

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 20 (1894)
Heft: 4 & 5

Artikel: Progrès des constructions maritimes
Autor: Gaudard, Jules
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-18228>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

C

1851	1862 •	1873 ••	1884 •••
1852 •	1863	1874 •••	1885
1853	1864	1875 ••	1886 •
1854	1865 •	1876 •	1887 ••
1855	1866	1877	1888 •
1856	1867	1878 •	1889 •
1857	1868	1879	1890
1858	1869 •	1880	1891 •
1859	1870	1881 •	1892 ••
1860	1871 •	1882	1893 •
1861	1872	1883 •	1894

7° L'inflexion d'un pont sous la charge n'est pas un critère infaillible; toutefois, si l'utilité des épreuves de charge peut être mise en doute pour les ponts de chemin de fer, il semble qu'on aurait grand tort de les abolir pour les ponts-routes; à cet égard, il est désirable que toutes les administrations cantonales, communales et autres, adoptent les normes fixées par l'ordonnance fédérale du 19 août 1892, en annexant celle-ci à tous les contrats qui ont trait à des constructions métalliques.

8° La rouille, certes un ennemi redoutable, n'a, à notre connaissance, causé, ou accéléré de beaucoup la chute d'aucun pont; cependant on a trouvé, au cours de certaines démolitions, des exemples vraiment effrayants de corrosion; les ingénieurs chargés de l'entretien des ponts, notamment des passages sur voie, ou des charpentes métalliques dans les gares, ont donc à faire preuve d'une vigilance très minutieuse pour disputer sa proie à cet ennemi silencieux.

9° Les fers se brisant de préférence aux endroits où leur profil change brusquement, il paraît utile d'éviter des gonflements subits, et en particulier des montants du type esquissé à la figure 8.

10° Le fait que quatre fois (Ashtabula, Hopfgarten, Big Otter, et Chester) la machine, première cause du désastre, a franchi heureusement le pont sans éprouver elle-même le moindre mal, prouve qu'il y a un certain retard dans la manière dont se transmettent les perturbations, et en particulier celles qui résultent des vibrations ou des chocs dus à la surcharge.

Il est, par conséquent, permis de se demander si le train fatal a bien été dans chaque cas la véritable cause de la rupture et si, pour certains ponts, surtout pour des ouvrages avariés, celui de Mönchenstein par exemple, des vibrations ou des chocs antérieurs, dus à des trains précédents, n'avaient pas amené la construction à la limite même de sa résistance, c'est-à-dire à un état d'instabilité tel qu'il suffit d'une gouttelette pour faire déborder le vase.

Cette version, que nous sommes loin de prétendre seule exacte, est au moins plausible; nous ne sommes pas seul d'ailleurs à l'envisager comme telle, car elle explique plusieurs des phénomènes les plus singuliers narrés par les témoins oculaires de la catastrophe.

11° Comme on voit, la théorie des ponts métalliques est encore entourée de bien des brouillards; ce n'est qu'en coordonnant les résultats de nombreuses observations de tous genres

qu'on arrivera à l'en dégager. Ces observations sont laborieuses et exigent autant de patience, de persévérance et de jugement que d'exactitude et de science; toutes celles qu'on a pu faire depuis 1891 ne sont encore qu'une minime partie de ce qu'il faudrait pour jeter une lumière plus complète sur certains points.

Puissent les quelques renseignements qui précèdent y contribuer pour notre faible part.

Lausanne, mai 1894.

PROGRÈS DES CONSTRUCTIONS MARITIMES

par JULES GAUDARD.

(Suite).

Brise-lames.

La question capitale de la construction des brise-lames a fortement fixé l'attention du Congrès de Londres. Des mémoires ont été présentés par MM. Quinette de Rochemont, pour la France; le chevalier L. Luiggi, pour l'Italie (avec dessins nombreux); le capitaine P. Hansen, pour un port au fort de Middelgrunden, dans le Sund; Möller, pour le port-franc de Copenhague; Carey, pour le port de la Guaira (Vénézuëla); Kinipple, pour un système nouveau propre à cet entrepreneur anglais.

Pour importantes que soient ces constructions avancées vers le large de la mer, le terme le plus propre à les désigner semble assez mal arrêté en France. Tour à tour, on les appelle *brise-lames*, *digues maritimes*, *môles*. Or, ce dernier terme a aussi été appliqué à des traverses accostables ou quais proéminents établis dans des bassins intérieurs. Au mot « digues » il convient d'ajouter le qualificatif « extérieures, » si l'on veut tout au moins donner à entendre que ces ouvrages abritent une rade, une nappe d'eau, contre les flots agités, et non des territoires contre l'eau, comme c'est le cas pour les digues des polders. Enfin, le terme de brise-lames s'entend aussi dans le sens de certaines chambres d'épanouissement, à plan doucement incliné, pratiquées sur le côté d'un chenal dans le but d'étaler, d'amortir les vagues et de les empêcher de se propager jusque dans le port. Toutefois, ces derniers ouvrages étant assez secondaires, il semble difficile de séquestrer à leur usage exclusif une dénomination que les ingénieurs anglais attribuent, avec une décision invariable, aux digues maritimes (*breakwaters*).

Les diverses variétés de brise-lames se rangent entre ces deux types opposés :

— Celui de *Douvres*, muraille à faces à peu près verticales, flancs accostables et stables, mais où la moindre dégradation est grave; cube minimum de matériaux, mais coût spécifique considérable, les blocs devant être ajustés par des plongeurs dans des eaux profondes, soumises à la marée et à la houle;

— Celui à long talus ou à *pierre perdue*, d'un volume énorme, mais de bas prix par mètre cube, si les carrières ne sont pas loin. Ce sont des entassements que bouleversent parfois des tempêtes: tel fut le cas à la digue de Cherbourg,

entreprise dès 1790, ainsi qu'à celle de Plymouth, commencée par Rennie vers 1812. A la longue, le talus du large finit par s'arrimer sous une inclinaison adoucie, capable de se maintenir désormais : souvent 5 ou 6 de base pour 1 de hauteur, parfois jusqu'à 10 ou 12 pour 1 ; à Gênes, M. Luiggi constate 3 pour 1 avec des pierres de 2 à 8 tonnes, et 4 à 5 pour 1 avec des enrochements de moindre calibre.

Cependant, ce remuement, cet arrimage spontané ne se fait sentir que jusqu'à 5 à 7 m., 10 m. au plus sous basse mer, profondeur à laquelle l'agitation est amortie ; aussi le talus, dans l'eau inférieure, reste raidi jusqu'à 1 ou $1\frac{1}{2}$ pour 1, et la même inclinaison se maintient aussi sans peine sur tout le côté intérieur et abrité de la digue. Malgré tout, la section transversale atteint un empiatement considérable dans les grands fonds ; et c'est pour le réduire, autant que pour consolider l'infrastructure qu'on érige à l'ordinaire, au-dessus du niveau de basse mer, un gros mur de défense. C'est ce qu'on fit à Cherbourg, après les affaissements, en même temps qu'on appliqua un fort revêtement au talus du large.

