



**HAL**  
open science

## Les remparts de Kairouan : mission de l'UNESCO suite à l'effondrement d'une portion des remparts le 16 décembre 2023

Thierry Joffroy

► **To cite this version:**

Thierry Joffroy. Les remparts de Kairouan : mission de l'UNESCO suite à l'effondrement d'une portion des remparts le 16 décembre 2023. UNESCO. 2024, pp.29. hal-04614593

**HAL Id: hal-04614593**

**<https://hal.science/hal-04614593>**

Submitted on 17 Jun 2024

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

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



**unesco**

Convention du  
patrimoine mondial

# Les remparts de Kairouan

Mission de l'UNESCO  
suite à l'effondrement d'une portion des remparts  
le 16 décembre 2023



**Thierry Joffroy**

Architecte, Directeur de recherche  
CRATERRE – AE&CC, ENSAG – Univ. Grenoble Alpes

Rapport de mission

Mai 2024

## **Termes de référence**

Suite à l'effondrement, le 16 décembre 2023, d'une partie des remparts historiques de la médina de Kairouan, classée au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1988, le bureau de l'UNESCO pour le Maghreb, en collaboration avec le Centre du patrimoine mondial, lance une mission technique d'investigation et d'évaluation des dommages survenus lors de cet effondrement.

L'expert qui se rendra sur place travaillera avec l'Institut national du Patrimoine afin de faire un diagnostic qui permettra par la suite de déterminer les interventions nécessaires pour le traitement de cette portion des remparts qui se sont écroulées ainsi que pour la stabilisation et la réhabilitation du reste des remparts, avec des propositions de mesures préventives.

Pour cela, l'expert devra :

- a) Faire une mission de terrain du 28 avril au 03 mai 2024 à Kairouan en présence des représentants de l'Institut national du Patrimoine pour procéder à une évaluation technique des dommages survenus lors de l'écroulement de la portion des remparts de la médina de Kairouan. Il fera également des visites complémentaires hors de la ville, notamment des sites d'approvisionnement en matériaux (pierre, briques cuites, chaux traditionnelle, plâtre, etc.).
- b) Apporter un appui à l'Institut national du patrimoine quant à l'élaboration de la demande de la Tunisie d'un financement au titre du Fonds d'urgence de l'UNESCO pour le patrimoine.
- c) Etablir un rapport technique détaillé de la mission : diagnostic et mesures pour la stabilisation, la réhabilitation et la prévention.

Photo de couverture : la portion de rempart qui s'est effondrée le 16 décembre 2023 alors qu'elle était en cours de restauration. Visite en compagnie du DG et de l'Inspectrice régionale du patrimoine centre ouest et architecte de l'inp Kairouan - Photo : INP- Hamza Khalloufi



*Fig.1 : Les remparts et le cimetière à l'angle nord-ouest de la médina*



*Fig. 2 : Beb al Tunis*

## Sommaire

<b>1. Déroulement de la mission .....</b>	<b>6</b>
1.1 Programme .....	6
1.2 Conditions de la mission et méthodologie .....	7
1.3 Remerciements .....	7
<b>2. Rappel de la VUE du bien et valeurs spécifiques des remparts .....</b>	<b>8</b>
2.1 Valeur universelle exceptionnelle (VUE) .....	8
2.2 Valeurs spécifiques des remparts .....	8
<b>3. Constats généraux sur les remparts.....</b>	<b>9</b>
3.1 Résumé historique .....	9
3.2 Système constructif et matériaux de construction .....	10
3.3 Facteurs de dégradations et pathologies .....	13
3.3.1 Exposition directe à la pluie.....	13
3.3.2 Ecoulements des eaux de pluie au niveau du chemin de ronde .....	13
3.3.3 Ecoulements via les gargouilles .....	14
3.3.4 Ecoulements des eaux de pluie à la base des murs / stagnations.....	14
3.3.5 Humidité à la base des murs .....	14
3.4 Pratiques de restauration .....	16
<b>4. L'écroulement du 16 décembre 2023 .....</b>	<b>18</b>
4.1 Antécédents.....	18
4.2 Conditions spécifiques de cet écroulement .....	18
4.3 L'écroulement et sa cause .....	19
<b>5. Recommandations.....</b>	<b>21</b>
5.1 Stratégie générale proposée .....	21
5.2 Ce qui devait être lancé au plus tôt .....	21
5.2.1 Finir les travaux en cours .....	21
5.2.2 Quelques dispositions de prévention à prendre .....	22
5.2.3 Mettre en place un système de surveillance de quelques zones .....	22
5.2.4 Libérer l'espace et le passage pour la saison touristique .....	23
5.3 A moyen terme (3 à 6 mois) .....	23
5.3.1 Travaux de reconstruction de la partie écroulée.....	23
5.3.2 Continuité à donner aux travaux de réhabilitation des remparts .....	23
5.3.3 Reprise des fissures au niveau des portes et réouverture .....	24
5.3.4 Proposition de dispositions à prendre/actions à mener en parallèle des travaux.....	24
<b>Annexes.....</b>	<b>26</b>
Annexe 1 : Bibliographie .....	27
Annexe 2 : Eléments techniques de base pour la reconstruction de la partie de muraille écroulée, et autres travaux devant être mis en œuvre dans les mois à venir .....	28



*Fig. 3 : Nettoyage pour observations à la base et inspection du chemin de ronde restant*



*Fig.4 : Visite en compagnie du Directeur Général de l'INP*

# 1. Déroulement de la mission

La mission sur le terrain a été réalisée du 28 avril au 3 mai 2024. Elle s'est déroulée de la façon suivante :

## 1.1 Programme

Dimanche 28 avril	Arrivée à Tunis Transfert à Kairouan Accueil par Mme Sahir Ben Garouia et M. Mohamed Chraïet Première visite de la portion des remparts écroulée
Lundi 29	Réunion au Bureau de l'INP et point sur la documentation disponible Visite des travaux réalisés depuis 2021, « en entreprise » Visite détaillée de la portion de remparts écroulée : observations visuelles et vérification des niveaux et aplombs en quelques points Lancement du processus de nettoyage Visite complémentaire de la porte Beb Monkas Berjab et des portions de rempart attenantes : travaux réalisés par l'équipe de l'INP Visite de la porte Beb Tunis et de ses abords, puis portion Nord Est des remparts et retour par la Médina
Mardi 30	Rencontre avec M. Tarek Baccouche, DG de l'INP, puis visite collective de la portion de mur effondré avec vérification des conditions de l'écroulement avec des personnes présentes lors de l'accident Visite complémentaire de la partie située au sud de l'écroulement avec observation de pathologies diverses et de travaux réalisés par l'INP depuis 2016 Visite et discussions avec un des producteurs (Khmeyes Brini) du site de production des briques cuites et de chaux aérienne et ses ouvriers. Echange avec Taha Khechine, chercheur à l'INP ayant fait des sondages au niveau des fondations des remparts Visite complémentaire de la partie nord des remparts
Mercredi 1 mai	Visite guidée par Bahrouini Fuicel, Conservateur conseiller de l'INP Kairouan, de la Grande Mosquée et de ses abords, la Médina et ses principaux monuments et des bassins des Aghlabides Préparation d'un premier jet de rapport et de conclusions
Jedi 2	Fin du nettoyage de la partie effondrée et observations finales Inspection de toute la portion de remparts est Inspection de la porte Beb Jalladine et des maisons attenantes Réunion de conclusion et de préparation du suivi de la mission avec Haroun et Sahir (établissement de cartes et évaluation financière des travaux à réaliser à court et moyen terme (6 mois) Participation à une réunion au Gouvernorat sur les questions d'accueil touristique et de propreté de la médina Présentation des grandes conclusions de la mission au Gouverneur de la province de Kairouan.
Vendredi 3	Départ de Kairouan sur Tunis et retour en France

## 1.2 Conditions de la mission et méthodologie

La mission a été réalisée en un temps assez court (4 jours plein sur place) mais la mise à disposition de documents en préparation a permis d'arriver sur place avec un premier niveau de familiarisation avec le bien et des circonstances spécifiques, assez dramatiques, de son organisation : l'effondrement d'une portion des remparts le 16 décembre 2023 ayant entraîné la mort de 3 ouvriers qui travaillaient à sa restauration.

