dans le temps ; selon la vitesse de chute des sédiments en suspension, l'excès de concentration dû au passage du chalut est indétectable après une période allant de quelques dizaines de minutes à plusieurs heures.

Les estimations des flux ainsi remis en suspension peuvent ensuite être combinées aux estimations de l'effort de pêche afin d'évaluer les masses totales remises en suspension dans une région donnée. Ce travail a été tenté dans le golfe du Lion afin d'estimer les contributions respectives des tempêtes, des apports fluviaux et des chalutages à la masse de sédiments en suspension. Sur une année, la resuspension liée aux chalutages est inférieure de plusieurs ordres de grandeur à celle liée aux conditions hydrométéorologiques. En revanche, en termes d'érosion nette, la contribution du chalutage a été estimée à 5 % de l'érosion due à l'action des vagues, mais elle se concentre dans les zones comprises entre 80 m et 130 m de profondeur, où l'action des vagues et des circulations liées aux coups de vent est plus faible que sur le plateau interne. En été, les resuspensions liées au chalutage sur le plateau externe peuvent être prédominantes. Les chalutages contribuent à un export de particules fines du plateau vers les zones profondes de l'ordre de quelques pourcents les années énergétiques, et jusqu'à 20 % les années calmes [4]. Par ailleurs, la modélisation suggère que la répétition des chalutages contribue à une légère augmentation de la granulométrie des sédiments du fond, ce qui rejoint des résultats obtenus sur d'autres marges [5].

1.2. MOUILLAGES

L'évitement des navires ancrés, en particulier dans les zones d'attente des ports pour les navires de commerce, mais aussi dans les zones de mouillage plaisancier, induit une remise en suspension des sédiments du fait du mouvement des chaînes de mouillage sur le fond. L'ordre de grandeur de la turbidité engendrée n'est pas connu.

1.3. INSTALLATIONS D'OUVRAGES EN MER

La construction d'ouvrages installés en mer (on entend par là sans lien direct avec le littoral) peut temporairement altérer le régime hydro-sédimentaire : enfouissement de câbles, construction de fondations pour des piles, qui remettent des sédiments en suspension. Ces effets sont à comparer à la variabilité saisonnière naturelle selon les sites.

L'installation de parcs de structures de récupération de l'énergie marine – éoliennes – imposera d'examiner l'effet cumulé des structures, en particulier sur la circulation et la propagation des vagues. On peut effectivement anticiper que les modifications des conditions hydrodynamiques dans ces parcs auront un effet sur la remise en suspension des sédiments et leur dépôt, et *in fine* la nature des fonds.

Pour les parcs d'éoliennes « mono-pile », OSPAR [6] conclut, suite à des observations de parcs au Royaume-Uni, à un affouillement¹ limité à une centaine de mètres autour de chaque pile, et une perturbation de la nature des fonds qui excède de quelques centaines de mètres l'emprise d'un parc éolien.

2. SOURCES DE PRESSION DE TYPE « EXTRACTION SÉLECTIVE » ET PRESSIONS ASSOCIÉES : EXTRACTIONS DE GRANULATS

La contribution thématique « Extraction sélective de matériaux » recense les sites actifs d'extraction de granulats ainsi que ceux en cours d'instruction. La Méditerranée n'est pas sujette à des exploitations à vocation industrielle, en revanche, des prélèvements de sables sont mis en œuvre pour le rechargement de plage. Le projet communautaire Interreg BEACHMED (Italie, Espagne, France, 2005-2008) s'est intéressé aux problèmes techniques, environnementaux et économiques liés à l'extraction de sables provenant des fonds marins pour la reconstruction et l'entretien des littoraux en érosion. Des évaluations de stocks sableux ont été faites pour le littoral du Languedoc-Roussillon, et des simulations numériques ont été mises en œuvre pour comparer l'efficacité de différentes stratégies de rechargement. L'impact n'a pas été évalué en termes d'altération de la nature des fonds.

À court terme, les extractions de sable dédiées au rechargement de plage ont les mêmes conséquences sur le milieu, en termes de turbidité induite et de modification de la nature et de la morphologie des fonds, que les extractions à destination industrielle (auquel cas le sédiment est définitivement retiré du système). Dans la mesure où le contexte hydrodynamique régional ne change pas, les zones où sont effectués les rechargements sont des zones perpétuellement soumises à une érosion naturelle qui tend à déplacer le sable vers le large sous l'effet des houles, et le long de la côte sous l'effet d'une éventuelle dérive littorale. Le sable utilisé pour le rechargement est donc voué à être de nouveau déplacé sous l'action de l'hydrodynamisme local. Ce procédé n'altère que modérément les flux naturels nets, dans la mesure où les volumes considérés sont très inférieurs aux volumes transportés naturellement.

