

Descente de canyon

MEMENTO

COMMISSION NATIONALE DE DESCENTE DE CANYON

HYDROLOGIE

Notions de bases en rapport
avec la descente de canyons



Réalisation :

Olivier GOLA
olivier.gola@orange.fr

- Moniteur de spéléologie
- Instructeur canyon
- BEES spéléologie /canyon
- DEJEPS canyonisme

Chargé de mission au sein de la Commission Nationale de Descente de Canyon de la Fédération Française des Clubs Alpains et de Montagne.

mars 2006



Sommaire

Introduction

- l'hydrologie; c'est quoi au juste ?
- en quoi l'hydrologie nous intéresse-t-elle ?
- l'hydrologie; c'est compliqué ?

Intensité des précipitations

- notion de climat
- notion d'altitude de relief et d'exposition
- notion de saison

Régime d'alimentation d'un canyon

- régime pluvial
- régime nival
- régime glaciaire
- régime mixte

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

- en hiver
- au printemps
- en été
- en automne

Écoulement de l'eau

- répartition de l'eau
- notion de bassin versant et de bassin d'alimentation
- notion de gradient hydrologique
- notion de forme du bassin versant
- notion de réseau hydrographique du bassin versant
- influence de la nature du sol et du sous-sol en termes d'écoulement
- influence du degré d'humidité présente dans le sol
- influence de la végétation présente sur le bassin versant

Influence des ouvrages hydrauliques

- les prises d'eau simples
- les prises d'eau avec bassin de rétention et vannes de délestage

Risques liés aux phénomènes de crues

- prévention

Les dangers de l'eau

- le poids et la force de l'eau
- les obstacles aquatiques

Estimation de débit de l'eau

Approche sur le thème de l'hydrologie

Introduction :

Les canyons sont alimentés par de l'eau de ruissellement superficiel et de l'eau issue de circulations souterraines. Quel que soit le chemin emprunté, l'eau des canyons trouve son origine dans les précipitations dont les masses nuageuses sont provoquées par l'évaporation des plans d'eau (lacs, mer etc.) et celle de la surface terrestre (végétation, sol).

Dans les régions tempérées (fig. 01), l'eau de pluie en moyenne montagne peut se répartir schématiquement de la façon suivante :

- **50%** de cette eau de pluie retournera dans l'atmosphère sous forme d'évaporation plus ou moins rapide et transpiration des végétaux.
- **30 %** de l'eau de pluie pénètre le sol en profondeur et peut partiellement ou presque totalement resurgir sur le bassin versant du canyon.
- **20%** de l'eau de pluie ruisselle en surface .

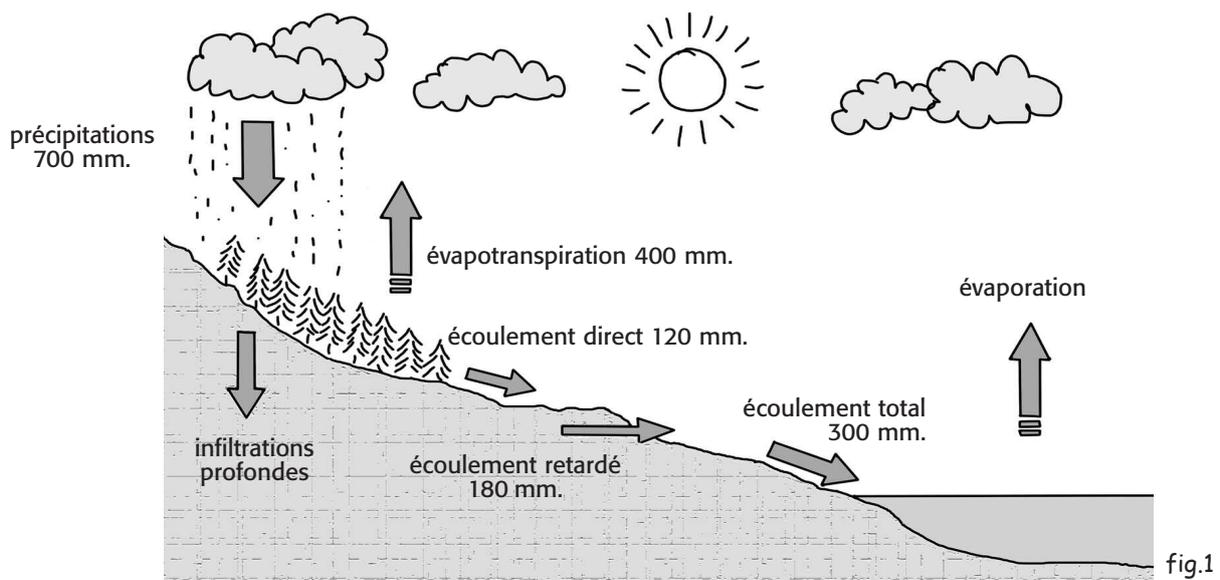


Photo : Gola olivier

Hydrologie; c'est quoi au juste ?

L'hydrologie nous renseigne sur les conditions d'alimentation en eau d'un canyon. Elle prend en compte plusieurs paramètres dont les principaux (fig. 2) sont :

- l'intensité des précipitations (climat, saison, altitude)
- la configuration du bassin d'alimentation (altitude, surface, gradient hydraulique)
- la nature du sol et du sous sol (géologie, couvert végétal).

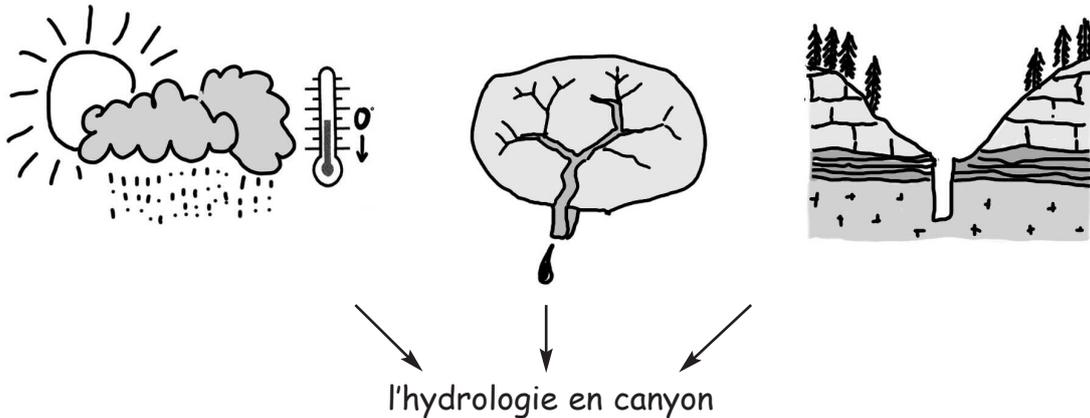


fig.2

En quoi l'hydrologie nous intéresse-t-elle ?

Les notions d'hydrologie nous permettent de mieux comprendre les phénomènes de circulation de l'eau en canyon. La plupart des risques étant liés à une mauvaise appréciation de la quantité d'eau ou à une augmentation du débit dans un canyon, elles nous permettent surtout de mieux appréhender les risques liés aux phénomènes de crues.



Photo : Vautrin Philippe



Photo : Rappin Didier

L'hydrologie ; c'est compliqué ?

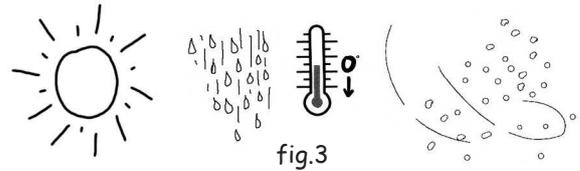
Globalement c'est rarement simple car tous les paramètres susceptibles d'influencer le régime hydrologique d'un canyon sont interactifs. Certains comme la notion de bassin versant par exemple sont spécifiques à chaque canyon. Les cas de figures sont donc aussi nombreux que les canyons.

- L'étude de l'hydrologie en canyon consiste à étudier l'ensemble des facteurs d'influence.
- L'étude de l'hydrologie d'un canyon consiste à étudier les interactions de l'ensemble de ces facteurs d'influence.

Intensité des précipitations :

Notion de climat

Température, humidité de l'air, précipitations, ensoleillement, vent, pression atmosphérique sont des paramètres qui influencent le climat (fig. 3). 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 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.

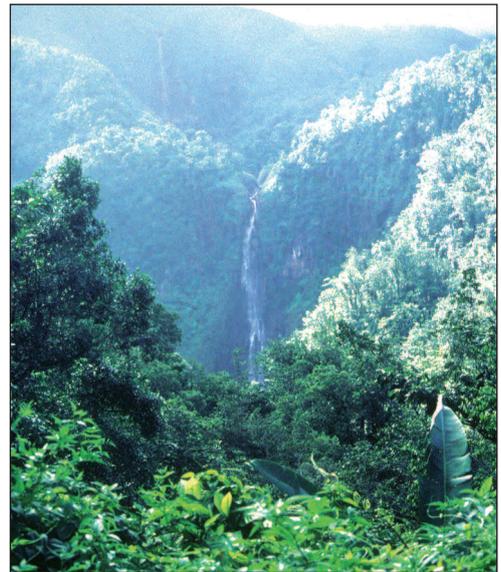
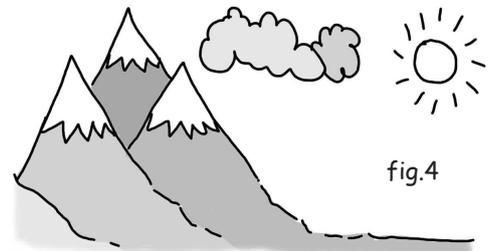


Photo : Cohen Jacques

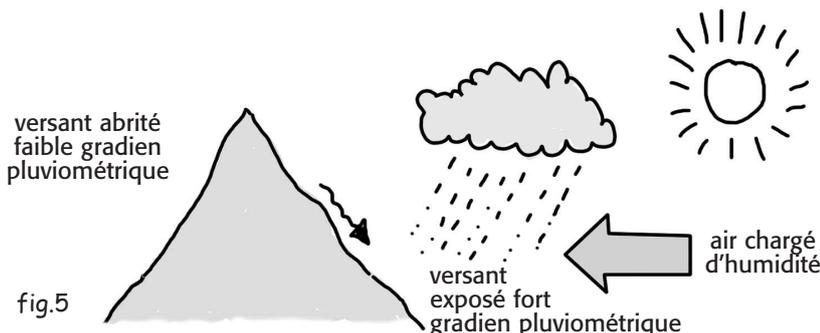
Notion d'altitude de relief et d'exposition :

• Les reliefs montagneux (fig. 4) 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 donc soumises à un volume de précipitations plus important (exemple de niveau de précipitations annuelles : Nîmes : 610 mm. Grenoble 980 mm, Mont Aigoual 2200 mm.)



• 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 précipitations.



• les caractéristiques orographiques d'un bassin versant sont également influencées par l'exposition. Les versants exposés (fig. 5) à l'arrivée des masses nuageuses présentent un plus fort gradient pluviométrique que les versants abrités.



Photo : Gola olivier

Notion de saison :

Les précipitations pluvieuses sont différentes suivant la saison (fig. 6). Dans nos régions, l'influence des saisons se caractérise le plus souvent par :

- des pluies faibles en été essentiellement sous forme d'orages
- 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.