Le formidable amas de pierre perdue, au port militaire anglais d'*Alderney*, parvenu jusqu'à des fonds de 40 m. sous bas niveau et surmonté d'une muraille à parements de granit, a mal résisté à la marée puissante qui court entre l'île et la côte. On ne s'occupe plus, paraît-il, que d'entretenir une certaine longueur proche du rivage, abritant une aire suffisante encore pour une flottille de torpilleurs.

L'emploi de *blocs en béton* de 10 m³, inauguré par Poiré, à Alger, en 1833, ouvre une ère nouvelle, bien que ce ne fût, en quelque sorte, que la résurrection d'une pratique romaine. Il est toutefois bien inutile d'en vouloir constituer le corps complet d'une digue, disposition coûteuse, sauf manque d'autres matériaux. Même entremêlés de pierrailles, ces entassements de prismes, arc-boutés pêle-mêle, n'offrent pas aux ondulations liquides la même étanchéité que la pierre perdue et inégale de petit calibre. A un emploi plus judicieux deux alternatives se présentent : — ou restreindre le rôle des blocs artificiels à la défense du talus ; — ou en constituer le môle entier, mais sous section très réduite, par un empilage régulier.

Le premier mode suppose le gros œuvre constitué en plus petits matériaux. Qu'on y joigne l'idée d'un classement méthodique : premier noyau en enrochements de faible calibre, bien capables d'attendre un peu avant d'être recouverts, puisqu'ils reposent dans une eau assez profonde et relativement tranquille ; entourage en pierres de grosseur moyenne ; revêtement extérieur fait de gros blocs naturels, et renforcé au point critique, c'est-à-dire sur le talus du large et, jusqu'à 5 ou 6 m. au-dessous de la surface de l'eau, par des blocs de béton transportés et jetés pêle-mêle, à l'aide de flotteurs ; que l'on complète cette agglomération en la munissant d'une esplanade accostable, bordée d'un mur de quai, et protégée par un mur de garde surélevé : tel est le type réalisé à *Marseille*, imité à Gênes ; mais dans la suite, — et c'est sur ce point qu'insiste M. Luiggi, — les Italiens en viennent à ranger en *escalier régulier* les blocs artificiels de revêtement du talus. Parodi inauguré cette disposition, en 1879, au môle Galliera, à Gênes, qui atteint des profondeurs de 15 à 29 m. L'inclinaison générale y est d'environ 45° ; ailleurs, elle s'adoucit à $1\frac{1}{2}$ pour 1 ; ou

bien, au contraire, dans des constructions récentes, on l'a raidie à $\frac{3}{4}$ pour 1. Quant au talus intérieur, il se rapproche, au besoin, de la verticale, pour se prêter à l'amarrage des navires.

Ce mode de rangement en gradins s'est généralisé en Italie : Naples, Cagliari, Sicata ; il a été suivi en France, à Cette, et en Russie, à Libau. Si la pierre d'enrochement est rare, on resserre la base de la digue sur le lit maritime, en faisant descendre jusqu'à ce niveau le revêtement de blocs, au lieu de l'arrêter à la profondeur de l'eau calme. A Civita-Vecchia, sur 20 m. d'eau, 4 ou 5 seulement sont occupés par la couche de base en pierraille ; à partir de là, deux murs de blocs en gradins furent bâtis, et leur intervalle fut rempli de pierres de toutes dimensions, mélange plus favorable à l'imperméabilité que ne le sont les triages trop systématiques. A Livourne, Barleta, Salerne, Cotrone, l'escalier de blocs atteint le fond même. Sur un sol tendre, le pied demande à être protégé encore, soit par un radier d'enrochements, comme dans le môle occidental de Cagliari, soit par une file de blocs de béton, échoués en front de l'assise inférieure, comme à Porto d'Anzio.

Craint-on que la vague, courant le long d'assises régulières, menace d'envahir une entrée de port, on la rompra par des éperons, comme au Ponte Paleocapa, à Gênes.

Les seules réparations au môle Giano, de Gênes, depuis 1888, ont consisté à regarnir au mortier de ciment certains parements qui s'écaillaient sous les effets alternants de l'eau et de l'air. Le système demeure suffisamment flexible pour suivre sans dommage quelque tassement, surtout si l'on a soin d'arrondir ou d'abattre en chanfrein les arêtes exposées à rompre. Le môle Est de Cagliari s'étant enfoncé de 1 m⁵⁰ à 2 m. dans le fond sableux, les marches de l'escalier ont simplement pris un peu de contrepente, qu'on croirait presque intentionnelle et calculée pour résister à la poussée du remplissage.

Quant à la grosseur des matériaux naturels d'enrochement usités en Italie, ce sont des pierres de 5 à 50 kg. au premier noyau de base, de 2 à 10 t. au talus extérieur, de $\frac{1}{2}$ à 2 t. au talus intérieur ; dans quelques ouvrages entrent des quartiers de roc pesant jusqu'à 100 t. Les blocs artificiels de protection sont généralement en béton de 1 chaux + 2 pouzzolane + 4 pierre cassée ; leurs dimensions usuelles sont 4 m. \times 2 m. \times 1 m⁶⁰ à 2 m. ; pour quelques-uns, la longueur va à 5 m. Le revêtement se renforce d'épaisseur au voisinage du niveau de l'eau, où il mesure 8 à 12 m. au moins, suivant la violence des tempêtes. L'élévation habituelle au-dessus du niveau de la mer est de 3 m³⁰ à 4 m⁵⁰. S'il y a une plateforme protégée par un mur de garde, ce dernier, aujourd'hui, se fonde presque toujours sur des blocs séparés, et non plus comme autrefois sur du béton coulé en place.

Une variante de revêtement régulier a été appliquée à Carthage : sur une première couverture en blocs de 4 m. \times 1 m⁵ \times 1 m⁵ étendus à plat sur le talus, s'en étale une seconde en *blocs imbriqués*, c'est-à-dire rangés diagonalement comme des sortes de tuiles, avec recouvrement d'un tiers ; pose exécutée au ponton à bigues avec une régularité surprenante, et sans surcroît de dépense ; les lames glissent sur cet enchevêtrement sans le disloquer d'aucune façon.

S'il est vrai qu'un tel rangement, tout comme celui en gradins, ne coûte pas plus que le jet de hasard, on s'étonnera un jour à la contemplation de ces chaos ineffables et bizarres, de ce pêle-mêle étrange, de ces carreaux si réguliers eux-mêmes de forme, si aventureusement précipités, constructions qui se donnent les airs d'un écroulement et d'une ruine.