Il n'y a malheureusement pas eu de pluie pendant le séjour sur place (ce qui est toujours intéressant puisque l'essentiel des processus de dégradation de ce genre de bâti est lié à la présence d'eau). Toutefois, une pluie d'intensité moyenne s'était abattue sur la ville en milieu de semaine précédente, le 24 avril : 51 mm.

En un temps aussi court, il s'agissait donc de procéder à une évaluation générale de la situation en s'appuyant sur les constats faits par les responsables de l'INP et d'autres parties prenantes locales pour une identification rapide des questions clés puis de procéder à la vérification des hypothèses par examen visuel in situ, en s'appuyant sur la documentation existante à l'INP, et en procédant à quelques mesures faites, essentiellement au niveau et non loin de la zone des remparts écroulée (niveaux, aplombs).

Un nettoyage complet de la base du mur a aussi été réalisé spécifiquement pour cela (Fig. 3). Afin d'avoir des références autres, plusieurs monuments de la ville, dont la garde mosquée, ont été visités, de même que quelques ruelles et habitations (en extérieur) de la Médina.

Les constats faits au travers de la synthèse de ces différentes sources d'information et les premières conclusions qui ont pu en être tirées ont été présentés et discutés à plusieurs reprises avec les responsables de l'INP (DG, Inspectrice de la province de Kairouan) afin de les confronter à d'éventuels points de vue divergents, permettant ainsi de faire un rapport final prenant en compte cette possible diversité d'orientations à proposer. Une rencontre avec le Gouverneur de la province de Kairouan a aussi été organisée en fin de séjour sur place.

## 1.3 Remerciement

Le bon déroulement de la mission est en grande partie dû au soutien et/ou informations fournies par de nombreuses personnes et plus particulièrement de :

- Tarek Baccouche, Directeur Général de l'INP
- Sahir Ben Garouia, Inspectrice régionale du patrimoine centre ouest et architecte de l'INP Kairouan
- Mohamed Chraïet, Gestionnaire administratif INP Kairouan
- Haroun Samer, Technicien INP Kairouan
- Amri Mancef, Chef de chantier INP Kairouan
- Bahrouini Fuicel, Conservateur, Conseiller de l'INP Kairouan
- Karim Hendili, Responsable culture, Bureau multi-pays de l'UNESCO pour le Maghreb
- Youmna Tabet, UNESCO - Centre du Patrimoine Mondial, Unité des Etats arabes

## 2. Rappel de la VUE du bien et valeurs spécifiques des remparts

### 2.1 Valeur universelle exceptionnelle (VUE)<sup>1</sup>

*Située au centre de la Tunisie dans une plaine à une distance presque égale de la mer et de la montagne, Kairouan est la plus ancienne base arabo-musulmane du Maghreb (670 apr. J.-C.) et l'une de ses principales villes saintes. Capitale de l'Ifriqiya pendant cinq siècles, elle a été un lieu de diffusion exceptionnel de la civilisation arabo-musulmane. Kairouan constitue un témoignage unique sur les premiers siècles de cette civilisation et sur son développement architectural et urbanistique.*

*Le site inscrit est un bien en série qui comprend la médina et ses faubourgs, les Bassins des Aghlabides et la Zawiya de Sidi Sahib. La médina (54 ha) et ses faubourgs (20 ha) est un ensemble urbain qui présente toutes les composantes d'une ville arabo-musulmane.*

*La médina est constituée d'habitations juxtaposées réparties en quartiers que séparent des rues étroites et sinueuses ; elle est entourée par des remparts qui s'étendent sur plus de trois kilomètres. Le tracé des faubourgs est plus rectiligne et les maisons y ont un caractère plus rural. La médina est dotée de quelques monuments remarquables dont la Grande Mosquée, un chef-d'œuvre architectural qui a servi de modèle à plusieurs mosquées du Maghreb, et la Mosquée des Trois Portes, qui présente la plus ancienne façade sculptée de l'art musulman qui nous soit parvenue.*

*Les Bassins des Aghlabides, un réservoir à ciel ouvert formé de deux citernes communiquant entre elles et qui remonte au IXe siècle, constituent un des plus beaux ensembles hydrauliques conçus pour alimenter la ville en eau. La Zawiya de Sidi Sahib abrite les restes d'un compagnon de Mahomet, Abou Zama El-Balawi.*

L'inscription à la Liste du patrimoine a été acceptée, basée sur 5 critères : i, ii, iii, iv et v.

### 2.2 Valeurs spécifiques des remparts

Les remparts sont cités que comme un des éléments majeurs caractérisant la Médina de Kairouan. Au niveau de la description du Critère V, une précision est donnée quant au rôle protecteur que ceux-ci représentent. Même si cette protection n'est plus nécessaire aujourd'hui, elle reste symboliquement forte, et les efforts faits pour leur conservation depuis les années 1950 sont majeurs.

Même si un tel évènement a déjà eu lieu par le passé (autour des années 2000), l'effondrement mortel<sup>2</sup> qui a eu lieu en décembre dernier a été traumatisant pour la population et aussi les responsables de la ville ressentant une certaine fragilité, qui bien évidemment s'étend aussi au bâti urbain, habité.

---

<sup>1</sup> <https://whc.unesco.org/fr/list/499/>

<sup>2</sup> Trois décès ont été à regretter lors de cet effondrement qui a eu lieu au moment où les ouvriers en charge de la restauration de la portion de rempart procédaient à un travail de préparation (démontage de parties de maçonnerie fragiles ou pour obtenir des surfaces d'appui saines).

### 3. Constats généraux sur les remparts

#### 3.1 Résumé historique

Dès sa fondation, la ville de Kairouan (d'après *qaywarân*, soit camp de garnison) a eu un caractère fortifié, résultat de la conquête du Maghreb par les arabes dans la deuxième moitié du VII<sup>ème</sup> siècle<sup>3</sup>.

Pour ce qui est des remparts plus spécifiquement, l'historiographie<sup>4</sup> rapporte qu'une première enceinte aurait été édifée par le gouverneur abbasside à la fin du VIII<sup>ème</sup> siècle. Elle aurait été reconstruite par el-Mou'izz à partir de 1052 J.C, ayant alors un périmètre d'environ 9 Km, puis, lors du transfert de la capitale de l'Ifriqiya à Tunis Afri fut progressivement délaissée.

De nouveaux remparts auraient été édifés à l'époque hafside (XIII<sup>ème</sup> –XIV<sup>ème</sup> siècle) dont le tracé serait assez similaire à celui que l'on connaît aujourd'hui. Démolis, au moins partiellement par Mourad III, ils seront reconstruits au début du XVIII<sup>ème</sup> siècle par Hussein Ibn Ali et ce avec trois de portes toujours existantes : Bab Tunis, Bab al-Jalladin et Bab al-Khoukha.

Des travaux de réfection ont probablement été réalisés à différentes périodes, mais toutes n'ont pas eu d'ampleur suffisante pour qu'ils aient été relatés dans des écrits, ce qui est par contre le cas de travaux réalisés à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle qui verront aussi l'ouverture d'une quatrième porte, Bab al-Jadid, elle aussi toujours existante.

Plus récemment, notons qu'en 1943 une partie du rempart du côté Sud est démolie par l'armée allemande pour utilisation des briques et mortier pour renforcer la stabilité de son terrain d'aviation. Puis avec la création de l'INP en 1957, des travaux de restauration seront régulièrement menés avec parfois quelques transformations majeures, notamment au niveau des portes avec de nombreuses créations pour faciliter la circulation.

Aujourd'hui, les remparts ont un périmètre de 3,5 km environ avec, résultat de cette longue histoire, des différences, pas toujours visibles mais somme tout assez majeures dans la forme, les dimensions (hauteur et largeur), et aussi la nature. Des hypothèses de superposition vérifiées lors de sondages réalisés récemment ou encore d'élargissement ou de surélévation autour d'un noyau central plus ancien apparaissent tout à fait plausibles. Les portes sont désormais au nombre de 8 (dont certaines portes sont doubles et une triple). On dénombre aussi 22 tours de plan circulaires avec un diamètre d'environ 2 m et 4 bastions de hauteur et dimensions très différentes.

