

Choisir le matériel d'équipement



MEMENTO

Équipement des canyons

Cahier n°1/12 :

Choisir le matériel d'équipement

Version n°1 du 20/04/2013 (modifié le 10/11/2021)

La liste des douze cahiers figure à l'avant-dernière page



Réalisation : Olivier GOLA

- Moniteur de spéléologie
- Instructeur canyon FFS et FFCAM
- BEES spéléologie/canyon
- DEJEPS canyonisme

Contact : gola.olivier@gmail.com

Relecture :

- DJURAKDJIAN Gilbert (instructeur canyon FFCAM)
- ASTIER Arnaud (instructeur canyon FFCAM)
- BADIN Pascal (instructeur canyon FFCAM)
- BOVIS Sébastien (instructeur canyon FFCAM)
- OLIVA Jean Louis (instructeur canyon FFCAM)
- THEVENET David (instructeur canyon FFCAM)
- VALETTE Thierry (instructeur canyon FFCAM)
- WAGNER Sthéphan (instructeur FFCAM)
- MORGANTI Patrick (moniteur canyon FFCAM)
- TOURNOUX François (moniteur canyon FFCAM)
- MAURY Renaud (moniteur canyon FFCAM)
- PIAZZA Pierre (moniteur canyon FFCAM)
- SCHAFFER Cécile (initiatrice canyon FFCAM)

Copyright © GOLA Olivier

Toute représentation, reproduction, modification, transformation, intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans consentement de l'auteur, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Contexte historique de la publication.

Ce document, initialement réalisé gracieusement pour la FFCAM, s'inscrivait au départ dans un projet collectif global entrepris par les cadres bénévoles en canyon de cette fédération à une époque où ils avaient à coeur de construire leur propre école de formation.

Durant plus de 20 ans, ils se sont investis en produisant de nombreux écrits, en construisant leurs propres outils de formation et de communication et en faisant preuve dès le début d'innovation pour créer par exemple le premier [Passeport Formation canyon](#) réalisé en 1997 ou encore élaborer un [cursus de formation novateur](#) qui rend la formation jusqu'au plus haut niveau accessible à tous les pratiquants.

Soucieux de montrer qu'ils étaient capables de faire aussi bien que les autres fédérations, ils espéraient surtout parvenir à se faire reconnaître par la FFCAM au même niveau que leurs homologues des autres fédérations, aptes à organiser et à encadrer en toute autonomie les formations qu'ils avaient consciencieusement construit pour ne plus être astreint à devoir systématiquement faire appel à un professionnel pour valider les brevets comme l'impose la direction FFCAM.

Convaincus de pouvoir bâtir une école canyon reconnue, à l'image de celle de la FFS et de la FFME, concrétisant l'aboutissement d'un cursus fédéral parvenu à maturation, dans lequel tous les cadres peuvent s'identifier comme des acteurs à part entière et non plus comme des éternels assistés. Les instructeurs canyon de la FFCAM s'étaient bercés d'illusions pensant que leur engagement ferait l'admiration et la fierté de leur fédération.

Malheureusement, la FFCAM tributaire des professionnels dans son mode de fonctionnement, n'était pas disposée à satisfaire les ambitions ni les attentes de ses cadres pour des raisons éminemment politiques et cela, quels que soient leurs efforts, le fruit de leur travail ou leurs compétences.

En l'occurrence, ce genre de publication sérieuse, n'intéresse pas la FFCAM, car cette expertise contribue à démontrer un savoir-faire interne qui n'a rien à envier aux professionnels et qui légitime les revendications des cadres bénévoles de cette fédérations. [En savoir plus](#)

Par conséquent, la FFCAM n'a pas souhaité s'approprier ce mémento, prétextant que ce type de documentation n'était pas du ressort des cadres bénévoles. C'est pourquoi cette publication est finalement proposée à compte d'auteur dans un esprit de partage.

Table des matières

Choisir le matériel d'équipement

• Avant propos	9
• Les différentes catégories d'ancrages	10
• Comment choisir les ancrages utiles	15
- le contexte d'équipement	15
exploration d'un canyon inconnu	15
pratique habituelle	24
équipement de type permanent	27
- les moyens techniques disponibles	35
les perforateurs et perceuses à batterie	36
les perforateurs à essence	38
- influence de la roche sur l'équipement	41
la genèse des roches	42
classification des roches	43
la résistance mécanique des roches	46
l'état de la roche	48
particularités de certaines roches volcaniques	50
particularités de certaines roches sédimentaires	53
particularités liées à la structure de certaines roches ..	56
• influence de la roche sur le profil du canyon	59
• influence du profil du canyon sur le risque de crue	62

Prévention des risques de crue

• Prévention des risques de crue	
- approche sur le thème de l'hydrologie	65
intensité des précipitations et niveau d'eau prévisible ..	66
influence du terrain sur les précipitations pluvieuses ..	70
influence des ouvrages hydrologiques	81

Introduction

Les canyons susceptibles d'être parcourus sans corde sont rares. Ils sont généralement soit très courts, pourvus de toboggans et de bassines dans lesquelles il est possible de sauter ; soit ils sont de plus grandes envergures mais à tendance horizontale et s'apparentent davantage à de la randonnée à pied. En dehors de ces cas de figure exceptionnels, l'utilisation de la corde s'impose ; elle est précieuse et indispensable pour le franchissement des cascades. C'est d'ailleurs l'activité à corde la plus complexe et on dénombre pas moins d'une quinzaine de techniques de descentes sur corde utiles pour cette pratique.



D'une manière générale, toutes les descentes de canyon nécessitent un équipement en place ; sur amarrages artificiels ou naturels. La qualité de l'équipement en place, ainsi que le matériel d'équipement utile pour une descente de canyon, sont une préoccupation d'autant plus sérieuse que le canyon revêt un caractère sauvage et qu'il est peu fréquenté. Dans cet environnement particulièrement exposé, le matériel en place peut vieillir rapidement.

Les techniques d'équipement de sites et la connaissance du matériel d'équipement sont donc essentielles pour la pratique de cette activité physique de pleine nature et occupent une place importante pour l'accession à l'autonomie.

Avertissement

Ce document ainsi que les onze autres cahiers qui l'accompagnent sont le fruit d'un travail personnel et reflètent une vision individuelle exprimée à un instant T en fonction des connaissances, de l'expérience et des observations faites à ce moment-là par l'auteur.

Ces documents n'ont pas pour objectif final la véracité ou l'exactitude absolues et sont forcément perfectibles, car le matériel et les connaissances évoluent sans cesse. Ils constituent néanmoins une contribution réalisée du mieux possible dans un état d'esprit de partage.

Par ailleurs afin d'illustrer certains propos, ce cahier peut comporter des dessins représentant des techniques de progression. Ces techniques ne doivent pas être reproduites sans formation appropriée.

L'auteur ne peut être tenu responsable d'une mauvaise utilisation des informations contenues dans ce cahier résultant d'un manque de connaissances, de maîtrise, de précautions, ou bien encore d'une mauvaise analyse préalable des risques ainsi que de toutes interprétations ou adaptations des dessins qu'il comporte.

GOLA Olivier

Avant-propos

La progression en canyon et notamment la descente des cascades, se fait bien souvent à proximité de l'eau (progression au fond d'un couloir ou désir bien compréhensible de vouloir accompagner l'eau). Dans cet environnement rocheux, exposé aux risques de crue, les amarrages naturels sont rares, souvent mal placés ou mal adaptés. Pour l'utilisation des cordes, on a donc recours la plupart du temps à l'emploi d'ancrages artificiels.



LES DIFFÉRENTES CATEGORIES D'ANCRAGES

Les ancrages artificiels utiles en canyon sont en partie identiques à ceux utilisés pour l'escalade ou la spéléologie (fig. 1). Indépendamment des ancrages spécifiques conçus pour les activités sportives, plusieurs modèles fabriqués pour le bâtiment conviennent à l'équipement des canyons ; ce qui explique le nombre très important des modèles disponibles.

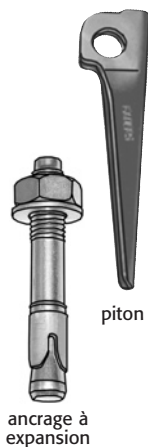


Fig. 1



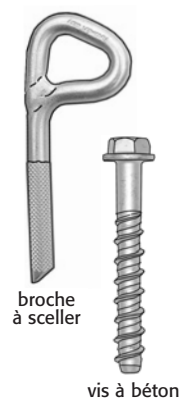
Fig. 2

Les contraintes que ces ancrages subissent en charge sont modérées (comparativement à l'escalade où certains points d'ancrage destinés à enrayer les chutes peuvent subir des efforts qui dépassent une tonne. Par contre, s'ils ne sont pas exposés aux risques de chocs violents, le caractère destructeur des crues susceptibles de charrier des galets, ainsi que la formation de glace, très fréquente en hiver, sont des facteurs de vieillissement particuliers, capables de les détériorer rapidement. Aussi, que ce soit lors d'une exploration (fig. 2) en première (canyon non équipé), pour remettre en état le matériel en place lors d'une descente sur un site classé terrain d'aventure, ou encore, pour assurer une échappatoire, il est fort probable que, tôt ou tard, on soit contraint de devoir placer des ancrages.



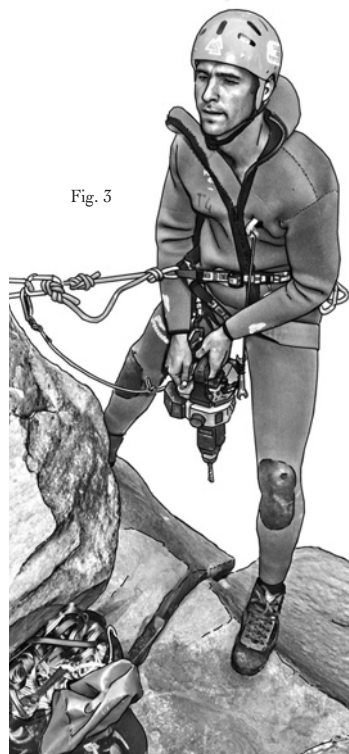
L'ensemble des ancrages susceptibles d'être utiles en canyon peut se répartir ainsi :

- **les pitons** dont la tenue dans une fissure est obtenue par compression et friction d'une lame en acier ;
- **les ancrages à expansion** dont la tenue dans la roche est obtenue par compression et friction ;
- **les vis à béton** dont la tenue est obtenue par un verrouillage de forme ;
- **les scellements chimiques** de broches maintenues dans la roche par une résine de synthèse ;
- éventuellement : **les coinçeurs** dont la tenue dans une fissure est obtenue par coincement d'une pièce métallique.



Ces catégories d'ancrage permettent de disposer d'un large choix de matériel dissemblable adapté aux différents contextes pour lesquels on peut être amené à devoir équiper (fig. 3). Parmi les caractéristiques qui les différencient on peut citer :

- Le matériel nécessaire pour leur mise en place (marteau, tamponnoir, perforateur, accessoires) ;
- Le temps et les contraintes d'installation (rapidité de mise en place, précautions, délais d'attente) ;
- La nature des roches pour lesquelles ils sont compatibles (roche compacte, dure, tendre, stratifiée, etc.) ;
- Leurs possibilités d'utilisations (utilisables avec ou sans plaque, ancrage démontable, inviolable, avec chaîne, etc.) ;
- Leur solidité et leur longévité (formes de l'amarrage, dimensions, nature des matériaux utilisés, principe de maintien) ;
- Leur poids, leur encombrement et leur coût.



Toutefois, malgré cette grande diversité de modèles, le choix est souvent vite déterminé car ils n'ont pas la même utilité.

Les coinceurs

Rarement utilisés en canyon, ils sont le plus souvent réservés à un usage temporaire et occasionnel (le temps d'une manoeuvre telle que : s'assurer, maintien de corde guide, déviation en équipement fixe, escalade en réchappe). Les coinceurs (fig. 4) ont l'avantage d'être utilisables immédiatement et sans matériel de pose, à condition de trouver une fissure adé-

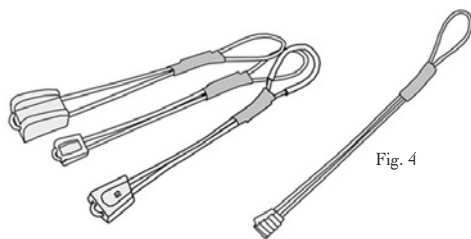


Fig. 4

quate, difficile à trouver en fond de canyon car souvent colmatée. Leur utilisation, le plus souvent par des adeptes de la descente de canyon qui pratiquent aussi l'escalade, reste très marginale; ils ne seront pas étudiés dans le cadre de cet ouvrage.

Les pitons

Ce sont des ancrages de résistance limitée, laissés à demeure ou utilisés de façon temporaire. Ils sont utiles comme ancrage de secours et doivent figurer dans la trousse d'équipement, en vue de pallier à une défaillance du perforateur en ouverture de site, de faciliter une échappatoire ou pour restaurer un amarrage endommagé. Les pitons (fig. 5) ont l'avantage d'être faciles et rapides à installer à condition de disposer de la fissure et du piton adéquat. Utilisables immédiatement, Ils ne sont réellement profitables qu'à la condition de disposer d'un assortiment de formes et de longueurs variées.



Fig.5

Les ancrages à expansion

Ce sont les plus nombreux et les plus utilisés. Ils présentent une grande diversité de formes, de possibilités, de résistances, de coûts et de tenues dans le temps, en raison d'un nombre important de modèles différents. En dehors du contexte d'équipement permanent de site, cette catégorie d'ancrage (fig. 6) et notamment les goujons, couvre la majeure partie des besoins en terme d'équipement. Tous les ancrages à expansion, hormis les chevilles auto-foreuses, nécessitent l'emploi d'un perforateur ou pour un usage vraiment occasionnel, celui d'un tamponnoir muni d'un foret.

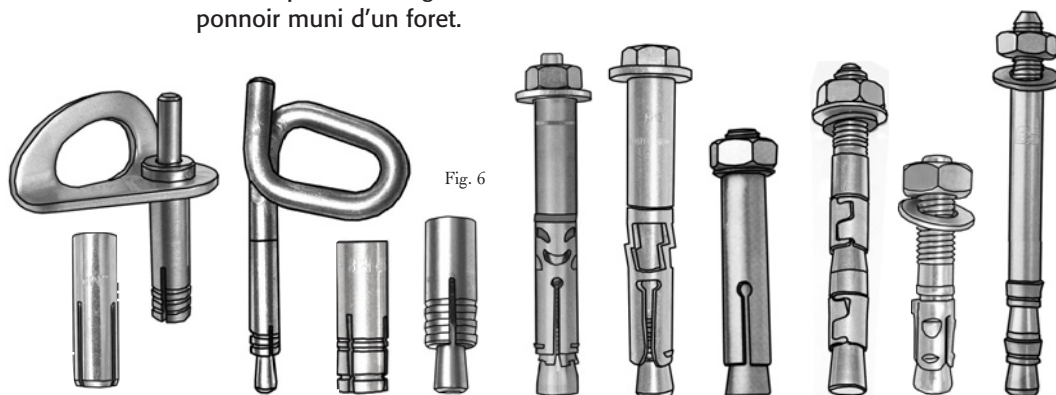


Fig. 6

En marge de cette catégorie d'ancrage, on dispose également de deux produits particuliers :



Fig. 7

- **les chevilles auto-foreuses** (fig. 7) sont particulières dans la mesure où elles sont prévues pour forer leur propre trou. Elles permettent d'obtenir, à la seule force humaine, au moyen d'un tamponnoir et d'un marteau, un ancrage de résistance optimale dans les roches dures. Les chevilles auto-foreuses font obligatoirement partie de la trousse de secours, quel que soit le contexte. Elles sont utiles pour certaines opérations d'équipements réduits, pour réaliser un ancrage de secours, restaurer un amarrage fragile, réaliser un point d'assurance ou de progression en situation normale ou en réchappe.

- **Les vis à béton** (fig. 8) extrêmement résistantes et entièrement démontables, sont également spécifiques car, bien que faisant parti des scellements secs (mécaniques), ce ne sont pas des ancrages à expansion.



Fig. 8

Les scellements chimiques

Ils sont utilisés essentiellement pour les ré-équipements (remplacement de l'équipement d'origine) de sites très fréquentés en raison de leurs caractéristiques spécifiques et des contraintes liées à leur installation. Les scellements chimiques (fig. 9) permettent d'obtenir un ancrage dont la durée de vie et la solidité peuvent être très élevées pour les raisons suivantes :

- ils n'engendrent aucune contrainte sur la roche environnante une fois en place, et les efforts qu'ils supportent sont répartis sur toute la surface de la partie noyée dans la résine ;
- Parce qu'ils sont insensibles aux trépidations, et aux successions de cycles charges et décharges et parce qu'ils sont mieux étanches à l'air et à l'eau, les scellements chimiques ne sont pas en principe exposés aux risques de descellement progressif ;
- ils permettent d'effectuer des ancrages profonds ou situés dans des roches poreuses ou fragiles.

En revanche la pose des scellements chimiques est extrêmement contraignante notamment avec l'emploi des cartouches. Elle nécessite une organisation méticuleuse et de l'expérience. De plus, le temps de polymérisation des résines impose un équipement préalable pour la progression.

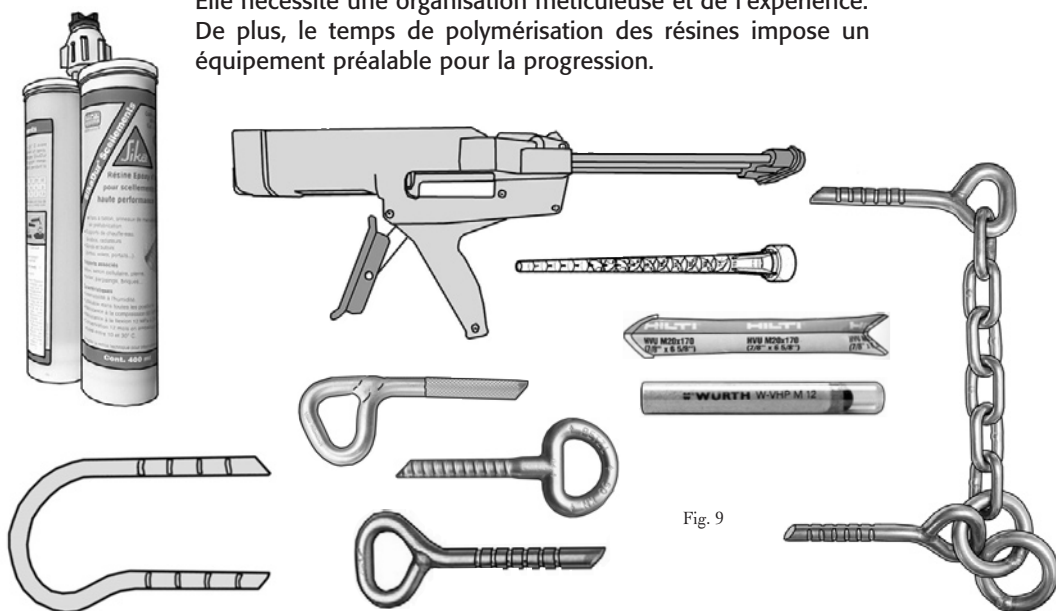


Fig. 9

Utilisation des ancrages artificiels

COMMENT CHOISIR LES ANCRAGES UTILES

Le choix du matériel d'équipement dépend du contexte des moyens techniques disponibles et de la nature prévisible de la roche.



Pour choisir
le matériel d'équipement,
On considère trois points importants :

- Dans quel contexte a-t-on besoin d'équiper ?
- Quels sont les moyens techniques disponibles
- Quelle est la nature prévisible de la roche ?

Le contexte d'équipement

En dehors des opérations de secours ou d'aménagement de sites écoles, on distingue trois contextes d'équipement particuliers :

- Exploration d'un canyon inconnu ;
- pratique habituelle sur site équipé;
- Equipement permanent de site sportif.

Exploration d'un canyon inconnu

La recherche et l'exploration de nouveaux canyons constituent sans doute le volet le plus passionnant de cette activité même si désormais on est contraint de se tourner vers les pays étrangers pour pouvoir assouvir cette soif de découverte. Indépendamment du plaisir que procure l'exploration d'un nouveau canyon, sa reconnaissance est bien souvent nécessaire pour en évaluer le degré d'intérêt et en faire, en tout état de cause, un relevé topographique indispensable pour réaliser un inventaire géographique exhaustif.

Généralement, les ouvertures des sites sont entreprises de façon plutôt discrète par des pratiquants qui, pour leur propre usage, placent les ancrages de leur choix sans rien demander à personne. A savoir toutefois, que certains canyons peuvent se trouver dans des zones règlementées, comme les parcs naturels où la pose d'équipement fixe est règlementée voire même tout simplement interdite.

Pour l'exploration ou la reconnaissance d'un nouveau canyon, dont on ne connaît ni les difficultés (nombre d'obstacles) ni le degré d'intérêt, on choisit généralement des ancrages économiques en acier zingué, surtout si les sites à visiter sont nombreux et que l'on opère à titre personnel, sans aide financière.



Fig. 10

Dans la mesure où chaque canyon doit être équipé entièrement (fig. 10) il faut prévoir un perforateur adapté et suffisamment de matériel pour ne pas risquer de se retrouver démunis en haut d'un obstacle infranchissable. Il y a donc tout intérêt à sélectionner des ancrages, légers et peu encombrants. Dans ce contexte particulier, il sera nécessaire de réaliser des amarrages utilisables immédiatement, en un minimum de temps. Il faut donc des ancrages faciles et rapides à mettre en place ; peu importe la durée de vie du matériel du moment que la sécurité de l'équipe est garantie (présence d'un anneau de liaison en corde ou en sangle).