3. SOURCES DE PRESSION DE TYPE « ÉTOUFFEMENT » ET PRESSIONS ASSOCIÉES

3.1. CONSTRUCTION D'OUVRAGES LITTORAUX

Les aménagements côtiers peuvent modifier les zones d'accumulation et de dépôt de sédiments fins ou sableux :

- ils peuvent induire une interception des dérives littorales sableuses liées aux vagues (digues, jetées), créant ainsi localement un « engraissement » tandis que l'aval de l'ouvrage subit une érosion liée à la déplétion des apports ;
- ils peuvent modifier les conditions de circulation, et constituer des pièges à sédimentation fine (exemple des aménagements portuaires).

L'ampleur de ces modifications dépend des conditions environnementales hydro-météorologiques, et sédimentaires ainsi que des dimensions des ouvrages, mais les effets demeurent très littoraux à l'échelle des sous-régions. Ils peuvent être souhaités, lorsqu'il s'agit d'ouvrages de protection de plages par exemple, ou combattus, par exemple dans le cas de l'entretien des chenaux d'accès aux ports par dragage. L'essentiel des modifications observées en Méditerranée sont liées à des structures destinées à la protection des plages, notamment la création de tombolos. Un recensement des ouvrages de protection du littoral est en cours de réalisation par le BRGM dans le cadre de la surveillance hydromorphologique des masses d'eau côtières (DCE), et doit être livré fin 2015.

¹ L'affouillement est le surcreusement qui apparaît autour d'une structure (pile de pont par exemple) construite sur un sol meuble, et soumise à l'action d'un courant et/ou de vagues. La dimension caractéristique horizontale de ce creusement est de l'ordre de 10 fois la dimension caractéristique de la structure (son diamètre, dans le cas d'une pile cylindrique).

3.2. AMÉNAGEMENTS FLUVIAUX, PRATIQUES CULTURALES DES BASSINS VERSANTS

Les aménagements fluviaux – barrages, aménagement des berges –, ont modifié la nature et le volume des apports terrigènes au cours du dernier siècle [7] en piégeant en particulier les apports de sédiments grossiers à l'amont des barrages. La quantification des déficits d'apports sédimentaires liés à ces aménagements est difficile à établir, entre autres du fait des incertitudes quant aux débits solides antérieurs à ces aménagements.

Par ailleurs, l'érosion sédimentaire des bassins versants, et par conséquent les apports en sédiments fins, dépend de l'usage des terres dans ces bassins : type de culture, urbanisation, élevage sur les prairies inondables. On peut établir à l'échelle globale que les flux sédimentaires fluviaux ont été multipliés par un facteur de 2 à 10 au cours des 20 derniers siècles, du fait de la mise en culture de régions auparavant boisées [7]. Pour les époques récentes, la modulation des apports terrigènes liée à l'usage des bassins versants fait l'objet de recherches essentiellement en ce qui concerne les flux de nutriments, mais pas les flux de sédiments fins.

Dans le golfe du Lion, le Rhône contribue de 92 à 94 % en volume des apports fluviaux [8], les autres apports provenant des petits fleuves languedociens. Les apports sédimentaires sableux ont été évalués à $500\,000\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$ avant la construction des barrages sur le bas Rhône au milieu du xx^{e} siècle, et seraient aujourd'hui de l'ordre de $25\,000$ à $50\,000\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$ [9]. Par ailleurs, les apports en suspension représentaient 25 % des apports sableux à la fin du XIX^{e} siècle, tandis qu'ils seraient aujourd'hui 10 fois plus élevés que les apports charriés [10].

3.3. CONCHYLICULTURE ET PISCICULTURE : ZONES D'ACCUMULATION DE SÉDIMENTS FINS

Les sites conchylicoles sont recensés dans la contribution thématique « Étouffement et colmatage ».

Dans les lagunes méditerranéennes, l'ostréiculture se pratique sur cordes suspendues à partir de la surface. La présence de ces cordes modifie la circulation et la génération des vagues de manière significative, et par conséquent la remise en suspension des sédiments [11].

