

Tableau n°3 : Propriétés physico-chimique et physico - mécanique.

Propriétés	Ms	Mv	Abs	Porosité en %			Rc		Cr
				Po	P _f	P _i	A _{acc}	saturée	
Brique verte	2.624	1.567	27.132	35.307	2.187	35.838	39.6	14.33	0.382
Brique rouge	2.316	1.438	35.494	35.307	2.611	37.918	52.08	29.34	0.533
Pierre	2.610	1.460	30.484	40.221	3.764	43.991	46.85	28.003	0.581
Mortier blanc	2.316	1.438	35.438	35.307	2.611	37.918	52.08	29.340	0.53
Brique marron	2.582	1.499	20.192	34.203	6.400	41.943	50	24	0.45

Tableau N° 1 : Composition chimique des différents matériaux composant le mur.

Caracté Matériaux	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	Cr ₂ O ₃	P.F
Pierre	1.73	7.28	1.03	48.5	0.70	0.34	0.17	0.15	0.10	0.08	0.05	0.00	39.75
Brique rouge	10.63	41.61	3.43	22.35	1.47	0.24	1.16	1.50	0.42	0.04	0.02	0.02	16.79
Brique verte	12.34	47.94	4.01	21.19	1.96	0.30	1.13	1.47	0.18	0.51	0.02	0.02	8.83
Mortier blanc	0.74	2.50	0.35	42.09	1.05	46.3	0.02	0.11	0.06	0.10	0.01	0.01	6.33

Tableau N° 2 : Composition chimique des différents matériaux composant le mur.

Matériaux	Composition minéralogique	Teneur
Brique verte	<ul style="list-style-type: none"> • Feldspath (Na.Ca) : • Calcite ; • Quartz 	** *** ****
Mortier rouge	<ul style="list-style-type: none"> • L'illite • Moscovité • Feldspath • Kaolinite • Calcite • Quartz 	* * ** *** **** *****
Brique rouge	<ul style="list-style-type: none"> • Moscovité (mica) • Naci • Feldspath • Kaolinite • Quartz 	* * ** *** **** *****

3.3- Analyse des caractéristiques physico-chimiques et physico-mécaniques

les résultats de la détermination de la porosité (ouverte fermé total), l'absorption d'eau, masse spécifique, masse volumique résistance à la compression et la coefficient de ramollissement sont données par le tableau 3.

7- BIBLIOGRAPHIE

- 1- Revue céramique et verre 3.8 (1993) poland, M. HAMIANE,
P. IZAK
- 2- 3ème congrès Maghrébin de Génie des procédés Tamanrasset Alger
1998,
M. HAMIANE, A. KIDSKI
- 3- VI séminaire Forum UNESCO - Valence Espagne Sept 2001,
M.HAMIANE
- 4- Conservation des pierres monument en France Jacque phillippon
Roger Alexandre CNRS 1996
- 5- L'industrie du chaux, ciment, plâtre leur production et leur
Naissance 1967

6- CONCLUSION

La dégradation des matériaux composant les façades des murs peut être due à deux facteurs principaux.

Facteur extérieur : L'humidité du milieu « le fort turc » est au front de mer ;

Facteur intérieur : la grande valeur de la porosité ouverte et la présence d'un pourcentage important de la chaux et du calcite pour les différents briques ainsi que le pourcentage important d'anhydride dans le mortier.

Tous les matériaux composant les murs montrent un accroissement de l'absorption d'eau sous l'influence de l'humidité, et cette absorption est de plus en plus importante avec l'augmentation de la teneur de l'humidité (50%, 80% d'eau).

Le vieillissement sous l'effet de la vapeur d'eau de l'autoclave et en concordance avec la composition chimique et minéralogique des matériaux.

Afin de remédier aux dégradations des murs, on a proposé un mortier sous forme de coulis pour le bouchage et le collage des vides de la Façade

Un mortier pour la façade interne.

Cette application a des caractéristiques très importantes

- Bonne adhérence par accordage
- Résistance mécanique adéquate
- Imperméabilité à l'eau
- Bon aspect.

5- COMPOSITION CHIMIQUE MINERALOGIQUE

On remarque la présence d'un grand pourcentage de chaux (CaO) dans les différentes briques et encore plus important pour la pierre et le mortier blanc. Sous l'effet de l'humidité ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$) peut doubler son volume et créer des fissurations et des éclatements.

Pour la composition minéralogique, on remarque 88 % de calcite dans la pierre et 84 % d'anhydrite dans le mortier blanc et d'une quantité importante de calcite dans les différentes briques l'anhydrite peut retenir facilement dans l'eau et s'hydrater ce qui peut être la cause d'un gonflement et par conséquent une dégradation des façades des murs.

