

HYDROLOGIE

Jérôme BIJU – DUVAL

L'amateur de canyons doit se préoccuper d'un certain nombre de questions relatives à l'eau, et plus spécialement celles qui conditionnent la sécurité.

1. Quantité d'eau tombée.

Le volume d'eau précipitée est lié à deux paramètres.

a) Intensité de la précipitation

Elle se mesure habituellement en millimètres d'eau, sur un intervalle de temps déterminé.

Une pluie de 1 mm = 1 litre d'eau par m² de terrain arrosé.

Quelques valeurs moyennes de précipitations annuelles :

Perpignan	550 mm par an
Grenoble	1000 mm par an
Mont Aigoual (Cévennes)	2100 mm par an
Cherrapunji (Inde)	12040 mm par an (record mondial !)

Le canyoniste se préoccupera beaucoup plus de l'intensité d'une précipitation déterminée, car c'est elle qui conditionne, en grande partie, le débit du cours d'eau pour les heures qui suivent.

Une pluie de 50 mm provoquera une crue beaucoup plus soudaine et violente si elle tombe en une heure que si elle est répartie dans toute une journée. Il n'est pas rare, dans certaines régions (Ardèche, Gard, Drôme,...) qu'il tombe en quelques heures plus de 20% des précipitations de toute l'année. A Cilaos (Réunion), un record de 1870 mm de pluie en 24 heures a été enregistré en mars 1952.

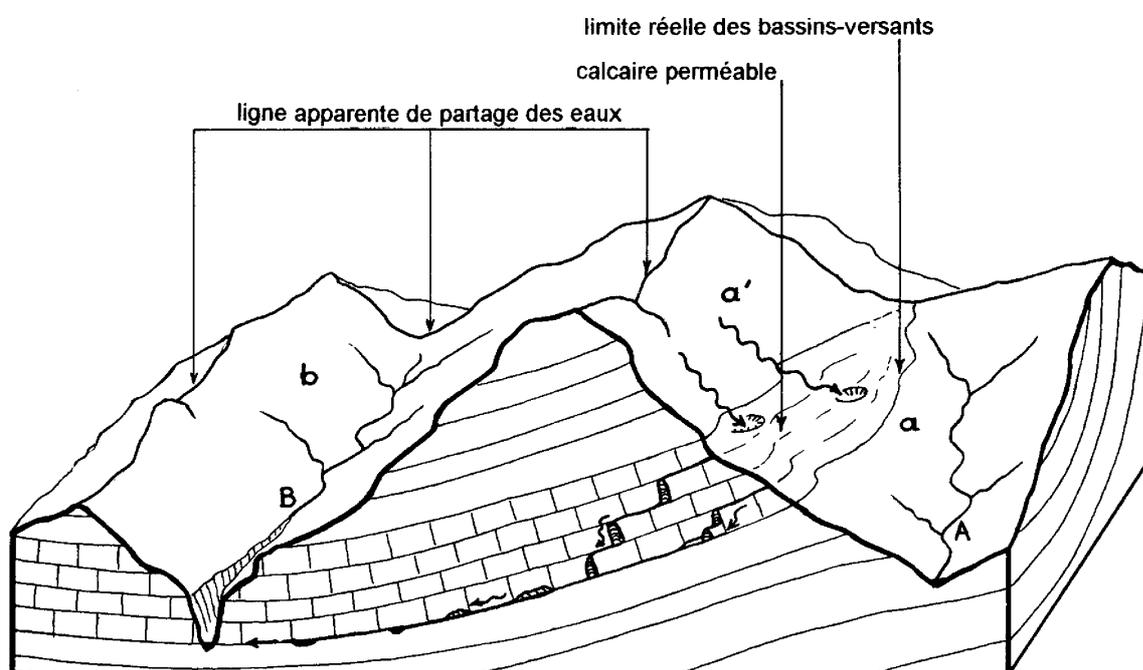
L'intensité d'une précipitation est imprévisible, d'autant plus qu'elle peut être très inégale d'un point à un autre. Par conséquent, en situation pluvieuse ou orageuse, il ne suffit pas de se préoccuper de l'état du ciel à la verticale du canyon ; il peut en effet rester parfaitement dégagé alors qu'un violent orage a pu se produire à quelques kilomètres, sur le haut du bassin.

b) Surface du bassin versant.

