

RESTAURATION DU PATRIMOINE ARCHITECTURAL EN PISÉ : CAS DU SITE DE HONAINE

I. Introduction

L'époque actuelle soigne ses vestiges: les ruines sont révélées et relevées, classées, protégées et restaurées. Le projet de restauration doit être organisé sur la base de connaissances historiques et diagnostics approfondis de l'œuvre. Cela équivaut à dire que le projet de restauration est un projet architectural particulier « où c'est l'œuvre d'art qui conditionne la restauration et non le contraire », c'est à dire qu'il y a toujours une préexistence figurative et historique qui limite le degré d'intrusion. Ainsi la fonction du projet de restauration est de définir et de mesurer les caractéristiques des pertes relevées dans la consistance matérielle, d'expliquer par des graphismes les données sensibles de la construction, de préparer les techniques adaptées au rétablissement de l'unité potentielle de l'œuvre momentanément perturbée, de prescrire les nouveaux matériaux nécessaires en définissant leur âme, leur dimension et leur disposition et de déterminer enfin la succession des phases de l'opération.

2. Le site de Honaine

Dans un pays de montagnes, assez difficile d'accès, mais situé entre deux grandes voies de communication que sont la Tafna et la Moulouya, de part aussi sa proximité par rapport à Tlemcen (environ 70 Km), une des grandes métropoles historiques du Maghreb, Honaine voit son histoire liée à celle du pays Orano-Tlemcenien dans ses rapports avec le monde Méditerranéen et africain. En effet, le petit port de Honaine fut, et ce depuis l'antiquité, l'un des plus actifs de la région sur le plan des échanges commerciaux. La ville de Honaine se trouve sur la côte occidentale de l'Oranie, entre les sites portuaires de Béni-Saf et Ghazaouet, à 40 Km de la frontière marocaine et à environ 70 Km au nord ouest de Tlemcen (Figure 1).

Suivant le découpage administratif de Juin 1991, Honaine est devenue chef lieu de Daira. Elle est située au centre de la bordure côtière du massif des Traras. Ce petit massif montagneux occupe sur une centaine de kilomètres, le

littoral extrême de l'Algérie occidentale, pratiquement entre l'Oued Kiss qui forme la frontière avec le Maroc à l'ouest, la Tafna à l'est et au sud et la Méditerranée au nord. Géographiquement, il continue à l'est et devient le massif des Béni-Isnacen (Maroc).



Figure 1- Plan de situation de Honaine

Ce sont donc ses aspects géoéconomiques et géomorphologiques qui ont contribué à la naissance de cette cité qui n'a pris une réelle importance qu'à partir de la dynastie Almohade.

Très riche, mais émouvante et dramatique aussi, a été l'histoire de cette vieille cité où il ne subsiste actuellement que quelques fragments de vestiges dont l'enceinte de la citadelle ou ville haute et celle de la ville basse ainsi que les fouilles archéologiques à l'intra-muros. Les remparts accusent une pathologie accentuée et une dégradation de nature à permettre leur disparition si aucune mesure palliative n'est prise rapidement. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui a pour objectif la préservation de ce site, classé en date du 1er Février 1982, occupé et urbanisé à outrance, souvent d'une manière anarchique depuis l'indépendance. Dans son article qu'il consacre à Honaine, G. Marçais [6] la décrit en ces termes: « la ville occupait un espace trapézoïde mesurant approximativement 320 sur 350 mètre. Elle se composait d'une ville basse située à un niveau à peine

F. GHOMARI
Institut de Génie civil
de l'université A. Belkaid
de Tlemcen
F. BELABDELOUAHAB
ENTP Alger

RÉSUMÉ

Le pisé était l'un des procédés constructifs les plus utilisés dans les pays du Maghreb pour la réalisation des éléments de défense des cités Médiévales. Ce patrimoine est conservé dans un état qui souligne sa décrépitude. Cet article met en exergue la pathologie des monuments encore visibles de la cité historique de Honaine. Il présente en effet, un diagnostic qui allie la connaissance des éléments traditionnels à celle de la pathologie afin de tenter de résoudre les problèmes des désordres qui menacent l'intégrité physique de ce riche patrimoine.

MOTS CLÉS

Patrimoine • Restauration • Honaine • Diagnostic • Désordres.



