

Les granulats constituent une matière première essentielle pour l'industrie de la construction. Parmi les sources de matériaux, les granulats alluvionnaires sont de plus en plus difficiles à exploiter, compte tenu de leur raréfaction croissante et des contraintes environnementales. Les matériaux marins, analogues par leurs caractéristiques géotechniques, représentent un potentiel bien connu mais néanmoins encore sous-exploité. Pourtant, depuis quelques années, des projets d'exploration et d'exploitation de taille conséquente sont engagés.



Les matériaux marins



Claude Augris

IFREMER, UNITÉ GÉOSCIENCES MARINES,
CENTRE BRETAGNE
Claude.Augris@ifremer.fr

Laure Simplet

IFREMER, UNITÉ GÉOSCIENCES MARINES,
CENTRE BRETAGNE
Laure.Simplet@ifremer.fr

**Drague aspiratrice en marche
(Navire Saint-Germain, armement STFMO).**

Trailing suction hopper dredger in operation
(Saint-Germain vessel, shipowner STFMO).

© Armement STFMO.

Le plateau continental, prolongement naturel des terres dans le milieu marin, est susceptible de receler les mêmes ressources que sur les continents. L'exploitation des hydrocarbures sous-marins en est un exemple. Les plateformes continentales sont caractérisées principalement par leur couverture de sédiments meubles qui contient souvent des substances utiles : sables et graviers siliceux et calcaires, algues calcaires, sables minéralisés.

Parmi les substances minérales utilisées en France, les granulats tiennent, en quantité, la deuxième place après l'eau. La consommation de granulats était de 379 millions de tonnes (Mt) en 2011, en recul par rapport à 2006 (428 Mt) [source Union nationale des producteurs de granulats (UNPG)], la part des granulats alluvionnaires ne cessant de décroître (40 % en 2006, 31 % en 2011) au profit des granulats concassés et recyclés (figure 1). Aujourd'hui, les vallées alluvionnaires situées près des grands centres industriels et des zones urbanisées sont activement

“ Parmi les substances minérales utilisées en France, les granulats tiennent, en quantité, la deuxième place après l'eau. ”

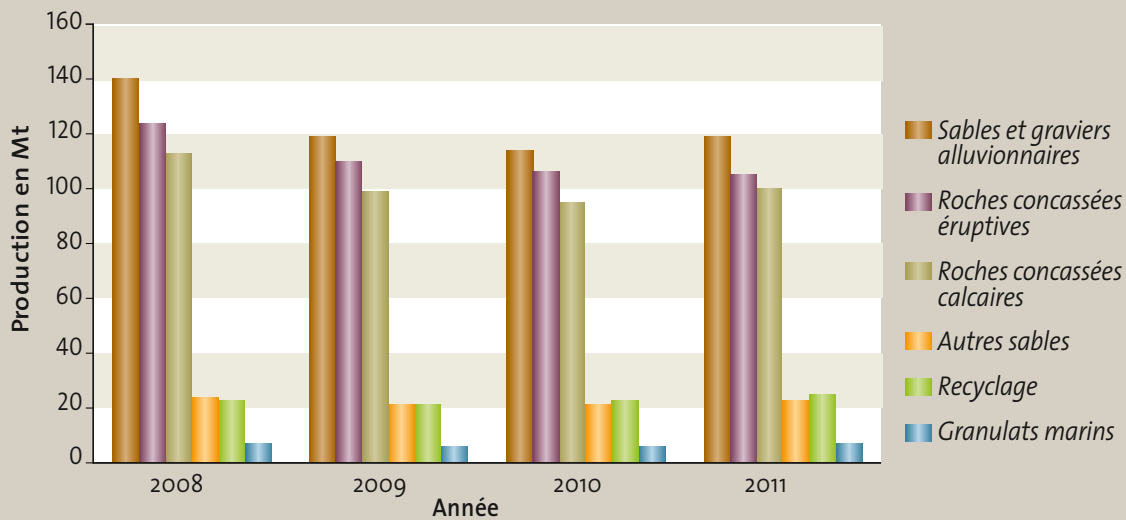


Fig. 1 : Évolution de la production française de granulats entre 2008 et 2011.

Fig. 1: Evolution in the French production of aggregates between 2008 and 2011.

Source : UNPG (Union nationale des producteurs de granulats).

exploitées. On assiste à une diminution, voire un épuisement des ressources qui, dans certaines régions, pose un réel problème d'approvisionnement.