La pisciculture marine est essentiellement présente sur les côtes des régions PACA et Corse [12]. Les cages immergées sont également responsables de taux de sédimentation accrus au droit des installations et alentour [13] [14], avec essentiellement des répercussions sur les flux de matière organique et les habitats benthiques que ces flux affectent.

3.4. DRAGAGES ET REJETS DE DRAGAGES

Les zones de rejets de dragages sont recensées dans la contribution thématique « Apport en substances dangereuses par le dragage et le clapage ».

Il faut distinguer deux catégories de dragage : les dragages d'approfondissement, qui sont des travaux initiaux et peuvent être assimilés aux travaux de construction d'ouvrages, et les dragages d'entretien. Les dragages d'approfondissement perturbent l'état d'équilibre des systèmes, en modifiant les conditions hydrodynamiques qui deviennent incompatibles avec la nouvelle morphologie. Suivant l'ampleur de ce dragage, l'adaptation du système à une nouvelle configuration peut se répercuter sur tout le fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire, et avoir des répercussions assez loin en amont.

Les dragages d'entretien n'ont pas cet effet de déstabilisation initiale. En revanche, pour les principales zones de dépôt, liées à l'entretien des grands ports, ils induisent une modification locale de la bathymétrie et de la nature des fonds, et leur présence peut en cela affecter la dynamique sédimentaire de l'ensemble de l'estuaire par le biais des évolutions morphodynamiques qui modifient la propagation des vagues, et par le biais de la modification de la répartition des sédiments fins dans le système.

Les processus physiques lors des clapages sont schématiquement de deux ordres : d'une part la chute convective des matériaux – chute rapide en masse, les dépôts s'étalant ensuite sur le fond –, et d'autre part la dispersion de la fraction des matériaux qui se mélangent à l'eau lors de leur chute, et sont ensuite transportés

dans la colonne d'eau. Cette phase en suspension crée, au cours du clapage, un nuage turbide qui peut atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. La remise en suspension ultérieure des sédiments fraîchement déposés contribue d'autre part à augmenter la turbidité naturelle.

En Méditerranée, l'essentiel des dragages concerne le port de Fos. L'aménagement de nouvelles darses s'est achevé en 2012 (projet Fos 2XL). Les travaux auront impliqué le déblai de 17 millions de m³, rejetés en partie externe du golfe de Fos, sur une zone de 7,2 km² [15]. Le clapage des 6 millions de m³ concernant la première phase des travaux a conduit à un exhaussement des fonds atteignant localement 1,5 m.

4. CONCLUSION

La présentation par sources de pression occulte le fait que si certaines évolutions de la turbidité ou de la nature du fond observées sont plus ou moins clairement liées à une ou des activités anthropiques, on ne peut cependant pas toujours lier de manière univoque une évolution à une activité. On peut par exemple mentionner que la remontée du niveau bathymétrique des laminaires semble être un indicateur d'une augmentation de la turbidité côtière [16], sans toutefois pouvoir aujourd'hui en expliquer les causes de manière univoque.

De même, la modification de la nature des fonds en des zones particulières d'emprise généralement très localisée peut souvent être liée à des activités anthropiques comme des exploitations conchylicoles, des extractions, de constructions d'ouvrage, ou des rejets de dragage.

Il est en revanche délicat de distinguer, à l'échelle d'une sous-région, la part des éventuels changements observés due à des évolutions naturelles – colmatage de baie lié à une asymétrie flot/jusant, érosion côtière due à une exposition continuelle aux vagues, et la part imputable à des activités anthropiques – pêche, modification des apports fluviaux. Peu de mesures permettent en effet d'estimer rigoureusement les flux solides d'origine fluviale, et le déficit d'apports dû aux aménagements, ou d'estimer les masses remises en suspension par les courants et les vagues, et celles remises en suspension par les chalutages.

