

**ANALYSE**

**ÉCONO**

**MIQUE**

**MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE**

**ET**

**SOCIALE**

# ANALYSE ÉCONOMIQUE ET SOCIALE DE L'UTILISATION DE NOS EAUX MARINES ET DU COÛT DE LA DÉGRADATION DU MILIEU MARIN MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

JUIN 2012

## COÛT DE LA DÉGRADATION DU MILIEU

Coûts liés à l'introduction d'énergie dans le milieu  
et à des modifications du régime hydrologique

Jérôme Paillet  
(AAMP, Brest).



**Certaines activités humaines conduisent à l'introduction d'énergie – sonore, thermique, électromagnétique et lumineuse notamment – dans le milieu marin, et/ou à des modifications du régime hydrologique<sup>1</sup> marin : température, salinité, courants, turbidité.**

<sup>1</sup> Suivant les communautés scientifiques, les contours des termes « hydrographique » et « hydrologique » varient. Ils se recoupent largement, pour la communauté des océanographes : nous employons ici le terme « hydrologique » pour décrire les propriétés physico-chimiques de la colonne d'eau, qui semble être le sens donné au mot « hydrographique » du descripteur 7 du BEE de la DCSMM.

Ces familles de pressions sont concernées respectivement par les descripteurs 11 et 7 du Bon État Écologique visé par la DCSMM. Elles sont regroupées ici parce que :

- ces deux notions d'introduction d'énergie et de modification hydrologique sont assez comparables et présentent d'ailleurs au moins une intersection : les rejets thermiques en mer concernent à la fois l'un et l'autre ;
- elles ont en commun que, dans les eaux françaises métropolitaines, leurs impacts écologiques sont mal connus, voire connus comme indétectables, que la « dégradation » associée est donc peu perçue. La sous-région marine Méditerranée occidentale présente néanmoins une exception dans la mesure où l'érosion du littoral du Languedoc-Roussillon, « dégradation » très perceptible, peut être associée à une modification d'origine anthropique du régime hydrologique (alluvionnaire) du Rhône et de son panache en mer.

Dans ce rapport, des mesures de suivi et d'information (incluant les coûts d'étude ou de recherche appliquée), de prévention et d'évitement, relatives aux pressions suivantes seront considérées : les perturbations sonores sous-marines, les rejets thermiques des centrales électriques, les modifications de température, de salinité, et de turbidité (voir le volet « pressions et impacts » pour le descriptif de ces pressions et de leurs impacts écologiques). En ce qui concerne la modification des apports alluvionnaires du Rhône et leur redistribution en mer, les mesures d'atténuation seront traitées, c'est-à-dire les mesures visant à limiter l'érosion du trait de côte, et les coûts des impacts résiduels seront mentionnés.

## 1. COÛTS DE SUIVI ET D'INFORMATION

### 1.1. ÉTUDES, SUIVI ET INFORMATION LIÉS AUX PERTURBATIONS SONORES SOUS-MARINES

Il n'existe pas en France métropolitaine de dispositif permanent de suivi du bruit sous-marin à des fins environnementales. Ponctuellement, des hydrophones sont déployés à des fins d'étude océanographique (« tomographie acoustique ») ou de détection/inventaire/suivi de mammifères marins, notamment en Méditerranée [1] [2] [3].

Le coût de ces dispositifs est très variable et ne peut être comptabilisé ici car, jusqu'à présent, ils n'ont pas été dédiés à l'étude des risques pour l'écosystème.

