

# **RECOMMANDATIONS ET DIRECTIVES INTERNATIONALES POUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA GESTION DES GROTTES TOURISTIQUES**

Développé par l'Association Internationale des Grottes Touristiques (ISCA)

l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN)

et l'Union Internationale de Spéléologie (UIS)

Le 3 novembre 2014

## **AVANT-PROPOS**

Les grottes sont connues pour avoir abrités les plus lointains ancêtres de l'humanité. Il est impossible de savoir de manière fiable quand ce phénomène a commencé. Il est en revanche plus aisé d'établir à quelle période le phénomène des grottes touristiques a démarré sans pour autant pouvoir donner une date précise.

En Europe la première transformation d'une grotte en grotte touristique est revendiquée par celle de Vilenica située à l'extrême ouest de la Slovénie dès 1633. Cependant il n'est pas impossible que d'autres régions du monde revendiquent une utilisation touristique des grottes à une époque plus antérieure encore.

Pendant des siècles, les grottes ont été exploitées de manière rudimentaire. Le changement le plus significatif est apparu avec l'introduction de l'éclairage électrique. Malgré l'apparition de cette merveille moderne, le développement des grottes touristiques n'a pas tellement évolué.

Tout cela a changé au cours des dernières décennies avec le développement de nouveaux matériaux qui ont permis de nombreuses nouvelles options. Certaines de ces options se sont révélées être d'une grande utilité pour les grottes touristiques tandis que d'autres se sont révélées totalement désastreuses.

Le projet d'établir des lignes directrices pouvant être utilisées comme politiques générales pour les grottes touristiques a vu le jour lors de discussions informelles entre les membres de l'Association

Internationale des Grottes Touristiques, en novembre 1990 au cours de la réunion inaugurale de l'association à Genga en Italie.

Ces discussions se sont poursuivies dans le temps et un premier brouillon a été rédigé pour la réunion de l'ISCA qui s'est tenue le 17 Septembre 2004, lors du 30e anniversaire de l'ouverture au public de la grotte Frasassi, en Italie. L'idée de créer des lignes directrices a reçu un soutien important de la part du département de la protection et de la gestion de l'Union Internationale de Spéléologie (UIS) au 14e Congrès International de Spéléologie à Kalamos (Grèce) en Août 2005.

Ces recommandations et directives internationales sont le résultat d'une large coopération entre l'Association Internationale des Grottes Touristiques (ISCA), de l'Union Internationale de Spéléologie (ISU) et de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN).

L'idée était de créer des recommandations internationales communément acceptées vers lesquelles les gestionnaires des grottes touristiques peuvent tendre en prenant en compte à la fois la protection de l'environnement et les contraintes socio-économiques.

Nous avons reçu de nombreuses recommandations et suggestions au cours de ces 25 dernières années. Ce document peut donc être considéré comme le résultat d'une coopération active entre les différents spécialistes impliqués dans cette affaire.

## TABLE DES MATIÈRES

1. Objet
2. Contingent et conditions limitatives
3. L'aménagement d'une grotte en une grotte touristique
4. La sécurité des visiteurs
5. Les travaux à l'extérieur de la grotte
6. L'accès à une grotte touristique
7. Le circuit de visite
8. La capacité d'accueil
9. L'éclairage
10. La lampenflora
11. Le radon
12. Les chauves-souris
13. Les matériaux dernier cri
14. Les matériaux peu usités dans les grottes touristiques
15. La surveillance
16. Les gestionnaires des grottes touristiques
17. Les guides des grottes touristiques
18. La sensibilisation du public

## **1. OBJET**

Le but de ces recommandations est de fournir des conseils sur les meilleures pratiques concernant le développement et la gestion des grottes touristiques où qu'elles se trouvent dans le monde. Le but de ces recommandations internationales n'est pas de créer des règles rigides ni de faire office de lois. Il s'agit de lignes directrices pour une approche professionnelle du développement et de la gestion des grottes.

Nous avons conscience que de nombreuses grottes touristiques existantes ne seront pas en mesure tout d'abord de respecter ces recommandations.

