



HAL
open science

Le béton à la mer. La construction d'ouvrages de protection portuaire en blocs artificiels dans l'espace méditerranéen (années 1830-1870)

Fabien Bartolotti

► **To cite this version:**

Fabien Bartolotti. Le béton à la mer. La construction d'ouvrages de protection portuaire en blocs artificiels dans l'espace méditerranéen (années 1830-1870). *Revue d'histoire maritime*, 2020, 27, pp.103-118. hal-03049340

HAL Id: hal-03049340

<https://hal.science/hal-03049340v1>

Submitted on 22 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le béton à la mer. La construction d'ouvrages de protection portuaire¹ en blocs artificiels dans l'espace méditerranéen (années 1830-1870)

Fabien Bartolotti

Aix Marseille Univ, CNRS, TELEMME, Aix-en-Provence, France

Dans ses remarquables descriptions du rivage marseillais empreintes des souvenirs de sa jeunesse provençale, Émile Zola se fait le témoin des métamorphoses paysagères liées à l'extension portuaire du XIX^e siècle. Tel un peintre étalant ses couleurs sur une toile, il oppose « la blancheur des promontoires rocheux » aux tonalités plus sombres de « la jetée grise de la Joliette », d'où se détachent « les fines matures des vaisseaux² ». Cette ligne grisâtre se découpant sur fond d'azur n'est rien d'autre que l'ouvrage de protection du bassin auxiliaire du port construit au moyen de blocs artificiels³. Loin d'être une simple curiosité susceptible de captiver le regard d'observateurs avertis, l'emploi du béton préfabriqué sur le littoral marque un tournant majeur de l'histoire technique des travaux maritimes.

Car jusqu'aux années 1830, la plupart des brise-lames sont édifiés en immergeant des blocs préalablement extraits des carrières. L'enrochement « à pierre perdue » s'érige alors en modèle d'ingénierie, sans pour autant exclure des variantes dans sa mise en œuvre. Si, sous la plume de Bernard Forest de Bélidor, il consiste à superposer des couches de moellons et de mortier⁴, il peut également désigner un empierrement sans gâchis de liaison⁵. La seconde option se voit d'ailleurs consacrée à partir de 1788 sur le chantier de la digue de Cherbourg,

¹ L'expression renvoie indifféremment aux jetées, môles, digues et brise-lames destinés à abriter les bassins. Au XIX^e siècle, si les trois derniers termes s'appliquent exclusivement aux constructions extérieures situées « à l'avant des ports », la notion de « jetée » peut également s'employer pour des réalisations intérieures (Jules Regnault, *Manuel des aspirants au grade d'ingénieur des Ponts et Chaussées*, Paris, Mallet-Bachelier, 1857, t. 2, p. 150-155). Au-delà des nuances sémantiques (voir Georges de Joly et Charles Laroche, *Travaux maritimes : ouvrages extérieurs et accès des ports*, Paris, Baillière & fils, 1932, p. 70), ces appellations sont ici considérées comme équivalentes.

² Émile Zola, *Nais Micoulin*, Paris, Charpentier & C^{ie}, 1884, p. 26-27.

³ Les premières immersions de blocs de béton consacrées à la jetée de la Joliette sont effectuées de 1848 à 1851 en complément des enrochements naturels. Voir archives départementales des Bouches-du-Rhône (désormais AD BdR), 6 S 1578, état détaillé des dépenses antérieures à 1850 et situation des travaux du port de la Joliette, 24 janvier 1851. Par la suite, la digue du large s'agrandit au rythme du développement linéaire des bassins. Voir Jean-Lucien Bonillo (dir.), *Marseille. Ville et port*, Marseille, Parenthèses, 1991, p. 52-53.

⁴ Bernard Forest de Bélidor, *La Science des ingénieurs dans les travaux de fortification et d'architecture civile*, Paris, Jombert, 1729, t. 3, p. 61. La méthode est davantage détaillée dans *id.*, *Architecture hydraulique. Seconde partie qui comprend l'art de diriger les eaux de la mer et des rivières à l'avantage de la défense des places, du commerce et de l'agriculture*, Paris, Jombert, 1753, p. 168-177.

⁵ Louis Prud'homme, *Cours pratique de construction*, Paris/Liège, Baudry, 1870, t. 2, p. 227-228. L'ambivalence de la « fondation à pierre perdue », avec ou sans mortier de liaison, est rappelée par Antoine Quatremère de Quincy, *Dictionnaire historique d'architecture*, Paris, Le Clere & C^{ie}, 1832, t. 2, p. 237.

après l'échec d'une méthode de fondation sous-marine par remplissage de caisses coniques en bois⁶. L'influence des pratiques cherbourgeoises est telle que les immersions de pierres sèches sont réemployées outre-Manche pour la jetée de Plymouth (1812-1841)⁷.

