

Perspectives d'optimisation technique de la gouvernance environnementale des activités du dragage du sable marin au Maroc

Prospects of technical optimization of the environmental governance of the marine sand dredging in Morocco

Mounir HAKKOU^{1*}, Aïcha BENMOHAMMADI², Bruno CASTELLE³, Xavier BERTIN⁴,
Mustapha LABRAIMI⁵, Ahmed EL HASSANI⁶ & Mostapha LAYACHI⁷

1, 6. Département des Sciences de la Terre, Institut Scientifique, Université Mohammed V de Rabat, BP 703, Rabat-Agdal, Maroc
*(m.hakkou@gmail.com).

2. Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofaïl, B.P. 133, Kénitra, Maroc.

3. CNRS, UMR EPOC 5805, Université de Bordeaux, Talence, F-33405, France.

4. UMR 7266 LIENS, CNRS, Université La Rochelle, France.

5. Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université Mohammed V de Rabat, Rabat-Agdal, B.P. 1014, Rabat, Maroc.

7. Laboratoire de Surveillance de la Salubrité du Littoral, centre régional de l'Institut National de Recherches halieutiques, B.P. 493 Nador, Maroc.

Résumé. Dans plusieurs pays, la demande de plus en plus croissante en sable pour les besoins de développement et de construction a poussé les utilisateurs à exploiter les sables des gisements marins. L'ouverture de ce marché soulève plusieurs questions en raison de ses impacts sur les dimensions environnementale et socio-économique, dans un contexte marqué par les risques d'érosion des côtes liés, entre autres, à l'élévation du niveau de la mer. Au Maroc, comme ailleurs, le défi consiste en la maîtrise de ces impacts et leurs gestions intégrées. Dans cet article, nous donnons un aperçu sur la gouvernance du marché du sable au Maroc dans sa relation avec le développement des activités de dragage du sable marin. Nous analysons le cadre réglementaire qui régit le secteur du dragage du sable marin et décortiquons les éléments principaux de la problématique environnementale négligés dans la conception de ce cadre. Quelques mesures techniques susceptibles d'améliorer la gouvernance de cette activité sont préconisées tant sur le plan technique et réglementaire que sur le plan de l'évaluation environnementale des projets de dragage du sable marin.

Mots-clés : Dragage du sable marin, impacts physique et écologique, gestion technique et réglementaire, Maroc.

Abstract. In many countries, the increasing demand on sand for construction and development needs has driven users to exploit marine sand deposits. The opening of this market raises several questions, due to its impacts on environmental and socio-economic systems, in a context marked by coast erosion risks associated to the sea level rise, among other factors. In Morocco, as elsewhere, the challenge consists on the control of these impacts and their integrated management. In this paper, we give an overview on the governance of sand market in Morocco, in its relationship with the development of the marine sand dredging. We analyze the regulation framework governing the sector of marine sand extraction and we dissect the main elements of the environmental issues, neglected in the design of this framework. We also recommended some technical measures, which are likely to improve the governance of this activity on both technical and regulatory plans and on the environmental assessment of marine sand dredging projects.

Keywords : Marine sand dredging, physical and ecological impacts, technical and regulatory management, Morocco.

Abridged English version

Dredging of marine sediments from coastal areas has become a common practice in many countries. It becomes for some of them the main source of sands for construction and beach nourishment needs (Cooper *et al.* 2007a). However, extraction of marine sand might have harmful impacts on marine environment, not only at the morphodynamic level of the area, but also on the local ecosystems (Kubicki *et al.* 2007, Van Rijn *et al.* 2005). The morphology and morphodynamics of seafloor are strongly affected by the creation of local depressions due to sand excavations (Van Rijn & Walstra 2002). The changes occurring on the morphology of seafloor lead to changes on the hydrodynamics of waves and currents, which affect in turn the sedimentary process. Consequently, sand transport rate is affected in the area of extraction and beyond that, in particular at the coastal shore level; by affecting erosion and

sedimentation conditions when dredging is done at shallow depth (Tillin *et al.* 2011). Over longer time scales, the excavation trench resulting from sand dredging could move toward the shore and may act like a sandpit on sediments of the littoral system (Van Rijn & Walstra 2002). Consequently, this could lead to a recoil of the shoreline and disturb marine structures and coastal infra-structures. In the other hand, dredging activities, in addition to surplus dumping in the sea, suffocate environments by the generated turbidity and move pollutants deposited on the bottom along several years and consequently cause their return to the food chain (GEODE 2012). The importance of these impacts raises questions related to the governance of the marine sand dredging sector in Morocco as well as the technical measures taken in order to manage these impacts.

The question is of great importance, because it is about an activity, which may invade new areas of exploitation, in

particular in the offshore areas of the Moroccan coastline, while it is not regulated yet. Its importance also rises from the fact, that Morocco has large resources of terrestrial origin, which are widely sufficient for the market needs, regarding building materials. With this in prospect, a draft bill was conceived in order to compensate the regulation deficit on dredging marine sand. However, this draft bill does not take into account the marine environment protection. On the contrary, it prescribes dispositions that could seriously harm the physical and ecological balance of the coast. One of these dispositions allows marine sand extraction at a horizontal distance of 250 m from the shoreline. Reacting to this disposition, we have shown that the delimitation approach of extraction zones should rather be based on the criterion of the closing depth when a sandy deposit is identified.

Taking the offshore of Kénitra (Atlantic coast) as an example, where morpho-dynamic is generally close to dissipative (Hakkou *et al.* 2011), we demonstrated that the distance of 250 m from the shoreline corresponds to a zone of 4 to 6 meters ZH (Hydro-graphic Zero) depth, with active sediment transport. Dredging at this depth has a great threat on the stability of the coastline and its infrastructures. This motivated us to think about technical measures to take into consideration in the design of a regulatory framework likely to control the impacts resulting from marine dredging activities and also to identify measures to be considered in the assessment of projects for extracting marine sand extraction. Thus, a bibliographical compilation, analyzing the main impacts of these activities on the physical and ecological systems, has been developed and linked to proposed measures for the foundation regulations, in order to attenuate impacts of these activities.

These measures concern at least six essential elements, that have to be taken into consideration, with special attention given to the delimitation of maximum extraction depth: (1) Realization of a study on environmental impact, that has to be into account: (2) the delimitation of the minimal dredging depth, (3) the restitution to beaches of a part of the sand volume extracted from estuaries and pro-delta, (4) the respect of spawning and nursery periods for fish species, (5) the establishment of tools for the monitoring, control and audit of declarations, (6) the establishment of standards that decide the future of dredged sand (storage, immersion, treatment, and/or valorization). In this approach, we insist on the use of numerical modeling tools for sedimentary hydrodynamics, in order to predict the physical impacts. The investigated impacts have to concern the evolution of the sedimentary environment within the extraction zone, and furthermore the evolution of the coastline and infrastructures. In England for example (Tillin *et al.* 2011), when the modeling of extractions predicts

changes over 2% in propagation conditions of the swell in and around the extraction zone, the dredging project is not allowed and the operator is invited to revise either the components and the project's plan of dredging or the dredging zone. In addition, in any project of marine sand dredging, a particular importance must be attached to the delimitation of extraction depth. This one can be founded on the criterion of the sediment transport gradient. The principle is to prohibit the extraction in the zone of active sediment transport. However, the extraction can be allowed offshore of this area. The determination of minimal depth for marine sand extraction can be established from the equation of Hallermeier (1981). By using data of WW3 for the period ranging (1997–2007), where the recorded maximum swell is 8.25 m (Hakkou 2012), we could estimate this depth at 17 m for the Kenitra area. Moreover, the strong agitation that have affected the Moroccan coasts on February 9th 2014, when the swell reached 13 m offshore of Mohammedia city (98 km south of Kenitra), allows to estimate this depth to more than 25 m. However, this closure depth does not constitute a limiting depth for sediment transport (Desmazes *et al.* 2002, Latteux 2008).