Elles visent à fournir des normes pouvant être atteintes dans la durée. Nous savons que les règles générales ne peuvent jamais être totalement applicables à toutes les situations. Il pourrait y avoir des paramètres inhabituels dans certaines grottes dans le monde où, pour des raisons acceptables, certaines de ces lignes directrices ne pourront pas être appliquées sans d'énormes difficultés.

Ces recommandations sont destinées à être actualisées afin de tenir compte des nouvelles informations et des nouveaux résultats. Pour cette raison, elles n'ont pas été intégrées dans la Constitution de l'Association Internationale des Grottes Touristiques.

## **2. CONTINGENT ET CONDITIONS LIMITATIVES**

Comme indiqué dans la section précédente ces directives internationales sont présentées comme des recommandations auxquelles les grottes touristiques peuvent aspirer. Il est fortement improbable que toutes les grottes touristiques actuellement en activité soient en mesure de satisfaire à toutes les dispositions contenues dans ces recommandations. Ces dernières sont données en tant qu'objectifs que les grottes touristiques peuvent tenter d'atteindre compte tenu de leurs circonstances et de leur capacité économique.

En aucun cas ces recommandations ne doivent être considérées comme des normes devant être appliquées afin de satisfaire une exigence légale d'une quelconque juridiction. De même en aucun cas une grotte touristique ne doit se conformer à ces recommandations.

Il existe de nombreux types de grottes dans le monde entier. Celles-ci comprennent les grottes de calcaire, les grottes de gypse, les grottes de glace, les grottes de lave et les grottes marines pour n'en citer que quelques-unes. La plupart de ces types de grottes ont des exigences différentes, et parfois uniques, par rapport à d'autres types de grotte. Ces recommandations ont été créées afin de conseiller et d'aider les gestionnaires et les propriétaires de grottes touristiques partout dans le monde sur les questions scientifiques et pratiques.

## **3. L'AMENAGEMENT D'UNE GROTTTE EN UNE GROTTTE TOURISTIQUE**

Le développement d'une grotte sauvage en une grotte touristique peut être un succès financier très positif, non seulement pour la grotte en elle-même, mais aussi pour ses environs. La recherche de ces avantages financiers anticipés peut parfois causer une pression excessive sur la grotte afin d'en

accélérer son développement. Cela peut également assurer la protection de l'environnement de la grotte lors de l'apparition de menaces comme le vandalisme.

Avant qu'une grotte sauvage ne soit transformée en une grotte touristique et afin d'évaluer tous les aspects de cette transformation, des études détaillées doivent être menées. Ces études ne doivent pas seulement se concentrer sur les aspects commerciaux de ce projet, et sur son impact sur les alentours, mais aussi sur la grotte elle-même. L'aspect du monde souterrain et de sa zone environnante extérieure est absolument essentiel à la réussite sur le long terme de l'entreprise.

Une étude attentive de l'adéquation de la grotte avec le projet d'aménagement doit être effectuée et être soigneusement évaluée, avant que les travaux ne commencent. Cette étude, ou ces études, devraient prendre en compte tous les facteurs qui peuvent influencer le développement de la grotte ou une partie de celui-ci, y compris, mais sans s'y limiter, l'accès, l'impact sur la faune, le flux d'air et la synergie dans la grotte.

L'aménagement d'une grotte en une grotte touristique ne doit avoir lieu que si les résultats des études sont positifs. De même, l'aménagement ne doit pas être entrepris si le plan économique est négatif. Une grotte sauvage transformée en une grotte touristique et ensuite abandonnée, va inévitablement se retrouver sans protection, et pourrait faire l'objet d'un usage abusif très rapidement si des mesures suffisantes ne sont pas entreprises pour lutter contre cela.

En outre, il peut être acceptable d'ouvrir les grottes à la visite, lorsque le plan économique n'est pas positif, mais la réussite économique est garantie par l'État ou même par un club local de bénévoles.

Une grotte touristique bien gérée permet habituellement de protéger la grotte ainsi que de fournir une source de revenus et d'éducation pour l'économie locale.

