

## **Bricolage de pointe : constructions expérimentales dans un contexte étranger pendant la Grande Guerre**

Etien Santiago

La Première Guerre mondiale offre à de nombreux acteurs du bâtiment l'occasion de réviser leurs théories professionnelles. Au début de la guerre, une telle occasion n'est pas prévue ; la plupart des Européens sont convaincus que les combats vont être brefs et une guerre rapide, en mouvement, ne privilégie pas le savoir-faire du constructeur. Pourtant elle durera quatre ans, instaurant dès la fin de 1914 une nouvelle forme de guerre-marathon qui s'appuie essentiellement sur des positions fixes défensives ainsi que sur des infrastructures de ravitaillement. Les connaissances des architectes, des ingénieurs civils et des entrepreneurs se trouvent donc projetées au coeur des efforts pour atteindre la victoire. Leurs connaissances sont aussitôt mises à l'épreuve car la guerre génère des pénuries de matériaux, de transports et de main d'œuvre qui entravent la réalisation des chantiers. En conséquence, les experts du bâtiment modifient les idées et les modes de construction qu'ils favorisaient avant 1914, adoptant des découvertes engendrées par leurs expériences de la guerre.

À cause de ce conflit, des millions d'hommes traversent des frontières et rencontrent l'inconnu. Ils découvrent des nouvelles techniques de construction soit en collaborant directement avec des bâtisseurs étrangers soit en examinant leurs créations. L'architecte allemand Ernst May s'émerveille en tant que simple soldat devant les édifices historiques de l'Aisne puis de l'Europe de l'Est avant d'aborder, vers la fin de la guerre, le problème de la construction de cimetières pour les troupes tombées au front (Herrel 2011, p. 23-28). L'entrepreneur et architecte français Auguste Perret est envoyé à Bizerte en Tunisie, où son gouvernement le charge d'inventer des hangars en béton pour dirigeables (Vago 1932, p. 16). L'ingénieur civil américain Walter Max Sanger laisse quant à lui son poste avec le fabricant de voitures Willys-Overland à Toledo, dans l'Ohio, pour rejoindre le génie militaire de son pays et édifier des grands entrepôts américains à Gièvres, en France, ainsi que des hôpitaux en

Angleterre (« Roll of Honor » 1921, p. 119). Les spécialistes du bâtiment qui sortiront vivants de la Grande Guerre resteront marqués par leurs trouvailles faites dans des lieux et des situations hors du commun.

Même si à l'épreuve de la guerre les conclusions des constructeurs divergent, certaines tendances se dégagent. À plusieurs reprises ils s'appuient sur des techniques de pointe ainsi que sur des systèmes de construction ou des matériaux primitifs, mêlant l'ingénierie et le bricolage. Les matériaux de construction modernes tels que le béton armé ou le ciment à prise rapide reçoivent un coup de pouce conséquent pendant la guerre, car ils deviennent plus répandus et étudiés (Barjot 1989, p. 407, Barjot 2002, p. 203). Mais ces tendances progressistes cohabitent aussi avec une meilleure appréciation des matériaux « pauvres » tels que le bois, le ciment de laitier ou le pisé, préfigurant les astucieux matériaux de remplacement développés pendant la Seconde Guerre mondiale (Cohen 2011, p. 67). Dans le même esprit, l'élaboration de stratégies minutieusement planifiées, typiquement au sein d'organismes hiérarchiques et militaires, se heurte au branle-bas du conflit. Dessinateurs et constructeurs allient la préméditation de leurs plans à une grande souplesse d'adaptation.

Avant de passer en revue trois exemples qui illustrent comment la Première Guerre mondiale fait bouger les idées des constructeurs, rappelons que d'autres idées reçues sont aussi mises à mal pendant cette période. Des deux côtés du conflit les prévisions des militaires sont déjouées par la réalité des événements et les millions de morts subies, tandis que la guerre déclenche indirectement des bouleversements politiques telle que la révolution bolchévique en Russie. Intellectuels et philosophes occidentaux sont aussi, après le conflit, obligés de repenser leurs vues sur l'histoire et sur les progrès de l'Occident. La remise en question de théories de construction fait donc partie d'une vaste série de questionnements provoqués par la guerre.

