

L'IDENTIFICATION DES CAUSES DE DEGRADATION DES ŒUVRES RUPESTRES

**Bouanaka Mohammed Salah
Univ Eak des Sciences Islamiques**

INTRODUCTION

Les précurseurs de la préhistoire saharienne et africaine, les explorateurs individuels ou groupés en mission, les scientifiques qui ont parcouru le Sahara, et plus particulièrement le Tassili n'Ajjer, se sont surtout préoccupés de trouver des éléments de datations relatives ou absolues permettant de mettre sur pied des chronologies cohérentes pour la reconstitution des temps préhistoriques au Sahara, et de trouver des corrélations d'une région à une autre; d'autres ont recherché les témoins prestigieux et admirables de ces époques reculées dans le but louable de les faire connaître au plus grand nombre. Il semble que peu de spécialistes se soient préoccupés du

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
devenir et de la conservation éventuelle des gravures et des peintures
rupestres sahariennes.

A l'époque des Européens découvreurs du Sahara, c'était la période des décapages et des relevés hâtifs; mais plus tard, vers les années 50, les recherches de préhistoire africaine ayant atteint un bon rythme de croisière, on ne relève guère plus le souci de préservation des sites ou des parois gravées ou peintes, dans les écrits des préhistoriens. Dans les travaux de l'Abbé Breuil; ce grand préhistorien, on trouve des conceptions qui semblent ignorer les causes, la dynamique et les effets des processus météoriques et physico-chimiques des dégradations des parois peintes. Il est vrai qu'à cette époque, les études de géomorphologie élémentaire et de géo microbiologie étaient rares et très dispersées, et qu'en préhistoire on se préoccupait bien davantage de la découverte et de l'interprétation des archives du passé que de leur préservation contre les déprédations naturelles ou humaines.

Il est enfin étonnant que l'Abbé Breuil conclue aussi légèrement en disant qu'«il n'y a pas lieu de s'en occuper davantage». L'idée que la nature a conservé pendant des millénaires des œuvres pariétales préhistoriques et que par conséquent cela peut encore se poursuivre longtemps est tout à fait erronée. En effet, les sciences qui étudient «les maladies des pierres» permettent d'affirmer que la nature est un mauvais «conservateur».

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah

L'oued Djerat, qui renferme l'essentielle des gravures rupestres et des peintures du Tassili n'Ajjer, a connu un assèchement progressif qui a freiné l'érosion hydrique¹ et ralenti l'activité biologique d'où la l'exceptionnelle conservation des parois rocheuses et par conséquent les gravures rupestres. Les amplitudes thermiques et la variation d'humidité n'ont pas atteint des seuils qui leur permettent d'affecter les peintures. De ce fait, l'oued Djerat est resté un véritable musée à ciel ouvert. Aussi, la morphogénèse actuelle ne constitue pas une menace pour les gravures et peintures. Par contre, l'action anthropique devient de plus en plus dangereuse. En effet, avec un nombre croissant de visiteurs la pollution devient presque inévitable.

F. Soleilhavoup est l'unique auteur qui a traité les problèmes de la conservation des œuvres rupestres sahariennes sous la direction du Professeur A. Cailleux. Ce dernier est l'un des meilleurs géomorphologues travaillant sur l'érosion éolienne² durant la période quaternaire.

¹- Erosion hydrique: L'érosion hydrique est composée d'un ensemble de processus complexes et interdépendants qui provoquent le détachement et le transport des particules de sol.

²- Erosion éolienne: Mouvement du sol ou du roc causé par l'action du vent. L'Érosion éolienne est active surtout quand la végétation est absente et quand les états de surface de la couverture pédologique sont secs et peu structurés.

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah

CONDITIONS NATURELLES ET ETAT DE ONSERVATION DES ŒUVRES RUPESTRES

Les hommes préhistoriques, chasseurs et pasteurs du néolithique au Sahara ont bénéficié de conditions de vie beaucoup plus favorables que les conditions actuelles du milieu. Il est évident qu'ils ont choisis leurs lieux d'habitation, abris sous roche ou campements en plein air en fonction du climat qu'ils connaissaient alors et des commodités pratiques de la vie quotidienne, non loin d'un lac ou de la prairie dans laquelle ils menaient leurs troupeaux, ou bien dans des lieux où les attaques des grands prédateurs animaux pouvaient être prévenues et efficacement combattues, D'autres fois encore, les hommes préhistoriques devaient isoler des endroits, chaos de blocs, forêts de pierre, rochers isolés points hauts des reliefs, pour en faire des sanctuaires ou des lieux d'initiation rituelle.

