



Martine Assénat (dir.)

## L'Hevsel à Amida-Diyarbakır Études et réhabilitation de jardins mésopotamiens

Institut français d'études anatoliennes

---

# Description des dégradations de la pierre de l'enceinte fortifiée de la vieille cité de Diyarbakır

Philippe Bromblet

---

DOI : 10.4000/books.ifeagd.1256  
Éditeur : Institut français d'études anatoliennes  
Lieu d'édition : Istanbul  
Année d'édition : 2015  
Date de mise en ligne : 31 décembre 2015  
Collection : Patrimoines au présent  
EAN électronique : 978-2-36245-061-7



<http://books.openedition.org>

### Référence électronique

BROMBLET, Philippe. *Description des dégradations de la pierre de l'enceinte fortifiée de la vieille cité de Diyarbakır* In : *L'Hevsel à Amida-Diyarbakır : Études et réhabilitation de jardins mésopotamiens* [en ligne]. Istanbul : Institut français d'études anatoliennes, 2015 (généré le 27 mars 2024). Disponible sur Internet : <<https://books.openedition.org/ifeagd/1256>>. ISBN : 978-2-36245-061-7. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.ifeagd.1256>.

---

Ce document a été généré automatiquement le 27 mars 2024.

Le texte seul est utilisable sous licence . Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

---

# Description des dégradations de la pierre de l'enceinte fortifiée de la vieille cité de Diyarbakır

Philippe Bromblet

---

## Introduction

- 1 L'enceinte fortifiée de la cité ancienne de Diyarbakır est constituée d'une alternance de courtines, de tours et de plusieurs portes monumentales d'époques et de styles architecturaux variés qui forment un impressionnant ensemble défensif dont la hauteur dépasse en certains points la dizaine de mètres.
- 2 Dans le cadre du programme AMIDA, une campagne de terrain a été conduite en 2013 pour examiner la dégradation des matériaux pierreux des remparts.
- 3 L'étude a consisté à répertorier les diverses figures de dégradation qui affectent les matériaux pierreux (basalte, calcaire, mortier) et leur assemblage dans la maçonnerie dans le but d'évaluer l'état de conservation de l'enceinte.
- 4 Les cinq kilomètres intérieur et extérieur de l'enceinte ont été parcourus et examinés en détail de manière à pouvoir dresser un inventaire des principales figures de dégradation visibles de la pierre. Cet inventaire a été réalisé en utilisant les termes définis dans le glossaire bilingue français-anglais international de l'ICOMOS (Vergès-Belmin 2008). Fruit du travail collectif de nombreux experts de la conservation du bâti en pierre, ce glossaire distingue six grandes catégories de dégradation dans lesquelles se répartissent un peu plus de soixante-quinze morphologies différentes, chacune étant définie et illustrée par des photographies de cas réels observés sur des édifices.
- 5 En complément, à une autre échelle, les principaux types de désordres affectant les maçonneries de l'enceinte ont aussi été décrits et reportés dans cette étude.

## I. Le site et ses matériaux

- 6 Les fortifications couronnent une épaisse coulée de lave basaltique formant un promontoire qui surplombe de soixante-dix mètres le Tigre et sa vallée au sud. La coulée datée d'environ 1,2 millions d'années (Bridgland *et al.* 2007) appartient à un ensemble volcanique récent, plio-quadernaire (volcan Karacadağ), qui a pris place au contact entre les plaques Afrique et Eurasie.
- 7 Une grande partie de l'enceinte est réputée antique, mais plusieurs phases de construction-reconstruction se sont succédées sans doute dès la période byzantine et durant la période islamique. Si l'architecture et sa décoration ont évolué avec le temps, les principes constructifs sont semble-t-il restés inchangés conférant à l'enceinte une apparente homogénéité. Les murs sont composés d'un blocage central épais de plusieurs mètres et de deux fins parements intérieur et extérieur appareillés en pierres de taille. Le blocage est un remplissage à base de fragments de pierre et quelques lits de débris de tuile noyés dans un mortier grossier à la chaux. Les pierres de l'appareil sont en basalte, elles ont été prélevées sur la coulée volcanique qui sert de substrat à la cité et ont été montées à joint sec, sans mortier de joint ou de pose. On reconnaît parmi ces pierres les différents types de basalte qui composent les niveaux successifs de la coulée : le basalte gris massif microgrenu de la base de la coulée (colonnade), le basalte noir vitreux du centre de la coulée (entablement), et le basalte bulleux à vésiculaire, scoriacé, rougeâtre de la fausse colonnade du sommet de la coulée. Des frises épigraphiées ou à décors de sculptures en bas-relief ont été insérées dans les parements de quelques tours, courtines et portes. La plupart ne sont pas gravées dans le basalte mais dans une pierre calcaire blanche à grain fin dont l'origine, vraisemblablement régionale, n'est pas connue précisément. Ces calcaires fins blancs crayeux correspondent probablement aux calcaires éocènes décrits par Kavak, Dalkılıç et Toprak (2011) qui affleurent à quelques dizaines de kilomètres au nord et au sud de la cité.