La recherche appliquée sur la question du bruit sous-marin et de ses impacts écologiques est embryonnaire. À l'échelle nationale, une équipe de l'Ifremer (IMN/NSE/AS) y a consacré environ 5 homme-an depuis 2005 : études bibliographiques, analyse des risques, définition de protocoles à mettre en œuvre lors des campagnes de sismique, développements instrumentaux... La Délégation Générale pour l'Armement a lancé récemment un « programme d'études amont » sur la question, avec un objectif de prévention des dommages associés à l'utilisation des sonars militaires. Ce programme de quelques centaines de milliers d'euros s'étend sur une dizaine d'années. Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine dispose d'une cellule (3 équivalents temps-plein) d'étude, de modélisation et de gestion de données acoustiques, dont la finalité est d'abord militaire, même si elle peut intervenir sur des dossiers liés à l'écologie, comme par exemple l'évaluation initiale des perturbations sonores sous-marines pour la DCSMM. Une recherche sur la réduction des émissions sonores du « navire du futur » va démarrer suite à l'impulsion du Grenelle de la mer et du CORICAN (Conseil d'Orientation de la Recherche et de l'Innovation pour la Construction et les Activités Navales, voir § suivant).

Les entreprises commanditaires de projets d'implantation côtière ou offshore, telles que des fermes éoliennes, doivent entreprendre des études d'impacts environnementaux associés aux travaux menés et à l'exploitation des dispositifs déployés ; ces études d'impacts coûtent, avec une grande variabilité selon l'ampleur et la complexité du projet, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers d'euros. L'impact acoustique commence seulement à y être pris en compte, mais cela sera particulièrement le cas pour les projets d'éoliennes offshore ou de futures campagnes de prospection pétrolière.

### 1.2. ÉTUDES, SUIVI ET INFORMATION LIÉS AUX MODIFICATIONS HYDROLOGIQUES, DONT LES REJETS THERMIQUES

Aucune centrale électrique nucléaire n'est implantée sur le littoral méditerranéen, mais il y a une centrale électrique classique, à Martigues. Les rejets thermiques y sont suivis en temps réel, et les impacts écologiques de ces rejets ont été étudiés (voir la contribution « Modification du régime thermique » du volet « Pressions et impacts »), mais avec un dispositif moins important et coûteux que pour les centrales nucléaires, nettement plus puissantes. Ces coûts ne nous ont pas été communiqués à ce stade.

Un suivi hydrologique de long terme est opéré par le réseau SOMLIT, observatoire opéré par le CNRS/INSU *via* le réseau de huit stations marines côtières, depuis 1996. Le budget global consolidé de ce réseau est de 1 600 k€ par an, soit environ 600 k€ par an pour les trois stations marines opératrices dans la sous-région marine (Villefranche, Marseille, Banyuls). Les paramètres suivis comprennent les matières en suspension et des paramètres biogéochimiques comme les sels nutritifs, la matière organique particulaire, la chlorophylle-*a* : la portée de ce réseau est donc un « suivi hydrologique » dans un sens très large.

Un autre suivi hydrologique est mis en œuvre au sein du REPHY, réseau de suivi du phytoplancton et de l'eutrophisation opéré par l'Ifremer. Le suivi hydrologique du REPHY est conçu comme un dispositif d'appui à l'interprétation des autres données, plus que comme un suivi environnemental spécifique. Ce volet « hydrologie » revient à 200 k€ environ par an au plan national.

Le suivi des apports alluvionnaires du Rhône est assuré par le réseau de suivi DCE piloté par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse.

Il ne semble pas exister pour la sous-région marine de recherche appliquée associée à l'étude des conséquences hydrologiques, et des impacts écologiques subséquents sur le milieu marin, des équipements de génie civil côtiers, offshore ou continentaux influant les débits des cours d'eau. Les entreprises en charge de projets conséquents d'implantation fluviale, côtière ou offshore doivent toutefois entreprendre des études d'impacts environnementaux associés aux travaux menés et à l'exploitation des dispositifs déployés ; comme indiqué précédemment ces études d'impacts coûtent de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers d'euros par projet. En dehors des équipements générant des rejets thermiques important, notamment les centrales électriques, pour les projets de génie civil côtier ou offshore, l'impact hydrologique fait en général moins l'objet d'attention que l'impact hydromorphologique sur les fonds ou le littoral.