---

<sup>3</sup> Isabelle Safa, Kairouan, un islam des Lumières, Dans Les Cahiers de l'Orient 2010/1 (N° 97), pages 83 à 87

<sup>4</sup> Garouia S., 2024, Etat des lieux des remparts de la médina de Kairouan

### 3.2 Système constructif et matériaux de construction

Aux endroits où les remparts sont complets, ceux-ci sont composés d'un premier niveau, d'une largeur de 2 à 3 m et d'une hauteur d'environ 4m, qui sert de chemin de ronde côté interne, protégé par un parapet côté externe d'environ 60 cm de large et 1m 40 de haut, quasi systématiquement surmonté de merlons espacés (autant de plein que de vide) sous lesquels sont aménagés de petites ouvertures d'où les soldats pouvaient tirer en étant bien protégés. Au niveau du chemin de ronde, des gargouilles rejettent les eaux de pluies vers la médina. Il n'y a pas de système d'évacuation d'eau vers l'extérieur, mais cela était probablement le cas historiquement, aujourd'hui remplacé par un réseau d'égouts qui collecte les eaux pluviales.

Globalement, les remparts sont complets dans les secteurs Est et Nord ; les sections Sud et Sud-Ouest qui séparent la médina du faubourg ont un muret bas, sans chemin de ronde. Il en est de même pour la section Ouest entre l'hôtel Kasbah et le cimetière et y compris le bastion où se trouve aujourd'hui le jardin Fess.

Le matériau principal de construction des remparts est la brique cuite dont les dimensions sont relativement petites : environ 20x 10 x 4 cm. Elle est mise en œuvre dans un mortier de chaux et de sable (1-2 en volume) avec souvent en partie centrale un mortier de terre ou encore de chaux et de terre<sup>5</sup>.

Il semble que les briques cuites utilisées soient aussi assez légères car la tradition de fabrication inclue des matières végétales. Cela est à la fois un avantage, avec un poids relativement faible de la maçonnerie et donc moins de risques de tassements des fondations, mais aussi une certaine faiblesse, mécanique d'une part (résistance en compression), et de porosité d'autre part, facilitant les échanges d'humidité et notamment les remontées capillaires. Cela ne semblant pas avoir été fait dans le passé (à vérifier) ces propriétés mériteraient d'être étudiées précisément.

L'appareillage des briques est de facture assez diversifiée, laissant place à diverses hypothèses, probablement toutes applicables :

- La construction de murs de part et d'autre du rempart puis un remplissage en blocage avec des morceaux de briques plus ou moins bien organisés ;
- Des cycles répétés de dégradation (naturelle et/ou volontaire) et de restauration, plus soignée en façade – technique de restauration utilisée par le passé et actuelle ;
- Des réfections importantes des murs au cours de l'histoire, en l'élargissant et le surélevant, dès lors que le système de protection apparaissait ne plus être en adéquation avec les armes qui seraient utilisées par de potentiels assaillants.

A ce titre, et pour exemple, une recherche récente<sup>6</sup> menée par l'INP Kairouan a mis en évidence l'existence d'un mur en pisé dans le secteur nord de part et d'autre du Bastion Brija qui, pour sa part, est en maçonnerie de moellons de pierre (Fig. 5).

---

<sup>5</sup> Données à vérifier

<sup>6</sup> Taha Khechine (voir bibliographie)



*Fig.5 : la partie du mur nord sous la rangée de pierres horizontale est en pisé*

A noter aussi que la plupart des murs ont été réalisés avec un léger fruit, de l'ordre de 2 cm par mètre, ce qui apporte une forte garantie en matière de stabilité. Il semble toutefois qu'avec le temps et l'usage du fil à plomb (comme on l'apprend dans les écoles techniques) ait fait dériver, et aujourd'hui, beaucoup de murs ne présentent pas de fruit, voire même présentent des faux aplombs qui pourraient résulter de l'oubli de ce dispositif lors des restaurations successives.

Dans la même idée de renforcement structurel, la maçonnerie de briques cuites possède des renforcements, faits de longues et lourde pierres (totalement traversantes ?) posées l'horizontale, la plupart du temps à 1m au niveau du sol actuel. Des branches de genévriers jouent aussi un rôle similaire, un procédé qui semble-t-il est plus lié à des travaux de restauration, pour assurer le lien entre les deux maçonneries, ancienne et nouvelle.

Dans certains secteurs, des pierres ont été utilisées pour les fondations. Deux types de pierre sont présents : le grès venant de la côte méditerranéenne et le calcaire, extrait dans les montagnes situées à l'ouest de la ville.

Les pierres, sous forme de moellons taillés de façon plus ou moins régulière ont aussi été utilisées pour édifier les bastions et les portes, notamment pour certains des piédroits et pour les arcs. Ces derniers sont relativement faciles à exécuter avec le grès qui se prête bien à la taille des claveaux. Quelques colonnes en marbre réemployée de sites romains ont aussi été utilisées pour quelques-uns des piédroits des portes.

Pour ce qui est des finitions en partie verticale, la protection est assurée par un enduit fin, rapide à mettre en œuvre puisqu'il est essentiellement destiné à bien fermer les joints et à mettre en place une fine couche protectrice sur la surface des briques. Le processus de mise en œuvre qui serait « ancestral » est une sorte de rejointoyage réalisé entre les briques fait

dans un premier temps de façon assez généreuse et dont les bavures sont lissées à l'aide d'une brique, formant un enduit de 1 à 2 mm d'épaisseur maximum. Ce système l'avantage d'être rapide à mettre en œuvre à moindre frais. Il correspond aussi bien à la présence de sels minéraux dans l'eau de la nappe phréatique, qui remonte par capillarité dans ses grands murs (qui fonctionnent comme des mèches depuis le sol sous la fondation vers l'air sec). Ce phénomène provoque une cristallisation en surface qui techniquement provoque la destruction d'une fine couche de la surface en contact avec l'air. Une fois l'enduit décollé, il est très facile de le refaire, là encore à moindre frais, ce qui est notable pour la mise en œuvre de ce qui apparaît comme un nécessaire entretien régulier, notamment à la base des murs qui sont les zones les plus affectées par les remontées capillaires, et donc par les sels.

Au niveau des chemins de ronde, l'étanchéité est obtenue par application d'un mortier de chaux dont la composition a probablement beaucoup évolué dans le temps avec d'évidence la recherche de plus de dureté et donc l'usage de ciment<sup>7</sup> (donnée à vérifier, y compris les pratiques d'entretien historique potentielles). Cette chape de mortier est mise en œuvre après avoir pris le soin d'un nivellement du sol en formation des pentes d'évacuation qui drainent l'eau vers des gargouilles. Celles-ci, faites de briques cuites posées en forme de U sont légèrement décalées du mur, environ 5 cm, ce qui laisse une partie de l'eau s'écouler en façade. Certaines gargouilles ont récemment été changées avec des moulages en béton, avec une forme finale identique.



*Fig.6 : vue du chemin de ronde (et de ses gargouilles) qui est toujours présent le long de la façade est*

Pour ce qui est des fondations, il existe des cas très diversifiés, allant de « pas de fondation » à des fondations en béton réalisées dans les années 70, avant reconstruction ou en « reprise en sous-œuvre ».

---

<sup>7</sup> Donnée à vérifier, mais on sent qu'il s'agit le plus souvent d'un matériau dur, cassant et donc qui fissure au moindre mouvement.

La question des fondations est un point qu'il sera important d'éclaircir dans le futur en prenant aussi bien en compte le traitement des abords des murs qui contrairement aux idées reçues, forment un ensemble dont les caractéristiques influent beaucoup l'ampleur et la rapidité des phénomènes liées aux remontées capillaires.