## **Le béton en première ligne**

L'implication directe des experts du bâtiment dans la Grande Guerre commence vers 1915, une fois que les positions du front deviennent assez fixes et que les Allemands changent de

stratégie militaire. Empêtrés en Belgique et dans le nord-est de la France, ils décident de laisser leurs opposants français et britanniques s'essouffler avec des attaques inutiles tandis qu'eux-mêmes s'appuient davantage sur les armements et le matériel : c'est l'infâme guerre des tranchées qui vise à vaincre l'ennemi à l'usure.

Les tranchées sont en soi de piètres constructions, des trous creusés dans la terre et renforcés par du bois ou par des débris de maçonnerie. Ce qui les protège avant tout sont les défenses d'artillerie. Les dirigeants allemands estiment que, malgré leur infériorité numérique par rapport aux Alliés, ils peuvent facilement contrôler des kilomètres de tranchées ouvertes grâce à des rangées de fils barbelés et à des petites casemates impénétrables contenant des canons et des mitrailleuses. Leur stratégie repose sur la possibilité de construire rapidement ces casemates et de telle manière qu'elles résistent aux tirs ennemis. Seul le béton répond aux critères. Il permet donc l'exécution du plan militaire allemand en vigueur entre 1915 et début 1918, c'est-à-dire une « défense en profondeur » meurtrière où des bunkers dissimulés piègent les Alliés dès qu'ils envahissent le côté opposé du front (Mallory et Ottar 1973, p. 35-53).

L'Allemagne possédait déjà une connaissance approfondie du béton armé avant 1914, mais la guerre va lui permettre de la développer. En juin 1915, son armée imprime un manuel secret intitulé « Enseignements de la guerre relatifs à la fortification de campagne » avec des instructions pour la fabrication d'abris légers en béton. Les Français suivent leur exemple en décembre de la même année tout en préconisant une plus grande proportion de ciment par rapport au gravier. Une année supplémentaire de combats, et les constats de destructions au front, convainquent les Allemands de réviser la quantité de ciment à la hausse (*Bulletin* 1918, p. 4).

La bataille de Verdun contribue à déclencher cette modification et, de fait, incite toutes les armées à préciser leurs vues sur l'utilité militaire du béton. Cette bataille dure pendant une grande partie de l'année 1916 et se conclut par une victoire des Alliés. Comme beaucoup de systèmes défensifs français, certains forts encerclant Verdun avaient été dotés de grosses carapaces en béton (souvent sans armature) dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, ou même remplacés par des forts neufs en béton. L'hypothèse en vigueur était qu'un tel matériau monolithique résisterait mieux à l'attaque que des murs en maçonnerie plus vulnérables à cause de leurs joints. Cette hypothèse est généralement confirmée par les assauts allemands à Verdun tout au long de l'année

1916. Mais, curieusement, les analyses des dégâts conduisent à des conclusions opposées. Les Allemands sortent de cette bataille persuadés qu'un béton relativement mince, avec les bonnes doses de ciment et étant intelligemment renforcé, est idéal pour la guerre moderne. Par contre, les Français retiennent de la bataille de Verdun que le béton sert plutôt pour des fortifications permanentes en temps de paix (Eckel 1922b, p. 200) ; ils maintiennent qu'il doit être épais de plusieurs mètres et pas forcément armé (*Bulletin* 1918, p. 17-18 et 68, Hoc 1931, p. 27-32).

En mars 1917 l'armée du Reich décide pour des raisons stratégiques de se replier plus à l'est, abandonnant des régions de l'Aisne envahies depuis 1914. Le Génie français en profite pour étudier de près les constructions que l'ennemi y a laissées. Il prend note des nombreux abris en béton, parfois dissimulés à l'intérieur de bâtiments existants (fig. 1), parfois semi-enterrés (H. G. 1917, p. 1-85). Les plus vieux parmi ces abris sont peu ou mal renforcés avec du métal ; leurs constructeurs avaient surtout privilégié la masse ininterrompue de béton. Mais les plus récents démontrent une meilleure disposition de barreaux en métal dispersés de manière régulière dans le béton (fig. 2). Vers la fin de la guerre, les Allemands iront encore plus loin en remplaçant l'utilisation d'armatures réparties uniformément dans la masse avec des armatures stratégiquement concentrées près de sa surface (*Bulletin* 1918, p. 54). Les expériences sur le champ de bataille contredisent la théorie qui privilégie des structures totalement homogènes.