For a maximal safety, it is possible to refer to high resolution topo-bathymetric profiles or to parameter of swell limit action estimated here to 31 m. The latter does not seem to be favorable for dredging projects because of the additional cost it requires. Moreover, in the absence of the recorded swell data for a long period, we can retain in general a minimal depth of 25 m where dredging could be allowed if there is not major influence on the ecological system. This value could be adjusted locally, in case of existing reliable data on the maximal height of swells. It could be increased if the concerned coast presents flooding risks related to meteorological and oceanic conditions or in case of a risk linked to sea level rise.

This paper concludes that the optimal governance of sand business market needs a global reform of the different chains of sand production at both, legal framework and administration levels. The plan of sand supply of 2008, in its section related to the opening of the market of marine sand dredging, would have only transferred the pressures actually known on aerials sand deposits (beach and sand dunes) to the submerged deposits (submarine beaches). Both of these deposits belong to the same sedimentary prism and change dependently. Furthermore, the conception of a law regulating dredging activities either for maintenance work or for offshore exploitation represents an urgent matter in Morocco. The description of impacts and propositions discussed in this article tries to arouse a revision of the governance strategy in this sector and to rethink about a regulatory framework that takes into account the environmental component.

INTRODUCTION ET OBJECTIFS

Le dragage des sédiments marins est devenu une pratique assez courante dans de nombreux pays depuis plusieurs années. Il est devenu pour certaines zones la principale source d'agrégats pour les besoins du béton, des travaux publics et les travaux de rechargement des plages (Cooper *et al.* 2007a). Toutefois, l'extraction de sable en

mer peut avoir des impacts néfastes sur l'environnement marin, non seulement sur le plan morpho-dynamique de la région, mais aussi sur les écosystèmes locaux, et ce n'est souvent pas limité à la zone d'excavation (Kubicki *et al.* 2007 ; Van Rijn *et al.* 2005).

Sans qu'elles soient réellement inscrites dans un contexte de rareté de matériaux de construction d'origine continentale (sables dunaires anciens, sables alluvionnaires

et sables de concassage), les motivations relatives au dragage au large du sable marin se renforçaient de plus en plus au Maroc. Longtemps limitées aux travaux d'entretien des ports et des chenaux de navigation, cette activité a connu un tournant en 2007 avec la privatisation d'un seul opérateur de dragage au Maroc, qui visait dès lors l'exploitation commerciale du granulat du plateau continental. Depuis, cette activité soulève plusieurs problématiques en raison de ses nombreux impacts sur les dimensions socio-économique, écologique et environnementale, dans un contexte universel marqué par des changements climatiques dont le suivi et l'évaluation ne sont pas encore appréhendés au Maroc, du moins en ce qui concerne les impacts sur les zones côtières. Les enjeux du marché national du granulat et les gisements considérables de la couverture sédimentaire du proche plateau continental, notamment de la façade atlantique, laissent prédire que les perspectives sont prometteuses pour le développement de l'activité de dragage et ses filières d'exploitation. Ils nous renvoient par ailleurs à soulever des questions relatives à la gouvernance de ce secteur environnemental. Dans ce contexte, cet article se propose d'analyser la politique de gouvernance du marché national du granulat et de l'émergence du marché de dragage du sable marin. L'absence d'un cadre juridique réglementant les activités de dragage du sable marin a motivé la réflexion sur les mesures techniques et scientifiques à considérer dans la perspective d'élaboration d'une loi dédiée à l'optimisation de la gouvernance environnementale de ces activités. Les mesures proposées peuvent servir aussi de guide pour l'évaluation environnementale des projets de dragage du sable marin au Maroc.

GOUVERNANCE DU MARCHÉ DE SABLE

La multiplication des chantiers de construction et d'infrastructure dans les différents secteurs de développement au Maroc accroît la pression sur le sable, notamment dans le domaine des travaux publics (Programmes de logements, infrastructures routières et portuaires, aménagements urbains et touristiques,...). Le besoin national en sable a été estimé à 21 millions m³ en 2011, et à

plus de 28 millions m³ à l'horizon 2016 (METL 2013). Actuellement, l'approvisionnement de ce marché est assuré par de nombreux sites de carrières dunaires, estuariennes et marines, répartis sur le long de 3500 Km de côtes marocaines, et ce, en plus des sables des rivières et des sables de concassage (Fig. 1). En 2011, les dunes côtières en assuraient la grande part d'approvisionnement pour environ 15 millions m³ de sable contre 1,54 millions m³ provenant du dragage portuaire et estuarien (METL 2013).

Bien que le Maroc dispose d'un grand potentiel géologique continental lui permettant de répondre aisément à sa demande croissante en matériaux de construction pour subvenir aux besoins de développement de ses villes et ses infrastructures, le plan des pouvoirs publics de 2008 met plus d'actions sur le développement du secteur du dragage du granulat marin que sur celui de concassage. Il table à l'horizon 2016 sur une production de 16 millions m³ provenant du dragage marin contre seulement 10 millions m³ provenant de concassage. Indépendamment de ses impacts potentiels, le plan perçoit le sable de dragage comme une meilleure alternative pour la régulation du marché national en sable dont la gouvernance est marquée par une grande déficience, non seulement sur le plan réglementaire, mais aussi sur les plans du suivi et du contrôle. Le sable de dragage permettrait, selon ce plan, d'atténuer la pression sur l'exploitation des dunes côtières dans les régions du Nord et du centre du Maroc. Les sables de dunes, en effet, approvisionnaient le marché de sable pour 67,71 % en 2011, dont les deux tiers ne sont pas déclarés. Les pertes fiscales induites ont été évaluées en 2009 à 5 milliards DH (EMM 2012). L'offre légale du sable ne dépassait guère 11 millions m³ (ACOPM 2014).

L'administration de tutelle considère qu'il est plus aisé d'assurer le suivi des sables de dragage et de concassage que celui provenant des dunes dont il est difficile d'identifier les producteurs en raison de la faible coordination des services de l'Etat en matière de contrôle. Parallèlement, le plan de 2008 préconise la promulgation d'une loi sur l'exploitation des carrières, interdisant l'exploitation des dunes côtières et intégrant l'extraction du granulat marin en tant que carrière sous-marine.

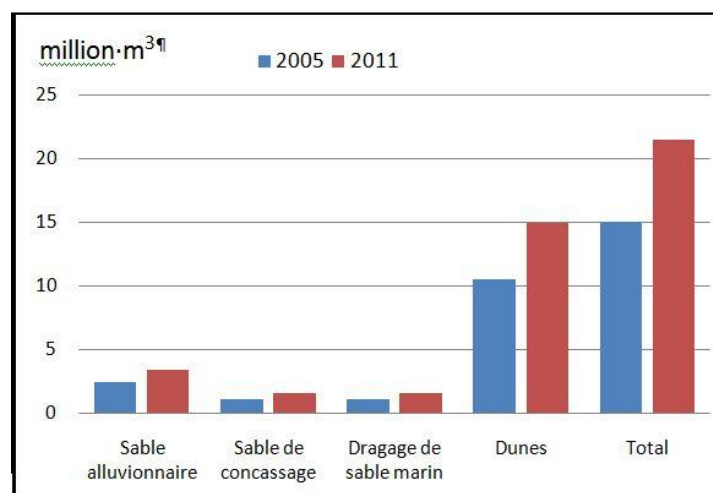


Figure 1. Volumes de sable de construction produit en 2005 et 2011 (METL 2013, modifié).