Il est difficile de se faire une idée des motivations qui poussaient l'artiste néolithique saharien dans le choix de la paroi sur laquelle il réalisait ses œuvres: surface homogène, facile à mettre en couleurs, naturellement protégée contre la lumière, la chaleur du soleil et isolée des intempéries (pluies orageuses, écoulements torrentiels,...). D'autres raisons pratiques ou religieuses ont pu intervenir, mais des observations au Tassili n'Ajjer et essentiellement dans les canyons de l'oued Djerat, n'ont pas permis d'expliquer la

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
localisation des abris a peintures, trop de faits contradictoires ayant
été notés.

Ce que l'on peut affirmer, au contraire, c'est que le climat de la
période néolithique était très différent de l'actuel. Il s'ensuit que l'état
physico-chimique des roches sur lesquelles ont été gravées ou peintes
les œuvres que l'on a retrouvées quelque 5000 ans plus tard était bien
différent de d'état actuel des roches: l'ensemble des conditions
thermiques, hydriques et éoliennes qui régnaient dans l'air, dans les
sols et sur les parois rocheuses pendant la « phase humide » du
néolithique, étaient fondamentalement différentes des conditions
actuelles.

Pour les peintures rupestres, les changements climatiques qui
ont provoqué l'assèchement progressif du Sahara depuis la fin du
néolithique ont été favorables à la conservation. Un milieu sec reste,
de toute façon, préférable à un milieu humide pour la longévité des
œuvres pariétales. Néanmoins, la grande aridité actuelle du Sahara ne
signifie pas absence totale d'eau: la pluviosité est faible mais réelle.

QUELQUES TYPES CARACTERISTIQUES D'ALTERATIONS NATURELLES DES PAROIS RUPESTRES

Les observations effectuées par Soleilhavoup de 1974 à 1976
au Tassili Ajjer permettent de distinguer plusieurs types d'altérations
sur les parois gréseuses:

LES DESAGREGATIONS GRANULAIRES

On peut définir ce processus géomorphologique élémentaire comme étant la séparation surtout mécanique des minéraux d'une roche, en particulier quand celle-ci est faite de minéraux différents comme c'est le cas des grès. La désagrégation¹ est une micro fragmentation qui libère surtout des débris de petite taille.

Malgré la grande variété des faciès pétrographiques² des grès cambro-ordoviciens³ du Tassili n'Ajjer, l'examen de nombreuses lames minces montre que les grès à grains de quartz et à ciment siliceux ou silico-ferrugineux sont de loin les plus fréquents. Par ailleurs, selon les sites rupestres, le ciment peut être silico-calcaire, argileux ou essentiellement ferrugineux.

Les caractères minéralogiques des grès détritiques fluviatiles cambro-ordoviciens de la formation des Ajjer montrent un cortège de minéraux très pauvres dans l'ensemble, peu varié latéralement et verticalement. Le quartz forme la majeure partie du sédiment, de 75 à 90 % en moyenne. Les 10 à 25 % restants se répartissent entre

¹- Les désagrégations granulaires: des dilatations et des contractions qui affectent plus ou moins les minéraux et favorisent les désagrégations granulaires.

²- Pétrographie: science ayant pour objet la description des roches et l'analyse de leurs caractères structuraux, minéralogiques et chimiques..

³- Cambro-ordoviciens: relatif à une période du paléozoïque

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
l'argile cristallisée (kaolinite¹, illite² ou hydro micas), les feldspaths³
et les minéraux lourds résistants (zircon, tourmaline, rutile). Le
ciment est soit siliceux par nourrissage, soit argileux; parfois les
pores peuvent contenir des traces de sidérite.

La granulométrie des quartzs dans les grés des Ajjer est
variable, mais le matériel constitutif est toujours très mûr et lié à un
transport fluviatile sur des distances considérables (S. Beuf, B.
Biju-Duval et al. 1974).

La désagrégation granulaire des grès sur les parois rupestres
provoque des dommages irréparables des peintures et des gravures.
L'affaiblissement progressif de la cohésion des grains par disparition
du ciment qui les relie entraîne l'émiettement de la roche. On
constate ce phénomène en passant le bout des doigts sur la surface
d'un grès tendre: les grains se détachent très facilement. J. Tricart
(1969) mentionne que pour certaines gravures sahariennes vieilles de

¹- Kaolinite: La kaolinite se forme dans les sols bien drainés, par pH acide, surtout en climat subtropical et tropical.

²- Les Illites: L'illite est le nom d'un groupe de minéraux argileux non gonflants.

³- Feldspaths: Un feldspath est un minéral à base de silicate double d'aluminium, de potassium, de sodium ou de calcium. Les feldspaths sont de la famille des tectosilicates. Il existe de nombreux feldspaths, dont les principaux sont l'orthoclase (potassique), l'albite (sodique) et l'anorthite (calcique).