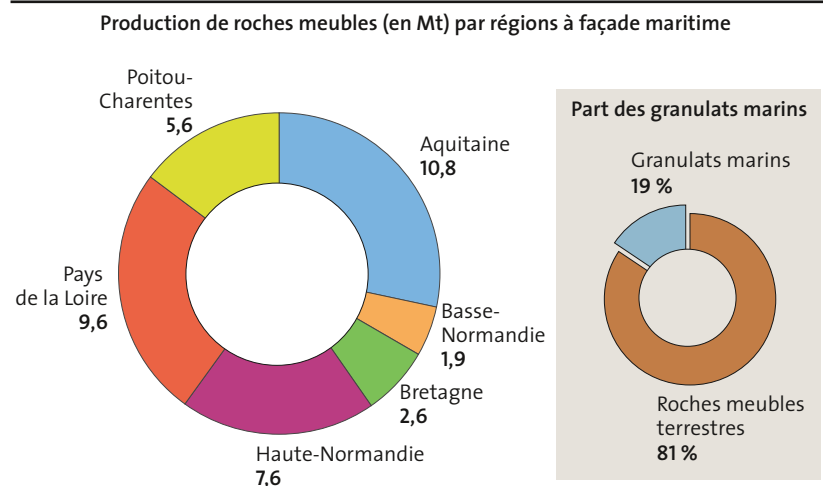
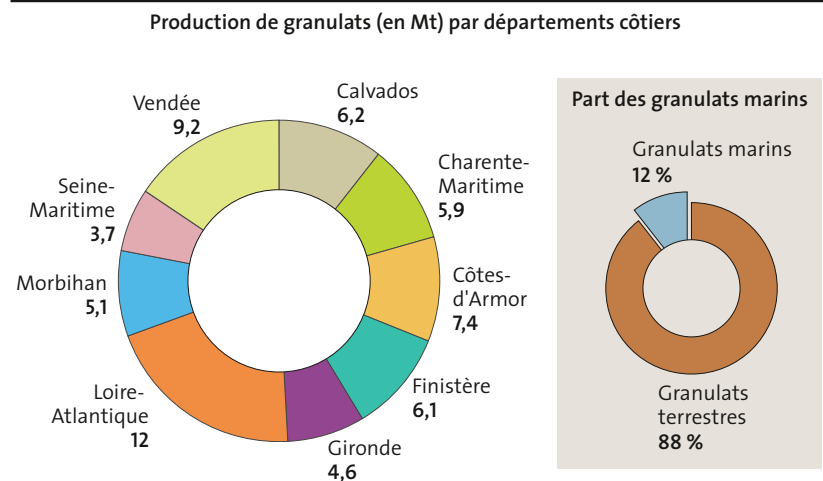
Cette évolution entraîne une série de problèmes techniques au niveau de certains usages, les granulats entrant notamment dans la composition des bétons (secteur du BTP) ou des enrobés routiers (secteurs des transports). La recherche d'alternatives aux granulats alluvionnaires est à l'origine de l'intérêt porté aux ressources en granulats marins (demande croissante de permis d'exploration et d'exploitation), avec en conséquence de nouveaux enjeux et conflits d'usage pour l'espace maritime.

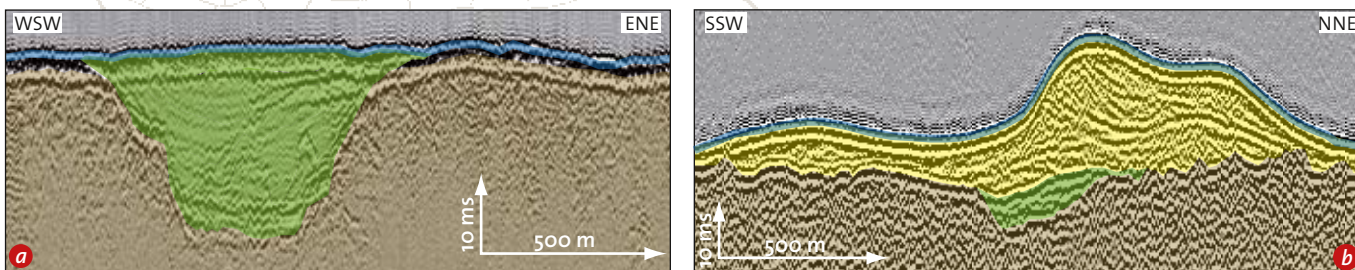
La part des granulats marins ne représente actuellement que 2 % de la production nationale, mais peut prendre une proportion significative dans les quantités extraites de granulats pour les départements côtiers ou dans l'utilisation de roches meubles pour les régions à façades maritimes, sièges d'extractions en mer (figure 2).

Fig. 2 : Panorama des quantités extraites de granulats par départements côtiers et de roches meubles par régions à façade maritime, ayant des sites d'extraction en mer.

Fig. 2: Overview of aggregate production for coastal Departments with marine extraction licenses.

Sources : UNPG (Union nationale des producteurs de granulats), 2011 et Unicem (Union nationale des industries de carrières et matériaux), 2010.





— Fond de mer Remplissage de paléovallée Corps sableux Substratum rocheux

L'inventaire des granulats siliceux et des matériaux calcaires

Origine des matériaux

Les matériaux sous-marins extraits actuellement en France sont les sables siliceux et calcaires, et les algues calcaires (maërl⁽¹⁾). Les granulats siliceux sont destinés au secteur du bâtiment et travaux publics (BTP). Les substances calcaires, dont le maërl, sont utilisées principalement en agriculture, pour l'amendement des sols, et dans le traitement des eaux.

Ces matériaux se sont accumulés à la faveur de processus continentaux ou marins. Dans le premier cas, il s'agit le plus souvent d'alluvions qui résultent

(1) La directive européenne Habitats considère les bancs de maërl comme un habitat nécessitant protection et gestion. De ce fait, et à l'instar de la majeure partie des États membres, la France a programmé l'arrêt de son exploitation fin 2013.

de l'altération et de l'érosion de roches, puis de leur transport et dépôt dans les vallées d'un ancien réseau fluvial (figure 3a), creusé au cours des phases de régression (périodes glaciaires) du Quaternaire, lorsque le plateau continental était émergé. Ce phénomène a permis l'accumulation de sédiments de toute origine, mais aussi de minéraux lourds tels que la cassitérite (Sn), le rutile (Ti), le platine, l'or, le diamant... Dans le second cas, il s'agit de dunes hydrauliques ou de bancs, d'importance variable, construits sous l'effet des courants (dérive littorale, houle, marée) qui ont redistribué une partie des sédiments (figure 3b).