C'est la surface totale des terrains recueillant la pluie alimentant un cours d'eau déterminé. Le terme de "bassin d'alimentation" est synonyme de "bassin

versant". Ses limites correspondent souvent à des lignes de crêtes (lignes de partage des eaux), sauf en secteurs de calcaires karstifiés où des cheminements souterrains parfois complexes peuvent provoquer, soit un soutirage vers d'autres cours d'eau, soit au contraire, un afflux d'eau supplémentaire en provenance de zones extérieures au bassin d'alimentation apparent.

Exemple de différence entre le bassin versant topographique et le bassin versant réel



Les eaux tombées sur la surface *a'* s'écouleraient vers le torrent *A* si elles n'étaient pas interceptées par un niveau de calcaires karstifiés, qui les dérivent souterrainement vers le bassin-versant voisin, drainé par le torrent *B*. Le débit des résurgences s'ajoute à celui collecté par la surface *b*.

Le débit moyen du torrent *A*, alimenté seulement par la surface de réception *a* est plus faible que celui du torrent *B*, même si les bassins-versants topographiques ont des surfaces analogues.

Dans tous les cas, le volume d'eau recueilli sera à peu près proportionnel à la surface du bassin versant réel. Ainsi, une pluie de 50 mm (supposée homogène), sur un bassin versant de 20 km² produira un million de m³ d'eau.

c) Remarque sur la fonte de la neige

L'eau produite par la fonte de la neige peut être assimilée à une précipitation (différée). Les variations journalières du débit induites par ce phénomène (maximum le plus souvent en fin d'après-midi) sont progressives et d'amplitude modeste, sans commune mesure avec les variations brutales provoquées par des orages.

2. Débit d'eau écoulée

Le débit est la quantité d'eau écoulée pendant une durée déterminée. On l'exprime généralement en litres ou mètres cubes par seconde (lit/sec ou m³/sec).

Après sa chute, l'eau de pluie peut subir plusieurs destins.

Elle peut :

- être évaporée à partir du sol ou de la végétation ;
- s'infiltrer pour réapparaître plus loin, plus tard ;
- enfin, ruisseler et grossir ainsi momentanément le débit du cours d'eau.

On voit bien que tout ce qui contribue à réduire la quantité d'eau ruisselée, ou simplement à retarder son écoulement ou l'étaler dans le temps, minimisera la gravité d'une crue. Pour évaluer la vulnérabilité d'un canyon au risque de crue, plusieurs éléments sont à considérer.

a) Nature du sol et du sous-sol

Les formations meubles telles que terre végétale, éboulis, sable, graviers, sont capables d'absorber et stocker momentanément une certaine quantité d'eau. Dans la tranche superficielle, cette eau sera, par la suite, évaporée (principalement en été) ou consommée par les plantes. Les infiltrations plus profondes chemineront plus ou moins lentement pour alimenter des sources ; c'est bien ce phénomène qui permet à celles-ci de couler parfois même s'il n'a pas plu depuis plusieurs mois.