## 2. COÛTS DES ACTIONS POSITIVES EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT (MESURES DE PRÉVENTION, D'ÉVITEMENT)

### 2.1. ACTIONS PRÉVENTIVES LIÉES AUX PERTURBATIONS SONORES SOUS-MARINES

Des perturbations sonores sous-marines de deux types ont été identifiées par le groupe d'experts européens mis en place pour la DCSMM (WG GES – GT n°11) comme potentiellement les plus impactantes pour le milieu : le son continu basse fréquence, généré par le trafic maritime, et les sons impulsifs de haute, moyenne et basse fréquence et de haute intensité.

Il n'existe pas (encore) de mesure de prévention ou d'évitement destinée à limiter le son continu de basse fréquence généré par le trafic maritime ; néanmoins, les progrès technologiques généraux, la hausse des standards de confort pour les équipages, la nécessité d'économiser le carburant, génèrent une tendance au développement de motorisations moins bruyantes sur les navires modernes. L'obligation des doubles-coques pour les navires pétroliers va dans le même sens. Toutefois cette évolution sur le long terme est largement compensée par la hausse générale du trafic, et de ce fait, n'est pas détectable dans les données d'observation, elles-mêmes très lacunaires (voir ci-dessus).

Suite au Grenelle de la mer, et au groupe *ad hoc* (n°12) consacré au navire du futur, les autorités françaises ont décidé la création du Conseil d'Orientation de la Recherche et de l'Innovation pour la Construction et les Activités Navales (CORICAN). Ses premiers objectifs incluent la réduction de 50 % de la consommation en énergies fossiles et des impacts environnementaux des navires, parmi lesquels le bruit rayonné est explicitement pris en compte.

Concernant les sources impulsionnelles de bruit sous-marin, les opérateurs français d'équipements de type « sismique » ou « sonar » de forte intensité – prospecteurs pétroliers, géophysiciens, Marine nationale, etc. – ont tous adopté deux mesures visant à prévenir les éventuels impacts sur les mammifères marins : l'embarquement d'observateurs en passerelle, chargés d'une détection visuelle de cétacés, qui engendre le cas échéant un report des émissions, et la procédure dite de « ramp-up », à savoir une mise en œuvre progressive des émissions laissant aux cétacés la possibilité de s'éloigner. Ces mêmes mesures sont vivement recommandées lorsque des demandes de campagnes étrangères en ZEE française sont instruites. Certains opérateurs disposant des équipements adéquats y ajoutent une écoute pour détection acoustique de cétacés préalablement aux émissions, voire la mise en œuvre de répulsifs acoustiques à cétacés. Ces mesures engendrent un surcoût pour de telles opérations : surcoût de la prise en charge des observateurs, surcoût éventuel des équipements (hydrophones, répulsifs), et immobilisation de « temps-navire » d'une trentaine de minutes pour chaque procédure de ramp-up. Le coût monétaire de ces mesures, quoique très difficile à évaluer et à généraliser, est de l'ordre du millier d'euros par jour de campagne.

### 2.2. ACTIONS PRÉVENTIVES LIÉES À L'HYDROLOGIE ET AUX REJETS THERMIQUES

Les exploitants de centrales électriques prennent des mesures pour limiter la température des rejets des eaux de refroidissement, à une température de 30 °C (voir la contribution « Modification du régime thermique » du volet « Pressions-impacts »). Le coût de ces mesures n'a pas pu être évalué. Concernant la centrale classique de Martigues, ils sont, en tout état de cause, amortis, l'équipement datant de 40 ans ; toutefois cette centrale est en passe d'être profondément transformée.