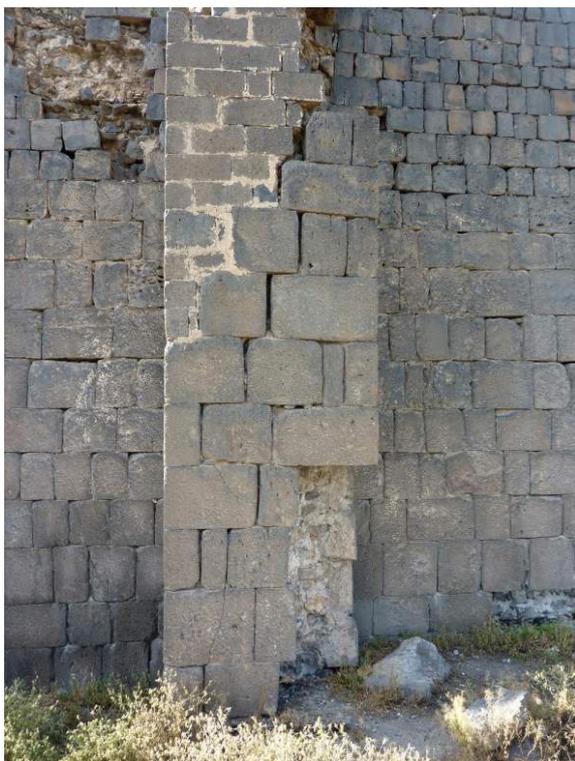
## II. Les principales figures de dégradation de la pierre

- 8 Les dégradations ont été répertoriées selon les grandes catégories distinguées dans le glossaire ICOMOS :
  - fissuration et déformation ;
  - détachement et figures induites par des pertes de matières ;
  - altération chromatique et dépôt ;
  - colonisation biologiques.

### Fissuration

- 9 De grandes fissures plus ou moins verticales se développent en suivant préférentiellement les joints de l'appareillage des remparts qu'elles élargissent. Elles traduisent manifestement des problèmes d'instabilité structurale. Le basalte est une pierre dure, très résistante et il est rare que ces fissures traversent des pierres, même si cela a été observé en quelques points à la base des murs, probablement en raison de phénomènes de surcharge localisée (Fig. 1).

Figure 1 - Fissuration verticale conduisant à l'élargissement des joints dans lesquels elle se propage sur un contrefort instable



Sur son parcours à la base du contrefort, la fissure a traversé quelques blocs selon un phénomène de surcharge locale. Quelques blocs de l'appareillage rendu instable se sont détachés, mettant au jour le blocage intérieur.

Ph. Bromblet

## Détachements et figures induites par des pertes de matière

- 10 Plusieurs figures de dégradation appartenant aux catégories du glossaire dénommées « Détachement » et « Figures induites par des pertes de matière » ont été observées : fragmentation, écaillage, désagrégation, alvéolisation, érosion etc.
- 11 Les arêtes des blocs sont parfois éclatées. Ces éclats ou épaufrures sont dus à des phénomènes de poinçonnement liés à des surcharges sur ces bords peu épais. Dans la plupart des maçonneries de parement, le mortier de joint et/ou de pose relativement souple qui est intercalé entre les pierres, d'une part joue le rôle d'amortisseur et d'autre part répartit les charges sur toute la surface de la pierre. Ici, l'absence de tout matériau d'interface met les pierres au contact les unes des autres et favorise le développement de cette altération particulière.
- 12 Une autre dégradation fréquemment observée est la desquamation fine ou écaillage superficiel de la pierre (Fig. 2), en particulier sur le parement extérieur de l'enceinte. Les pierres ont été taillées dans le basalte scoriacé très bulleux et couvert d'une patine rougeâtre. Ce basalte provient de la partie supérieure de la coulée volcanique où a eu lieu le dégazage de la lave pendant son refroidissement. Il est longtemps resté exposé à l'affleurement et soumis à l'altération météorique. Cette altération préalable qui a pu générer des néoformations argileuses et les nombreuses bulles qui le parsèment diminuent les propriétés mécaniques de ce matériau que l'on peut considérer comme

de qualité inférieure au basalte massif du cœur ou de la base de la coulée. Sa durabilité en œuvre est moindre. Il montre d'ailleurs en différentes places de l'enceinte une érosion en boule due à l'écaillage progressif de ses arêtes (Fig. 2).