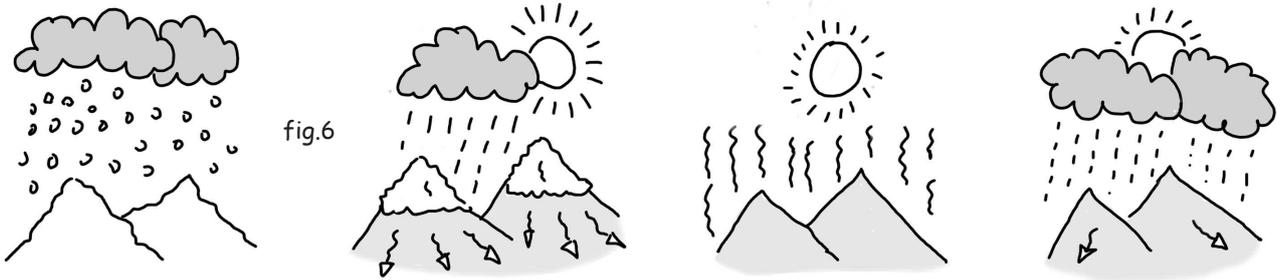


fig.6

Photo : Gola olivier

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 :

les canyons soumis à un **régime pluvial** (fig. 7): C'est le cas des torrents situés en plaines et qui sont alimentés uniquement par l'eau de pluie ou par des sources. Le débit de ce type de torrents directement tributaires des précipitations est important pendant la saison humide et très réduit voir nul l'été, à défaut d'orages.

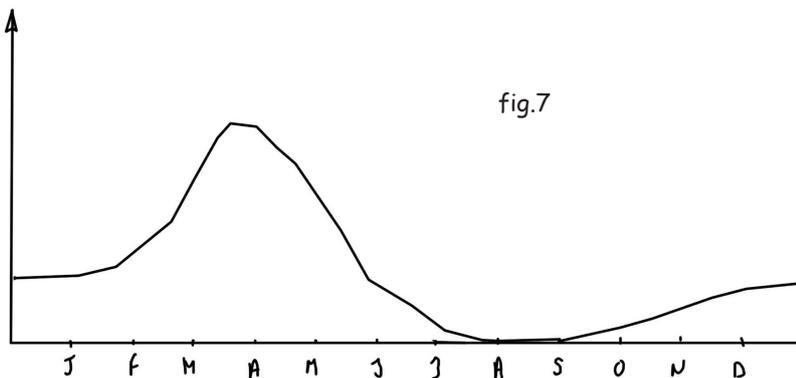
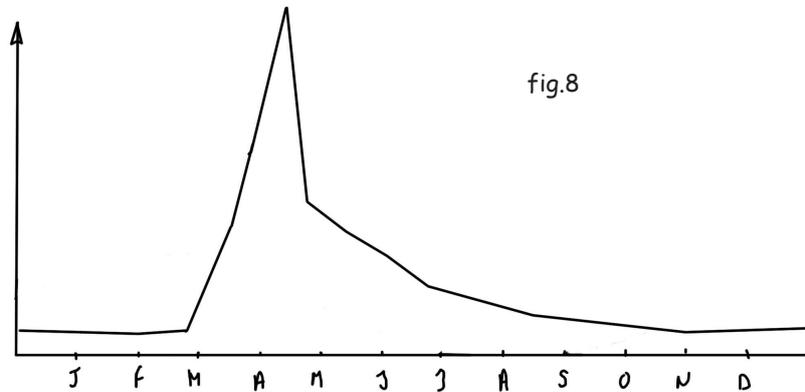


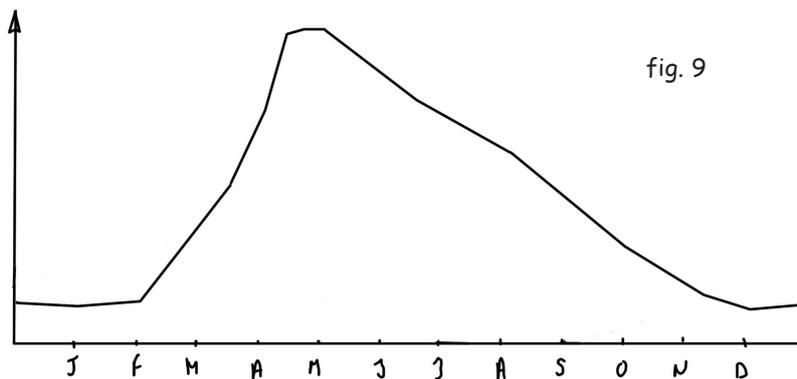
fig.7



Les canyons soumis à un **régime nival** (fig.8) : 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.



les canyons soumis à un **régime glaciaire** (fig. 9) : 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** : 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)

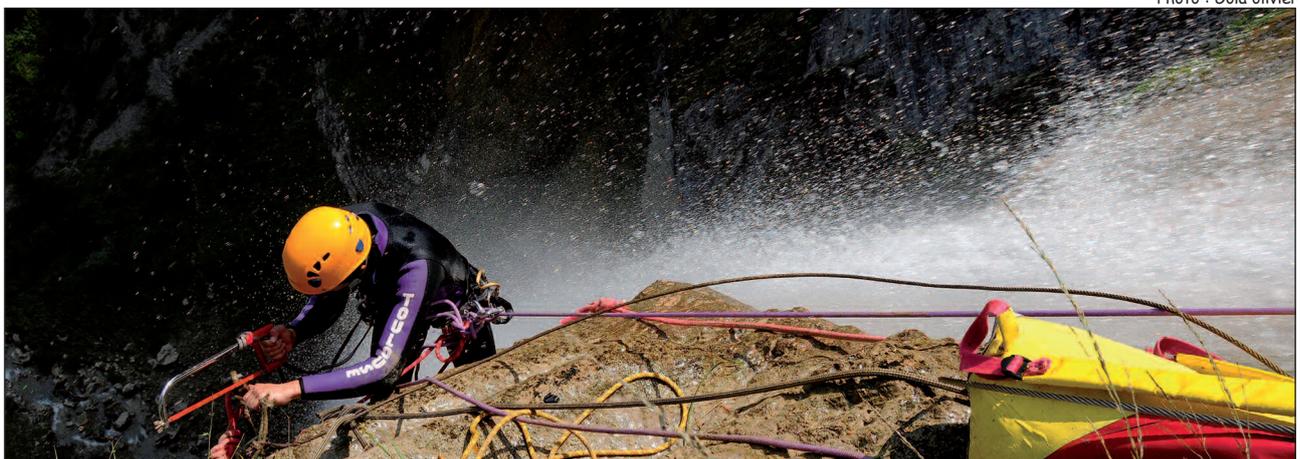


Photo : Gola olivier

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

Dans nos régions montagneuses, 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.

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 et le risque de chute de glaçons à mi-journée au cours des réchauffements.

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.

- **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.

Photo : Gola olivier



- **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.

Photo : Gola olivier



Écoulement de l'eau

Répartition de l'eau :

Schématiquement (fig. 10), 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'infiltrate 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, pénétre le sol en profondeur et poursuit son cheminement;
- une partie de l'eau ruisselle et regagne directement les cours d'eau.

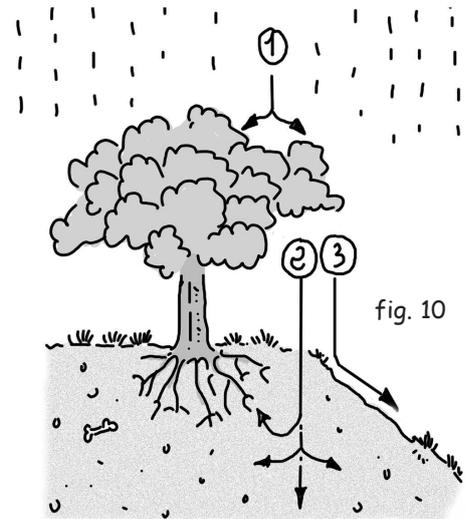


fig. 10

Les écoulements de surface font partie du domaine de la topographie

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. 11). 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.12), une partie de l'eau d'infiltration peut affluer ou être détournée du bassin versant apparent en raison du pendage des couches.

Photo : Badin Pascal

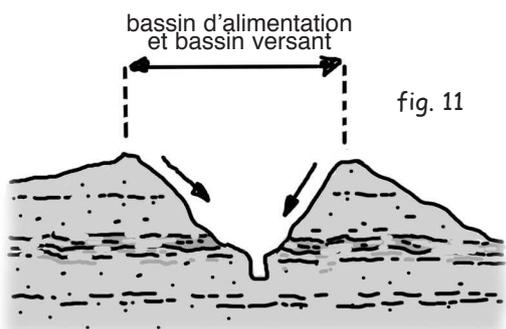


fig. 11

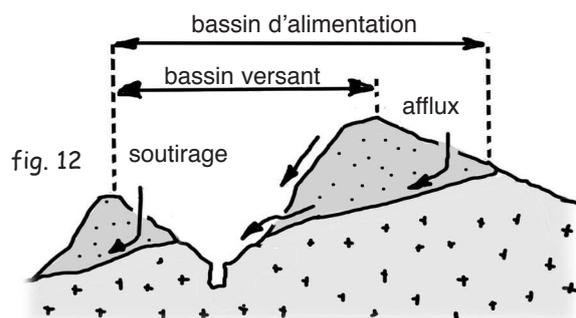


fig. 12

En milieu Karstique, l'eau d'infiltration circule par le biais par les zones de fracturations (fig.13), diaclases, fissures plus ou moins élargies qui forment des conduits souterrains creusés par la dissolution de la roche provoque 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. 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.



Photo : Hauser Bertrand

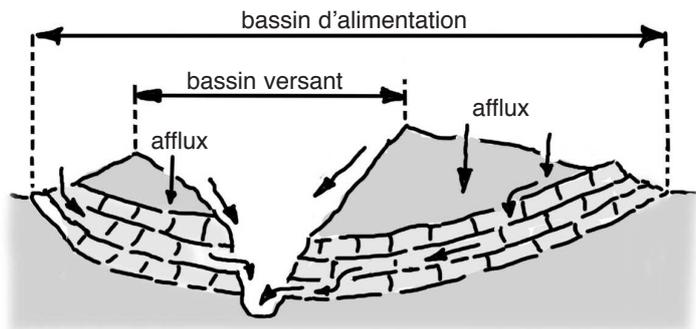


fig. 13

Notions de gradient hydrolique du bassin d'alimentation :

Le gradient hydrolique influence la vitesse d'écoulement de l'eau. Un bassin de réception à forte pente draine plus rapidement les eaux de pluie (fig. 14). La crue et la décrue sont d'autant plus rapides. La vitesse d'écoulement dépend en même temps de la nature du sol. 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. Ils sont plus facilement praticables même par fort débit car il est souvent possible de contourner un obstacle.

les canyons situés en vallée ou le gradient hydrolique est faible, présente 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.

Photo : Gola olivier

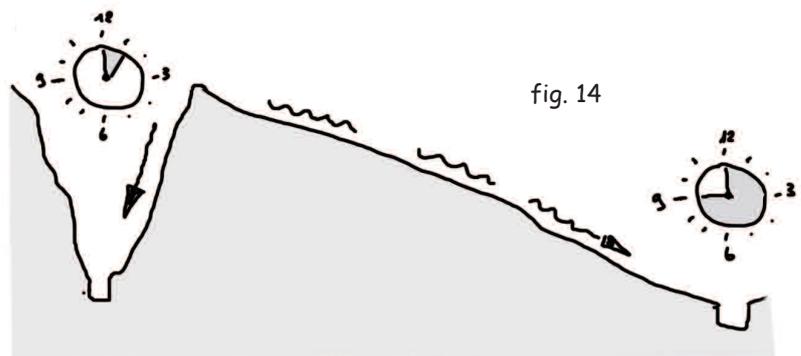


fig. 14

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 eaux 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.15).