Figure 1. Volumes of construction sand produced in 2005 and 2011 (METL 2013, modified).

En attendant, ce secteur continue d'être régi dans son ensemble par des textes très anciens, peu adaptés aux enjeux économiques et environnementaux et aux orientations de nombreuses conventions internationales ratifiées par le Maroc, comme celle relative à la gestion intégrée des zones côtières. Malgré ce vide réglementaire, l'Administration de tutelle a annoncé en 2014 son engagement à l'ouverture de nouveaux sites de dragage exploitant la couverture sédimentaire du plateau continental de l'Atlantique marocain.

Ouverture de nouvelles plates-formes d'extraction des gisements de sables marins

L'activité de dragage du sable au Maroc est d'âge relativement récent. Elle est apparue au début du 20^{ème} siècle, avec la construction des premiers ports et se limitait aux travaux de leur entretien ainsi que ceux des chenaux estuariens et des cônes d'alluvions pour répondre aux besoins de la navigation maritime. Les zones de production de sables marins se situaient essentiellement sur le proche plateau continental de la façade atlantique marocaine (Fig.2). En 2012, on comptait trois plates-formes de traitement et de commercialisation de sables dragués : celles de Mehdiya, d'Azemmour et de Larache, pour une production annuelle totale de 3 millions m³. Par ailleurs, l'importance du gisement sableux du plateau continental marocain a incité les opérateurs à multiplier leur production. Une étude menée par la Direction des Ports Maritimes (DPDPM 2007 et 2008), compilant les données sédimentologiques et l'analyse de prélèvements sur la plate-forme continentale atlantique, a permis de mettre en évidence 20 zones d'accumulations potentielles de sables pour des profondeurs allant de -10m à -70 m, révélant de grandes réserves en sable marin. 15 sites ont été classés exploitables de premières priorités en raison de leur proximité géographique des zones de consommation et ne nécessitant pas de draguer loin au large. Le potentiel exploitable de ces gisements sableux, estimé dans l'étude précitée sur la base d'une épaisseur de 2 m, est évalué à environ 945 millions m³ pour le littoral atlantique délimité par Tahaddart au nord et Oued Massa au sud. Ce potentiel a été perçu favorable pour une exploitation au profit de production de matériaux de construction.

Des appels à concurrence de projets de dragage ont été lancés en 2014 pour l'ouverture de quatre nouvelles plates-formes d'extraction de sable marin, notamment dans les zones de Casablanca Nord, Casablanca Sud, Tahaddart et Cap Hdid. Le choix de ces sites s'est limité au critère de proximité géographique vis-à-vis des villes en forte extension urbaine.

Un cadre réglementaire déficitaire et inadapté

Au Maroc, le récent développement des activités de dragage d'exploitation et de valorisation des produits de dragage n'a pas été accompagné par la mise en place d'une réglementation qui prend en considération les impacts de ces activités. La gouvernance de ce secteur puisait dans les textes juridiques inadaptés comme celui d'exploitation des carrières à ciel ouvert datant du début du 20^{ème} siècle (Dahir 9 Joumada II 1332 (5 Mai 1914)). Ce dernier ne comprend

aucune disposition relative au dragage du sable marin, que ce soit en matière d'entretien ou relevant de l'exploitation. Pour combler ce vide juridique, une nouvelle loi a été promulguée en 2002 (loi 08-01), mais elle a été vite abrogée, faute d'un décret d'application qui conditionnerait son adoption finale dans un délai qui ne devrait dépasser une année après sa publication. Un nouveau projet de loi (n°27-13) relatif à l'exploitation des carrières a été proposé en mars 2014, classant les gisements de dragage marin dans la catégorie des carrières sous-marines. La prescription d'un système de déclaration, au lieu du système actuel basé sur l'octroi d'agrément, permettrait assurément d'encourager l'investissement dans la production des matériaux de construction, notamment d'origine terrestre, et par là de réduire la dépendance du granulat marin.

Ce projet de loi ne prévoit, toutefois, pas de dispositions susceptibles de protéger l'environnement, notamment les impacts d'ordre physico-chimiques, écologiques et biologiques résultant des activités du dragage du sable marin. Les dispositions apportées dans ce domaine demeurent, de loin, insatisfaisantes, voire dangereuses pour la stabilité physique de la côte et les ouvrages maritimes, la salubrité du milieu aquatique et sa diversité biologique. A titre d'exemple, l'article 15 de cette version de projet de loi précise que les extractions sous-marines pourraient se faire à partir d'une distance de 250 m à partir du trait de côte, sans toutefois définir ce dernier, alors que dans la plupart des pays, les extractions ne seraient pas autorisées à des profondeurs de moins de 20 m à 25 m. Sur la côte de Mehdiya, la délimitation horizontale de 250 m correspond à une profondeur de 4 à 6 m sous le Zéro Hydrographique (Fig. 3) , c'est-à-dire au niveau de la barre pré-littorale. Pourtant ce corps sédimentaire est censé agir comme une protection naturelle de la plage en faisant dissiper l'énergie des vagues par déferlement (Castelle *et al.* 2007).

L'autre point qui caractérise la conception inachevée des dispositions de ce projet de loi est l'absence de toute instruction en matière d'immersion du surplus en mer ou de gestion sur terre des produits dragués (dépôt, traitement ou valorisation). En matière d'audit, les dispositions apportées se limitent aux déclarations des exploitants, sans mise en œuvre des outils permettant de les auditer correctement.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX LIES A DES ACTIVITES DE DRAGAGE DU SABLE MARIN

Les impacts sur le milieu naturel liés à l'extraction de granulats marins sont multiples et peuvent être physiques, chimiques et biologiques. Ces impacts sont interconnectés et découlent souvent des premières modifications physiques de l'environnement (Duclos 2012).

Impacts physiques

Des impacts physiques directs, provoqués instantanément par les travaux d'extraction du granulat marin (enlèvement du sédiment et modification de la topographie du fond), peuvent se distinguer des impacts physiques indirects, provoqués par la réponse de l'environnement physique aux impacts directs (changements de l'hydrodynamique de la vague, courants de la marée et la concentration en matières en suspension, transport sédimentaire)