Photo n° 1. Le site de Honaine (maquette).

supérieur à celui de la mer et une ville haute bâtie sur deux contreforts de la montagne séparés par un ravin » (photo n° 1).

3. Système constructif

Le patrimoine historique monumental de la cité de Honaine est essentiellement constitué d'éléments de défense. Ces derniers sont construits en pisé (technique de construction en terre communément appelée au Maghreb Tabia).

L'histoire de la construction en pisé est mal connue. Quels que furent les contacts entretenus par les différentes civilisations antiques pratiquant l'art de bâtir en terre, l'apparition de l'emploi de ce matériau fût sans doute propre à chaque contrée. Les résultats connus de l'archéologie autorise tout à la fois une approche régionaliste, et l'apport d'autres disciplines (histoire, anthropologie, ethnologie) précise des directions d'influence par l'étude de la migration des peuples, de leurs contacts guerriers, culturels ou économiques. Ces liens supposés ou confirmés permettent d'évaluer avec prudence les possibilités d'une transmission de la technique de construction en pisé [4] (Figure 2).

Le désir de construire vite et à bon marché paraît avoir seul déterminé l'emploi du pisé. Ibn Khaldoun [5] nous décrit les divers procédés utilisés pour la fabrication de ce béton banché (Figure 3). Il s'agit de compacter, lit après lit, entre deux banches, un mélange de terre, de grave, et de moellon de pierre stabilisé à la chaux grasse et au charbon de bois. Ainsi battu, ce mélange prend de la consistance et forme une masse homogène qui peut être élevée à toutes les hauteurs.

La banche se compose de rondins de bois en guise de clés et de poteaux, de panneaux en planches et de cordes pour maintenir le tout.

La terre utilisée est directement extraite du sol. Trop sèche pour avoir suffisamment de cohésion, elle a besoin d'être damée. Il faut 20 mn environ pour mettre la banche en place. En revanche, le temps de remplissage et de compactage d'une banche dépend du niveau où l'on travaille et de la saison car le temps de séchage

est plus long en hiver et le transport de la terre est plus difficile en hauteur. Une fois la banche terminée le coffrage est enlevé pour être assemblé à proximité; cette opération est répétée jusqu'à l'élévation complète du mur tout en assurant le croisement des banches aux angles et en élévation. L'outillage utilisé par le piseur reste rudimentaire: un piseur en bois, tel que couffin et une échelle (Figure 3) [1].



Figure 2. Hypothèses de transfert de la technique du pisé à travers le monde

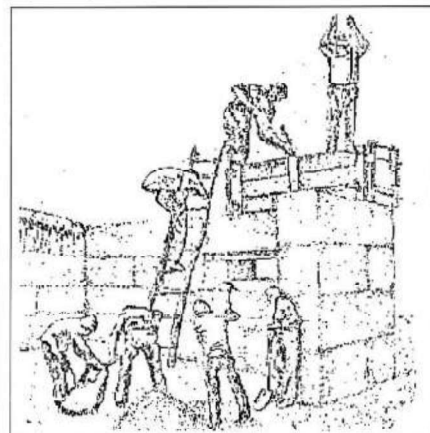
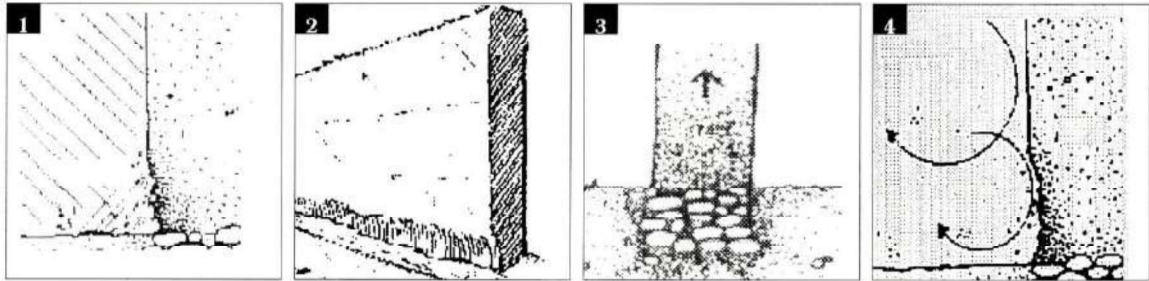


Figure 3. Le procédé de construction en pisé



4. DIAGNOSTIC ET ANALYSE

La pathologie des structures en pisé est liée à un matériau fragile qui paradoxalement offre un bâti qui résiste avec succès aux agressions souvent intenses du climat. Le diagnostic des causes des désordres ne s'arrête pas aux simples caractéristiques du matériau, mais doit prendre en compte la conception, la construction, l'usage et l'histoire du bâtiment. Il faut être conscient que certains désordres du bâti ancien sont le résultat d'une évolution très lente sur six ou sept siècles pour le cas de Honaine [3].