- 13 À l'œil nu et en l'absence de toute analyse, il est difficile de préciser si les seules variations thermo-hydriques que subit la pierre suffisent à provoquer ces dégradations ou si des cristallisations de sels solubles y contribuent.

Figure 2 - Érosion en boule d'un bloc de basalte massif à patine rougeâtre par écaillage de ses arêtes et de ses angles (parement extérieur de la courtine entre les tours 48 et 49)



Ph. Bromblet

- 14 Une desquamation particulière appelée desquamation en plaque affecte la surface des pierres en basalte autour de certaines frises calcaires altérées. Une plaque de pierre d'épaisseur très régulière (quelques millimètres) se détache du bloc de basalte taillé, parallèlement au parement. Cette desquamation en plaques est très développée par exemple sur le parement intérieur de la porte Dağ kapı, comprise entre les tours 1 et 2 (Fig. 3). Elle témoigne d'une réaction « d'incompatibilité » entre basalte et calcaire que l'on explicitera plus loin en examinant les altérations qui affectent les pierres calcaires.

Figure 3 - Desquamation en plaques entraînant la formation d'écailles plates d'épaisseur très régulière à la surface des pierres en basalte au-dessus de la frise sculptée en calcaire (porte Dağ kapı entre les tours 1 et 2)



Ph. Bromblet

- 15 Dans la partie ouest de l'enceinte, la surface des pierres se désagrège et acquiert une rugosité plus ou moins prononcée. Cette désagrégation granulaire peut causer des pertes de matière de plusieurs centimètres de profondeur et confère à la pierre un aspect érodé très irrégulier. Des efflorescences salines blanchâtres sont souvent associées à cette désagrégation (Fig. 4). Les cristallisations salines sont clairement responsables de ces phénomènes de désagrégation homogène. La contamination saline se produit par évaporation à la surface de la pierre des solutions capillaires qui remontent du sol ou qui proviennent au contraire de l'infiltration des eaux de pluie depuis le sommet des remparts. L'alvéolisation, c'est-à-dire la formation de cavités à la surface de la pierre, affecte la base de certains murs, par exemple à l'ouest, au pied de la tour 16 où l'arrosage des pelouses des espaces verts aménagés au pied du rempart accentue les remontées capillaires. Les pierres situées à mi-hauteur des parements extérieurs entre les tours 34 à 41 montrent des cavités profondes. Il s'agit en fait d'une alvéolisation ancienne liée à une contamination de sels solubles dont l'origine peut se deviner aisément : les zones qui présentent cette érosion si marquée correspondent aux ruissellements des eaux usées qui ont été déversées depuis les bouches situées sous de petits abris (toilettes ?) construits juste au-dessus de ces parements dégradés (Fig. 5). Après l'abandon des murailles, ces sels ont été éliminés par les eaux de pluie. Cette alvéolisation n'est manifestement plus active aujourd'hui.

Figure 4 - Efflorescences salines blanchâtres associées à la désagrégation granulaire sur la maçonnerie de la courtine entre les tours 38 et 39 (côté sud-est)



Ph. Bromblet

Figure 5 - Alvéolisation du basalte liée aux ruissellements des eaux usées déversées à partir des petites constructions adossées à la partie supérieure du rempart extérieur (toilette ?) (tour 36)



Ph. Bromblet

- 16 Le ruissellement des eaux de pluie est responsable de l'érosion par dissolution des décors sculptés et textes gravés sur les pierres calcaires des frises incluses dans les maçonneries de basalte (Fig. 6a et 6b). Des desquamations en plaques se développent systématiquement à la surface des pierres en basalte aux alentours de ces frises. Cette incompatibilité apparente entre les deux matériaux qui semble induire l'altération du basalte, s'explique par le fait que le calcium mobilisé par l'érosion du calcaire participe à la formation d'un sel soluble, le gypse, qui se concentre dans le basalte jusqu'à provoquer sa desquamation.
- 17 De manière anecdotique on peut aussi signaler, dans la catégorie des figures d'altération induites par des pertes de matières, une trace d'impact causé par un projectile (Fig. 7) et une partie manquante associée à des perforations volontaires à l'outil produites au cours de l'enlèvement d'une sculpture à la base d'une tour (tour 55).