Dans ce cadre, on note que des efforts importants ont été faits, probablement essentiellement par la municipalité de Kairouan pour paver l'ensemble de la ville et les abords des remparts, et ce de façon assez élégante puisque, à l'exception de quelques pavés de béton çà et là, avec des pierres calcaires. Pas toujours réalisés avec le soin nécessaire, notamment pour de bons écoulements d'eau et avec des spécifications techniques adaptées (question de perméabilité et donc de capacité à laisser passer l'humidité, dans les deux sens), ceux-ci peuvent avoir un effet néfaste (voir le chapitre suivant).

### 3.3 Facteurs de dégradations et pathologies

Le facteur principal de dégradation des remparts est l'eau. Celle-ci dont l'origine est la pluie agit dans diverses circonstances au gré de son cheminement depuis le haut du mur vers le bas, et des processus variés avec, pour certains, des facteurs aggravants (réseau d'adduction d'eau / assainissement, activités humaines). De façon globale, on constate ce qui suit :

#### 3.3.1 Exposition directe à la pluie

Des signes d'érosion lente de l'enduit de protection, puis des briques cuites et du mortier sont visibles sur le haut des remparts, au niveau des merlons. Cette érosion est plus notable sur les parties exposées à l'Ouest, ce qui est probablement dû à une prédominance de pluies accompagnées de vent venant de cette direction (Fig. 7).



Fig.7 : érosion des merlons



Fig.8 : fissuration de la chape du chemin de ronde

#### 3.3.2 Écoulements des eaux de pluie au niveau du chemin de ronde

L'écoulement des eaux vers les gargouilles est prévu. Mais en cas de fissuration de la chape d'étanchéité dû à des mouvements du mur, des infiltrations peuvent avoir lieu, pouvant, à terme, notamment pour les fissures longitudinales, engendrer des mouvements de plus en plus importants des parties hautes des remparts (Fig. 8). C'est ce cas de figure qui semble avoir été à l'origine de l'écroulement de décembre dernier (voir chapitre 4).

### 3.3.3 Écoulements via les gargouilles

Les gargouilles présentent un débord faible. Une partie de l'eau vient donc s'écouler le long du mur. Cette disposition a pourtant été gardée au cours de l'histoire alors qu'il était possible de faire mieux (tubes de terre cuite par exemple). Ce système a donc été jugé suffisamment efficace (Fig. 8). Par contre des gargouilles cassées ou bouchées (pour une raison externe) entraînent des écoulements internes, ce qui beaucoup plus dangereux (voir ci-dessus).



Fig.9 : écoulement des eaux le long du mur



Fig.10 : humidité à la base (+ sels) avec érosion

### 3.3.4 Écoulements des eaux de pluie à la base des murs / stagnations

La base des murs est sujette à la présence d'eau issue à la fois des écoulements d'eau depuis les gargouilles, des écoulements depuis les pavages du sol à proximité et enfin de l'eau de pluie avec de possibles phénomènes de rejaillissement. Cette eau présente à la base des murs pénètre dans la matière du fait de sa porosité, éventuellement en profondeur. Avec une diminution des caractéristiques mécaniques des matériaux des érosions de surface peuvent se produire plus facilement (frottements divers dus à l'activité humaine) et des tassements potentiels peuvent aussi apparaître sur le long terme (y compris par tassement du sol, sous la fondation). Cette menace est renforcée lorsqu'il y a des défauts de pavage aux abords des remparts qui génèrent des stagnations d'eau, y compris bien après les pluies et d'importantes infiltrations dans le sol aux abords des remparts.

### 3.3.5 Humidité à la base des murs

En lien avec le phénomène précédemment décrit, mais qui est aussi alimenté par la présence de la nappe phréatique sous l'ensemble de la ville, se produisent des phénomènes de remontées capillaires. L'évaporation d'eau en elle-même n'est pas forcément un problème, mais elle le devient quand celle-ci est chargée de sels, ce qui est le cas à Kairouan. Lors de l'évaporation, le sel cristallise et tend à arracher quelques particules des matériaux de surface, engendrant une sorte de croûte fragile qui tombe à la base du mur (Fig. 10). A long terme, les joints entre les briques sont érodés mais les briques aussi, surtout les plus fragiles, ce qui forme un « sillon » à la base des murs dont l'évolution peut mettre en péril si pas l'ensemble du mur, tout du moins sa partie externe, bien appareillée et donc la plus solide.

Les facteurs aggravants de ce phénomène sont de possibles défauts du réseau d'eau (adduction / égouts, voir ci-après), mais aussi les caractéristiques des pavages qui malgré les matériaux employés laissent entrer l'humidité sans lui donner d'issue pour sortir (hormis les

murs, qui fonctionnent comme une mèche de lampe à huile permettant la migration de l'humidité du sol humide vers l'air très sec, surtout en été). Les amas et dépôts divers à la base des murs sont aussi un facteur très négatif de l'infiltration et maintien d'humidité dans les murs. Cet état de fait implique une responsabilité partagée des services de la commune (ou de l'équipement pour les voies majeures) sur la question de mise en situation de risque minimal des murailles et de l'ensemble du bâti de la médina.

### 3.3.6 Le réseau de la SONED et l'assainissement

Le réseau d'adduction d'eau géré par la SONED apparaît être vieillissant, avec des défaillances qui se déclenchent à intervalles, à la fois proche des remparts mais aussi des nombreuses maisons. Ces défaillances ne sont pas toujours détectables alors que, au-delà du gaspillage d'eau traitée que cela représente, les fuites sont un réel danger pour le bâti, venant renforcer tous les processus présentés ci-dessus. La réfection progressive de ce réseau et une capacité améliorée d'intervention rapide devraient être étudiées afin de limiter ces risques.

L'état de ce réseau laisse penser que celui d'assainissement peut aussi être défaillant. Moins visible car n'étant pas sous pression, la présence réseau partout dans la ville représente aussi une menace pour la durabilité du bâti historique.

### 3.3.7 Activités humaines

Il s'agit surtout là de facteurs aggravants. Les mauvaises pratiques sont essentiellement :

- Surcharges de stockages pour les boutiques au niveau des portes, pratiques intrusives sur les murs pour fixation stores et autres ;
- Dépôts de détritrus à la base des murs ;
- Utilisation des bases de mur comme urinoir (notamment proche du souk), y compris probablement pour des animaux domestiques ;
- Frottements de véhicules au niveau des portes ;
- Passage de camions ou bus, dangereux au niveau des portes en arcature (risque de choc) et tassement des voies qui dégradent le bon fonctionnement des drainages superficiels.



*Fig.11 : dépôts de long des remparts côté souk*



*Fig.12 : déformation de la chaussée du au passage*

### 3.4 Pratiques de restauration

Il est certain que depuis sa construction initiale, les remparts de Kairouan ont été, à plusieurs reprises, agrandis, renforcés, démolis et reconstruits, mais aussi entretenu régulièrement. Historiquement cela a certainement été fait avec le plus grand pragmatisme, visant à la fois rapidité d'exécution et coût raisonnable.

Ce genre de pratique semble bien faire partie de la panoplie existante à l'époque contemporaine. Parmi celles-ci, plusieurs sont très intéressantes :

- Le recyclage de matériaux notamment les briques récupérées d'effondrements ou de démolitions partielles ;
- La pratique de l'introduction de branches de genévriers qui lient les parties anciennes et nouvelles ;
- La réfection régulière de l'enduit fin.

Mais ce qui frappe le plus, finalement, c'est que malgré l'évidence de savoir-restaurer pertinents et efficaces, bien mis en évidence par de beaux exemples particulièrement bien réussis pendant ces vingt dernières années, il n'existe aucune spécification écrite pour ces travaux.

De même il n'existe aucun protocole écrit pour l'inspection, la surveillance de la stabilité des structures, le diagnostic préalable à des interventions, ni pour l'entretien régulier.

Il s'agit là de manques qu'il convient de combler au plus tôt avec la production de documents comportant des éléments de décision à la fois techniques et administratifs.