#### **4. LA SECURITE DU VISITEUR**

La sécurité du visiteur doit être un objectif fondamental de toute grotte touristique. Cela comprend la partie souterraine, la partie extérieure de la grotte ainsi que l'ensemble du site. Le trafic entrant et sortant du site doit se faire via des routes et aires de stationnement aux surfaces appropriées. Une bonne organisation est essentielle.

Il n'est pas toujours possible de se conformer sous-terre aux normes du code du bâtiment. La sécurité du visiteur doit être la considération principale lors de l'élaboration du circuit de visite dans la grotte. La hauteur de plafond est également importante. Lorsque cette hauteur est limitée il faudra le signaler afin d'éviter les accidents. Les mains courantes devraient être présentes quand nécessaire.

La sécurité des visiteurs passe aussi par un accès facilité pour les services d'urgence. Les véhicules d'urgence doivent être en mesure de se rapprocher autant que possible des entrées et / ou sorties de la grotte. Une liaison devrait être établie avec les services d'urgence locaux afin que tous soient conscients des contraintes et des difficultés rencontrées lors d'un sauvetage dans la grotte. Ce dernier requiert généralement un effort physique important et peut avoir de graves conséquences sur l'environnement de la grotte à moins que des procédures soient mises en place.

Il est conseillé de former le personnel de la grotte de manière appropriée aux premiers soins de secours.

## **5. LES TRAVAUX A L'EXTERIEUR DE LA GROTTTE**

Afin de relier la topographie du site au vide souterrain de la grotte il est nécessaire d'avoir un plan du site qui décrit les détails de la surface et le détail souterrain de la grotte. Cette information est aussi nécessaire à une grotte déjà aménagée qu'à une grotte en train de l'être.

Une fois que la relation entre les caractéristiques de la surface et celles souterraine est connue, les facteurs liés à l'eau peuvent être évalués. Dans de nombreux cas ce facteur peut seulement comprendre la percolation des eaux de surface à travers la roche au-dessus de la grotte. Cela devrait être soigneusement évalué afin de s'assurer que la percolation naturelle de l'eau à travers la roche au-dessus de la grotte n'est pas perturbée. En outre, le risque que l'eau de surface atteigne la grotte en cas d'inondation doit être examiné très soigneusement.

Il est important que les « zones en dur », tels que les bâtiments et les aires de stationnement, ne soient pas placées au-dessus de la grotte elle-même où a lieu l'infiltration naturelle des eaux de pluie de la surface de la grotte. Si cela interfère avec la percolation naturelle de l'eau, d'autres solutions devront être recherchées. Ces solutions peuvent être aussi simples que le changement de la surface étanche d'une aire de stationnement en une forme de revêtement qui permet le passage de l'eau de pluie. Si les bâtiments sont situés au-dessus de la grotte ils devraient être déplacés de préférence ou, si les finances ne permettent pas la réinstallation, être déplacés lorsqu'ils arrivent à la fin de leur durée de vie. Les eaux de ruissellement des toits et d'autres surfaces dures ne doivent pas s'accumuler et devraient être largement dispersées.

Il est également essentiel de s'assurer que tous les effluents générés sur le site soient traités de façon appropriée et ne puissent contaminer le monde souterrain.

Il y a une tendance naturelle à essayer de placer les bâtiments nécessaires pour le fonctionnement d'une grotte touristique le plus près possible de l'entrée. Il est particulièrement important que l'entrée ou la sortie d'une grotte ne se trouve pas à l'intérieur d'un bâtiment habité en raison du danger potentiel du gaz et de radon radioactif. Il devrait toujours y avoir un endroit ventilé entre une entrée et / ou une sortie de la grotte, et un bâtiment habité.

## **6. L'ACCES A UNE GROTTTE TOURISTIQUE**

Dans le cas de nombreuses grottes touristiques, il est nécessaire de proposer un accès différent à la grotte pour les visiteurs que l'entrée naturelle utilisée avant l'aménagement de la grotte. Cet accès artificiel peut se faire via un tunnel, ou une nouvelle entrée, creusé dans la grotte. La création d'une entrée artificielle pourrait affecter la circulation de l'air dans la grotte et ainsi perturber l'écosystème de cette dernière.