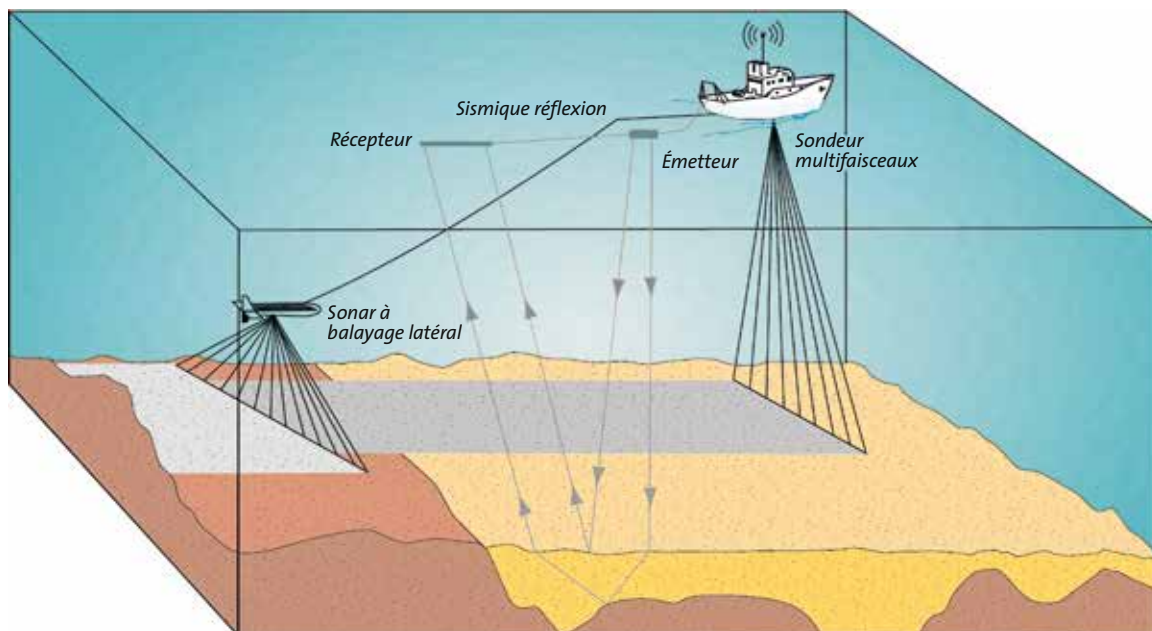
Techniques de reconnaissance

Les techniques de reconnaissance utilisées pour la mise en évidence de ressources en matériaux marins reposent sur deux types de méthode : indirecte et directe.

▲ **Fig. 3 : Image d'un remplissage de paléovallée (a) et d'une dune (b) par sismique réflexion en baie de Lannion (Bretagne Nord).**

Fig. 3: Seismic record of a buried valley (a) and of a dune (b) in the Bay of Lannion, northern Brittany, France.

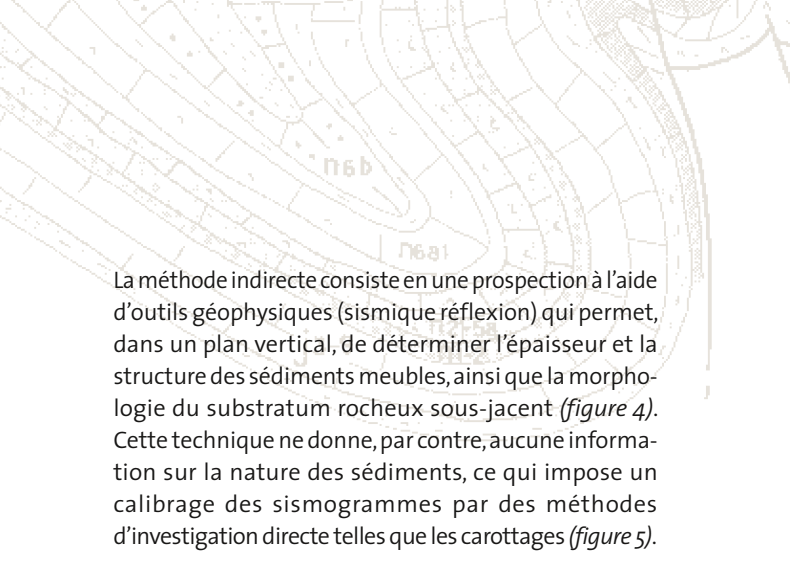
Source : Ifremer.



▲ **Fig. 4 : Principe de fonctionnement des différentes techniques acoustiques de cartographie sous-marine.**

Fig. 4: The operating principle for the various acoustical techniques for sea-bed mapping.

Source : Ifremer.



La méthode indirecte consiste en une prospection à l'aide d'outils géophysiques (sismique réflexion) qui permet, dans un plan vertical, de déterminer l'épaisseur et la structure des sédiments meubles, ainsi que la morphologie du substratum rocheux sous-jacent (figure 4). Cette technique ne donne, par contre, aucune information sur la nature des sédiments, ce qui impose un calibrage des sismogrammes par des méthodes d'investigation directe telles que les carottages (figure 5).