Figures 6a et b - Érosion par dissolution de la frise en calcaire sculptée incrustée dans la maçonnerie de la porte monumentale entre les tours 1 et 2 (haut) et dans la citadelle (bas)



Ph. Bromblet

Figure 7 - Trace d'impact due à un projectile (balle ?) dans un bloc de basalte bulleux à l'entrée de la citadelle



Ph. Bromblet

### Altération chromatique et dépôt

- 18 Outre les efflorescences salines blanchâtres déjà évoquées, qui accompagnent la désagrégation granulaire et l'alvéolisation, plusieurs dépôts peuvent couvrir la surface des pierres.
- 19 Quelques croûtes noires dues à la pollution atmosphérique se sont formées dans des zones abritées des pluies battantes et des ruissellements. Elles sont constituées de suies et de cendres volantes carbonées et sont cimentées par du gypse, un sel soluble à base de sulfate de calcium (Bigas *et al.* 2009). On peut notamment remarquer celles qui recouvrent le calcaire blanc de la frise sur la porte Dağ kapı entre les tours 1 et 2 (Fig. 8). Elles noircissent le calcaire et lui confèrent la même teinte sombre que le basalte. Le gypse se forme par l'association du calcium libéré par la dissolution des pierres calcaires aux sulfates d'origine atmosphérique (dioxyde de soufre gazeux). Mis en solution et transféré dans les blocs de basaltes voisins, le gypse contribue à la desquamation en plaques qui affectent la surface des pierres en basalte autour des frises en calcaire.
- 20 Des zones foncées dues à l'humidité sont très fréquentes à différents niveaux de la maçonnerie selon l'origine et le cheminement des eaux : à la base des murs par remontées capillaires (Fig. 9) des eaux du sol (éventuellement alimentées par l'arrosage) et à mi-hauteur ou au sommet des remparts par infiltration directe des eaux de pluie (Fig. 10).

Figure 8 - Croûte noire recouvrant la frise sculptée en calcaire blanc sur la partie centrale de la porte Dağ kapi



Ph. Bromblet

Figure 9 - Zone d'humidité liée à des remontées capillaires par les joints de la maçonnerie remplis de mortier ou de poussières (tour 16 et début de la courtine 16-17)



Ph. Bromblet

Figure 10 - Zone d'humidité foncée à mi-hauteur de la courtine 13-14



Ph. Bromblet

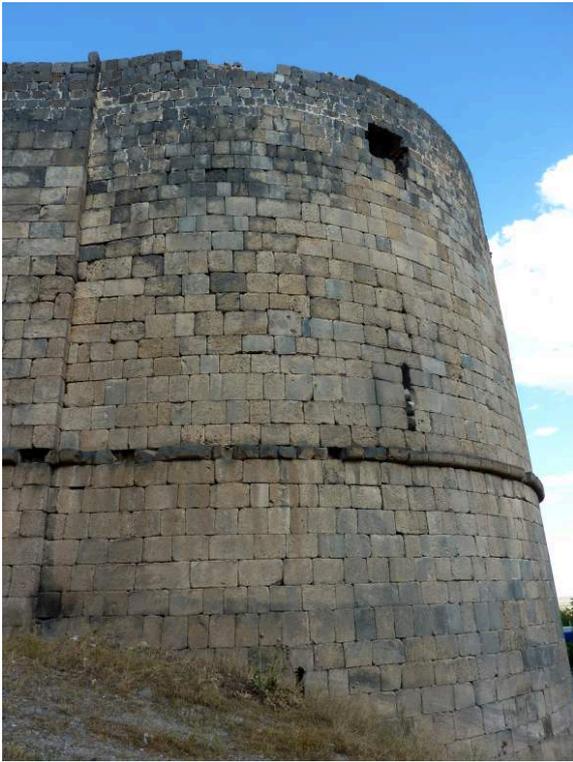
- 21 L'humidité est souvent concentrée au niveau des joints sur le pourtour des pierres de parement. Rempli de poussières et de débris variés ou d'un mortier de rejointoiement, ces joints plus poreux et capillaires que le basalte, représentent une voie de transport privilégiée pour l'eau. Pour les mêmes raisons, les efflorescences de sels solubles (gypse, chlorures etc.) se forment aussi préférentiellement sur les joints et les arêtes de la pierre.
- 22 Des encroûtements de calcite au niveau de certains joints horizontaux indiquent que l'eau percole ou a percolé dans le blocage derrière le parement et s'est chargée en carbonates en dissolvant le mortier de blocage avant de ressurgir à la faveur d'un joint où la calcite a précipité pendant son évaporation (Fig. 6b).
- 23 Une patine rougeâtre s'est formée à la surface des pierres comme sur les affleurements. Elle marque par endroit les bandes de ruissellement entre les créneaux (Fig. 11). Cette patine riche en oxydes et hydroxydes de fer résulte probablement de la migration de composés ferrugineux qui sont présents dans le basalte. Elle est associée au basalte scoriacé et microgranulaire de la partie supérieure de la coulée qui constitue la fausse colonnade et dans une moindre mesure sur le basalte massif extrait de la colonnade à la base de la coulée. Par contre, le basalte noir et vitreux de l'entablement en est toujours exempt (Fig. 12). Elle est aussi complètement absente des pierres de remplacement fraîchement extraites et utilisées dans les restaurations récentes.
- 24 Enfin quelques graffitis modernes sont visibles parfois à moitié éliminés à la base des murs.