Pour éviter toute perturbation de la circulation de l'air dans la grotte un sas devrait être installé dans toute entrée d'une grotte artificielle. La décision de ne pas installer de sas ne devrait être prise qu'après avoir mené une étude spécifique. L'installation d'un double jeu de portes est considérée comme la meilleure méthode de système de verrouillage de l'air.

## **7. LE CIRCUIT DE VISITE**

Une surface de marche de qualité et sécurisée est essentielle dans une grotte aménagée. Le circuit de visite ne doit pas être excessivement large. Par exemple il n'est pas obligatoire mais souhaitable que deux personnes puissent marcher côte à côte. Un chemin de visite est suffisant, cependant, il est conseillé de créer des zones plus larges par endroit où un groupe peut se rassembler pour écouter le guide.

Les chemins dans une grotte aménagée peuvent être utilisés pour la mise en place de tuyaux, conduits et câbles, soit sous la surface de la voie, soit à côté. On préférera des utilitaires qui ne soient pas encastrés dans le béton. Les interrupteurs de commande du système d'éclairage doivent être facilement accessibles à partir du chemin.

La voie devrait être composée de trois éléments fondamentaux : une surface de marche, des bordures sur les côtés et une main courante. Les matériaux utilisés dans l'installation des voies de circulation devront avoir le moins d'impact possible sur l'esthétique et l'environnement souterrain de la grotte.

### Les surfaces de marche

Traditionnellement le matériau privilégié pour la surface de marche est le béton, particulièrement dans les grottes calcaires. Le béton est la substance la plus proche de la roche qui forme la grotte. Une fois le béton coulé, il est extrêmement coûteux et difficile de le transformer ou de l'enlever.

Au cours des dernières années, l'utilisation de l'acier inoxydable est devenue de plus en plus populaire. L'acier inoxydable possède l'inconvénient d'être coûteux et de nécessiter des techniques spéciales pour l'assembler et l'installer. Il a pour avantages de durer longtemps, de ne nécessiter pratiquement aucun entretien, d'avoir un impact réduit sur le sol de la grotte et d'être relativement facile à enlever. Cependant les revêtements de toute sorte permettent le passage de la saleté, de la boue et de petits objets qui tombent sur le sol de la grotte. A moins que la conception tienne compte de ce souci cela peut être très difficile de les enlever.

De nouvelles matières plastiques possèdent un grand potentiel pour une utilisation dans la construction de chemins de visite. Nous parlerons de ces matériaux dans la section adéquate.

### Les bordures

L'utilisation de bordures s'est répandue avec l'utilisation des surfaces en béton. Les bordures ont plusieurs objectifs distincts. Le premier consiste à contenir les pieds des visiteurs afin de protéger l'environnement de la grotte au-delà du circuit de visite. Les faces extérieures des bordures sont un

endroit privilégié pour les tuyaux, câbles et autres conduits. Les bordures peuvent également aider à protéger les visiteurs des poussières et autres résidus.

Les bordures peuvent être facilement construites à l'aide de plusieurs rangées de briques que l'on plâtre ensuite. Quand le chemin est en acier inoxydable, dans une matière plastique ou en fibre de verre, des plaques de protection peuvent être ajoutées afin d'éviter tout dérapement.

### Les mains courantes

Au cours de ces dernières années l'acier inoxydable a été privilégié pour la construction de rampes dans les grottes aménagées. Ce matériau a l'avantage d'exiger très peu de maintenance. Il peut être assemblé et soudé directement dans la grotte. Il peut également être utilisé comme tuyauterie pour transporter de l'eau dans la grotte. Les inconvénients de ce matériau sont son coût et son manque d'esthétique de par sa luminosité. L'utilisation d'une corde de fils d'acier inoxydable peut réduire l'impact visuel du métal par rapport à des rails ou des montants solide en acier. De même il est conseillé de choisir des courbes plutôt que des angles aigus.