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
5000 à 6000 ans, l'ablation¹ n'a pas dépassé 0,2 mm depuis l'origine, ce qui signifierait une ablation moyenne de 0,04 mm par millénaire d'où l'excellente conservation des gravures rupestres.

Au Tassili n'Ajjer les exemples de désagrégation des surfaces peintes ne manquent pas, mais il n'est pas toujours facile de faire la part des actions purement mécaniques et du rôle des variations hydriques.

LES DESQUAMATIONS

Lorsque l'air est très sec comme c'est le cas au Tassili, les effets de la gélifraction² sont réduits mais les variations thermiques sans congélation de l'eau peuvent provoquer des altérations parfois très importantes.

On sait que les changements de température à sec ont une certaine action sur les roches (J. Tricart, 1969). Ils provoquent des alternances de dilatation et de contraction qui fatiguent les roches: L'influence de l'amplitude thermique quotidienne varie d'une roche à l'autre. Le coefficient de dilatation volumétrique du grès est de 5 à 20 selon R. Brinkmann (1956). La dilatation superficielle de la roche sous l'action de l'échauffement diurne provoque des efforts

¹- L'ablation: Terme désignant l'ensemble des phénomènes physico-chimiques subis par un matériau exposé à des sollicitations aérothermiques sévères comme l'éjection

²- La gélifraction fragmentation des pierres, des roches causées par les effets du gel et du dégel en alternance

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
mécaniques en profondeur (moins de 10 cm pour les roches
mauvaises conductrices). Un abaissement de température venant de
l'extérieur provoque une compression dans la masse de la roche, et
une traction à sa surface La roche se rompt donc par cisaillement
suivant les plans de distorsion maxima, lesquels font avec la
direction de l'effort un angle de 45° . Il y a deux formes possibles de
rupture: la première est due à la compression et tend à débiter la
roche en polyèdres, et la seconde est due à la traction superficielle
provoque des desquamations, copeau: de roche dont la longueur et la
largeur atteignent quelques centimètre et l'épaisseur quelques
millimètres.

Inversement, si la température s'élève à la surface de la roche
il y aura traction dans la masse et compression en surface. D'une
manière générale, la résistance des roches est plus grande en
compression qu'en traction; c'est donc sous l'influence de la traction
que la roche se rompra de préférence. Ceci étant, les desquamations
se forment mieux lors d'un abaissement de température. Par ailleurs,
étant donné que les roches sont toutes plus ou moins conductrices de
la chaleur, la rupture sera d'autant plus aisée que les échanges
thermiques entre la roche et le milieu ambiant sont rapides. Mais
cette vitesse est en fait limitée. Cette explication inspirée de H.
Bertouille (1972) permet d'envisager le rôle important des

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
variations de la température atmosphérique, sans intervention de
l'eau, ce que l'on pourrait dénommer la « thermoclastie sèche ».

Au Tassili n'Ajjer les parois où la micro et macro desquamation
existent, sont très fréquentes. Tout le problème est de savoir si ces
desquamations se produisent actuellement, et dans quelles
proportions. Un fait semble rassurant: j'ai souvent constaté que les
peintures étaient situées sur des endroits « sains » des parois. Mais
des observations de préhistoriens indiquent que parfois des peintures
rupestres se trouvent sur des écailles rocheuses sur le point de se
détacher de la paroi (L. Balout et G. Esperandieu, 1954). Un relevé
systématique des conditions de températures et d'humidité régnant
sur les parois, dans l'air et au sol de quelques abris du Tassili devrait
donner des indications valables sur l'actualité des processus
entraînant la desquamation des parois.

Des observations montrent que la desquamation sur les parois
des rochers tassiliens peut être soit antérieure, soit contemporaine,
soit postérieure aux peintures rupestres. Il devient alors difficile
d'apprécier l'importance de cette forme d'altération sans le recours à
une étude quantitative.

LES ACTIONS MICRO-BIOLOGIQUES (CALCINS, CLOQUES, CROUTES)

L'altération des roches en place a pour cause un ensemble de
processus mécaniques et physico-chimiques qui transforment une

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
partie ou la totalité des constituants minéraux et qui sont en générale
suivis d'une exportation de particules de roches ou de solutions.

L'altération mécanique et physicochimique dépend essentiellement du climat et du microclimat. Carrol (1970) décrit l'altération des roches comme un processus chimique dirigé par des influences inorganiques et organiques à température modérée en présence d'eau.