Le choix du matériel d'équipement se fait également en fonction de la nature du rocher qui conditionne la résistance des ancrages et de l'intérêt du site (on peut parfaitement envisager de poser des goujons de 10mm inox en ouverture de site). Cela dit, la plupart du temps, par souci d'économie, on privilégie, dans ce contexte, les amarrages naturels et on a surtout recours aux goujons emboutis acier de 8 mm ou aux vis à béton de 6 mm (fig. 11).



Fig. 11

Les vis à béton (fig. 12)



Fig. 12

A diamètre de perçage équivalent, les vis à béton sont plus résistantes que les goujons aciers. Certaines vis à béton de 6 mm extrêmement légères et économiques en énergie de perçage, sont bien adaptées pour les ouvertures de canyons. Cependant il faut bien les choisir et opter pour des produits éprouvés notamment par les équipiers (fig. 13 et 14) car il existe une multitude de modèles de vis à béton destinés à toutes sortes d'utilisation dans le bâtiment et dont la résistance peut s'avérer très différente. Les vis à béton de 6 mm ont une résistance comprise entre 1200 daN et 2500 daN suivant le modèle. Elles sont moins commodes à utiliser et à installer qu'un goujon surtout si le rocher est très résistant mais en revanche elles sont entièrement démontables si le canyon devait être ré-équiper ultérieurement. On peut même envisager de réutiliser en partie les trous car une fois la vis retirée, il est possible d'agrandir le trou en vue de placer un gros goujon inox ou une broche si le site venait à faire l'objet d'un équipement de type permanent.

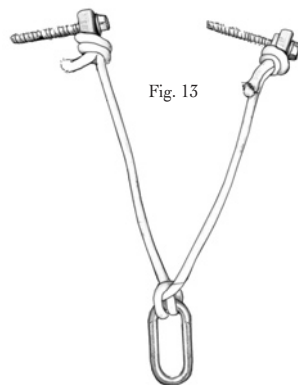


Fig. 13

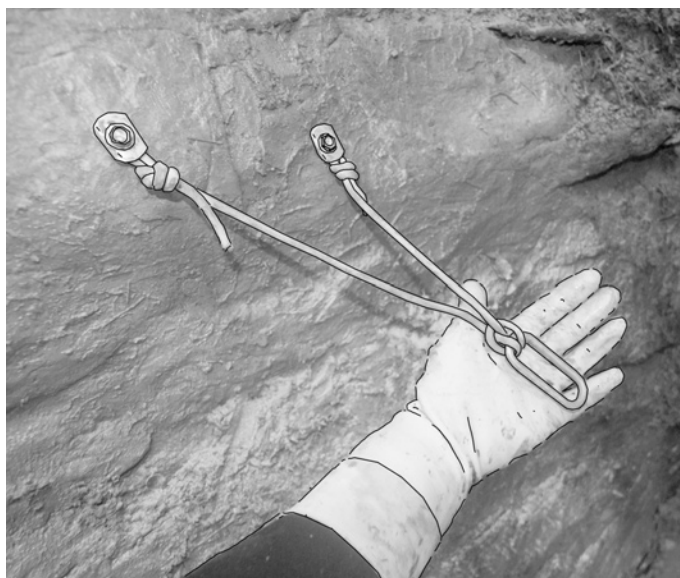


Fig. 14

Les goujons M8 (fig. 15)

Ils présentent une résistance moyenne de 1400 daN au cisaillement et en traction confondus (d'après 48 tests réalisés avec des plaquettes vrillées et 7 marques différentes de goujons).

Les plus performants (Hilti et Mungo) résistent à 1800 daN en moyenne (valeur maximale mesurée : 2206 daN au cisaillement). Les moins robustes des goujons emboutis testés résistent en moyenne à 1200 daN.

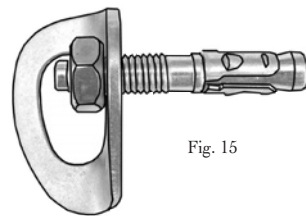


Fig. 15

Ces ancrages en 8 mm (fig. 16) permettent de minimiser le coût, le poids, le volume du matériel et l'énergie nécessaire à leur installation. C'est suffisant pour assurer la progression du groupe et économique si le canyon risque fort d'être «une mauvaise ravine» où plus personne ne mettra les pieds. Les goujons sont également intéressants car ils permettent d'équiper les roches de dureté moyenne ; il suffit d'augmenter la profondeur d'ancrage et de choisir des modèles plus longs (fig. 17).

Dans tous les cas, la durée de vie des goujons de petit diamètre exposés aux crues en canyon est limitée. L'utilisation des modèles en acier de 10 mm augmente la facture des ancrages d'environ 50% et double quasiment l'énergie nécessaire au perçage ce qui peut paraître rédhibitoire pour certains. A contrario, pour ceux qui ont la chance d'être subventionnés, et qui disposent d'un perforateur endurant, autant opter d'emblée pour des goujons inox de 10mm; surtout si le site a toutes les chances d'être intéressant : cela évite d'avoir à ré-équiper à court terme



Plus grande résistance observée avec les goujons acier 8mm : Hilti HST au cisaillement : 2206 daN.



Fig. 17



Fig. 16

A propos des chevilles fines à expansion par frappe

Les chevilles (fig. 18) en acier M8 pour lesquelles il faut acheter séparément les vis, sont souvent légèrement plus économiques que les goujons de 8mm. Ces chevilles sont plus grosses mais bien plus courtes que les goujons les plus courts d'autant que très souvent, on prévoit, pour les goujons, un trou encore plus profond pour pouvoir les réformer en les faisant disparaître dans le trou. Elles ne requièrent donc pas plus d'énergie au moment du perçage. En revanche, elles nécessitent un outil de pose et sont réservées exclusivement aux roches compactes et dures. De plus, la résistance des chevilles fines M8 à expansion par frappe de petit diamètre se révèle limitée. Associées à des plaquettes, leur résistance moyenne est comprise entre 1190 et 730 daN (d'après 42 tests, 7 marques, en traction et cisaillement confondus). Il n'y a guère (d'après les tests) que 2 marques qui proposent des produits résistants à plus d'une tonne si bien que les meilleures chevilles n'étant pas plus résistantes que les goujons emboutis les moins robustes, l'intérêt de ce type d'ancrage (en petit diamètre dans ce contexte) est finalement très restreint.

Les chevilles M10 en acier ne sont pas forcément mieux; guère plus résistantes que leurs "petite soeurs", elles nécessitent un perçage plus grand et une vis plus grosse et plus chère.



Fig. 18

Les chevilles économiques à expansion par vissage

En ouverture de site, on peut aussi éventuellement puiser dans la gamme (fig. 19) des chevilles économiques à expansion par vissage. Certains modèles relativement bon marché ayant des caractéristiques de résistances suffisantes. Cependant, Il est difficile d'avoir un avis objectif sur ce type d'ancrage car peu de personnes s'en servent en réalité et seules les chevilles Fischer ont été testées dans le cadre de ce cahier (fig. 20).

En l'occurrence, les chevilles à expansion par vissage Fischer de diamètre 8 mm sont moins chères que le prix moyen des goujons de 8 mm acier et présentent une valeur de résistance au cisaillement identique à la moyenne de ces goujons (1490 daN) mais sont moins performantes en traction (1100 daN). A savoir aussi que le positionnement tarifaire de ce type de produit varie suivant la marque et il n'est pas forcément avantageux par rapport aux goujons.



Fig. 20

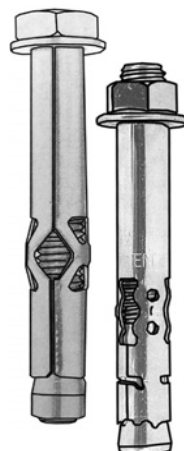


Fig. 19

Dans tous les cas, même si chacun est libre d'utiliser à titre personnel les ancrages de son choix, il n'est pas prudent de réduire de trop la marge de sécurité que l'on s'accorde sous prétexte de faire des économies. Les goujons acier M8 emboutis constituent un bon compromis en terme de résistance minimale pour la fabrication d'un double amarrage dans un contexte de reconnaissance de site.

En exploration, les ancrages sont généralement utilisés avec des plaquettes en acier. Les amarrages les plus économiques sont constitués de deux plaquettes simples reliées par une sangle et un maillon de chaîne soudé, (fig. 21 et 22) dont on s'est assuré de la résistance. On peut également utiliser une plaquette avec anneau incorporé (fig. 23).

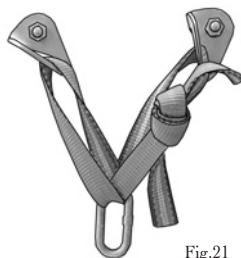


Fig. 21

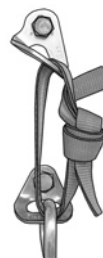


Fig. 22

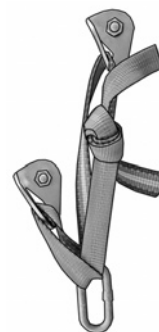


Fig. 23

Toujours dans un souci d'économie, certains pratiquants n'hésitent pas à réaliser leur propres plaquettes pour l'exploration avec du fer plat, de la cornière ou du profilé en «T» (fig. 24).

plaquettes artisanales coudées en zical



plaquettes artisanales coudées en acier galvanisé



plaquettes artisanales en T



plaquettes artisanales vrillées en acier

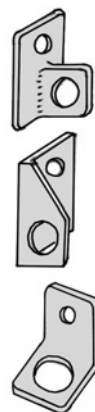


Fig. 24

ou encore, utilisent simplement deux maillons de chaîne maintenus avec une grosse rondelle (fig. 25 et 26). Attention, ce matériel (autres exemples : fig. 27 et 28) n'offre aucune garantie et à défaut de pouvoir évaluer précisément sa résistance, il faut s'abstenir de tout bricolage hasardeux ou tout du moins, s'assurer qu'il ne risque en aucun cas de constituer le point faible de l'amarrage.



Fig. 25

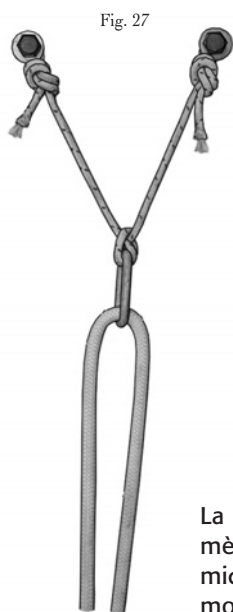


Fig. 27

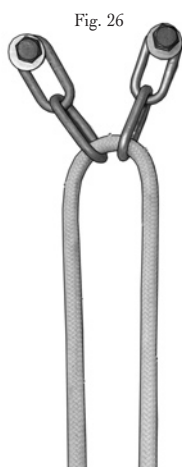


Fig. 26



Fig. 28

La réalisation des lunules artificielles de gros diamètres, lorsqu'on dispose d'un perforateur thermique pourvu d'une grande autonomie est aussi un moyen d'économiser le matériel puisque c'est le rocher qui constitue l'ancrage et qu'il est possible de recycler les cordes devenues trop courtes pour confectionner les anneaux de liaison. L'amarrage sur lunule est également facile à restaurer lorsqu'il a été endommagé par une crue.

On peut également (fig. 29 et 30) réaliser des lunules de petits diamètre moins consommatrices d'énergie qu'on équipe ensuite avec de la cordelette Dynéma. Cependant, en cas de visite ultérieure, seule les équipes qui seront pourvues de cordelettes dynéma pourront remplacer les anneaux usés. Dans le cas d'une lunule de gros diamètre on peut toujours et en dernier recours, prélever un tronçon de la corde de progression pour rééquiper

Fig. 29

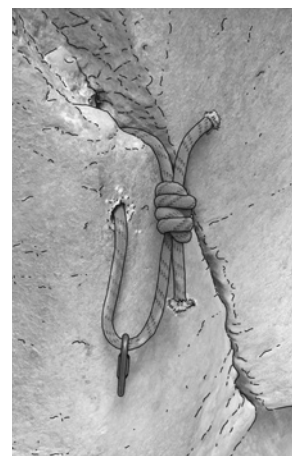
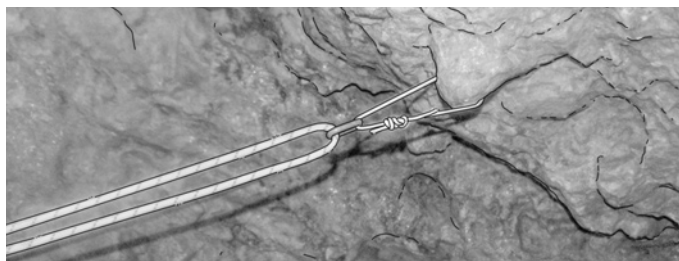


Fig. 30



lunule artificielle équipée avec de la cordelette Dynéma

Par ailleurs, le matériel d'équipement sera systématiquement complété par (fig. 31) quelques pitons et chevilles auto-foreuses afin de palier à toute défaillance du perforateur et envisager une échappatoire. En outre, sur un terrain encore vierge, un burin pour décrocher les blocs instables et une petite scie à main pour aménager certains passages obstrués par la végétation ou pour préparer un amarrage sur arbre sont quelques fois utiles tout comme peut l'être aussi, en zone tropicale, une machette (coupe-coupe) pour l'accès au départ du canyon. On détermine la quantité de matériel nécessaire (matériel de secours, ressources énergétiques) en fonction de l'envergure et du profil du canyon prévisible. Puisque le volume et le poids du matériel ont leur importance, ouvrons une parenthèse concernant le nombre d'équipiers utiles pour l'ouverture d'un site.

Le bon choix dépend surtout de l'envergure de la course (marche d'approche, développement) du volume et du poids de l'ensemble du matériel à répartir (corde, perforateur, accus ou carburant, matériel de bivouac, vivres, etc...). Trois ou quatre équipiers maximum, pour les sites importants, constituent un bon compromis entre la rapidité de progression et le partage

des tâches. Dans les enchaînements de cascades, un équipier ravale les cordes, les range dans les sacs et les achemine vers l'aval ; un autre se charge de la reconnaissance du terrain et de l'installation (fig. 32) des ancrages ; celui-ci est beaucoup plus efficace lorsqu'il est secondé par un troisième qui l'assure et lui prépare le matériel d'équipement.

Fig. 32

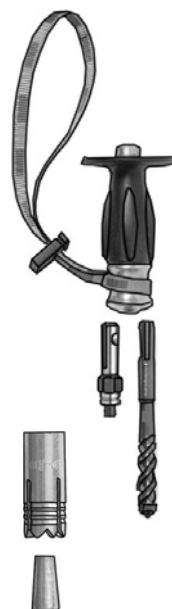
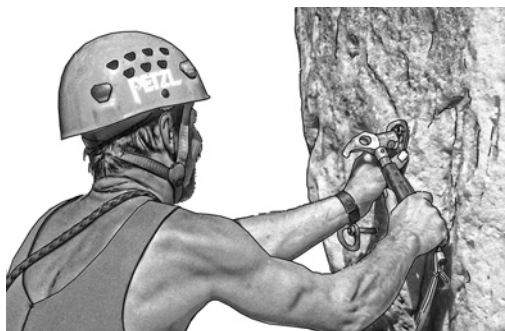


Fig. 31



Enfin, pour les ouvertures exceptionnelles de par leur beauté ou leur valeur sentimentale (expédition lointaine par exemple) un quatrième équipier est bien souvent utile. Il vaut mieux être un de plus, quitte à aller moins vite, que d'être surchargé au risque d'avoir des difficultés de progression et finir la course épuisé ou avec un mal de dos. De plus, cet équipier supplémentaire peut alors se consacrer plus facilement aux relevés topographiques du canyon (fig. 33) et à la prise de photos.

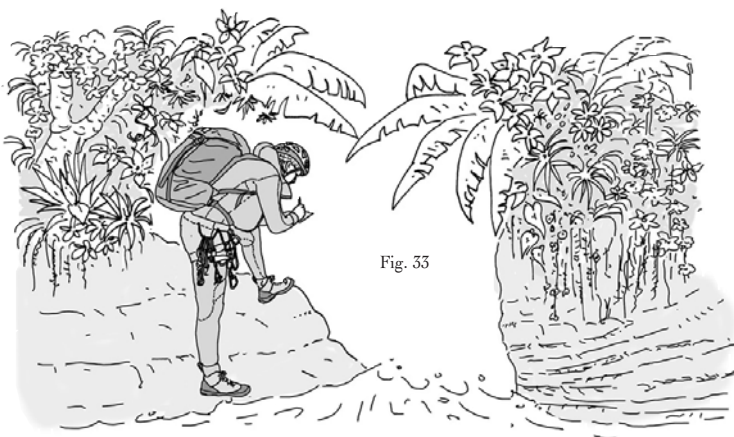


Fig. 33

Le photographe (fig. 34), lorsqu'il y en a un, est par définition l'équipier (ou l'équipière) le plus pénible du groupe ; il met un temps fou pour se préparer, déballer son matériel de prises de vues et en plus, il voudrait constamment que le groupe prenne le temps de poser pour lui. Pourtant, avoir dans l'équipe un photographe expérimenté lorsqu'on explore un nouveau canyon est une chance. Faire preuve de patience à son égard est un gage de réussite ; c'est lui donner le temps de réaliser de belles photos tout en prolongeant le plaisir de la découverte.

Fig. 34



Plus tard, notamment à l'occasion de projections de diaporamas minutieusement préparés et sonorisés, ces photos, qu'elles aient été réalisées aux portes de nos villes ou à des milliers de kilomètres de là, seront une source irremplaçable d'émotion. Ces images d'aventure ne manqueront pas de faire rêver ceux qui les découvriront, et de raviver la passion de ceux qui auront la fierté de s'y reconnaître, et le privilège de se remémorer ces moments forts.

Pratique habituelle (site équipé)

C'est le cas de figure le plus courant et celui qui nécessite le moins de matériel d'équipement puisque le site est déjà plus ou moins bien équipé. Néanmoins, il faut se munir systématiquement d'une trousse d'équipement de secours, surtout dans les canyons classés «terrain d'aventure», mais aussi dans les canyons «sportifs», bénéficiant d'un équipement de type permanent, notamment en début de saison, ou bien lorsque le canyon est particulièrement engagé, ou qu'on le découvre pour la première fois. Ce matériel d'équipement de secours peut s'avérer utile pour :

- remplacer ou remettre en état (fig. 35) un amarrage vétuste, inadapté ou endommagé durant l'hiver ou par des chutes de pierres, crues, usure ou actes de malveillance ;
- réaliser un amarrage de secours (difficulté non prévue, aggravation de la situation, blessure, etc.) ;
- faciliter ou sécuriser une échappatoire (équipement d'une vire, d'un passage délicat).

Fig. 35

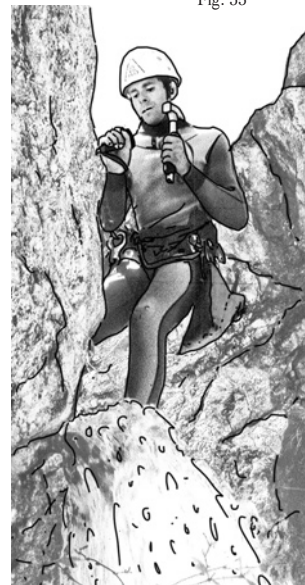


Fig. 36



Dans ce contexte, on a surtout besoin d'une trousse d'équipement légère, comportant des ancrages de secours qui puissent se mettre en place manuellement (fig. 36). Généralement, la trousse de secours se compose à minima :

- de quelques chevilles auto-foreuses complétées par des pitons (fig. 37) ;
- de la sangle et de la corde à couper pour la confection d'anneaux de liaison et l'utilisation des amarrages naturels ainsi qu'un crochet à lunule ;
- quelques plaquettes vrillées en zical, de préférence (moins lourdes), quelques maillons rapides et des maillons de chaîne soudés.



Fig. 37



TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

Choisir le matériel d'équipement

Ce matériel de secours doit être sélectionné avec minutie, afin de minimiser son encombrement et son poids et rendre son transport le moins contraignant possible (fig. 38); faute de quoi, on sera tenté de s'en passer. Le contenu de la trousse d'équipement est modulable en fonction du site (engagement du canyon, qualité de l'équipement prévisible).

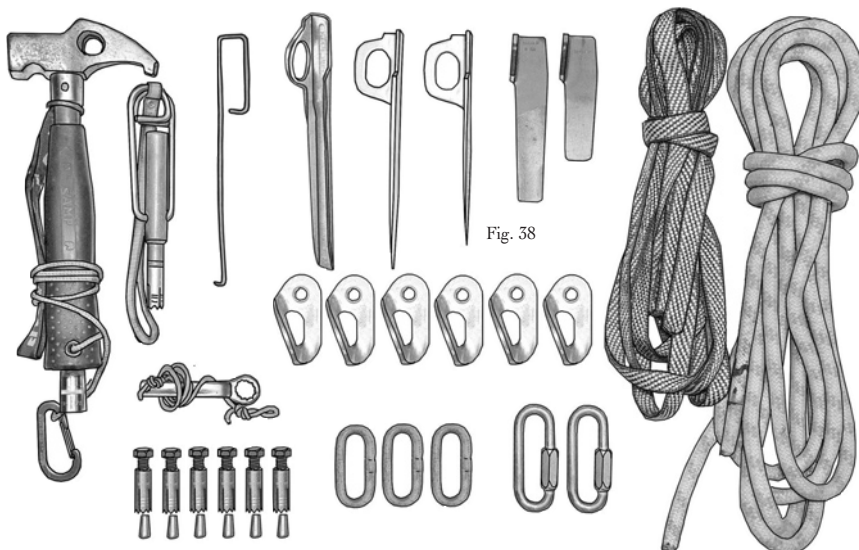


Fig. 38

Un tuyau à souffler par exemple, est très utile pour dépoussiérer et évacuer les débris de roche coincés au fond des trous de perçage difficiles d'accès (fig. 39) et éviter de recevoir la poussière sur le visage. Les crochets (fig. 40) sont également des accessoires très utiles et doivent faire partie de la trousse d'équipement. Ils permettent de se stabiliser et d'avoir les mains libres lorsqu'on doit équiper en devers ou suspendu à une corde de façon décalée par rapport à la verticale.