Il faut dire que les ingénieurs anglais n'ont pas donné dans ce travers. S'ils ont laissé les Français inventer les blocs artificiels de grand calibre, ils n'ont voulu, en les adoptant à leur tour, les poser que régulièrement; ils ont cherché à en constituer, des *murailles pleines*, aussi monolithiques que possible, et couronnées par un massif ou une chape en béton coulé *in situ*. Sur un lit de fondation en pierraille, exposé à des affouillements qui pourraient disloquer la superstructure, ils ont jugé plus sûr, — à l'aide de puissantes grues roulantes : mam-mou-ths ou Titans, — de déposer les blocs de béton *en assises inclinées*, susceptibles de quelque glissement relatif, sans qu'il s'ensuive une discontinuité dans les contacts. Ainsi s'obtiennent la stabilité durant la construction et un avancement rapide, du moment que la pose s'opère sur hauteur entière, par la grue avançant sur la partie faite : môles de Kustendjé, Manora (Karachi), Madras, Colombo, Marmagao. Mode approprié aux parages que visitent les cyclones et où, de longs mois durant, les moussons interrompent tout travail. A la Pointe-des-Galets (Réunion), les ingénieurs français, eux aussi, ont arrimé des assises sous talus de $\frac{1}{3}$, sous 2^m50 d'épaisseur, avec des blocs de 43 à 104 et 115 t.; et encore ces assises sont-elles reliées entre elles par des sacs de béton damés dans de larges rainures en queue d'aronde. Enfin, le lit de pierres formant fondation, et sujet à s'affouiller, a été supprimé.

Si le môle de Madras a été partiellement détruit par un cyclone en 1881, cela est attribué, non pas au rangement oblique, mais à d'autres causes : soit à l'existence d'un joint continu axial, où pouvait réagir le choc des vagues, soit à quelques dérangements survenus dans le lit de pierres de la fondation, qu'il eût fallu protéger par une risberme en gros blocs.

A la jetée sud d'Aberdeen, les assises furent posées horizontales; mais la particularité à signaler dans l'ouvrage, c'est que, le premier, M. Dyce Cay y fit intervenir, sur large échelle, l'emploi des *sacs de béton frais* ou blocs plastiques. Il leur donne deux formes : — 1^o petits sacs de 5 à 16 t., maniables à la grue, et immergés sur le lit, de manière à constituer un coussin d'appui aux gros blocs, fabriqués à l'air et durcis avant la pose; — 2^o gros sacs de 100 t. formant risberme au pied du môle : ils se confectionnent dans une caisse appendue en porte-à-faux au sommet de la muraille; puis un déclanchement fait ouvrir le fond et le sac se précipite à l'eau.

A ces emplois en sacs et en blocs se joignait encore le coulage du béton en place, entre coffrages mobiles, pour les parties élevées au-dessus de l'eau.

Sur une courte longueur où manquait la risberme de sacs protecteurs, et qui reposait sur une argile semée de pierres, un affouillement fit descendre des blocs que la mer emporta; la partie monolithique supérieure demeura, sur 27 m. de portée, suspendue comme un pont et si solide, qu'il fallut la rompre à la mine.

Depuis lors, nous voyons des constructeurs aspirer à réaliser une monolithie complète : plus de joints, plus d'interstices où se propage, au risque d'expulser les plus lourds matériaux, la commotion hydraulique des vagues. A Wicklow, M. Strype exécute le corps entier de l'ouvrage par *coulage en masse* « *in situ*, » procédé dont nous avons rendu compte au *Bulletin de la Société vaudoise*, année 1887. C'est un mode fort économique, mais de qualité douteuse dès qu'on n'opère pas dans des eaux suffisamment calmes. L'emploi des sacs offre de meilleures garanties et n'a pas tardé à se développer. Ce sont, comme à Sunderland, à Newhaven, etc., des boyaux allongés, que l'on immerge et empile dans le sens transversal du mur à construire. Le bateau qui les transporte fait moule pour leur confection; il reçoit la toile, d'abord dépliée, puis recousue une fois remplie; pour peu que la distance à parcourir soit notable, on travaille tout en cheminant; il faut une manipulation rapide; il importe que la masse conserve sa plasticité jusqu'au moment où, lâchée par l'ouverture des clapets de fond du porteur, elle tombera sur les parties déjà immergées et, à la faveur d'un certain jeu laissé aux sacs, viendra s'étaler et se mouler dans les vides. Un commencement de prise donnerait lieu à des fissures lors de la chute. A Sunderland, les sacs, au lieu d'être jetés d'une barque, étaient doucement abaissés par une machinerie hydraulique; leurs poids atteignaient de 56 à 116 t. Il ne faudrait pas, en tout cas, par des dimensions exagérées et un retard fortuit, risquer l'aventure arrivée naguère à un navire, qui laissa prendre dans sa coque une cargaison de béton tout fait, apportée de Suez pour fonder un phare métallique dans la Mer Rouge.

L'exemple de la *Guaira* (Venezuela) montre des sacs de 160 t. (ceux du fond) immergés avec succès; par la compression transversale qu'ils éprouvent, leur longueur première de 14^m65 s'étire à 16^m45. A mesure que l'ouvrage s'élève, les sacs diminuent peu à peu de longueur, afin de donner au mur un certain fruit ou de petites retraites; enfin, comme toujours, dès qu'on sort du niveau de l'eau, il devient plus sûr et meilleur de bétonner ou maçonner directement sur place, à la marée.

L'inclinaison du fond maritime, à la Guaira, avait pour effet d'augmenter beaucoup la puissance des lames. Un ressac crénelé et continu gênait les travailleurs. L'amplitude de marée, qui ne dépassait pas 60 à 90 cm., était insuffisante pour que des dépositeurs flottants arrivassent à compléter l'amoncellement de sacs jusqu'à fleur de basse mer; aussi fallut-il, pour les rangées supérieures, recourir à un dépositeur roulant et basculant, d'où les sacs de 70 t. glissaient sur l'infrastructure déjà faite. Leur longueur primitive de 9^m75 s'étirait à 10^m65 en place. Enfin, le recouvrement supérieur, coulé en masse par sections de 12 m. de longueur, était cramponné au dernier rang de sacs par le moyen de refouillements pratiqués dans ces derniers, et bourrés de béton extra-fort. La chaleur du climat hâtait le durcissement. La construction a été fort économique; il n'y a eu d'avaries que dans la portion voisine du rivage, où l'exécution déjà avait été fort laborieuse. Les petits sacs d'un mur de soutien étaient fréquemment, à peine mis à l'eau, vidés, tordus et relancés par le ressac.