W.E. Krumbein (1972) fait une excellente synthèse des travaux récents qui mettent l'accent sur le rôle fondamental des microorganismes dans l'altération des roches et des surfaces rocheuses, mais en même temps il souligne que la distinction entre les actions purement physico-chimiques et les influences microbiologiques est souvent difficile à établir, les produits de l'altération microbienne étant très souvent les mêmes que ceux de la corrosion physico-chimique.

L'attaque chimique conduit à la mise en solution partielle ou totale des minéraux ou du ciment des roches. La circulation des eaux, la stabilité des minéraux, la porosité des roches, le pH, le potentiel d'oxydoréductions¹ et l'agent de transport jouent un rôle important.

¹- Oxydoréductions: Une réaction d'oxydoréduction est une réaction chimique au cours de laquelle se produit un transfert d'électrons. L'espèce chimique qui capte les électrons est appelée « oxydant » ; celle qui les cède, « réducteur ».

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah

Le rôle des microorganismes chimiolithotrophes¹ est également important. Les acides produits par ces microorganismes peuvent provoquer l'altération des roches.

Une brève revue des conditions et des modalités d'action des micro-organismes sur les roches (Krumbein, 1972) permet de considérer que le métabolisme des bactéries chimiolithotrophes et hétérotrophes², des algues, des champignons et des lichens exerce une grande influence sur l'altération des roches. Par l'attaque microbienne, certains éléments sont extraits des minéraux. En les détruisant partiellement ou totalement, ce qui entraîne un affaiblissement de la texture de la roche et accélère la vitesse d'érosion.

Une première constatation s'impose: les parois rupestres du Tassili n'Ajjer supportent une riche flore de microorganismes (bactéries et champignons). Ceci est confirmé par des études antérieures en milieu aride (Krumbein, 1969). Là encore il reste à déterminer le rôle spécifique de cette microflore sur la biodégradation éventuelle des peintures néolithiques.

¹- Chimiolithotrophes: Sont des bactéries, qui utilisent soit des molécules organiques, soit des composés minéraux comme source d'énergie, et des composés minéraux oxydants (NO₃, O₂...) comme donneurs d'électrons.

²- Hétérotrophes: Sont des êtres vivants ayant besoin d'aliments organiques pour assurer leurs fonctions métaboliques.

LES RUISSELLEMENTS SUR LES PAROIS

Lorsque les parois sont hautes et mal protégées par un rebord supérieur en surplomb, on observe pendant les averses d'intensité élevée des «coulées» de ruissellements larges de quelques centimètres à quelques mètres, de couleur rougeâtre, brunâtre ou noirâtre, toujours disposées verticalement (ou légèrement en oblique) et souvent évasées vers le bas, affectant une allure triangulaire allongée.

Le fait que sur des parois on remarque des coulées apparemment anciennes, bien qu'actives actuellement, très foncées, alors que le reste de la surface est indemne, semble attester que les eaux de pluie ont des parcours «obligés» dus à la topographie du site et du rocher qui oriente le rassemblement et l'écoulement des eaux. Ceci peut indiquer aussi une transformation morphologique du rocher, par exemple Par érosion de son sommet, dans le cas où de telles tramées de ruissellement passent au beau milieu d'une paroi gravée ou peinte: il ne paraît pas logique que les artistes préhistoriques aient décoré la roche là où précisément elle était souillée et dégradée. On est donc conduit à penser que cette forme d'altération des parois est actuelle.

Dans les abris tassiliens à grande ouverture et à parois assez hautes, l'aspect des coulées est souvent étroit, avec un élargissement vers le bas de la paroi: il est aisé de comprendre alors que celles-ci

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah

sont directement liées au diaclasage de la roche qui répartit les ruissellements lors des averses orageuses, en autant de filets qui viennent suinter et s'étaler sur les parois, Là encore le problème de l'ancienneté du phénomène se pose, car bon nombre de panneaux portant de belles peintures sont traversés par ces écoulement pelliculaires; la pluviosité régnant au Tassili pendant l'«humide néolithique» étant plus forte qu'actuellement, et l'artiste n'ayant pas délibérément sacrifié ses œuvres, est on en droit d'admettre que depuis 5000 ou 6000 ans, les diaclases parcourant les masses gréseuses ont pu «jouer» et provoquer une réorganisation dans la répartition des eaux de ruissellement superficiels au sein des roches. L'élargissement de diaclases préexistantes ou la création de nouvelles pourraient ils expliquer l'apparition des traînées qui s'attaquent à certaines peintures ? H. Lhote, au cours des nombreux mois passés sur le Plateau du Tassili a assisté à la chute de piliers de grès ou d'énormes blocs, précisément lors des orages où la masse d'eau pénétrant dans les grès peut provoquer un déséquilibre dans certaines roches érodées à la base.