### 3. COÛTS D'ATTÉNUATION ET COÛTS DES IMPACTS RÉSIDUELS

Aucun constat n'a pu être fait, à ce jour, d'une dégradation écologique dans les eaux françaises de Méditerranée qui soit liée à l'introduction d'énergie dans le milieu ou à la modification du régime thermique ou halin (voir les contributions correspondantes du volet « pressions et impacts » : « Perturbations sonores sous-marines d'origine anthropique » et « Interférences avec des processus hydrologiques »).

De ce fait, aucune mesure d'atténuation des impacts n'a été prise, et les impacts résiduels, s'ils existent, ne peuvent être évalués sur le plan économique et social.

En revanche, sur le littoral méditerranéen français, un lien clair a été établi entre la modification anthropique du régime hydrographique du Rhône et l'érosion du trait de côte, qui est incontestablement une « dégradation », même si elle n'est qu'en partie une dégradation pour l'écosystème. Depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, les apports sédimentaires (alluvionnaires) du Rhône ont été considérablement modifiés. Les apports sédimentaires sableux ont été évalués à 500 000 m<sup>3</sup>.an<sup>-1</sup> avant la construction des barrages sur le bas Rhône au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, et seraient aujourd'hui de l'ordre de 25 000 à 50 000 m<sup>3</sup>.an<sup>-1</sup> [4]. Par ailleurs, les apports en suspension représentaient 25 % des apports sableux à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, tandis qu'ils seraient aujourd'hui 10 fois plus élevés que les apports charriés [5]. Cette modification des apports du Rhône est due à la réduction des surfaces agricoles sur le bassin versant, à la reforestation des Alpes, à l'artificialisation, aux dragages et aux barrages hydroélectriques de son cours et de ses affluents, principalement la Durance. En conséquence, le bilan sédimentaire littoral est devenu négatif depuis 50 ans, avec un déficit de plusieurs centaines de milliers de m<sup>3</sup> par an. Ceci, aggravé par une légère hausse du niveau moyen de la mer, contribue à une évolution du trait de côte caractérisée par un recul moyen estimé à 5 m par an.

De nombreuses mesures d'atténuation sont prises contre ce phénomène : construction de défenses, d'épis destinés à piéger le sédiment, de brise-lames, rechargement de plages, réhabilitation des cordons dunaires, mesures qui sont très coûteuses mais dont seule une petite partie peut être considérée comme allouée à la protection du milieu marin.

Une étude du Centre d'Études Techniques de l'Équipement en Méditerranée (CETE Med), commanditée par la Direction Régionale de l'Équipement Languedoc-Roussillon, a estimé les coûts associés aux différents dispositifs de protection des territoires littoraux, puis estimé les coûts totaux pour la protection du littoral du Languedoc-Roussillon, sur les 30 prochaines années, sur la base d'orientations stratégiques retenues par les autorités pour les différents secteurs de côte, avec plusieurs scénarios pour certains secteurs [6]. Les résultats sont reproduits dans le tableau 1 :

Scénario	Coût investissement total (M€ mars 2009)	Coût entretien investissement total sur 30 ans (M€ mars 2009)	Coût entretien existant total sur 30 ans (M€ mars 2009)	Coût total sur 30 ans en M€ mars 2009 (2009-2039)
Scénario minimum	184,8	84,2	40,5	309,5
Scénario maximum	210,7	99,8	40,5	351,0

Tableau 1 : Coût de la protection du littoral du Languedoc-Roussillon pour les 30 prochaines années selon deux scénarios (Sources : CETE Med. 2009).

Il convient de noter que cette évaluation repose sur les hypothèses suivantes :

- une réserve suffisante en sable pour les rechargements de plage anticipés (ce qui n'est *a priori* pas le cas) ;
- un climat constant sur 30 ans, correspondant au climat 2009 ;
- la non-prise en compte des effets du changement climatique, tels que la montée du niveau de la mer.

Ces coûts, bien que très élevés par rapport à ceux liés aux autres pressions et impacts traités dans ce rapport, sont donc potentiellement sous-estimés.