Figure 11 - Patine rougeâtre distribuée en bandes verticales qui marquent des zones de ruissellement sur la tour 82 restaurée



Ph. Bromblet

Figure 12 - Patine rougeâtre affectant les blocs de basalte scoriacé bullé, absente sur les cassures fraîches de la moulure et sur les petits blocs de basalte vitreux sombres des assises sommitales (tour 49)



Ph. Bromblet

## Colonisation biologique

- 25 Les colonisations biologiques sont rares hormis sur une ou deux courtines où l'entretien (désherbage) n'a manifestement pas été fait récemment. Leurs parements sont alors envahis par des plantes et arbustes dont les racines s'insèrent dans les joints de l'appareillage tandis que des mousses, algues et lichens recouvrent la surface de la pierre (Figure 13).

Figure 13 – Parement colonisé par de nombreuses plantes et arbustes dont les racines pénètrent dans les joints de la maçonnerie (courtine 81-82)



Ph. Bromblet

### III. Les désordres de la maçonnerie

- 26 Certains processus de dégradation n'affectent pas le matériau, bloc de basalte ou de calcaire, mais provoquent des désordres à l'échelle de l'appareil ou de la maçonnerie.
- 27 L'effondrement de certains parements aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur de l'enceinte, constitue le désordre le plus impressionnant des maçonneries (Fig. 14a et 14b). La chute du parement met au jour le blocage ou fourreau interne du rempart, mélange de blocs informes de basalte correspondant vraisemblablement à des déchets de taille, noyés dans un mortier de chaux grossier riche en galet et gravier arrondis. Les parements ont une épaisseur réduite, de 20 à 30 cm au maximum, et leur liaison avec le blocage est médiocre (Fig. 15). Quelques colonnes monolithiques récupérées sur d'anciens monuments ont été parfois insérées en boutisse au travers de la maçonnerie dans le but d'améliorer la tenue de la structure que les constructeurs pressentaient déjà comme étant insuffisante.
- 28 En plusieurs endroits, le parement en basalte n'est pas encore effondré mais il est déjà partiellement décollé de la maçonnerie interne et menace de tomber. La paroi montre alors un bombement souvent accompagné de fissures qui indiquent son instabilité croissante (Fig. 16, 17). Beaucoup de murs où le parement s'était effondré ont été reconstruits. Quelques-uns sont en cours de reconstruction. Ces problèmes de décollement du parement sont généralisés et affectent même la partie ouest très restaurée de l'enceinte. Son origine est liée à la trop faible épaisseur des pierres de parement comme cela a déjà été signalé plus haut, mais aussi à l'action des eaux de

pluie qui s'infiltrent dans le rempart qui est loin d'être imperméable en partie haute. En effet, un sol sablonneux dans lequel poussent des plantes s'est formé au sommet plus ou moins ruiné des remparts, excepté dans de rares zones où un glacis de béton a été coulé pour éviter les pénétrations d'eau. Une fois les pierres de parement écroulées au sol, c'est le blocage lui-même qui commence à s'effondrer peu à peu.

Figures 14a et b - Effondrement partiel du parement extérieur (tour 20) et du parement intérieur de l'enceinte (courtine 6-7)