Quoi qu'il soit, les eaux de ruissellement pluvial ont provoqué et provoquent de nos jours des dégradations de grande ampleur sur certaines parois.

LES LICHENS

Un lichen est l'association symbolique d'une algue et d'un champignon. L'algue porte le pigment assimilateur et nourrit le lichen; le champignon assure la protection, la fixation et l'humidité. Ce qui est manifeste, c'est que l'algue peut vivre seule et le fait; le champignon appartient presque toujours à une espèce qu'on ne rencontre jamais à l'état isolé: il est devenu tributaire de l'algue.

Biologiquement les lichens ont un intérêt capital: ce sont eux qui, avec des procaryotes (bactéries, cyanophycées), s'installent en des lieux où aucune vie ne s'est jamais fixée; ce sont les premiers à coloniser des roches nues, et leur activité contribue à transformer chimiquement les surfaces sur lesquelles ils se développent.

On peut classer les lichens grâce à l'aspect et à la forme de leur thalle (appareil végétatif). Ceux qui nous intéressent dans l'étude de l'altération des parois rocheuses sont les lichens à thalle crustacé qui sont étroitement appliqués au support et font corps avec lui. Le thalle est soit entièrement inclus dans le substrat, soit fixé seulement par sa partie basale formant alors une croûte plus ou moins saillante (lichen épi lithique).

Très souvent sur les parois gréseuses de l'Atlas saharien, plus rarement sur les rochers tassiliens, on voit des groupements de lichens saxicoles à thalles crustacés. Selon le pH de la roche on peut déterminer des espèces acidophiles ou basophiles. Selon la

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
composition chimique de la roche (minéraux, nature du ciment), on
peut trouver des espèces calcicoles, calcifuges ou humicoles¹. D'une
Façon générale, les espèces calcicoles sont basophiles, les calcifuges²
sont acidophiles.

Les climats, les microclimats et les variations de leurs facteurs
entraînent également la présence ou l'absence de certaines espèces de
lichens. Sur les parois sahariennes, on trouve des lichens typiques
des milieux peu humides et secs, ce sont les espèces mésophiles et
hypo hygrophiles³. De même, la lumière, la température, le vent et
des facteurs bioclimatiques influencent la répartition des
peuplements de lichens.

C'est dans la nutrition des lichens rupicoles à thalles crustacés
qui colonisent les parois des rochers au Sahara qu'on peut tirer des
arguments en faveur de leur rôle dégradant. Les sels minéraux sont
très abondants dans la roche et l'eau de pluie qui pénètre à l'intérieur
contenant initialement certains éléments tels que le magnésium ou le
potassium, se charge de nitrates et de phosphates (excréments ou
restes d'animaux). Des microanalyses sur des fragments de thalle ont
montré que les lichens absorbent rapidement des sels minéraux (les
algues sont surtout avides de nitrates, les champignons de

¹- Humicole: un organisme qui se développe sur l'humus.

²- Calcifuge: des plantes qui évitent les terrains calcaires ou à tendance
alcaline.

³- Hygrophile: Se dit d'un organisme qui préfère les lieux humides.

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah phosphates). La nutrition minérale des lichens est liée à l'activité biologique des symbiotes lichéneuses. L'attaque mécanique de la roche entraîne une libération partielle des produits minéraux et facilite leur utilisation métabolique.

Le fait que les roches carbonatées soient beaucoup plus facilement attaquables explique que la plupart des lichens à thalle endolithique se rencontrent sur ces roches. Mais il peut en exister aussi sur les roches siliceuses et surtout silicatées ». Ces lichens peuvent ainsi coloniser des parois rocheuses ou des surfaces de cailloux. La profondeur des perforations varie entre 0,2 et 4 mm, et elle peut même atteindre parfois 10 mm (J.L. Brochier, 1976).

Dans les abris sous roche à petite ouverture de type taffoni, dans les alvéoles des couloirs des «villes» tassiliennes, les lichens sont rares.

Par contre leurs peuplements sont denses sur les larges parois gravées ou non du Sahara septentrional. Durant les périodes humides du quaternaire, des concentrations importantes sur les traînées de ruissellement ou à leur voisinage, ont certainement permis la croissance des thalles entraînant les altérations qu'on observe sur les parois.

LES ENDUITS ET LES PATINES D'OXYDATIONS METALLIQUES

Les parois à gravures de l'Atlas saharien sont très souvent recouvertes de patine sur laquelle précisément les préhistoriques ont gravés leurs œuvres. G.B.M. Flamand (1921) définit une patine primitive, très ancienne, antérieure au néolithique, sur laquelle souvent les gravures ont été faites et une patine des gravures qui est un dépôt dans le trait gravé donc formé depuis le néolithique.