Photo : Badin Pascal

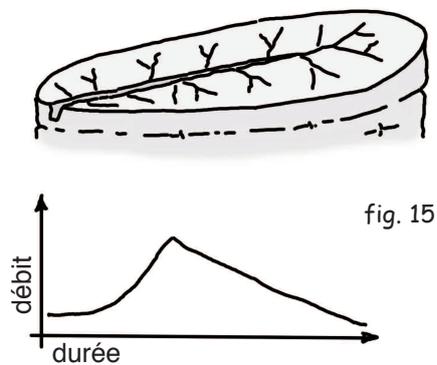
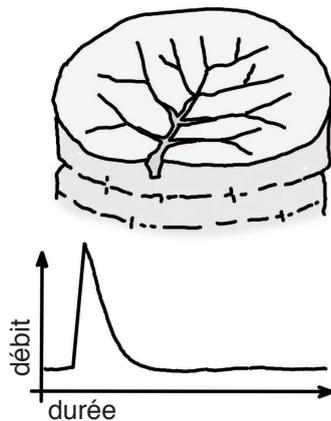
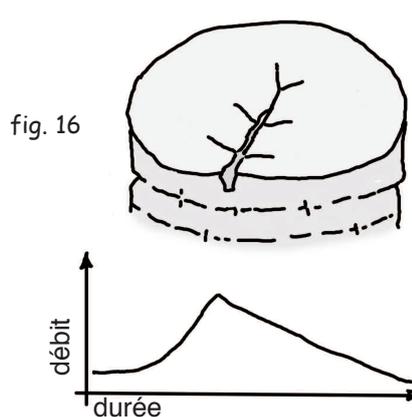
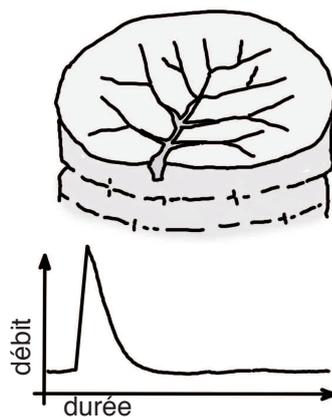


Photo : Hauser Bertrand

Notions 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. 16) sur le bassin versant d'un canyon est un facteur d'accélération du ruissellement.

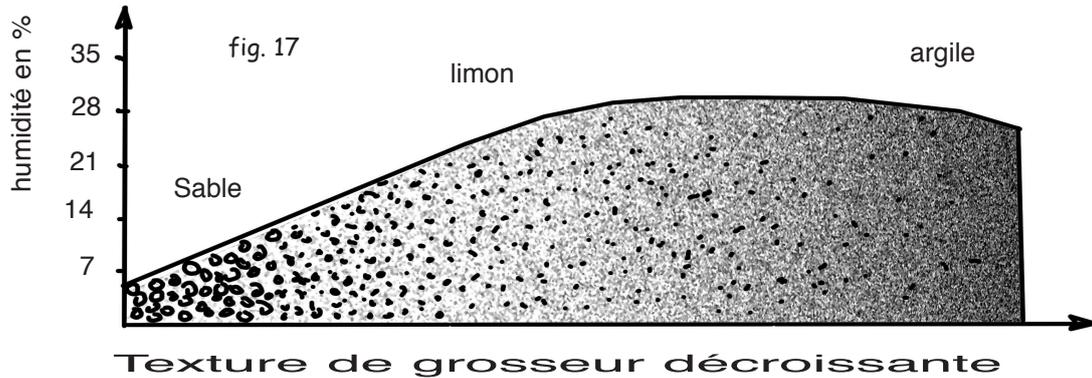
Plus les affluents sont nombreux plus brutale sera la montée des eaux.



Influence de la nature du sol et du sous-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 retenue dans le sol (humidité du sol fig.17).



- Le sol suivant sa nature peut drainer plus ou moins l'écoulement de l'eau d'infiltration. La capacité de rétention (fig. 18) et la vitesse des écoulements souterrains (fig. 19) 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 (fig.19).



Photo : Vautrin Philippe

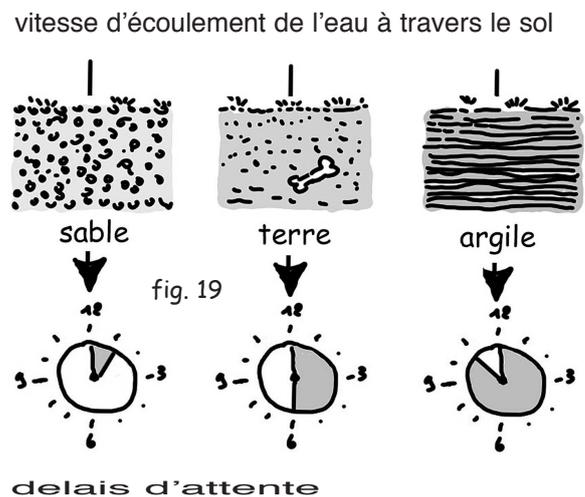
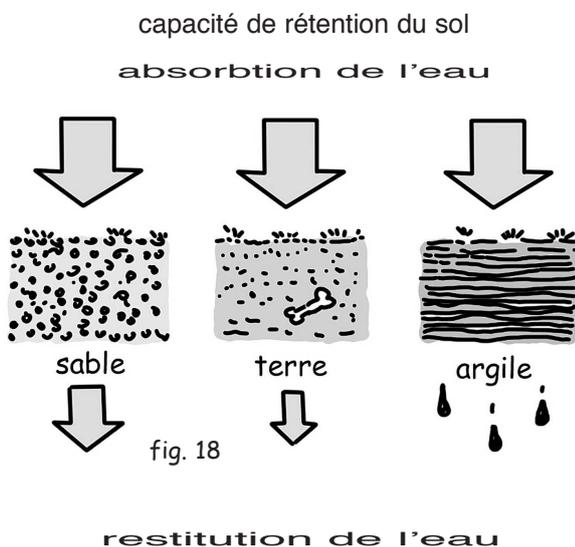




Photo : Gola olivier



Photo : Gola olivier

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 l'écoulement de l'eau (fig. 20). A l'inverse, les calcaires compacts, et zones de lapias des massifs karstiques parcourus par d'innombrables réseaux de fissures (fig. 21) 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 qui s'infiltré 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 hydrolique). 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 il peuvent comporter des zones de pertes et des émergences (fig. 22). 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.23) .

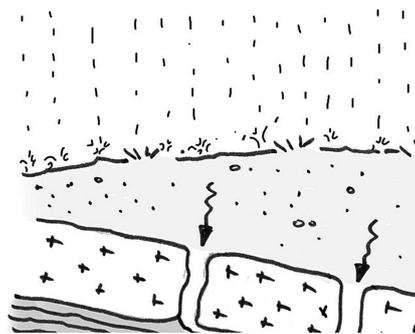


fig. 20

écoulements souterrain forcés

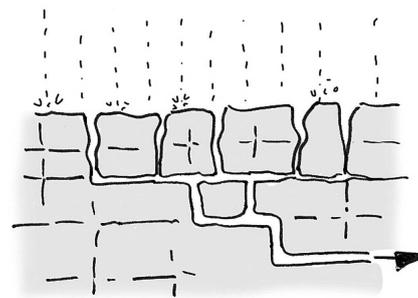


fig. 21

écoulements forcés et sous pression

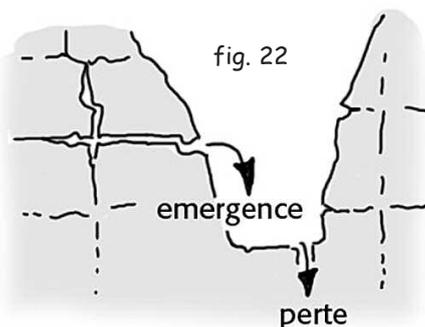


fig. 22

emergence

perte

niveau d'eau imprévisible

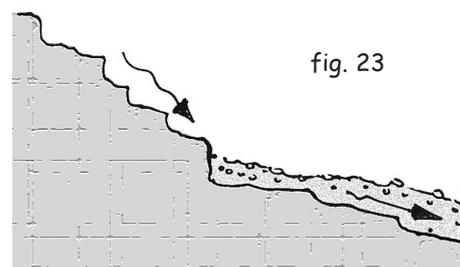


fig. 23

écoulements masqué



Photo : Hauser Bertrand

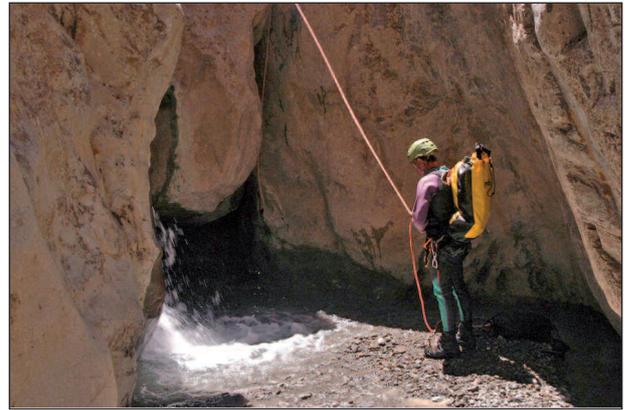


Photo : Hauser Bertrand

Influence du degré d'humidité présente dans le sol :

Il influence le degré de perméabilité du sol et le volume d'eau restitué en cas de pluie.

un sol desséché (fig. 24) en surface et en profondeur présente une capacité d'absorption plus faible qu'un sol humidifié (fig. 26); 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. 25). Cela explique pourquoi, les orages d'été qui cumulent de fortes précipitations sur une sol asséché, sont à l'origine de violentes crues.

A l'inverse, l'eau qui va pénétrer dans un sol détremé comme cela peut être le cas en automne, ne fera que transiter et sera en grande partie restituée vers les zones de résurgences (fig. 27).

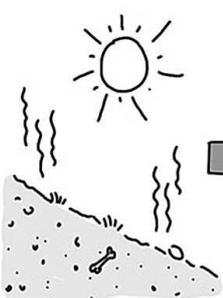


fig. 24



fig. 25

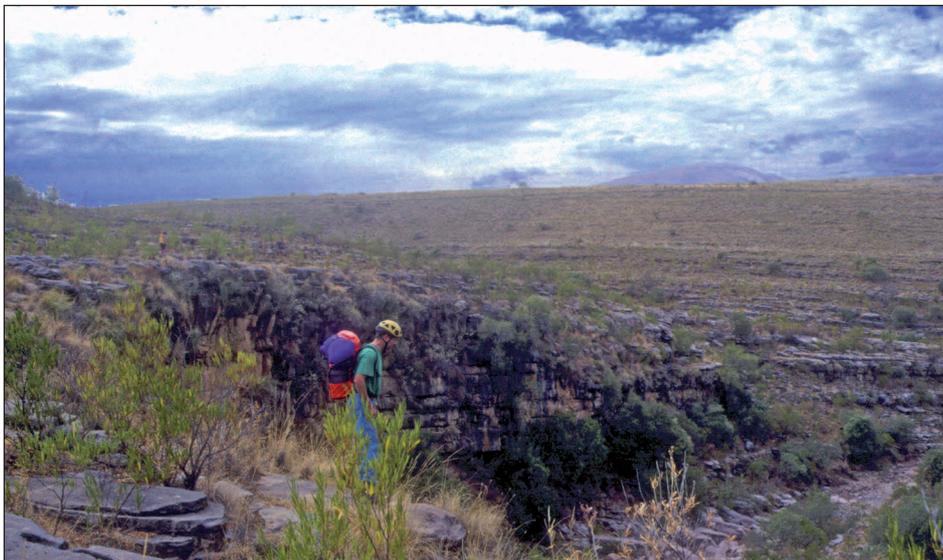


fig. 26



fig. 27

Photo : Djurackdjian Gilbert



Nature du sol et degré d'humidité du sol contribuent donc en grande partie aux risques de crues bien plus que l'eau de ruissellement directe. Si les premières pluies sont absorbées sans conséquence (fig. 28) par le sol (stockage sous forme de nappes, temps d'écoulement souterrain, humidification du sol) les pluies suivantes peuvent provoquer de violentes crues (fig. 30). 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 et que même en l'absence de précipitation, le canyon peut continuer à être alimenté constamment (fig. 29). 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 dans le lit du torrent (fig. 30).