Ressources et réserves

Les études entreprises dans le cadre de l'inventaire national des matériaux marins (CNEXO, 1969-1980) ont permis d'évaluer à environ 33 milliards de mètres cubes le volume de sédiments meubles disponibles. Les travaux n'ont porté que sur une partie des zones côtières comprises entre 10 et 50 mètres de profondeur, à l'intérieur des eaux territoriales (12 milles nautiques⁽²⁾).

Plus récemment, en 2005, à la demande du ministère chargé de l'Écologie, le potentiel de ressources a été re-évalué à la lumière des études réalisées en particulier par Ifremer et quelques universités (Bretagne Occidentale, Bretagne Sud, La Rochelle, Bordeaux). Ainsi, sur les façades Manche orientale et Loire-Gironde, jusqu'aux limites de la zone économique exclusive (ZEE) française (environ 100 mètres

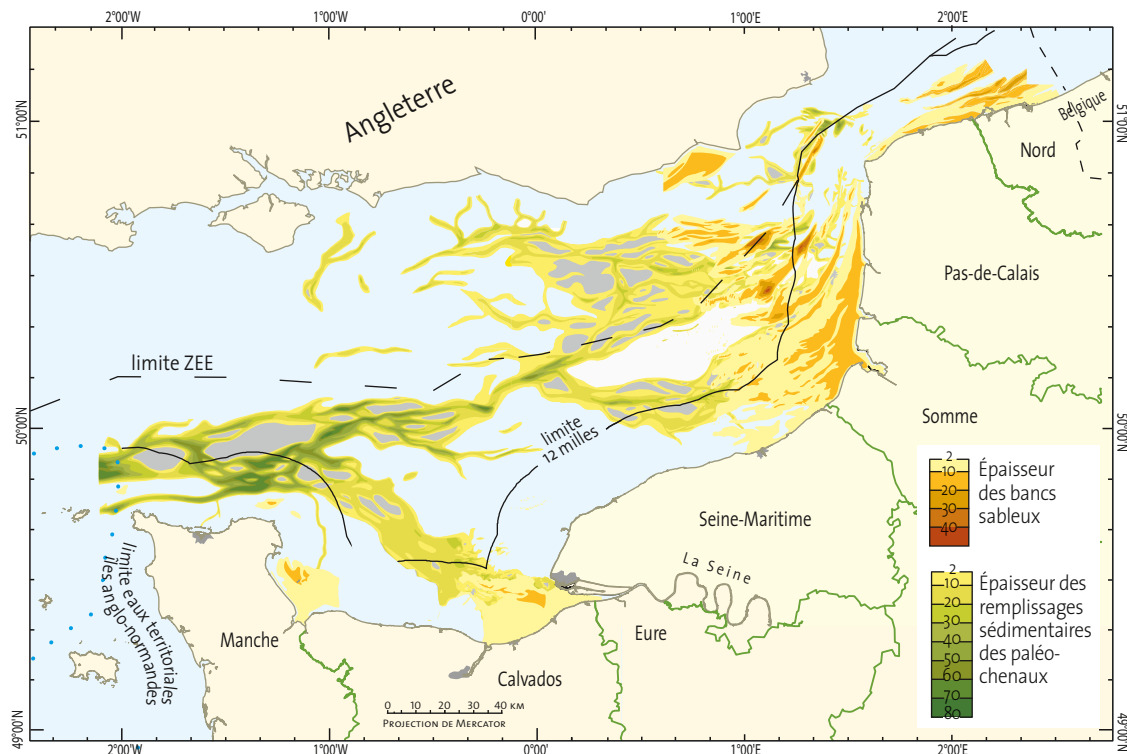
(2) 1 mille nautique = 1 852 mètres.



▲ **Fig. 5 : Carottier pour les sédiments meubles du plateau continental.**

Fig. 5: Coring for soft sediments on the continental shelf.
© Ifremer – C. Augris.

de profondeur), les ressources sont estimées à 170 milliards de mètres cubes (figure 6). L'extension de cet inventaire (encadré), en cours pour l'ensemble des façades Manche et Atlantique (www.ifremer.fr/sextant/fr/web/granulats-marins), a permis de réévaluer le potentiel en sédiments meubles à 540 milliards de mètres cubes.



▲ **Fig. 6 : Ressources en matériaux marins identifiées en Manche orientale.**

Fig. 6: Marine material resources identified in eastern Channel.
Source : Ifremer.

En raison de nombreuses contraintes, les réserves exploitables se limitent à environ 2 % du volume inventorié des ressources.

Si les ressources sont abondantes, les réserves exploitables sont beaucoup plus faibles et tiennent compte de différents paramètres :

- la profondeur d'eau accessible aux navires sabliers (dragues), actuellement 50 mètres environ ;
- la présence d'activités humaines (pêche, câbles, routes maritimes, zones de la défense nationale) ;
- l'existence de secteurs réservés, reconnus comme essentiels à l'équilibre écologique du milieu marin (frayères, flore et faune benthiques assurant le renouvellement de la nourriture des espèces commerciales, nurseries) ;
- l'existence de secteurs protégés en vertu de dispositions européennes et nationales (ZNIEFF, Natura 2000, AMP) ;
- la nature des sédiments, qui doivent pouvoir être utilisés directement, sans rejet.

Toutes ces contraintes, qui sont évolutives dans le temps, limitent les réserves exploitables à environ 2 % du volume inventorié des ressources.