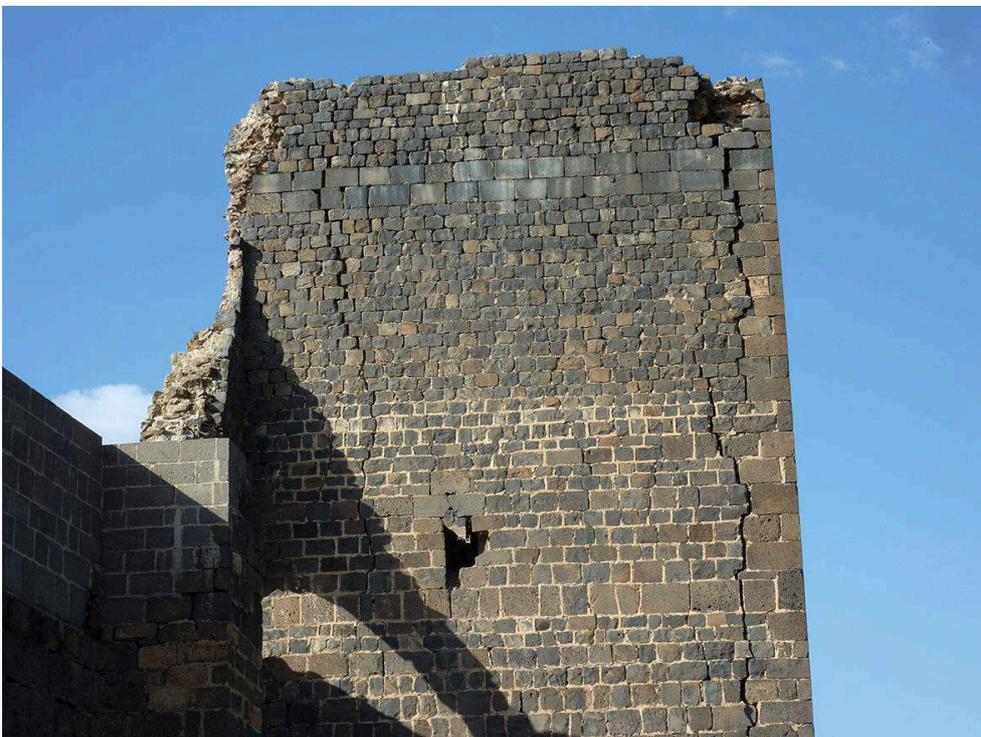
Ph. Bromblet

Figure 15 - Détail de la construction montrant dans une zone en cours d'effondrement la faible épaisseur du parement en pierre de basalte comparée à la masse du blocage interne de la maçonnerie (tour 58)



Ph. Bromblet

Figure 16 - Propagation de fissures verticales le long des joints de la maçonnerie (tour 63)



Ph. Bromblet

Figure 17 - Effondrement et déformation en cours de la maçonnerie dans une zone humide (tour 47)



Ph. Bromblet

- 29 En plus de l'instabilité du parement qui a tendance à se décoller, on constate en plusieurs points que les premières assises de pierre ont disparu (Fig. 18). Les pierres accessibles à tous ont été probablement enlevées pour être réutilisées ailleurs pour d'autres constructions dans la ville. Du coup, les fondations et la base de l'enceinte ne sont plus protégées par le parement de basalte dur et le blocage qui n'est pas conçu pour être exposé, montre des signes d'effondrement. Pour pallier à cette situation, un jointolement a été réalisé et des nouvelles pierres ont été mises en œuvre dans quelques endroits. De nombreuses tours et courtines nécessiteraient de bénéficier en urgence d'une telle restauration. Il faut aussi signaler que quelques percements plus ou moins sauvages ont été faits au travers de l'enceinte pour permettre le passage des habitants et leur éviter probablement de long détours jusqu'à l'une des grandes portes de la cité ancienne.

Figure 18 - Vue générale de la tour 66 avec la disparition des pierres des premières assises



Ph. Bromblet

- 30 On notera quelques percements récents de la muraille pour ouvrir des nouveaux passages aux piétons à travers l'enceinte entre la cité ancienne et la ville nouvelle, comme par exemple au niveau de la courtine 44. Sur le côté ouest et sud, les traces d'anciens enduits intérieurs et de jointoiement persistent et témoignent d'habitations qui étaient adossées au rempart et qui ont pu être détruites par les autorités pour libérer l'enceinte des constructions tardives qui la masquaient.
- 31 Pour finir, il faut signaler que la falaise constituée par la coulée surplombant la vallée du Tigre s'est effondrée sur une longueur de plusieurs centaines de mètres vers l'ouest en entraînant avec elle l'écroulement de la muraille (Fig. 19) et en créant un nouveau front escarpé. Cet événement géomorphologique unique montre que des risques d'instabilité existent. Ces risques peuvent être liés d'une part au lent travail de sape de l'érosion naturelle des matériaux sédimentaires tendres sur lesquels s'est épanché la coulée volcanique qui constitue le socle de l'enceinte et d'autre part à l'activité sismique de la région connue pour sa tectonique active.

Figure 19 - Partie manquante de la muraille qui a été entraînée lors de l'effondrement de la falaise entre les tours 66 et 67 sur plusieurs centaines de mètres



Le bloc effondré est visible à droite dans la pente qui conduit à la vallée et au Tigre  
Ph. Bromblet