La typologie des désordres recensés sur les remparts des villes haute et basse à Honaine sont classifiés comme suit (Figure 4) [2]:

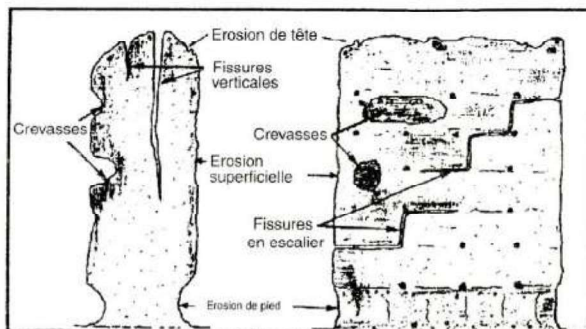


Figure 4. Typologie des désordres recensés sur les remparts de Honaine

4.1 Erosion de pied

Le pisé hydrophile, absorbe l'eau facilement et présente la coloration de la terre mouillée. Il gonfle et perd par conséquent ses caractéristiques mécaniques. En effet, les précipitations sont à l'origine de l'érosion du bas des murs en pisé des éléments de défense de la cité de Honaine (Figure 5). Les gouttes de pluie qui tombent à proximité du mur se disloquent et jaillissent sur le bas du mur provoquant son érosion « effet splash ». De plus, ces murs ne sont guère protégés par des soubassements et pour peu qu'il y ait des pentes accentuées ou un mauvais drainage, l'action dynamique du ruisselle-

ment engendre une érosion de pied.

Alimentées par les pluies, les nappes d'eau souterraines voient leur niveau varier, influant ainsi sur les remontées capillaires dans les murs par le bas, ces eaux peuvent entraîner avec elles des sels dissous (nitrates, sulfates ou chlorures) et micro-organismes (salpêtre, lichens). Ces sels cristallisent en surface et forment des traces brunes ou blanchâtres. Ils attaquent le pisé et par hydrophilie ils maintiennent le pisé humide et diminuent sa résistance.

A cela s'ajoute l'effet du vent qui accentue l'érosion de ces structures déjà affaiblies et fragilisées.

4.2 Erosion de tête

Faute d'entretien et de protection, les murs de

l'enceinte des villes haute et basse de Honaine ont subi une érosion accentuée. En effet, les enduits (protection de surface) lessivés par le temps ont laissé à nu le support qui face aux différents cycles de mouillage-séchage a vu apparaître dans sa masse des contraintes physiques de type qui provoquent la fissuration et le risque d'effondrement.

Aussi, les champignons et moisissures sont source de dégradation. Les sels d'ammonium et de nitrites sont transformés biologiquement par oxydation en acide nitrique capable de décomposer les calcaires minéraux essentiels dans la composition des murs de Honaine. L'intervention microbienne joue en plus le rôle de catalyseur pour assurer l'oxydation du soufre en SO_2 puis en SO_3 . Le calcaire, base forte se voit fortement attaqué par ces acides forts qui par double décomposition va disparaître sous forme de chlorures ou de nitrates (solubles dans l'eau) ou bien se transformer en sulfates gonflants (gypse). Ce processus, heureusement très long, favorise la dégradation du béton de terre dans la mesure où les produits formés par la chaîne

Figure 5. Agents responsables de l'érosion de pied des structures en pisé de la cité de Honaine

- 1- Rejaillissement, érosion «effet splash»
- 2- Ruissellement, creusement
- 3- Remontée capillaire, humidification prononcée
- 4- Action dynamique du vent.