Or, au début du XIX^e siècle, des voix s'élèvent parmi les ingénieurs pour pointer les inconvénients du système : lenteur des travaux, difficultés d'approvisionnement sur certains sites d'extraction et problèmes de stabilité en cas de tempête ; autant d'arguments qui sous-tendent la recherche de nouvelles solutions visant à substituer, plus ou moins complètement, les quartiers de roche par de grands cubes en béton. La conjoncture économique et le contexte technique forment, à cet égard, un faisceau de facteurs favorables : la croissance des échanges conjuguée à l'évolution de l'outillage nautique stimule la création de bassins artificiels dans le prolongement des anses naturelles⁸, tandis que se développent les recherches sur la chimie des mortiers et la mécanisation du BTP⁹.

Des années 1830 aux années 1870, l'espace méditerranéen a constitué le principal laboratoire des découvertes, essais et innovations en la matière. Le phénomène n'est pas ignoré par l'historiographie. Qu'il s'agisse des publications sur les matériaux de construction¹⁰ ou des études de cas relatives à certains travaux maritimes¹¹, l'édification de brise-lames en blocs artificiels a pu être abordée de manière ponctuelle. Néanmoins, force est de constater qu'elle demeure peu analysée en tant qu'objet à part entière¹². Influencées par les réflexions sur le rôle des circulations dans les processus d'innovation¹³ ; attentives aux recherches sur l'aménagement des littoraux au prisme de la mondialisation¹⁴ ; mues, enfin, par la perspective d'une histoire comparée des chantiers portuaires, les pages suivantes tenteront d'éclairer l'essor d'une technique située entre terre et mer. La reconstitution de son

⁶ Joseph Marie François Cachin, *Mémoire sur la digue de Cherbourg comparée au breakwater ou jetée de Plymouth*, Paris, Firmin Didot, 1820, p. 6.

⁷ *Ibid.*, p. 44-45.

⁸ Bruno Marnot, *Les Grands Ports de commerce français et la mondialisation au XIX^e siècle*, Paris, Presses de l'université Paris-Sorbonne, 2011, p. 90-101.

⁹ Dominique Barjot, « Innovation et travaux publics en France (1840-1939) », *Histoire, économie et société*, vol. 44, n° 3, 1989, p. 408-409.

¹⁰ André Guillerme, *Bâtir la ville. Révolutions industrielles dans les matériaux de construction (1760-1840)*, Seyssel, Champ Vallon, 1995, p. 28 ; Cyrille Simonnet, *Le Béton. Histoire d'un matériau : économie, technique, architecture*, Marseille, Parenthèses, 2005, p. 22-33.

¹¹ Nathalie Montel, *Le Chantier du canal de Suez (1859-1869) : une histoire des pratiques techniques*, Paris, In Forma/Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 1998, p. 241-242.

¹² Entre la rédaction et la publication du présent article, une première étude d'ensemble vient de paraître : Stefan Holzer, « Building breakwaters with precast concrete blocks (1834-67) », dans Ine Wouters *et al.* (dir.), *Building knowledge, constructing histories*, London, CRC Press, 2018, t. 1, p. 123-130. Se fondant principalement sur des traités d'ingénieurs imprimés, l'exploration passe en revue les chantiers d'Alger, Cherbourg et Marseille.

¹³ Pour l'époque contemporaine, voir la mise au point de Catherine Brice et Delphine Diaz, « Introduction », *Revue d'histoire du XIX^e siècle*, n° 53, « Mobilités, savoir-faire et innovations », dir. Catherine Brice et Delphine Diaz, 2016, p. 9-18.

¹⁴ Bruno Marnot, *Les Grands Ports de commerce français et la mondialisation au XIX^e siècle*, *op. cit.*

parcours méditerranéen permettra d'examiner le rôle respectif des acteurs du génie – ingénieurs, entrepreneurs –, tout en offrant l'occasion d'interroger la portée des réalisations, notamment les ruptures ou les continuités avec les pratiques antérieures.

(RE)NAISSANCE D'UNE TECHNIQUE MARITIME

Le point de départ de l'enquête concerne justement les origines de cette nouvelle méthode de construction portuaire. Pour la plupart des auteurs, la cause est entendue : l'usage maritime des blocs artificiels plonge ses racines au milieu des années 1830, à la suite des expérimentations de l'ingénieur Victor Poirel sur les rivages algériens¹⁵. Né en 1804 à Nancy, il intègre l'École polytechnique en 1822, puis l'École des ponts et chaussées en 1824¹⁶. Deux ans plus tard, il s'embarque pour la Grèce, sur les pas du colonel Fabvier et de ses troupes philhellènes engagés dans la guerre d'indépendance contre l'Empire ottoman. Il participe alors à l'établissement d'un port sur la presqu'île de Méthana, puis conduit une minutieuse exploration de l'archipel grec et des Dardanelles, dont les conclusions servent à l'expédition de Morée¹⁷. Son retour en France n'interrompt pas son itinéraire méditerranéen : après un passage par Marseille, il regagne l'Algérie en 1832¹⁸, au moment où la modernisation du port d'Alger est au cœur des préoccupations gouvernementales françaises.