Toutefois, il convient de nuancer fortement cette estimation sous l'angle de la DCSMM et de la dégradation par rapport à un « bon état écologique » : en effet, la lutte contre l'érosion du littoral est d'abord un enjeu de société – défense des bâtiments, maintien des stations balnéaires et de l'activité économique associée –, avant d'être un enjeu écologique : cette lutte n'est pas orientée principalement vers le maintien de la biodiversité ou la prévention d'une dégradation de l'écosystème. Ensuite, l'érosion du littoral n'est pas la conséquence d'une dégradation de l'écosystème marin, mais d'un déficit d'apports en sables, et sans doute pour partie de la montée du niveau de la mer associée au changement climatique, qui ne sont pas des processus traduisant une dégradation écologique. En d'autres termes, l'état écologique pourrait être considéré comme bon, pour la DCSMM, indépendamment de ce problème d'érosion. Enfin, la plupart de ces mesures d'atténuation engendrent elles-mêmes des dommages écologiques pour le milieu marin ou littoral : destruction d'habitats par colmatage, étouffement, abrasion, extraction de matériaux...

Enfin, en termes de coût des impacts résiduels (dommages constatés malgré les mesures prises), l'érosion résiduelle du trait de côte et la mise en place des dispositifs de lutte contre l'érosion engendrent potentiellement des coûts et manques à gagner pour certains secteurs économiques comme le tourisme. L'éventuelle perte d'attractivité touristique des stations balnéaires du Languedoc-Roussillon due à l'érosion et/ou aux dispositifs de lutte contre l'érosion est cependant à peu près impossible à chiffrer, tant la lutte contre l'érosion littorale est prégnante pour cette région, corrélée à son développement, et relativement inéluctable.

## 4. SYNTHÈSE

Le tableau suivant présente une synthèse des éléments analysés dans ce rapport :

Types de coûts	Nature	Montant annuel sous-région marine Méditerranée occidentale
Suivi et information	Suivi hydro (SOMLIT + hydro REPHY)	≈ 660 k€.an <sup>-1</sup>
	Suivi impacts EDF	inconnu
	Suivi temps réel EDF	inconnu
	Suivi du régime alluvionnaire du Rhône	inconnu
	Études d'impact / projets industriels littoraux- offshore	variable, de l'ordre de quelques dizaines de k€ par projet
	Études, recherche / bruit et impact acoustique	≈ 1ETP
Prévention, évitement	Prévention bruit / campagnes de géophysique	de l'ordre du k€ par jour de campagne
	Surcoût installations EDF	ancienne centrale de Martigues amortie, mais refonte ?
Atténuation	Mesures contre l'érosion du littoral	≈10 M€/an à relativiser par rapport aux enjeux écologiques marins (cf. §3)
Impacts résiduels	Impacts écologiques et sociétaux de l'érosion du littoral, malgré les mesures de défense	non évalué

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Gannier A., 1998. Comparison of the distribution of odontocetes obtained from visual and acoustic data in Northwestern Mediterranean. *European Research on Cetaceans* 12 : 246-250.
- [2] Gordon J., Matthews J.N., Panigada S., Gannier A., Borsani J.F. et Notarbartolo di Sciara G., 2000. Distribution and relative abundance of striped dolphins, and distribution of sperm whales in the Ligurian Sea cetacean sanctuary : results from a collaboration using acoustic monitoring techniques. *J. Cetacean Res. Manage.* 2(1):27-36.
- [3] Laran S., Castellote M., Caudal F., Glotin H., 2009. Suivi acoustique des cétacés au Nord du Sanctuaire PELAGOS. Programme de recherche PELAGOS France 2007/2009. Rapport final GIS3M. 81 p.
- [4] 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.
- [5] Maillet 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.
- [6] CETE Med, 2009. Évaluation des coûts de la protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon. Rapport à la DRE Languedoc-Roussillon.