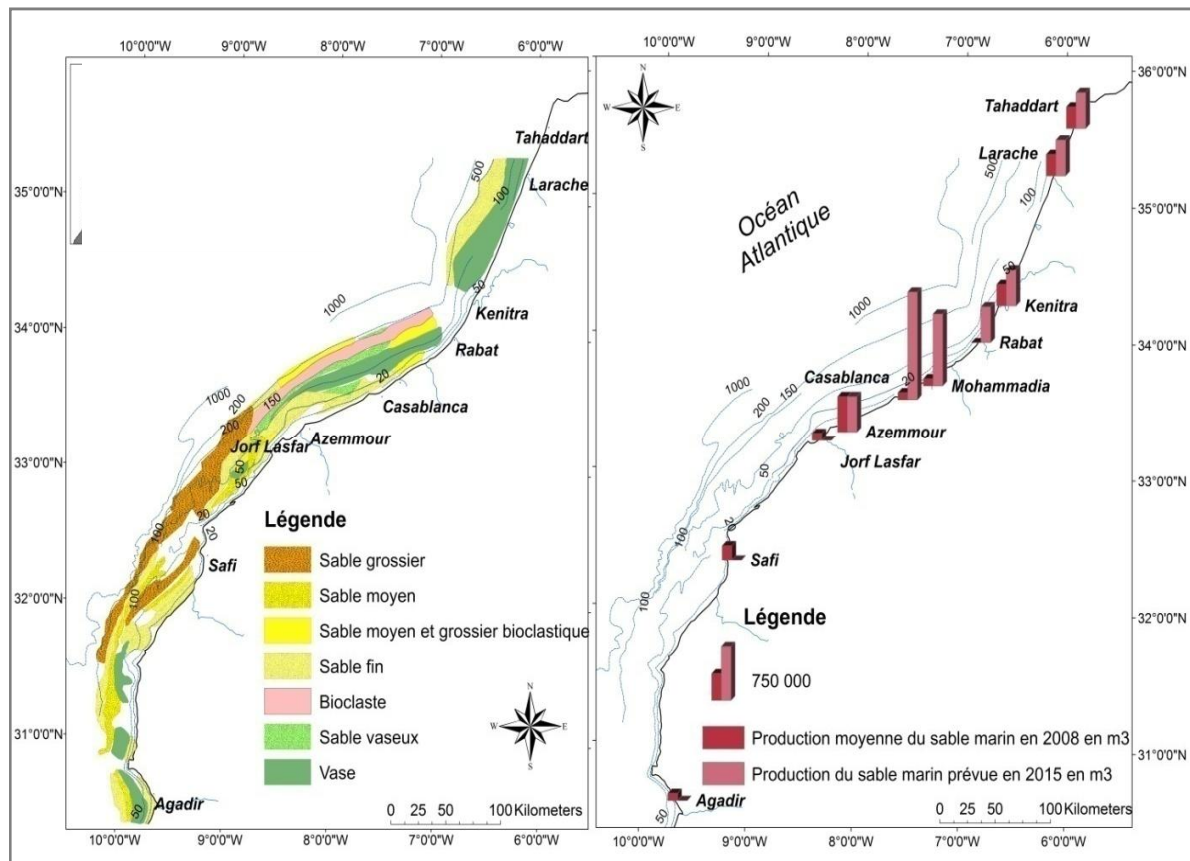


Figure 2. A droite : Volumes de sable commercial dragué sur le plateau continental marocain en 2008, et production prévue en 2015. A gauche : Carte synthétique des données sédimentologiques du plateau continental de l'Atlantique marocain (Jaaidi & Cirac 1987, modifiée).

Figure 2. Right: Volumes of commercial sand dredged from the Moroccan continental shelf in 2008 and planned production in 2015. Left: Synthetic map of sedimentological data of the continental shelf of the Moroccan Atlantic (Jaaidi & Cirac 1987, modified).

(Tillin *et al.* 2011). L'impact généré dépend de nombreux facteurs, notamment la méthode et l'intensité de l'extraction, le type et la mobilité des sédiments, la topographie du fond, et l'intensité du courant (Newell *et al.* 1998). La modification de la topographie du fond marin induit des changements de l'hydrodynamique des vagues et des courants qui agissent à leur tour sur le régime sédimentaire au droit de la zone d'extraction et au-delà de celle-ci, notamment sur les conditions d'érosion et de sédimentation des côtes sableuses lorsque le dragage s'effectue dans de faibles profondeurs (Tillin *et al.* 2011). Ces impacts agissent donc non seulement sur l'évolution et la restauration de la zone d'extraction, mais aussi sur le recul du trait de côte car les sables apportés par la houle et les courants, qui contribuent à l'équilibre sédimentaire des côtes, sont en partie piégés dans les excavations laissées par les dragues. C'est pour cela qu'il est nécessaire de définir une profondeur limite d'extraction suffisamment loin de la côte pour que les sédiments des plages mobilisés par les courants et par la houle ne viennent pas se piéger dans les excavations de dragage, et qu'ils puissent revenir à la plage pour alimenter l'équilibre sédimentaire de cette dernière quand la houle est calme. Un exemple classique est celui de la destruction du village de Hallsands, dans le Devon, au cours du 20^{ème} siècle, où le dragage a été effectué à proximité de la plage, ce qui a entraîné par la suite sa forte érosion (CIRIA 1998). Au Maroc, le dragage intensif du delta de jusant (cône alluvial) au niveau de l'embouchure de l'oued Sebou et à l'intérieur de celui-ci est suspecté d'être à

l'origine d'un recul spectaculaire de la partie Nord de la plage de Mehdia (-4 m/an), notamment entre 1997 et 2007 (DPDPM 2011), même si le blocage de la dérive littorale venant du Nord par les digues du Sebou peut en partie expliquer ce recul (Hakkou *et al.* 2011).

Impacts écologiques

La turbulence générée par l'hélice de la drague sur le fond remobilise les sédiments fins de la couverture sédimentaire (Garrad & Hey 1987), et par conséquent affecte les conditions physico-chimiques de l'eau et des habitats. Les travaux de dragage de matériaux marins peuvent entraîner une réduction de 30-70 % de la diversité des espèces, 40-95% du nombre d'individus et autant pour la biomasse des communautés benthiques (Newell *et al.* 1998). Les extractions remuent les polluants déposés sur plusieurs années sur les fonds et les rediffusent dans la chaîne alimentaire. Les travaux de dragage, mais aussi d'immersion du surplus dans la mer, asphyxient les milieux par la turbidité qu'ils génèrent et portent atteinte aux espèces benthiques et pélagiques, notamment celles caractérisées par leur faible mobilité (GEODE 2012).

Un étalement sur le fond d'une partie des suspensions sous la forme d'un courant de densité s'étend jusqu'à 800 m dans le sens des courants et sur 3 à 4 m d'épaisseur pour une surverse par puits (Hitchcock et Bell, 2004), et peut s'étendre sur plusieurs km de long, plusieurs centaines de mètres de large et plusieurs mètres d'épaisseur pour une