Les impératifs de la conquête coloniale impliquent en effet un agrandissement des infrastructures pour l'accostage des navires, ainsi qu'un renforcement des moyens de défense contre d'éventuelles attaques¹⁹. À partir de 1833, des enrochements naturels ont été réalisés à la hâte afin de réparer la jetée Khayr ad-Dîn initialement édifiée sous l'ère beylicale²⁰. Mais les opérations s'avèrent inefficaces face aux courants ou aux intempéries qui provoquent le déplacement de roches à l'intérieur de la rade²¹. Convaincu de la nécessité d'accroître le volume et la masse des blocs pour en améliorer la stabilité, Victor Poirel constate que les matériaux extraits des carrières – mesurant de 2 à 3 m³ – ne sont pas en mesure de satisfaire une pareille exigence. Seule la construction de cubes artificiels au plus près des zones

¹⁵ *Ibid.*, p. 217-218 ; Cyrille Simonnet, *Le Béton, op. cit.*, p. 22 ; Jean-Lucien Bonillo (dir.), *Marseille, op. cit.*, p. 52-53.

¹⁶ Victor Poirel, *Notice des travaux de M. V. Poirel à l'appui de sa candidature à l'Académie des sciences*, Saint-Nicolas, Trenal, 1866, p. 3. Voir également les recherches biographiques effectuées dans le cadre de ses activités de collectionneur d'art : Clara Gelly, « La passion d'une collection. Notes sur la vie de Victor Poirel », dans *Nancy. Musée des Beaux Arts*, Saint-Étienne, IAC Éditions, 2006, p. 21-33.

¹⁷ Victor Poirel, *Notice des travaux de M. V. Poirel, op. cit.*, p. 4.

¹⁸ *Ibid.*

¹⁹ Voir Aristide Lieussou, *Études sur les ports de l'Algérie*, Paris, Dupont, 1857, p. 104.

²⁰ Victor Poirel, *Mémoire sur les travaux à la mer comprenant l'histoire des ouvrages exécutés au port d'Alger et l'exposé complet et détaillé d'un système de fondation à la mer au moyen de blocs de béton*, Paris, Carilian-Gœury/Neuve Dalmont, 1841, p. 3-4.

²¹ *Ibid.*

d'immersion permettrait d'atteindre des dimensions supérieures, tout en s'affranchissant des contraintes de transport depuis les sites d'extraction²².

Au vrai, cette réflexion n'est pas tout à fait inédite. Bien des ingénieurs ont tenté, avant lui, de confectionner des « pierres factices » de grand gabarit. En 1776, un certain Calamatra, chargé de consolider le môle de Trajan à Civitavecchia, a conçu des blocs de 18 m³ à partir d'un mélange de chaux, de pouzzolane et de recoupes de pierre²³. Après un séchage de quelques jours sur des plateformes en bois érigées face à la mer, les parallélépipèdes sont jetés à l'eau sans toutefois offrir la résistance escomptée²⁴. Dans une série de manuscrits datant de 1785²⁵, Nicolas Céard, ancien élève des Ponts et Chaussées, propose d'ailleurs d'améliorer la densité des bétons en privilégiant une durée de dessiccation de trois mois, avant de procéder à leur immersion avec un balancier à contrepoids. Mais ses expérimentations sur la jetée de Cherbourg sont également restées vaines²⁶.

Si les écrits de Victor Poirel éludent ces initiatives pionnières, son système n'est pas présenté comme une création *ex nihilo*. Fin lecteur de Vitruve, il explique à quel point l'usage maritime du béton était fréquent chez les Romains. Du *De architectura*, il retient deux méthodes distinctes : d'une part, le coulage du mortier directement sous l'eau dans des caisses sans fond ; d'autre part, le jet à la mer de cubes préfabriqués sur la terre²⁷. Au-delà d'une analyse quelque peu simpliste du texte vitruvien²⁸, l'évocation de l'héritage antique est porteuse de sens. Elle montre que le passage de l'architecture hydraulique classique au génie portuaire des Ponts et Chaussées ne forme pas une rupture nette²⁹ : sinon pour y trouver des sources d'inspiration, au moins pour asseoir la légitimité des innovations, les textes de l'Antiquité restent ici une référence incontournable. Pour justifier sa démarche technique, Poirel ne manque pas non plus de mentionner – avec une certaine distance critique – les études de l'un de ses contemporains, Amand-Rose Emy³⁰. Souhaitant mettre ses connaissances en hydrologie au service du génie maritime, ce dernier soutient que les ondes

²² Archives nationales d'outre-mer (désormais ANOM), GGA 3F 7 F° 91, rapport de Victor Poirel, 22 juin 1837.

²³ Pierre Auniet, « Note sur les ports de l'État romain », *Annales des Ponts et Chaussées*, 1^{er} semestre 1834, p. 151.

²⁴ *Ibid.*, p. 152.

²⁵ *Exposition universelle de 1855. Rapports du jury mixte international*, Paris, Imprimerie impériale, 1856, t. 2, p. 194-195. Les manuscrits en question, décrivant les essais effectués à Honfleur, sont conservés à la Bibliothèque de l'École des Ponts Paris-Tech (désormais BEPPT) sous les cotes Ms 1080 et Ms 2940. Ils ont également fait l'objet de rapports descriptifs. Voir BEPPT, Ms 730 et Ms 732.

²⁶ *Exposition universelle de 1855, op. cit.*, t. 2, p. 195.