Fig. 39

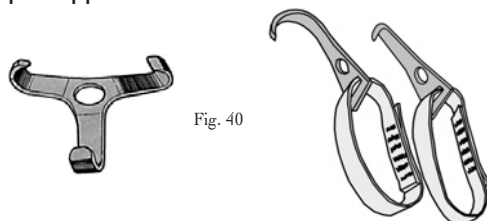


Fig. 40



En début de saison (fig. 41), certains canyons très engagés comportant du matériel d'équipement ancien comme on a pu en trouver dans celui des Oulles de Freissinières (05), nécessitent une trousse d'équipement de secours plus conséquente car il faut s'attendre à découvrir des amarrages vétustes ou inutilisables. En effet, le canyon cité en exemple, praticable seulement quelques mois dans la saison, est soumis à un régime hydrologique violent, subissant la formation de glace en hiver laquelle contribue à ruiner rapidement les ancrages en place. Dans certains canyons, il suffit parfois d'une seule crue exceptionnelle pour arracher les ancrages, placés l'année précédente sur des banquettes rocheuses à plusieurs mètres de hauteur et que l'on croyait pourtant à l'abri.



Fig. 41

Par ailleurs, la disparition du matériel peut également se produire dans certaines régions retirées situées à l'étranger lorsque des parties du canyon sont accessibles à pied par les berges. Le matériel en place est susceptibles d'être démonté, s'il n'est pas collé, ou détruit par les Autochtones qui n'acceptent pas ces intrusions sur leur territoire ou ne comprennent pas l'intérêt de cet équipement. Parfois, ce type de matériel représente une valeur marchande non négligeable pour les habitants et c'est dans l'espoir de le monnayer qu'ils tenteront de le démonter. Ainsi, tout ce qui brille et qui se voit de loin comme les plaquettes et qui se trouve à portée de main risque fort de disparaître. Cependant, même dans nos régions, aucun site n'est à l'abri d'un vol ou d'un acte de vandalisme et ce, pour des raisons bien moins excusables.

Équipement de type permanent (sites sportifs)

L'équipement des canyons très fréquentés, dans certaines régions, peut faire l'objet d'un plan d'aménagement local comprenant, entre autre, la pose d'un nouvel équipement de type permanent (fig. 42).

Fig. 42



Cette prise en charge peut se faire soit à l'initiative d'une structure associative locale (fig. 43) comme un club ou une commission canyon interfédérale départementale soit encore par le biais des professionnels du secteur. A noter, que le développement important de l'activité sur certains itinéraires les plus fréquentés pose parfois de nombreux problèmes en termes d'accessibilité, de propriété privée, de conflits d'usage, ou d'acciden-

tologie) et incite les collectivités locales à réglementer, cette pratique. Dès lors, compte tenu des engagements de responsabilité que cela engendre, il est souvent établi un plan d'aménagement conventionné à l'initiative des collectivités publiques locales telles qu'une commune ou plus probablement un département (sites ayant un intérêt pour le développement touristique et économique local) comprenant, un nouvel équipement de type permanent ainsi que le suivi et l'entretien du matériel à usage collectif en place. La plupart du temps, l'équipement du site est confié à des entreprises privées (professionnels du secteur, entreprises de travaux acrobatiques). Indépendamment des compétences requises, les personnes chargées de ce travail ont pour obligation de respecter un cahier des charges précis, d'utiliser du matériel conforme aux normes européennes, de l'installer dans les règles de l'art et en conformité avec les normes d'équipement mises en place par la fédération délégataire pour la descente de canyon. Le choix du matériel est donc restreint.

Fig. 43



Dans les canyons sportifs il est vraiment très rare qu'un pratiquant soit confronté à un amarrage vétuste ou endommagé et la trousse d'équipement de secours minimum suffit. A savoir tout de même que dans ce type de canyon, si une crue exceptionnelle venait à provoquer des dégâts (équipement en place endommagé, obstacles instables), le site peut momentanément perdre son caractère de parcours sportif aménagé et redevenir un terrain d'aventure le temps nécessaire à sa remise en état. Les pratiquants sont alors informés, notamment par voie d'affichage à l'entrée du canyon, et il appartient à chacun d'être vigilant, notamment sur l'état du matériel en place et d'adapter le contenu de la trousse d'équipement en conséquence.

Réalisation d'un équipement de type permanent

Pour réaliser un équipement de type permanent, on choisit des ancrages robustes (fig. 44) qui puissent rester le plus fiables possible à long terme et de préférence inviolables, pour éviter qu'ils ne soient démontés. L'objectif étant d'améliorer ou de remplacer l'équipement en place devenu vétuste et éviter sa prolifération afin d'accroître la sécurité, quitte à y mettre le prix et le temps nécessaires pour l'installer.

Dans la mesure où le matériel doit durer le plus longtemps possible, on utilise uniquement de l'acier inoxydable voire même de l'inox de qualité supérieure dans les régions tropicales exposées à l'air marin. Les ancrages en acier traité contre la corrosion ont une durée de vie nettement plus courte. Le traitement de surface qui les rend inaltérables finit par se détériorer, notamment en raison des frottements répétés des pièces métalliques (maillons de chaîne, broches, anneaux de rappel, mousquetons) ainsi que les parties de l'amarrage exposées aux frottements des cordes.

Fig. 44



TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

Choisir le matériel d'équipement

Pour la pose d'un équipement de type permanent, on utilise essentiellement des amarrages scellés chimiquement avec de la résine en cartouche ou en ampoule (fig. 45) dont la tenue dans le temps est supérieure aux ancrages à expansion. Le site étant déjà équipé, la progression peut s'effectuer provisoirement sur l'équipement d'origine pour ne pas solliciter les scellements durant la phase de polymérisation de la résine.

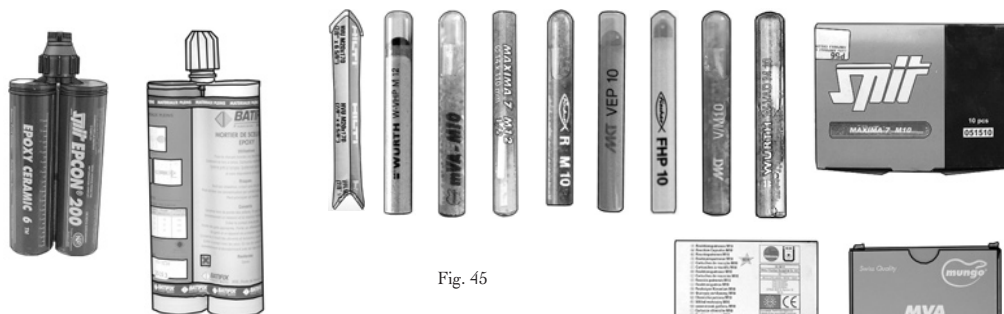


Fig. 45



Les goujons inox de gros diamètre (fig. 46) moins contraignants à installer que les scellements chimiques, permettent également d'obtenir des amarrages (exemple fig. 47) robustes et durables. A noter que l'utilisation des goujons, permet en théorie, de remplacer une plaquette ou un relais endommagé tant que le filetage extérieur est intact. Le matériel n'est pas non plus à l'abri d'un démontage malveillant.

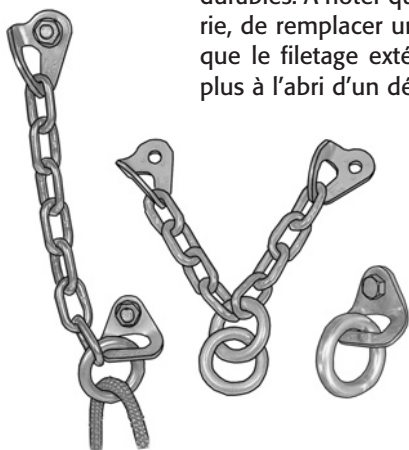


Fig. 47

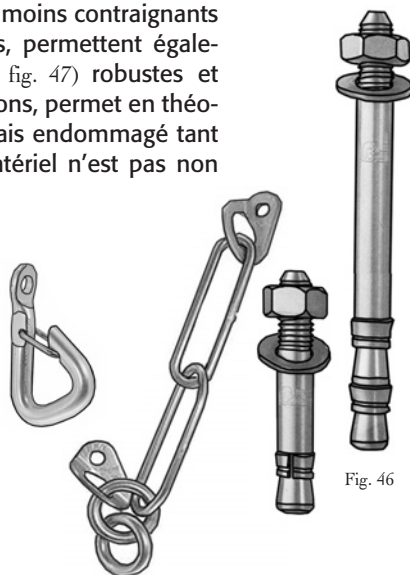


Fig. 46

Dans les zones qui ne sont pas exposées aux risques de crue, les chevilles plus plaquettes serties à expansion par frappe (fig. 48) ont l'avantage d'être inoxydables, inviolables et présentent, des caractéristiques en terme de résistance à l'effort et au vieillissement qui peuvent convenir dans le cadre d'un équipement permanent de site. Cependant, il ne faut les utiliser que dans les roches les plus dures car il n'est pas possible de les resserrer lorsqu'elles ont pris du jeu et elles sont difficiles à retirer. Ces amarrages sont aussi utiles lorsqu'il faut placer des ancrages qui puissent être utilisables immédiatement pour la progression (accès difficile, situation acrobatique).

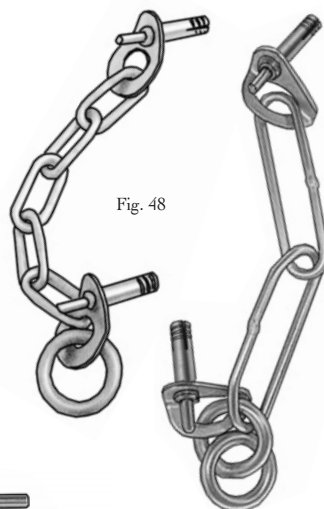


Fig. 48

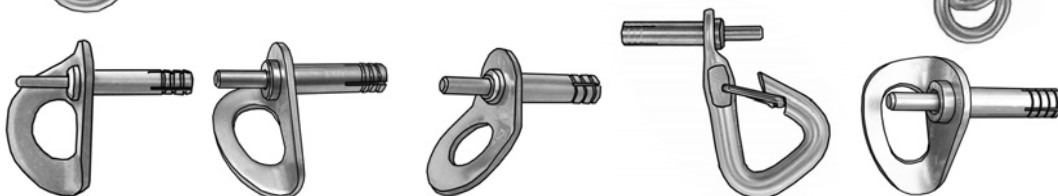




Fig. 49



En revanche, dans les zones exposées au risque de crue, l'emploi d'ancrages amovibles tels que les chevilles Fixe inox (fig. 49) qui sont entièrement démontables, permet de remplacer facilement un amarrage endommagé en surface (plaquette ou relais), alors qu'une broche complètement aplatie par exemple (fig. 50) n'est plus utilisable et sera difficile à retirer. Ces ancres qui ne sont pas à l'abri d'un démontage malveillant ont l'avantage d'être utilisables immédiatement après leur pose.

Par contre, les chevilles inox à expansion par vissage conçues pour le bâtiment (fig. 51) ne sont pas utilisées en canyon notamment parcequ'elles sont beaucoup plus chères que les goujons inox et ne sont pas entièrement démontables (fig. 52).



Fig. 50

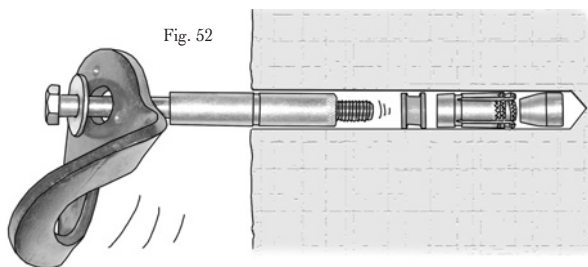


Fig. 52



Fig. 51



Remarque : les chevilles M12 inox (fig. 53) dans les roches très dures uniquement ainsi que (fig. 54 et 55) les scellements des douilles taraudées dans les roches plus tendres permettent de réaliser un ancrage en partie démontable. Cela peut s'avérer utile pour remplacer un relais ou une plaquette endommagée dans les zones exposées ou encore pour réaliser un amarrage utilisable occasionnellement (en prévision d'une manoeuvre de secours ou pour disposer d'un équipement école amovible par exemple). Dans ce cas, en l'absence de plaquette, le filetage peut être protégé par une vis qui sert de bouchon.

Fig. 53



Fig. 55

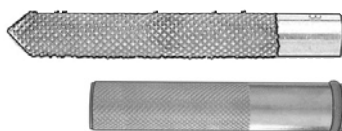
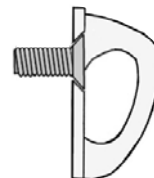
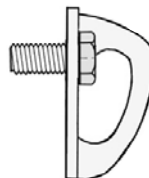


Fig. 54



Normes d'équipement

Déontologie

L'équipement permanent d'un site, dans son intégralité, de par le caractère définitif du matériel installé (scelllements chimiques le plus souvent) et sa vocation à usage collectif est une opération qui engage une grande responsabilité. Quel que soit le contexte dans lequel il est envisagé (que ce soit à l'initiative des collectivités publiques locales ou celle d'une structure fédérale), c'est une opération sérieuse qui doit être entreprise par des équipiers compétents (entreprise professionnelle, professionnels du secteur ou cadres fédéraux de clubs locaux), qui connaissent parfaitement le site, et la meilleure façon de l'équiper compte-tenu des variations du niveau d'eau prévisibles. Ce genre d'opération devrait d'ailleurs pouvoir se faire systématiquement en concertation avec les différentes catégories d'utilisateurs concernés car dans tous les cas, même si, pour des questions de responsabilité, ce travail est confié à une structure professionnelle, il est certain que les représentants du milieu associatif (où figurent des équipiers très compétents), seront volontaires pour apporter leur soutien et contribuer à l'élaboration de l'équipement.

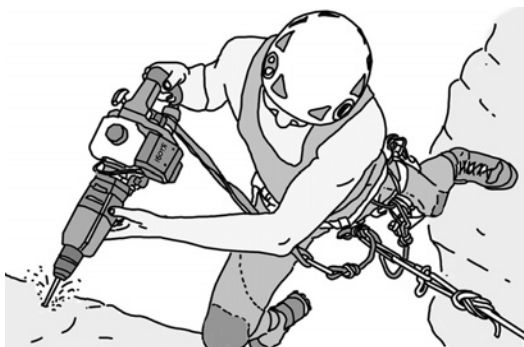
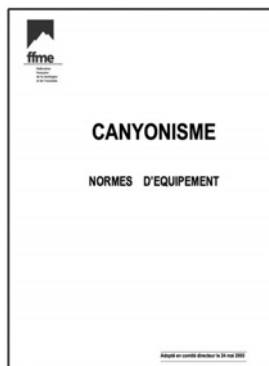


Fig. 56



Dans tous les cas, l'installation des ancrages (fig. 56) nécessite de la rigueur, de la réflexion et le respect des règles de l'art (choix du matériel, utilisation des produits, choix des emplacements, conception des amarrages, prise en compte des risques de crues). Il convient également de tenir compte des recommandations fédérales, de respecter les normes d'équipement élaborées par la Fédération délégataire ainsi que des préconisations et réglementations éventuelles rattachées au site en particulier ou à l'équipement en général dans la région.

Norme d'équipement

La norme d'équipement éditée par la Fédération délégataire pour l'activité, en concertation avec les autres fédérations et les syndicats des professionnels, a pour but de définir l'aménagement et l'équipement des espaces, sites et itinéraires de pratique pour la descente de canyon. Elle s'appuie sur différents articles de loi sur le sport ainsi que sur les normes européennes en vigueur dont la norme NF EN959 les équipement d'alpinisme et d'escalade et plus particulièrement les amarrages pour le rocher.

Elle précise notamment :

- le type d'acier utilisable
- les critères de construction
- la capacité de résistance
- le marquage et les informations à fournir



Parmi les points qui caractérisent la norme d'équipement en canyon, on peut citer :

Caractéristiques des amarrages

Les amarrages doivent être conformes aux exigences de la norme européenne NF EN 959 du 20 juin 2005.

Le système de fixation de chaque amarrage dans le rocher doit avoir une résistance de :

- 2500 daN au cisaillement
- 1500 daN en traction.

Matériel préconisé :

- broches inox de 10 mm de diamètre ou plus (exemple Petzl Collinox ou Batinox, Fixe inox, Raumer superstar) conformes aux exigences de la norme NF EN 959 fixées par scellement chimique adapté au milieu humide ;
- système d'expansion /coincement, conforme aux exigences de la norme NF EN 959 (exemple goujons inox de 10 mm ou plus, de longueur minimale 100mm, avec plaquette type cœur inox);- chaînes en acier inoxydable, ou traitées contre l'oxydation, de préférence mousquetonnables, d'une résistance minimale de 2500 daN ;
- maillons rapides inox de 10 mm conformes aux exigences de la norme NF EN 12275.

Autres types d'équipement

Indépendamment des trois contextes d'équipement présentés précédemment, on peut aussi être amené à choisir du matériel d'équipement de meilleure qualité que celui utilisé en exploration, sans pour autant avoir recours aux scellements chimiques d'amarrage tout inox. C'est notamment le cas lorsqu'on est subventionné pour l'achat du matériel et que l'on équipe un canyon qui ne fait pas l'objet d'un plan d'aménagement (à l'initiative d'un club local par exemple) ou que l'on s'apprête à ouvrir un canyon dont on est certain de l'intérêt.

Il est possible, dans ce cas, d'utiliser des goujons inox de 10mm (fig. 57) associés à des relais assemblés en usine et plaquettes en acier traité contre la corrosion (fig. 58 à 62).

Ce matériel, en raison de son poids, de son encombrement et de son coût, est inadapté en exploration. De plus, ce matériel est bien moins contraignant à installer que les scellements chimiques. Il présente l'avantage d'être utilisable immédiatement et, malgré tout, placé à l'abri des crues, il peut rester fiable pendant très longtemps.

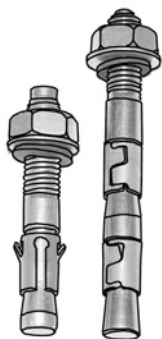


Fig. 57



Fig. 60



Fig. 58



Fig. 62

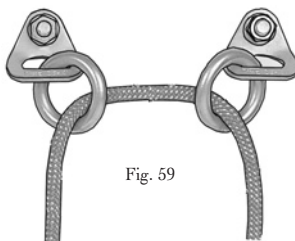


Fig. 59

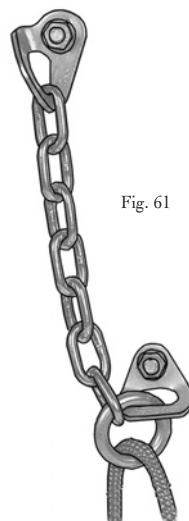


Fig. 61

Les moyens techniques disponibles

La pose d'ancrages artificiels requiert systématiquement du matériel plus ou moins conséquent pour son installation. Ces moyens techniques sont donc un paramètre déterminant en terme de possibilité d'équipement ou de choix d'ancrages.

pitons	Marteau
chevilles auto-foreuses	Marteau, tamponnoir, tuyau à souffler, clef
Lunule artificielle	Perforateur, foret, crochet, marteau
chevilles à frapper	Perforateur, forets, marteau, outil de pose, tuyau à souffler
goujons, chevilles à visser	Perforateur, forets, marteau, clef, tuyau à souffler
broches, tous scellements	Perforateur, forets, marteau, burin, chiffon, dégraissant, tuyau, brosse, écouvillon, accessoires divers

Dans la plupart des cas, l'emploi d'un perforateur (fig. 63) est souvent indispensable. Sans cet outil précieux, les possibilités d'équipement artificiel se limitent pour l'essentiel à la pose de chevilles auto-foreuses (fastidieuses à installer) ou des pitons tributaires de la présence de fissures (aléatoires en canyon). Pour la pose d'équipements en canyon, on utilise deux types de machines bien différentes :

- les perceuses à percussions (le plus souvent électriques)
- les perforateurs (électriques ou à moteur à essence).

Dans tous les cas, les perforateurs et perceuses à percussion autonome occasionnent des contraintes de transport. Fragiles, onéreux, parfois lourds, il convient de les protéger de l'eau et des chocs. En ouverture de site, n'étant pas à l'abri d'une panne, on est, du reste, contraint de transporter du matériel d'équipement de secours (pitons, chevilles autoforeuses, marteau/tamponnoir).