Les Français remarquent aussi que les Allemands se sont efforcés de minimiser le temps de construction pour chaque abri. Jusqu'à leur achèvement, ces chantiers situés au front sont particulièrement vulnérables aux tirs ennemis. L'armée du Reich a donc testé un système de pierres artificielles préfabriquées, livrées directement à l'emplacement du futur abri, mais des épreuves démontrent qu'elles résistent moins bien aux explosions (*Bulletin* 1918, p. 34). Finalement ils se sont repliés sur des solutions de béton coulé dans des coffrages perdus en tôle.

L'étude approfondie que les ingénieurs français, belges, anglais et australiens font des abris allemands abandonnés en 1917 (y compris dans la zone belge libérée à l'automne de cette même année) sera d'une aide précieuse aux Alliés. Ils commencent par lancer des obus contre ces abris vides pour déterminer quels projectiles peuvent les détruire, découvrant leur surprenante solidité (*Bulletin* 1918, p. 21-51). Dans les mois qui suivent les Français vont relativiser les leçons qu'ils ont tirées de la bataille de Verdun ; ils vont généraliser l'emploi du

béton armé au front pour des constructions temporaires. À partir d'octobre 1917 l'armée émet un bulletin officiel qui contient les consignes nécessaires pour que toutes les troupes, et non seulement celles du Génie, édifient des ouvrages à l'aide de ce matériau. Selon ce bulletin, « Il y a lieu de faire un emploi du béton aussi étendu que possible partout où le travail de bétonnage peut être exécuté avec un soin suffisant » (*Bulletin* 1918, p. 4-5). Toutefois la France est limitée dans son emploi du béton armé par des pénuries de charbon, nécessaire pour fabriquer du ciment, ainsi que par la consommation effrénée du métal par son industrie d'armements (Eckel 1922b, p. 200).

Les Britanniques sont plus rapides que les Français à copier les systèmes allemands d'abris temporaires en béton. Avant la guerre, l'utilisation du béton était moins courante en Angleterre qu'en France ou en Allemagne. Le conflit force l'armée Britannique à combler son retard, surtout à partir de la fin de l'année 1917 quand elle adopte une attitude plus défensive qu'offensive. Ils construisent en France des usines qui fabriquent à la chaîne des composants pour des systèmes de construction en béton, améliorant progressivement le processus de manufacture avec l'introduction de coffrages réutilisables, la production en continu, le durcissement accéléré, et le décoffrage rapide (Oldham 2014, p. 13).

En retrait du front, l'ingénieur français Eugène Freyssinet déploie son expertise du béton armé dans une large gamme d'ouvrages pour la Commission militaire du réseau du nord. Il en profite pour perfectionner la technique de la vibration mécanique des coffrages tout en inventant un système de cintres mobiles qui ouvre la voie à son invention ultérieure du béton précontraint (Fernandez-Ordoñez 2012, p. 109-110). Pendant ce temps une commission internationale d'architectes et d'entrepreneurs patronnée par la Croix-Rouge américaine en France tente de compenser l'insuffisance des matériaux de construction pour les projets civils en examinant les performances du pisé, précurseur du béton moderne, dans des prototypes de logements pour les régions dévastées (*Le Pisé* 1918).

Grâce à la Première Guerre mondiale, non seulement des milliers de conscrits apprennent à se servir du béton, mais en plus des ingénieurs de plusieurs pays évaluent différents modes de construction avec ce matériau. Chacun imagine de nouvelles solutions pour monter rapidement le béton tout en le rendant assez solide pour résister aux pires attaques ; les Français retiennent

surtout les performances satisfaisantes des grands forts permanents en béton (ce qui conduira à l'exécution de la Ligne Maginot), tandis que les Allemands et les Britanniques voient d'un meilleur œil les structures temporaires en béton armé. Mais, dans tous les pays concernés, les possibilités de ce matériau et de ses cousins sont mieux mises en valeur.

### **Un port américain à Bassens**

Quand l'Amérique rejoint les Alliés en 1917, une deuxième vague de constructions étrangères surgit en France. Celles-ci ne se déploient pas au front, mais plutôt à l'arrière, dans le réseau d'infrastructures et de bâtiments que les Américains édifient pour subvenir aux besoins de leur force expéditionnaire. Ils sont obligés de mener une telle campagne de construction parce que les quais des ports en France sont saturés et, mise à part la capitale, les villes et les bâtiments sont déjà bondés d'immigrés et de réfugiés. En outre le réseau ferré français n'a pas la capacité d'accommoder tous les trains supplémentaires. Les États-Unis se lancent donc dans un vaste programme qui comprend la construction de nouveaux ports, de chemins de fer, de camps (fig. 3), d'hôpitaux, de kilomètres d'entrepôts et de grandes gares de marchandises qui servent à acheminer les ressources indispensables à leurs troupes (*Historical Report 1919*).