L'exploitation des gisements

L'exploitation des sables marins est relativement ancienne puisque l'on trouve dans la plupart des ports français des récits sur les gabarres ayant servi au chargement et au transport du sable.

Les gisements exploités aujourd'hui se répartissent entre Dieppe et la Gironde (figure 7) et présentent des caractéristiques variées : profondeurs comprises entre 5 et 50 mètres, superficies entre 0,2 et 50 kilomètres carrés et distances à la côte variant entre 0,3 et 38 kilomètres. Les sites d'extraction occupent 128 kilomètres carrés des fonds marins (soit 0,03 % de la surface de la ZEE métropolitaine). Si pendant longtemps la façade atlantique a fourni les deux tiers des granulats siliceux extraits en France, l'ouverture de deux sites d'extraction et l'instruction en cours de trois concessions en Manche feront prochainement de cette dernière la

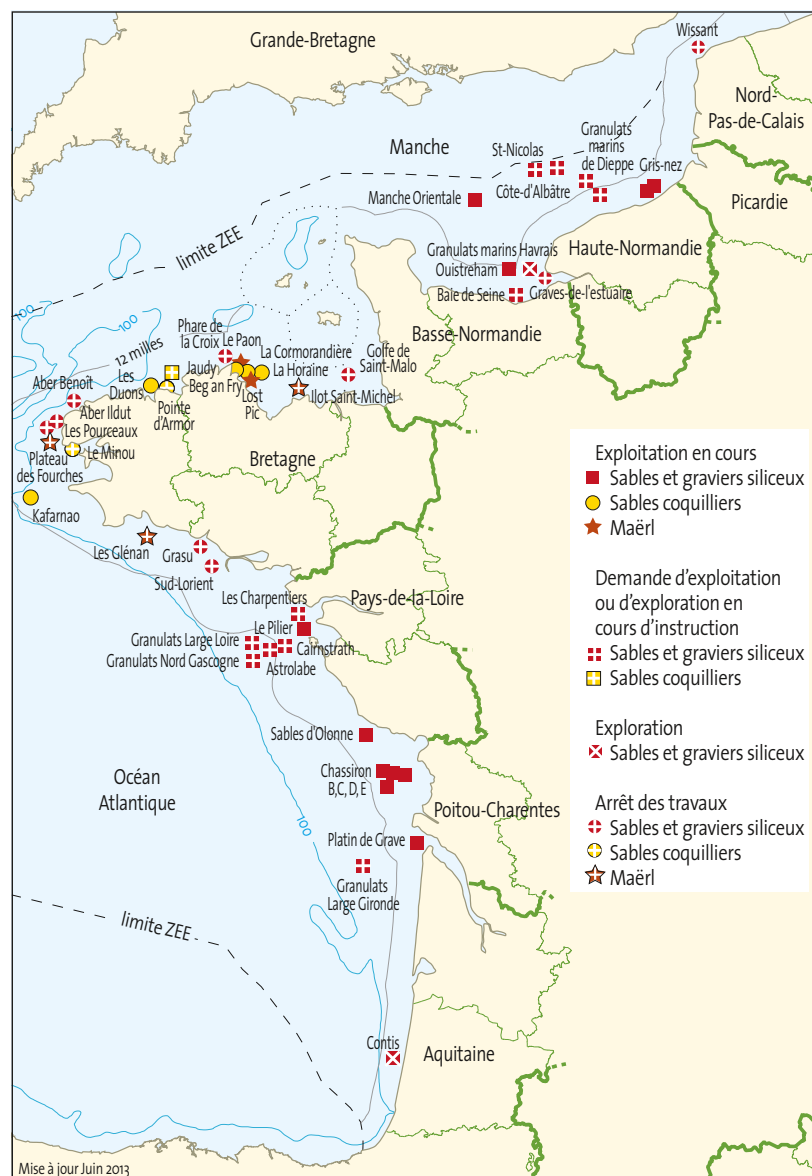
plus productive. La Bretagne demeure la seule région exploitant les matériaux calcaires (sables coquilliers). Il existe également une exploitation de sables coralliens en Guadeloupe, ainsi qu'une petite activité d'extraction de sables siliceux à Saint-Pierre-et-Miquelon.

Les exploitations utilisent presque toutes la technique de la drague aspiratrice en marche (photo d'entrée). Un navire sablier traditionnel à la benne travaille encore en Bretagne Nord pour l'extraction du maërl et du sable coquillier.

Fig. 7 : Titres miniers et projets en cours liés aux granulats marins en France métropolitaine en 2013.

Fig. 7: French Marine aggregates licenses and applications in 2013.

Source : Ifremer.