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 détrempe moins il pourra absorber d'eau.

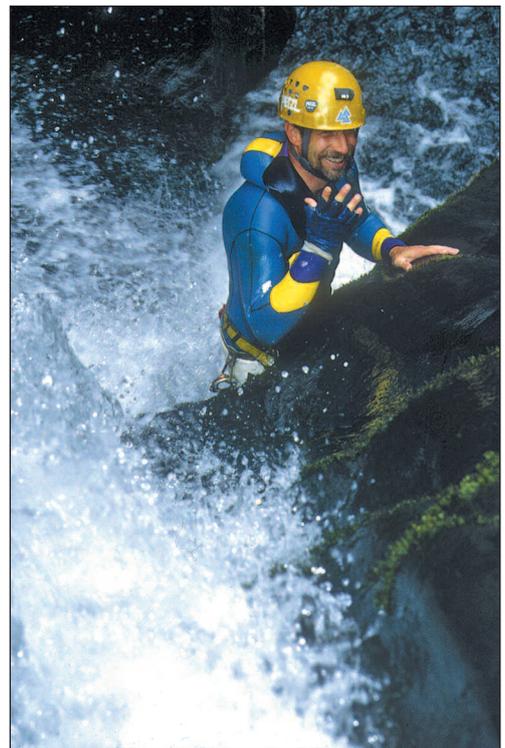


Photo : Vautrin Philippe



fig. 28

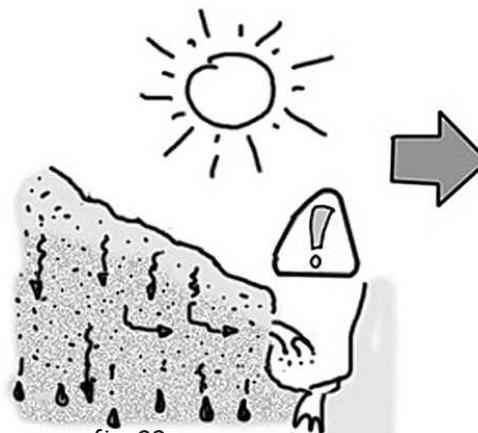


fig. 29



fig. 30

Photo : Vautrin Philippe



Influence de la végétation présente sur le bassin d'alimentation:

la présence ainsi que la nature de la végétation située sur le bassin d'alimentation a joué lors des précipitations un rôle de régulation et de tampon très 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 correspondante 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 intercepte une part importante de l'eau de pluie qui s'évapore ensuite très rapidement.

- 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 important que la végétation est conséquente. 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. 31).

A l'inverse, les canyons situés en altitude (voir photo cidessous) où le couvert végétal est particulièrement maigre ne pourront que difficilement retenir l'eau de pluie qui dévalera beaucoup plus rapidement et en quantité plus importante vers le canyon (fig. 32).

Photo : Gola olivier

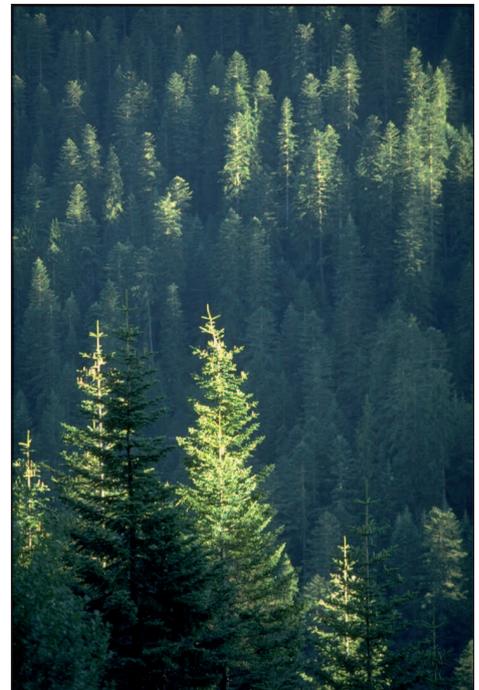


Photo : Hauser Bertrand



fig.31



fig. 32

- la végétation même lorsqu'elle est maigre, freine considérablement le ruissellement de l'eau sur la surface du sol (fig. 33) alors que les pentes terreuses ou les dalles rocheuses accélèrent le ruissellement de l'eau (fig. 34) et provoquent des phénomènes de ravinement qui favorisent le charriage de terre et de pierres lors des crues.

Photo : Gola olivier

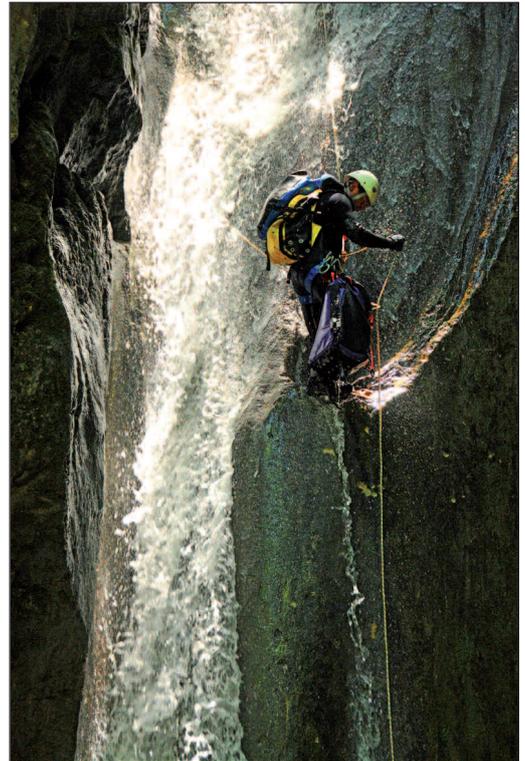


Photo : Gola olivier

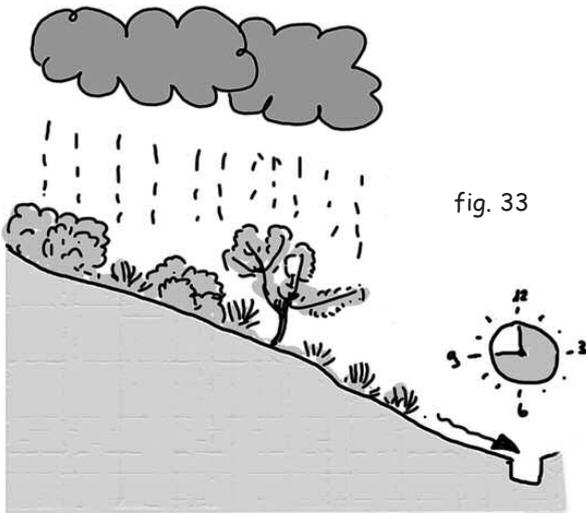


fig. 33

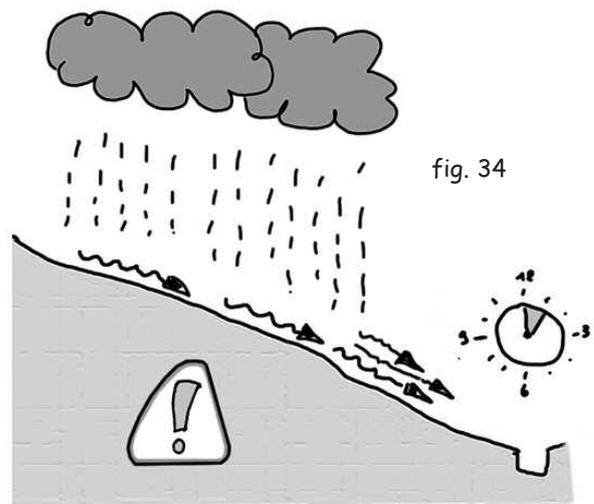


fig. 34

A savoir 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 qui favorise l'accroche des masses nuageuses, l'ascendance des masses d'air et donc le risque d'orages (exemple canyon de la Guadeloupe voir photos à droite)



Photo : Cohen Jacques

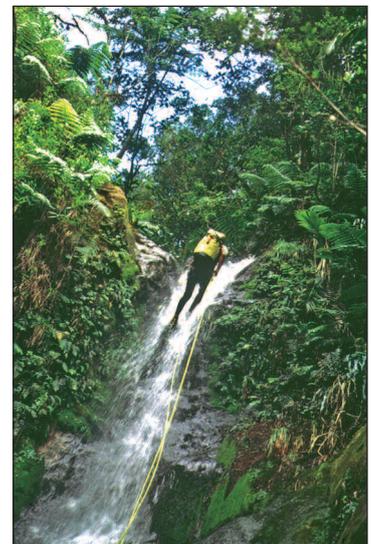


Photo : Cohen Jacques

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 ils 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 ou du Versous (38) pourvues d'un bassin de stockage réduit elles prélèvent en permanence une partie du débit naturel. Munies de vannes 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 de l'ouvrage. Certains de ces ouvrages hydrologiques prélèvent en période de basse eau la presque totalité du débit naturel et ne laissent passer que le débit minimum réglementaire. A noter que certaines de ces prise d'eau sont munie d'une vanne d'arrêt en partie basse qui isole l'alimentation de l'usine. La conduite se noie entièrement et l'eau n'est plus captée en amont.



Photo : Gola olivier

les prises d'eau comportant un large bassin :

Permettant de stocker un grand volume d'eau. On distingue deux types d'ouvrages : les barrages réalisés en dur (comme celui du Furon) et ceux pourvus de pelles (sortes de trappes) permettant d'ouvrir le barrage. Le bassin permet de disposer d'une réserve d'eau afin de réguler le volume d'eau 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, il finit par déborder et peut provoquer une brutale montée des eaux dans la partie aval.

Les barrages hydrologiques (exemple fig. 35) ont des modes de fonctionnement plus ou moins compliqués. Certaines prises d'eau équipées de vannes automatiques permettant de modifier à tout moment le volume d'eau prélevé en fonction des variations de débit naturel ou des besoins en énergie.

D'autres entièrement automatiques sont prévues pour délester le barrage en cas de crue, ou pour permettre le nettoyage automatique de l'installation en cas d'accumulation de sable phénomène appelé chasse d'eau qui provoque une mini crue en aval. Certaines installations sont prévues pour permettre la vidange complète du réservoir. Dans les deux cas, le débit du canyon peut être largement supérieur au débit naturel. et la montée des eaux brutale.

Dans les deux cas, en cas d'avarie survenant à l'usine électrique par exemple le captage est interrompu sans préavis et la totalité de l'eau restituée généralement de façon brutale dans le lit du torrent.