Des progrès ont été réalisés récemment dans le domaine des mains courantes en fibre de verre (polyester isophthalique). Nous parlerons de ces matériaux dans la section intitulée « Les matériaux New Age ».

## **8. LA CAPACITE D'ACCUEIL**

On entend par capacité d'accueil le nombre de visiteurs d'une grotte sur une période de temps donnée n'ayant pas d'influence particulière sur l'environnement souterrain. La chaleur dégagée par les visiteurs et l'éclairage peut être un facteur important pouvant causer une éventuelle perturbation de l'équilibre énergétique d'une grotte. Il en est de la responsabilité de la direction d'établir la capacité d'accueil maximale à partir de laquelle l'environnement naturel de la grotte peut être affecté.

## **9. L'ECLAIRAGE**

L'utilisation d'un éclairage à LED alimentée par une alimentation électrique à basse tension présente de nombreux avantages par rapport à l'éclairage à incandescence qui émet de la lumière après avoir été chauffé. Il est important de choisir un système d'éclairage qui libère une source de chaleur la plus faible possible.

Le réseau d'éclairage électrique devrait être divisé en différentes zones afin de permettre uniquement l'éclairage du circuit de visite, dans le but de réduire le réchauffement de l'environnement souterrain, d'empêcher la croissance de lampenflora et de réduire la consommation d'énergie ainsi que son coût.

Le système électrique doit être installé dans des circuits bien protégés. En cas de défaillance de l'alimentation principale il est important de posséder un système d'éclairage de secours. Ce dernier

doit toujours être disponible que cela soit une alimentation complète non –interruptible ou un système d'éclairage d'urgence avec une alimentation indépendante.

**Les codes locaux peuvent être applicables et ceux-ci peuvent permettre lampes à piles ou des dispositifs similaires.**

L'introduction d'une source de lumière artificielle dans la grotte a souvent pour conséquence l'apparition de la lampenflora ainsi que d'autres types d'algues et de plantes. Afin d'éviter la croissance de ce type de plantes il est conseillé d'utiliser des lampes ne libérant pas de lumière pouvant être absorbée par la chlorophylle.

Afin de prévenir la prolifération de la lampenflora il est possible de diminuer l'intensité de l'éclairage sur les surfaces où l'on peut trouver les plantes. La distance à conserver entre la lampe et le sol dépend de l'intensité de cet éclairage (on donne une distance d'un mètre à titre indicatif). La lumière doit être soigneusement dirigée sur ce que l'on souhaite illuminer afin d'éviter d'éclairer les zones environnantes. Il est préférable d'éclairer des surfaces solides comme la roche ou le cristal plutôt que des surfaces délicates comme le sol ou le mondmilch qui sont presque impossibles à nettoyer. Les peintures rupestres doivent faire l'objet d'une attention particulière.

## **10. LAMPENFLORA**

La lampenflora est le fléau des grottes aménagées. Il s'agit d'un problème persistant. L'utilisation bien qu'attractive d'agents de nettoyage puissants comme la javel ne fonctionne pas bien sur le long terme parce que les organismes tels les algues se développent rapidement lorsque les conditions sont favorables.

La seule façon de corriger le problème des algues est de contrôler le développement de la lampenflora, plutôt que d'avoir recours à un traitement périodique avec des produits chimiques qui empêchera la croissance seulement sur une certaine période.

Différentes mesures existent afin de contrôler le développement de la lampenflora dans les grottes.

La première de ces actions est de veiller à ce que l'éclairage de la grotte soit sur des circuits séparés afin de pouvoir éteindre les lumières dans certaines parties lorsqu'il n'y a pas de visiteur. La seconde de ces actions consiste à s'assurer qu'il existe un minimum d'un mètre de distance entre la lumière et la paroi de la grotte. **La troisième de ces actions consiste à s'assurer que la sélection de longueur d'onde a minima dans les plages de 430 à 490 nanomètres et 640 à 690 nanomètres, et émettre des longueurs d'onde nonphotosynthetically actifs.**

En cas de prolifération de la lampenflora il devient nécessaire de la détruire avec des composés chimiques. Cependant il est fortement déconseillé d'utiliser des herbicides car ceux-ci sont trop toxiques pour l'environnement de la grotte. Les herbicides fréquemment utilisés dans l'agriculture doivent être évités de par leur dégradation lente et leur toxicité pour la faune souterraine.