M. Dyce Cay a bâti à Lerwick, dans les îles Shetland, une jetée dont les murs sont formés de sacs de 9 t., ceux du fond

placés longitudinalement sur le roc, après dragage de la vase. Le mètre cube de béton revient à 40 francs. L'immersion s'opérait par une caisse que manœuvrait une grue flottante; un scaphandrier guidait la pose.

Avec les sacs, c'est seulement à proximité du niveau de basse mer que le délavage par la houle est à craindre. Pour y parer, M. Carey imagina la boîte-sac (*bag-box*). Son plan était de construire un môle d'abord en blocs de sacs, par des dépositeurs, jusque vers le niveau de basse-mer, puis d'élever là dessus un coffrage en bois, muni d'un fond en toile sur lequel une certaine quantité de béton avait été étendue. Ce *bag-box* est alors rempli de béton plastique; le fond souple s'accommode aux inégalités, en même temps que la paroi en bois s'oppose au délavage. Aux yeux de M. Carey, le meilleur système constructif est celui qui brise le moins l'eau; la plus sûre barrière aux vagues, en eau profonde, est une structure aussi rapprochée de la verticale et aussi unie que possible, toute réserve faite de la protection du pied contre l'affouillement sous le recul des lames. Bien établis, de tels ouvrages n'ont guère de réparations, alors que les longs talus nécessitent d'incessantes reprises.

M. Dyce Cay suivit un mode analogue au môle Nord d'Aberdeen, complété en 1876, et maintenu intact avec un entretien insignifiant. Draguant la couche de sable, il échoua sur l'argile des sacs de base de 50 t., à l'aide d'une barque à clapets, les rangs inférieurs disposés longitudinalement, les supérieurs transversalement. Toile de jute, doublée au besoin pour les sacs à fleur d'eau. A partir de 0^m80 à peu près au-dessus de basse mer, le béton était déposé frais *in situ*, par masses de 600 à 700 t., enfermées dans une carcasse de poteaux à rainures que reliaient des tirants, et qui soutenaient sur le fond et les côtés des toiles de jute. Le dépôt du béton était commencé à basse eau; à mesure qu'il s'élevait, la toile était également élevée avec lui, et des panneaux étaient glissés en bas, entre les poteaux, de manière à faire batardeau. De la sorte, on poussait si bien l'ouvrage, que la marée ne le surmontait jamais; le béton restait à sec et n'éprouvait aucune perte de ciment. Proportion de 1 ciment pour 7 sable et gravier; coût 33 francs le mètre cube, soit 48 francs si l'on ajoute les frais d'échafaudement, de coffrage, et d'autres accessoires.

L'avantage des sacs est qu'ils protègent leur contenu, tout en se mouvant entre eux et s'entrecolant à la faveur du ciment qui en exsude; néanmoins, les surfaces étant rarement bien nettoyées, cette soudure laisse à désirer; la toile aussi peut crever. En France, on continue à préférer, pour leur solidité, les blocs moulés à l'avance; au lieu de béton, sujet à se désagréger dans les angles sous des causes diverses, on y emploie assez souvent la maçonnerie de moellons, plus résistante et plus durable, mais réclamant davantage de soins pour sa réussite; c'est ce qu'on a fait à Marseille, à Cette, à Alger, et aussi à Port-Saïd pour les blocs avoisinant le niveau de l'eau.

Voici maintenant un autre moyen encore d'arriver à créer, au sein des eaux, des massifs monolithiques. M. Kinipple, après avoir tenté un mode de bétonnage en grand, sous l'abri d'un caisson roulant et pneumatique, sur lequel on peut consulter le *Génie civil*, XIII, p. 340, paraît avoir totalement renoncé à

cette idée, pour s'attacher à une méthode bien moins encombrante, dont il a fait des applications variées et que, du reste, il expérimentait depuis 37 ans. Il s'agit d'*injections de mortier de ciment*, faites au moyen de tuyaux, et venant pénétrer dans les vides d'amas de matériaux, épars ou rangés, qu'elles ressoudent et immobilisent en masse pleine et compacte. Cela n'est pas tout à fait neuf, sans doute: au Havre et ailleurs, on a rebouché de cette façon des cavernes d'affouillement dans des radiers d'écluses, dans des fondations de ponts; mais M. Kinipple développe singulièrement le procédé, en l'appliquant en mer, sur large échelle, et avec des précautions minutieuses contre les pertes de coulis.

S'agit-il de la solidification d'un enrochement brut: voici un exemple. A New-Jersey, sous 19 m. de haute eau, 6 à 7 m. de basse eau, il y avait d'abord 2^m50 de sable meuble à enlever. Des sacs de béton furent déposés, enseignant une certaine aire de la fondation, où le sable fut dragué, puis la roche nettoyée par des plongeurs. On jeta ensuite des pierres; on les nivela à hauteur convenable; un épais coulis fut versé par un tuyau inséré jusqu'au bas de l'amas pierreux; et, une fois qu'il eut imprégné graduellement tous les interstices et reflué jusqu'à la surface, celle-ci fut régagée, aussi unie qu'un plancher. Le môle ainsi bâti a coûté 100 livres par pied (8 200 fr. le mètre), tandis que celui de Douvres, de section équivalente, est monté à 30 000 francs. Pas de déperdition de ciment dans ce coulage, bien que fait en hiver; chaque cours de pierraille, tel qu'il était tombé, était injecté et rendu capable de résister à n'importe quelle mer. L'inventeur avait des spécimens de mortier qui, ayant parcouru le tuyau adducteur à travers 15 m. d'eau, était remonté de 2^m50 dans les vides des pierres. En 1882, il répara par coulage une forme de radoub à Greenock, en y forant des trous nombreux. En 1881-83, il applique à un mur de quai dégradé un revêtement résistant, exempt des soufflures, des écaillures raboteuses qui se remarquent sur les bétons immergés dans des coffrages à panneaux de bois ou doublages de toile. La méthode a consisté, ici, à empiler d'abord des blocs de béton maniables à bras; leur poids n'était, en effet, que de 80 kg., mesuré à l'air, et 45 kg. dans l'eau; ils étaient composés de 1 partie de ciment pour 4 de sable et fin gravier, avec un enduit de 1 pour 1 sur les parements. De petites rainures en demi-queue d'aronde, et en regard dans les blocs adjacents, longeaient les bords extérieurs des joints et constituaient, moyennant un calfatage en étoupe, argile ou ciment prompt, des conduits d'injection, d'où le coulis se répandait dans le vide des lits, et jusqu'au cœur du massif.