En ce qui concerne les travaux récents, réalisés par l'entreprise mise en cause, des manquements assez importants ont pu être détectés dans l'iconographie qui a pu être mise à disposition. La recherche d'économie sur les coûts unitaires pour maximiser les profits semble avoir été privilégiée, au détriment d'une recherche de qualité, un risque toujours existant avec les marchés privés. Sans pouvoir être exhaustif sur cela à partir de la documentation qui a pu être examinée, on peut toutefois citer :

- Entassements de débris de purge des murs à traiter à la base des murs pendant les travaux
- Réutilisation sur place des briques, sans lavage préalable ;
- Probable réutilisation du mortier récupéré des purges, dont la résistance serait à vérifier (assez faible semble-t-il) ;
- Peu d'efforts faits pour assurer la liaison entre les deux maçonneries, anciennes et nouvelles, hormis la mise en place de branches de genévriers ;
- Un appareillage de surface limité à une demi-brique d'épaisseur (soit 10 cm), trop peu pour garantir une vraie durabilité des structures remplacées dès lors qu'elles sont assez élancées (dépassant 1 mètre de haut) ;
- Pas d'application systématique de l'enduit de finition ;
- Echafaudages rudimentaires, non étayés ;
- Pas de casques ni de chaussures de chantier.



*Fig.13: Le chantier avant écroulement (archives INP) : fragilité de l'échafaudage, sécurité insuffisante et déblais laissés sur place*



*Fig.14 : Le chantier avant écroulement (archives INP): fragilité de l'appareillage de la reconstruction de façade*

## 4. L'écroulement du 16 décembre 2023

### 4.1 Antécédents

Véçu comme une catastrophe, l'écroulement du 16 décembre dernier n'est pourtant pas une première. Déjà dans les années 80, un écroulement assez important avait causé le décès de trois personnes assis à une terrasse de café. Plus récemment, le 1<sup>er</sup> novembre 2018, suite à une pluie diluvienne une partie des remparts situés non loin de la mosquée Oqba Ibn Nafi, avait eu lieu, plus limitée et sans faire de blessés.

Si l'on prend en compte le fait que la facture historique de ces remparts, et notamment le soin limité apporté à l'appareillage des briques au cœur du mur, une donnée qui doit être prise en compte est celle, intrinsèque, d'un certain niveau de fragilité. Celui-ci implique un principe d'inspection et d'entretien régulier permettant de prévenir les risques et ainsi d'assurer la durabilité. Comme cela a été le cas pour de nombreuses cités, des périodes de difficultés ont certainement dans le passé été propice à d'autres événements du même genre.



Fig.15 : écroulement du 1 novembre 2018 ©NJ Live



Fig.16 : écroulement du 16 décembre ©Tunisie numérique

### 4.2 Conditions spécifiques de cet écroulement

La partie écroulée faisait l'objet de travaux confiés à une entreprise privée dans le cadre de contrats renouvelés depuis 2022 qui avaient permis la restauration de plusieurs centaines de mètres de remparts, notamment côté nord, puis donc redescendant vers le sud sur cette façade est.

Sans être exceptionnelles, des pluies relativement fortes ont été enregistrées<sup>8</sup> les jours précédant l'accident :

- 2 décembre : 0,1 mm
- 4 décembre : 1 mm
- 5 décembre : 1 mm
- 8 décembre : 15 mm
- 9 décembre : 3 mm
- 15 décembre : 0,8 mm

<sup>8</sup> <https://www.infoclimat.fr>

Au total, ce mois de décembre 2023 a connu le double des précipitations moyennes à Kairouan pour ce mois.

#### 4.3 . L'écroulement et sa cause

Le 16 décembre était un samedi, seuls les ouvriers étaient présents. L'accident a eu lieu tôt le matin alors que le travail commençait. Il a provoqué le décès de 3 ouvriers et des blessures à 3 autres qui, depuis ont pu être soignés.

Plusieurs hypothèses ont été posées, notamment à la vue des photos des travaux en cours, celle de la destruction possible depuis la base des murs en cours de traitement. En effet, la pratique de l'entreprise était de laisser à la base des murs les parties qu'elle avait jugées fragiles et devant être démontées, formant un talus servant en partie d'échafaudage et aussi de carrière de matériaux puisque les briques étaient récupérées sur place. Mais lors du nettoyage demandé de cette base de mur, nulle trace d'écrasement d'un mur affaibli par l'humidité n'apparaissait.

C'est donc la deuxième hypothèse, celle d'une chute de la partie haute qui a été étudiée, en fait vite confirmée par l'information révélée par une personne présente au moment de l'accident : la partie où a eu lieu l'écroulement n'était pas en cours de reconstruction, mais en cours de « nettoyage » ou « purge » de matières considérées comme manquant de cohésion, purge qui de façon un peu mécanique était faite par l'entreprise sur une profondeur de 30 à 40 cm de profondeur. L'écroulement aurait même été déclenché par la vibration causée par le choc d'un fort piquage du mur.

L'observation de la partie supérieure, le chemin de ronde montre de part et d'autre de la partie écroulée une fissure longitudinale assez importante. Causée par l'accident ou préexistante, difficile de se prononcer avec pleine certitude, mais quand même cette fissuration n'a pas d'apparence récente. Et si préexistante, elle pourrait bien expliquer la fragilisation de cette partie due à des infiltrations d'eau de pluie, notamment quelques jours avant, le 8 décembre. Une situation non suffisamment reconsidérée (si elle l'avait été avant) suite à cet événement pluvieux en termes de diagnostic de vérification avant intervention.



*Fig.17 : fissuration côté nord de l'écroulement*



*Fig.18 : une partie du mur de façade est décollée, et donc instable*

Mis à part ces observations, il est regrettable que les travaux aient été lancés sans qu'au moins un relevé photographique (façade et chemin de ronde) n'ait été fait des dégâts constatés devant être réparés. Sans cette source d'information il est malheureusement difficile de faire un diagnostic plus précis.

Quoiqu'il en soit, la cause de l'accident est claire : lancement d'une intervention en sous œuvre en dessous d'une structure dont la stabilité n'a pas été suffisamment évaluée alors que d'évidence elle était déjà bien séparée de la partie centrale du mur. Une dramatique erreur humaine d'appréciation des conditions d'intervention.

En tout, c'est une masse d'environ 15 tonnes qui sont tombées sur des ouvriers mal protégés. Les pierres calcaires situés sous le chemin de rode sont citées comme étant la cause du décès par choc crânien. Sans étude spécifique il n'est pas possible de conclure sur ce point sachant que par ailleurs, les merlons qui couronnent le rempart semblent être tombés d'un bloc (d'une masse largement supérieure).

Lors de la mission, outre les observations visuelles, des mesures d'aplomb ont été faites de part et d'autre de l'écroulement (Fig. 20). Rien d'anormal n'a été constaté amenant à la conclusion que, hormis les parties visibles qui ont été entraînées par la chute et sont aujourd'hui dans un équilibre relativement précaire<sup>9</sup>.

De même les mesures faites côté intérieur de la médina (Fig.19) donnent des mesures, de faux aplomb certes (10 cm maxi), mais qui n'apparaissent pas alarmantes, et priment que la chute du mur côté externe n'a pas eu d'effet d'entraînement sur la partie intérieure, prouvant à nouveau le fait que la partie qui s'est écroulée devait déjà être séparée de la partie restante en place (fissure préexistante, peut être lors de travaux plus anciens, et possiblement renforcée/élargie par les infiltrations des eaux pluies).



Fig.19 : mesure de faux aplomb côté ouest



Fig.20 : mesure du fruit, côté est

#### 4.4. Un évènement qui a semé le doute

L'écroulement du mur et son caractère mortel ont fortement marqué la population et les responsables à divers niveaux. Son caractère assez spectaculaire et le manque d'explication (et de fait des supputations, y compris sur certains médias) sur les conditions dans lequel il avait eu lieu et sur ce qui s'était vraiment passé ont fait planer le doute.

Il s'agit d'une situation qu'il convient désormais de réparer, qui ne devrait pas seulement porter sur une reconstruction physique, mais aussi humaine et institutionnelle, de confiance en ses capacités d'intervenir efficacement en toute sécurité.