L'hypochlorite de sodium (eau de Javel) et le peroxyde d'hydrogène peuvent être utilisés sous forme diluée.

L'eau de Javel doit toujours être utilisée sous forme diluée (10%).

Le peroxyde d'hydrogène est généralement considéré comme plus écologique mais les avis restent partagés quant à son efficacité. Dans tous les cas le personnel impliqué dans le traitement doit prendre ses précautions. Une concentration de 15% de la solution permet la destruction de la lampenflora.

## **11. LE RADON**

Nous recommandons que les propriétaires et gestionnaires de grottes aménagées se renseignent sur les normes en vigueur dans leur pays et qu'ils mettent en place une surveillance de la grotte par un spécialiste si besoin.

Si la limite légale de concentration en radon est dépassée les guides seraient considérés comme travailleurs exposés et la responsabilité des propriétaires et gestionnaires pourrait être engagée.

Dans de tels cas, il est recommandé de limiter le temps de travail à l'intérieur de la grotte afin de respecter le temps maximum d'exposition pour les guides.

## **12. LES CHAUVES-SOURIS**

Certaines grottes sont habitées par des colonies de chauves-souris. Si tel est le cas une attention particulière devra être portée afin qu'elles ne soient pas dérangées par les visiteurs notamment en période d'hibernation ou de nidification. Dans le cas d'une grotte aménagée comprenant un vaste réseau des précautions doivent être précises pour s'assurer que les parties du réseau utilisées par les chauves-souris pour hiberner et se reproduire ne soient pas accessibles aux visiteurs pendant les périodes concernées. Si des portes se trouvent dans les passages utilisés par les chauves-souris il est recommandé de prévoir des barres horizontales sur la partie supérieure des portes laissant un espace de 15 centimètres de haut et de 45 à 75 centimètres de large. Ces espaces permettront aux chauves-souris de circuler librement.

## **13. LES MATERIAUX DERNIER CRI**

Au cours des dernières années toute une série de nouveaux matériaux a été développée. Beaucoup d'entre eux semblent adéquats pour une utilisation dans les grottes aménagées. Alors que certains se sont révélés être d'une grande utilité pour les grottes d'autres se sont révélées totalement désastreuses.

Le bois composite, par exemple, n'a pas tenu toutes ses promesses. Aux problèmes rencontrés avec ce type de bois se rajoute sa diversité de composition. Les matériaux composites contenant des fibres de bois doivent être évités car celles-ci encouragent la prolifération des bactéries, algues et

moisissures. Nous conseillons de soigneusement vérifier les fiches techniques de chaque matériau composite afin de s'assurer qu'ils ne contiennent aucun dérivé du bois ou du papier.

Un matériau composite ne devrait être utilisé dans la grotte qu'après avoir fait l'objet de nombreux tests au sein de cette même grotte.

L'acier inoxydable s'est avéré être un excellent matériau. Cependant il en existe de qualités très diverses et variables. Le montage de l'acier inoxydable est la partie la plus coûteuse. Par conséquent il est conseillé de n'utiliser que de la très bonne qualité lorsque celui-ci est prévu pour être utilisé dans une grotte.

De grands progrès ont été réalisés ces dernières années dans l'éclairage des grottes. Les diodes électroluminescentes (DEL) et des lampes à cathode froide (CCL) se sont révélées être les plus populaires de ces nouveaux types d'éclairage.

Les deux LED et CCL offrent une performance bien supérieure aux lampes à incandescence. Elles ont également l'avantage de consommer peu d'électricité et de durer longtemps.

Une corde en plastique souple contenant des lumières à l'intérieur permet un éclairage d'urgence à faible coût très efficace. Cette corde lumineuse peut être facilement coupée selon la longueur souhaitée.