Tel fut le succès de cet expédient de cimentage, que M. Kinipple l'a également suivi dans les travaux d'extension du brise-lames Hermitage, à Saint-Hélier, Jersey, avec les modifications que réclamait une situation plus exposée. Dans les parties où la roche était couverte de sable et d'argile, il dragua cette couche, puis combla l'excavation avec des pierrailles, par longueurs de 4 m., les plongeurs se guidant avec des règles en bois munies de nivelles à bulle d'air. Avant de verser le coulis, on barrait l'avant par des sacs de ciment calfatés. La base atteignait une quinzaine de mètres de largeur. Là où le roc était à nu, des enclôtures de sacs étaient aussi faites sur les bords longitudinaux. Le tuyau de coulage partait d'une plateforme

suspendue à la volée de la grue de pose des blocs, plateforme d'une aire suffisante pour porter de 20 à 40 sacs de ciment, plus une équipe de 6 à 8 hommes. Le tuyau gardait de la sorte une longueur fixe, malgré les variations de la marée. Le coulis doit être préparé par des ouvriers expérimentés : ciment finement moulu, passant au moins 90 % par un tamis de mille mailles au centimètre carré. Fraîchement fabriqué, le ciment se sera assez durci dans une couple de jours pour être capable de recevoir une assise de blocs de fondement, tandis que, vieux d'un mois ou deux, il faudrait lui laisser une semaine et plus avant de lui imposer pareille charge. Le ciment en pâte bien ferme, est préparé avec la célérité voulue pour alimenter le tuyau en écoulement et niveau sensiblement constants. Comme une demi-colonne de ciment équilibre une colonne d'eau entière, tout le surplus représente la pression refoulante dans les interstices à obstruer. Pour éviter à la matière trop de parcours aventureux à partir du pied du tuyau, celui-ci était déplacé de proche en proche, sur l'aire de fondation, en des trous espacés de 2^m50 à 3 m. Un plongeur surveillait l'instant où le coulis ressuait à la surface, pour passer au trou suivant. Le ciment consommé fut à peu près le 1/9 du poids de l'enrochement ; avec des blocs plus gros, ayant du gravier dans les interstices, cette proportion s'abaîsserait.

Sur la base ainsi créée, le brise-lames, de 18 m. de hauteur moyenne, s'érigait par dépôt de blocs artificiels de 9 et de 12 t. (longueurs respectives de 2^m75 et 3^m65 sur section carrée de 1^m22 de côté), posés en cours inclinés de 68° sur l'horizontale. Une division de 3^m80 de longueur, comprenant trois rangs de blocs sur deux en hauteur, était calfatée au bord de ses jointures extérieures, sous l'eau avec de la toile, hors de l'eau avec du ciment prompt de Médina ; ou encore, on avait recours à des boudins en calicot, qui s'enfilaient dans les rainures demi-circulaires de 7 ou 8 cm., placées en regard de l'un à l'autre de deux blocs contigus. Ces boudins contenant un léger excès de ciment, la superposition d'un bloc nouveau ne manquait pas de rendre la garniture rigoureusement étanche dans les joints horizontaux ; quant aux cannelures montantes, inclinées, on y remplissait la gaine en calicot à l'aide d'un tube d'étain, plein de ciment pur, dont un plongeur insérait l'orifice au point voulu, et dans lequel agissait ensuite un refouloir en bois. Le môle s'édifia ainsi, dans une situation exposée, à raison d'environ 90 m. de longueur par an, avec économie et plein succès.

Cela se réfère à l'extension de l'ouvrage ; la première partie, attenante au rivage, avait été faite tout autrement : lit de sacs de béton, semé d'enrochements, supportant de gros blocs artificiels sans liaison entre eux, le tout surmonté d'une superstructure continue. Or, tandis que ce recouvrement monolithique se maintint en bon ordre, il fut loin d'en être ainsi pour l'infrastructure ; la mer, s'y frayant accès, désagrégeait, ravageait les blocs, à tel point que les plongeurs y rencontraient des cavités où ils pouvaient pénétrer. C'est encore à M. Kinipple qu'incomba la tâche de combler ces cavernes, après un calfatage adéquat : toile dans les joints minces horizontaux ; boudins de ciment, planches d'applique fixées par des crampons, ou encore empilement de petits sacs contre les joints verticaux largement ouverts, ou à l'entrée des cavités profondes. Cela

fait, le tube à coulage venait s'insérer dans l'ouvrage et descendre jusqu'à la fondation ; mais avant d'y répandre le ciment, on fourrait autant de pierraille que possible dans les vides intérieurs.

Le coulage de mortier entre blocs de béton a aussi été pratiqué pour des murs de quais, à Yarmouth et à Poole.

Assurément, le système Kinipple est à expérimenter encore, afin de vérifier s'il comble tous les vides, sans éparpillement de mortier sur le dehors ou sur des fonds perméables ; mais son grand avantage est de supprimer la dépense d'engins puissants, en ce qu'il n'emploie, en plein océan, que des blocs de 9 à 12 t., au lieu de ceux de 100 t. auxquels on était en train d'arriver. On sait, sans doute, faire des *Titans* de cette force ; on en fabrique aussi qui, pour des charges plus modérées, atteignent des volées considérables : tel celui de Leixões (Portugal), qui dépose 50 t. à 29 m., ou 15 t. à 44 m. ; tel encore celui étudié par M. Seyrig pour Ponta-Delgada (Açores), capable de soutenir 35 t. à 30 m. ou 12 t. à 50 m. Mais quelles dépenses pour des engins ! et combien mieux ne vaut-il pas mettre l'argent en ciment qui demeure ; sans compter qu'une grue roulante peut se perdre : à preuve le renversement et le brisement du pont roulant de Novorossisk (Mer Noire), appareil, il est vrai, qui comportait des colonnes d'un appui douteux sur l'enrochement.

Au surplus, que l'on se garde d'engouements, de partis pris systématiques ! En présence de la richesse des moyens actuels, l'ingénieur doit les approprier aux conditions locales : profondeurs, expositions, force et direction des lames, ainsi qu'aux ressources disponibles en argent, en matériaux et en matériel.

Brise-lames de Copenhague. — Le mémoire de M. Möller sur le port-franc de Copenhague nous sort des régions à grandes tempêtes, et nous met en présence d'un ouvrage relativement modeste, exposé plutôt à des débâcles de glaces, mais qui se singularise par une particularité curieuse : son amovibilité éventuelle.

Sur un lit de fondation en pierrailles, représentons-nous, rangés bout à bout, une série de blocs de béton ayant 3^m13 de largeur et de hauteur, et 2^m52 de longueur. Ces blocs, qui constituent le corps principal de l'ouvrage, sont évidés en forme d'auges ouvertes aux deux bouts ; il sont épaulés, du côté du port, par une petite risberme en enrochements et, du côté du large, par un talus allongé de sable et gravier, que protège un revêtement de pierres réglé à 2 de base pour 1 de hauteur. Au-dessus des blocs creux et de l'eau, s'élève à 1^m90 un couronnement en maçonnerie ; mais il reste à décrire l'agencement des blocs.