À ce moment, à cause de la guerre, la France manque cruellement de matériaux et de main d'œuvre. En supposant que les Américains puissent construire des nouveaux ports, même ceux-ci ne suffiront jamais pour faire venir tout le matériel nécessaire étant donné la quantité limitée de navires disponibles. Certaines ressources devront être dénichées en Europe continentale malgré les pénuries. De même, l'armée des États-Unis ne peut pas se permettre d'employer un pourcentage important de ses soldats, si désespérément attendus au front, pour combler le déficit de main d'œuvre sur ses chantiers. L'assistance militaire des États-Unis risque d'être inutile si des nouvelles infrastructures en France ne sont pas prêtes à temps, car, à partir de mars 1918, l'Allemagne gonfle ses effectifs sur le front ouest avec des troupes qui n'ont plus à combattre la Russie. Pourtant les Américains vont surmonter les obstacles qui entravent leurs projets de construction et leur intervention militaire.

L'exemple de l'un des ports construits par l'armée américaine en France illustre la difficulté de la tâche pour les ingénieurs américains et leurs tentatives pour y faire face. Ce port, le premier qu'ils entreprennent en France, est situé à Bassens sur la Garonne au nord de Bordeaux. L'armée américaine y projette de construire un dock typiquement américain avec des pieux en bois massif et un système de rails parallèles au quai surmontés par des pont-portiques coulissants (fig. 4). Ce dispositif est accompagné, côté terre, par une rangée de hangars en bois reposant sur une dalle en béton avec des toits en tôle ondulée. La dalle mesurera 50 mètres de large sur 1,25 kilomètre de long (Parsons 1920, p. 43-46).

Les premiers mois s'écoulent dans l'attente de matériaux de construction, dont beaucoup, tels que des troncs d'arbre suffisamment longs, sont impossibles à trouver en France. Entre temps deux pelles-à-vapeur américaines de 60 tonnes, ainsi que des traverses pour les voies ferrées, sont localisées en Espagne et apportées sur place. Lorsqu'elles sont disponibles, les pièces nécessaires sont achetées sur le marché français, tels que des rails en métal pour la gare de marchandises. Le sable et le gravier sont dragués d'un site à proximité, tandis que le ciment artificiel vient de l'Angleterre. Pendant ce temps le manque de main d'œuvre est comblé par le recrutement d'immigrés en provenance de l'Europe du sud et des colonies françaises, et par des prisonniers de guerre allemands prêtés par la France.

Pour accélérer l'exécution de la longue dalle en béton qui servira de sol pour les hangars, une bétonnière à essence est montée sur un wagon plat coulissant le long de rails parallèles au quai. Des wagons sur des voies ferrées perpendiculaires au quai transfèrent le béton liquide de la bétonnière jusqu'à son emplacement final. Deux bétonnières à essence placées sur des camions complètent cet équipement, l'équivalent réel de trois bétonneuses mobiles modernes (Tomlin 1918, p. 68). À cette époque un tel système est inconnu en France. Les premiers prototypes allant dans ce sens, peu nombreux et balbutiants, venaient d'apparaître il y a quelques années aux États-Unis ainsi qu'en Angleterre.

Après plusieurs retards, en novembre 1917 des grands troncs d'arbre arrivent par bateau en provenance de forêts au nord-ouest des États-Unis. Les ingénieurs observent que le bois est de piètre qualité et que certains troncs ont été abîmés pendant le long trajet. Mais, puisque le temps presse, ils doivent faire avec. Un entrepreneur de la ville de New-York, le Phoenix Construction

Company, avait été embauché par l'armée pour installer les 11,000 pieux de pin ; son équipe déjà sur place improvise la construction de sonnettes flottantes pour battre les pieux (*Historical Report* 1919, p. 268). Pour créer du bois d'œuvre, une scierie est installée à Bassens grâce à une chaudière à vapeur achetée en Espagne rattachée à une scie circulaire venue des États-Unis (Tomlin 1918, p. 69). Finalement le chantier bat son plein vers la fin du mois de novembre.