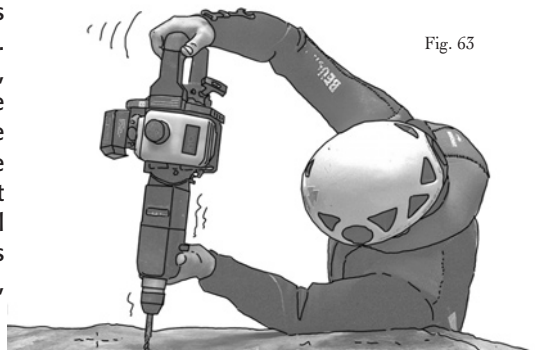


Fig. 63

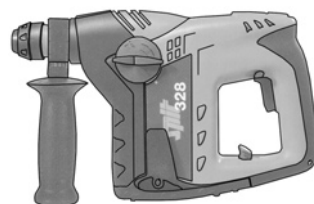
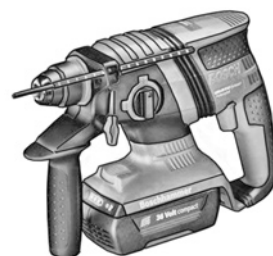
Les perceuseuses et perceuses à batterie

Il existe de nombreux modèles de perceuseuses et perceuses à percussion électroportatifs (fig. 64) dont les caractéristiques et les coûts permettent de répondre à toutes les demandes. Cela dit, si la gamme des perceuseuses et perceuses électriques est extrêmement variée et en progrès constant, entre les modèles professionnels haut de gamme et le petit outillage électroportatif les prix sont, tout comme les performances, sans commune mesure.

Les machines électriques ont l'avantage de démarrer instantanément et sont moins capricieuses que les machines thermiques. Les accumulateurs, en constante évolution, confèrent sur les machines haut de gamme récentes suffisamment de ressources pour équiper l'intégralité d'un canyon de grande envergure. L'autonomie du perceuseur peut être améliorée par l'emploi de batteries supplémentaires d'origine (souvent très chères).

On peut aussi effectuer un branchement extérieur, permettant de le raccorder, au moyen d'un fil électrique, sur des batteries standards moins onéreuses. Celles-ci, transportées à part, ont l'avantage de délester le perceuseur. Ce principe est également proposé par certaines marques de matériel, comme Hilti par exemple. Toutefois, l'emploi d'un accumulateur supplémentaire augmente considérablement le poids du matériel d'équipement. Son rapport poids / rendement finit par devenir moins intéressant que celui d'un perceuseur thermique. Au final, par rapport aux machines thermiques, les perceuseuses électriques dans leur ensemble, sont moins bien adaptées aux travaux d'équipements intensifs ou de longues durées (enchaînement des séances ou équipement d'un grand nombre de lunules de gros diamètres). Leur autonomie est limitée par la capacité de l'accumulateur qui, lorsqu'il est vide, nécessite une prise de courant ... et du temps pour être rechargé.

Fig. 64



Lorsqu'on s'apprête à équiper des canyons situés dans des régions non alimentées par un réseau électrique comme cela peut être le cas dans certaines régions situées à l'étranger, l'utilisation d'un perceuseur électrique (fig. 65) peut donc s'avérer plus problématique. A savoir également que les performances des accumulateurs d'énergie, diminuent avec le temps et que certains types d'accumulateurs nécessitent des précautions d'usage pour optimiser leur rendement dans le temps.



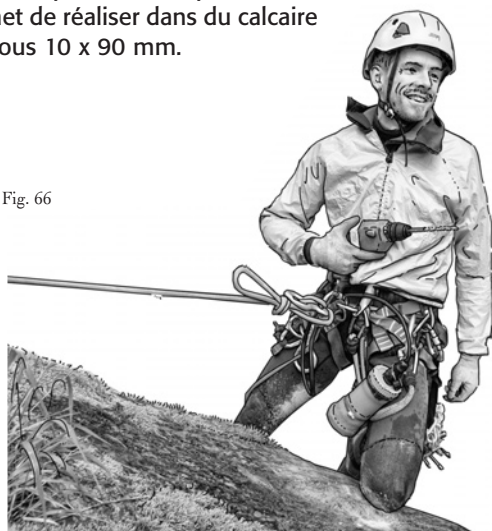
Fig. 65

A noter enfin que les perceuses électriques sont les seules qui permettent de disposer d'un matériel de forage léger et maniable, bien adapté aux petits travaux comme la pose des vis goujons de 8 mm ou encore celle des vis à béton de petit diamètre (forage à 6 mm).

En outre, en puisant dans la gamme de matériel électrique de faible encombrement, il est possible de se confectionner à moindre coût (exemple fig. 66) une perceuse électrique étanche (enveloppée de latex) avec un accu déporté, le tout pour moins de 2 kg et dont l'autonomie permet de réaliser dans du calcaire dur 45 trous 6 x 50 mm ou 14 trous 10 x 90 mm.



Fig. 66



Le perforateur à essence

Le perforateur thermique souvent plus lourd et plus encombrant, a l'avantage d'une plus grande autonomie (fig. 67 à 69) puisqu'il fonctionne aussi longtemps qu'il est possible de l'alimenter en carburant (fig. 70).

En revanche, sa mise en marche est plus contraignante; parfois plus capricieuse et sa fiabilité moins sûre. Il est plus sensible aux embruns fréquents en pied de cascade qui sont susceptibles

d'imbiber la mousse, faisant office de filtre à air. Ce filtre à air a tendance à faire éponge, nécessitant un essorage fréquent. De plus, le perforateur thermique doit être régulièrement entretenu (nettoyage du filtre et de la bougie). Prévoir également une petite trousse d'entretien comportant un tournevis, une bougie de rechange et une clef à bougie, une petite brosse et un chiffon.

Par ailleurs, il doit être transporté dans un conteneur étanche résistant à la chaleur dégagée par le moteur. Le gabarit des (anciens) perforateurs Ryobi (fig. 67) est compact et se prête facilement aux conditions de transport en canyon à condition de supprimer la poignée et le trépied.

Le perforateur thermique trouve tout son intérêt dans l'équipement des canyons de grande envergure nécessitant la pose de nombreux ancrages. Il est également adapté lorsqu'on se trouve à l'étranger et dans des régions isolées où il n'est pas possible de recharger des accumulateurs qui de toute façon ont un rendement limité dans le temps.



Fig. 70

Fig. 67

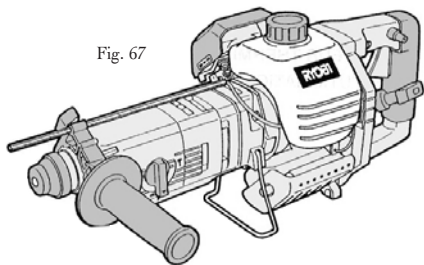


Fig. 68

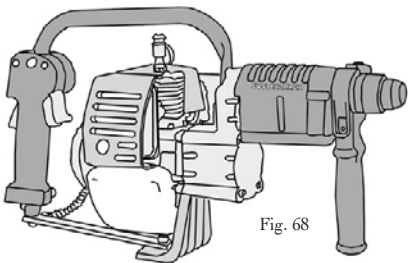
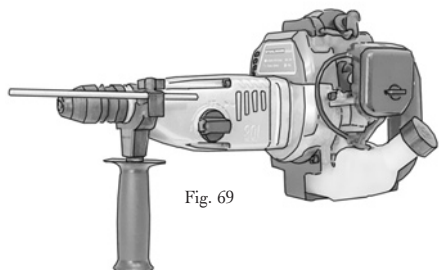


Fig. 69



Différence entre un perforateur et une perceuse à percussion

La perceuse à percussion est munie d'un dispositif mécanique à friction dont les dents s'entre-choquent, lorsqu'on applique une pression sur le foret. Ces chocs produisent des secousses longitudinales dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse de rotation du foret et dont l'intensité dépend de la pression exercée sur la perceuse. Si la fréquence de frappe d'une perceuse est jusqu'à cinq fois plus rapide que celle d'un perforateur, il est cependant nécessaire de fournir un effort continu et parfois important pour que le foret puisse attaquer la roche. En revanche, les perceuses à percussions à batterie (fig. 71) ou thermiques (fig. 72) permettent d'attaquer la roche avec précision et délicatesse, contrairement au perforateur plus brutal. Les perceuses à percussions sont bien adaptées pour l'équipement dans les roches de dureté moyenne et les travaux ne nécessitant pas d'efforts importants et très longs.

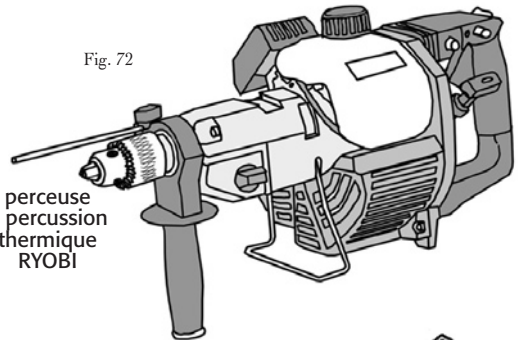
Fig. 71

perceuse à
batterie
Berner et
Würth



Fig. 72

perceuse
à percussion
thermique
RYOBI



Le perforateur est conçu pour un usage plus intensif. Il est muni d'un dispositif à piston pneumatique (fig. 73) qui propulse continuellement une masselotte métallique agissant directement sur le foret, tel un marteau. L'inertie du piston frappeur sera d'autant plus efficace que la pression exercée sur le foret est modérée, lui laissant toute la latitude nécessaire pour prendre de la vitesse, rebondir avec force et entrer en raisonance.

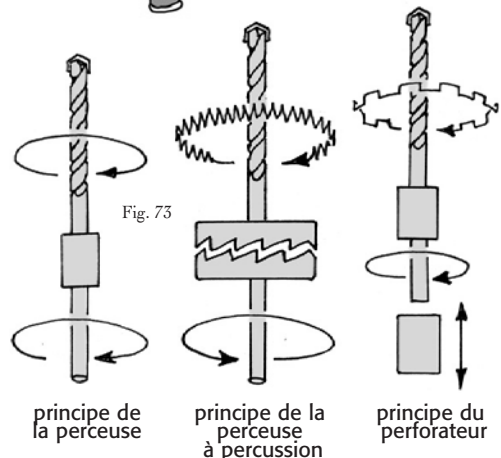


Fig. 74



Le dispositif pneumatique du perceur assure un meilleur confort de travail car il absorbe les secousses et il n'est pas utile d'appuyer fortement sur le perceur car il travaille bien mieux tout seul.

Le perceur (surtout électrique, car moins lourd) est donc mieux approprié lorsqu'on doit percer dans une position délicate comme l'équipement d'une main-courante à bout de bras (fig. 74), ou bien, suspendu sur corde, sans appui ou maintenu par un crochet "goûtte d'eau" sous un surplomb, ou encore décalé de la verticale ; car dans ces cas, il est souvent difficile d'exercer une pression forte sur la machine.

L'efficacité d'un perceur est aussi en grande partie tributaire de la qualité des forets utilisés (fig. 75). Entre un modèle bas de gamme et un modèle professionnel il y a autant de différences de qualité que de prix. Les fabricants rivalisent d'ingéniosité pour proposer des forets toujours plus performants et certains modèles disposent de technologies de fabrication sophistiquées qui font la différence comme, par exemple :

- tête en croix, ou en U, munie d'ergots supplémentaires, ou à géométrie ouverte, pour une évacuation et une performance optimale, ainsi qu'un meilleur guidage ;
- double rampe ou rampe étagée destinée à réduire les frottements, accélérer l'évacuation des poussières et accroître la vitesse de perçage ;
- qualité des matériaux, traitements et finitions du produit pour une plus grande longévité.

Ne pas hésiter à investir dans des forets de très bonne qualité. Plus onéreux à l'achat, ils permettent une importante économie d'énergie et réduisent d'autant le temps de perçage.



Fig. 75



Influence de la roche sur l'équipement

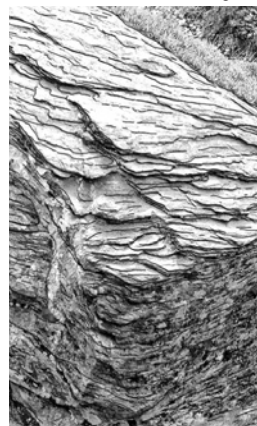
Les canyons sont susceptibles de traverser toutes sortes de roches, des plus dures (calcaires du sud-est, certains granites ou quartzites) aux plus tendres (mollasses, marno-calcaires, conglomérats, etc...). La nature géologique du canyon peut s'avérer plus ou moins favorable à la présence d'amarrages naturels ou encore, plus ou moins propice à la pose des points d'ancrage de par sa structure (composition minéralogique) ou sa texture (modifications liées à des facteurs dynamiques). La nature géologique du terrain conditionne donc en grande partie les possibilités d'équipement et il est important d'en tenir compte lors de la préparation du matériel : modèles d'ancrage, nombre de forets, réserve d'énergie, trousse d'équipement de secours.

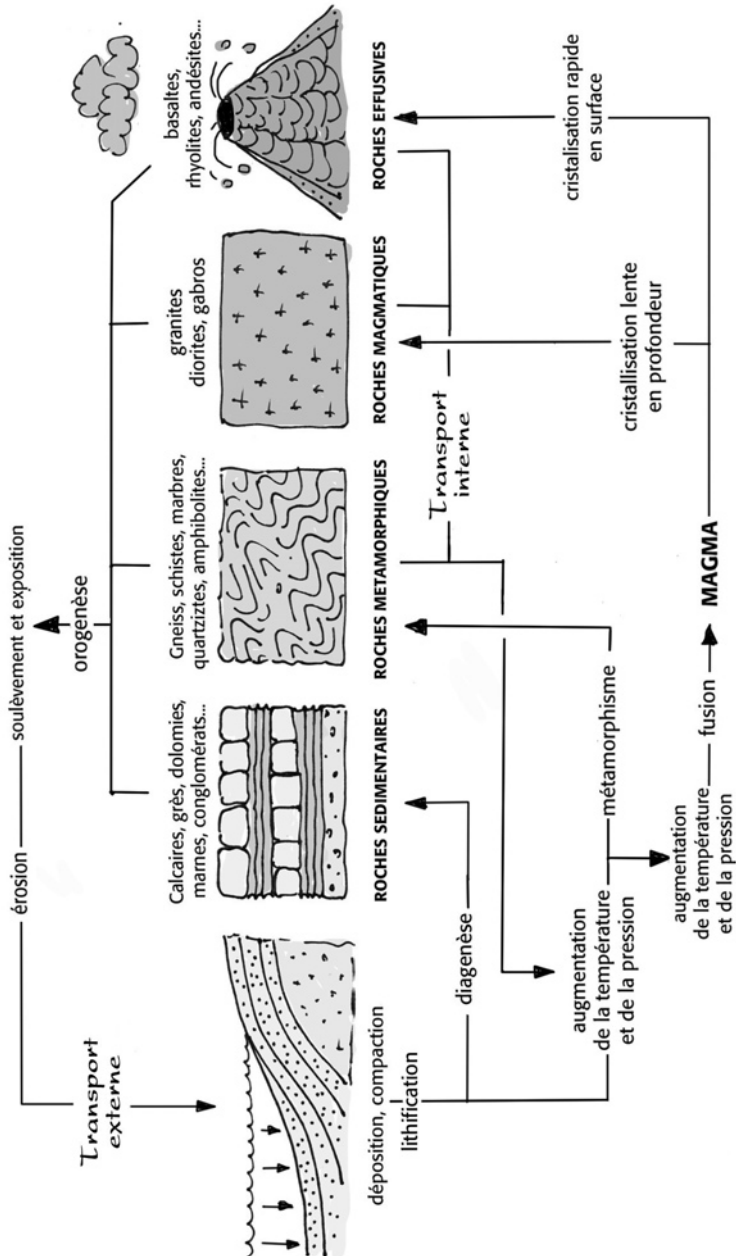
La genèse des roches

La diversité des roches qui constituent les massifs montagneux sont le résultat d'un cycle perpétuel (fig. 76), extrêmement lent, qui, à l'échelle planétaire, transforme en permanence les roches existantes (le cycle lithogénique). Parmi les phénomènes qui alimentent ce cycle, on retrouve :

- les conditions de mise en mouvement des masses rocheuses liées aux mouvements des plaques tectoniques à la surface du globe qui peuvent provoquer l'élévation des roches, (orogénèse), l'enfouissement des roches en profondeur ou encore l'infiltration ou l'épanchement extérieur des roches en fusion ;
- les conditions de formation des roches (genèse) qui comprennent en simplifiant, le processus sédimentaire, métamorphique et magmatique ;
- les phénomènes d'érosion (fig. 77) qui comprennent :
 - l'altération des roches, notamment par les agents atmosphériques (écarts de température, gel, pluie), les organismes vivants ou encore les phénomènes de dissolution chimique ;
 - le transport des matériaux (vents, ruissellements, rivières, avalanches, éboulements, glaciers ;
 - le dépôt et l'accumulation (sur terre ou sous l'eau) des fragments de roches, de végétaux ou de coquillages.

Fig. 77





Suggestion de présentation (simplifiée) du cycle des roches

Fig. 76

Classification des roches :

Les roches magmatiques (aussi appelées roches ignées ou endogènes) représentent environ 94% des roches qui constituent la croûte terrestre. Ces roches trouvent leur origine dans la solidification du magma en provenance des profondeurs de la terre. Le magma est issu de la fusion des roches solides pré-existantes qui peuvent provenir de l'écorce terrestre ou, plus en profondeur, du manteau. La fluidité, les mouvements magmatiques ainsi que le type de roches qui en résulte, dépendent en partie de l'origine des matériaux fusionnés et de la manière dont le magma sera ensuite amené à se refroidir.

On distingue trois familles de roches magmatiques :

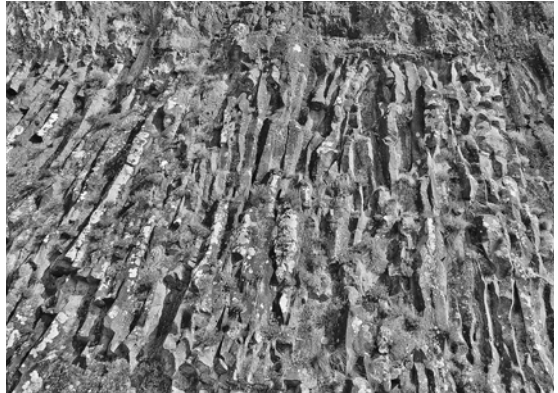
- les roches magmatiques de type plutonique ou intrusives, qui ont refroidi lentement au cours de leur remontée, sans dégazage, et ont cristallisé à des profondeurs plus ou moins importantes. Ces roches, entièrement cristallisées, peuvent présenter une texture homogène à grain fin ou irrégulière à grain grossier (granite). les roches plutoniques forment des massifs rocheux souvent profonds et de grandes envergures ;

- les roches magmatiques de type filonienne situées entre les roches volcaniques et plutoniques, se forment dans des conditions de température et de pression moyennes. Ce magma a cristallisé de façon plus rapide et à de faibles profondeurs, dans la croûte terrestre ou au cours de son ascension vers la surface; il a subi un dégazage partiel et forme des masses rocheuses beaucoup moins volumineuses ;

- les roches magmatiques de type volcanique (appelées couramment effusives ou extrusives) tels les basaltes (exemple fig. 78) ou la pierre ponce. Ces roches expulsées brutalement à la surface de la terre, sous forme de coulées ou de projections accumulées, ont refroidi rapidement et présentent souvent un aspect vitreux.

prismes basaltiques

Fig.78



Les roches sédimentaires : représentent une très faible partie de la croûte terrestre (environ 6%). Elles se forment sur terre ou sur les fonds lacustres ou les fonds marins.

On distingue :

- les roches détritiques formées à partir de l'accumulation de débris issus des roches et des sols (conglomérat, brèche, grès, argiles) ;
- les roches d'origine biochimique constituées par les restes d'organismes vivants comme les squelettes et les coquilles d'animaux marins qui forment, par exemple, le calcaire ;
- les roches d'origine physico-chimique issues de la précipitation des minéraux contenus dans l'eau comme l'évaporation d'eau salée, la précipitation des cristaux contenus dans les eaux thermales ou encore, la précipitation du carbonate de calcium en milieu calcaire).

La sédimentation (diagenèse) s'effectue par un phénomène de compression et par réaction chimique. Les roches sédimentaires présentent souvent un aspect lité (couches fines) ou stratifié (couches distinctes plus ou moins épaisses) et renferment souvent des restes organiques. Elles peuvent être tendres (argile, marne) ou dures (calcaire) et leur grain peut être fin (craie), moyen (grès) à grossier (conglomérats, brèches).

Les grès forment des strates massives et étendues, les calcaires (fig. 79) des strates plus ou moins épaisses de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres et les argiles schisteuses des couches généralement fines et resserrées.

Fig. 79



Les roches métamorphiques : comme le gneiss, l'ardoise, les schistes ou encore les micaschistes sont constitués d'anciennes roches d'origine sédimentaire, ignée ou métamorphique ayant subi une transformation sous l'effet de réactions physico-chimiques dues à une augmentation de la pression et/ou de la température (fig. 80).

Le métamorphisme peut se produire lors de l'accumulation des matériaux (augmentation de la pression lors de l'empilement des couches successives) ou bien lors de bouleversements comme la dislocation de la croûte terrestre et la formation des montagnes (métamorphisme régional). Le métamorphisme

peut également se produire lorsque la roche s'enfonce dans les profondeurs de la terre (mouvement tectonique) ou encore, au contact de remontées de magma (métamorphisme de contact) qui transforment le calcaire en marbre, par exemple.