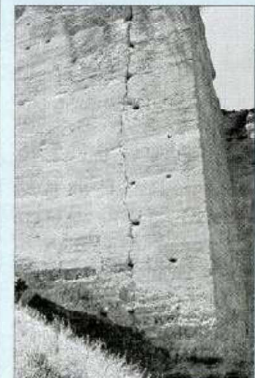
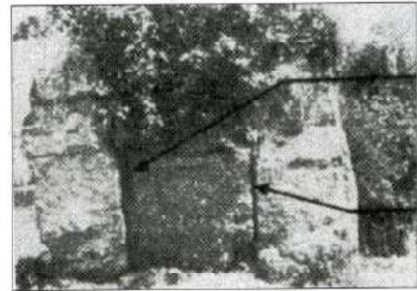


Photo 4. Eclatement de pans de mur dû à la présence du figuier.



de réactions en cause n'ont pas de propriétés liantes.

De plus, le vent présente un effet mécanique qui accentue l'érosion des parties fissurées ou desquamées.

4.3 Erosion superficielle

Les précipitations agissent directement sur la façade des monuments, s'infiltrant dans les murs et cheminant à travers les parois. Ce ruissellement amène un changement de l'état du pisé, matériau poreux. Ce changement est encore plus néfaste quand l'eau est chargée en sels; c'est le cas de la cité de Honaïne, zone littorale marine où les embruns constituent l'apport essentiel en sels. Le vent favorise l'évaporation de l'eau de l'épiderme des structures en pisé et contribue à augmenter la concentration en sels.

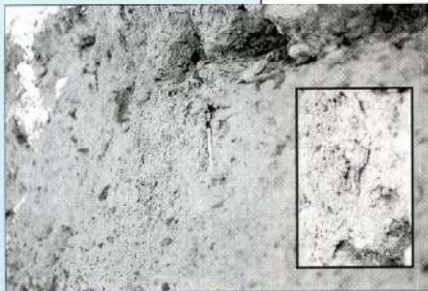
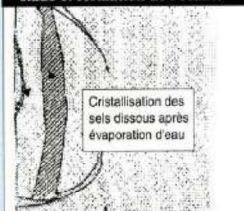
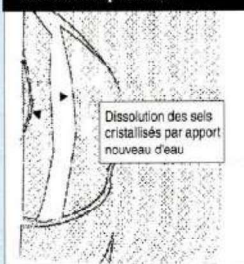


Figure 6. Desquamation en écailles des couches superficielles des murs en pisé non protégés.

stade 1: formation de l'écaille



stade 2: desquamation



Lors du cycle de séchage, l'eau est restituée dans l'atmosphère provoquant ainsi la cristallisation des sels pouvant atteindre 10 à 15% d'augmentation en volume; c'est ce qui vraisemblablement est à l'origine de la micro et la macro fissurations. La dissolution de ces sels par apport d'eau, cause la desquamation en écailles des couches superficielles des murs en pisé non protégés qui s'en détachent (Figure 6). Il s'ensuit une érosion de l'épiderme du mur par desquamation de couches successives engendrant l'amincissement de la section du mur.

4.4 Crevasses

Nous avons mentionné plus haut que la grande inertie des murs en pisé oblige les bâtisseurs d'inclure comme remplissage dans la masse de grosses pierres (photo 2). Suite à une érosion superficielle, qui met à nu la pierre sur l'une de ses faces, il ya accentuation locale autour de la pierre par la synergie des différents agents climatiques (pluie, vent, humidité...), provoquant ainsi le creusement d'une cavité qui ne cesse d'augmenter en volume. Ce phénomène très localisé est visible sur l'ensemble des mu-

raillies en pisé de Honaïne. De plus, les insectes comme certains hyménoptères sont susceptibles de creuser des cavités dans ces structures en pisé fragilisées par le temps.

Ces crevasses sont devenues les refuges privilégiés pour les pigeons (photo 3). Ces oiseaux provoquent deux types de dommages: mécanique par l'action des griffes, des becs et la nidation, et physico-chimique par l'action des excréments. Ces derniers, agissent d'abord par attaque superficielle par les produits acides qui les constituent mais également comme source de bactéries et comme milieu fertilisant pour l'implantation ultérieure de végétaux.

4.5 Fissures

Le pisé travaille essentiellement à la compression. Par contre, il a une faible résistance à la traction. Tout dépassement de contrainte se traduit par des fissures observables.