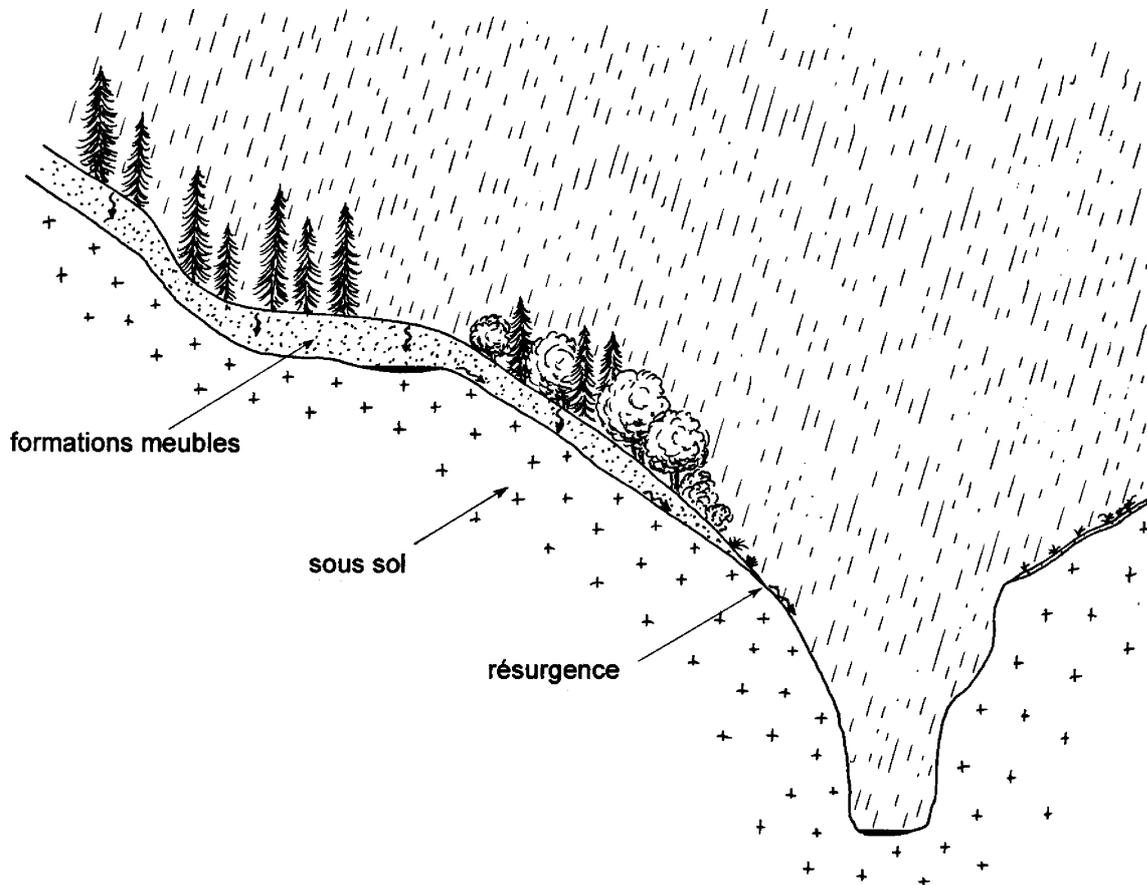
Si ce type de formations est largement développé dans le bassin versant, on peut s'attendre à une réduction considérable du volume immédiatement écoulé, par rapport à celui de la pluie tombée.

A l'inverse, un terrain presque entièrement rocheux est peu favorable à l'infiltration, et le ruissellement y sera maximum.

Les calcaires karstifiés constituent un cas particulier. De vastes réseaux formés par dissolution progressive de la roche, à partir de fissures ou fractures, se prêtent particulièrement bien à une absorption rapide de l'eau, à condition de ne pas être recouverts par une couche formant écran.

L'infiltration peut correspondre à la quasi-totalité de l'eau tombée ; mais le cheminement souterrain est parfois aussi rapide qu'en surface, et les résurgences soudaines, à un point ou un autre du canyon, seront soumises également à des crues (les spéléos connaissent bien ce risque).