De nouveaux plastiques ont été développés au cours du siècle annonçant des choses prometteuses pour les grottes. Ces plastiques possèdent de nombreux avantages. Ils sont légers et possèdent des caractéristiques mécaniques proches de l'acier. De plus ils sont faciles à travailler avec des outils simples. Les parties en matière plastique sont assemblées avec des boulons en acier inoxydable ce qui permet des améliorations ultérieures.

Les circuits de visite peuvent être construits avec des éléments obtenus par pultrusion, une matière plastique créée par étirage de fibres de verre revêtues de résine à travers une filière chauffée. Ceux-ci sont souvent recouverts de gravier afin d'offrir une meilleure adhésion mais ils peuvent vite s'user en cas de forte fréquentation. Les mains courantes peuvent également être constituées de fibres de verre.

#### **14. LES MATERIAUX PEU USITES DANS LES GROTTES TOURISTIQUES**

Il est intéressant de noter que la plupart des matières énumérées dans cette section ont été considérées à un certain moment dans le passé comme pouvant être utilisées dans une grotte aménagée.

En conséquence il est fort possible de retrouver un ou plusieurs de ces matériaux dans des grottes aménagées alors qu'ils sont désormais déconseillés.

Ainsi nous recommandons aux grottes en cours d'aménagement d'éviter l'utilisation des matériaux mentionnés dans cette section.

### Les métaux galvanisés

Au cours des dernières décennies l'acier galvanisé a été très souvent utilisé pour la construction de rampes, d'escaliers et de plates-formes dans les grottes aménagées. Le zinc contenu dans l'acier galvanisé s'oxyde facilement et s'infiltré ainsi dans la grotte. Le lessivage des revêtements galvanisés peut avoir des effets néfastes notamment sur les faunes cavernicoles invertébrés et sur les dépôts de calcite. Ce phénomène est aggravé dans les environnements souterrains sensibles. Il est conseillé de remplacer l'acier galvanisé déjà présent dans une grotte par un autre matériau.

### Les métaux incompatibles

L'utilisation de métaux différents dans un environnement humide provoquera toujours un phénomène de corrosion s'ils sont mis en contact l'un avec l'autre. La corrosion se produit également lorsque différents alliages d'un même métal par exemple l'aluminium sont en contact les uns avec les autres.

La première et également la meilleure des solutions est de ne pas utiliser des métaux dits incompatibles en contact les uns avec les autres.

Une autre solution proposée est d'isoler les matériaux les uns des autres, en utilisant des dispositifs tels que le néoprène ou des rondelles en nylon mais cela ne peut que retarder l'inévitable notamment en cas de contact de la barrière avec de l'eau.

Nous recommandons de ne pas utiliser d'anodes sacrificielles car celles-ci produisent une sorte de composé chimique qui peut avoir des effets néfastes sur les grottes.

### Les métaux non ferreux

Beaucoup de métaux non ferreux ont été utilisés dans des grottes par le passé, les plus courants étant le cuivre et ses alliages connexes. Ces derniers ont été à l'origine de nombreuses taches vertes dans des grottes.

### Le fer et l'acier

Le fer et l'acier non traités sont sensibles à la rouille même les formes d'acier doux contenant un faible pourcentage de carbone. De même il est recommandé d'éviter l'utilisation de l'acier dur et du fer sous réserve de voir des tâches de rouille apparaître.

### Le bois

Pendant des siècles le bois a été un matériau privilégié dans le monde entier pour la construction et la fabrication d'objets comme les meubles. Au début du développement des grottes aménagées l'utilisation du bois est apparue comme une évidence. Malheureusement le bois a une durée de vie relativement courte avant qu'il ne commence à pourrir. Cela concerne le bois traité à la créosote et le bois traité sous pression.

L'environnement de la grotte est généralement isolé de l'extérieur ainsi l'introduction d'énergie provenant de l'extérieur va perturber son équilibre. Il existe des exceptions à ce phénomène lorsque la grotte est traversée par un cours d'eau ou lorsqu'elle possède une forte teneur en matière organique.