Deux types de fissures ont été relevées sur les



Photo 2. Remplissage en grosses pierres du pisé à Honaïne.



Photo 3. Crevasses, lieux privilégiés des pigeons.

murs de Honaine: fissures verticales qui concernent spécialement les bordjs et une fissure en escalier relevée sur le mur attenant à « Bab al Sanun ». Ces déformations sont pour la plupart des cas dues au développement des racines de figuiers implantées dans certains bordjs découverts. Ces racines font éclater des pans de murs entiers (photo 4) grâce à leur puissance de gonflement engendrée par la pression osmotique.

Ces fissures sont encore accentuées par les érosions de pied qui amoindrissent la section du mur présentant ainsi des risques d'instabilité (photo 2). Notons aussi que les mouvements d'origine sismique peuvent provoquer des fissures et affaiblir la structure qui offre une résistance amoindrie aux sollicitations dynamiques.

5. Solutions techniques

Pour pallier aux différents désordres recensés sur les remparts de la cité de Honaine, quelques solutions non exhaustives peuvent être décrites.

Pour le cas de l'érosion de pied, nous pouvons préconiser une reprise du soubassement et à encaisser la base résiduelle du mur dans un caisson en matériau insensible à l'eau (pierre, béton) dans lequel sera compacté un béton de terre stabilisée de telle sorte que toute la partie vulnérable ne soit plus exposée aux agents responsables de l'érosion et que la charge du mur trouve une possibilité de diffusion (Figure 7).

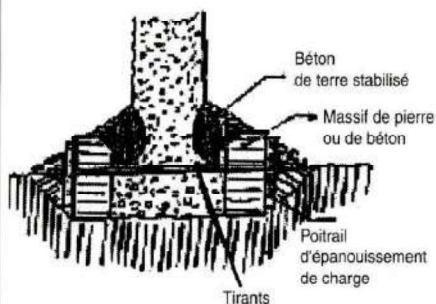


Figure 7. Confortement de la base mur érodé

Si le mur présente des signes de dévers, ce système pourra être complété soit par des ancres transversaux de barres galvanisées assurant un serrage de postcontrainte de la base, soit par des contreforts réalisés en béton de terre stabilisée cyclopéen réalisés par banchage (assimilation à une maçonnerie banchée). L'inconvénient des contreforts résulte du fait qu'ils modifient l'aspect de l'œuvre restaurée.

Pour le cas de l'érosion de tête, la reprise pourra se faire en reconstituant les parties dégradées selon la technique du pisé et en récupérant les matériaux d'origine ou en utilisant un matériau qui s'y apparente. La fixation des banches pourra profiter des anciens trous comme l'indique le schéma de la Figure 8.

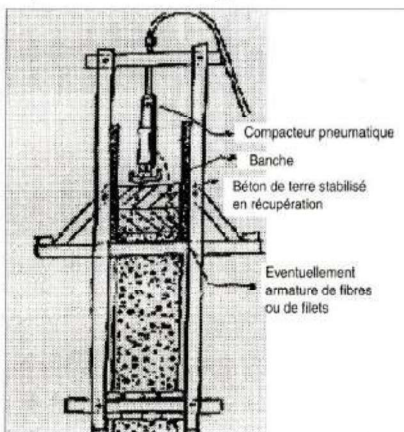


Figure 8. Reprise d'une érosion en tête d'un mur en pisé.

Dans ces travaux de reprise il conviendra impérativement d'humidifier préalablement le support de telle sorte que les ponts capillaires puissent s'établir, la première couche de la reprise étant constituée de matériaux relativement fins (passant à 15 mm) pour assurer une meilleure liaison.

Pour le cas de l'érosion superficielle et les fissures on pourra envisager de rétablir le parement par projection mécanique de terre stabilisée aux liants hydrauliques et/ou de fibres synthétiques sur un filet de fibres à larges mailles