Exemple d'association *formations meubles / sous sol imperméable*

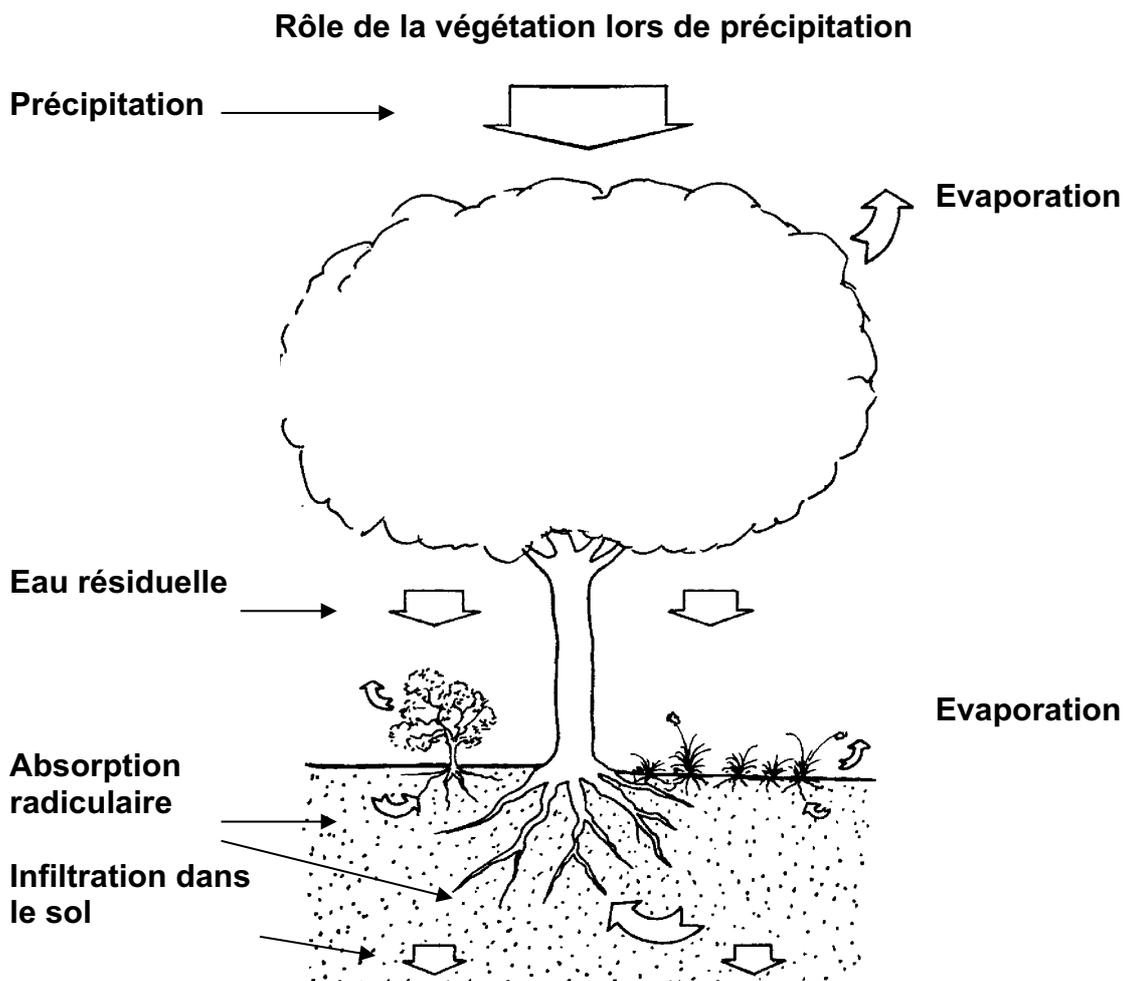


b) Etat d'humidité et de saturation du sol

Tout comme une vieille éponge, un sol rigoureusement sec a une capacité d'absorption très faible. Si une pluie violente se produit alors, la part de ruissellement sera importante, même si le sol présente, en temps normal une certaine perméabilité. Si au contraire, le sol était resté humidifié par une pluie précédente, ou bien a eu le temps de se ré humidifier doucement par une pluie progressive, l'infiltration sera plus efficace. Il faut toutefois que la pluie ne soit pas trop intense ; sinon il y aura rapidement saturation de la tranche superficielle du sol : en quelque sorte, il faut un certain temps aux premières gouttes pour s'infiltrer en profondeur, et laisser ainsi la place aux suivantes.

c) Végétation

Son rôle est de tout premier ordre. Comme la surface totale des feuilles d'un arbre est beaucoup plus grande que la surface correspondante au sol (5 à 10 fois, jusqu'à 15 fois pour de grands arbres très feuillus), l'interception de la pluie est importante. Une pluie de 5 à 6 mm peut fort bien ne jamais atteindre le sol, et retourner à l'atmosphère par évaporation dans les heures qui suivent.