²⁷ Victor Poirel, *Mémoire sur les travaux à la mer, op. cit.*, p. 21-22. Le *De architectura* de Vitruve aborde ces questions au chapitre 12 du livre 5.

²⁸ Les méthodes décrites par Vitruve ont fait l'objet de nombreuses interprétations aux XVIII^e et XIX^e siècles. Voir Charles Dubois, « Observations sur un passage de Vitruve », *Mélanges d'archéologie et d'histoire*, n° 22, 1902, p. 439-467.

²⁹ Voir André Picon, « Les travaux maritimes : de l'architecture hydraulique au génie civil », dans Jean-Lucien Bonillo (dir.), *Marseille, op. cit.*, p. 35.

³⁰ Victor Poirel, *Mémoire sur les travaux à la mer, op. cit.*, p. 24-26.

marines suivent un mouvement horizontal correspondant aux déplacements orbitaux des molécules d'eau³¹. Il conclut que les jetées à « pierre perdue » sont vulnérables au phénomène ; elles doivent céder la place à un profil de brise-lames concave recouvert de prismes artificiels de 32 m³³².

Nourri d'apports théoriques, Poirel demeure avant tout un praticien qui recherche des dispositifs opératoires à la fois adaptés aux réalités du terrain et reproductibles ailleurs. Pour réparer le môle Khayr ad-Dîn et soutenir l'agrandissement des infrastructures à Alger, il se livre à des essais sur les pierres factices. Trois domaines principaux sont concernés : le choix d'un calibrage approprié des blocs, la sélection des meilleures matières premières et l'organisation de la construction proprement dite. Il opte empiriquement pour des dimensions de 10 m³ formant un compromis entre stabilité, résistance, faisabilité, manœuvrabilité et coût³³. Le mortier est confectionné dans un grand tonneau avec du sable, de la chaux en pâte et de la pouzzolane tamisée en provenance de la région romaine³⁴. L'incorporation de cette roche d'origine volcanique accroît l'hydraulicité du mélange, c'est-à-dire la propriété de durcir et d'assurer une prise rapide en présence d'eau³⁵. Après adjonction de deux parties de pierrailles pour une partie de mortier, le moulage du béton s'effectue dans des caisses en bois spécialement conçues pour y dessiner des rainures de préhension.

Plusieurs prismes sont ainsi fabriqués et sèchent pendant un à deux mois sur un vaste plan rectiligne attenant à la zone d'édification de la jetée³⁶. Le levage est réalisé à l'aide de palans, treuils et chaînes tandis que des tombereaux, des charriots puis des voies ferrées servent aux différentes opérations de transport jusqu'à la mise à l'eau à l'aide de flotteurs³⁷. En fait, la rationalisation et la division spatio-fonctionnelle des tâches sont inspirées des pratiques mises en œuvre lors des travaux portuaires de Plymouth, où sont amplement utilisés

³¹ S'opposant au principe des mouvements verticaux qui fait autorité depuis les travaux de Brémontier (1809), la thèse d'Émy est au cœur d'une controverse. Voir Amand-Rose Emy, « Du mouvement des ondes en réponse aux articles de MM. Duleau et Virla », *Annales des Ponts et Chaussées*, 2^e semestre 1837, p. 237-266.

³² Amand-Rose Emy, *Du mouvement des ondes et des travaux hydrauliques maritimes*, Paris, Anselin, 1831, p. 156.

³³ Victor Poirel, *Mémoire sur les travaux à la mer*, *op. cit.*, p. 19-20.

³⁴ *Ibid.*, p. 27-33.

³⁵ Cette réaction chimique a été mise au jour par Louis Vicat, *Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires*, Paris, Goujon, 1818, 97 p.

³⁶ Bien qu'il insiste davantage sur la préfabrication à terre, Poirel n'exclut pas une autre possibilité de confection : le moulage du béton directement dans l'eau à l'aide de caisses-sacs (Victor Poirel, *Mémoire sur les travaux à la mer*, *op. cit.*, p. 54-62).

³⁷ ANOM, F80 1526, plans des machines pour fabriquer, soulever et immerger les blocs, 19 janvier 1839. Le développement des voies ferrées s'effectue, à partir de 1843, sous la conduite du successeur de V. Poirel, l'ingénieur J.-B. Krantz. Ses efforts pour rationaliser l'exécution des tâches permettent un gain de « 26,40 francs pour 100 de la dépense en main d'œuvre ». D'après Jean-Baptiste Krantz, « Note sur divers procédés employés pour la fabrication du mortier et du béton sur les chantiers du port d'Alger », *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. 8, 2^e semestre 1844, p. 303 et 329.

des machines et des wagons sur rails³⁸. Le modèle du « chantier des blocs » se situe donc au carrefour de plusieurs influences : il naît en contexte colonial nord-africain, à la faveur de techniques nord-européennes et d'expérimentations prenant en compte les spécificités locales.