Caractéristiques physico-chimiques et physico mécaniques

La grandeur de la porosité ouverte (35.307, 33.650, 40.221 et 32.307 %) respectivement de la brique rouge, verte, la pierre et le mortier blanc, sont des valeurs déterminantes pour faciliter l'absorption de l'humidité, facteur déterminant dans la dégradation et particulièrement pour un site se trouvant au bord de la mer.

La composition minéralogique et le mode de préparation influence directement la résistance du produit fini et par conséquent la résistance mécanique à la compression de nos échantillons est faible successivement décroissante du mortier, pierre, brique rouge à la brique verte, le facteur donne une relation directe avec la dégradation du matériau.

Influence de l'humidité.

La teneur d'eau est en relation directe avec la porosité ouverte et la composition minéralogique ce qui donne une teneur d'eau important pour le mortier puis la brique verte, brique rouge et enfin la pierre. L'absorption augmente avec le teneur en humidité du milieu dont les échantillons sont exposés. L'influence simultanée de ces facteurs avec le temps accélère la dégradation du matériau. Les résultats de l'action de l'autoclave confirme ces constatations à savoir (H (~10)) mortier = 45.746, brique rouge (23.424) et enfin la pierre (18.894).

A base de ces résultats, on a proposé trois mortiers pour la restauration et conservation des Façades des murs.

Le premier est pour le bouclage et le remplissage des vides et fissures à base de la bentonite et ciment à laitier, chaux hydraulique, sable et eau.

Le deuxième sert à consolider et à restaurer les murs à base de plâtre et du chaux..

Le troisième, à base de chaux, poudre de brique pillée

3.2- Facteurs de détérioration :

Facteurs extérieurs

Le fort- Turc, se trouve à proximité de la mer et la principale cause de dégradation est liée à l'action de l'humidité qui se combinant à d'autres facteurs (température, pollution condition climatique) accentue les effets de destructions. Le mouvement ou la rétention de l'eau est fonction des caractéristiques de la microstructure des matériaux (distribution et dimension des pores).

Facteurs intérieurs

Ils dépendent surtout de la composition minéralogique et chimique, méthode et mode de préparation, la porosité, absorption et résistance mécanique.

3.3- Analyse de la composition chimique et minéralogique

Ces analyses sont effectuées respectivement par un spectros à fluorescence et un diffractomètre RX ; les résultats sont donnés par les tableaux 1 et 2.

3.4- Analyse des caractéristiques physico- chimiques et physico-mécaniques

données par le tableau 3.

3.5- Analyse des caractéristiques physico- chimiques et physico-mécaniques

Les résultats de la détermination de la porosité (ouverte fermé total), l'absorption d'eau, masse spécifique, masse volumique résistance à la compression et le coefficient de ramollissement sont données par le tableau 3.

4- INTERPRETATION

La dégradation des matériaux composant le mur est due à l'influence combinée des facteurs intérieurs comme la composition chimique minéralogique, caractéristiques physico-chimique et physico mécanique et à des facteurs extérieurs comme l'humidité très élevée (front de mer), variation de température érosion, vent, pluie et parfois certains plantes et micro-organismes qui se développe à la surface de ces matériaux.

2- EXPERIMENTATION :

Pour la réalisation de notre travail, on a pris (5 à 7 échantillons) de chaque type des matériaux composants les façades des murs (brique plein, pierre, mortiers). Le diagnostic a touché les facteurs de détérioration (facteurs extérieurs et intérieurs) fait intervenir les analyses suivantes
Analyse de la composition chimique et minéralogique

Analyse physico - chimique et physico - mécanique des matériaux.

Pour mettre en évidence l'influence de l'humidité, les échantillons ont été exposés à l'action de l'humidité (30% et 80%), puis émerges dans l'eau à température ambiante pendant 43200 mn, après quoi sont exposés à l'action de la vapeur d'eau de l'autoclave dans les conditions de température et de pressions déterminées ($T = 150^{\circ}\text{C}$, $P = 5$ bars, $t = 2$ heures). La réalisation expérimentale a fait intervenir plusieurs moyens d'investigations à savoir (Rx, fluorescence, autoclave, etc. . .)

3- RESULTATS D'ANALYSE :

3.1- Description de l'aspect des matériaux composant le mur :

Dans le site archéologique du « fort- Turc » existe plusieurs type de brique plein, présent. anî des couleurs différentes qui varie de rouge, marron, vert et jaune. Cette variation de couleur est due peut être à la méthode traditionnelle utilisé à l'époque dont les paramètres de séchage et cuisson, ainsi que le type de matières premières utilisés ne sont pas respectées. Ces briques n'ont pas des dimensions précises, dues au façonnage manuel, une irrégularité de planéité, la présence des fissurations, ainsi qu' au remarque la présence des dégraissants ajoutés probablement pour empêcher les problèmes de boursoufflement et des efflorescences.