Mais cette étape franchie ne soulage pas les ingénieurs en charge, qui savent que son aboutissement rapide est impératif pour la mobilisation massive des troupes américaines au front. En plus du fait que le bois livré ne répond pas aux critères techniques, les poutrelles en acier nécessaires pour soutenir le poids conséquent des pont-portiques métalliques coulissants n'ont pu être acheminées de la côte est américaine faute de place dans les cales des bateaux. Le 28 décembre 1917, l'armée organise une commission technique. Elle doit déterminer si le projet est gravement compromis par la mauvaise qualité du bois ainsi que par l'incapacité de recevoir des poutrelles en acier avant plusieurs mois, et, le cas échéant, quel remède y apporter. Des essais confirment que ce bois seul ne peut pas soutenir les charges programmées. Néanmoins, pour respecter les délais du projet, la commission décide de poursuivre les travaux en abandonnant, pour huit des dix postes d'amarrage prévus, la possibilité d'utiliser les pont-portiques métalliques de 70 tonnes. Les travaux peuvent donc continuer à toute allure en utilisant, sur quatre-cinquièmes de la longueur du quai, des poutres en bois à la place des poutrelles en acier qui tardent à arriver. Pourtant cette solution risque d'entraver la possibilité de décharger tous les navires aussi rapidement qu'espéré (*Historical Report* 1919, p. 265-266).

Un ingénieur de l'armée américaine du nom de Boschke résout ce dernier problème en inventant une machine à décharger les navires qui servira sur les parties du quai qui ne bénéficient pas de poutrelles en acier. Relativement légère car faite de bois, cette machine inspirée par les mécanismes des vieux navires à voile est tout de même capable de porter jusqu'à cinq tonnes de marchandises (Tomlin 1918, p. 71). À la fin du printemps 1918, le port est en grande partie opérationnel (fig. 5).

Le projet du port de Bassens témoigne de l'étrange cohabitation de matériaux et de manières de faire à la fois modernes et anciens qui caractérisent les chantiers américains en France pendant la Grande Guerre. Leurs plans étant constamment déjoués par les revers



permanents dûs au contexte de guerre, les ingénieurs américains sont obligés de repenser et d'adapter leurs méthodes de construction. S'il est vrai qu'ils apportent en France des techniques courantes aux États-Unis, ils en repartent avec une meilleure appréciation d'alternatives moins typiques dans leur pays.

### **Échanges Franco-américains autour du ciment**

Quand les premiers ingénieurs et spécialistes américains débarquent en France en 1917, ils s'étonnent de la grande variété de ciments en vente sur le marché français. Celle-ci s'explique de deux manières : d'une part par le nombre élevé de petites et moyennes industries locales, et d'autre part par le manque aigu de charbon qui favorise la manufacture frugale en énergie de ciments moins performants tel que le ciment de laitier. Les constructeurs français ont l'habitude de travailler avec une telle gamme de produits, mais pas les Américains, qui font seulement confiance au ciment de Portland. Une fois sur place, ces derniers sont agréablement surpris par les résultats que les entrepreneurs français du bâtiment obtiennent avec des ciments soi-disant « inférieurs ». Mais, étant donnée la panoplie des différents produits disponibles sur le marché, chacun d'entre eux en petite quantité, les Américains ne peuvent pas savoir si certains sacs de ciment français auront les qualités requises pour une tâche structurelle spécifique sans recourir à chaque fois à des essais. Leurs besoins en ciment sont trop grands et trop urgents pour cela (Eckel 1922a, p. 123).

Bien qu'une quantité limitée de ciment de Portland puisse être importée d'Angleterre, le tonnage des bateaux n'est pas suffisant pour répondre à la demande américaine. De plus le projet du port à Bassens démontre clairement les risques de lenteur et d'imprévisibilité associés aux livraisons navales. Donc, suivant les conseils d'un géologue et capitaine du Génie Edwin Clarence Eckel ainsi que du Major Henry S. Spackman, ingénieur, chimiste et entrepreneur du bâtiment, l'armée américaine se lance dans la production de ciment sur le sol français. À partir de la fin du printemps 1918 elle loue et exploite trois usines à ciment françaises qui, manquant de charbon, soit se trouvaient à l'arrêt, soit s'étaient repliées sur la production de ciment de laitier

ou d'autres ciments faibles. Leurs établissements sont réparés et agrandis par les Américains. De plus l'armée américaine signe un accord avec quatre autres usines en France en offrant de leur fournir du charbon et de la main d'œuvre en échange de livraisons de ciment de Portland à prix réduit. Entre 1918 et 1919, les sept usines fournissent ensemble 55 000 tonnes de ciment aux Américains. Une partie sera convertie en parpaings et en tuyaux manufacturés sur place par l'armée (Eckel 1922a, p. 123-124).