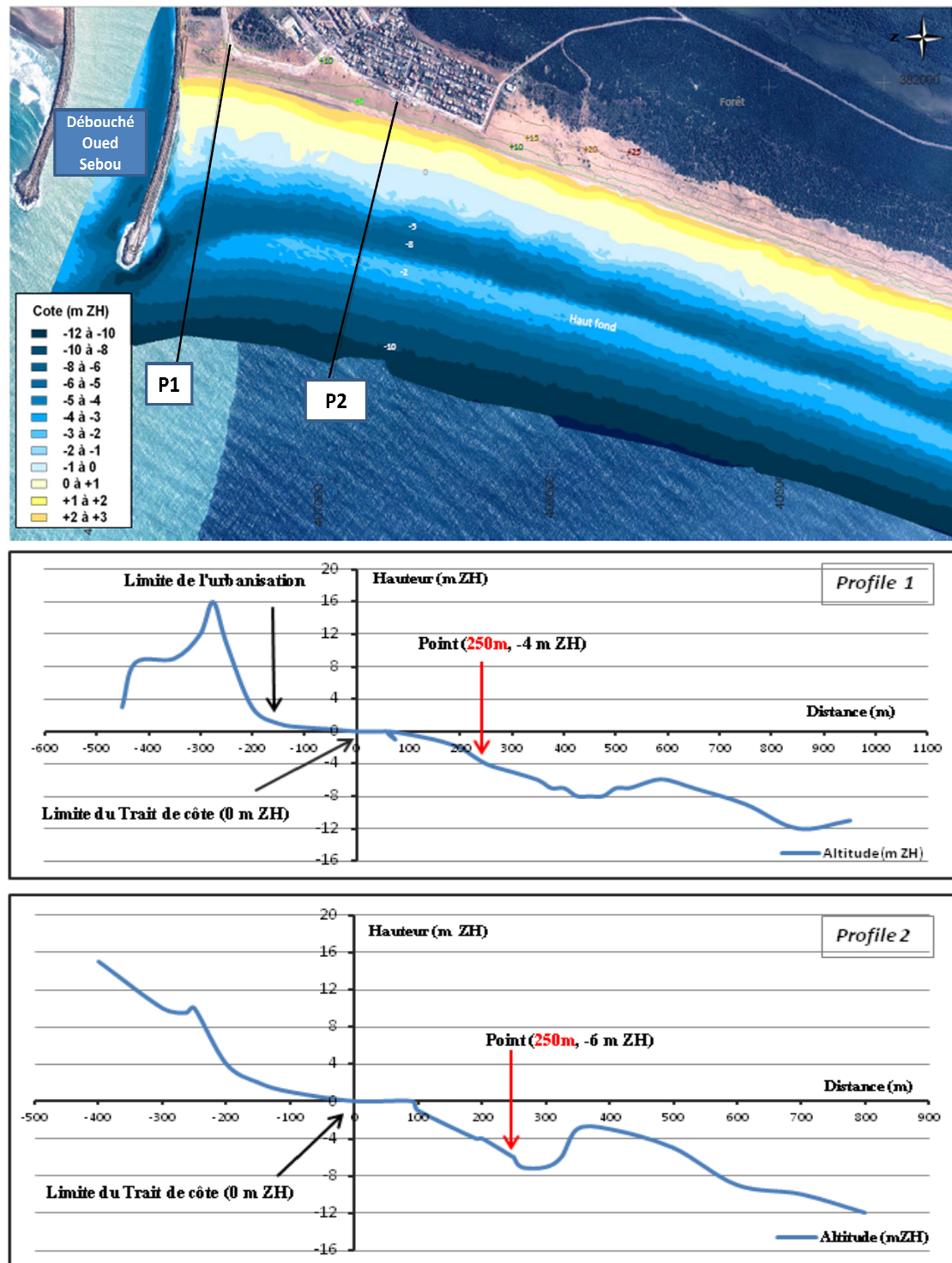


Figure 3. Profils topo-bathymétriques de la plage de Mehdiya (Côte de Kénitra) projetant la profondeur autorisée pour le dragage suite à la décision d'une délimitation horizontale de 250 m à partir du trait de côte, stipulée par le projet de loi n°27-13.

Figure 3. Topo-bathymetric profiles of the beach of Mehdiya (Kenitra Coast) projecting the depth limit for dredging, following the decision of a horizontal boundary of 250 m from the shoreline, stipulated by the Bill No. 27-13.

extraction avec criblage (Dickson & Rees 1998, Hitchcock *et al.* 1999, Newell *et al.* 1999). Cela dépend de la vitesse du courant, du débit rejeté, de la nature du sédiment,...etc. Certains auteurs montrent que des concentrations anormales persisteront plusieurs heures après le rejet (Willoughby & Crabb 1983). Malgré des concentrations tendant rapidement vers celles du milieu naturel, ce panache peut être encore visible 1h30 après le rejet (Boutimin 1986). L'importance

de ces impacts et la possibilité de revenir à un état proche de l'état initial après les extractions sont surtout fonction de l'intensité de l'extraction et de la résilience écologique du site. Ils dépendent également des objectifs de travaux, de la stratégie et des procédés d'exploitation proposés, des conditions morpho-bathymétriques et sédimentaires du site ainsi que de l'hydrodynamisme local.

Impacts des filières à terre

La valorisation à terre des dépôts de sables dragués peut être, d'une part, dangereuse lorsqu'elle n'est pas assujettie en amont à un traitement préalable aux conditions d'utilisation selon les secteurs de destination. D'autre part, la gestion des eaux de traitement et les matériaux résiduels non valorisables ne sont pas aussi sans impacts sur l'environnement.

FONDEMENTS TECHNIQUES A INTEGRER DANS LA CONCEPTION D'UNE REGLEMENTATION DEDIEE AUX ACTIVITES DE DRAGAGE DU SABLE MARIN

Pour préserver les écosystèmes marins de la dangerosité de la rediffusion des polluants générés par les panaches turbides lors des travaux de dragage et d'immersion, et ne pas provoquer la déstabilisation physique du littoral et de ses infrastructures, plusieurs mesures techniques s'imposent. Celles qu'on citera, ci-après, ne constituent qu'une première approche, pouvant être développée selon les spécificités des zones d'extraction et les composantes des projets de dragage. Ces mesures peuvent constituer un fondement technique non exhaustif pour la conception d'un cadre juridique adéquat ayant comme finalité l'atténuation des impacts relevant des activités de dragage du sable marin et de ses filières à terre et en mer. Nous développons ici six mesures qu'il nous semble indispensable de prendre en considération, avec une attention particulière réservée à la délimitation de la profondeur limite d'extraction.

Etude d'impact environnemental

Compte tenu des spécificités physique et écologique des zones d'extraction et des composantes des projets de dragage, une étude d'impact environnemental préalable s'impose dans l'objectif d'atténuer les différents types d'impacts, de les compenser ou de proposer d'autres alternatives moins dégradantes. Cette étude doit : (i) définir les caractéristiques physiques et biologiques du milieu naturel et leurs variabilités spatio-temporelles (bathymétrie, sédimentologie, courants, biocénose...), (ii) étudier les impacts directs et indirects engendrés par l'excavation générée par le passage de l'élinde, le panache et le dépôt de ses particules, le criblage, (iii) étudier l'impact au-delà de la zone d'extraction, notamment les conditions hydrodynamiques et morpho-sédimentaires à la côte, et (iv) analyser la restauration du milieu suite à ces impacts. Les trois derniers points peuvent être abordés par des simulations des conditions maximales de l'agitation de la mer. En Angleterre (Tillin *et al.* 2011), lorsque la modélisation des extractions prédit des changements de plus de 2% dans les conditions de propagation de la houle à proximité immédiate de la zone d'extraction, le projet de dragage n'est pas autorisé et l'opérateur est invité à réviser soit les composantes et le plan de son projet de dragage, soit la zone de dragage.

L'étude d'impact environnemental constitue aussi un outil technique adapté pour la proposition de plans de suivi et de surveillance pour toutes les filières de cette activité. Pour cela, une cartographie des gisements du granulats, des zones conchylicoles et des zones susceptibles de recevoir

les rejets d'immersion doit être établie avant le démarrage de l'étude d'impact environnemental. A noter que la liste des projets soumis à l'étude d'impact environnemental (loi 12-03) ne comprend pas les projets de dragage et doit, à cet effet, faire l'objet de mise à jour.