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CRATerre (1979) ; *Construire en terre*, édit. Gamma, Paris, p. 265.
- [2] GENERAL CONSTRUCTION (1996); *Etude de restauration du site historique de Honaïne: connaissance de l'état de fait; Vol. 1, Direction de la culture, Tlemcen, Algérie, P. 58.*
- [3] F. GHOMARI (1996), *Les monuments historiques et l'environnement, I Forum National sur la réhabilitation du secteur touristique, 15 et 16 Octobre, Bordj-el-Kiffane, Alger.*
- [4] H. HOUBEN & R. GUILLAUD (1989) ; *Traité de construction en terre, L'encyclopédie de la construction en terre, Vol. 1, édit. Parenthèses, Marseille, France, (p. 355.)*
- [5] A. IBN KHALDOUN (1978); *Prolégomènes, Discours sur l'histoire universelle et notes par Monteil V., T. H, 2ème édit. Sindbad, Paris, France, p. 829.*
- [6] G. MARCAIS (1908); *Honaïne, Revue MW pp. 33-350, Mélanges d'histoire et d'archéologie de l'Occident musulman, T.1, pp. 161-172.*

(mailles de l'ordre de 5 x 5 ou 5 x 10 cm) dont la fixation préalable serait assurée sur des ancrages transversaux galvanisés. Les échafaudages nécessaires à la projection pouvant être fixés grâce aux trous de banches d'origine (Figure 9).

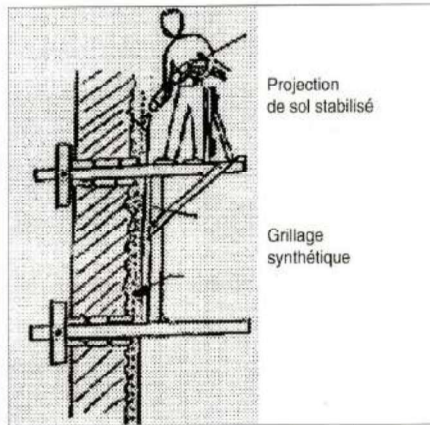


Figure 9. Réfection de parement en sol stabilisé projeté.

Il est important, comme nous l'avons déjà signalé, de préhumidifier le support par pulvérisation d'eau pour s'assurer d'une bonne adhérence.

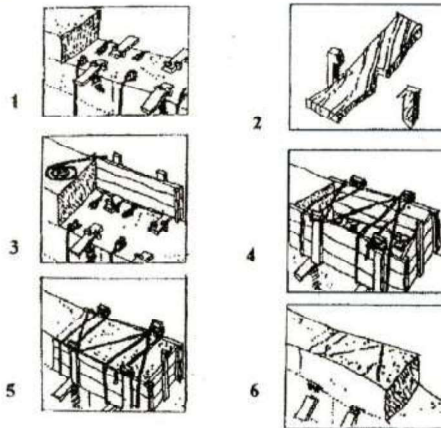
Le choix des matériaux de substitution et leur consistance reste tributaire d'une étude technique permettant d'optimiser sur les caractéristiques intrinsèques du matériau et de la technique employée.

6. CONCLUSION

Les techniques traditionnelles comme le pisé ont fait leurs preuves. En effet, les constructions réalisées à Honaïne, à l'aide de ce procédé, ont traversé plusieurs centaines (sept siècles d'âge) et présentent actuellement plusieurs désordres. La connaissance scientifique de ces désordres, résultat d'une évolution très lente, est seule garante d'une restauration assurant l'équilibre physique et esthétique de ce témoin historique.

L'article a présenté d'une manière brève, le savoir-faire technique relatif à la construction en pisé ainsi que le diagnostic de l'état et les désordres accusés par le bâti monumental de Honaïne. De plus, les multiples facteurs responsables de la pathologie et leur synergie ont été ciblés pour s'assurer de la compatibilité des interventions technologiques à préconiser. Les propositions faites sont tributaires d'essais de laboratoire avant réalisation pour diriger le choix vers les solutions les plus optimales et limiter les risques d'erreurs souvent irréversibles dans ce contexte.

Divers modes de construire selon Ibn Khaldoun



Procédé n°1

- 1- Fixation des éléments en bois servant de support et des cordes destinées à bloquer le coffrage,
- 2- détail d'un support et des clous,
- 3- début de l'opération de coffrage,
- 4- Le coffrage est fixé,
- 5- remplissage avec le mélange de terre et de chaux,
- 6- le bloc en pisé est terminé, les supports sont tranchés.

Procédé n°2

- 1- Dispositif pour la fixation de l'élément de coffrage intérieur et de supports mobiles,
- 2- début de l'opération,
- 3- le coffrage est fixé. Remplissage.
- 4- décoffrage et enlèvement des supports.