De plus, en cas de précipitations plus importantes, le ruissellement sera considérablement freiné si le sol est fortement végétalisé (herbe ou broussaille), ce qui a aussi pour effet de favoriser l'infiltration. Toutefois, pour des pluies longues et intenses, l'effet modérateur de la végétation a ses limites, et deviendra donc, en proportion, assez négligeable.

d) Pentes du bassin versant et de la rivière

Le ruissellement est, évidemment, d'autant plus rapide que les pentes sont plus fortes. Toutefois, le temps de ruissellement (donc le délai d'arrivée de la crue par rapport à la pluie) est conditionné pour une part prépondérante par le temps mis par les gouttes d'eau pour rejoindre le canyon, et secondairement par la vitesse du cours d'eau lui-même.

e) Forme du bassin versant

La crue sera plus violente si le bassin d'alimentation a une forme concentrée (arrivée simultanée des différents filets d'eau) que s'il est très étiré en longueur.

f) Densité du réseau hydrologique

Pour une surface donnée, le délai de ruissellement sera plus faible s'il y a beaucoup de cours d'eau, car l'eau coule beaucoup plus vite dans ceux-ci que sur le sol.

g) Appréciation générale et remarques

La connaissance du débit d'étiage du torrent peut constituer une appréciation intéressante de l'exposition au risque de crues. Si le débit dans un canyon devient rapidement faible ou nul, s'il ne pleut pas pendant un certain temps, cela veut dire le plus souvent que la capacité globale de régulation du bassin versant est faible. On peut donc s'attendre à des crues violentes lors de fortes pluies.

Il faut toujours garder à l'esprit qu'un canyon, même s'il dispose d'un bassin versant particulièrement favorable, n'est jamais totalement à l'abri d'une crue. Son existence même en est la preuve, car son creusement a nécessité obligatoirement de très gros débits.

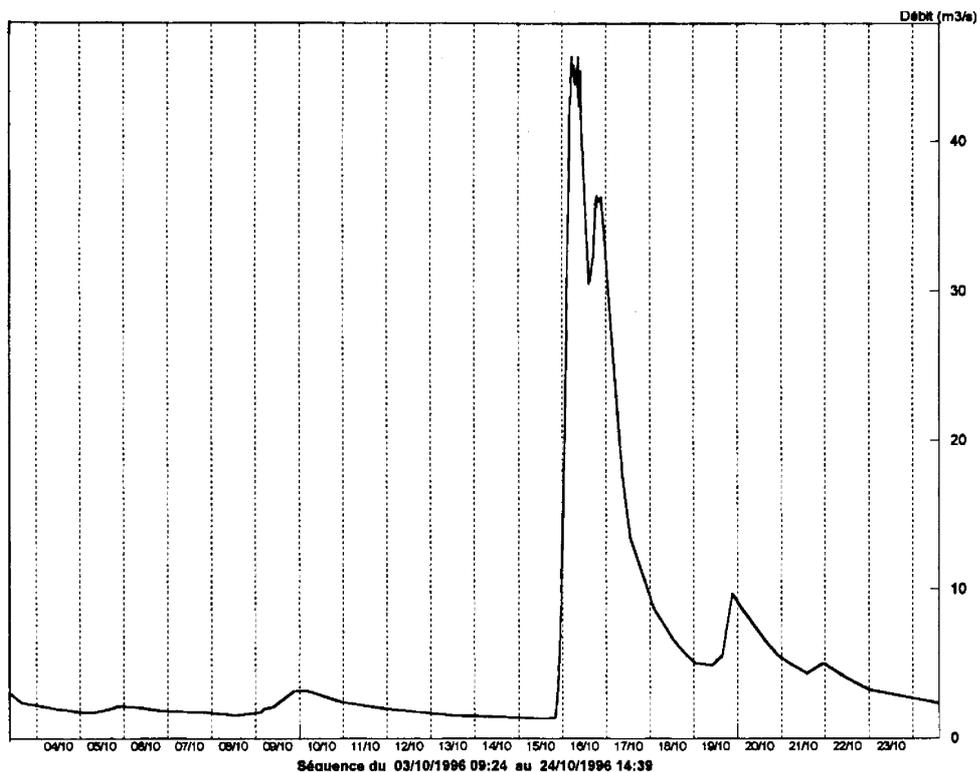
Il n'y a pas de débit "normal" ou "idéal" valable pour tous les canyons.