CHEMINEMENTS DE PORT EN PORT

La nouvelle des réalisations d'Alger se répand au sein du génie civil, sans toutefois recevoir immédiatement un écho favorable. Aux doutes exprimés par le conseil des Ponts et Chaussées sur la résistance mécanique et chimique des pierres factices en mer³⁹, s'ajoutent les vives critiques d'un ingénieur affecté dans les Bouches-du-Rhône, Hyacinthe Garella. Chargé de visiter les ouvrages algérois en 1838, ce dernier affirme que « le système des blocs artificiels faisait sourire de pitié tous les constructeurs⁴⁰ ». Directement mis en cause, Victor Poirel se lance dans une campagne promotionnelle visant à faire reconnaître l'efficacité des actions entreprises. Aussi l'ingénieur adresse-t-il un mémoire descriptif à l'Académie des Sciences dans l'espoir que celle-ci se prononce en sa faveur. Sa requête trouve satisfaction le 9 novembre 1840, lorsqu'une commission présidée par le savant Charles Dupin conclut – expertises de terrain à l'appui – que le procédé résiste à l'épreuve des grosses mers, présente « beaucoup d'intérêt » et « mérite les encouragements de l'Académie⁴¹ ». S'ensuivent alors une série d'avis dithyrambiques parmi lesquels figure celui du saint-simonien Michel Chevalier, auteur d'un vibrant éloge de la technique et de son créateur en 1842⁴².

L'enthousiasme soudain qui s'empare des spécialistes est non seulement propice à la poursuite des opérations algériennes⁴³, mais stimule surtout l'exportation de la méthode sur d'autres littoraux, en épousant le mouvement d'extension portuaire euro-méditerranéen. Les ingénieurs marseillais y sont sensibles dès le début de la construction du bassin auxiliaire de la Joliette autorisée par la loi du 5 août 1844⁴⁴. D'après le cahier des charges du chantier, la préfabrication des « parallélépipèdes rectangles longs et plats » doit suivre « les dispositions sanctionnées par l'expérience de l'exécution régulière des travaux du môle d'Alger⁴⁵ ». Néanmoins, pour édifier la jetée protégeant la darse, le principe des enrochements naturels

³⁸ André Guillerme, *Bâtir la ville*, *op. cit.*, p. 111-112.

³⁹ ANOM, GGA 3F 7 P° 92, rapport de Victor Poirel, 22 juin 1837.

⁴⁰ D'après un rapport cité par Victor Poirel, *Notice des travaux de M. V. Poirel*, *op. cit.*, p. 5.

⁴¹ Le rapport de la commission est intégralement reproduit dans Victor Poirel, *Mémoire sur les travaux à la mer*, *op. cit.*, p. IX-XI.

⁴² *Le Journal des débats*, 18 juin 1842. Sur les liens entre Victor Poirel et les saint-simoniens, voir Clara Gelly, « La passion d'une collection », *op. cit.*, p. 24-25.

⁴³ Voir ANOM, F80 1522, lettre au ministre de la Guerre, 30 octobre 1842.

⁴⁴ Voir René Borruey, *Le Port moderne de Marseille : du dock au conteneur*, Marseille, Chambre de commerce et d'industrie Marseille-Provence, 1994, p. 21-26.

⁴⁵ AD BdR, 6 S 1578, devis et cahier des charges pour la fabrication et l'immersion de blocs artificiels, 30 janvier 1845.

n'est pas pour autant abandonné : la structure de l'ouvrage comprend un massif pierreux de 395 000 m³ en guise de partie centrale et un revêtement extérieur de 5 000 blocs de béton mesurant 10 m³ chacun⁴⁶. Tandis que la fourniture des calcaires à partir des carrières marseillaises est confiée à plusieurs tâcherons, ce sont les entrepreneurs Jean-Joseph Barthelon et Jean Dussaud qui remportent l'adjudication des prismes artificiels en janvier 1848⁴⁷.

Un an plus tard, les deux hommes s'engagent dans les travaux portuaires d'Alger, en obtenant, jusqu'en 1857, un marché d'extraction de roches et de transport de matériaux⁴⁸. Leur présence sur les quais leur offre l'opportunité d'observer *in situ* la fabrication et l'immersion du béton⁴⁹, puis d'ajuster ou de faire évoluer en conséquence leurs pratiques dans la cité phocéenne. Réciproquement, le regard et l'expérience des Marseillais peuvent enrichir le savoir-faire des bâtisseurs en présence en Algérie, d'autant qu'entre 1855 et 1857, le rayon d'activité algérois de Dussaud s'élargit à la confection des blocs⁵⁰. Au même moment, la firme poursuit son action à Marseille dans le prolongement linéaire de la Joliette, où 100 000 m³ de prismes artificiels doivent recouvrir, du côté du large, un massif d'embrochements naturels de 707 000 m³ pour protéger le nouveau bassin Napoléon (**fig. 1**)⁵¹. Désormais spécialisée dans ce secteur, la société apparaît comme un relais majeur des circulations et correspondances technologiques entre les deux rives de la Méditerranée.

⁴⁶ AD BdR, 6 S 1578, estimation de la dépense probable des travaux, 26 juin 1850. Dans le cadre de la loi de 1844, la fabrication et l'immersion de blocs artificiels sont également entreprises pour le môle du Frioul.