Délimitation de la profondeur limite d'extraction du sable marin

La morphologie et la morphodynamique des fonds marins sont fortement affectées par la création de dépressions locales dues aux excavations. Les changements opérés sur la morphologie des fonds influencent généralement la propagation des vagues et par conséquent les débits de transport de sable (Van Rijn & Walstra 2002). Localement, les sédiments des zones environnantes ont tendance à se déplacer vers la dépression. Les modifications affectant la propagation de la vague, notamment la réfraction et, dans une moindre mesure, la diffraction, agissent sur la dynamique du transport sédimentaire et impactent la morphologie du trait de côte (Demir *et al.* 2004). Sur des échelles de temps plus longues, la fosse résultant du dragage de sable peut migrer vers le rivage et agir comme un puits pour les sédiments du système littoral (Van Rijn & Walstra 2002). La gravité et la persistance de ces effets dépendent, entre autres facteurs, des conditions hydrodynamiques, de la nature du substrat, de la géométrie de la zone de dragage et de sa distance de la côte, et de l'échelle de temps de la perturbation des fonds marins (Cooper *et al.* 2007; Roos *et al.* 2008). Si l'extraction est opérée dans la zone de déferlement, l'impact est massif et immédiat. En dehors de la zone de déferlement, il se réduit rapidement quand la distance de la souille au rivage croît (Latteux 2008). Afin d'atténuer ces impacts, ainsi que l'érosion de la côte, les zones de dragage doivent être situées au large de la profondeur de fermeture (Gonçalves *et al.* 2014). Le modèle empirique de Hallermeier (1981) définit cette profondeur (h_1) par l'équation:

$$h_1 = 2.28 H_{s,e} - 68.5 \left(\frac{H_{s,e}^2}{g \cdot T_e^2} \right) \quad (1)$$

$H_{s,e}$ et T_e sont respectivement la hauteur significative des vagues de tempête qui n'est pas dépassée plus de 12 h par an (occurrence de 0,137 %) et la période des vagues associée, et g l'accélération de la gravité.

Cette profondeur est mobile à l'échelle annuelle et interannuelle, sous l'action des houles de tempêtes (Desmazes *et al.* 2002). A Kénitra, pour une hauteur significative de 7,76 m et une période de pic de 16,43 s, dépassée en 12 heures le 30 janvier 1998 ($H_{s,max}=8,25$ m ; $T=16,53$ s) (données de WW3 de la période comprise entre 1997 et 2007, d'après Hakkou 2012), on estime cette profondeur à 16,05 m. Par ailleurs, la forte agitation qui a affecté les côtes marocaines en date du 6 et 7 janvier 2014, dont la houle avait dépassée à plusieurs reprises le pic de 13 m ($H_{max}=13,62$ m ; $T=21,6$ s) au large de la ville de Mohammedia (METL 2014), permet d'estimer cette profondeur de fermeture à 26,68 m, si on suppose qu'une hauteur significative de 13 m et d'une période de 21s a été enregistrée dans ces deux jours sur une moyenne de 12 h. Cette profondeur de fermeture pourrait être encore plus considérable si on analyse les données de la houle géante

qui a atteint la côte marocaine en date du 4 janvier 2008 ($H_{\max}=15,85$ m. $T=21,6$ s).

Bien que le modèle empirique de Hallermeier (1981) permette de donner une estimation acceptable pour le calcul de cette profondeur (Kraus *et al.* 1998, Nicholls *et al.* 1998), il demeure critiquable (Inman *et al.* 1993). Selon Latteux (2008), cette formulation conduirait, sur la côte Aquitaine, à une profondeur de fermeture de l'ordre de 9 m, alors que le transport solide dans le profil y atteindrait encore environ 20 % de celui évalué dans la zone de déferlement. Les travaux de Desmazes *et al.* (2002) ont permis d'observer des pics de vitesses orbitales dépassant 2 m.s^{-1} au niveau de la profondeur de fermeture pour les houles fortes ($H_s = 10$ m, $T_{\text{pic}} = 9$ s) au niveau de la plage de Truc-Vert dans la région Aquitaine. Ce type de conditions provoque, selon Hardisty (1994), la mise en mouvement de la majorité des particules contenues dans le faciès très grossier à la base de la séquence de tempête. Dans le Golfe de Gascogne, Migniot & Viguier (1980), étudiant sur modèle réduit l'impact d'une souille à une profondeur de 21 m, estiment un dépôt de $100\,000 \text{ m}^3$ de sable dans la souille pour des hauteurs de houles de 7 à 9 m, ayant une probabilité de 1 jour tous les 2 à 5 ans, et agissant pendant un jour consécutif.

La mise en place de forts courants de compensation vers le large peut induire la translation vers le large de la profondeur de fermeture (Desmazes *et al.* 2002). On déduit alors que la profondeur de fermeture ne constitue pas un seuil pour le transport sédimentaire et que ce dernier peut être actif bien au-delà de cette limite. Il est possible alors de se référer à un autre paramètre pour délimiter une « profondeur de sécurité » pour l'extraction du sable et qui peut correspondre à la limite d'action des houles qu'on peut déterminer à partir des profils topo-bathymétrique de haute résolution. Les travaux de Desmazes *et al.* (2002) ont permis de mettre en évidence la superposition d'une rupture de pente de la plage sous-marine inférieure du plateau continental interne avec la limite hydrodynamique externe de la plage sous-marine inférieure, calculée à partir du paramètre de limite d'action des houles moyennes ($L_0/4$), déduite des formules de Hallermeier (1981) et Cowell *et al.* (1999), tel que :

$$L_0/4 = g \cdot (T^2/8, \pi) \quad (2)$$

T : moyenne annuelle des périodes significatives des houles.

Cette limite d'action des houles ne prend pas en compte le seuil de mise en mouvement des sédiments (Komar 1998), mais peut être considérée comme une profondeur de sécurité pour la stabilité des littoraux. Les données de la houle opérationnelle de Kénitra ($H_s= 1,25$; $T_{\text{pic}} = 9$ s) (DPDPM 2011) permettent d'estimer cette profondeur à 31,63 m. Cette dernière peut être contestée par les opérateurs du dragage en raison du surcoût économique qu'elle engendre en matière d'investissement et de production. Par ailleurs, en l'absence de données de houles enregistrées de manière continue sur une longue période, on peut retenir, d'une manière générale, une profondeur minimale de 25 m au-delà de laquelle le dragage peut être autorisé lorsqu'il ne présente pas d'impacts physiques et écologiques majeurs. Cette valeur peut être localement

rectifiée si on possède des données fiables sur les hauteurs maximales des houles. Elle peut être revue à la hausse si la côte concernée présente des risques d'inondation d'origine météo-océanique, de subsidence ou un risque spécifique lié à l'élévation à long terme du niveau de la mer.

Restitution aux plages d'une partie du volume de sable dragué au niveau des estuaires, du cône d'alluvions marins et du pro-delta

Outre l'impact des barrages hydrauliques construits en amont sur les cours d'eau, les extractions de sables au niveau des estuaires pour l'approfondissement des chenaux pénalisent davantage l'équilibre sédimentaire des plages qui jouxtent leurs débouchés. Les chenaux approfondis des estuaires et les excavations laissées par les travaux de dragage au niveau des deltas de jusant (cônes d'alluvions) aux débouchés des estuaires constituent un piège à sédiment pour les nouveaux apports des oueds et de la dérive littorale. Ce qui renforce les conditions d'érosion des plages. Il est recommandé qu'une partie des volumes de sables extraits, équivalente au moins au volume moyen apporté habituellement par la dérive littorale et les oueds soit restituée à la plage. Cependant, il existe plusieurs moyens de restituer ce sable à la plage (e.g. sur la plage sèche, à une certaine distance du trait de côte); il a été démontré notamment en Australie que rejeter le sable dans la zone de déferlement était la meilleure solution (Castelle *et al.* 2009).