Chaque auge de béton est fermée, à quelque distance de ses abouts, par deux cloisons transversales consistant en plaques Monier. Ce sont des plaques de 6 cm. d'épaisseur, en mortier de 1 Portland pour 3 sable, renfermant dans leur intérieur un réseau de tiges en fer, les verticales de 5 1/2 mm., les horizontales de 7 et de 10 mm. alternant de deux en deux. Les tiges horizontales reliées aux autres par des fils de fer en leurs croisements, présentent des extrémités recourbées de côté et d'autre, et qui, venant saillir en dehors des tranches verticales de la plaque, servent à la liaison dans la rainure d'enclassement.

Dans l'espace vide ménagé entre les plaques en regard de deux auges contiguës, s'insère un petit bloc en béton formant clef de liaison. Quant à la cavité intérieure des auges, elle est comblée avec du sable.

Dans sa partie la plus haute, s'élevant à 7^m50, la jetée de Copenhague comporte un second étage de blocs creux, superposés aux premiers ; ici, les petits blocs clefs descendent suffisamment à leur pied pour prendre un certain emboîtement dans l'étage inférieur.

Les gros blocs évidés, du poids de 36 t., étaient levés par une grue flottante, au moyen d'un cadre à quatre tiges d'acier verticales de 5 cm., terminées en talons de prise. Les trous correspondants, pratiqués dans le fond des blocs, étaient munis de tasseaux de pression en bois.

Vienne maintenant le jour où il s'agisse de déplacer ce petit môle, en vue d'un agrandissement du port-franc : on pourra, pense-t-on, après démolition du mur de crête, enlèvement du sable de remplissage et des tampons de trous, venir reprendre les blocs à la grue et les transporter dans le nouvel emplacement qui leur sera assigné.

Jetées.

Les *jetées*, celles du moins qui sont de construction massive, constituent des sortes de môles à parements accostables. On en voit qui sont fondées sur pilotis, d'autres sont sur cribs ou encoffrements enrochés. Celle de Saint-Nicolas, au port des sables d'Olonnes, est faite de blocs artificiels, les assises de base formant retraites d'empatement ; en exécution, il a fallu reboucher avec des sacs de béton de nombreux vides ; le mètre cube de bloc, mis en place, est ressorti à 73 francs. Pour fonder la jetée orientale, à superstructure en charpente, de Dunkerque, on a eu recours à des caissons pneumatiques, demeurés enfouis : enfin, à la Pallice (près la Rochelle), MM. Zschokke et Terrier ont également opéré à l'air comprimé, mais au moyen d'une grande cloche amovible, qui se relevait de proche en proche par des verrins appuyés sur la maçonnerie faite, et qui se retirait flottante, à la faveur de sa chambre d'équilibre et de la marée haute, pour aller s'occuper à l'édification d'une autre partie.

Le Danemark exécute généralement ses jetées et ses quais en charpente ; le bois y est à bas prix ; l'afflux des eaux douces y paraît suffisant pour écarter le taret.

On a fait des jetées métalliques à claire-voie à Dieppe, au Havre et à l'embouchure de l'Adour, ces dernières sur colonnes en fonte foncées à l'air comprimé.

Mortiers pour travaux maritimes.

Sous les influences mécaniques, physiques, chimiques, le béton en mer ouverte, particulièrement lorsqu'il a été coulé frais sous l'eau, a donné souvent des mécomptes par altération du ciment, désagrégation, émoussement des arêtes, fendillement. Cependant, le ciment rend trop de services pour qu'il y ait à le déprécier, sa résistance diffère suivant les parages ; l'action décomposante de la mer est un élément variable, dépendant de la direction et de la force des vagues, de l'orientation de la côte et d'autres circonstances encore.

A Ymuiden, des blocs de béton de 10 à 20 tonnes, reliés par

des brides en fer, n'ont pas bougé, mais la mer les rongea ; on les a remplacés par des prismes en brique et ciment.

Les ressources locales, les prix de revient limitent les choix possibles ; il faut d'ailleurs apporter des soins particuliers à la fabrication et aux dosages.

M. Feret, directeur du laboratoire des Ponts et Chaussées à Boulogne, donne au congrès maritime une notice sur les conditions et proportions de sable et de ciment propres à assurer une forte compacité aux mortiers à la mer. On peut aussi consulter ses articles des numéros de mars 1890 et juillet 1892 des *Annales des Ponts et Chaussées*. Dans le même recueil (septembre 1890), M. Paul Alexandre signale que toutes les chaux hydrauliques sont plus ou moins rapidement attaquées à la mer, à part de rares exceptions, comme la chaux du Theil, qui, dans la Méditerranée, vaut le ciment. Les ciments subissent d'ailleurs aussi certaines désagrégrations lentes sous l'action du sulfate de magnésie ; les précautions consistent à repousser les sables argileux ou calcaires trop tendres, comme aussi les trop fins ou trop gros, à faire des dosages assez riches, gâcher assez mou.

Les intérieurs de gros massifs, comme les parties hautes des ouvrages en mer, permettent l'emploi de chaux hydrauliques ; il est plus sûr cependant d'y maintenir l'usage du ciment, mais réductible à 300 kg. par mètre cube de sable. L'eau de mer est admissible pour le gâchage des ciments, mais les chaux hydrauliques semblent préférer l'eau douce.

M. Kinipple n'admet à la mer que du ciment moulu à une extrême finesse, c'est-à-dire passé à un tamis de 1550 mailles au centimètre carré ; il ajoute de plus au Portland un quart de ciment prompt, tel que le Médina. M. Mackinson veut du ciment prompt dans certains cas spéciaux, mais M. Mengin constate qu'en France on le regarde comme peu durable en mer ; dans les réparations au brise-lames d'Alderney, dit M. Vernon-Harcourt, on remplaça le Médina rapide par du Portland. Aux docks des Indes sud-occidentales, en 1866-1870, la chaux d'Aberthaw fut employée aux portions inférieures des murs et la chaux grise ordinaire aux supérieures, le Portland étant réservé aux angles rentrants, seuils et couronnements.

A Madras, M. Thorowgood faisait arroser les blocs de béton par des équipes de coolies, de manière à les maintenir humides deux ou trois semaines, tant que l'action chimique n'était pas accomplie.