► INVENTAIRE DES RESSOURCES TERRESTRES EN GRANULATS DES FAÇADES MARITIMES FRANÇAISES

David Dessandier – BRGM – Direction des Géoressources – d.dessandier@brgm.fr

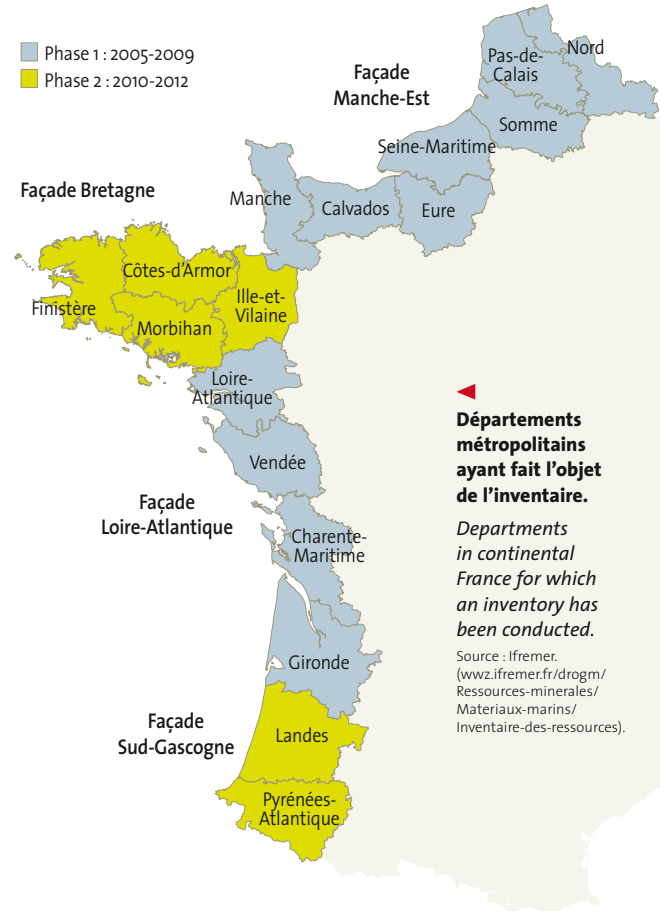
Ces vingt dernières années, l'accroissement progressif des préoccupations environnementales a conduit à un durcissement des conditions d'accès aux ressources du sous-sol, dont celles en granulats. L'objectif de réduction des extractions en lit majeur de cours d'eau a entraîné une baisse progressive de la production en granulats alluvionnaires, engendrant une demande croissante en matériaux de substitution, issus de carrières terrestres ou extraits en mer.

Constatant la forte augmentation des demandes de permis d'exploration et d'exploitation de granulats marins, le ministère chargé de l'Écologie a missionné au début de l'année 2005 le BRGM et l'Ifremer afin qu'ils mènent conjointement une « étude sur la ressource en granulats terrestres et marins visant à délimiter les zones d'extraction favorables en intégrant les préoccupations d'ordre halieutique et les impératifs économiques et techniques d'approvisionnement en granulats marins ». Les zones d'étude considérées sont les façades maritimes des départements métropolitains côtiers et des départements et régions d'outremer (DROM).

Concernant le volet piloté par le BRGM, l'objectif est de dresser un inventaire des ressources terrestres en granulats (issus de roches meubles et de roches massives concassées) et d'identifier les secteurs géographiques favorables à une mise en exploitation, en tenant compte des enjeux environnementaux.

Ont été livrés successivement les inventaires concernant les départements de la façade atlantique métropolitaine : Manche-Est et Atlantique-Nord (2009), Bretagne (2010), sud-Gascogne (Landes et Pyrénées-Atlantiques, 2011). À signaler qu'aucun inventaire concernant la façade méditerranéenne n'est à l'ordre du jour : les besoins en granulats y sont moindres et les espaces disponibles extrêmement contraints. Concernant les DROM, les inventaires devraient s'achever fin 2014 avec celui de la Guyane.

Les résultats de l'ensemble de ces inventaires sont accessibles sous forme de cartes et de rapports publics sur le portail Internet de l'Observatoire



des matériaux (<http://materiaux.brgm.fr>) à la rubrique « Façade maritime ». Les résultats du volet « granulats marins » piloté par l'Ifremer sont consultables sur www.ifremer.fr/drogm/Ressources-minerales/Materiaux-marins/Inventaire-des-ressources.

La quantité annuelle de matériaux autorisée à l'exploitation, déterminée sur la base des quotas délivrés par arrêté préfectoral en 2013, est de 10,5 millions de mètres cubes (dont 2,5 % pour les matériaux calcaires). Par ailleurs, une importation de l'ordre du million de mètres cubes arrive dans les ports de la Manche Est. Une dizaine d'entreprises, dont des groupements, sont liées à cette activité qui fait intervenir environ 6 500 personnes (marins, fonctions administratives, commerciales et techniques) (source UNPG).

L'exploitation des granulats marins est régie par le Code minier, qui impose l'octroi de trois documents :

- un décret ministériel pour l'obtention de la concession, dont la durée peut être demandée jusqu'à cinquante ans ;
- un arrêté préfectoral d'ouverture de travaux miniers, qui fixe les conditions d'exploitation, les quotas autorisés et les modalités de suivi environnemental ;
- un arrêté préfectoral d'occupation temporaire du domaine public maritime, qui définit le montant de la redevance dite « domaniale » (fixée par mètre cube

extrait et par type de matériau) pour les extractions ayant cours à l'intérieur des eaux territoriales (12 milles nautiques).

Depuis 2006, les demandes de concession et d'ouverture de travaux peuvent être déposées conjointement (décret 2006-798 du 6 juillet 2006).

Les répercussions sur l'environnement

L'exploitation du fond de la mer, quels que soient son objectif et les précautions prises, entraîne des modifications temporaires ou permanentes du milieu marin. C'est un système complexe où les facteurs physiques et biologiques sont interdépendants (figure 8).