Respect des périodes de ponte et de nurseries des espèces halieutiques

Les travaux de dragage et d'immersion en mer doivent être formellement interdits dans les aires maritimes protégées et dans les zones conchylicoles. La distance minimale séparant le site d'extraction du granulats marin d'une aire maritime protégée ou d'un site de valeur conchylicole importante, doit se baser sur le rayon de dépôt du panaché turbide. Celui-ci, comme a été indiqué en haut, dépend des techniques et procédés d'extraction, de la nature du sédiment (sable grossier, moyen ou fin; teneur du silt,...), des conditions hydrodynamiques, de l'intensité du dragage...etc. En prenant en considération les conclusions des différents auteurs étudiant l'évolution du panaché turbide généré par les travaux de dragage, qui demeurent hétérogènes en raison des différences qu'on vient de citer, on peut dire d'une manière générale que l'impact du dragage est atténué au-delà d'un kilomètre à partir du site d'extraction. Des études de simulation de la turbidité peuvent aider à la détermination de cette distance suivant les spécificités de chaque projet de dragage.

Suivi, contrôle et audit des déclarations

L'établissement de levés bathymétriques des zones de dragage, avant et après l'exploitation, servent de référence pour le suivi et le contrôle des opérations d'extraction du granulats marin. Le suivi à distance et en temps réel, favorisé par les nouvelles technologies (GPS,...) permet de s'assurer du respect des limites géographiques et volumétriques autorisées pour l'exploitation (tracé des zones de dragage, profondeur, tonnage,...). Les institutions chargées du suivi et du contrôle des exploitations de dragage du granulats

marin doivent disposer de la logistique et des moyens nécessaires pour ce faire.

Devenir de l'agrégat

Le devenir des matériaux de dragage doit se baser sur la nature et la qualité du sédiment extrait. Des seuils de pollution de sédiment doivent être établis pour décider du sort du granulat marin (immersion, mise en dépôt ou valorisation). Face au manque de textes juridiques traitant explicitement cette matière, on peut se référer aux guides et réglementations européens et conventions internationales. En France, l'arrêté du 14 juin 2000, accompagné d'une circulaire du Ministère chargé de l'Équipement, relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens, ainsi que des publications du GEODE et du Fond de prélèvement durable des matériaux marins (MALSF) constituent des sources d'inspiration pour définir des seuils de références déterminant le devenir des sédiments dragués (immersion, traitement, stockage,...). Pour la mise en dépôt à terre, on peut aussi s'inspirer des niveaux de référence prescrits par la législation française pour l'épandage des boues de stations d'épuration, définis par l'arrêté du 8 janvier 1998. Pour l'utilisation des sédiments extraits dans les travaux de construction, on peut se référer aux normes marocaines homologuées, se rapportant aux bâtiments et travaux publics.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La faible maîtrise de la gestion du marché de production du granulat de construction d'origine continental au Maroc, ainsi que le pillage occasionné sur les dunes côtières qui assurent la grande part d'approvisionnement du marché national en sable de construction ne justifient pas le recours inconditionné à l'ouverture du marché du dragage du sable marin. La gouvernance optimale du marché du sable suscite plutôt une réforme globale des différents maillons de production de cette matière tant sur le plan stratégique que juridique. Sur le plan stratégique, le potentiel géologique continental du Maroc est à la fois considérable et diversifié, et pourrait constituer une source de production importante de matériaux de construction dans un cadre de gestion raisonnée, qui exige, par ailleurs, la conception d'une politique fructueuse de promotion de l'industrie de concassage. La lecture du plan d'approvisionnement en sable de 2008, notamment son volet relatif à l'ouverture du marché de dragage du sable marin au large, révèle que l'absence d'un cadre juridique encadrant de manière efficiente, la gestion technique et environnementale des processus d'extraction du sable marin, ne fait que transférer les pressions que connaissent les gisements marins émergés (plages et dunes) vers les gisements submergés (plages sous-marines). Ces gisements qui appartiennent tous au même prisme sédimentaire, et dont l'évolution de l'un est étroitement liée à celle de l'autre. Nombreux sont, à cet effet, les pays qui sont en train d'abandonner les activités de dragage du sable marin quand ils ont la possibilité d'utiliser une autre source.

Sur le plan juridique, la conception d'une loi réglementant ces activités, que ce soit pour les travaux d'entretien ou d'exploitation au large, est urgente au Maroc.

Elle constitue un levier de développement pour ce secteur et une pièce maîtresse pour sa bonne gouvernance environnementale.

Sur le plan technique, il est indispensable de veiller sur l'équipement des espaces portuaires en matériels de mesure de la houle pour pouvoir disposer de données fiables, qui permettent d'améliorer notre connaissance sur le climat de la houle au Maroc et son évolution. De même, il est indispensable d'établir régulièrement des levés topobathymétriques près de la côte et au large pour se renseigner sur l'évolution des fonds et améliorer les études de simulation de la propagation des houles à la côte. Cela permet de réorienter et améliorer l'instruction technique des études d'impact des projets de dragage du sable marin. A ce titre, l'une des conclusions de cet article c'est qu'on peut retenir d'une manière générale une profondeur minimale de 25 m au-delà de laquelle le dragage peut être autorisé lorsqu'il ne présente pas d'impacts physiques et écologiques majeurs. Cette valeur peut être localement rectifiée si on possède des données fiables sur les hauteurs significatives maximales des houles enregistrées continuellement sur de longues périodes. Elle peut être revue à la hausse si la côte concernée présente des risques d'inondation d'origine météo-océanique, de subsidence ou un risque spécifique lié à l'élévation à long terme du niveau de la mer. La description des impacts et les propositions apportées dans cet article cherchent à susciter la révision de la stratégie de gestion de ce secteur et à repenser son cadre réglementaire dans une optique de prise en compte de la composante environnementale. En attendant, ces propositions peuvent être prises en considération dans les cahiers de charge encadrant les activités de dragage.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs profondes gratitudeux aux Dr. Bernard Latteux (Ex-consultant en ingénierie portuaire et côtière, France), Dr. Mohammed Achab (Institut Scientifique, Université Mohammed V, Rabat, Maroc) et Dr. Mohamed Chaibi (Faculté Polydisciplinaire de Safi, Université Cadi Ayyad, Maroc) pour leurs contributions très constructives qui ont permis une importante amélioration de la version finale de ce manuscrit.

REFERENCES

- Latteux B. 2008. *Exploitation des matériaux marins et stabilité du littoral*. Quae, 164 p.
- Boutimin G. 1986. *Dragage et exploitation des sables marins : qualité des matériaux et conséquences sur le milieu*. Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 203 p.
- Castelle B., Turner I.L., Bertin X. & Tomlinson R.B. 2009. Beach nourishments at Coolangatta bay over the period 1987–2005: impacts and lessons. *Coastal engineering*, 56, 940–950.
- Castelle B., Turner I.L., Ruessink B.G. & Tomlinson R.B. 2007. Impact of storms on beach erosion: Broad beach (Gold Coast, Australia), *Journal of coastal research*, SI 50, 534–539.
- Cooper K., Boyd S., Aldridge J. & Rees H. 2007. Cumulative impacts of aggregate extraction on seabed macro-invertebrate communities in an area off the east coast of the United Kingdom. *Journal of sea research*, 57: 288-302.
- CIRIA 1998. *Regional seabed sediment studies and assessment of marine aggregate dredging report*. Construction industry research and information association (CIRIA) publication, 82 p.