Certains auteurs ont utilisé la couleur et l'épaisseur de cette patine des gravures comme critère de datation relative: plus le trait gravé est patiné (foncé), plus il a de chances d'être ancien, plus il est clair, plus l'œuvre doit être récente. Cette méthode est dangereuse car on connaît encore très mal les vitesses de formation des patines et l'ensemble des conditions climatiques, physico-chimiques, écologiques qui permettent l'apparition et la croissance de ces accumulations.

La description d'une patine primitive typique est la suivante (J. Tricart, 1969): la partie superficielle est formée essentiellement d'oxydes de fer et de manganèse, toujours de teinte foncée, sur la surface externe des roches; elle est souvent constituée par un quartzite ferrugineux, sur support gréseux, le dépôt des oxydes de fer s'étant accompagné d'une recristallisation de la silice; ceci est fréquent au Tassili. Cette patine est toujours plus dure que la roche

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
sous-jacente, et généralement elle s'échauffe plus du fait de sa teinte foncée. En-dessous, on observe une zone de départ qui a fourni le matériel recristallisé dans la patine. Le lessivage du ciment calcaireux ou silicoferrugineux provoque une nette décimentation du grès: il est meuble, sableux et de couleur claire, jaunâtre ou blanchâtre. Mais cette décohésion du grès sous-jacent n'est pas la règle générale. Dans le cas où elle est plus ou moins prononcée, on peut observer des fissurations de la patine carapace supérieure - fissurations liées aux alternances de dilatation et de contraction de l'amplitude thermique journalière - et l'enlèvement par plaques de cette patine, permettant l'excavation de la roche décimentée, la mise à nu de la roche saine et la formation d'une nouvelle patine. On observe ainsi sur certaines parois deux plans patinés, l'un très foncé, épais de la «vieille» patine, l'autre très mince, plus clair, de la nouvelle patine.

Le processus permettant la formation des patines est essentiellement lié à des micro-migrations d'eau au sein des roches poreuses (grès) à la faveur des cycles humectation dessiccation lors des ruissellements. L'eau pénètre dans la roche et altère certains minéraux. Les produits dissous se concentrent ensuite à la surface supérieure, sous l'effet de l'évaporation et ils y forment une couche mince, riche en fer et en manganèse.

La desquamation des patines, très courante sur les surfaces rocheuses au Tassili est cependant très rare sur les panneaux ornés.

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
Cela laisse supposer que l'érosion des patines est très lente et qu'elle n'agit pratiquement pas actuellement.

AUTRES FORMES D'ALTERATIONS NATURELLES DES PAROIS

En visitant les sites à gravures rupestres et les abris à peintures du Tassili, on peut trouver des formes d'altération des parois mineures. Il s'agit du rayonnement solaire et de la corrasion éolienne. D'une façon générale les dégradations liées à ces causes ne se produisent que dans des cas particuliers de parois ou d'abris dont l'exposition au soleil ou au vent et la position géographique sont défavorables.

Dans beaucoup d'abris du Tassili on voit des nids de sable argileux aggloméré, fabriqués par des mouches maçonnes. Ces constructions sont solides et, même après leur destruction, leurs traces restent sur la paroi. Le plus souvent ces nids sont situés au plafond des abris et ils ne peuvent affecter les peintures que lorsque celles-ci ont été faites dans les parties hautes des abris. Il ne semble pas qu'on puisse considérer ces constructions d'Insectes comme capable de causer des dommages sérieux aux peintures tassiliennes.

Depuis la fin de la période néolithique, le peuplement du Plateau du Tassili a fortement diminué à cause de l'assèchement climatique et des conditions de vie devenues de plus en plus précaires. De nos jours quelques tribus de Touareg Ajjer occupent

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
cette vaste région; les hommes sont tributaires des quelques points
d'eau (gueltas) et des maigres pâturages, et ils sont concentrés dans
les zones d'épandages d'oueds (pré-tassilienne).

Il est frappant de constater que pour les Touaregs Ajjer, les
représentations peintes sur les parois des rochers faisant partie de
leur environnement n'ont jamais suscité outre mesure leur curiosité
au point de les inciter à nettoyer les parois pour mieux voir ces
peintures. Tout au plus les habitants du Plateau utilisent de temps à
autre des abris ornés comme lieu de campement ou pour parquer
leurs troupeaux, mais très rares sont les exemples où les parois
peintes ont souffert de cette présence des hommes et de leurs
animaux.