A Dunkerque, la pierre faisant défaut, on se proposa d'exécuter un mur de quai, dont le parement seul devait être en pierre ou brique, et tout l'intérieur en béton de sable à $\frac{1}{7}$ de ciment. Ce béton, d'une résistance absolue de 30 kg. par cm², n'était pas appelé à supporter plus du dixième de ce chiffre ; il était formé par couches de 7 centimètres, battues jusqu'à contraction aux $\frac{2}{3}$, puis repiquées pour liasonner la couche suivante. Malheureusement, bien qu'un tronçon d'essai se soit comporté de façon tout à fait satisfaisante, il n'en fut pas de même du quai : au bout de quelques mois, le mur était semé de fissures et les pierres de couronnement se soulevaient. Est-ce le battage outré qui a été nuisible ? est-ce excès de rapidité dans l'exécution, insuffisance de dosage ou de malaxage, ou enfin trop grande finesse du sable des dunes mis en œuvre ?

Quoi qu'il en soit, la réfection s'exécuta en maçonnerie avec un mortier à 3 de sable pour 1 de ciment dans l'intérieur, et à 5 pour 2 dans le parement. Au lieu de mélangeurs à axe vertical, on fit usage de broyeurs à roues pesantes; enfin, la maçonnerie de parement fut faite par assises régulières. Dans les parties de quai déjà en service, la reconstitution fut entreprise à l'aide de caissons à air comprimé, mesurant 30 m. sur 5^m20 et demeurant enfouis. Au-dessus s'adaptait un caisson-batardeau amovible, composé de huit panneaux boulonnés, qu'étanchaient, en dessous, des bandes de caoutchouc et, dans les joints verticaux, des fourrures en bois. Les intervalles entre les sections successives du mur étaient ensuite débarrassés à la pompe et au scaphandre, puis bétonnés à l'aide d'une petite cloche.

Murs de quais.

Si nous pénétrons maintenant à l'intérieur des bassins maritimes, — qu'il s'agisse de darses méditerranéennes ou de docks océaniques maintenus à flot par des écluses, — la première construction qui s'y présente est celle des *murs de quais*. Ils se distinguent des murs de terrasses, non seulement par leur contact avec l'eau, mais encore par les heurts violents et les lourdes charges qu'ils sont appelés à supporter. Sur cet article, nous ne trouvons dans les travaux du congrès de Londres que quelques mots relatifs aux *quais voûtés de Bordeaux*, puis un croquis de *murs en sacs de béton à la Guaira*; des défenses en bois masquent les bosselures de ces sacs dans le parement. De cette pénurie de documents il faut conclure que c'est là une question regardée comme ne comportant plus guère d'innovations; et, en effet, les types connus ne manquent pas. Ceux en *maçonnerie pleine* présentent des fruits de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{10}$; la forme curviligne de Hull ne convient que médiocrement à des quais de mer; on recherche la pierre dure pour les parements. Les défenses fixes en bois ne sont pas jugées indispensables, les navires étant pourvus de défenses mobiles. Un système usuel à Londres est la maçonnerie de briques, surmontée d'un couronnement en pierre de taille; on y a employé aussi le béton avec, quelquefois, des montants ou revêtements en fonte; mais il peut arriver que des eaux saumâtres de rivière, plus encore que l'eau de mer, attaquent le métal, pour peu qu'il soit de nature hétérogène ou phosphoreuse.

Dans le cas d'un terre-plein rocheux, comme il s'en est présenté à la Pallice, ainsi que dans quelques parties des docks Herculaneum et Harrington, à Liverpool, il suffit d'un revêtement d'un mètre environ, encastré par des redans et par des contreforts intérieurs, ces derniers pouvant affecter la forme en queue d'aronde.

Souvent les murs reposent sur pilotis; les pieux, suivant le cas, sont verticaux, ou inclinés, ou entremêlés. Au besoin, la plateforme en charpente se rélargit à la partie postérieure, pour soutenir un emmétrage de pierre sèche au dos du mur à mortier. La fondation sur blocs-puits rectangulaires, foncés par havage, se rencontre à Calais, ainsi qu'au bassin Bellot, au Havre. À Glasgow, les puits, en brique ou en béton, étaient cylindriques, et en groupes solidaires de trois, le déblai intérieur s'effectuant à l'aide de l'excavateur Milroy. Le type de murs en blocs artificiels fabriqués à l'air, puis immergés en superposition régu-

lière sur un lit d'enrochements, et couronnés au-dessus de l'eau par de la maçonnerie faite sur place, a été appliqué à Marseille, par feu M. Barret; à Brest, les blocs du rang inférieur, offrant un ressaut d'empiement, mesurent 45 m³ (5^m × 3^m × 3^m). À Dublin, bien mieux encore: on portait là, depuis le chantier où ils étaient confectionnés, et à l'aide d'une puissante grue flottante de 470 000 francs, de vrais quartiers de mur ne pesant pas moins de 350 tonnes.

À Barcelone, les blocs en béton ont été moulés avec un évidement intérieur, dans le but d'économiser un peu de matière.

Aux quais d'Anvers, les entrepreneurs Couvreur et Hersent ont eu recours aux fondations pneumatiques, avec caisson inférieur fixe etatardeau supérieur mobile; ce dernier s'enlevait tout d'une pièce, par dessus le mur fait, au moyen d'un vaste échafaud métallique, enveloppant et flottant.

Sur des terrains vaseux, les désastres sont fréquents; les blocs empilés de Trieste, cheminant en hauteur et en plan, s'éparpillaient; il fallut refaire le travail à plusieurs reprises. On en vint finalement à l'expédient suivant: dragage d'une large cunette, dans laquelle s'encaisse un enrochement qu'on laisse tasser; on remblaie en arrière, avant d'exécuter les murs, afin de provoquer la base à s'affermir, à se façonner sous les poussées. Le mur fait, le dragage d'approfondissement du bassin ne s'opère que peu à peu, par tranches successives.

C'est d'ailleurs pour éviter de tels mécomptes, que l'on cherche souvent à supporter une plateforme, formant quai, au-dessus d'espaces vides laissant le terrain libre de conserver son talus naturel. De ces chambres voûtées ou *quais à arcades*, il en existe à Grimsby, à Rotterdam, à Nantes, à Bordeaux; les voûtes ont de 4 à 11 mètres d'ouverture; les piédroits, normaux au quai, sont en général sur pilotis, occasionnellement sur blocs-puits; des enrochements ou perreyages consolident soit les pieux, soit le talus des terres à l'intérieur des chambres.

Parfois, dans ces constructions creuses, des poutres en fer se substituent aux arcades en pierre (Lisbonne), ou des colonnes en fonte aux piédroits en maçonnerie (Köningshaven à Rotterdam).