Fig. 80

équipement dans une roche métamorphique dure
canyon de Pekke Khara-Chaco - Bolivie



Bref,
en terme d'équipement
au moyen d'ancrages artificiels,
deux aspects de la nature de la roche
nous concernent en premier lieu :

- sa résistance mécanique ,
- sa composition, structure ou texture particulière.

La résistance mécanique de la roche

La résistance mécanique d'une roche caractérise sa capacité à supporter une pression. Cette résistance varie selon sa composition minéralogique, sa texture, sa structure et l'état de la roche. Elle se mesure donc, après écrasement d'un échantillon de roche de forme cylindrique sous une presse, et s'exprime en bar au cm² ou le plus souvent en Méga Pascal : 1MPa = 10 bars.

En matière d'équipement, plus la roche est résistante, plus elle est difficile à percer. Elle nécessite alors un matériel de forage adapté (efficacité du perforateur, qualité de la mèche, ressource énergétique). Par contre, plus la roche est résistante, plus elle est apte à supporter les contraintes liées à l'utilisation d'un ancrage, ce qui permet d'en diminuer sa profondeur utile et de rendre opérationnel (fig. 81) un plus grand nombre de modèles notamment les plus courts qui ne font pas plus de 3 cm de long.

Résistance à la compression en bars/cm²:

Roches sédimentaires :

Schistes	200 à 800
Dolomies	700 à 900
Calcaires compacts	600 à 1000
Grès	680 à 1025
Quartzites	2250 à 3600

Roches métamorphiques :

Micaschistes	350 à 1100
Serpentines	1400 à 2500
Gneiss	1600 à 2800
Amphibolites	1700 à 2800

Roches magmatiques :

Porphyres	1300 à 2400
Granites, syénites	1600 à 2500
Gabbros, diorites	1700 à 3000

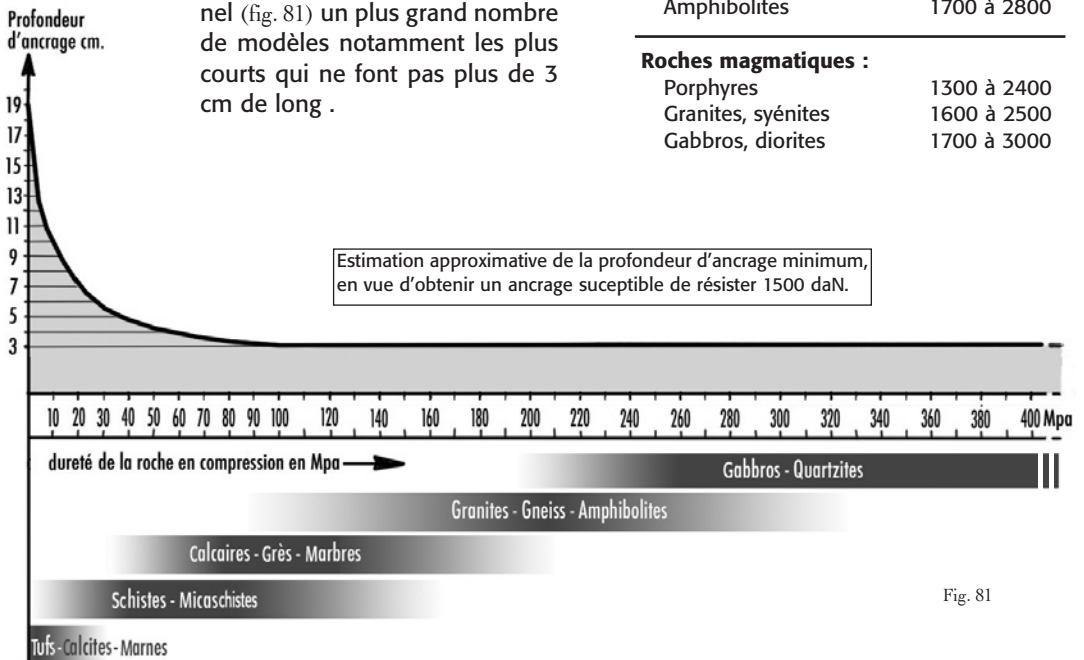
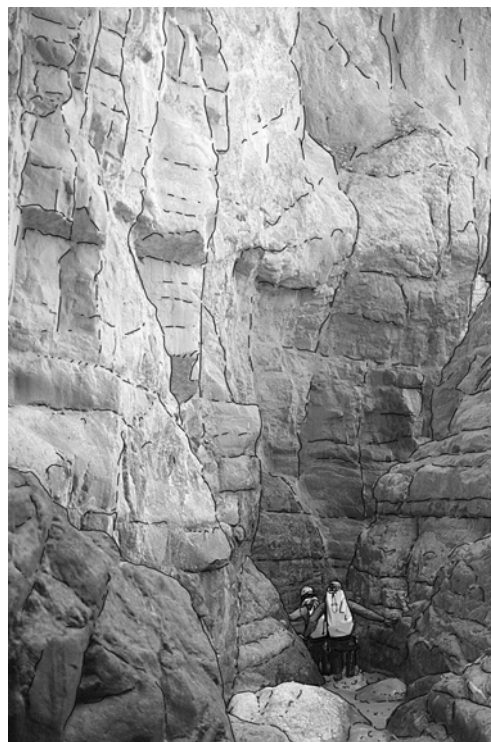


Fig. 81

Les roches les plus tendres, faciles à percer, sont paradoxalement plus problématiques à équiper, car elles nécessitent des profondeurs d'ancrage plus élevées afin de répartir les contraintes dans un volume de roche plus important. Les plus fragiles de part leur texture ou leur structure limitent surtout le choix des modèles d'ancrage compatibles. La plupart des canyons (fig. 82) sont situés dans des roches dures. Les granites, gneiss et les calcaires durs tels que l'Urgonien, dans lequel est creusée la partie supérieure du canyon des Ecouges dans le Vercors, ont des résistances avoisinant 1000 bars/cm². Certaines très dures peuvent dépasser 3000 bars/cm². Les calcaires et grès moyens se situent entre 450 et 800 bars/cm². La résistance d'une roche peut varier considérablement suivant la taille des grains qui la composent. En général, plus le grain est fin, plus la roche est résistante. Par comparaison, le meilleur des bétons susceptibles d'être employés couramment a une résistance de l'ordre de 50 MPa environ (500 bars/cm²). Certaines roches sédimentaires ou détritiques (ardoise, argile dure, molasse, marno-calcaire ; ex : canyon des hirondelles, vallée du Grésivaudan) peuvent se révéler beaucoup plus fragiles et descendre en dessous de 150 bars/cm². Dans les plus tendres, le profil de canyon est très caractéristique (gorge ouverte, forme évasée et facilité de percage très révélatrice) ; la végétation est souvent très présente. La résistance d'une roche est donc extrêmement variable; de plus, en terrain sédimentaire, on n'est jamais à l'abri d'une surprise lors d'un changement de strate (changement rapide de faciès) ou d'une particularité géologique très localisée à laquelle, confinement du milieu oblige, il faudra s'adapter.

voir également les contraintes appliquées au rocher cahier n° 5

Fig. 82



Traversée des couches de calcaire dur
canyon de Taria (Maroc)

L'état de la roche.

La résistance mécanique d'une roche dépend également de l'état dans lequel elle se trouve. En effet, les roches peuvent être exposées à des altérations d'origine physique (désagrégation mécanique par fragmentation) ou chimique (modification liée notamment au contact de l'eau). Ces altérations peuvent être plus ou moins importantes et pas toujours visibles au premier coup d'oeil. La zone impactée par ces altérations peut être superficielle (quelques cm²) et localisée ou plus étendue et en profondeur à l'échelle du massif. Parmi ces altérations, on retrouve les contraintes mécaniques liées aux mouvements tectoniques qui font bouger les roches en place et provoquent, par phénomène de torsion, de compression ou d'étirement, des zones de fracturations profondes et des zones de fissurations plus ou moins denses (fig. 83). Les bordures de massifs rocheux exposées au vide telles les parois d'un canyon, subissent également des phénomènes de décompression qui contribuent à la formation de fractures et de micro-fissures.

Les variations de température peuvent également être à l'origine d'une altération de la roche par fragmentation. Les écarts des températures entraînent des phénomènes de dilatation et de contraction incessants qui occasionnent une fissuration de surface et finissent par provoquer l'éclatement du rocher (formation d'éboulis). Cette fracturation est d'autant plus rapide que la roche comporte différents types de minéraux n'ayant pas le même coefficient de dilatation.



Fig. 83

Les phénomènes de gélifraction sont également répandus et importants dans les régions humides et pluvieuses où la température descend régulièrement en dessous de 0°. L'eau peut pénétrer dans une roche par le biais des fissures existantes, ou par le phénomène d'imbibition lorsqu'elle est poreuse (un peu comme une éponge ou une craie qui absorbe l'eau au fond d'un verre). Le coefficient d'imbibition quantifie la capacité d'une roche à absorber de l'eau; il est en grande partie tributaire de la porosité. Ce coefficient est généralement inférieur à 5% avec les roches compactes comme le Basalte, le Granite, le

Gabbro le Gneiss ou encore le calcaire compact ou les Dolomies. En gelant, l'eau augmente de volume et provoque une désagrégation de la surface rocheuse par éclatement ou une fracturation des blocs par dilatation des fissures.

La plupart des roches sont plus ou moins poreuses et susceptibles d'absorber de l'eau. Le coefficient de porosité indique le pourcentage de vide d'une roche. Il est généralement inférieur à 2% pour les roches compactes telles que les Basaltes, Granites, calcaires compacts (fig. 84) et Gneiss. En revanche, le coefficient de porosité du grès est compris entre 7 et 34% en moyenne et 20 à 30% dans les calcaires caverneux ou le tuf (roche spongieuse). Les roches qui présentent un coefficient de porosité élevé sont moins résistantes, plus délicates à équiper et susceptibles de se dégrader plus rapidement.

À noter également que les parois rocheuses exposées aux embruns marins subissent aussi des altérations de surface provoquées par l'action des cristaux de sel qui, en plus, accélèrent de façon spectaculaire le vieillissement des ancrages par corrosion.

Fig. 84



Particularités de certaines roches volcaniques

Les roches d'origine effusives présentent généralement des textures massives et des résistances mécaniques élevées. Elles se caractérisent aussi par une forte abrasivité susceptible de détériorer rapidement les cordes en cas de frottement. La texture de certaines de ces roches peut être modifiée par la présence de gaz lors du durcissement de la lave et provoquer la formation de vacuoles (poches vides de taille plus ou moins régulière, pouvant se former à l'intérieur de la roche). Ces vacuoles peuvent aussi se combler, par la suite, de minéraux précipités à partir de gaz et fluides volcaniques ou d'eau de pluie d'infiltration. Sous forme de minuscules bulles (fig. 85), ces vacuoles peuvent occuper en grande partie le support et réduisent considérablement la résistance mécanique de la roche et la tenue des ancrages mécaniques.

Fig. 85

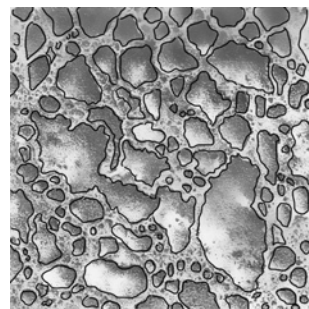
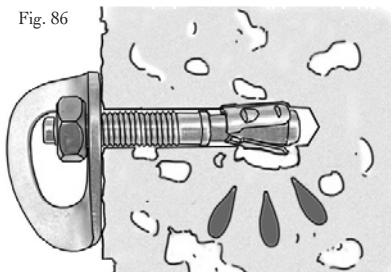


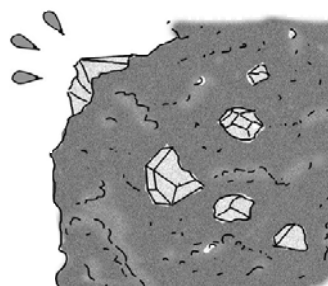
Fig. 86



Il n'est pas non plus impossible d'être confronté lors du perçage, à la présence d'une vacuole isolée de taille plus ou moins grande et invisible. Se méfier donc de tout changement de résistance lors du perçage (fig. 86). L'une des solutions, pour l'équipement, consiste dans ce cas à utiliser des ancrages scellés chimiquement au moyen d'un pistolet à injection susceptible de combler ce vide.

Les roches effusives sont également susceptibles de renfermer des cristaux de grandes dimensions (tel que les cristaux d'olivine). Ces inclusions de cristaux peuvent également se trouver dans d'autres types de roche d'origine magmatique comme le granite, qui peut aussi comporter des enclaves de gros cristaux de feldspath. Ces cristaux, ou association de cristaux de tailles plus ou moins importantes (fig. 87) peuvent être une gêne pour la pose d'équipement à cause de leur dureté, mais surtout, en cas de cassure de la roche, ou de déchaussement de bloc, certains de ces cristaux peuvent affleurer à la surface et constituer des arêtes vives susceptibles d'endommager les cordes en cas de frottement.

Fig. 87



A noter aussi que le magma riche en silice, lorsqu'il durci rapidement peut quelquefois, former un véritable verre naturel extrêmement dur et cassant (obsidienne) qui peut présenter des arêtes vives et donc tranchantes pour les cordes lorsque des blocs de roche se fracturent et se disloquent.

Fig. 88



La présence de prismes basaltiques (fig. 88) de forme hexagonale (les orgues de basalte) consécutifs au refroidissement brutal d'une pâte vitreuse où les cristaux n'ont pas eu le temps de se différencier, sont également une des particularités des roches volcaniques qui complique la pose d'équipement. Ces prismes, indépendamment de leur dureté excessive, présentent des arêtes vives de part leur géométrie. Lorsque ces prismes sont fissurés, les parties apparentes peuvent se disloquer facilement.

Lorsque ces coulées basaltiques se décompriment latéralement (à la suite d'un creusement de vallée notamment) la jointure de ces prismes présente alors un décollement permettant quelquefois de placer un piton ou un coin.

Les canyons creusés dans les massifs volcaniques sont également susceptibles de présenter des alternances de couches fragiles composées en grande partie (fig. 89) de cendres volcaniques (cinérites). Lorsque ces couches de cendre compactée sont mélangées aux couches de basalte, elles peuvent gêner la pose des ancrages. La proximité immédiate de ces cendres compactes mais fragiles, peuvent aussi affecter la résistance du rocher et donc réduire la tenue des ancrages situés en bordure (ébranlement rapide du rocher en cas de fissure).

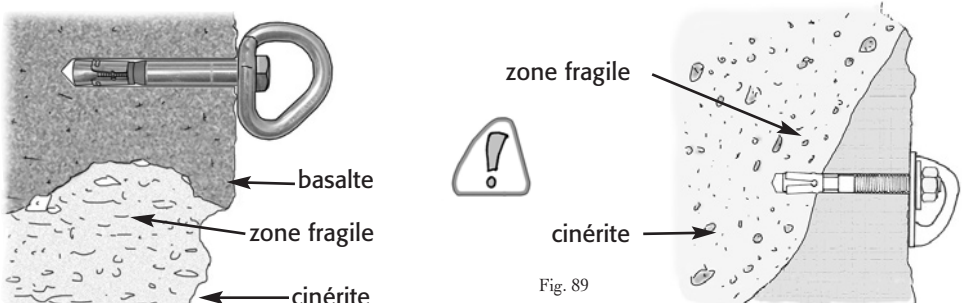


Fig. 89

De même, on peut se retrouver en présence de gros blocs de basalte (fig. 90) consécutifs aux phénomènes de projection explosive (bombe volcanique) qui se retrouvent prisonniers dans cet environnement de cendre compacte (cinérite). Le problème étant que, bien souvent, l'analyse superficielle de la partie saine (basalte) ne permet pas d'évaluer ses dimensions en profondeur ni sa solidité générale.

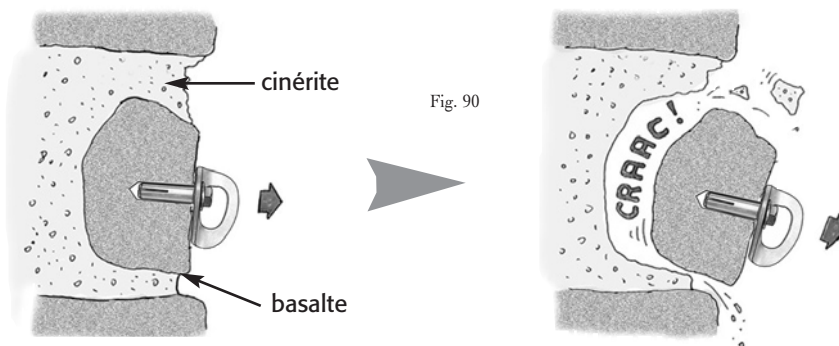


Fig. 90

Fig. 91



Descente en rappel dans les cendres volcaniques (partie supérieure du canyon du Gallion en Guadeloupe).

Parfois, ces cendres volcaniques mélangées avec des monceaux de basalte, peuvent s'accumuler (fig. 91) sur des épaisseurs importantes (plusieurs dizaines de mètres). Lorsque le canyon traverse ces couches (fig. 92) les cascades sont souvent impossibles à équiper et sont fréquemment exposées aux risques d'effondrement (exemple : partie supérieure du canyon du Gallion en Guadeloupe).

Fig. 92



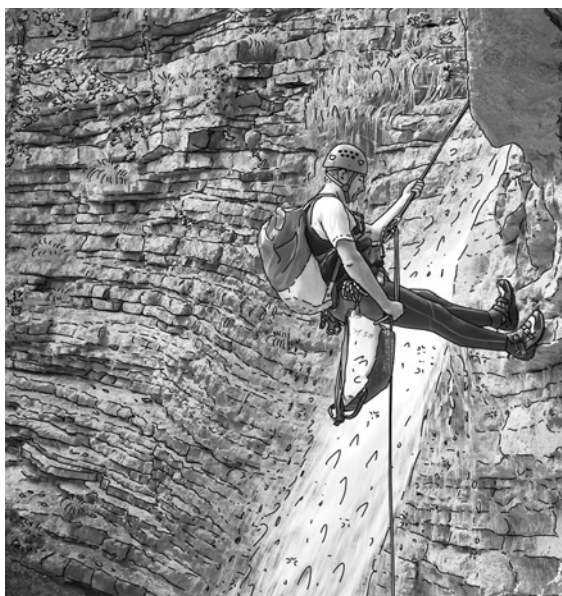
Particularités de certaines roches sédimentaires

Essentiellement d'origine biologique, les calcaires qui se constituent au fond des océans, des lacs et des fleuves par accumulation et solidification des matériaux (animaux, végétaux, débris) forment des strates plus ou moins solides et épaisses. Il existe une multitude de calcaires différents.

Dans les océans peu profonds et chauds, se forment les calcaires durs et compacts issus principalement de l'accumulation des débris de coraux, comme le calcaire urgonien, dans lesquels s'est creusé, en partie, le canyon des Ecouges dans le Vercors. A l'inverse, dans les océans froids et profonds, se forment des calcaires plus meubles et plus friables. Ces strates de calcaires sont ensuite plus ou moins disloquées, plissées et fissurées en fonction des contraintes tectoniques qui les ont mis en mouvement.

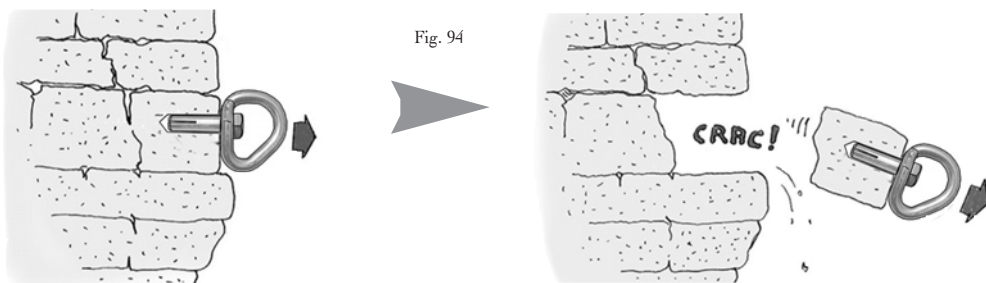
Les canyons creusés dans les calcaires sont des terrains de prédilection des amateurs de descente de canyon car l'érosion chimique, causée par l'eau, sculpte la roche de façon spectaculaire. Les couches de calcaire les plus épaisses (de l'ordre de 10 à 100m) sont celles qui posent le moins de problèmes en terme d'équipement. Si les amarrages naturels y sont rares et les canyons bien souvent parmi les plus engagés, le rocher, même s'il a été bousculé à l'échelle du massif, présente des grandes parois homogènes qui sont faciles à équiper. A l'inverse, plus les strates de calcaire sont fines (de l'ordre de 10 à 100 cm), plus elles sont malléables en cas de mouvement tectoniques. Leurs déformations en cas de plissement peuvent alors devenir importantes, occasionnant d'innombrables fissures (fig. 93) dans la roche.

Fig. 93



Cascade creusée dans une couche de calcaire sénonien à petits bancs (canyon de Pissarotte-Craponoz en Chartreuse)

Problèmes liés aux strates de faible épaisseur : indépendamment des difficultés liées au manque d'emplacements propices à l'installation des ancrages, les fissurations souvent importantes occasionnées sur les roches sédimentaires disposées en petits bancs fragilisent le rocher. Une fois disloqué, le rocher fracturé en morceaux risque (fig. 94) de ne plus être en mesure de retenir un ancrage sollicité en traction (phénomène du tiroir).