Il est important de noter qu'à l'échelle d'une sous-région, hormis pour les activités de pêche qui concernent de grandes étendues, et les constructions de grands aménagements qui peuvent modifier la dynamique de la zone côtière, les pressions de diverses sources sont le plus souvent localisées, et la magnitude des effets – augmentation temporaire de la turbidité, changement de la nature des fonds – relativement faible. La localisation de la pression et la saison durant laquelle elle est présente sont en revanche déterminantes, puisqu'une modification d'origine anthropique sur la turbidité ou la nature des fonds, même faible, peut avoir des répercussions importantes si elle concerne un écosystème sensible, et/ou si elle a lieu à une période de l'année où la turbidité naturelle est très faible, notamment la période estivale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Ferré B., 2004. Comparaison de l'effet des tempêtes et du chalutage sur la resuspension et le transport de matières particulaires dans le Golfe du Lion. PhD Thesis, Univ. Perpignan, 256 pp.
- [2] Durrieu de Madron X., Ferré B., Le Corre G., Grenz C., Conan P., Pujo-Pay M., Buscaila R., Bodiot O., 2005. Trawling-induced resuspension and dispersal of muddy sediments and dissolved elements in the Gulf of Lion (NW Mediterranean), *Continental Shelf Research* 25 (2005) 2387-2409.
- [3] Dellapenna T.M., Allison M.A., Gill G.A., Lehman R.D., Warnken K.W., 2006. The impact of shrimp trawling and associated sediment resuspensions in mud dominated, shallow estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69 (2006) 519e530.
- [4] Ferré B., Durrieu de Madron X., Estournel C., Ulses C., Le Corre G., 2008. Impact of natural (waves and currents) and anthropogenic (trawl) resuspension on the export of particulate matter to the open ocean, Application to the Gulf of Lion (NW Mediterranean). *Continental Shelf Research* 28 (2008) 2071-2091.
- [5] Churchill J.H., 1989. The effect of commercial trawling on sediment resuspension and transport over the Middle Atlantic Bight continental shelf. *Continental Shelf Research* 9, 841.
- [6] OSPAR, 2006. Review of the Current State of Knowledge on the Environmental Impacts of the Location, Operation and Removal/Disposal of Offshore Wind-Farms. Publication number: 278-2006.
- [7] Milliman et Syvitsky, 1992. Geomorphic/Tectonic Control of Sediment Discharge to the Ocean: The Importance of Small Mountainous Rivers. *The Journal of Geology*, Vol. 100, No. 5 (Sep., 1992), pp. 525-544.
- [8] Bourrin, F., Durrieu de Madron, X., 2006. Contribution to the study of coastal rivers and associated prodeltas to sediment supply in Gulf of Lions (NW Mediterranean sea), *Viet et milieu – Life and Environment*, 2006, 56(4): 1-8.
- [9] IRS, 2000. Étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône. Étude du transport solide, 1ère étape. Rapport de synthèse. Institution interdépartementale des bassins Rhône-Saône, Valence, France. 5 volumes, 469 p.
- [10] Maillot G.M., Raccasi G., Antonelli C., Provansal M., Sabatier F., Vella C. et Fleury J., 2007. Transferts sédimentaires dans le Rhône Inférieur depuis le milieu du 19e siècle. *Géographie Physique et Quaternaire*, 61 (1), 37-50.
- [11] Fiandrino A., Cesmat L., Derolez V., Serais O., Boudong C., Lequette C., Raymond M., Couton P., Delichère S., Fang Z.X., 2009. *E. coli* Maximum Allowable Daily Loads (MADL): an environmental management tool for improving the microbiological quality of the lagoon water. 4ème Congrès européen sur les Lagunes Côtières, Recherche et Gestion pour la conservation des Ecosystèmes Lagunaires Côtiers, Comparaisons Sud-Nord. Poster 9-5865.
- [12] AGRESTE, 2011. Recensement 2008 de la salmoniculture et de la pisciculture marine et des élevages d'esturgeons. Agreste les Dossiers n°11, 148 p.
- [13] Diaz-Almela E., Marba N., Alvarez E., Santiago R., Holmer M., Grau A., 2008. Benthic input rates predict seagrass (*Posidonia oceanica*) fish farm-induced decline. *Marine Pollution Bulletin*, 56(7), 1332-1332-1342. doi:10.1016/j.marpolbul.2008.03.022.
- [14] Sanz-Lazaro C., Belando M.D., Marin-Guirao L., Navarrete-Mier F. et Marin A., 2011. Relationship between sedimentation rates and benthic impact on maerl beds derived from fish farming in the Mediterranean. *Marine Environmental Research*, 71(1), 22-22-30. doi:10.1016/j.marenvres.2010.09.005.
- [15] Hermand R., 2008. Réponses d'une communauté macrobenthique méditerranéenne soumise à des apports sédimentaires allochtones naturels ou anthropiques. Thèse de doctorat. Université de la Méditerranée - Aix-Marseille II, 234 pp.
- [16] Derrien-Courtel S., Le Gal A., 2009. Suivi stationnel des roches subtidales, Résultats de la surveillance du Benthos, REBENT, Edition 2009.