Le bois en décomposition peut devenir la base de la nourriture dans la grotte. Il peut également encourager la croissance bactérienne ou fongique et il présente même le risque d'être envahi par des espèces exotiques qui peuvent remplacer les espèces cavernicoles indigènes.

Si du bois est utilisé pour le coffrage, pour l'échafaudage ou d'autres usages temporaires similaires nous recommandons de ne pas le travailler dans la grotte si cela est possible. A la fin de l'ouvrage il faut bien veiller à enlever tous les morceaux et les éclats de bois restants.

Si le bois en décomposition doit être enlevé de la grotte des mesures doivent être prises afin qu'il ne se désintègre pas pendant le transport et ainsi qu'il ne provoque pas l'arrivée d'un nutriment anormal. Même de petites traces de bois pourri peuvent provoquer une explosion démographique parmi les espèces cavernicoles.

Quand le bois est déjà utilisé dans une grotte il est conseillé de le remplacer par d'autres matériaux si les finances le permettent. Le bois in situ devrait être remplacé avant sa phase de décomposition. Au cours de l'aménagement d'une grotte touristiques nous recommandons de sélectionner d'autres matériaux que le bois.

L'utilisation du bois est compatible avec l'environnement des grottes de glace. Il est d'ailleurs souvent utilisé pour la construction des chemins de visite et des mains courantes car il n'est pas glissant et il peut facilement être travaillé à très basses températures.

#### Le bitume ou asphalte

Le bitume ou asphalte est un mélange visqueux de couleur noire d'hydrocarbures obtenus à partir du pétrole. Le bitume a la capacité de dissoudre les produits, qui sont toxiques pour le biote, et peuvent interférer avec le dépôt de calcite. Dans le cas où du bitume serait retrouvé dans une grotte il est fortement conseillé de l'enlever le plus rapidement possible. Le bitume ne doit jamais être utilisé à l'intérieur d'une grotte en cours d'aménagement.

## **15. LA SURVEILLANCE**

La surveillance du climat de la grotte doit être effectuée régulièrement et un calendrier de suivi doit être mis en place. La température de l'air, l'humidité, le radon (si sa concentration est proche ou supérieur au niveau prévu par la loi), et la température de l'eau (le cas échéant) pourront également être suivis.

Une surveillance de la concentration en dioxyde de carbone pourra être effectuée si celle-ci se situe au-dessus des variations naturelles. Le flux d'air entrant et sortant de la grotte pourrait également être surveillé.

Lorsque des études sont à entreprendre dans la grotte il est très important de sélectionner uniquement des scientifiques ayant une bonne expérience des environnements souterrains. Bien que compétents certains scientifiques n'ont peut-être pas pleinement conscience de la spécificité de ces milieux. De mauvais conseils pourraient entraîner la mise en danger de l'environnement de la grotte. En effet la science du monde souterrain est un domaine hautement spécialisé.

## **16. LES GESTIONNAIRES DE GROTTES TOURISTIQUES**

Les gestionnaires de grottes touristiques doivent à la fois posséder des compétences en gestion et en protection de l'environnement. Les gestionnaires ne doivent jamais oublier que la grotte est leur « poule aux œufs d'or » et donc qu'elle doit être protégée.

Une expérience préalable dans la gestion des grottes aménagées et de leur environnement est essentielle.

## **17. LES GUIDES DES GROTTES TOURISTIQUES**

Les guides des grottes aménagées ont un rôle très important car ils sont le lien entre la grotte et le visiteur. Une formation appropriée est indispensable. Dans la mesure du possible l'élaboration d'un manuel à l'usage des guides concernant le guidage dans la grotte est conseillée. Les guides doivent être bien informés de tout ce qui a trait à leur grotte.

## **18. LA SENSIBILISATION DU PUBLIC**

La présence de panneaux explicatifs à l'entrée de la grotte et à des endroits stratégiques situés à proximité du site est un excellent moyen de sensibiliser les visiteurs sur le comportement à adopter dans la grotte. Ces panneaux peuvent être traduits en plusieurs langues si besoin.