Problèmes liés aux dépôts de calcite : la dissolution du calcaire par l'eau, chargée de dioxyde de carbone, occasionne parfois des dépôts de carbonate de calcium (calcite) aux endroits où l'eau s'écoule. Ces dépôts qui s'accumulent par couches successives lorsque l'écoulement de l'eau est intermittent, peuvent recouvrir la roche sur des épaisseurs importantes (fig. 95).



Fig. 95

Cascade entièrement recouverte de calcite (canyon de Val d'Angouire, Verdon)

Ces couches de calcite sont susceptibles de gêner l'installation des équipements de descente, en raison de leur faible résistance et de leur fragilité, par manque d'homogénéité entre les couches superposées (rupture de la roche par plaques ou sous forme d'écailles lorsque les couches sont peu épaisses). A noter que la calcite (fig. 96) peut continuer à se déposer sur les équipements en place lorsqu'ils sont exposés aux embruns et au ruissellement.



Fig. 96

Fig. 97



Départ dans les cascades de tuf (canyon de Moulin Marquis, Vercors)

Lorsque ces dépôts de calcite s'accumulent en présence de végétaux, ils forment des cascades de tuf (fig. 97 et 98) appelés également travertins. Ces dépôts poreux, plus ou moins solides en fonction de leur densité en végétaux calcifiés, sont généralement recouvert de mousses et d'herbes. Le tuf peut recouvrir, de façon plus ou moins étendue, la roche mère d'une couche parfois épaisse et spongieuse. Ce dépôt particulièrement fragile

gène considérablement la pose des ancrages, car il faut impérativement trouver le moyen d'accéder à la roche saine, faute de quoi quasiment aucun ancrage ne tient solidement.



Fig. 98

Cascade de tuf (canyon de Val d'Angouire, Verdon)

Particularités liées à la structure de certaines roches

En canyon, les roches ayant un aspect feuilleté (fig. 99) sont souvent plus difficiles à équiper. Ces roches peuvent être d'origine sédimentaire, comme par exemple les argiles schisteuses (roches détritiques) qui peuvent se former dans les fonds marins ou lacustres en eau calme, par dépôts et sédimentation d'eaux chargées d'argiles qui forment un empilement de fines couches. L'aspect feuilleté d'une roche peut également être d'origine métamorphique. Lorsqu'une argile par exemple, à la suite de mouvements tectoniques, est soumise à une forte pression et à une température élevée, elle développe des fractures souvent très proches les unes des autres qui transforment la roche en plaques. Ces faiblesses appelées plans de schistosité sont utilisées notamment par les ardoisiers. Les plans de schistosité (fig. 100) se forment perpendiculairement à la contrainte ; ne pas confondre avec les strates d'origine.

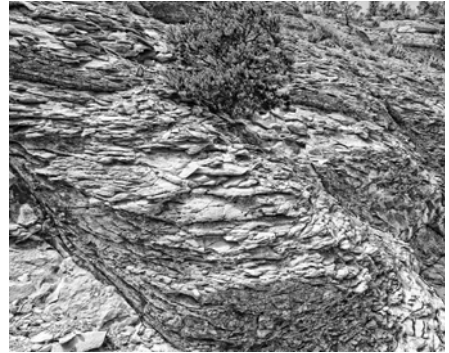
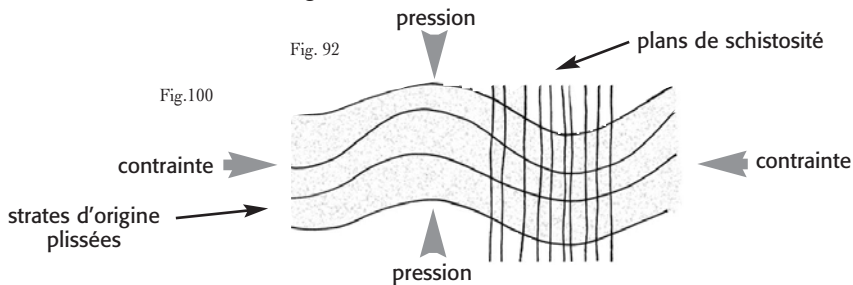


Fig. 99



Les roches feuilletées, couramment appelées schistes, sont des roches plutôt friables en dehors des zones d'écoulement d'eau. Elles posent souvent des problèmes pour l'équipement, en raison de leur faible résistance mécanique. Placés dans l'axe du plan de schistosité, la tenue des ancrages à expansion s'en trouve réduite car sous la contrainte de l'expansion, ces couches auront tendance à s'écarter plus facilement (fig. 101).

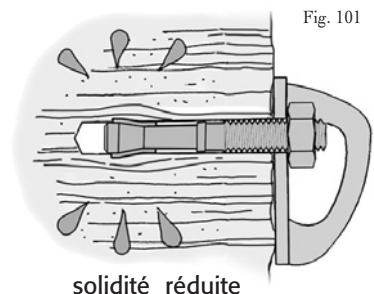


Fig. 101

La tenue des ancrages placés dans les roches shisteuses est donc meilleure lorsque ces ancrages sont placés perpendiculairement au plan de schistosité (fig. 102) ; pour les plus fragiles, il reste la solution du scellement chimique, au pistolet, de longues broches (fig. 103).

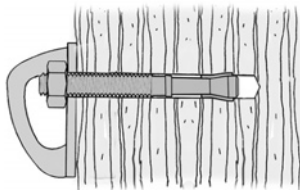


Fig. 102

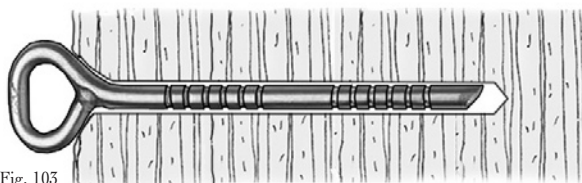


Fig. 103

A noter également que les bordures de dalle sont susceptibles de présenter une diminution de la résistance des ancrages liée à des phénomènes de rupture de la roche (fig. 104) favorisées par le glissement des plaques les unes sur les autres.

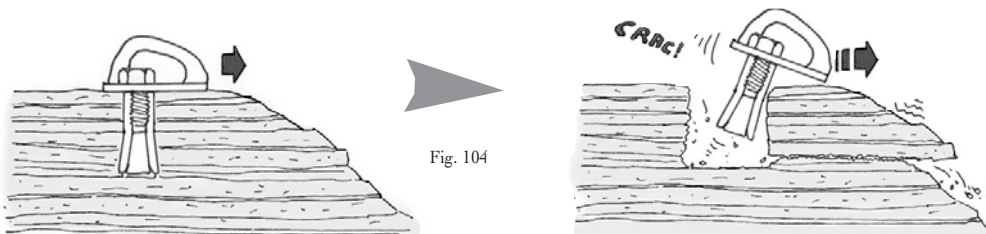


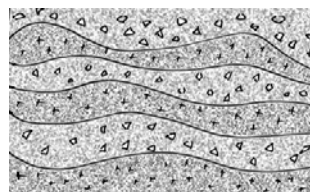
Fig. 104

En canyon, l'analyse du pendage dans ce type de roche n'est pas évident au premier abord. En général, seuls les plans de schistosité sont visibles. De plus, le fond de la gorge, constamment érodé par le passage de l'eau, peut présenter des bordures aux formes arrondies parfaitement lisses et polies, effaçant les traces de pendage.



Remarque : dans la famille des roches métamorphiques (transformées en profondeur par pression et chaleur) certaines présentent (fig. 105) un aspect litées (superposition de couches minces de cristaux différenciés) mais conservent une résistance mécanique très élevée. Toutefois, en milieu tropical (chaud et humide) ces roches peuvent être fragilisées par altération chimique causée par l'oxydation du fer ou dissolution du potassium qui les constituent.

Fig. 105



Les conglomérats (issues de la dégradation mécanique d'autres roches et composés de débris de roche dure, galets ou blocs de différentes tailles et de formes arrondies liés entre eux par un ciment naturel) (fig. 106) ainsi que les brèches (composées de blocs anguleux) (fig. 107) constituent des zones non homogènes, souvent très difficiles à équiper (fig. 108) en raison de leur texture aléatoire et de leur faible résistance mécanique.

Fig. 107

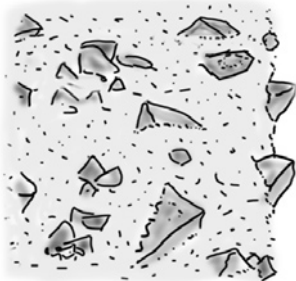


Fig. 106



Fig. 108

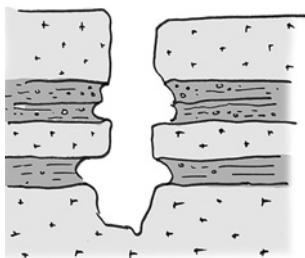
Équipement délicat dans les conglomérats lors de l'ouverture du canyon de Tamga situé dans le Parc du M'Goun - Maroc (exploration FFCAM 2009).

A noter, pour finir, que le problème lié aux inclusions, évoqué auparavant, avec les roches volcaniques, susceptibles d'endommager rapidement les cordes, peut apparaître aussi avec les roches sédimentaires lorsqu'elles comportent, par exemple, des morceaux de silex (roche très dure).

Influence de la roche sur le profil du canyon

Indépendamment de la problématique liée à la pose des équipements, la nature géologique du terrain dans lequel se trouve le canyon est également une source d'informations précieuses, notamment dans un contexte d'ouverture de site. La nature géologique permet donc de se faire une idée approximative du profil prévisible du canyon. En effet, les hauteurs maximums supposées des cascades, l'engagement du canyon ainsi que les possibilités d'échappatoire notamment en cas de montée des eaux, sont directement influencés par cette géologie.

Fig. 109



Les canyons situés dans un massif calcaire mécaniquement résistant se creusent rapidement, sont généralement encaissés et susceptibles de présenter des méandres étroits, en forme de U profonds aux parois verticales qui canalisent l'eau et accentuent le phénomène de crue. Les différentes duretés des couches traversées forment (fig. 109) des banquettes qui se traduisent par la présence de vires permettant de s'écarter parfois de la chute d'eau, mais également des surplombs (fig. 110) qui interdisent le plus

souvent toute échappatoire en cas de montée des eaux. L'absence d'arbre dans cet environnement essentiellement minéral limite les possibilités d'amarrages naturels et ne facilite pas, non plus, les échappatoires. A noter que les canyons creusés en milieu calcaire sont souvent les plus dangereux en cas de montée des eaux. Ces canyons sont propices à la présence plus marquée de drossages. Les mouvements de rappel sont fréquents aux pieds des cascades. Les siphons, marmites et bassins profonds peuvent occasionner des mouvements d'eau violents. Par ailleurs, les hauteurs des cascades peuvent être importantes au niveau des strates épaisses qui sont facilement repérables de loin. On peut y rencontrer également des biefs importants qui réduisent et amortissent la vague de crue.

canyon
du Jabron
Fig. 110 Verdon



Les roches sédimentaires disposées en petits bancs (fig. 111) sont plus fragiles en raison de la fracturation importante des couches. En général, les canyons (fig. 112) sont rarement encaissés ; la végétation (à basse altitude) y est importante et il est souvent possible de s'en échapper facilement.

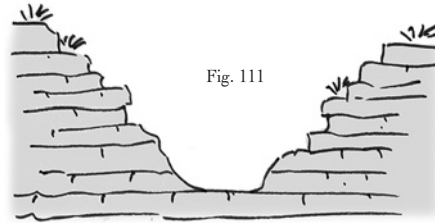


Fig. 111



Fig. 112
canyon de Taria
Maroc

Les canyons situés dans les roches sédimentaires incluant une proportion d'argile, telles les marnes, seront beaucoup plus ouverts. La végétation souvent présente, dès que l'on s'élève au dessus du niveau de crue, permet bien souvent de s'en échapper aisément. Peu résistantes, ces roches se déforment plus facilement et sont nettement moins perméables; les niveaux marneux jouent donc un rôle de collecteur d'eau de précipitation qui diminue les risques d'étiage et amplifie le phénomène de crue.

Les canyons creusés dans les schistes (fig. 113), présentent, le plus souvent, des formes arrondies et de belles courbes; ils sont plutôt ouverts et la végétation y est présente. Les cascades sont souvent inclinées et rarement importantes. On y trouve parfois des drossages dans les courbes. La partie supérieure évasée du canyon est fragile et souvent friable; les échappatoires sont faciles au-dessous de dix mètres de hauteur.

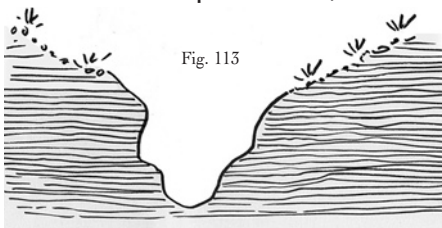


Fig. 113

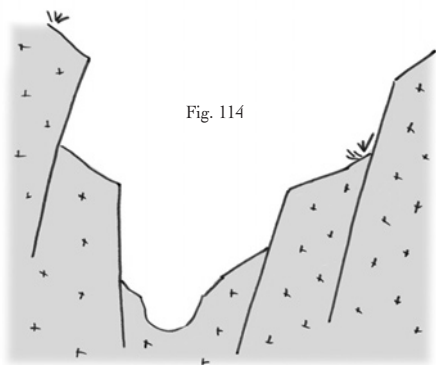


Fig. 114

Les canyons creusés dans Les granites et les gneiss (fig. 114) sont rarement étroits, sauf accident de terrain ; la partie basse du canyon est généralement lisse mais rarement encaissée ; on y rencontre souvent des blocs aux pieds des cascades. Les chaos fréquents jouent le rôle d'un peigne, brisent la vague de crue, la divisent et régulent ainsi le débit. Les canyons creusés dans une roche cristalline récente présentent des arêtes et des angles vifs. Lorsque le canyon est

creusé dans un massif très ancien (érosion glaciaire), les lignes qui le dessinent présentent des formes plus douces.

Les échappatoires sont souvent envisageables après quelques mètres de zone verticale et, rapidement, on retrouve le couvert végétal. Les fissures sont souvent nombreuses; les pitons en acier dur sont généralement mieux adaptés que les chevilles autoforeuses en raison de la résistance mécanique importante de ce type de roche.

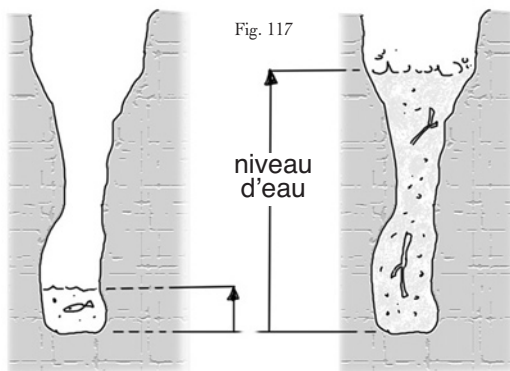
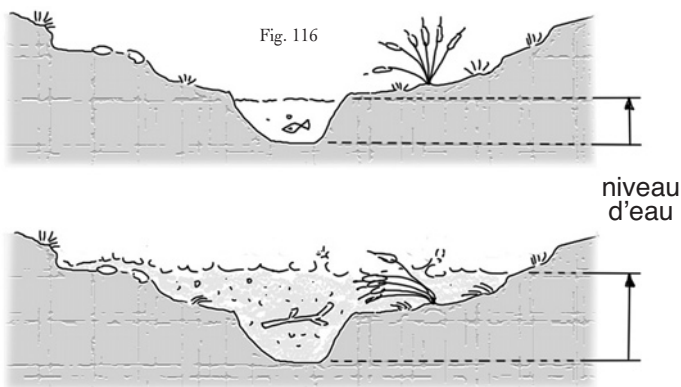
Les roches volcaniques offrent des canyons aux profils multiples et variés qui peuvent être étroits, larges, avec de hautes verticales, mais également des longues parties plutôt horizontales. La végétation (fig. 115) y est généralement très dense et luxuriante. La structure de ce type de roche est parfois aléatoire sur les flans des volcans, où elle est composée essentiellement de cendres très tendres et de basalte d'aspect identique, mais très dur, disposés en couches ou de façon plus anarchique.

Fig. 115 canyon du Gallion Guadeloupe.



Incidence du profil du canyon sur le risque de crue

Le risque de crue se traduit, la plupart du temps, par une élévation brutale (fig. 116) du niveau de l'eau qui se trouble par un apport de limon. Suivant la configuration du bassin d'alimentation et la nature du sol, la montée des eaux peut être extrêmement brutale et dangereuse. Les risques liés à la montée des eaux ainsi que les possibilités d'échappatoire sont directement liés à la nature de la roche dans laquelle c'est creusé le canyon. Dans les cas les plus défavorables, il se produit un phénomène de vague de crue pouvant atteindre plusieurs mètres de hauteur dans les parties encaissées (fig. 117) et qui balaye tout sur son passage. Plus la gorge est étroite, plus le risque de crue est grave, car la montée des eaux sera d'autant plus haute et les possibilités d'échappatoire d'autant plus réduites.



Le risque de crue (fig. 118) en canyon constitue l'un des dangers les plus graves. En cas de risque de crue imminent, il faut donc absolument sortir au plus vite des parties étroites, tenter de quitter le canyon au plus tôt et si la montée des eaux a commencé, se mettre à l'abri en hauteur. Les fortes averses orageuses, lorsqu'elles se produisent sur les flans abrupts d'un canyon, peuvent provoquer des coulées de boue torrentielles, mélange d'eau, de terre, de sable, de limons issus des roches schisteuses, suivant la nature du sol, ainsi que des branches et des pierres. Ces coulées peuvent soit aboutir directement au-dessus du canyon, soit provoquer des chutes de pierres. D'autre part, ces coulées de boue dont la densité est plus élevée que celle de l'eau, sont capables de transporter des arbres et de déplacer d'énormes blocs. Les grosses crues peuvent modifier le profil du canyon par déplacement des blocs, comblement des vasques ou leur vidange par destruction des barrages naturels. Les amarrages en place sont également susceptibles d'être fortement endommagés. A la suite d'une crue, il convient donc de vérifier systématiquement l'état des amarrages et s'attendre à rencontrer de nouveaux obstacles (troncs, blocs, barrage naturel etc..) et ne faire aucune confiance aux bassines ou on avait l'habitude de sauter, tant que l'eau est trouble.

Fig. 118



PREVENTION DU RISQUE DE CRUE

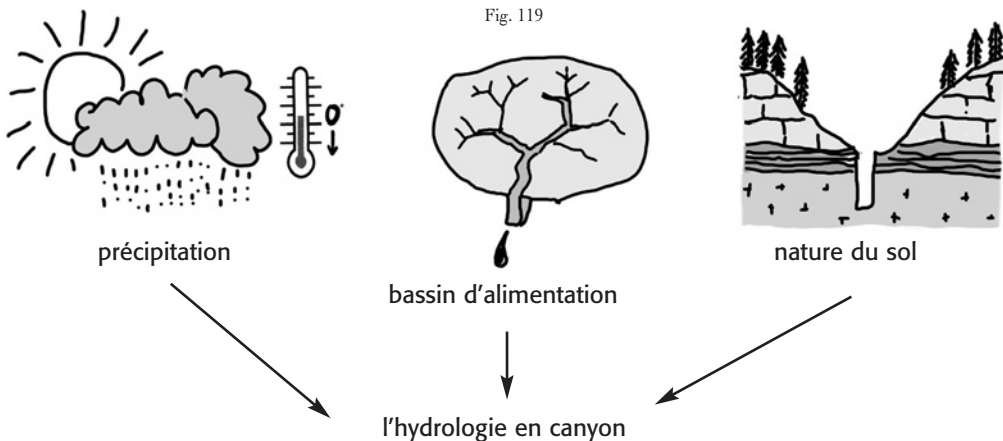
Approche sur le thème de l'hydrologie

La plupart des dangers liés à l'eau, en canyon, sont consécutifs à une mauvaise appréciation de la quantité d'eau ou à une augmentation du débit dans le canyon au cours de la descente. La prévention du risque de crue est un élément de préoccupation important dans le cadre de cette activité et plus particulièrement en ouverture de site, car on ne connaît pas avec précision la configuration du canyon et l'absence d'équipement en place freine considérablement la vitesse de progression.

Les notions d'hydrologie sont donc utiles pour mieux comprendre les phénomènes de circulation de l'eau en canyon et appréhender les risques de montée des eaux lorsque la météo est capricieuse ou incertaine.

En résumé (fig. 119), l'alimentation en eau d'un canyon ainsi que les risques liés aux précipitations pluvieuses dépendent :

- de l'intensité des précipitations (climat, saison, altitude) ;
- de la configuration du bassin d'alimentation (altitude, pente du bassin d'alimentation, surface) ;
- de la nature géologique du terrain, du sol et du sous sol (géologie, couvert végétal, imprégnation du sol en eau).



Intensité des précipitations et niveau d'eau prévisible :

Notion de climat

Température, humidité de l'air, précipitations, ensoleillement, vent, pression atmosphérique sont des paramètres qui influencent le climat (fig. 120). Le climat est très différent suivant la région; il conditionne directement la météorologie régionale et la nature du couvert végétal.

L'environnement des canyons de l'île de la Réunion et leur alimentation en eau seront très différents de ceux des Hautes Alpes par exemple.

Les principaux types de climats sont : le climat équatorial, tropical ou tempéré. A priori on ne pratique pas la descente de canyon sous le climat polaire et nous laisserons aussi de côté les canyons situés sous un climat désertique qui la plupart du temps sont secs.