Photo : Gola olivier



Photo : Gola olivier

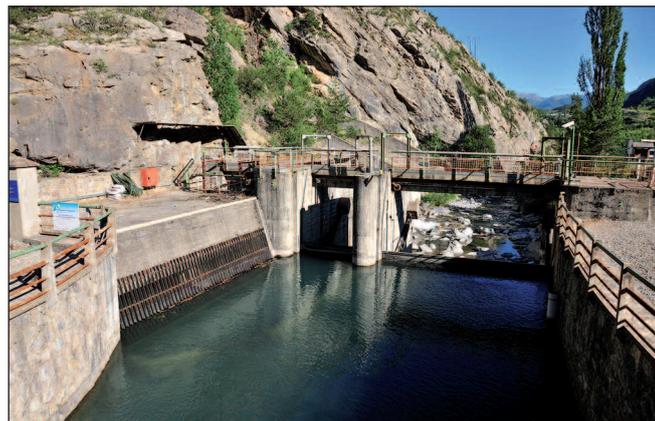


Photo : Gola olivier



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; 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

Photo : Gola olivier

Photo : Gola olivier

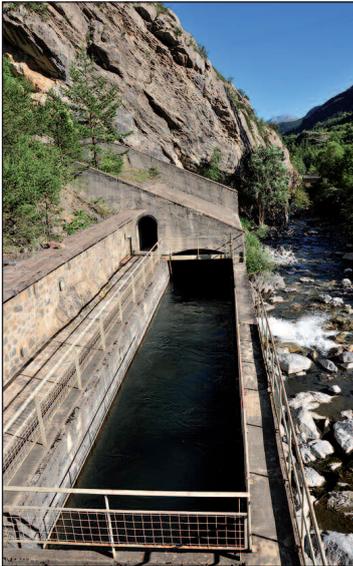


Photo : Gola olivier

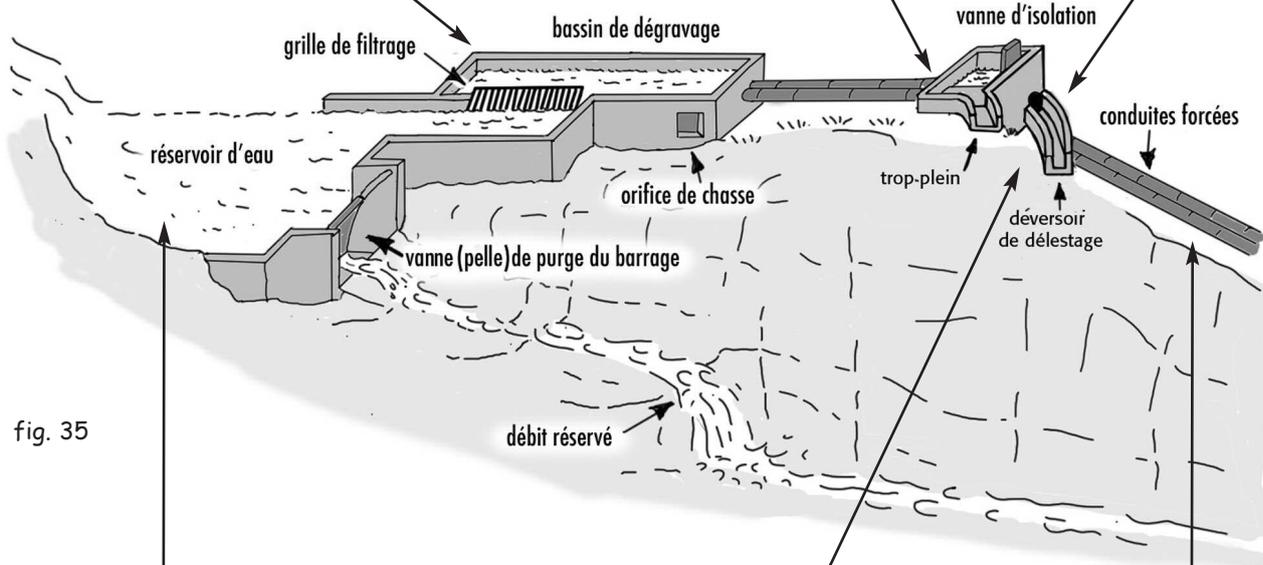
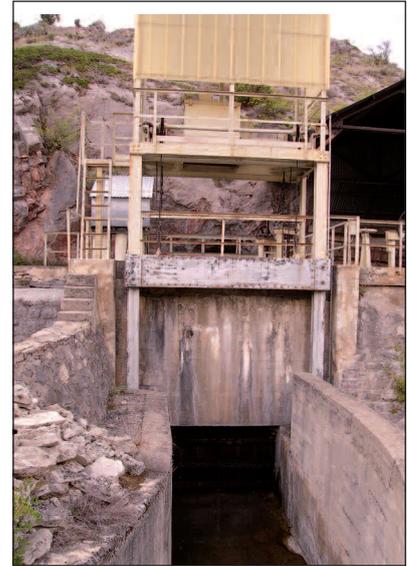
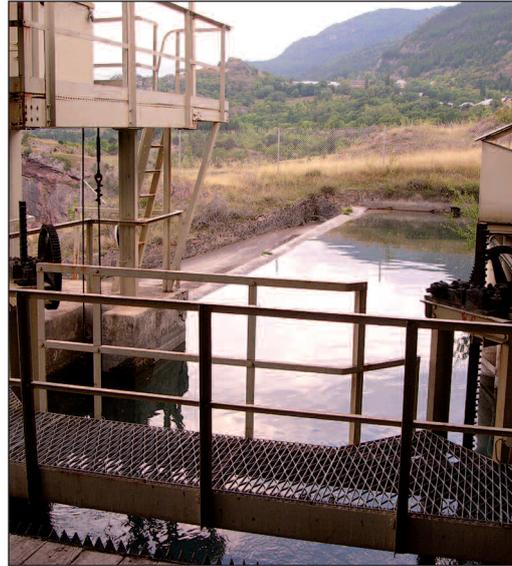


fig. 35

Photo : Gola olivier



Photo : Gola olivier

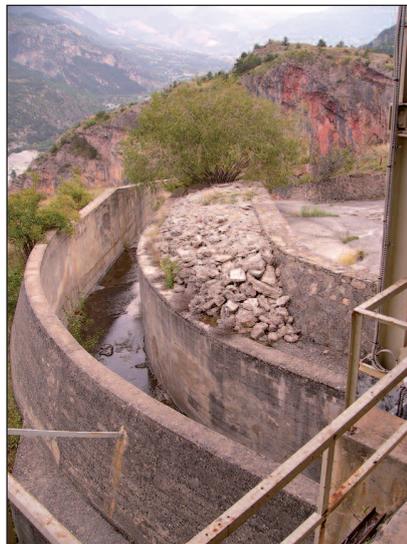
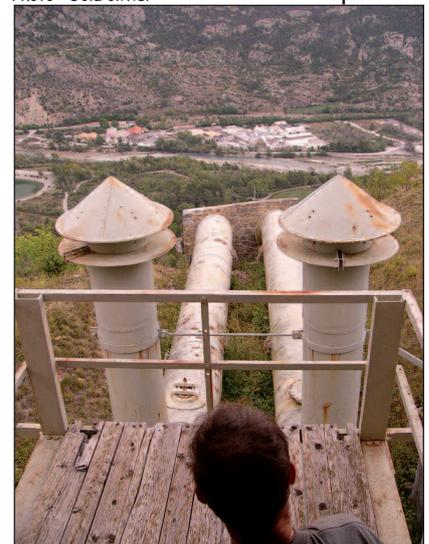


Photo : Gola olivier



Risques liés aux phénomènes de crues

- 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 chisteuses suivant la nature du sol ainsi que des branches et des pierres. Ces coulées peuvent soit aboutir directement au dessus de canyon soit provoquer des chutes de pierres. D'autre part, ces coulées de boue liquide 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 vidange de vasques par destruction des barrages naturels. Les amarrages en place sont également susceptibles d'être fortement endommagés.



Photo : Gola olivier

- le risque de crue se traduit la plupart du temps par une élévation brutale du niveau de l'eau qui se trouble par un apport de limon (fig. 36). Suivant la configuration du bassin d'alimentation et la nature du sol,

la montée des eaux peut être extrêmement brutale et dangereuse. 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. 37) et qui balaye tout sur son passage. A la suite d'une crue, vérifier systématiquement l'état des amarrages s'attendre à rencontrer de nouveaux obstacles (troncs, blocs, barrage naturel ect..) et ne faire aucune confiance aux bassines tant que l'eau est trouble.

Photo : Hauser Bertrand

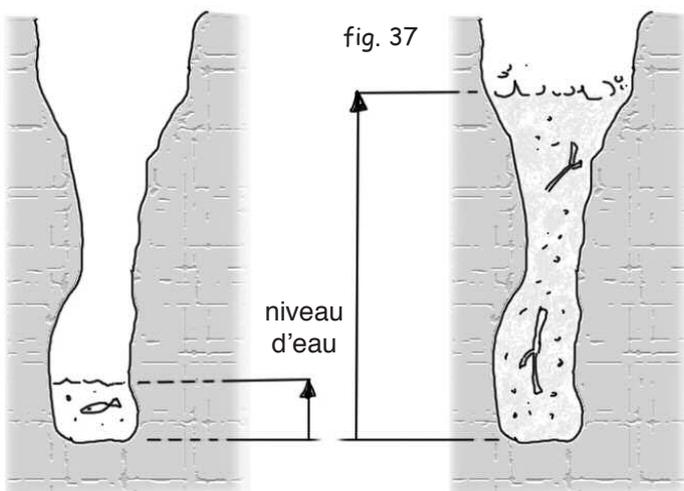


fig. 37

niveau d'eau

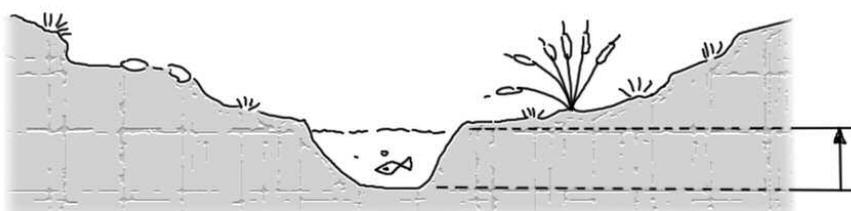


fig. 36

niveau d'eau





Photo : Gola olivier

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 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.

Le profil du canyon : les canyons situés dans un massif calcaire mécaniquement résistant se creusent rapidement, sont généralement encaissés et susceptibles de présenter des méandres étroits, profonds aux parois verticales qui canalisent l'eau et accentuent le phénomène crue. Les différentes duretés des couches traversées forment des banquettes (fig. 38) qui se traduisent par la présence de vires permettant de s'écarter parfois de la chute d'eau mais également des surplombs qui interdisent le plus souvent toute échappatoire en cas de montée des eaux. A noter que les canyons creusés en milieu calcaire sont souvent les plus dangereux en cas de montée des eaux car ils sont propices à la présence plus marquée de drossages, de siphons, marmites et bassins profonds qui peuvent occasionner des courants violents. Par ailleurs, les hauteurs de cascades peuvent être importantes et les mouvements de rappel fréquents aux pieds des cascades. En revanche, on peut y rencontrer des biefs importants qui réduisent et amortissent la vague de crue en l'allongeant sur la surface de l'eau et en divisant son volume.

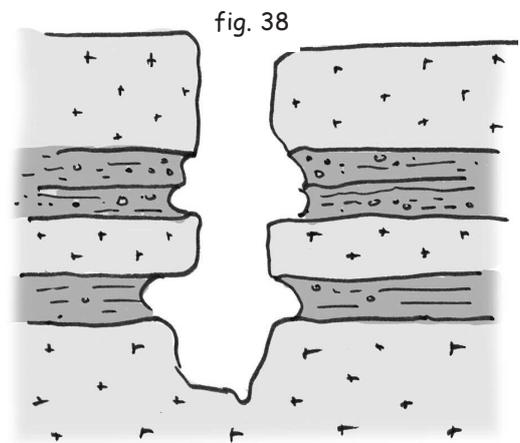


Photo : Gola olivier

Photo : Hauser Bertrand

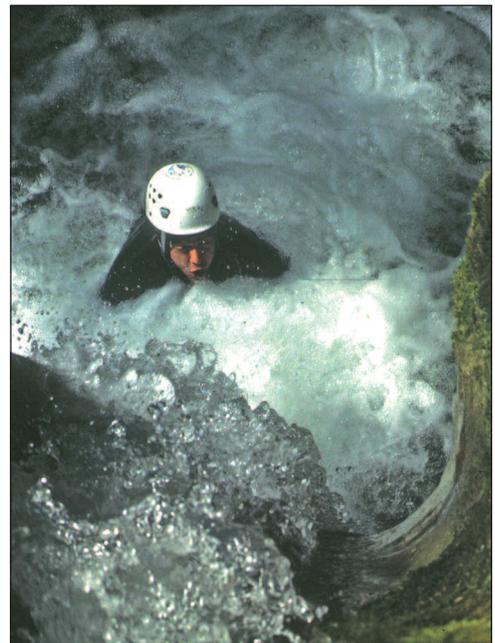




Photo : Hauser Bertrand

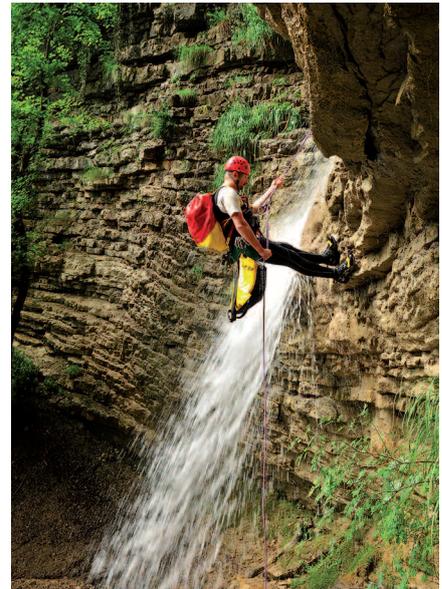
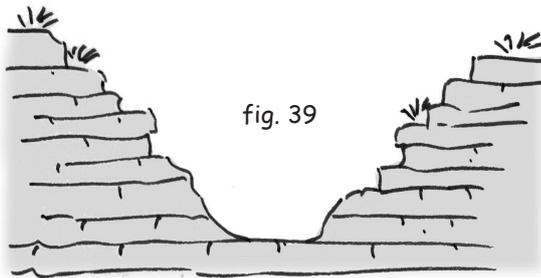