<sup>9</sup> Ces parties ou blocs de pierre ont supporté les vibrations lors de l'impact au sol, donc sans réel danger hors sollicitation externe ou pluie forte – à priori pas avant l'automne prochain, mais qui impose au moins leur purge avant cette période.

Les processus constatés amenant à de possibles situations de risque apparaissent être plutôt à développement lent, la mise en place de processus préventif (surveillance, observations des mouvements éventuels au niveau des fissures, diagnostics précis, entretien) est donc une solution très pertinente pour garantir la pérennité de ce bien en plein respect de son statut de patrimoine mondial (authenticité des matériaux et des techniques).

## 5. Recommandations

### 5.1 Stratégie générale proposée

Après le drame et les doutes qui l'ont suivi, à la fois sur les responsabilités et le niveau de risque d'autres écroulements à Kairouan, et maintenant que les causes de l'accident du point de vue technique ont bien été clarifiées, permettant de faire la part des choses il apparaît important d'à la fois agir sans tarder, mais aussi avec méthode et application.

Il est aussi suggéré de profiter de cet événement marquant pour approfondir un certain nombre de sujets, techniques pour certains, mais aussi organisationnelle et de renforcement de capacité pour d'autres, et enfin pour mettre en place des mécanismes de décision et de partage de responsabilité entre les parties prenantes (directes et indirectes) justes, pertinents et efficaces.

Dans cette perspective, la demande qu'il est envisagé de faire au fonds d'urgence du Patrimoine Mondial trouvera sa pertinence non seulement pour aider à relancer les travaux à faire, mais aussi pour réinstaller la confiance au sein des acteurs locaux et plus particulièrement de l'INP. Il est aussi suggéré que cet engagement de l'UNESCO soit sollicité (et accepté) pour un travail aussi à moyen terme visant à accompagner ce processus et faciliter la mise en place de procédures plus claires et plus précises et qui permette aussi la bonne contribution de toutes les parties prenantes (notamment locales : municipalité, SONED, équipements, etc.) qui doivent réaliser qu'elles ont aussi une responsabilité en ce qui concerne la présence de menaces et donc la célérité des processus de dégradation (lente donc pas forcément évidente à apprécier), notamment ceux qui affectent les bases des murs.

### 5.2 Ce qui devait être lancé au plus tôt

#### 5.2.1 Finir les travaux en cours

Les travaux en cours, qui se développaient sur 4 lieux différents – l'idée ayant été de progresser depuis la porte Bab Sidi Syouri vers Bab el khoukha - ont été arrêtés d'un coup. Les dernières parties en cours de traitement n'ont donc pas été complétées, laissant une situation de structures de parement en porte à faux dont une s'est déjà déformée alors qu'il ne manque qu'une rangée de briques (voir photo ci-dessous).

La finalisation de ces travaux est donc la toute première priorité.

Pour cela, l'INP devra faire un point sur les compétences pouvant être mobilisées à la fois en interne et en externe, à la fois pour la réalisation même et pour le suivi technique, et sur les éventuels besoins d'accompagnement et de formation de nouvelles compétences, à savoir que pour cette première étape, le volume de travaux reste très raisonnable (aux environs de 10m<sup>2</sup> de maçonnerie à reprendre).



Fig.21: formation d'une fissure de tassement différentiel au-dessus d'une zone en cours de reconstruction, non finalisée

### 5.2.2 Quelques dispositions de prévention à prendre

Certains facteurs qui peuvent accélérer les processus risquant d'affecter les remparts sont simple à mettre en œuvre et sont sans risques pour la sécurité, bien au contraire. Il s'agit essentiellement de :

- Bien nettoyer les quelques dépôts de débris divers et variés qui parsèment encore la périphérie des remparts (à voir avec la municipalité)
- Nettoyer les tas de sable et autres matériaux laissés à la base des murs par l'entreprise.
- Etudier avec le commerçant de la première boutique de la porte Beb Selladine la nécessité de ne plus utiliser l'eau de façon abondante (éviter les stagnations à la base du pilier à droite de l'entrée). Voir avec ce commerçant aussi la nécessité de nettoyer l'accès à sa cour arrière pour permettre une inspection de l'état côté intérieur des remparts.

Si les travaux de reconstruction de la partie écroulée ne pouvaient être lancés avant la prochaine période de pluies (deuxième moitié du mois de septembre), il conviendrait alors de procéder à la purge des parties (ou blocs de pierre) ayant été déplacés lors de la chute afin de les réaliser avec toute la protection (barrières et surveillance de leur respect) nécessaire

### 5.2.3 Mettre en place un système de surveillance de quelques zones

Les observations faites n'ont pas permis de détecter de risque à court terme qui n'aient pas été déjà traitées au moins de façon préventive (étayage de deux portes). Cela ne veut pas dire qu'il ne faut pas considérer la mise en place d'un système de surveillance de quelques zones où des fissures sont observables, permettant de vérifier leur stabilité ou leur évolution.

Pour cela il est suggéré de :

- Mettre en place de nouveaux témoins au plâtre (couche fine avec date, et de taille limitée – 10 x 30 cm maxi - pour que le dispositif reste discret) de façon systématique au niveau des fissures constatées.
- Mettre en place une visite régulière de l'ensemble de ces témoins par un technicien de l'INP Kairouan (au moins deux fois par mois).

#### 5.2.4 Libérer l'espace et le passage pour la saison touristique

La question ayant été posée lors de la réunion finale de restitution organisée par le gouverneur de la province, il est important d'y répondre. Il est effectivement possible de fortement diminuer les périmètres de sécurité tels que mis en place après le drame.

Au niveau des barrières de protection :

- Les barrières peuvent être totalement enlevées au niveau de la porte Beb Jalladine et entre celle-ci et la porte Beb Jdid ;
- Idem avenue Ali Zouaoui le long de la mosquée Anssar (Mheneya) ;
- Les barrières sont par contre à conserver partiellement entre les portes Beb Sidi Syouri et Beb Elkhokha, au niveau de la zone écroulée ;
- Au niveau des restrictions et étayage d'arcature de portes :
- Le passage sous la porte Beb Sidi Youri peut être ré-ouvert, à l'exception de véhicules lourds (bus et camions). Au vu des chocs constatés sous les arcs, cette interdiction de passage aux véhicules lourds serait à conserver à long terme.
- Etayage dans l'angle à l'arrière de la zone écroulée :
- Cet étayage ne semble pas utile dans la situation actuelle. Une simple surveillance par mesure de l'aplomb tous les 3 à 4 mois (systématiquement aux mêmes endroits, à bien définir et marquer) sera suffisante.

### 5.3 A moyen terme (3 à 6 mois)

#### 5.3.1 Travaux de reconstruction de la partie écroulée

Il est à noter qu'il ne s'agit pas d'un cas techniquement très complexe, mais d'une certaine ampleur toutefois, qui est l'occasion de commencer à reprendre une vraie approche méthodologique prenant bien en compte les risques (sécurité), et qui permette de lancer un processus d'amélioration de la qualité de l'exécution des travaux, et ce en commençant par le choix des matériaux (voir les suggestions faites en annexe 2). Bien entendu l'appui de l'UNESCO pour ce travail serait particulièrement utile, notamment pour cette facette méthodologique.

Il est aussi recommandé de profiter de ce travail pour refaire le trottoir bordant le rempart et à cette occasion de revoir les spécifications techniques de sa mise en œuvre de façon à garantir un meilleur fonctionnement des écoulements d'une part et de permettre une respiration du dallage (transfert d'humidité) afin de diminuer le phénomène capillaire à la base des murs. La réalisation de ce travail est à étudier avec les responsables des services de la voirie de la municipalité de Kairouan et/ou du service déconcentré de l'Équipement.

#### 5.3.2 Continuité à donner aux travaux de réhabilitation des remparts

Au-delà de ce travail de reconstruction de la partie de rempart écroulée, il est important de prendre en compte le fait que les travaux qui avaient été confiés à l'entreprise devaient

considérer d'autres portions de cette longue façade Est des remparts. Il existe quelques cas évidents qui nécessitent des petites reprises d'urgence.