Au cours de l'extraction de granulats, l'eau est le premier milieu altéré, par la création d'une turbidité : en profondeur, par le passage du bec d'élinde, en surface par le rejet des particules fines avec l'eau de la surverse (ou déverse). Si faible soit-elle, on ne peut tenir cette turbidité pour négligeable du fait de ses implications sur la flore et la faune benthiques. Les particules fines forment un panache qui, entraîné par les courants, se dépose à nouveau soit en mer, pour être éventuellement remobilisé, soit sur le littoral. À la suite de l'extraction, un changement de la morphologie du site exploité peut modifier le régime des courants de fond. En modifiant ainsi l'équilibre des sédiments superficiels, ces extractions pourraient ainsi influencer sur l'érosion côtière, particulièrement dans le cas d'exploitation à proximité des côtes et à faible profondeur. De plus, les excavations peuvent rendre ces secteurs temporairement impropres au chalutage.

Les effets des exploitations sur les ressources biologiques sont soit immédiats, donc manifestes, soit à long terme, auquel cas seul un suivi sérieux permettrait d'en mesurer l'importance. Parmi les répercussions immédiates, la destruction du peuplement benthique dans la zone d'exploitation est indéniable. Cette destruction affecte essentiellement les invertébrés, qu'ils soient exploités par l'homme ou sources de nourriture pour certains poissons. Il convient de citer également le risque de destruction des frayères pour les espèces qui pondent sur le fond (hareng en Manche orientale et en Mer du Nord), dont l'intérêt commercial est important, et des nourriceries où se concentrent les jeunes individus. Les répercussions à plus long terme sont moins aisées à mettre en évidence. Elles sont difficiles à différencier des variations saisonnières ou annuelles naturelles.

C'est pourquoi le Code minier, qui régit l'activité extractrice en mer, impose la fourniture d'une étude d'impact détaillée (dont le contenu est défini par le Code de l'environnement) lors de toute demande de permis de recherche, de concession et d'ouverture de travaux. Cette étude d'impact s'attache au recensement bibliographique et à l'analyse des documents, à l'acquisition de données nouvelles dans les domaines de la géologie, de la physique, de la biologie benthique et de l'halieutique, et à leur interprétation.

Pour le domaine géologique, un des principaux outils de caractérisation de l'environnement marin est le sonar à balayage latéral⁽³⁾. Il permet la cartographie des fonds, sur le plan horizontal, en fournissant une

(3) - <http://flotte.ifremer.fr/Presentation-de-la-flotte/Equipements/Equipements-acoustiques/Sonar-lateral>

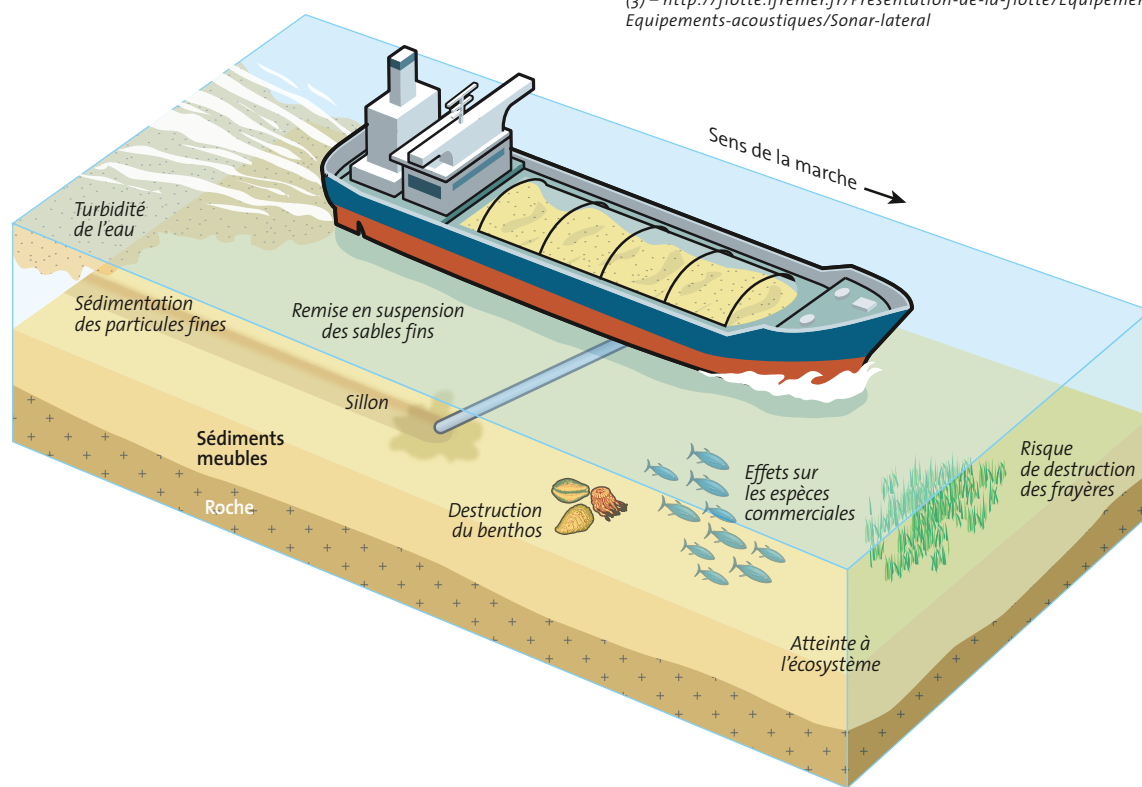


Fig. 8 : Impacts de l'exploitation des matériaux marins sur le milieu.