## Conclusions

### Bilan des altérations du basalte et du calcaire

- 32 L'état de conservation des matériaux basaltiques est globalement très satisfaisant même si les dégradations qui ont été observées sont variées et nombreuses. Le basalte qui est le principal matériau de construction des remparts fait preuve d'une bonne durabilité d'ensemble. Il s'agit d'un matériau d'origine volcanique, silicaté, compact, non poreux et doté d'une résistance mécanique élevée. Ce type de roche est réputé comme un matériau de construction résistant à la dégradation naturelle (Winckler 1994). Des tests de vieillissement ont été réalisés par Yıldız *et al.* (2008) sur les basaltes du volcan Karacadağ. La porosité s'est révélée être inférieure à 2 % et la résistance à la compression au-dessus de 150 MPa. Les éprouvettes se sont montrées très résistantes aux tests de gel/dégel et aux tests de résistance aux cristallisations salines.
- 33 Les observations de terrain tendent à indiquer que le basalte noir vitreux est beaucoup plus résistant aux altérations que le basalte scoriacé. Ce dernier plus poreux pourrait contenir des minéraux argileux dus à des altérations météoriques anciennes lorsque ce matériau formait encore la partie sommitale de la coulée. Les blocs ont tendance à se desquamer, notamment au niveau des arêtes et des angles et à s'arrondir. Ce basalte a pris en quelques siècles une patine rougeâtre qui illustre bien sa sensibilité vis-à-vis de l'environnement. Les altérations les plus marquées sont celles liées aux cristallisations de sels solubles. Elles conduisent à une importante alvéolisation qui affecte les blocs

situés notamment dans les zones de remontées capillaires ou d'infiltration des eaux de pluie, zones qui sont relativement fréquentes sur le pourtour de l'enceinte.

- 34 Le calcaire fin et blanc utilisé pour les bas-reliefs des frises est très sensible à la dégradation. Les calcaires sont des matériaux sédimentaires carbonatés, à base de calcite. Dans les zones abritées des pluies et des ruissellements, ce minéral relativement soluble réagit avec les pluies et la pollution atmosphérique (Bigas *et al.* 2009). La calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) interagit avec le dioxyde de soufre gazeux ( $\text{SO}_2$ ) et génère la formation de gypse (sulfate de calcium dihydraté  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) qui contribue à la cimentation des microparticules carbonées noires (suies et cendres volantes) et forment les croûtes noires en milieu urbain pollué (trafic automobile, usines, chauffages...). Lorsque le calcaire des frises est exposé aux pluies et aux ruissellements, il ne se couvre pas de croûtes noires mais au contraire se dissout et s'érode fortement. En raison de l'état de dégradation alarmant de certains de ces blocs calcaires, les interventions de conservation/restauration sur ces éléments sont prioritaires si l'on veut préserver la lisibilité des textes et des décors de bas-relief qu'ils supportent.
- 35 En outre, l'insertion de ces frises au milieu du parement en basalte n'a pas été sans effet pour la dégradation du basalte lui-même. La dissolution du calcaire libère du calcium qui s'associe avec les sulfates d'origine atmosphérique pour former du gypse, un sel soluble à base de sulfate de calcium, qui peut migrer dans les blocs de basalte voisins et provoquer en recristallisant des phénomènes de desquamation en plaques tel que ceux observés autour de plusieurs frises sculptées. L'altération du calcaire engendre ainsi par l'intermédiaire des sels produits (gypse probablement) des altérations sur le basalte a priori plus durable.
- 36 Au travers de cet état des lieux on retrouve les principaux facteurs d'altération de la pierre cités dans la littérature :
- l'eau (pluies, ruissellements, neige et glace...)
  - les cristallisations de sels solubles (chlorures, sulfates, nitrates)
  - les colonisations biologiques (microorganismes et plantes supérieures, mousses, algues lichens...)
  - la pollution atmosphérique (pluies acides, microparticules, dioxyde de soufre gazeux...)
- 37 Finalement, quelques dégradations liées aux activités humaines concourent aussi à l'altération de ce patrimoine, tel que le vandalisme, les impacts de projectiles ou encore quelques graffitis inévitables...

## Les maçonneries

- 38 Enfin, l'examen de terrain montre clairement que les désordres de la maçonnerie sont bien plus importants que ceux qui affectent les matériaux en eux-mêmes. Des parties de parement se sont effondrées ou sont en train de s'effondrer. La faible épaisseur (ou profondeur) des pierres est vraisemblablement à incriminer dans le processus de décollement de ces parements. Le basalte est un matériau lourd et dur à tailler qui a pu encourager ce mode constructif peu durable. Avant toute reconstruction, des interventions de stabilisation et de restauration sont nécessaires pour supprimer l'infiltration des eaux de pluie et améliorer la stabilité structurale des remparts. Il est évident que l'entretien et la restauration d'un site de cette dimension sont problématiques.