De tout temps, les Touareg ont pratiqué le respect des choses
de la nature. Jusqu'à ces derniers temps les Touareg ont vécu en
équilibre avec leur milieu, n'intervenant jamais d'une façon qui
puisse lui nuire. Cependant, depuis un certain temps, le nombre de
touristes sans cesse croissant , menace cet équilibre vital des Touareg
avec leur environnement.: le gaspillage de l'eau des gueltas , la
disparition du bois de certains endroits, le saccage volontaire ou non
d'une végétation rare et fragile, la fuite (ou la chasse) des animaux
sauvages devant cet afflux d'étrangers., tout cela provoque le
déséquilibre du mode de vie traditionnel des Touareg et appauvrit
considérablement des ressources qui sont déjà bien maigres.

BIBLIOGRAPHIE

- 1-ADOLPHE J.P., 1973. -Contribution à l'étude des encroûtements carbonatés de l'aqueduc du Pond du Gard. C.R. Acad. SCI. Paris, t. 277 (26 Novembre 1973), Série D, pp. 2329-2332.
- 2-ADOLPHE J.P. et BILLY C. 1974. - Biosynthèse de calcite par une association bactérienne aérobie. C.R. Acad. SCI. Paris, t. 278 (5 juin 1974), Série D, pp. 2873-2875.
- 3-ADOLPHE J.P., 1975. - Rôle des microorganismes dans le, concrétionnements calcaires continentaux. C.R. Coll. de Strasbourg, 9-11 janvier 1975, pp. 71-75.
- 4-BALOUT L. et ESPERANDIEU G., 1954. - La chèvre peinte d'Amguid. Libya; tome II, l'er semestre 1954, pp. 155-162.
- 5-BALOUT L., 1955. - Préhistoire de l'Afrique du Nord - Essai de Chronologie. Paris, Arts et Métiers graphiques; p, 29.
- 6-BERTOUILLE H., 1972. - Etude mathématique des phénomènes de Thermoclastie et de Cryoclastie. Bull. Centre de Géomorphologie C.N.R.S. - Caen, n° 12, 40 p, 22.
- 7-BEUF S., BIJU-DUVAL B., CHARPAL O. de, ROGNON P., GABRIEL O.; BENNACEF A., 1971. Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara. Sédimentation et discontinuités. Evolution structurale d'un craton. Publ. de l'Institut Fr. Paris. 1 vol., 464 p., 357.

L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah

BIBERSON P., 1961. - Le cadre paléogéographique de la Préhistoire du Maroc. Atlantique. Publ. du Serv. Des Antiq. du Maroc, 16, 235 p.

8-BILLY C. et CHALVIGNAC M.A., 1976. - Rôle des facteurs biologiques dans la calcification des grottes de Lascaux et de Font-de-Gaume. C.R. Acad. SCI. Paris, t. 283 (12 juillet 1976), Série D, pp. 207-209.

9-BRAHIMI C., 1972. - Initiation à la Préhistoire de l'Algérie. 95 p. S.N.E.D. - Alger.

10-BROCHIER J.L., 1976. - Les cailloux à perforations de Lichens, leur apport à l'étude sédimentologique d'un remplissage. Bull. Assoc. Fr. pour l'Etude Quat. (1), p. 53-54.

11-CAILLEUX A., 1953. - Taffonis et érosion alvéolaire. Cahiers géologiques de Thoiry, XVI-XVII, janv. mars 1953, in memoriam B. A. Popoff, cahier édité par M. M. Matchinski. Pp. 130-133

12-CAILLEUX A., 1974. - Mesure simple de l'Albédo en géographie. Annales de Géographie, t. 83, n° 459, sept: oct. 1974, Paris. pp. 569-585

13-CAMPS G., 1974. - Les civilisations préhistoriques de l'Afrique du Nord et du Sahara. 1 vol, Doin éd. Paris pp, 30.39.

14-CAPOT-REY R., 1965. - Remarques sur la désagrégation mécanique dans les grès du Tibesti méridional. Bull. Assoc. Géogr. Fr., n° 330-331, pp. 39-43.