- Cowell P.J., Hanslow D.J. & Meleo J. 1999. *The Shoreface. In: Short A.D. (Ed.) - Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, 39–71.
- Demir H., Otay E.N., Work P.A. & Borekci O.S. 2004. Impacts of dredging on shoreline change. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 130, 4, 170–178.
- Desmazes F., Michel, D., Howa H. & Pedreros R. 2002. *Etude morphodynamique du domaine pré-littoral nord aquitain, site atelier du Truc-Vert*. VI^{ème} Journées Nationales Génie Civil-Génie Côtier, Anglet, Paralia, 7, 15–17.
- Desprez M. 2000. Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the french coast of the eastern English Channel: short and long-term post-dredging restoration. *Ices journal of marine science*, 75, 5, 1428–1438.
- Dickson R.R. & Rees J.M. 1998. *Impact of dredging plumes on Race Bank and surrounding areas*. CEFAS, LOWESTOFT. Unpublished Final Report to MAFF, U.K., 15 p.
- DPDPM 2007. *Etude de reconnaissance géophysique des gisements de sable en vue de la protection des plages de l'Atlantique*. Rapport définitif. Mission 1 : Etude d'identification des zones potentiellement exploitables, 176 p.
- DPDPM 2008. *Etude de sédimentologie des ports et du littoral marocain*. Mission 2 : identification des zones d'accumulations de sables et potentiellement exploitables. Rapport final, n° 17124436-M2R1, 92 p.
- DPDPM 2011. *Etude d'expertise sédimentologique de la plage de Mehdiya*. Rapport final, n° 1712781, 81 p.
- Duclos P.A. 2012. *Impacts morpho-sédimentaires de l'extraction de granulats marins. Application au bassin oriental de la Manche*. Thèse de doctorat de l'Université de Rouen, 272 p.
- Garrad P.N. & Hey R.D. 1987. Boat traffic, sediment resuspension and turbidity in a broad land river. *Journal of hydrology*, 95, 289–297.
- Gonçalves D.S. 2014. Morphodynamic evolution of a sand extraction excavation offshore Vale do Lobo, Algarve, Portugal. *Coastal Engineering*, 88, 75–87.
- GEODE 2012. *Suivis environnementaux des opérations de dragage et d'immersion. Guide méthodologique*. Rapport 134 p.
- Hallermeier R.J. 1981. A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. *Coastal engineering*, 4, 253–277.
- Hakkou M. 2012. *Contribution à l'étude de la dynamique morphosédimentaire du littoral Bouknadel Kenitra*. Thèse de doctorat. Université ibn Tofail, Faculté des sciences, Kénitra, Maroc), 266 p.
- Hakkou M., Castelle B., Benmohammadi A. & Zourarah B. 2011. Wave climate and morphosedimentary characteristics of the Kénitra-Bouknadel sandy coast (Morocco). *Environmental earth sciences*, 64, 1729–1739.
- Hardisty J. 1994. Beach and nearshore sediment transport - In K. Pye (Ed.) - *Sediment Transport and Depositional Processes*. Blackwell Scientific Publications, London, 219–255.
- Hitchcock D.R. & Bell S. 2004. Physical impacts of marine aggregate dredging on seabed resources in coastal deposits. *Journal of coastal research*, 101–114.
- Hitchcock D.R., Newell R.C. & Seiderer L.J. 1999. *Investigation of benthic and surface plumes associated with marine aggregate mining in the United Kingdom*. Bridgend, coastline survey, 108 p.
- Inman D. L., Elwany M. H. S. & Jenkins S. A. 1993. Shore rise and bar-berm profiles on ocean beaches. *Journal of geophysical research*, 98, 18181–18199.
- Jaaidi E.B. & Cirac P. 1987. La couverture sédimentaire meuble du plateau continental atlantique marocain entre Larache et Agadir. *Bulletin de l'Institut Géologique du Bassin d'Aquitaine*, 42, 33–51.
- Komar P. D. 1998. *Beach processes and sedimentation*. Prentice Hall, 2nd edition, New Jersey, 544 p.
- Kubicki A., Manso F. & Diesing M. 2007. Morphological evolution of gravel and sand extraction pits, tromper wick, balticsea. *Estuarine, coastal and shelf science*, 71, 647–656.
- Migniot C. & Viguier, J. 1980. Influence de l'extraction des granulats en mer sur l'équilibre du littoral. *La Houille Blanche*, n° 3, pp. 177–194.
- Newell R.C., Seiderer J.I. & Hitchcock D.R. 1998. The impact of dredging works in coastal waters: a review of sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the seabed. *Oceanography and marine biology: an annual review*, 36, 127–78.
- Newell R.C., Hitchcock D.R. & Seiderer L.J. 1999. Organic enrichment associated without wash from marine aggregates dredging: a probable explanation for surface sheens and enhanced benthic production in the vicinity of dredging operations. *Marine pollution bulletin*, 38, 809–818.
- Nicholls R.J., Birkemeier W.A. & Lee G.H. 1998. Evaluation of depth of closure using data from Duck, NC, USA. *Marine geology*, 148, 179–201.
- Roos C.P., Hulscher S.H. & De Vriend H.J. 2008. Modelling the morphodynamic impact of offshore sand pit geometries. *Coastal engineering*, 55, 704–715.
- Tillin H.M., Houghton A.J., Saunders J.E., Drabble R. & Hull S.C. 2011. *Direct and indirect impacts of aggregate dredging*. Rapport mepf/10/p144, 41 p.
- Van Rijn L. & Walstra D.J. 2002. *Morphology of pits, channels and trenches. Part I: Literature review and study approach*. Report z3223, wl delft hydraulics, 92 p.
- Van Rijn L., Soulsby R., Hoekstra P. & Davies A.G. 2005. *Sandpit, sand transport and morphology of offshore mining pits*. Aqua publications, The Netherlands, 156 p.
- Willoughby M.A. & Crabb D.J. 1983. The behaviour of dredge generated sediment plumes in Moreton Bay. Sixth Australian conference on coastal and ocean engineering, 1983: *preprints of papers*. Barton, ACT: Institution of Engineers, Australia, 182–186.

Communiqués, presse et textes juridiques

- ACOPM (Association des corps officiers des ports du Maroc) 2014. *Le sable au Maroc : Des professionnels au chevet d'une ressource capitale pour le développement du pays* (23 avril).
- Chaouq N. 2009. *L'expérience de la valorisation des produits de dragage au Maroc. Regional action strategies for coastal Zone adaptation to climate change*. 1st conference, 23 October, Gaeta, Italy.
- EMM (Energie et Mines Magazine) 2012. *Carrières de sables victimes de pratiques anarchiques*, 2 Décembre.
- METL (Ministère de l'Équipement du Transport et de la Logistique, Maroc) 2013. *Communiqué sur le projet de réforme relatif à l'exploitation des carrières* (Version arabe publiée, 10 octobre).
- METL (Ministère d'équipement, du Transport et de la logistique, Maroc) 2014. *Impact de la houle exceptionnelle du 6-7 janvier 2014 sur les infrastructures portuaires* (Mars 2014).
- Loi n° 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement, Dahir n° 1.03.60 du 10 Rabii I 1424 (12 mai 2003), B. O. n° 5118 du 19 Juin 2003.

Loi n° 08-01 relative à l'exploitation des carrières, Dahir n° 1-02-130 du 1er Rabii II 1423 (13/6/2002), B. O. n° 5036 5 juin 2002.

Dahir 9 Joumada II 1332 relatif à l'exploitation des carrières (5 Mai 1914), B. O. 19 juin 1914.

Projet de loi n°27-13 relatif à l'exploitation des carrières, 12 Mars 2014.

Manuscrit reçu le 07/10/2014
Version révisée acceptée le 16/02/2015
Version finale reçue le 02/12/2015
Mise en ligne le 10/12/2015