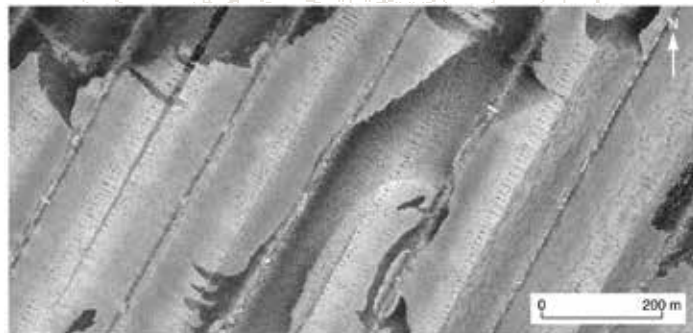
Fig. 8: Impacts on the environment of the extraction of marine minerals.

Source : Ifremer.

▼ Fig. 9 : Extrait de mosaïque d'images acoustiques et carte de nature des fonds déduite, en baie de Lannion (Bretagne Nord).

Fig. 9: Part of a backscatter map and the derived surficial geology map in the Bay of Lannion, Northern Brittany, France.

Source : Ifremer.



- Galets et sables grossiers
- Sables, graviers et cailloutis coquilliers (80 à 90 %)
- Sables moyens à grossiers coquilliers (80 à 90 %)
- Roches toujours immergées
- Mélange hétérogène siliceux et coquillier à galets, graviers, sables et coquilles en proportion variable
- Sables grossiers à très grossiers coquilliers (80 à 90 %)
- Sables très fins à fins siliceux (70 %) et coquilliers (30 %)
- Roche sub-affleurante

image « acoustique » (sonogramme), comparable à une photographie aérienne. L'assemblage des sonogrammes aboutit à une mosaïque d'images qui indique la répartition des différentes formations superficielles et la morphologie détaillée du fond (figure 9). Afin de vérifier les hypothèses de la reconnaissance par cette technique et de connaître la nature des constituants, il est impératif de calibrer les données par des prélèvements ponctuels à l'aide d'une benne et parfois par l'observation au moyen d'une caméra vidéo. L'intérêt des informations acquises par le sonar à balayage latéral pour la reconnaissance des sites réside dans :

- la réalisation d'un état de référence des fonds marins directement concernés par le projet d'exploitation, mais aussi des fonds environnants ;
- la délimitation précise des différents types de fonds meubles, utiles à la définition des relations sédiments-faune (habitats) dans le cadre de l'étude d'impact ;
- la connaissance des conditions hydrodynamiques (courants, houles) et des directions de transit sédimentaire permettant d'évaluer le risque de l'extraction sur la stabilité du littoral ;
- l'apport d'informations pratiques pour le dragage ultérieur : morphologie et courant sur le fond, identification de secteurs exploitables en individualisant les ensembles sableux des autres faciès sédimentologiques et des affleurements rocheux.

Sur la base de l'avis que l'Ifremer fournit aux Services de l'État lors de l'instruction officielle des demandes, un suivi environnemental est proposé, le plus souvent à échéance quinquennale.

Conclusion

En France, la part des matériaux marins dans la production totale de granulats reste faible, de l'ordre de 2 %. À titre de comparaison, la Grande-Bretagne utilise environ 15 % de sables et graviers siliceux marins. Au rythme actuel d'exploitation, les réserves de granulats marins, actuellement connues, représentent environ un siècle de production. Cependant, cette réserve est de plus en plus sollicitée. Déjà, des demandes de permis de recherche de grande ampleur, sur des surfaces de 400 km² environ, sont déposées, laissant augurer une augmentation de la production de matériaux d'origine marine. Dans ce contexte, l'État, par le biais des ministères chargés de l'Écologie et de l'Industrie, a initié en 2011 une « stratégie nationale pour la gestion durable des granulats terrestres et marins et des matériaux et substances de carrières », qui devrait à terme permettre un accès aux gisements dans une logique de développement durable. ■



Marine materials

The marine materials currently extracted in France are silica sand to supply the construction and public works sector and calcareous sand and algae used for farming purposes. The deposits worked today extend between Dieppe and the Gironde Department.

The yearly volume authorized for extraction for 2013 is set at 10.5 million m³, 2.5% of which are calcareous in nature, extracted only in Brittany. The nationwide inventory for marine materials (1969-1980) conducted in coastal areas yielded an estimated volume of 33 billion cubic meters of available loose sediments to be made. More recently, this potential was reevaluated for the Channel and Atlantic coastlines at 540 billion m³. Although the resources are abundant, recoverable reserves, factoring in such parameters as water depth, the presence of human activities, the existence of preserved and protected sectors and the nature of the sediments, limit the amounts actually available for use to about 2% of the inventoried volume.

Extraction from the seabed results in immediate changes in the marine environment (destruction of the benthic population, impairment of water quality due to turbidity, modified morphology of the seafloor) and is liable to induce longer-term repercussions which are less readily detectable, being hard to discriminate from natural seasonal or annual variations. For this reason, the Mining Code that regulates the extractive offshore industry requires that a detailed environment impact assessment be attached to any mining rights application. With the current pace of extraction, the marine material reserves known today represent approximately one century of production. As this reserve is increasingly solicited, the government has initiated a "national strategy for the sustainable management of continental and marine aggregates and materials and substances drawn from quarries".