Un autre moyen de respecter l'équilibre préexistant des terres consiste à recouvrir celles-ci d'un tablier en *charpente* porté par des pieux. En Hollande, on a aussi employé des fascines, ouvrages légers de garnissage ou d'épaulement, en avant desquels une plateforme sur pilotis soutient, à une certaine hauteur, un petit mur servant de bordure au terre-plein ou remblai supérieur. Ailleurs, les quais de charpente affectent la forme de cribs ou carcasses enrochées. Dans la plupart de ces ouvrages légers, des tirants de retenue vont s'ancrer à des piquets noyés dans le terrain à quelque distance en arrière.

À Lubeck, de nombreux revêtements en charpente ont donné du nez.

Pour l'attache des navires, les quais présentent, au-dessus ou en arrière du mur, soit une ligne de bornes ou *poteaux d'amarre* en bois, pierre ou fonte, espacés de 10 à 20 m. soit, sur le parement, des *organeaux* ou boucles, en deux étages si la marée a beaucoup d'amplitude. Un troisième système est celui des *bollards*, potelets de fonte à tête en champignon et qui, ancrés au bord même du mur, présentent, aussi bien

que les poteaux ordinaires, toutes facilités pour larguer ou serrer, sans, comme eux, embarrasser de cordes une voie bord à quai.

Les cordes pouvant décapeler en tempête on a jugé utile, au Havre, de doubler la ligne des bollards de quelques canons d'amarrage subsidiaire, implantés à 20 m. en arrière, avec des espacements de 60 m. entre eux.

Dans les mers sans marée, le couronnement des quais monte à 2 m. ou 2^m50 au-dessus du niveau moyen; la profondeur d'eau dans les darses est de 8 à 9 m. L'approfondissement à 8¹/₂ m. décidé pour le canal de Suez fait présumer que ce fond vaudra pour longtemps dans les ports maritimes. Dans l'océan, il faut aux quais une revanche de 0^m50 au moins au-dessus du plus haut niveau; à Calais, on a 0^m75, et le mur atteint 19 m. de hauteur pour les paquebots au long cours; celui de Douvres, 15^m75 pour paquebots-poste. Des appontements métalliques à trois étages permettent de débarquer à toute heure de la marée. Dans des bassins à flot eux-mêmes le niveau de retenue peut notablement varier: à Saint-Malo, les hautes mers de mortes et de vives eaux diffèrent de 5^m84.

(A suivre.)

RICHESSSE EN BACTÉRIES

DES EAUX DE LA VANNE ET DE LA SEINE

Le laboratoire de micrographie de l'Observatoire de Montsouris établit des statistiques microbiennes très complètes des eaux utilisées à Paris; ce service est placé sous la direction de M. le Dr Miquel, dont les mémoires sur *les poussières organisées de l'air et des eaux*, insérés chaque année dans l'*Annuaire de l'Observatoire*, sont bien connus des spécialistes.

Nous extrayons du 15^e mémoire (annuaire de 1893) un résumé des études faites en vue de déterminer, d'une part, les variations que les conditions météorologiques font subir à la composition micrographique des eaux de la Vanne et, d'autre part, la contamination bactérienne progressive de la Seine sur son parcours à travers la ville de Paris et sa banlieue.

Voici tout d'abord quelques indications préalables.

L'agglomération parisienne reçoit pour son alimentation en eaux potables (1893) le produit de trois sources: la Vanne, la Dhuis et l'Avre, qui fournissent à l'étiage 150 000 m³ d'eau par jour, soit 70 litres par habitant; ce volume sera augmenté lorsque l'Avre sera en plein débit. En outre on satisfait aux besoins de la propreté des maisons, des services publics et de l'industrie en élevant journellement par machines un volume de 400 000 m³ d'eau de Seine, d'eau de Marne et d'eau de l'Ourcq, représentant une consommation d'environ 200 litres par habitant.

« La Vanne naît à 14 km. à l'ouest de Troyes, dans le massif crayeux compris entre la Seine et l'Yonne; elle ne reçoit à son origine qu'une alimentation très affectée par les sécheresses et c'est seulement dans la partie moyenne de son cours qu'elle recueille des sources de débit à peu près stable. Ces sources sont disséminées sur plus de 20 km. et à des niveaux très différents. Une moitié environ du débit est fournie par trois sources hautes qui pénètrent directement dans l'aqueduc collecteur et l'autre moitié par une douzaine de sources basses dont il est

nécessaire de relever les eaux par des machines. La longueur de l'aqueduc est de 173 km.

L'eau de la Vanne est amenée à Paris depuis l'année 1874; elle est emmagasinée dans des réservoirs à Montrouge et à Menilmontant et fournit à l'étiage 96 000 mètres cubes d'eau par jour¹. »

Le laboratoire ne s'est pas contenté d'analyser les eaux de la Vanne à leur arrivée aux réservoirs; il a opéré des prises d'échantillons aux bornes-fontaines, aux fontaines à jet continu, dans l'intérieur des écoles, des casernes et des maisons particulières.

Les résultats moyens des expériences effectuées sont consignés dans le tableau ci-dessous; ce tableau renferme également les moyennes saisonnières de l'année normale, obtenues en prenant les moyennes des résultats trouvés les années précédentes.

Eaux de la Vanne. Bactéries par centimètre cube.

SAISONS	RÉSERVOIR		RÉSEAU PARISIEN	
	1892	Année normale	1892	Année normale
Hiver	2115	2070	3050	3920
Printemps	465	1060	1030	2200
Été	410	840	2230	1795
Automne	2160	1030	3465	2830
Moyenne	1285	1250	2440	2685

Le diagramme suivant donne la richesse hebdomadaire des mêmes eaux à leur arrivée au réservoir de Montrouge; cette moyenne est exprimée par une ligne brisée limitant un espace teinté; les hauteurs de pluies observées à Paris aux mêmes semaines sont indiqués par des espaces rectangulaires teintés surplombant le ligne brisée précédente; enfin la courbe TT' donne la température moyenne des eaux au même réservoir.

Il ressort de ce diagramme que la richesse microbienne des Eaux de la Vanne durant les premières semaines de janvier 1892 a été sans cesse en diminuant. A la fin du mois, sous l'influence d'une chute de pluie assez notable, ces eaux se chargent de bactéries et restent relativement très impures durant tout le mois de février, qui s'est montré très pluvieux. Au commencement de mars l'eau de la Vanne redevient pauvre en bactéries; puis, sous l'influence d'une assez forte chute de pluie, le chiffre des bactéries augmente puis diminue durant les premières semaines d'avril. D'avril en septembre l'eau reste très pure; elle montre quelques recrudescences de peu d'importance, notamment à la fin de juin, de juillet et d'août, dues à quelques pluies d'orage assez abondantes.

Au commencement d'octobre les microbes des eaux de la Vanne sont en très faible nombre, mais ils ne tardent pas à

¹ Couche, ingénieur en chef des Eaux de Paris: *Les Eaux de Paris en 1884*.