A chaque configuration, correspond une gamme de débit idéal de praticabilité. C'est d'ailleurs souvent la notion de vitesse de l'eau (forcément liée au débit) qui est à prendre en considération. Ainsi un débit de 100 litres par seconde dans un bief de 2 m de large et 2,5 m de profondeur, sera animé d'une vitesse de 2 cm/sec, presque imperceptible. Si ce même débit passe dans une goulotte de 0,4 m de large avec une hauteur d'eau de 0,5 m, il deviendra difficile de résister au courant de 0,5 m/sec. Enfin il serait tout à fait insupportable de descendre directement dans une cascade étroite débitant ces 100 litres /sec.

h) Exemple d'hydrogramme de crue

Les débits de certaines rivières sont mesurés de façon continue par différents gestionnaires (E.D.F., administrations, industriels, irrigants,...). Cela permet de disposer de données très instructives sur leur mode d'écoulement.

A titre d'exemple, on observera page suivante un bel enregistrement de crue sur le Guiers Vif (Chartreuse, France).



Cette rivière forme un canyon très aquatique et encaissé, dont la descente nécessite environ 4 heures. On peut qualifier de particulièrement tranquilles, pour ce canyon, les conditions de débit jusqu'au 15 octobre 1996, date à laquelle le débit est de seulement 1,4 m³/sec. La crue débute à 20 heures ; deux heures plus tard, le débit est de 5 m³/sec ; il atteint 14 m³/sec à minuit, et culmine à 46 m³/sec à 5 h du matin le 16 octobre. Le débit a donc été multiplié par 30 en moins de 10 heures. Et pourtant, le bassin d'alimentation est en grande partie boisé, mais de nature karstique. L'épisode pluvieux à l'origine de cette crue a été de 105 mm du 15 au 17 octobre, dont 80 mm pour la seule journée du 15. Comme pour tous les cours d'eau, on remarque sur le graphique que la diminution du débit après une crue est beaucoup plus lente que son élévation.

L'estimation visuelle d'une augmentation modeste du débit est pratiquement impossible en cours de déplacement car les sections de passage de l'eau sont très variables le long d'un canyon. S'il y a un risque de crue, il faut profiter de chaque arrêt momentané (attente du passage du groupe, par exemple) pour prendre systématiquement des repères du niveau d'eau, sur les parois ou sur des blocs, et en observer les éventuelles variations.

Le constat d'une élévation de 1 ou 2 cm du niveau d'eau en 10 ou 15 min ne peut être fait sans une vigilance très particulière, et il constituera un signal d'alarme qui permettra éventuellement de se mettre à l'abri en hauteur, ou de s'échapper du canyon en temps utile, plutôt que d'en poursuivre la descente et se retrouver "piégé" sans avoir rien vu venir.

Les sections étroites sont beaucoup plus sensibles aux variations de débit, que les sections larges, et se prêtent donc mieux à ce type d'observations.

i) Influences possibles par des ouvrages hydrauliques

Certains aménagements modifient radicalement, et de façon parfois imprévisible, le comportement des cours d'eau.

- Barrages Réservoirs

Etant destinés à emmagasiner le plus d'eau possible, ils ont, le plus souvent un rôle régulateur du débit. S'ils ne sont pas complètement pleins, ils sont susceptibles d'intercepter la totalité des écoulements du bassin versant amont (à l'exception d'un débit dit "réservé", fixé réglementairement), et par conséquent de neutraliser les effets d'une crue sur un canyon situé immédiatement à l'aval.

A l'inverse, des manœuvres de vannes pour des raisons diverses (entretien, déstockage préventif avant une période de pluie, variations des besoins énergétiques,...) peuvent provoquer des crues artificielles, dangereuses car aléatoires (sans relation directe avec la météo observée par le canyoniste).