Deux des usines louées, au Teil et à Cruas dans la vallée du Rhône en Ardèche, appartiennent à la Société Pavin de Lafarge. Depuis 1908 cette compagnie y développe un « ciment fondu » inventé par le polytechnicien Jules Bied, directeur du Service du Laboratoire et des Recherches (Bied 1926, p. 157-166). Ce ciment cuit à haute température contient une dose élevée d'aluminates de chaux. Les expériences faites par Bied avant la guerre établissent qu'un béton fait avec du « ciment fondu » peut supporter des charges bien supérieures à la norme, et cela au terme de plusieurs jours au lieu d'un mois ou plus (Section Technique du Génie 1923, p. 1). Il peut donc être rapidement décoffré, produisant un gain de temps important sur la durée du chantier. Entre 1915 et 1917, le gouvernement français somme Lafarge de fabriquer pour la première fois du « ciment fondu » à échelle industrielle (Rengade 1928, p. 1). Il servira à construire des plateformes de mortiers et d'autres structures au front (*Bulletin* 1918, p. 107).

Mais, faute de carburant et de demande dans le secteur civil du bâtiment, les usines Lafarge au Teil et à Cruas tournent au ralenti quand, au début de 1918, les ingénieurs américains s'en emparent pour satisfaire leur propres besoins. Les documents d'archive ne nous permettent pas de déterminer ce que cette société aurait retenu des neuf mois d'exploitation américaine de ses usines en Ardèche ; il est permis d'imaginer que certaines méthodes industrielles employées par les Américains ont pu être appropriées par leurs hôtes. Par contre, nous savons qu'à partir de cette expérience le Génie de l'armée américaine tirera la connaissance du « ciment fondu ».

Il se trouve que le Major Spackman avait déjà exploré, lors de la mise en service d'une usine de ciment à Cuba vers 1909, l'utilité d'aluminates peu calciques en tant qu'additifs au béton. À cette époque il n'avait pas réussi à traduire ses expériences en un produit commercial à succès. Mais sa découverte en 1918 des travaux de Bied grâce à l'exploitation américaine des usines Lafarge sera une révélation. Dès leur retour en Amérique, Spackman et Eckel vantent dans

la presse spécialisée les avantages du ciment à fortes doses d'aluminate de chaux. Ils vont joindre leurs efforts à ceux d'un P. H. Bates, chercheur au « U.S. Bureau of Standards » à Washington D.C., pour confirmer les performances de ce nouveau matériau et améliorer les techniques de sa production, entérinant ainsi son acceptation aux États-Unis (Bates 1921, p. 742, Eckel 1921, p. 566-567, Blanc 1927, p. 452).

Les répercussions générales de la Grande Guerre sur l'industrie du bâtiment en Europe de l'Ouest ont déjà été esquissées par des historiens. Comme l'a démontré Dominique Barjot, les conditions politiques, économiques, et sociales à la fin de la guerre privilégient la formation de nouvelles entreprises de construction plus efficaces ainsi que des techniques de construction basées sur la rationalisation et la standardisation. Après 1918, l'industrie du bâtiment doit tourner une page pour affronter un monde où la main d'œuvre, les sources d'énergie et les matériaux de construction sont beaucoup plus chers qu'avant et où des travailleurs peu qualifiés remplacent progressivement les artisans sur les chantiers (Barjot 2002, p. 195-203).

Si cette analyse reste valable, les exemples des constructions réalisées pendant la Première Guerre mondiale décrits ci-dessus révèlent un autre aspect de l'histoire de cette époque. L'influence du conflit sur le monde de la construction ne se limite pas aux grandes perturbations de l'après-guerre. Entre 1914 et 1918, des acteurs du bâtiment mettent en pratique des idées expérimentales et révisent leurs théories selon les résultats qu'ils obtiennent. Les conditions de la guerre les empêchent de recourir aux types de construction auxquels ils sont habitués. En conséquence, les constructeurs sont amenés à explorer des matériaux et des techniques de construction de pointe tout en revalorisant des alternatives plus archaïques. Des rencontres entre des hommes de différents pays et de formations diverses ont également permis le développement de nouvelles technologies du bâtiment. La guerre aura donc déclenché dans le monde de la construction une évolution qui se poursuivra après la fin des hostilités.