- L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
- 15-DEMANGEOT J. (non daté). - Les milieux naturels désertiques (Cours de Géographie physique). C.D.U. - S: RES - Paris p. 300 .
- 16-DUBIEF J., 1959. - Le Climat du Sahara. Tome I; Mém. Instit. Rech. Sahariennes; p, 190.
- 17-DUBIEF J., 1963. - Le Climat du Sahara. Tome II (deux fasc.); Mém. H.S. Instit. Rech. Sahariennes, Alger.
- 18-FELICE P. de, 1967. - Etude des échanges de chaleur entre l'air et le sol sur deux sols de nature différente. Arch. Met. Geoph. Bio.; Sér. B, 16, Univers. De Paris, Fac. Sc. Météorol. Et Phys. Atmosphère, pp. 70-80.
- 19-FUSEY P., HYVERT G, 1964- Les altérations physico-chimiques et biologiques des grès des Monuments Khmers. C.R. hebd. Séance. Acad. SCI. Paris, t. 258, pp. 6565-6573.
- 20-HIGGS E.S, 1976. - Les origines de la domestication. La Recherche, n° 66, Avril 1976, pp. 308-315.
- 21-HUGOT H.J, 1974.- Le Sahara avant le désert. Vol11, p343. Nombreuses illustrations. Coll. «Archéologie». Ed. Des Hespérides, « Horizons neufs », Paris.
- 22-JATON J., 1971. - Contribution à l'étude de l'altération microbiologique des pierres de monuments en France. Thèse de doctorat, Paris.
- 23-KAUFMANN J., 1960.- Corrosion et protection des pierres calcaires des monuments. Carros. Anticorros, t. 8, pp. 87-95.

- L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
- 24-KRUMBEIN W.E. et POCHON J., 1964. - Ecologie bactérienne des pierres altérées des monuments. Annales Instit. Pasteur, Paris, t. 107, n° 5, Nov. 1964, pp. 724-732.
- 25-KRUMBEIN W.E., 1972. - Rôle des microorganismes dans la genèse, la diagenèse et la dégradation des roches en place. Rev. Ecol. Biol. Sol, tome IX, 3, pp. 283-319.
- 26-LAJOUX J.D. 1962. - Merveilles du Tassili n'Ajjer. 1 vol., Ed. Du Chêne, Paris.
- 27-LAJOUX J.D. 1977. - Tassili n'Ajjer - Art rupestre du Sahara préhistorique. 1 vol., 182. Sté Nlle des éditions du Chêne, Paris.
- 28-LEREDDE Cl., 1957.- Etude écologique et phytogéographique du Tassili n'Ajjer. Instit. Rech. Sahariennes. Univers. D'Alger. Mission Sc. au Tassili des Ajjer (1949). 1 vol., p, 455.
- 29-LHOTE H., 1973. - A la découverte des fresques du Tassili. 1 vol., 2è édition, Arthaud éd. Paris.p 262
- 30-LHOTE H., 1976.- Vers d'autres Tassilis - Nouvelles découvertes au Sahara. 1 vol, Arthaud éd. Paris. P259.
- 31-MAINGUET-MICHEL M., LAUTRIDOU I.P. PELLERIN J. 1971. - Action du gel sur les grès. Bull. Centre de Géomorphologie. du C.N.R.S. - Caen. N° 9, fév. 1971, pp. 9-24.
- 32-MAINGUET M. et CANON L., 1976. - Vents et Paléo vents du Sahara - Tentative d'approche paléo climatique. Revu. Géogr. phys. et Géol. Dynam, Vol. XVIII, fasc. 2-3, Paris, pp. 241-250.

- L'identification Des Causes ----- Bouanaka Mohammed Salah
- 33-MONOD Th., 1973. - Les déserts. 1 vol., Horizons de France, Paris.pp2-47.
- 34-POCHON J., TARDIEU P., LAJUDIE J., CHARPENTIER M., DELVERT J., TRIAU R., BREDILLET M., 1960. - Dégradation des temples d'Angkor et processus biologique. Annales Instit. Pasteur, Paris, t. 98, n° 3, Mars 1960, pp. 457-461.
- 35-ROGNON P., 1970. - Evolution morphologique des falaises du Tassili interne et bordure du Hoggar. Bull. Assoc. Géogr. Fr., n° 384 (séance du 5 décembre~ 1970), pp. 235-257.
- 36-SOLEILHAVOUP F., 1976. - Le Tassili n'Ajjer - Parc National Algérien. 1 fasc. L'ENS. Des Sc. Nat. en Algérie, n° 15, Institut. Pédagogue. Nat. Alger, p83.
- 37-THIRIET Colonel R., 1954.- Note sur une peinture de la grotte de Tamadjert Trav. instit. Rech. Sahariennes, Tome XII, Alger, pp. 145-146.
- 38-TRICART J., 1969. - Le modelé des régions sèches. Tome IV du Traité de Géo morphologie par J. Tricart et A. Cailleux. 1 vol. h.-t. SEDES-CDU, Paris .p 472
- 39-VAUFREY R., 1955.- Préhistoire de l'Afrique. Tome I: Maghreb. Paris, Massor et Cie éd. (Publ. de l'Institut. des Hautes Etudes de Tunis, vol. 4) p, 458.