Il est donc capital de se renseigner au préalable, directement auprès des gestionnaires d'ouvrages (E.D.F., industriels, communes) dominant le canyon que l'on envisage de descendre.

Le rôle de soutien des débits d'étiage reste un élément très favorable : la pratique des sports d'eau vive dans certains sites serait de peu d'intérêt, voire impossible, s'il ne fallait compter que sur le seul débit naturel, en période de sécheresse.

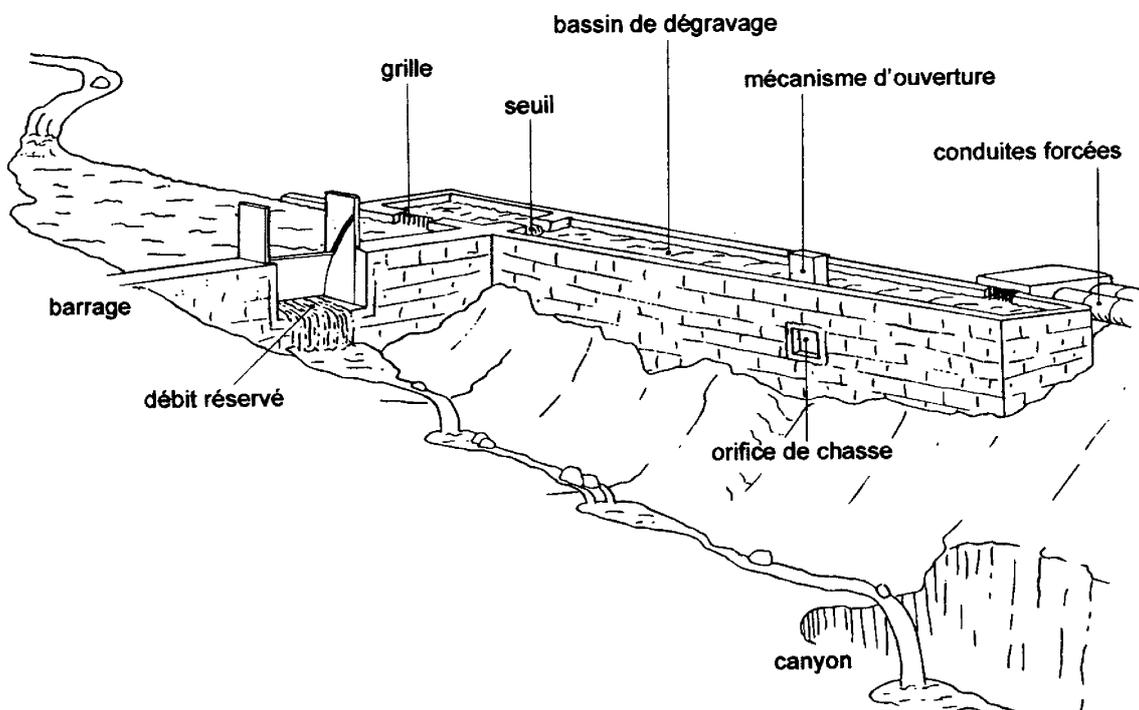
- Prises d'eau

Elles dérivent, sans stockage, une partie du débit du cours d'eau, principalement pour la production d'électricité, l'alimentation en eau potable, ou l'irrigation des cultures (en été). Le débit dans le canyon à l'aval sera le plus souvent inférieur au débit naturel, sauf en cas d'arrêt de l'installation ; dans ce dernier cas, le retour pratiquement instantané au débit naturel peut surprendre des canyonistes tout comme une crue d'orage, mais de façon plus inattendue.

Le débit pourra être temporairement très supérieur au débit naturel lors des opérations régulières de nettoyage nécessitant des mini-crues ("chasses d'eau") créées par évacuation brutale de la totalité du volume d'eau de l'ouvrage.

La capacité de dérivation est définie sur des considérations techniques (statistiques hydrauliques), économiques (pas de surdimensionnement non rentable) et réglementaires (respect de l'environnement et de la vie piscicole). Par conséquent, une crue ne sera pas dérivée.