Le climat d'une région peut se différencier suivant que l'on se situe sous l'influence de la mer, en altitude, ou à l'intérieur des terres par exemple. Ainsi dans nos régions tempérées, nous sommes concernés par : le climat continental, maritime ou d'altitude.



Fig. 120

Notion d'altitude, de relief et d'exposition :

Les reliefs montagneux (fig. 121) favorisent les mouvements d'ascendance des masses d'air, occasionnant un regain de précipitations. Les massifs montagneux sont donc susceptibles de se fabriquer leurs propres orages, si bien que les régions dont le relief est très marqué sont soumises à un volume de précipitations plus important (exemple de niveau de précipitations annuelles : Nîmes : 610 mm Grenoble : 980 mm, Mont Aigoual : 2200 mm).

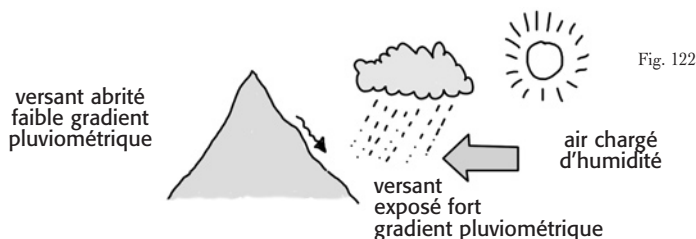


Fig. 121

Suivant la saison et l'altitude, les précipitations pluvieuses se font sous forme de neige. C'est donc de l'eau momentanément stockée, susceptible d'alimenter le canyon, dans une certaine mesure, en cours de journée lorsque le soleil réchauffe l'atmosphère, ou de manière plus prononcée, au printemps lors de la remontée des températures.

La présence d'un glacier sur le bassin versant modifie également l'alimentation en eau d'un canyon et la température de l'eau. Le glacier continue à alimenter le canyon même après la fonte des neiges et en l'absence de précipitation.

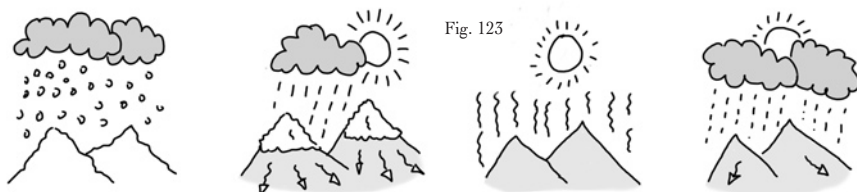
Les caractéristiques orographiques d'un bassin versant sont également influencées par l'exposition. Les versants exposés (fig. 122) à l'arrivée des masses nuageuses présentent un plus fort gradient pluviométrique que les versants abrités.



Notion de saison :

Les précipitations pluvieuses sont différentes suivant la saison (fig. 123). Dans nos régions, l'influence des saisons se caractérise le plus souvent par :

- des pluies faibles en été, essentiellement sous forme d'orages localisés pouvant être violents ;
- reprise des pluies plus régulières en automne ;
- une partie des précipitations en hiver se fait sous forme de neige en altitude ;
- une pluviométrie souvent importante au printemps.



Notion de régime d'alimentation d'un canyon :

Le régime d'alimentation en eau d'un canyon dépend de sa situation géographique (climat, altitude). On distingue schématiquement :

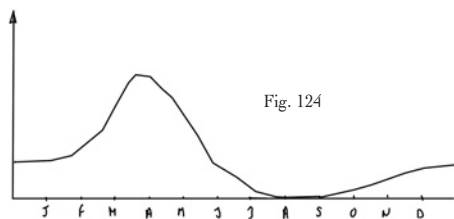


Fig. 124

les canyons soumis à un **régime pluvial** (fig. 123) : C'est le cas des torrents situés en plaine et qui sont alimentés uniquement par l'eau de pluie ou par des sources. Le débit de ce type de torrent directement tributaire des précipitations est important pendant la saison humide et très réduit voir nul l'été, à défaut d'orages;

les canyons soumis à un **régime nival** (fig. 125) : concerne les torrents de montagne dont l'eau provient essentiellement de la fonte des neiges, ils sont peu actifs en hiver car l'eau s'accumule sous forme de neige. Ils sont actifs à partir de la mi-journée sous l'effet des rayons solaires et très actifs au printemps jusqu'à ce que la totalité de la neige soit fondue; ils fluctuent en fonction de l'exposition du versant montagneux. A noter : les fluctuations journalières des débits liés à la fonte nivale sont progressives et d'amplitude modeste comparativement à une crue d'origine orageuse. À la fin de l'été ce régime d'alimentation est au plus bas;

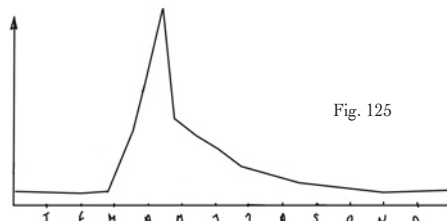


Fig. 125

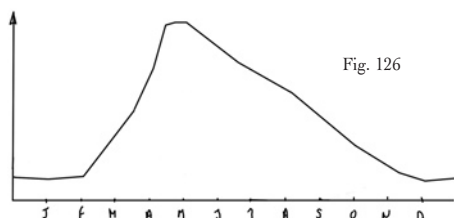


Fig. 126

les canyons soumis à un **régime glaciaire** (fig. 126) : concerne les torrents de montagne alimentés par l'eau de fonte glaciaire souvent associée à un régime nival; à la différence qu'en été, le torrent continue à être alimenté même lorsque la neige a disparu. Autre difficulté, l'eau y est très froide;

les canyons soumis à un **régime mixte** : ce sont des canyons cumulant plusieurs régimes d'alimentation.

A noter qu'il existe aussi des canyons alimentés partiellement par l'eau de condensation issue d'un massif karstique (exemple : Guier Vif en Chartreuse).

“Climat, altitude, saison et régime d'alimentation” : Première estimation des niveaux d'eau prévisibles en canyon à l'échelle régionale.

Dans les régions montagneuses comme la Savoie, le Vercors ou les Pyrénées, on retrouve le plus souvent le schéma suivant :

- **en hiver** : une partie des précipitations s'accumulent en altitude sous forme de neige; les niveaux d'eau sont donc relativement bas. Toutefois, une partie de cette neige alimente régulièrement le cours d'eau en fondant au contact du rayonnement solaire en journée et au contact du sol qui conserve une température proche de 0°. La majeure partie de ce couvert neigeux rejoindra la vallée à partir du printemps. Toutefois, le phénomène de fonte peut s'accélérer en période de redoux exceptionnel (parfois accentué par la pluie). Cette saison caractéristique de l'étiage des canyons d'altitude est propice à l'exploration et à

l'équipement de site.

A noter toutefois le risque de formation de glace susceptible de compromettre la pratique (classique) ainsi que le risque de chute de glaçons à mi-journée au cours des réchauffements ou le risque d'avalanche en amont du canyon. En vallée, la végétation au repos absorbe moins d'eau, diminuant d'autant son effet tampon; l'évaporation étant restreinte, les cours d'eau récupèrent l'essentiel de l'eau de pluie (fig. 127) ;



Fig. 127

- **au printemps** : les précipitations, souvent sous forme de giboulées, cumulées à la fonte des neiges dues au radoucissement des températures marquent le début de la montée des eaux. Le couvert neigeux, qui absorbe dans un premier temps une partie de l'eau de pluie, dévale ensuite brutalement lorsque le seuil de saturation est dépassé. L'augmentation de la durée du rayonnement solaire sur les versants exposés accentue la fonte des neiges et augmente l'alimentation en eau du bassin versant. C'est le plus souvent à cette période de l'année que le volume des eaux est le plus important ;

- **en été** : hormis la fonte glaciaire ou des derniers névés, toute la neige a disparu. Les températures sont élevées et les niveaux d'eau au plus bas. Une pluie fine a peu d'influence sur le débit du canyon car une grande partie est absorbée soit par l'évaporation au contact du sol chaud soit par la végétation assoiffée. Le danger vient essentiellement du risque d'orages violents de fin d'après-midi car l'eau qui peut tomber en très grande quantité en peu de temps, ruisselle sur le sol desséché sans avoir le temps d'être absorbée et gonfle brutalement le cours d'eau. De plus, ce ruissellement provoque généralement un phénomène de ravinement qui telle une lave, charrie de la boue et des pierres ;

- **en automne** : les températures redescendent et les jours raccourcissent réduisant les phénomènes d'évaporation. Les pluies plus fréquentes parviennent à saturer le sol et le couvert végétal dont la croissance se ralentit. Il n'y plus de rétention d'eau et la quantité d'eau précipitée rejoint en grande partie les cours d'eau qui retrouvent un surcroît d'activité.

Influence du terrain sur les précipitation pluvieuses

Ecoulement de l'eau

Schématiquement (fig. 128), l'eau de pluie, en arrivant sur le sol se partage en trois fractions :

- une partie reste sur le sol, ou sur le couvert végétal et s'évapore ;
- une partie s'infiltre dans le sol; elle peut être en partie stockée par capillarité, absorbée par la végétation ou s'évaporer aux abords de la surface lorsque le soleil réchauffe le sol ou encore, pénètre le sol en profondeur et poursuit son cheminement ;
- une partie de l'eau ruisselle et regagne directement les cours d'eau.

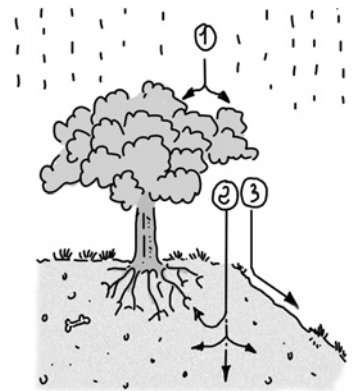


Fig. 128

Les écoulements de surface font partie du domaine de la topographie alors que la nature du sous-sol en terme d'écoulement fait partie du domaine de la stratigraphie.

Notion de bassin versant et de bassin d'alimentation :

Par habitude, le bassin versant désigne la zone géographique qui alimente en eau de ruissellement le canyon. Le bassin d'alimentation englobe l'ensemble des zones géographiques qui alimentent en eau le torrent et qui peuvent se trouver au-delà du bassin versant.

En milieu non karstique, lorsque les couches géologiques sont homogènes ou horizontales, le bassin versant et le bassin d'alimentation sont identiques et correspondent à la ligne de partage des eaux (crête, col); le bassin d'alimentation est donc facilement identifiable sur une carte (fig. 129). Le débit de l'eau à l'arrivée nous indique la quantité d'eau maximum du canyon.

Toutefois, lorsque les couches géologiques présentent des degrés de perméabilité différents (fig. 130), une partie de l'eau d'infiltration peut affluer ou être détournée du bassin versant apparent en raison du pendage des couches.

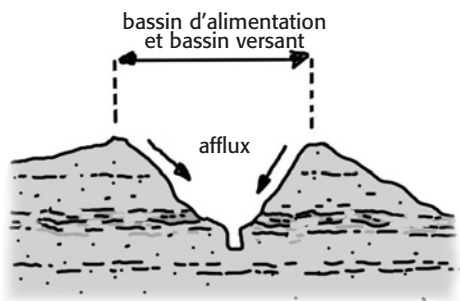


Fig. 129

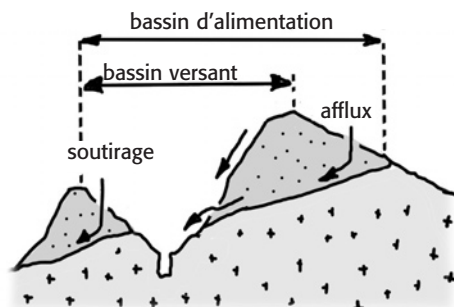


Fig. 130

En milieu Karstique, l'eau d'infiltration circule par le biais des zones de fracturation (fig. 131), diaclases, fissures plus ou moins élargies qui forment des conduits souterrains creusés par la dissolution de la roche provoqué par le gaz carbonique dissout dans l'eau. L'eau peut également être véhiculée au contact de couches imperméables. Au niveau d'un bassin d'alimentation cette particularité peut provoquer un soutirage de l'eau de pluie vers un autre torrent ou, au contraire, provoquer un apport d'eau supplémentaire en provenance de zones apparemment situées en dehors du bassin versant visible.

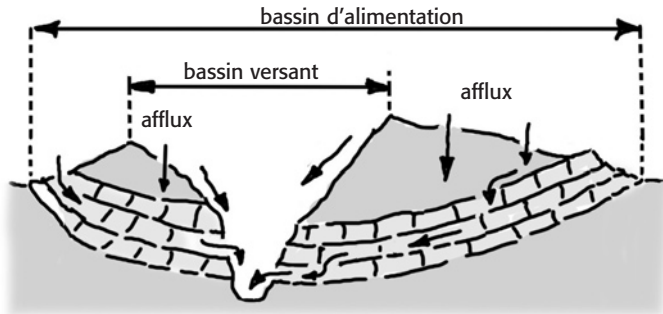


Fig. 131

Il est donc difficile d'évaluer le débit d'un canyon car la ligne de partage des eaux est invisible et dépend du pendage des couches et des fracturations du terrain. La présence de réseau hydrologique souterrain perturbe l'appréciation du débit de l'eau qui n'est plus uniquement tributaire d'une météo locale à court terme.

Notions de forme du bassin versant :

Plus le bassin d'alimentation est concentrique autour du canyon plus la crue sera brutale car l'apport d'eau de ruissellement se fera simultanément de toutes parts et de façon concentrique.

Au contraire, un bassin d'alimentation de forme allongée alimentera progressivement le canyon en eau en commençant par restituer l'eau de ruissellement la plus proche avant d'y ajouter celle des précipitations en provenance des zones les plus éloignées (fig. 132).

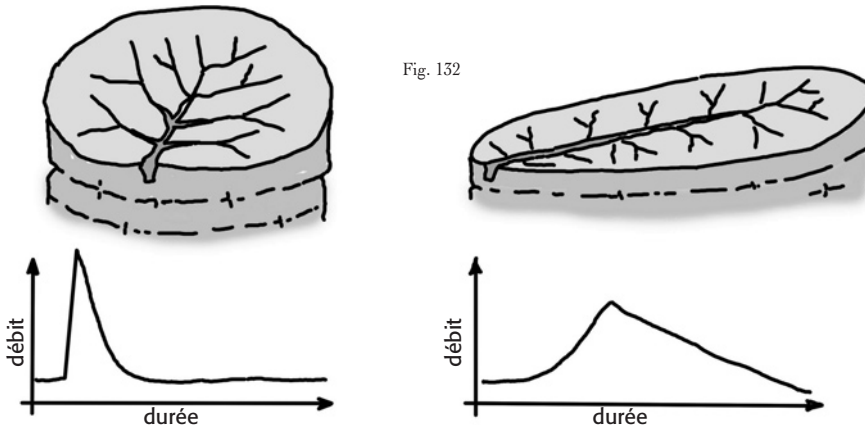


Fig. 132

Notion de réseau hydrographique :

La notion de réseau hydrographique influence la rapidité d'écoulement des eaux vers le canyon. Dès que l'eau rejoint le lit d'un ruisseau, elle s'écoule beaucoup plus rapidement. La densité du réseau hydrographique (fig. 133) sur le bassin versant d'un canyon est un facteur d'accélération du ruissellement. Plus les affluents sont nombreux, plus brutale sera la montée des eaux.

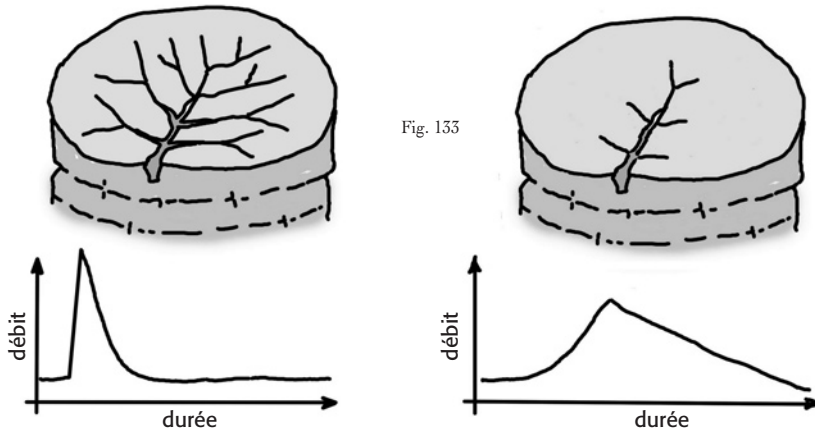


Fig. 133

Notion de gradient hydraulique du bassin d'alimentation :

Le gradient hydraulique influence la vitesse d'écoulement de l'eau. Un bassin de réception à forte pente draine plus rapidement les eaux de pluie (fig. 134). La crue et la décrue sont d'autant plus rapides. La vitesse d'écoulement dépend en même temps de la nature du sol.

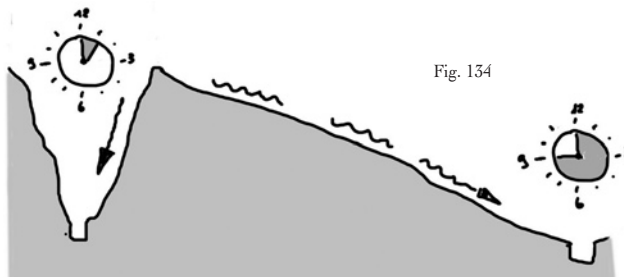


Fig. 134

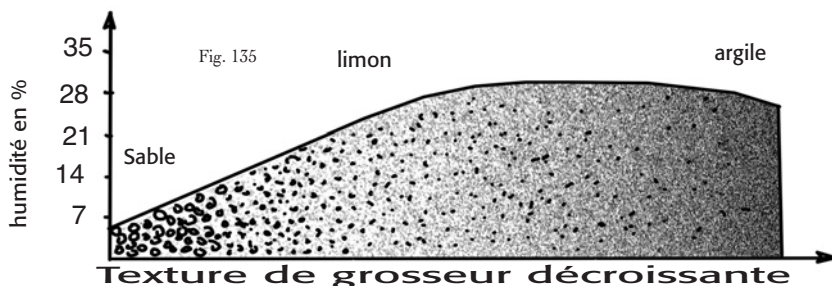
Dans un bassin de réception faiblement incliné ou étendu, il convient de tenir compte des précipitations antérieures et éloignées, car la montée des eaux est retardée, en raison des écoulements souterrains, mais peut être violente.

Les canyons d'altitude situés sur de fortes pentes présentent généralement des encaissements faibles, de nombreuses échappatoires ; les phénomènes de crue et de décrue sont rapides ; les écoulements sont temporaires et les cascades souvent nombreuses. Ces canyons sont plus facilement praticables, même par fort débit, car il est souvent possible de contourner un obstacle. Les canyons situés en vallée où le gradient hydrolique est faible, présentent des écoulements permanents et importants ; les phénomènes de décrue sont plus lents et ils présentent des caractéristiques aquatiques plus marquées. Suivant la nature géologique du terrain, le cours d'eau peut circuler dans une gorge encaissée et profonde et les courses présentent un caractère plus engagé.

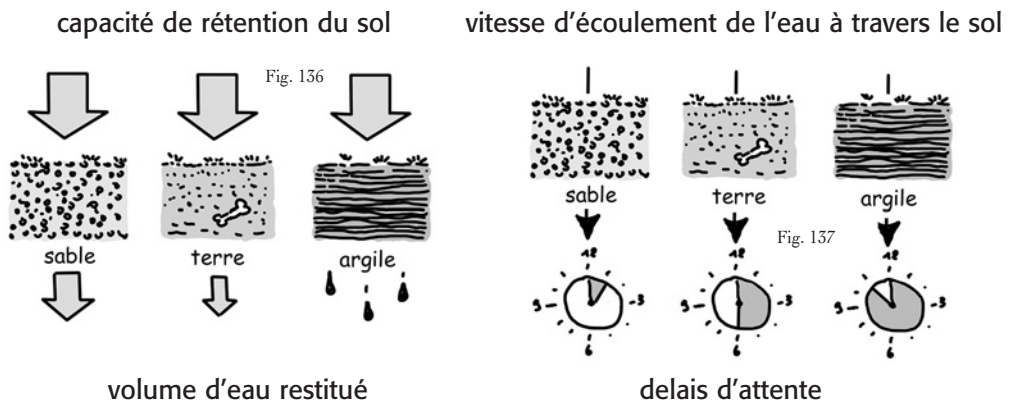
Influence de la nature du sol en termes d'écoulement

La nature du sol peut influencer l'écoulement de l'eau de plusieurs façons :

- rétention d'une partie de l'eau par phénomène de capillarité. Le sol (indépendamment de l'environnement rocheux) est un milieu dont la porosité est comprise entre 40 et 60% suivant sa nature. Lors des précipitations pluvieuses, ces pores se remplissent d'eau. Comme cela a déjà été dit, une partie de cette eau est libre de s'écouler par gravité pour alimenter des nappes souterraines ou des résurgences ; une partie sera absorbée par les racines du couvert végétal ainsi que par l'évaporation dans les zones proches de la surface. Le reste de cette eau sera retenu dans le sol (fig. 135).



• le sol suivant sa nature peut drainer plus ou moins l'écoulement de l'eau d'infiltration. La capacité de rétention (fig. 136) et la vitesse des écoulements souterrains (fig. 137) dépendent de la nature des sols qui sont rarement homogènes. De plus, des couches géologiques, plus ou moins imperméables, peuvent modifier le comportement des écoulements. Les terres végétales et argileuses ont une grande capacité d'absorption et de retenue d'eau d'infiltration, alors que les terres sableuses, les limons, graviers ou éboulis ont respectivement des capacités moindres d'absorption; le transit de l'eau par le sol y est plus rapide et en plus grande quantité.