## Les restaurations

- 39 Diverses parties de l'enceinte ont fait l'objet de restaurations. Certaines tours ou courtines ont été partiellement reconstruites en maçonnerie de petits blocs, avec des joints variés, plus ou moins larges, parfois au ciment, des moellons de basalte, des pierres de taille de différentes dimensions, aux faces travaillées manuellement ou sciées, gris clair très disgracieuses qui ont parfois été piquetées à l'outil pour leur conférer un aspect vieilli. L'aspect de ces reconstructions s'accorde mal avec les anciens parements vieillis, comme cela a déjà été signalé par Halifeoğlu et Gökçay (2013). Le résultat de toutes ces interventions est un patchwork peu harmonieux. Nous avons pu assister à un chantier où des pierres anciennes récupérées étaient retaillées pour la reconstruction d'un parement. Ce type d'opération qui permet d'insérer des pierres identiques aux pierres anciennes, par la nature et l'aspect, est une solution à encourager. Les interventions actuelles doivent être cartographiées et documentées en termes de produits, matériaux (basaltes, chaux etc.) et types de mise en œuvre.
- 40 Les restaurations/reconstructions successives contribuent à la forte hétérogénéité de l'aspect du monument et perturbent la vision des différents appareillages qui témoignent des phases anciennes de construction-reconstruction de l'enceinte. Un relevé d'archéologie du bâti permettrait d'établir une chronologie au moins relative.
- 41 L'inventaire des formes d'altération qui a été réalisé n'est que la première étape préliminaire à d'autres phases importantes du plan d'action nécessaire à la conservation et à la valorisation de cet immense rempart et devrait se poursuivre avec :
- La cartographie des matériaux et appareillages (archéologie du bâti)
  - La cartographie des altérations,
  - La caractérisation des matériaux (minéralogie, pétrographie, pétrophysique...)
  - L'étude diagnostic sur la base des cartographies et de l'analyse de prélèvements (sels solubles, argiles...)
- 42 Ce n'est qu'en s'appuyant sur cette démarche que l'on parviendra à sauvegarder ce patrimoine exceptionnel.

---

## BIBLIOGRAPHIE

Bigas, J.-P., Bromblet, P., Martinet, P. et Gaudon, P. (éds), (2009). *Pierre et patrimoine, connaissance et conservation*, Arles, Actes Sud/Cefracor.

Bridgland, D.R., Demir, T., Seyrek, A., Pringle, M., Westaway, R., Beck, A.R., Rowbotham, G. et Yurtmen, S., (2007). "Dating Quaternary volcanism and incision by the River Tigris at Diyarbakır, Southeast Turkey", *Journal of Quaternary Science* 22(4), p. 387-393. URL : <http://dx.doi.org/10.1002/jqs.1074>.

Halifeoğlu, M. et Gökçay, G., (2013). "Restoration and refunction problems of Diyarbakır traditional houses", *Journal of Cultural Heritage* 14(3), p. S34-S37. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2012.12.009>.

Kavak, O., Dalkılıç, N. et Toprak, V., (2011). "Geological and architectural investigation of reused rock columns in the great Mosque in Diyarbakır old city (Turkey)", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 11(2), p. 9-22. URL: <http://maajournal.com/Issues/2011/pdf/Kavak.pdf>.

Vergès-Belmin, V. (éd), (2008). "Illustrated glossary on stone deterioration patterns/Glossaire illustré des figures de dégradation de la pierre" ICOMOS XV International Scientific Committee for Stone (ISCS). URL: [http://www.icomos.org/publications/monuments\\_and\\_sites/15/pdf/Monuments\\_and\\_Sites\\_15\\_ISCS\\_Glossary\\_Stone.pdf](http://www.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf).

Winkler, E. M., (1994). *Stone in architecture, properties, durability*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.

Yıldız, S., Işık, N., et Keleştemur, O., (2008). "Investigation of physical properties of basalt stones in the southeast Anatolian region of Turkey", *e-journal of new world Sciences academy*, 3(4), article number A0109. URL: <http://hdl.handle.net/11508/8333>.

## RÉSUMÉS

A field campaign was conducted to describe the main degradations features that affect stones and masonries of Diyarbakır rampart. If the degradation morphologies of basalt are manifold, they are in fact limited and do not threaten the integrity of the monument. On the opposite, the dissolution and erosion of the limestone ashlars of the friezes integrated in the facings are responsible for the vanishing of the texts that had been carved. The damages of the masonries are focusing on the very thin facings that detach and collapse, uncovering the mass of rubble-stones of various sizes mixed with mortar which constitutes the heart of these fortifications. Water infiltration, salt crystallizations and cracks due to overloading are the main causes of degradation. Other factors play a role, e.g. the fact that the upper part of the buildings is missing, the huge size of the site which makes difficult its maintenance. Combined with a mapping of the alterations and the analyses of the material properties, this inventory should lead to an accurate diagnosis of the degradations and to the definition of appropriated specifications for the next restoration works.

## INDEX

**Index géographique** : Diyarbakır

**Keywords** : basalt, limestone, stone degradation, degradation features, building heritage

## AUTEUR

**PHILIPPE BROMBLET**

Géologue, ingénieur de recherche pour la conservation de la pierre et du patrimoine bâti, Centre interdisciplinaire de conservation et de restauration du patrimoine (CICRP, Marseille)

Philippe.Bromblet@cicrp.fr