Exemple de prise d'eau



3. Caractéristiques de l'eau

Certaines caractéristiques sont à prendre en considération car elles vont jouer sur l'agrément, ou même les conditions de sécurité lors de la descente du canyon.

a) Température

Dans la majorité des cas, le canyon est alimenté par des ruissellements d'eau superficielle, dont la température est largement conditionnée par les conditions climatiques : fortes variations selon la saison, l'exposition et l'altitude. C'est naturellement en plein été que l'eau sera la plus chaude. En raison de la grande inertie thermique de l'eau, il ne peut y avoir, en un point donné, de variations rapides de la température (sauf épisode de crue provenant d'un bassin versant beaucoup plus élevé).

Les canyons à alimentation nivale ou glaciaire restent très froids en été, même à une altitude modeste. La chaleur fait fondre une grande quantité de neige, et le débit important s'écoule plus rapidement, sans avoir vraiment le temps de se réchauffer.

Il faut préciser également que les cours d'eau soutenus artificiellement en été par des barrages réservoirs gardent une température fraîche (du moins à faible distance de ceux-ci) car l'eau est prélevée en profondeur. La température des résurgences étant en équilibre avec celle des terrains profonds traversés, reste constante tout au long de l'année ; Elle dépend de l'altitude (dans les Alpes : 11° vers 400 m, et seulement 6° vers 1200 m). Un canyon recevant localement un fort débit d'origine karstique pourra voir, en été, sa température chuter de plusieurs degrés en quelques mètres.

b) Matières en suspension

Une eau parfaitement limpide permet, si le canyon n'est pas trop sombre, de déceler facilement la majorité des obstacles, d'évaluer assez correctement les profondeurs, et d'adapter ainsi sa progression à la configuration du lit du cours d'eau. En revanche, il suffit parfois d'une teneur assez faible en matières en suspension (on parle aussi de "turbidité") pour limiter considérablement la visibilité et rendre la progression laborieuse, voire dangereuse (risque d'entorses fortement accru dans de telles conditions).

Le plus souvent, il s'agit de la présence de particules argileuses ou terreuses, apportées ou remises en suspension lors de crues, ou simplement par le passage des canyonistes eux-mêmes. Ces matières très fines étant difficilement décantables, le phénomène peut persister plusieurs jours, même si la crue a été de courte durée.

En cours de descente, une élévation notable de la turbidité de l'eau peut être le signe d'une augmentation du débit, donc de l'arrivée d'une crue (à condition, bien entendu, que le trouble n'ait pas été provoqué par votre équipe, ou une autre patageant à l'amont...)

En terrains granitiques, les matières érodées étant principalement de nature sableuse (décantation assez rapide), les eaux seront le plus souvent beaucoup plus claires qu'en terrains calcaires, marneux ou schisteux.

c) Qualité bactériologique

Les eaux de ruissellement, mal protégées naturellement, peuvent être soumises à diverses formes de pollution. A l'aval de zones habitées, les rejets directs d'égouts sont encore fréquents. Même s'il existe une station d'épuration, il faut savoir que l'efficacité de celle-ci n'est jamais de 100% et que le cours d'eau sera donc soumis à une pollution résiduelle.

Une eau d'apparence tout à fait limpide peut être dangereusement contaminée bactériologiquement. Même en zone naturelle, elle doit toujours être considérée comme suspecte, car susceptible d'être souillée par des déjections ou des cadavres d'animaux. Si on a l'intention d'en boire pendant la descente, il faut emporter de quoi la traiter ; il existe des filtres spéciaux, de poids et d'encombrement réduits, qui éliminent la totalité des bactéries et matières en suspension ; Les pastilles (Hydroclonazone, Micropur,...) ne traitent que les bactéries.

On s'abstiendra aussi de satisfaire ses besoins naturels à proximité de l'eau du canyon. Il faut s'en éloigner le plus possible, éviter les zones où le rocher est à nu, et utiliser au mieux les possibilités d'épuration naturelle des terrains filtrants, terreux ou sableux.