Photo : Gola olivier



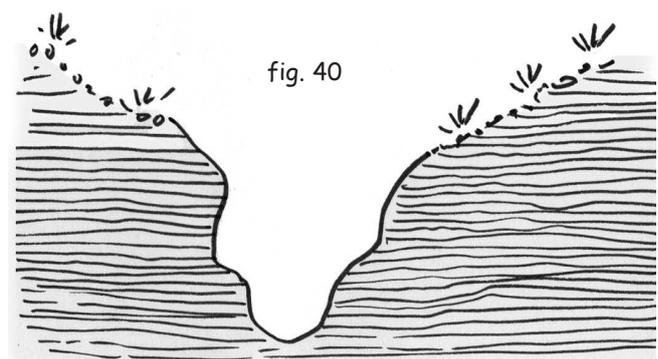
Les roches sédimentaires disposées en petits bancs sont souvent fragiles en raison de la fracturation importante des couches (phénomène du tiroir). En général ils sont rarement encaissés (fig. 39) et il est souvent possible de s'en échapper.

Photo : Gola olivier



les canyons situés dans les roches sédimentaires incluant une proportion d'argile, telles les marnes seront beaucoup plus ouverts et la végétation souvent plus présente permet bien souvent de s'en échapper très facilement. 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 roches shisteuses sont constituées de roches tendres en feuillets dont la structure est peu visible dans le lit du torrent. Les canyons creusés dans les shistes (fig. 40), 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 avant dix mètres de hauteur.



Les granites et les gneiss (fig.41) souvent appelés roches cristallines en raison de leur aspect, sont des roches plutôt dures et compactes. Les canyons qui les parcourent 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. les fissures sont souvent nombreuses; prévoir des pitons en acier dur; mieux adaptés. les chevilles autoforeuses sont souvent difficiles à installer en raison de la résistance mécanique importante de ce type de roche.

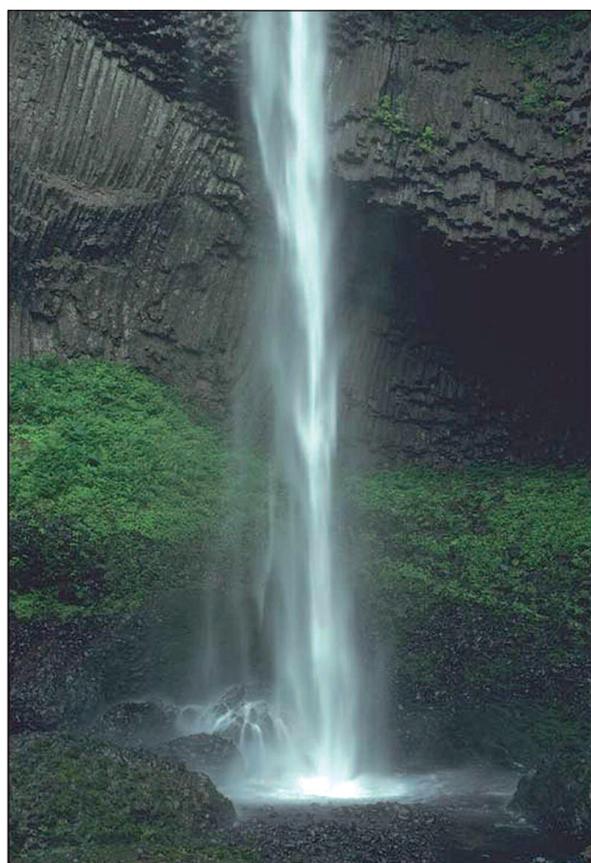
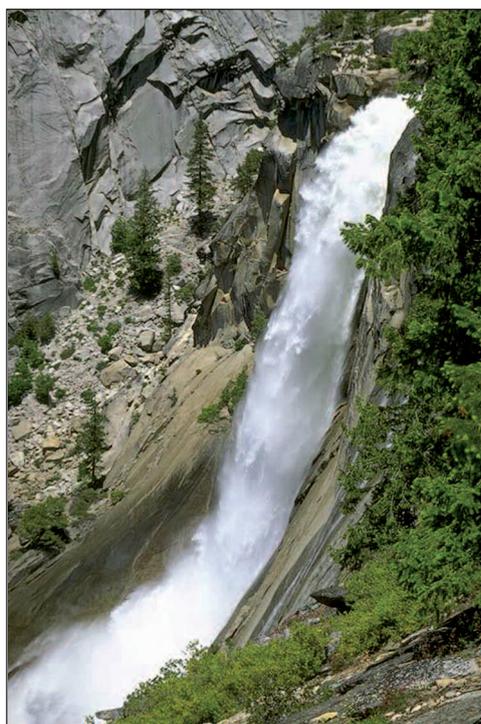
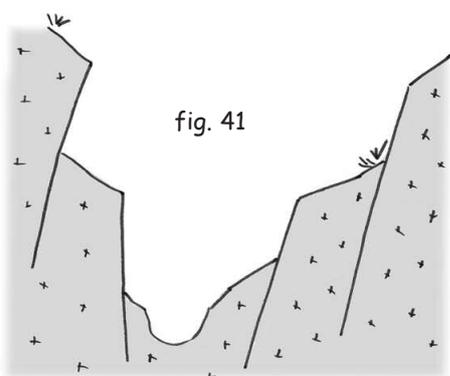


Photo : Gola Olivier

Les roches volcaniques issues d'une élévation brutale de la lave à la surface présentent une texture vitreuse peu différenciée en raison de leur solidification rapide au contact de l'atmosphère. Ces roches forment souvent des coulées de colonnes prismatiques individualisées par des fentes de rétraction au moment du choc thermique, orgues de basalte. Le gel détache des blocs qui engraisent les pierriers au bas des parois.

les roches volcaniques offrent des canyons aux profils multiples et variés qui peuvent être étroits, larges, avec de grandes verticales ou plutôt horizontaux. La végétation 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.

Les dangers de l'eau

Indépendamment des risques liés au phénomène de vague de crues, une mauvaise estimation ou une augmentation du niveau de l'eau peut rapidement poser des problèmes de progression en canyon.

La force de l'eau : elle est d'autant plus dangereuse qu'elle se concentre sur une surface réduite (partie étroite, passage entre blocs, goulotte) et qu'elle prend de la vitesse (perte de dénivelé).



Photo : Gola Olivier

Photo : Vautrin Pilippe



La force de l'eau peut devenir dangereuse aux abords d'une cascade. Elle est susceptible de déséquilibrer un équipier ou de l'entraîner de force avant qu'il ait pu prendre pieds pour atteindre l'amarrage. C'est également valable pour les enchaînements de cascades avec vasques suspendues. La force ou le poids de l'eau peuvent également être dangereux en tête de cascade notamment lorsque le jet est concentré et qu'il vient heurter de face l'équipier qui s'engage au risque (fig. 42) de le faire basculer en arrière d'autant plus s'il transporte un sac à dos. Sur le parcours

de descente, la force de l'eau peut aussi devenir dangereuse lorsqu'elle se concentre dans une goulotte dans laquelle on est contraint de prendre appui. On peut dans ce cas se faire faucher ou se retrouver en déséquilibre d'autant plus facilement que le sol est glissant.

Il risque dans ce cas :

- en chutant dans la veine d'eau, d'être entraîné par la force de l'eau ;
- de se retourner et de se retrouver coincé sous la chute d'eau (fig. 42) ;
- en chutant de lâcher prise en se cognant sur la paroi et de chuter au pied de la cascade (fig. 43) ;

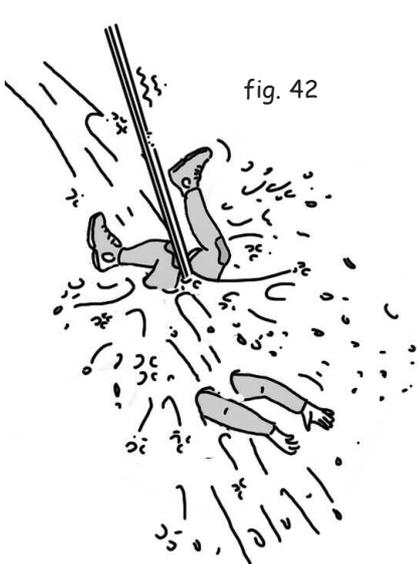


fig. 42

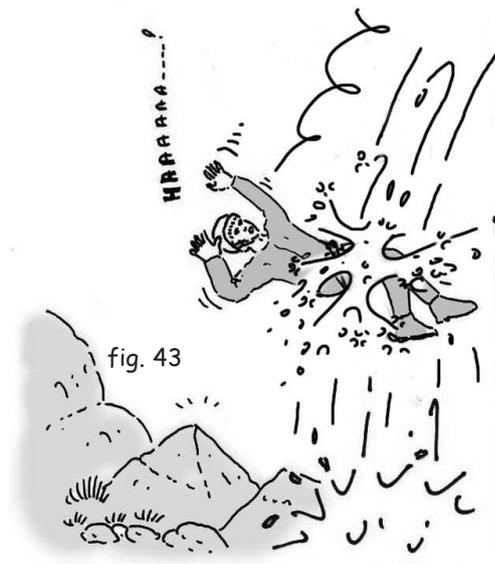


fig. 43



Photo : Gola Olivier



Photo : Gola Olivier



Photo : Gola Olivier

Le poids de l'eau : dès lors que la chute d'eau demeure concentrée (petite cascade), son poids, même par faible débit, peut rapidement devenir très important et traumatisant pour un équipier qui se trouve sur sa trajectoire. Le poids de l'eau sur le casque de l'équipier peut occasionner des lésions sur les vertèbres cervicales. Lorsque le volume d'eau est important et même s'il est dispersé, il peut mettre en difficulté un équipier qui ne pourrait s'en extraire par détresse respiratoire et en raison du poids de l'eau qui risque de l'entraîner de force (fig.44). Sur les hauteurs de cascades importantes, l'eau se disperse en minuscules gouttelettes. La présence de ces minuscules gouttelettes d'eau en suspension dans l'air due à l'effet aérosol peut également être dangereuse. Risque de se refroidir si on est mal équipé (et ce d'autant plus que le baudrier gêne la circulation sanguine). On risque surtout d'avoir des problèmes respiratoires lorsqu'on s'attarde trop longtemps car on respire aussi de l'eau. C'est également valable en pied de cascade lorsqu'on ne peut rapidement quitter les lieux.