⁴⁷ AD BdR, 373 E 464 n° 109, procuration Dussaud/Barthelon, 23 février 1849. Depuis 1845, Jean Dussaud est aussi impliqué dans la fourniture de blocs naturels pour les aménagements de la Joliette (AD BdR, 6 S 1578, état détaillé des dépenses antérieures à 1850) et de la route de ceinture du port (AD BdR, 6 S 1577, lettre au préfet des Bouches-du-Rhône, 2 juillet 1845). Cela précise les circonstances de son implantation à Marseille évoquées dans : Fabien Bartolotti, « Mobilités d'entrepreneurs et circulations des techniques : les chantiers portuaires de Dussaud frères d'un rivage à l'autre (1848-1869) », *Revue d'histoire du XIX^e siècle*, n° 51, 2015, p. 174.

⁴⁸ ANOM, F 80 1523, procès-verbal de réadjudication, 10 février 1849. Le marché est renouvelé en décembre 1851, puis en avril 1855. Voir les dossiers ANOM, F 80 1540 et F 80 1534.

⁴⁹ Depuis les premiers travaux, la construction des blocs artificiels à Alger s'effectue sous régie de l'administration. Mais en 1849, pour diminuer les dépenses, il est envisagé de confier l'activité à une entreprise selon le principe de l'adjudication publique (ANOM, GGA 3 F 24, séance du 14 octobre 1849). La société Sarlande & Couput en a la charge entre 1852 et 1854 (ANOM, 7 K 6, f° 279).

⁵⁰ ANOM, F 80 1534, lettre du ministre de la Guerre, 7 avril 1855.

⁵¹ AD BdR, 6 S 37/2, adjudication de la jetée du bassin Napoléon, 11 septembre 1856.



Fig. 1. Le chantier des blocs artificiels pour la jetée du bassin Napoléon de Marseille⁵²

Est-ce à dire que le phénomène soit exclusivement associé aux entrepreneurs, dont les déplacements sous-tendent la diffusion de l'innovation sous le nom de « système français⁵³ » ? À dire vrai, les mobilités d'ingénieurs contribuent tout autant à l'exportation internationale de la technique. À l'orée des années 1850, c'est en Italie que Victor Poirel trouve un terrain favorable à sa mise en œuvre. Après des missions en Turquie et dans la Manche, il est appelé par le gouvernement toscan pour la conception du brise-lames de Livourne⁵⁴. Les travaux débutent en août 1853, à l'issue d'une cérémonie dont la presse française se fait l'écho⁵⁵. Ils permettent à l'ingénieur lorrain de se fixer dans le pays pendant une décennie et de réaliser, au début des années 1860, des études sur la modernisation des ports de Gênes, La Spezia, Naples, Tarente, Brindisi, Ancône et Palerme⁵⁶.

Parallèlement à leurs mobilités, les ingénieurs promeuvent les blocs artificiels maritimes par le biais de publications pour les professionnels de la construction. Outre les périodiques du génie civil qui consacrent de longs articles à la question⁵⁷, l'ouvrage d'Esprit

⁵² AD BdR, 7 F 14, détail de la planche n° 3, chromolithographie éditée à Marseille par F. Canquoin, vers 1860.

⁵³ Victor Poirel, *Notice des travaux de M. V. Poirel, op. cit.*, p. 7.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 9-11.

⁵⁵ *L'Illustration*, 27 août 1853.

⁵⁶ Victor Poirel, *Notice des travaux de M. V. Poirel, op. cit.*, p. 11.

⁵⁷ *Revue générale de l'architecture et des travaux publics*, vol. 17, 1859, p. 42-45 et 82-86 ; J. Foy, « Étude sur les ports de mer artificiels et la fabrication des blocs de béton », *Nouvelles annales de la construction*, n° 143, novembre 1866, p. 161-169.

Latour et Auguste Gassend connaît un succès au-delà des frontières⁵⁸. Détaillant les méthodes de l'ingénieur Hilarion Pascal et de la société Dussaud pour l'édification de la jetée du bassin Napoléon de Marseille (1856-1864), il participe bien entendu à la renommée de ses concepteurs, mais érige surtout le profil de brise-lames hybride – massif de pierres recouvert de blocs artificiels – au rang de modèle enseigné à l'École des ponts et chaussées⁵⁹. Le système bénéficie d'une consécration internationale lorsqu'il est présenté à l'Exposition universelle de Londres en mai 1862⁶⁰. Dans ce contexte, il n'est pas étonnant que la technique continue à s'exporter sur des chantiers toujours plus gigantesques. En 1863, l'entreprise Dussaud est retenue pour fabriquer les 250 000 m³ de béton qui doivent servir à protéger Port-Saïd, embouchure septentrionale du canal de Suez alors en cours de percement ; quatre ans plus tard, elle intervient encore aux côtés d'Hilarion Pascal sur le port de Trieste à l'appel des autorités autrichiennes⁶¹.