La pierre

La pierre dominante dans la façade des murs du fort turc est de couleur jaune, que son origine revient à l'époque romains cette pierre est de type calcaire, dont l'oxyde de chaux est le plus dominant, elle n'ont pas de forme géométrique pall iculiè'te. Les mortiers :

Le fort turc est constitué de plusieurs types des mortiers, dont leur couleurs varient de blanc, gris claire, gris foncé et le plus dominant dans la façade de mur est celui de couleur rouge qui est constitué à base d'argile rouge.

DIAGNOSTIC SUR LA DEGRADATION DES FAÇADES DES MURS

Détermination des caractéristiques physico-chimiques et physico - mécaniques des matériaux composant le mur. Les résultats d'analyse montrent que les problèmes de dégradation sont liés à des facteurs internes (composition chimique, minéralogique, caractéristique physico chimique, etc.) et des facteurs externes (humidité, vent, pluie, rayonnement solaire, etc.).

Pour remédier à cette dégradation, on a proposé une composition de mélanges de matières applicable sur les façades des murs de ce moment.

Mots clés: dégradation- Diagnostic - Composition chimique et minéralogique -Caractéristiques physico- chimique - Restauration.

I- INTRODUCTION :

Les matériaux de construction ont, sans exception, une durée de vie limitée à cause de leur altération et dégradation sous l'effet de temps et les intempéries qui les rendent sans consistance et sans résistance. Plusieurs sites de monuments dans les différents régions d'Algérie subissent chaque jours de dégradations de notre environnement alors que les actions pour sauvegarder ce patrimoine restent au dessus des espérances et nécessites fondamentale. L'exigence de leur sauvegarde est indispensable plus que jamais. L'étude de ces problèmes fait appel à des techniques particulières de diagnostic des structures et des aspects peu connu des caractéristiques physico - chimiques des matériaux composant les murs des monuments et leurs dégradation.

Le fort Turc est un monument qui présente une valeur architecturale et historique d'une importance considérable, sa forme octogonale fait de lui un monument unique au Maghreb. La restauration des façades de ses murs qui sont en danger de dégradation fait l'objet principal de cette étude afin de mieux le sauvegarder et de proposer des solutions appropriée, nous avons traités les points suivants :

Caractéristiques des matériaux composant le mur.

Diagnostic de dégradation des matériaux mise en évidence de l'influence de ces caractéristiques sur les matériaux composants les façades des murs proposition d'un liant ou pâtes à base des matières premières locales pour la restauration des façades.

CONTRIBUTIONS A L'ETUDE DES MATERIAUX COMPOSANT LES MURS DES MONUMENTS ARCHEOLOGIQUES : cas du fort de Bordj el Behri

*HAMIANE Messaoud**

الملخص :

أسباب التلف وتحول مواد البناء الأثرية وانحدار المعالم التاريخية متعددة ومتبادلة التأثير . وإضافة إلى طبيعة هذه المواد يدخل تأثير الحرارة ، الرطوبة ، الرياح ، الإشعاع الشمس ، طبيعة الهواء وتلوثه ، البيئة ... الخ . فاندثار المعالم التاريخية يزداد يوما بعد يوم ، والإجراءات المتخذة للحد من ظاهرة التلف ضئيلة جدا إذا ما قورنت بالمتطلبات الأساسية للحماية . فالعمل الذي سنقوم بتقديمه يدخل في هذا الإطار ، وهي تعتبر دراسة نموذجية للمواد المستعملة في برج تامنفوست حتى يتمكن من ترميمه وصيانته بطرق ملائمة . ولإنجاز هذه الدراسة اعتمدنا على طرق تقنية علمية حديثة .

Résumé:

Les causes d'altération et de dégradation des pierres et matériaux utilisés dans la construction des sites et monuments archéologiques sont nombreuses et s'influencent mutuellement. Outre la nature des matériaux composant le mur, intervient la température, l'humidité, la pluie, le rayonnement solaire, etc. . . Pour mieux comprendre les phénomènes d'altération et de dégradation et à fin de mieux restaurer et conserver les façades des murs du site archéologique « Fort Tuc » de Bordj el Bahri on a fait intervenir des méthodes techniques et scientifiques modernes. Dans cette perspective, on a réalisé le travail suivant :

*- Département Genie des matériaux Faculté des Sciences de l' Ingénieur
Université de Boumerdes.