fig. 44

Photo : Vautrin Pilippe

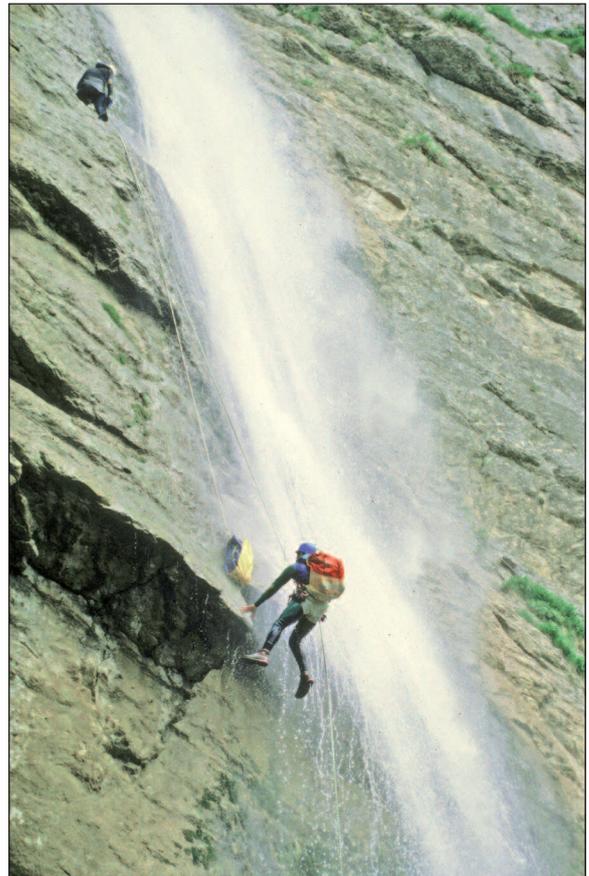
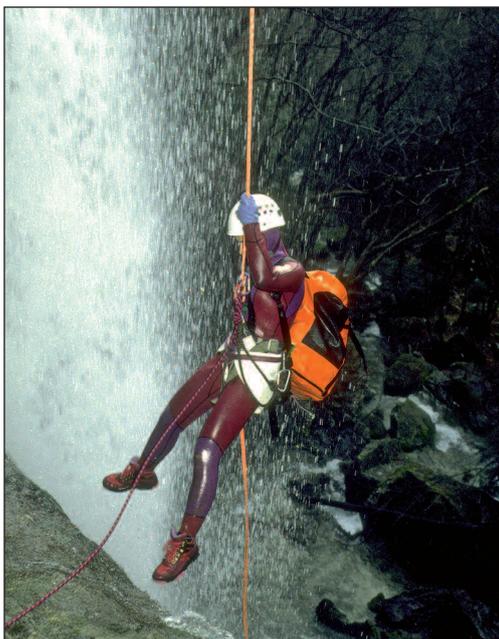


Photo : Vautrin Pilippe



Au niveau des zones de réception des chutes d'eau, dès que le débit dans un canyon devient important, on se retrouve rapidement confronté à des mouvements d'eau parfois invisibles, face aux quels le nageur n'est pas de taille à lutter et qui peuvent rapidement devenir dangereux. Une marmite peut cumuler plusieurs mouvements d'eau (rappel sous cascade, mouvement de rotation d'une partie de l'eau et mouvement de drossage des partie surplombantes. Voici les principaux mouvements d'eau présentés en détail.

Le mouvement de rappel d'eau sous cascade :

C'est un mouvement d'eau qui tourne sur un plan vertical et ramène le nageur sans cesse sous la chute d'eau. En pénétrant en force dans la vasque (fig. 45), l'eau est chassée vers la surface et forme un champignon; une partie de l'eau chargée de bulles d'air, revient vers la chute, l'autre est chassée de la vasque. Le mouvement de rappel sous cascade est dangereux lorsque sa puissance entraîne de force le nageur malgré lui au risque de le faire tourner sous l'eau à l'image d'une machine à laver (fig.46). Le mouvement de rappel est d'autant plus dangereux, qu'au niveau de la chute d'eau, l'air saturé en fines gouttelettes d'eau en suspension ne permet pas de respirer normalement et que l'eau fortement émulsionnée ne porte plus le nageur qui risque d'être enfoncé profondément par la poids de la chute d'eau. D'une manière générale, toute la zone fortement émulsionnée peut être dangereuse. Le mouvement de rappel d'eau est extrêmement dangereux lorsque la distance qui sépare le champignon du point d'impact de la chute d'eau est supérieur à la taille d'un homme car il devient beaucoup plus difficile de s'en échapper. Attention le mouvement de rappel sous cascade peut se produire également lorsqu'un courant d'eau qui circule rapidement se heurte à une masse d'eau qui coule lentement comme au pied d'un toboggan par exemple notamment lorsque la profondeur de la bassine est réduite (fig. 47).

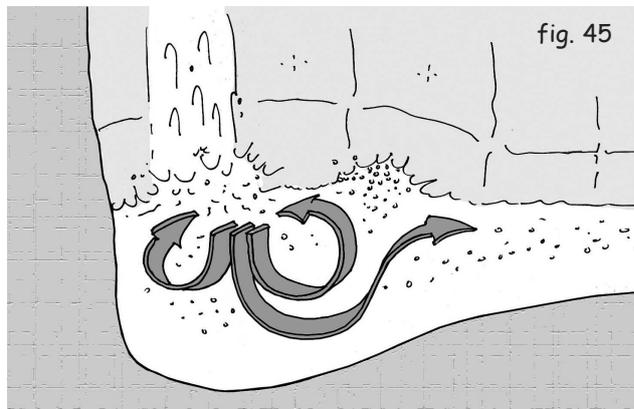


fig. 45

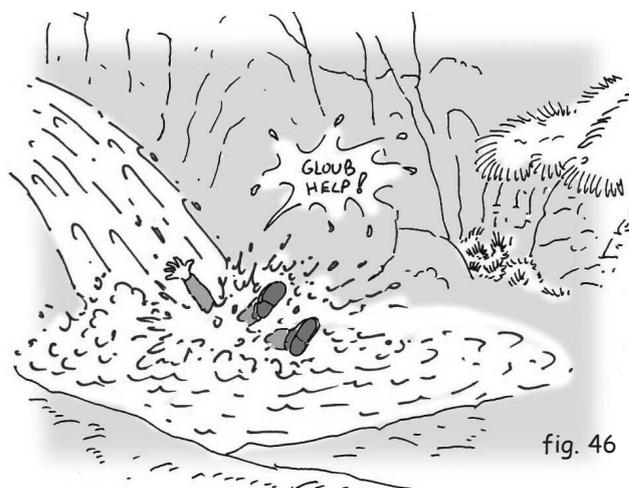


fig. 46

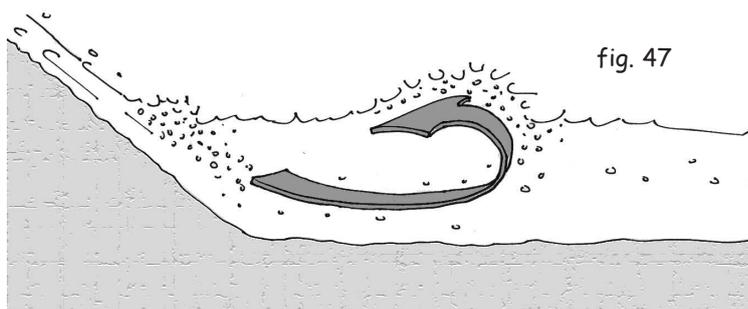
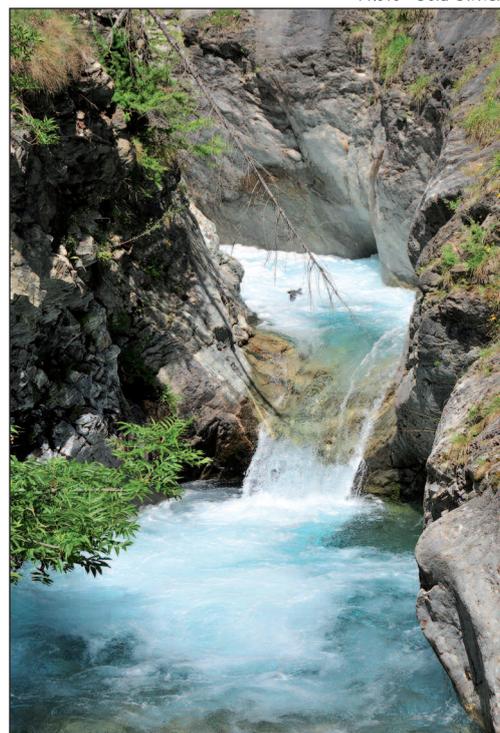


fig. 47

Photo : Vautrin Philippe



Photo : Gola Olivier



Le mouvement de tourbillon vertical :

C'est un mouvement de rappel d'eau sous cascade entraîné en profondeur (fig.48). Il est d'autant plus surnois qu'il est invisible en surface. Il se produit le plus souvent au pied des toboggans lorsque la vasque de réception est profonde et que la chute d'eau se fait sur une largeur importante et qu'elle s'enfonce dans l'axe d'écoulement de la bassin. Ce genre de mouvement d'eau n'est pas vraiment dangereux dans la mesure où il a tendance à chasser le nageur. Toutefois, il peut entraîner le nageur vers le fond de la vasque dans un mouvement de rotation qui lui fait perdre ses repères et ne lui permet de remonter à la surface que beaucoup plus loin si rien ne s'y oppose (tel une branche d'arbre mort par exemple).

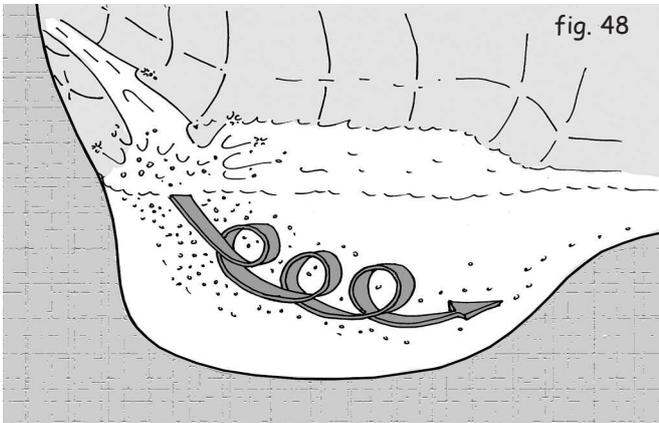


Photo : Gola Olivier

A noter que très souvent, lorsque le point d'impact de la chute d'eau arrive de façon inclinée; il s'accompagne sur un ou deux côtés, d'un mouvement d'eau circulaire qui a tendance à ramener le nageur sous la chute d'eau en passant par l'arrière (fig. 49).

Les marmites tournoyantes :

Lorsque le courant frappe en force par le côté d'une vasque de forme arrondie (fig. 50), l'eau qu'elle contient se met à tourner au risque de ramener sans cesse le nageur sous la chute d'eau. Il aura d'autant plus de mal à nager que la zone impact est souvent fortement émulsionnée, ne permet pas de flotter et que l'air est saturé en fines gouttelettes d'eau en suspension.