AU FIL DE L'EAU : ADAPTATIONS, PERFECTIONNEMENTS ET LIMITES

Même si elle suppose une certaine standardisation des ouvrages et des procédés qui en sont à l'origine, la diffusion de cette technique de construction maritime ne s'effectue ni de manière strictement stéréotypée ni de façon linéaire. En aucun cas, elle n'implique une pâle reproduction des pratiques. Loin d'être totalement figées depuis les réalisations algériennes de Poirel, la fabrication et l'immersion des bétons font l'objet d'adaptations ou de perfectionnements en fonction des caractéristiques et des besoins de chaque site. L'édification de la jetée Napoléon à Marseille (1856-1864) marque par exemple un tournant dans l'organisation et l'équipement du chantier littoral. La mécanisation des opérations y est systématisée au point de leur conférer une dimension industrielle⁶². Le débarquement des pierres concassées s'effectue avec une grue motorisée ; les manèges et les bétonnières sont mis en mouvement par un appareil de 15 ch ; le levage des blocs finalisés s'opère grâce à un engin fixe de 8 ch, un treuil et un chariot à vérins actionné par des cylindres d'une puissance équivalente. Lorsqu'elles sont réalisées en pleine mer, les procédures d'immersion nécessitent deux treuils de 6 ch embarqués sur des chalands ; si elles sont pratiquées depuis la terre ferme, une petite locomotive tracte les blocs jusqu'au rivage. De nouvelles machines spécialisées

⁵⁸ Esprit Latour et Auguste Gassend, *Travaux hydrauliques maritimes. Ouvrage descriptif de l'installation des chantiers pour l'exploitation des blocs naturels, la confection des blocs artificiels et l'immersion de ces deux espèces de blocs*, Marseille, Jules Barile, 1860, p. 119-131.

⁵⁹ BEPPT, Ms 399, manuscrit d'Hilarion Pascal sur les digues du port de Marseille, 1866.

⁶⁰ Amédée Bommart, *Rapport sur les travaux publics représentés à l'Exposition universelle de Londres de 1862*, Paris, Chaix & C^{ie}, 1863, p. 335-336.

⁶¹ Archives nationales du monde du travail (désormais ANMT), 1995 060 4661, soumission pour l'exécution des jetées de Port-Saïd, 20 octobre 1863 ; *Nouvelles annales de la construction*, n° 270, juin 1877, p. 83-87.

⁶² Les informations suivantes proviennent d'Esprit Latour et Auguste Gassend, *Travaux hydrauliques maritimes*, op. cit., p. 119-131.

font également leur apparition grâce aux initiatives des entrepreneurs. En charge des travaux, la société Dussaud dépose des brevets d'invention pour des bétonnières mobiles, ainsi qu'un mécanisme « de puissance motrice pouvant être combiné avec la vapeur d'eau⁶³ ».

Cette logique machiniste et usinière est réexportée sur l'autre rive de la Méditerranée pour la réalisation des jetées de Port-Saïd (1863-1869). Compte tenu de l'importance du volume à fabriquer, elle est poussée à son paroxysme : chaque bloc est numéroté puis scrupuleusement calibré d'après un barème mathématique ; les rails y sont massivement déployés – 1 645 mètres de longueur cumulée – et le parc d'engins totalise une puissance de 291 ch, un chiffre six fois supérieur à celui enregistré au cours des opérations marseillaises à la fin des années 1850 (**fig. 2**)⁶⁴.



Fig. 2. L'embarquement des blocs avant immersion à Port-Saïd⁶⁵

Toutefois, les progrès rapides de la rationalisation et du rendement ; tels qu'ils se manifestent en Égypte, ne sauraient occulter la vulnérabilité du chantier. Le terrain sablonneux particulièrement sensible à l'érosion et la proximité immédiate avec la mer accentuent le danger de submersion des magasins à chaux ou du plan de séchage en cas de gros temps. Afin de prémunir les installations contre les risques d'inondation ou d'affouillement, un petit massif de défense en blocs artificiels est érigé le long du littoral, sans toutefois s'avérer pleinement efficace lors de violentes intempéries⁶⁶. En outre, la maîtrise et

⁶³ AD BdR, 9 M 17, procès-verbaux des 5 juin 1857 et 20 septembre 1858.

⁶⁴ ANMT, 1995 060 4661, installations et matériel de l'entreprise Dussaud frères à Port-Saïd, 1^{er} janvier 1866.

⁶⁵ Bibliothèque nationale de France (désormais BNF), VH-265-PET FOL, album de Louis Cuvier, 1867.

⁶⁶ ANMT, 1995 060 4661, lettre du chef du bureau divisionnaire de Port-Saïd, 27 octobre 1868.

la fiabilité des machines à vapeur installées en plein air sont parfois incomplètes, en particulier face aux contraintes climatiques d'une zone aride, aux difficultés d'entretien ou aux problèmes de ravitaillement en eau douce⁶⁷. Autant dire à quel point les tâtonnements demeurent nombreux, en dépit du succès que rencontre la technique de construction dans l'ensemble du bassin méditerranéen.