Celles-ci doivent être traitées avant l'hiver 2024-2025 et l'arrivée possible de fortes pluies. Une visite en commun avec INP-Kairouan a permis d'identifier les cas et une liste doit être établie dans la perspective de programmer puis lancer ces travaux.

Comme pour la partie de mur écroulée, les zones de pavage aux abords des remparts présentant des défauts de pentes (toutes repérées lors d'une visite commune lors de la mission) devraient être révisées.

### 5.3.3 Reprise des fissures au niveau des portes et réouverture

#### **Beb Sidi Youri**

Il s'agit d'un petit travail à faire de rejointoyée par injection de mortier. Celui-ci pourrait être fait à l'occasion d'une mission d'appui de l'UNESCO qui permettrait d'améliorer la pratique observée, en garantissant un remplissage bien en profondeur.

#### **Beb Jadid**

Là aussi, il s'agit essentiellement d'un travail de rejointoyage des joints entre les briques. Nécessitant un peu plus de travail, il devrait être réalisé dans la foulée, après le chantier de la porte Beb Sidi Youri. Une fois ce travail réalisé, enlever l'échafaudage et ré-ouvrir la porte à la circulation (véhicules légers seulement).

#### **Beb Monkas Berjab**

Il s'agit là d'un travail qui mérite de prendre plus de temps car nécessitant un travail plus en profondeur qui ne peut se faire qu'au travers d'une collaboration entre l'INP, les services de la voirie de la Commune et les services déconcentrés du ministère de l'équipement (la route formant barrage aux écoulements d'eau).

### 5.3.4 Proposition de dispositions à prendre / actions à mener en parallèle des travaux

Les propositions de dispositions à prendre ou d'actions à mener en parallèle des travaux sont les suivantes :

- (i) Mettre en place un système d'inspection régulière des remparts – de la ville – pour l'identification des risques / prévention et former des agents de l'INP pour assumer cela.
- (ii) Lancer un travail de recherche sur les matériaux :
  - Amélioration de la qualité des briques (avec les fabricants locaux)
  - Préparation de mortiers de qualité à partir des chaux locales (blanche et rouge), idem, avec les fabricants locaux et en testant divers adjuvant (ciment, poudre de brique, etc.)
  - Idem pour les enduits
  - Anticiper les risques en ce qui concerne l'approvisionnement en bois de genévriers
- (iii) Lancer un travail de diagnostic technique précis (et participatif) au niveau de :
  - La mosquée Mahenia (avec les responsables de la mosquée)
  - La porte Beb Monkas Berjab (avec le service de la voirie de la municipalité et le service déconcentré de l'Équipement) ;
  - La porte-qui sert d'entrepôt à l'INP (au sud de Beb al Khoukha)
  - Les boutiques côté nord de Beb Jalladine avec les propriétaires et la municipalité, l'association de sauvegarde de la Médina).

- (iv) Faire un travail de préparation pour les actions à prévoir pour le plus long terme
  - Organiser des réunions de parties prenantes
  - Monter des dossiers techniques
  - Poursuivre les travaux de recherche dans des perspectives pragmatique d'application à grande échelle non seulement pour les remparts pour l'habitat et les monuments dans toute la médina (et hors médina)

#### 5.4 Proposition de mise en perspective d'actions pour le plus long terme

Les actions suivantes sont proposées y compris avec un ordre de priorité, et à ce stade, cette liste ne peut être considérée comme exhaustive, étant surtout liées à la réflexion d'actualité ayant mené à l'organisation de la mission objet de ce rapport, sur la partie technique de la sauvegarde des remparts :

1. Chantier pilote pour la réfection de la porte Beb Monkas Berjab
2. Chantier pilote de la réfection des boutiques au niveau de la porte Beb Jalladine
3. Après expérimentation, établissement de protocoles pour le suivi régulier, les diagnostics de situation et les modalités d'intervention
4. Préparer un guide technique de restauration (et spécifications techniques)
5. Etablir un comité de sauvegarde et de valorisation de la Médina permettant de mieux se connaître et de mieux identifier les rôles et tâches de chacun (l'INP a un rôle central, mais beaucoup d'autres acteurs ont aussi des responsabilités)
6. Elaborer un plan de de conservation et de gestion (en lien avec le PDL de la commune)
7. Formation régulière d'artisans spécialistes en restauration (voir les possibles avec les organismes locaux de formation dans le secteur du bâtiment)
8. Formation d'entreprises capable de gérer des travaux de restauration (remparts et Médina)
9. Poursuivre les recherches sur la base d'un suivi de l'état des remparts (et des maisons de la médina) concernant les matériaux et leur comportement, amélioration / substitution éventuelle
10. Poursuivre les recherches sur l'identité de la ville, notamment sur la question d'enduit mais en traitant aussi d'autres sujets d'intérêt particulier.

Mettre ces futures actions en perspective est très important car, même si cela peut paraître contre-intuitif, la gravité de l'évènement de décembre dernier a l'avantage d'avoir semé le doute, ce qui, à l'inverse, a établi une situation qui apparaît très opportune pour des remises en cause en profondeur. Dans ces circonstances il semble donc tout à fait possible de lancer un processus vertueux pour mettre en place de nouvelles normes et modes d'organisation bien adaptés à la situation actuelle, sociale, institutionnelle et facteur important, prenant bien en compte les risques liés au changement climatique. Et de plus, cela semble bien correspondre à la volonté exprimée par le nouveau Directeur de l'INP.

Il semble donc tout indiqué que la demande de financement qu'il est envisagé de faire au Fonds d'urgence du patrimoine mondial ne se positionne pas seulement sur la réparation à court terme, mais aussi cette opportunité d'un travail de fonds avec des objectifs de long terme, non seulement pertinents pour Kairouan, mais pouvant aussi servir d'exemple pour les autres médinas du pays placées sous la responsabilité de l'INP, voire d'autre pays de la sous-région.

## Annexes

**Annexe 1 :** Bibliographie

**Annexe 2 :** Éléments techniques de base pour la reconstruction de la partie de muraille écroulée, et autres travaux devant être mis en œuvre dans les mois à venir

## **Annexe 1 : Bibliographie**

Soundes Gragueb Chatti, Taha Khechine, *Recherches archéologiques sur les enceintes de Kairouan de l'époque ziride jusqu'à l'époque hafside (du XIe siècle au XIIIe siècle)*, In : Actes du 7eme colloque international « Villes et archéologie urbaine au Maghreb et en Méditerranée », Monastir, 10 au 12 avril 201, Université de Kairouan, 2019

Isabelle Safa, *Kairouan, un islam des Lumières*, In : Les Cahiers de l'Orient 2010/1 (N° 97), pages 83 à 87

Sahir Ben Garouia, *Etat des lieux des remparts de la médina de Kairouan*, 31p., INP Kairouan, février 2024

Sahir Ben Garouia, *La médina de Kairouan : Un potentiel fragile*, Power point de 24 diapositives, avril 2024

Sahir Ben Garouia, *Les remparts de la médina de Kairouan, Etat des lieux et Interventions d'urgence*, planches A3, INP Kairouan, avril 2024

Ramad Mourrah, Periodic reporting, Kairouan, INP-UNESCO, Juin 2000

UNESCO, Rapport de la mission de conseil conjointe Centre du Patrimoine mondial - ICOMOS - ICCROM, 9 au 14 janvier 2023

T2A et FC, *Projet de restauration et de mise en valeur de la Grande Mosquée et des bassins Aghlabides de Kairouan dans leur environnement immédiat*, Ministère des affaires culturelles, Institut National du patrimoine INP, février 2024

*Plan de développement local de la ville de Kairouan 2021-2025*, Commune de Kairouan avec l'assistance technique de la GIZ, Avril 2023

### **Autres :**

Nombreuses photographies disponibles dans les archives de l'INP Kairouan relatant les travaux des années 1970-2000 (environ).