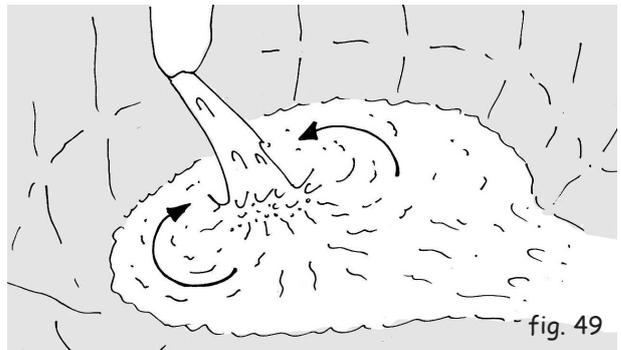
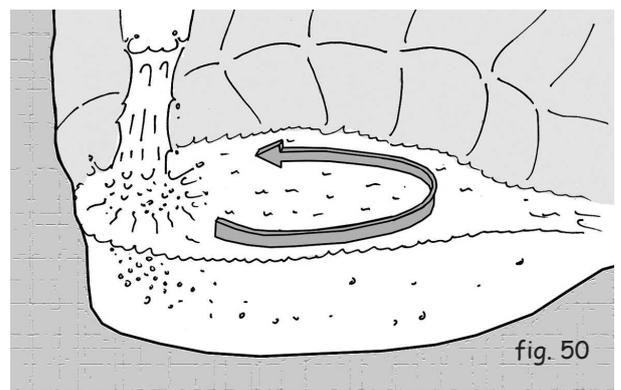
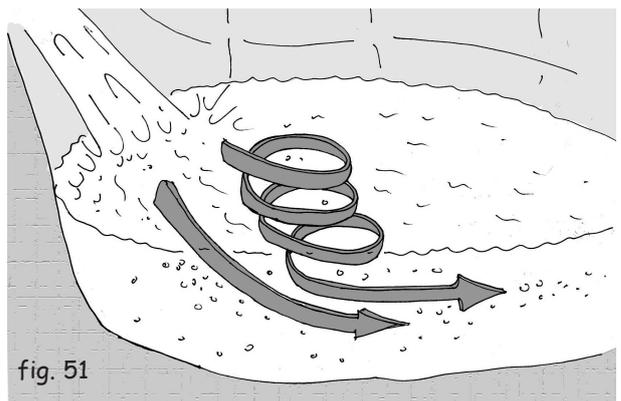


Photo : Badin Pascal



Le tourbillon aspirant qui tourne horizontalement :

Lorsque la chute d'eau s'enfonce violemment dans la bassin, on peut également observer parfois, la création d'un tourbillon aspirant qui s'enfonce et accompagne le courant principal en profondeur (fig.51). Ce phénomène de tourbillon peut également être provoqué par la configuration des parois entre lesquelles circule l'eau (zone de chicane par exemple).



Le drossage:

Le drossage est un courant qui s'enfonce sous la paroi. Il se produit lorsque l'eau percute la paroi que ce soit de face, de travers ou le plus souvent, dans une courbe. Dans les trois cas, l'eau creuse la partie immergée de la paroi ce qui favorise le phénomène. Un nageur aspiré par un drossage peut se faire entraîné en profondeur et se retrouver plaqué contre la paroi, sous l'eau sans avoir la garantie de pouvoir en ressortir rapidement. Le drossage peut se former sur le côté d'une chute d'eau ou en face.



Photo : Gola Olivier

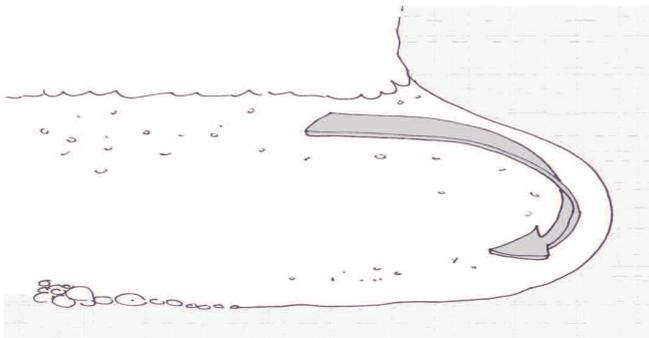
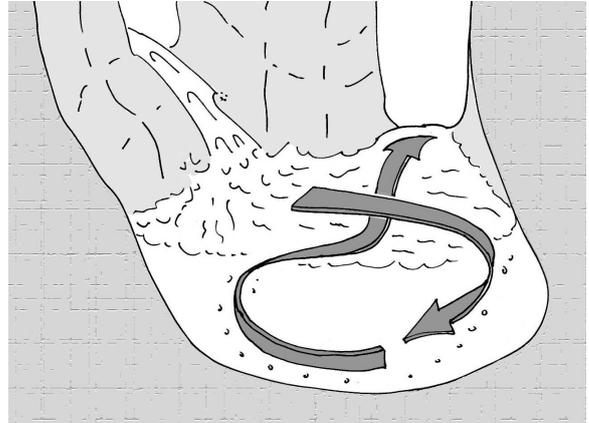


Photo : Gola Olivier

Les courants siphonnants et les encombrements :

Dans les passages étroits et encombrés de blocs, l'eau en circulant sous les blocs peut provoquer des courants aspirants susceptibles d'entraîner le nageur. Ils constituent le risque le plus grave dans la mesure où ils sont peut visibles surtout lorsque le débit du canyon augmente et que l'eau recouvre les blocs. Ils sont surtout dangereux car ils peuvent être longs et on n'a pas l'assurance que le passage puisse permettre à un nageur aspiré de ressortir plus loin.

Le courant siphonnant peut quelquefois être occasionné par un arbre couché, plus ou moins dissimulé sous l'eau. Le courant qui passe en dessous peut alors entraîner de force le nageur et le retenir dans les branches.

D'une manière générale, tous les obstacles situés en travers du courant ou sous l'eau, comme un tronc d'arbre, constituent un danger car le nageur peut se retrouver plaqué par la force du courant ou s'accrocher.

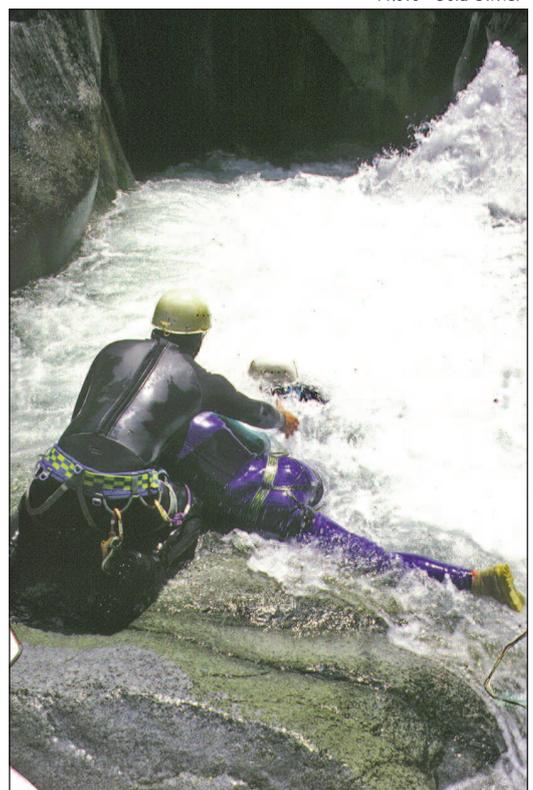
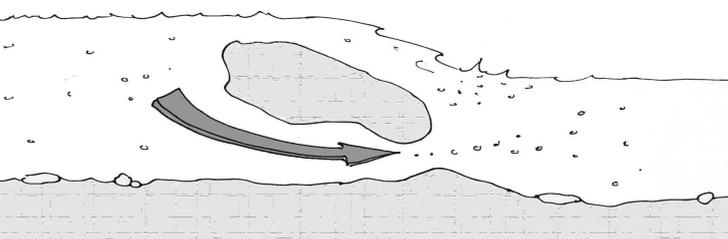


Photo : Gola Olivier

Estimation du débit de l'eau

Sur une section bien délimitée du canyon on détermine empiriquement la vitesse de déplacement de l'eau en une seconde en chronométrant un objet flottant sur une grande distance. Cette vitesse de déplacement multipliée par la section du lit nous indique le débit du canyon (fig. 36).

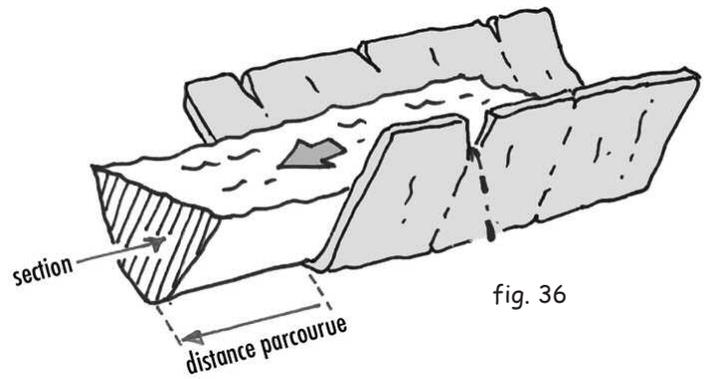


fig. 36

Exemple : un lit de rivière de deux mètres de large avec cinquante centimètres de profondeur parcouru par un courant d'un mètre seconde nous délivre un mètre cube d'eau à la seconde (fig. 37). Dans ce lit, il est aisé de nager ou de s'arrêter; par contre n'oublions pas que ce même débit concentré au départ d'une cascade, dans une zone étroite, pèse une tonne (il en faut beaucoup moins pour rendre un canyon impraticable). Par ailleurs, à débit égal, plus la vitesse de l'eau est importante plus sa puissance sur la surface d'un corps est décuplée car elle correspond à la vitesse au carré du débit (fig. 38).



Photo : Hauser Bertrand

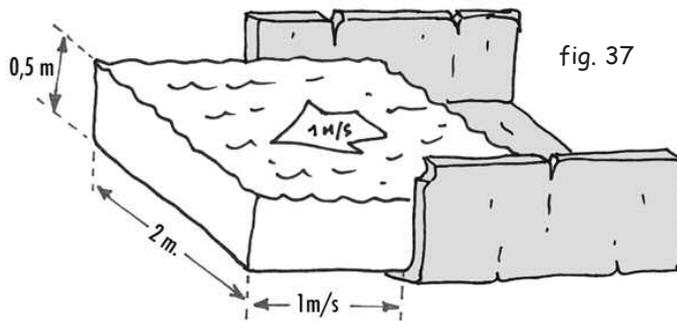


fig. 37

Débit : $2\text{ m.} \times 0,5\text{ m.} \times 1\text{ m/s} = 1\text{ m}^3$
Puissance : $1\text{ m}^3 \times 1\text{ m/s}^2 = 1\text{ tones}$

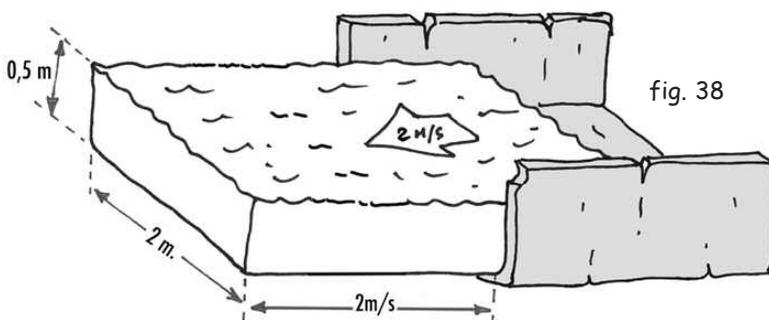


fig. 38

Débit : $2\text{ m.} \times 0,5\text{ m.} \times 2\text{ m/s} = 2\text{ m}^3$
Puissance : $2\text{ m}^3 \times 2\text{ m/s}^2 = 4\text{ tones}$

En canyon, c'est le niveau de l'eau qui détermine en grande partie la difficulté de la course. Dans cet environnement le plus souvent vertical, confiné et étroit duquel il est parfois impossible de se soustraire, l'eau a tendance à se concentrer, à prendre de la vitesse et constitue la principale source de danger car on ne peut pas toujours s'en écarter. Quelques centaines de litres seconde peuvent mettre en difficulté un équipier dans une cascade. La connaissance de l'ensemble des facteurs influençant le régime hydrologique d'un canyon, l'évaluation des risques de précipitation ainsi que les risques liés aux dangers de l'eau sont donc primordiaux pour déterminer l'engagement d'une course.