## Bibliographie

- D. BARJOT, « Innovation et travaux publics en France (1840-1939) », *Histoire, économie et société*, t. 8, n° 3, 1989, p. 403-414.
- D. BARJOT, « La contribution des entreprises de bâtiment et de travaux publics à la Reconstruction », in E. BUSSIÈRE, P. MARCILLOUX et D. VARASCHIN (dir.), *La Grande Reconstruction : Reconstruire le Pas-de-Calais après la Grande Guerre*, Arras, Archives départementales du Pas-de-Calais, 2002, p. 195-213.
- P. H. BATES, « Possibilities in Fused Cement », *Engineering News-Record*, t. 87, n° 18, 3 nov. 1921, p. 742.
- J. BIED, *Recherches industrielles sur les chaux, ciments et mortiers*, Paris, Dunod, 1926.
- E. C. BLANC, *Le ciment Portland*, Paris, Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1927.
- Bulletin de renseignements du Génie*, n° 5, févr. 1918.
- J.-L. COHEN, *Architecture en uniforme : Projeter et construire pour la Seconde Guerre mondiale*, Paris, Hazan, 2011.
- E. C. ECKEL, « Quick Hardening Cement Developed by the French », *Engineering News-Record*, t. 87, n° 14, 6 oct. 1921, p. 566-567.
- E. C. ECKEL, « Cement Supply, American Expeditionary Forces », *Concrete Cement Mill Section*, t. 20, n° 1, janv. 1922, p. 123-126.
- E. C. ECKEL, « Concrete in Front Line Work, 1914-1917 », *Concrete*, t. 20, n° 5, mai 1922, p. 199-223.
- J. A. FERNANDEZ-ORDOÑEZ, *Eugène Freyssinet*, Paris, Éditions du Linteau, 2012.
- H. G., « Reconnaissance des organisations allemandes dans le secteur compris entre Roye et l'Oise », *Bulletin de renseignements du Génie*, n° 3, 20 nov. 1917, p. 1-85.
- E. HERREL, « Constant maturing : student years, house-building in Frankfurt and war memorials on the front », in C. QUIRING et al. (dir.), *Ernst May 1886-1970*, Munich, Prestel, 2011, p. 15-31.
- Historical Report of the Chief Engineer, including all operations of the Engineer Department, American Expeditionary Forces, 1917-1919*, Washington, U.S. Army, 1919.

- HOC, « Le béton dans la fortification : les forts belges et les forts de Douaumont et de Vaux pendant la guerre », *L'Entreprise Française*, t. 1, n° 5, 25 mai 1931, p. 27-32.
- Le pisé et le carreau de terre : étude faite par des délégués des grandes associations des architectes, entrepreneurs, etc.*, Paris, Croix-Rouge Américaine, 1918.
- K. MALLORY et A. OTTAR, *The Architecture of War*, New York, Pantheon Books, 1973.
- P. OLDHAM, « From Extemporised to Engineered : Advances in Concrete Technology during the First World War », *Magazine of Concrete Research*, t. 66, n° 1, 2014, p. 8-17.
- W. B. PARSONS, *The American Engineers in France*, New York, D. Appleton & Co., 1920.
- « Roll of Honor », *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, t. 47, n° 1, New York, ASCE, janv. 1921, p. 42-141.
- E. RENGADE, *Ciments spéciaux à durcissement rapide*, Paris, Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Maçonnerie, Ciments et Béton Armé de la Ville de Paris et du Département de la Seine, 1928.
- Section Technique du Génie, « Les ciments alumineux », 20 févr. 1923, Service Historique de la Défense à Vincennes, GR 2V 252.
- R. K. TOMLIN, « American-Built Docks in France Completed by Pacific Coast Engineers, » *in* R. K. TOMLIN, *American Engineers Behind the Battle Lines in France*, New York, McGraw-Hill, 1918, p. 65-73.
- P. VAGO, « Perret », *L'Architecture d'aujourd'hui*, t. 3, n° 7, oct. 1932, p. 14-19.