Le constat vaut également pour la composition du mélange destiné à former les blocs, car la qualité des liants et les dosages ne cessent de varier au gré des adjudications. Sous l'effet des études de Louis Vicat, les propriétés hydrauliques des chaux issues des marnes – calcaires naturellement agrégés à l'argile – suscitent un vif intérêt : leur teneur en silicate d'aluminium pourrait en effet améliorer la cohérence des mortiers en milieu maritime. La découverte stimule la mise au point de ciments artificiels ainsi que l'exploitation de gisements marneux⁶⁸. Parmi eux, les carrières ardéchoises du Teil et les fours Pavin de Lafarge jouissent, à partir de 1845, d'une bonne réputation auprès des ingénieurs de Marseille ou d'Alger, au point de se substituer aux fournisseurs de chaux ordinaire et de pouzzolane⁶⁹. Fidèle à la recette originale, Victor Poirel s'y oppose publiquement, tout en réaffirmant sa préférence pour les mélanges à base de pouzzolane qui offrent une résistance chimique exceptionnelle en présence d'eau salée⁷⁰.

Malgré la controverse, la chaux du Teil s'impose et est massivement employée lors des travaux de Port-Saïd (1863-1869). Contrairement aux réalisations antérieures, les blocs y sont même construits en mortier séché et non en béton. Les impératifs budgétaires conjugués à l'absence de graviers ou de roches concassables à proximité ont conditionné pareille décision. Celle-ci oblige les ingénieurs et entrepreneurs à élaborer empiriquement de nouveaux dosages⁷¹. Or, après l'achèvement des jetées en 1869, l'épreuve du temps ne tarde guère à en dévoiler les faiblesses (**fig. 3**).

⁶⁷ ANMT, 1995 060 4661, lettre d'Auguste Dussaud, 13 juin 1866.

⁶⁸ L'idée de fabriquer une « chaux hydraulique artificielle », avec du calcaire et de l'argile, aboutit à la création du « ciment artificiel ordinaire ». Le procédé de clinkerisation, qui en est à l'origine, consiste à cuire le calcaire et l'argile à très haute température (1 450 °C), puis à broyer le résultat de la combustion (clinker) en y ajoutant de la poudre de gypse. Voir André Guillerme, *Bâtir la ville*, *op. cit.*, p. 171 *sqq.*

⁶⁹ ANOM, F 80 1535, rapport de l'ingénieur en chef, 22 juin 1850 ; AD BdR, 6 S 1578, devis et cahier des charges, 30 janvier 1845.

⁷⁰ *L'Institut*, 11 avril 1866.

⁷¹ Hilarion Pascal ne manque pas de conseiller ses collègues en Égypte : ANMT, 1995 060 4661, lettre du 12 juin 1865.



Fig. 3. Blocs artificiels à Port-Saïd⁷²

En décembre 1873, parmi les 1 474 blocs formant la surface de la jetée ouest, 1 350 ont subi des dégradations, si bien que d'importantes réparations doivent être envisagées⁷³. Afin d'identifier l'origine des détériorations constatées, des échantillons sont prélevés et étudiés par le laboratoire des Ponts et Chaussées. Si les résultats de l'analyse chimique ne mettent en cause ni la qualité d'exécution ni d'éventuelles négligences, ils pointent la fragilité intrinsèque du matériau immergé en pleine mer⁷⁴. L'épisode offre un retour d'expérience destiné à l'ensemble du génie civil : l'emploi du mortier séché en lieu et place du béton constitue désormais un « exemple à ne pas imiter⁷⁵ ».

À l'issue de plusieurs chantiers pionniers, de multiples essais et d'un enchevêtrement de circulations dont l'espace méditerranéen a été le creuset, la technique de préfabrication des prismes artificiels semble atteindre une certaine maturité au milieu des années 1870. En fonction des méthodes à reproduire ou des erreurs à ne plus commettre, son usage se généralise⁷⁶ et se met en scène sous le regard de photographes⁷⁷. Pourtant, le secteur d'activité demeure très évolutif. Les contraintes de l'environnement maritime, la poursuite de

⁷² BNF, VF-560-PET FOL, album de Justin Kozlowski, 1869.

⁷³ ANMT, 1995 060 4686, état de la jetée ouest de Port-Saïd au 31 décembre 1873.

⁷⁴ ANMT, 1995 060 4686, registre des essais du laboratoire des Ponts et Chaussées, 4 septembre 1872.

⁷⁵ Nathalie Montel, *Le Chantier du canal de Suez, op. cit.*, p. 242.

⁷⁶ Voir, par exemple, la description des chantiers portuaires en Italie et en Corse réalisée par Auguste Doniol, « Note sur la situation des travaux maritimes dans les villes de Venise, Livourne, Spezzia, Gênes, Trieste, Île-Rousse et Bastia », *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. 20, 2^e semestre 1870, p. 137-203.

⁷⁷ BNF, IFN-1200131, album de Provost sur les travaux de Port-la-Nouvelle, 1879 ; BNF, IFN-1200050, album du studio Nadar sur les travaux du bassin de la Pinède à Marseille, 1898-1904 ; BNF, IFN-1200040, album des travaux du port de Bône, 1900.

l'extension portuaire et les progrès de l'industrie du béton armé au début du XX^e siècle ne cessent de stimuler la recherche d'une meilleure résistance des brise-lames. De nouvelles formes de blocs, telles que le tétrapode, font alors leur apparition sur les littoraux à partir des années 1950, éclipsant ainsi les simples parallélépipèdes du siècle précédent.