Panneaux d'exposition préparé par l'INP Kairouan

### **Sites web :**

INP :

<https://inp.rnrt.tn/>

UNESCO :

<https://whc.unesco.org/fr/list/499/>

<https://www.nessma.tv/fr/regionale/actu/kairouan-medina-une-partie-de-la-muraille-s-est-effondree-4376/26176>

<https://www.infoclimat.fr>

## **Annexe 2 : Eléments techniques de base pour la reconstruction de la partie de muraille écroulée, et autres travaux devant être mis en œuvre dans les mois à venir**

### **Organisation et responsabilité :**

Au vu de la situation actuelle, il est suggéré que les travaux soient réalisés sous la pleine direction et responsabilité de l'INP, autant que possible avec un appui technique fourni par l'UNESCO, hormis pour les travaux les plus simples (propositions pour le court terme (point 5.2 du présent rapport).

L'INP Kairouan semble posséder l'expertise suffisante pour cela, au moins quantitativement. Des maçons « jeunes retraités » ou pouvant être formés pourraient être recrutés pour renforcer quantitativement l'équipe toujours existante. Des personnels d'autres services décentralisés de Kairouan ayant des compétences en maçonnerie de brique cuite (peut-être de Tozeur par exemple) pourraient aussi être mobilisés, voire aussi du personnel technique expérimenté de niveau cadre pour croiser les avis avant lancement des travaux.

Il est aussi à noter que l'INP possède tout le matériel nécessaire à l'exécution des travaux, y compris des éléments d'échafaudage de qualité. Une attention particulière devant être apportée à la sécurité, l'achat de casques et de chaussures de sécurité est recommandé (voire devant être une obligation).

### **Matériaux :**

Sans devoir attendre de nouvelles productions, les travaux à faire devraient pouvoir être réalisés avec des briques cuites récupérées, disponibles au niveau du dépôt principal de l'INP-Kairouan.

Celles-ci devraient toutefois être bien triées, avec un soin tout particulier pour celle devant être utilisées en partie basse des zones à reprendre. Ce tri peut-être fait grâce au son (mat pour les moins bonnes, clair pour les meilleures) que donne une brique lors d'une frappe légère avec un petit marteau. Les briques récupérées doivent être bien nettoyées et lavées à grande eau.

En ce qui concerne la chaux devant être utilisée pour le mortier. Des recherches doivent être faites pour trouver de la chaux hydraulique de bonne qualité. Sinon, il apparaît pertinent d'utiliser de la chaux fabriquée artisanalement à Kairouan, mais après une période suffisamment longue (au moins 2 semaines autant que possible plus) de trempage en bac.

L'INP possède d'ailleurs des bacs destinés à cette préparation à l'avance.

Des essais de vérification sur des échantillons de collage de deux briques l'une sur l'autre devraient être faits avec et sans additifs, les additifs pouvant être :

- Poudre de briques cuites (peut être ajoutée à l'avance)
- Chaux hydraulique ou ciment blanc, (à n'ajouter que juste avant l'emploi).

Pour ce qui est des bois de génévrier, un stock est disponible au niveau du dépôt de l'INP.

### **Préparation :**

La partie écroulée faisant l'objet d'un travail de préparation, une partie de ce travail est déjà faite, à la base, consistant à purger le mur de façon à générer une base solide sur laquelle la restauration va pouvoir s'appuyer. Cela doit toutefois être vérifié de façon à ce que l'ensemble soit bien traité. Ce même travail est bien sûr à élargir sur toute la longueur de la partie inférieure de la partie manquante. Avec une progression devant être faite depuis le haut vers le bas.

Ceci impose donc de commencer par la partie haute. Avant tout, il faut donc purger les parties supérieures de tout ce qui apparaît être instable. Cela concerne essentiellement un gros bloc situé à droite (face au mur, côté externe) et tout ce qui apparaîtra instable. Vu la taille du bloc à déposer, ce travail doit être fait depuis le haut sans avoir échafaudé en préalable (mesures de sécurité du personnel avec harnais).

Quelques-uns des moellons de pierre situés sous la couche d'étanchéité en terre du chemin de ronde sont aussi à déposer de la même manière. Une partie de cette couche supérieure qui forme actuellement un surplomb (même si elle semble stable) sera aussi enlevée. Il sera enfin procédé à

l'enlèvement de tout ce qui se trouve instable en partie supérieure au-delà de la fissure principale.

Ceci fait, on pourra échafauder (solidement, avec des étais inclinés pour un maximum de stabilité, et avec des barrières à hauteur d'homme à chaque niveau) pour pouvoir procéder à la purge plus légère. Celle-ci sera faite de façon à pouvoir bien positionner à minima une brique entière en boutisse, soit avec un mini de 20 cm et un maxi de 30 cm de profondeur par rapport à la face du mur (vérification faite avec des cordons tendus de part et d'autre de la brèche. Il sera aussi veillé à créer des zones horizontales (sortes de marches d'escalier, mais sans chercher à ce qu'elles soient régulières) de façon à créer çà et là (le choix se faisant sur place au gré des situations identifiées comme favorables à la surface de la matière restée en place) des petites plateformes horizontales permettant une bonne liaison entre l'ancien et le nouveau.

Une réflexion pourrait être menée sur le positionnement d'un deux voire 3 renforts traversant en partie supérieure sous la couche d'étanchéité. Cela nécessiterait un travail supplémentaire de creusement de tranchées d'une cinquantaine de centimètres de profondeur qui permettraient d'installer des renforts horizontaux (tirants, dont la fonction serait similaire aux pierres traversantes d'origine) dont la nature serait à définir.

De même le positionnement de sorte de contreforts horizontaux (appareillés avec le parement, et rentrant à l'intérieur du mur) qui pourraient être introduits de façon bénéfique car donnant une stabilité et des capacités de résistance au basculement supplémentaires au parement. Il s'agirait là d'une mesure additionnelle de sécurité car pour le moment, les réparations faites avec parfois un parement faible (voir Fig. 14) apparaissent, au moins pour le moment, montrer une capacité suffisante.

#### **Mise en œuvre :**

La mise en œuvre de la partie à reconstruire doit être faite assez lentement vu la hauteur à réaliser. Il s'agit que chaque couche de maçonnerie soit bien tassée avant que l'on ne maçonne la suivante. Pour cela il est recommandé de ne pas faire plus de 6 couches par jour (40 cm maxi), et de laisser une journée de séchage avant la couche suivante.

Ces jours de séchage intermédiaires peuvent être mis à profit pour préparer les ancrages à faire avec les bois de genévrier. Il est suggéré ici d'améliorer la pratique avec l'acquisition de perceuses performantes (sans utiliser la percussion, inutile vu la dureté des briques) permettant d'utiliser des mèches de grande longueur (60 cm).

#### **Reprise des trottoirs :**

Le trottoir adjacent à la partie écroulée a été fortement impacté par la chute. Peut-être initialement déjà manquant de pentes drainant les eaux de pluies loin du mur, celui-ci aujourd'hui présente de nombreuses dépressions, autant d'endroits potentiels pour de la stagnation d'humidité.

Par ailleurs il semble que ces trottoirs aient été construits au-dessus du revêtement « bitume » de la route, ce qui n'est pas une bonne disposition pour faciliter les échanges d'humidité.

Il est donc recommandé de faire tout d'abord un sondage pour vérifier cet état de fait. Si cela est confirmé, il serait utile que l'ensemble soit démonté, y compris le bitume afin de retrouver la terre ferme, à l'exclusion de la bordure externe côté route) qui peut être conservée, hormis si celle-ci apparaît. Ceci serait avantageusement fait avant l'intervention sur le mur lui-même si ce principe de révision complète est retenu, ce que recommandé.

Pour la remise en forme, de ce trottoir, il est recommandé de substituer la couche de sable par une couche de terre compactée (avec une pente de 2 cm par mètre) et de maçonner les pierres sur cette couche de préparation avec de la terre. Le jointoyage peut être fait avec un mortier de ciment, mais pour l'évaporation, il serait bien de le réaliser avec de la terre, mais un autre type de mortier peut être utilisé (terre stabilisée, sable chaux, sable chaux hydraulique, ...). Ce premier travail sur les trottoirs serait expérimental permettant de tester les performances en matière d'usure en situation réelle.