Les roches dures telles que les granites et roches métamorphiques, sont relativement imperméables et favorisent le phénomène de ruissellement. Les couches molles comme les argiles, ou médiocrement dures comme les marnes sont également propices au ruissellement des eaux en surface lorsqu'elles affleurent. Les ravines multiples drainent et font transiter instantanément les écoulements des précipitations et des fontes nivales vers les torrents. Enfouies, ces couches étanches peuvent également influencer (fig. 138) l'écoulement de l'eau. A l'inverse, les calcaires compacts, et zones de lapias des massifs karstiques parcourus par d'innombrables réseaux de fissures (fig. 139) et de conduits, sont des zones d'absorption maximum.

Le transit de l'eau souterraine depuis les zones d'absorption se fait donc dans des conduits plus ou moins lisses qui favorisent l'écoulement de l'eau. Celle-ci s'infiltre aussi vite qu'elle coule à la surface du massif dans le lit du torrent. De plus, lorsque l'eau circule dans des conduites noyées, elle peut être expulsée très rapidement vers les résurgences par phénomène de mise en pression et réaction immédiate du réseau noyé (principe du piston hydraulique). Ainsi, de l'eau accumulée peut alimenter le canyon bien avant que n'arrive l'eau de transit issue des précipitations. Du reste, il est difficile d'estimer le niveau d'eau des canyons situés dans les massifs karstiques ; que ce soit au départ ou à l'arrivée car ils peuvent comporter (fig. 140) des zones de perte et des émergences. A noter également que la présence de moraines situées en fond de vallée, au pied des canyons, peut absorber une partie du débit présent dans la partie supérieure du canyon et rendre difficile l'estimation du débit (fig. 141).

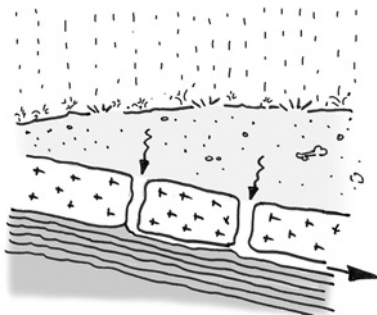


Fig. 138

écoulements souterrain forcés

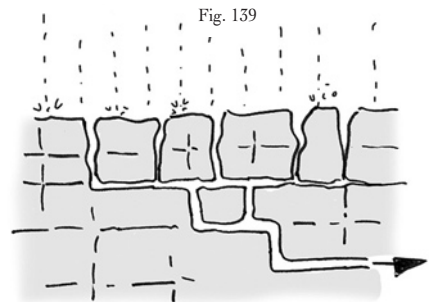


Fig. 139

écoulements forcés et sous pression

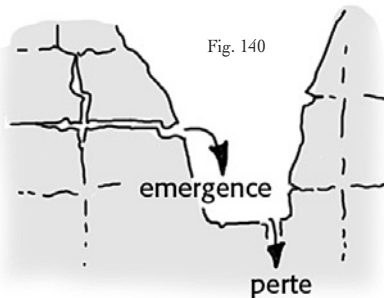


Fig. 140

niveau d'eau imprévisible

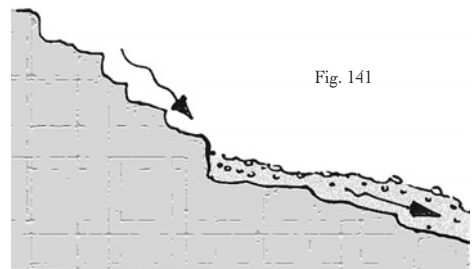


Fig. 141

écoulements masqués

Influence du degré d'humidité présent dans le sol :

l'humidité du sol influence son niveau de perméabilité, ainsi que le volume d'eau restitué en cas de pluie. Un sol desséché (fig. 142) en surface et en profondeur présente une capacité d'absorption plus faible qu'un sol humidifié (fig. 144); car un certain nombre de pores sont remplis d'air et freinent considérablement la pénétration de l'eau. Seule une pluie fine et régulière réussira à le traverser progressivement.

En cas de fortes précipitations, la majeure partie de l'eau va donc ruisseler en surface et favoriser les phénomènes de ravinement (fig. 143). Cela explique pourquoi les orages d'été qui cumulent de fortes précipitations sur un sol asséché, sont à l'origine de violentes crues.

A l'inverse, l'eau qui va pénétrer dans un sol détrempé comme cela peut être le cas en automne, ne fera que transiter et sera en grande partie restituée (fig. 145) vers les zones de résurgence.

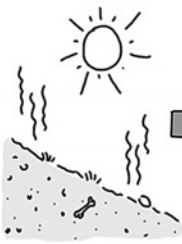


Fig. 142



Fig. 143

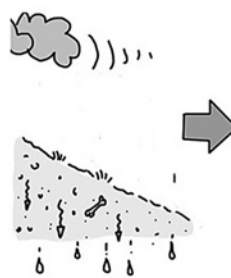


Fig. 144



Fig. 145

Nature du sol et son degré d'humidité contribuent donc en grande partie aux risques de crue bien plus que l'eau de ruissellement direct. Si les premières pluies sont absorbées sans conséquence (fig. 146) par le sol (stockage sous forme de nappe, temps d'écoulement souterrain, humidification du sol) les pluies suivantes (fig. 148) peuvent provoquer de violentes crues. A noter que lorsque la pluie cesse, l'eau de gravitation continue son cheminement vers les nappes souterraines et les résurgences, si bien que le temps de décrue est toujours plus long que la crue elle-même et que même en l'absence de précipitation, le canyon peut continuer à être alimenté constamment (fig. 147).

Les pentes, dont le sol est saturé en eau, contribuent d'une part au ruissellement de surface, mais également à l'alimentation en eau et donc à la saturation du sous-sol en fond de vallons et de talwegs, favorisant l'apparition immédiate de sources et une augmentation rapide du niveau de l'eau (fig. 148) dans le lit du torrent . On retiendra :

- plus le sol est sec, plus long sera le temps d'absorption, mais plus grande sera sa capacité de rétention;
- plus le sol est détrempé, moins il pourra absorber d'eau et donc la retenir.



Fig. 146

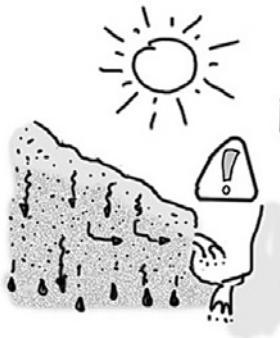


Fig. 147



Fig. 148

Influence de la végétation

La présence, ainsi que la nature de la végétation située sur le bassin d'alimentation, joue lors des précipitations un rôle de régulation et de tampon important.

La végétation retient l'eau de pluie de plusieurs façons :

- par rétention d'une partie de l'eau qui s'accroche sur le couvert végétal (les arbres les plus feuillus peuvent présenter une surface pouvant atteindre 15 fois celle de leur surface projetée au sol). Ce phénomène favorise le retour dans l'atmosphère de l'eau de pluie par évaporation. Elle est plus ou moins marquée suivant le climat. Dans les régions tropicales, le couvert végétal très dense et l'atmosphère chaude interceptent une part importante de l'eau de pluie qui s'évapore ensuite très rapidement (fig. 149) ;

- attirance de l'eau de capillarité par les racines au niveau de l'humus. Le sol constitue la principale réserve en eau dans laquelle puisent les végétaux. Ce phénomène est d'autant plus grand que la végétation est importante. Ainsi les canyons situés dans les régions forestières très denses, où le sol est capable d'absorber jusqu'à dix fois son poids en eau, seront moins sensibles au risque de crue en cas de précipitations occasionnelles (fig. 150).

Ambiance humide sur les plus hauts contre-forts du bassin Amazonien - équipement en « première » du canyon de Pekke Khara-Chaco en Bolivie. Dans cette région, lorsqu'il ne pleut pas c'est qu'il va pleuvoir.....



Fig. 149



Fig. 150



Fig. 151

A l'inverse, les canyons situés en altitude où le couvert végétal est particulièrement maigre (fig. 152) ne pourront que difficilement retenir l'eau de pluie qui dévalera beaucoup plus rapidement et en quantité plus importante vers le canyon (fig. 151) ;



Fig. 152

Bassin d'alimentation très aride et presque totalement dépourvu de végétation ; canyon de Taria - Maroc

- la végétation, même lorsqu'elle est maigre, freine considérablement le ruissellement (fig. 153) de l'eau sur la surface du sol. Les pentes terreuses ou les dalles rocheuses accélèrent le ruissellement de l'eau (fig. 154). Cela provoque des phénomènes de ravinement qui favorisent le charriage de terre et de pierres lors des crues.

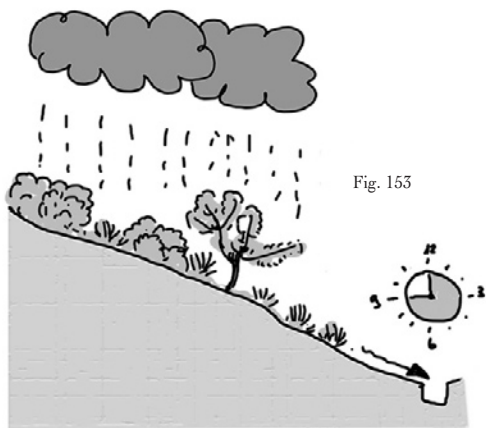


Fig. 153

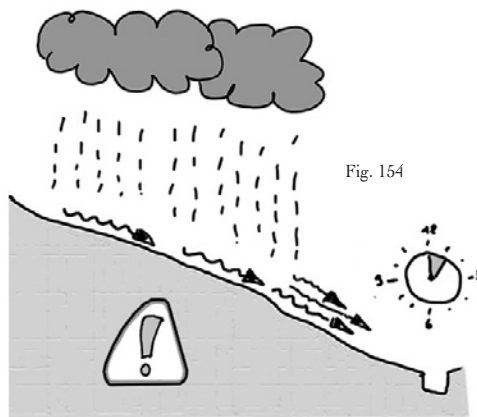


Fig. 154

A noter par ailleurs, qu'une part importante de l'eau consommée par la végétation est redistribuée dans l'atmosphère par transpiration. La transpiration des plantes permet leur régulation thermique et constitue le principal moteur de circulation de la sève. Les bassins versants disposant d'un couvert végétal très dense, sont donc soumis à une forte évaporation et sont d'autant plus exposés aux précipitations qu'ils présentent un relief très marqué lequel favorise l'accroche des masses nuageuses, l'ascendance des masses d'air et donc le risque d'orage.

Influence des ouvrages hydrologiques:

Destinés à prélever une partie de l'eau pour l'acheminer le plus souvent par le biais de conduites forcées vers une usine électrique, ces ouvrages peuvent modifier considérablement et parfois de façon imprévisible, le débit d'un canyon. On distingue :

Les prises d'eau simples :

Telles que celles des Ecouges (fig. 155) ou du Versoud (38) pourvues d'un bassin de stockage réduit elles prélèvent en permanence une partie du débit naturel. Munies de vannes (le plus souvent manuelles) permettant de vidanger l'ouvrage lors de travaux d'entretien, elles ne présentent pas de risque particulier; simplement il faut savoir qu'elles occasionnent une réduction du débit d'eau naturel dans la partie du canyon située en aval de l'ouvrage, contrairement à la partie du canyon située en amont. Certains de ces ouvrages hydrologiques prélèvent en période de basses eaux la presque totalité du débit naturel et ne laissent passer que le débit minimum réglementaire. Ces prises d'eau sont aussi munies d'une vanne d'arrêt situé en amont ou en partie basse qui isole l'alimentation en eau de l'usine. Certaines de ces installations sont susceptibles de bloquer automatiquement la sortie d'eau en cas de problème sur la turbine. La conduite se remplit alors entièrement et l'eau qui n'est plus captée en amont rejoint le lit de du torrent.



Fig. 155

Les prises d'eau comportant un large bassin :

Elles permettent de stocker un grand volume d'eau. On distingue deux types d'ouvrage : les barrages réalisés en dur (comme celui du Furon en Isère) et ceux (fig. 156) pourvus de pelles (sortes de trappes) permettant d'ouvrir complètement le barrage. Le bassin permet de disposer d'une réserve d'eau afin d'en réguler le volume prélevé. Dans la mesure où la retenue d'eau n'est pas à son niveau maximum, l'ouvrage peut jouer un rôle tampon en absorbant une partie de l'eau de crue. L'effet n'est que temporaire car une fois plein, ce barrage finit par déborder et peut provoquer une brutale montée des eaux dans la partie aval. Les barrages hydrologiques ont des modes de fonctionnement plus ou moins compliqués. Certaines prises d'eau équipées de vannes automatiques permettent de modifier à tout moment le volume d'eau prélevé en fonction des variations de débit naturel ou des besoins en énergie (fig. 157 et 158).



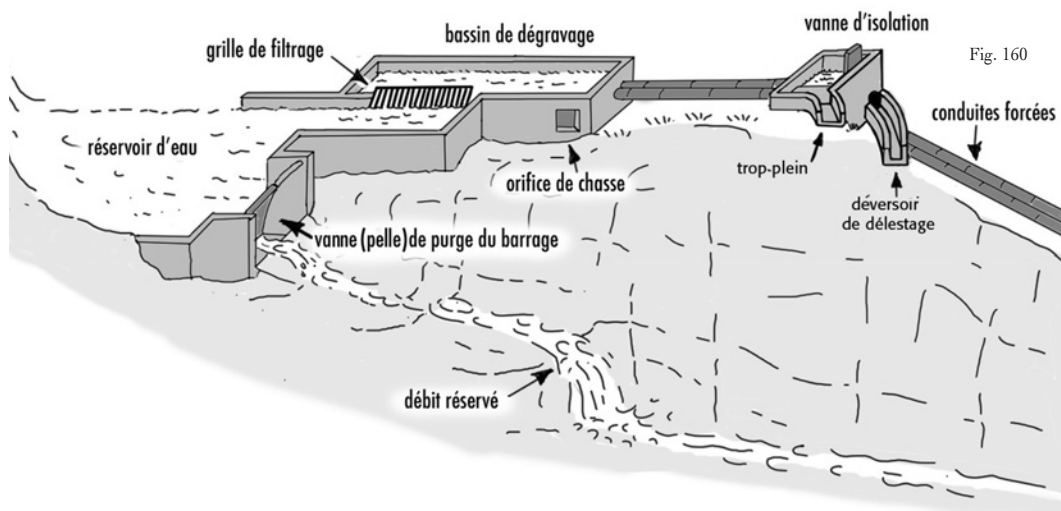
Fig. 157



Fig. 158

D'autres prises entièrement automatiques sont prévues pour délester le barrage en cas de crue. Elles permettent le nettoyage automatique de l'installation en cas d'accumulation de sable, phénomène appelé chasse d'eau, qui provoque une crue minime en aval. Toutes ces installations sont prévues pour permettre la vidange complète du réservoir (ouverture des pelles (fig. 159) ou des trappes de vidange). Dans ce cas, l'ouverture se fait progressivement, mais le débit du canyon peut être momentanément supérieur au débit naturel. En cas d'avarie survenant à l'usine électrique, l'alimentation des turbines se coupe automatiquement sans préavis et sur certaines installations (Exemple fig. 160) la totalité de l'eau peut être restituée généralement de façon brutale, dans le lit du torrent en partie amont.

Aspect schématique du barrage automatique situé sur le torrent de la Biaysse, en amont du canyon du Gourfouran (Hautes Alpes). En cas de fort débit, le trop-plein déborde (fig. 161); en cas d'arrêt des turbines, l'alimentation des conduites forcées s'interrompt et la totalité de l'eau prélevée se déverse (déversoir de délestage) en partie aval, dans le canyon (fig. 162).



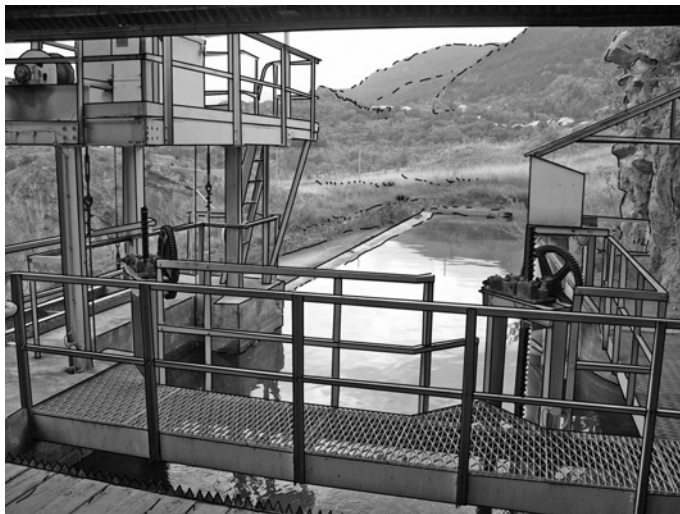
Bassin de rétention et prise d'eau du barrage situé en amont du canyon du Gourfouran (05)

Fig. 159



Bassin de rétention du barrage situé sur le torrent de la Biaysse, en amont du canyon du Gourfouran (Hautes Alpes). L'ouverture des pelles de vidange (situation rarissime) libère la totalité du débit de la rivière dans le canyon.

Fig. 161



Un canal aérien puis souterrain permet d'acheminer l'eau jusqu'au départ des conduites forcées qui sont alimentées par un bassin. Lorsque l'alimentation de ce bassin est trop importante, une partie de l'eau déborde et se déverse dans le canyon.



Fig. 163

Vanne de délestage automatique de bassin d'alimentation des conduites forcées vue de l'aval (fig. 163) et de l'amont (fig. 164 et 161).

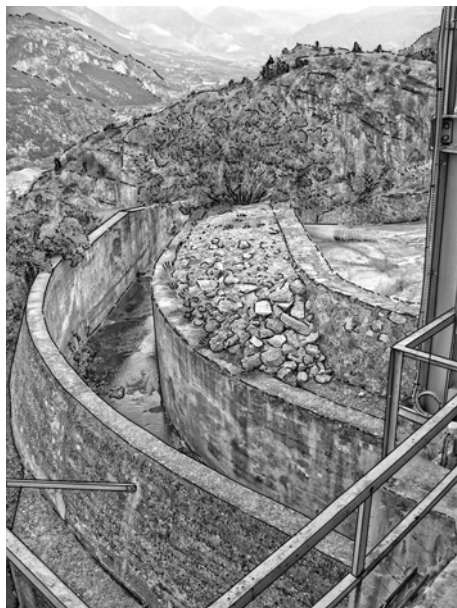


Fig. 162

Canal du déversoir de délestage permettant de vidanger le bassin d'alimentation des conduites forcées.



Fig. 164



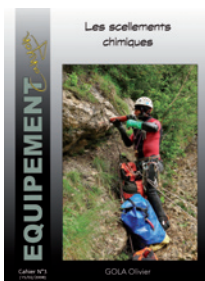
Débordement du bassin d'alimentation des conduites forcées du barrage situé sur le torrent de la Biaysse. L'eau se jette dans le canyon du Gourfouran (05)



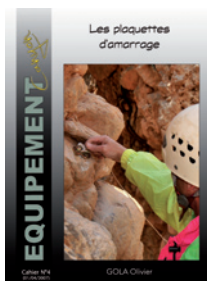
Cahier n°1



Cahier n°2



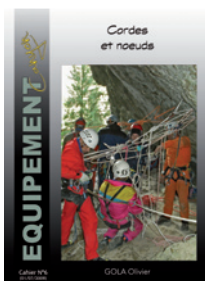
Cahier n°3



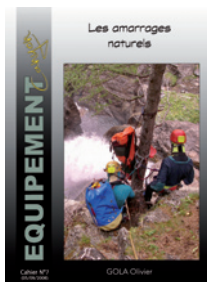
Cahier n°4



Cahier n°5



Cahier n°6



Cahier n°7



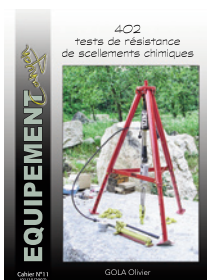
Cahier n°8



Cahier n°9



Cahier n°10



Cahier n°11



Cahier n°12

Liste des cahiers

Cahier n°1
Choisir le matériel d'équipement

Cahier n°2
Les ancrages mécaniques

Cahier n°3
Les scellements chimiques

Cahier n°4
Les plaquettes d'amarrage

Cahier n°5
Comportement des amarrages

Cahier n°6
Cordes et noeuds

Cahier n°7
Les amarrages naturels

Cahier n°8
Conception d'un amarrage

Cahier n°9
Equipement des sites

Cahier n°10
Les fournisseurs de matériel d'ancrage

Cahier n°11
402 tests de résistance de scellements chimiques

Cahier n°12
637 tests de résistance d'ancrages mécaniques

Bibliographie

- **Cahier de l'EFS n°11** : Mémento équipement permanent de cavités en ancrages permanents (Gérard CAZES, Nicolas CLEMENT, Pierre Bernard LAUSSAC)
- **Technique de la spéléologie alpine** (MARBACH Georges)
- **Les amarrages en plafond** GET – FFS (Gérard CAZES, Nicolas CLEMENT, Pierre Bernard LAUSSAC)
- **Aménagement et équipement d'un site naturel d'escalade** Daniel TAIPIN, Jean Pierre VERDIER – COSIROC FFME

Choisir le matériel
d'équipement