

PARTIE I. GÉNÉRALITÉS SUR L'HYDROLOGIE

Chapitre I. Quelques définitions

I. L'hydrologie [1]

L'hydrologie est la science des eaux de la terre, de leur forme d'existence, de leur circulation, de leur distribution sur le globe, de leur propriété physique et chimique et de leur interaction avec le milieu y compris leur réaction aux activités humaines. D'autres auteurs définissent aussi comme la science qui étudie le cycle de l'eau dans la nature et l'évolution de celle-ci à la surface de la terre et le sous-sol.

II. Le bassin versant [2]

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets.

Plus précisément, le bassin versant qui peut être considéré comme un « système » est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire.

Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau est donc défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons tracer le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite.

Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête. On parle alors de bassin versant topographique.

Toutefois, la délimitation topographique nécessaire à la détermination en surface du bassin versant naturel n'est pas suffisante. Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines. Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas bassin versant réel.

Nous pouvons alors définir les bassins versants comme suit :

- Le bassin versant réel relatif à un exutoire, qui est le point de sortie de l'eau du bassin versant, est le domaine pour lequel toute précipitation qui tombe sur ce bassin versant afflue vers l'exutoire.
- Le bassin versant topographique : c'est le domaine pour lequel le ruissellement provoqué par la précipitation afflue vers l'exutoire. Le bassin versant topographique est obtenu par le tracé en joignant de crête sur crête des courbes de niveau.

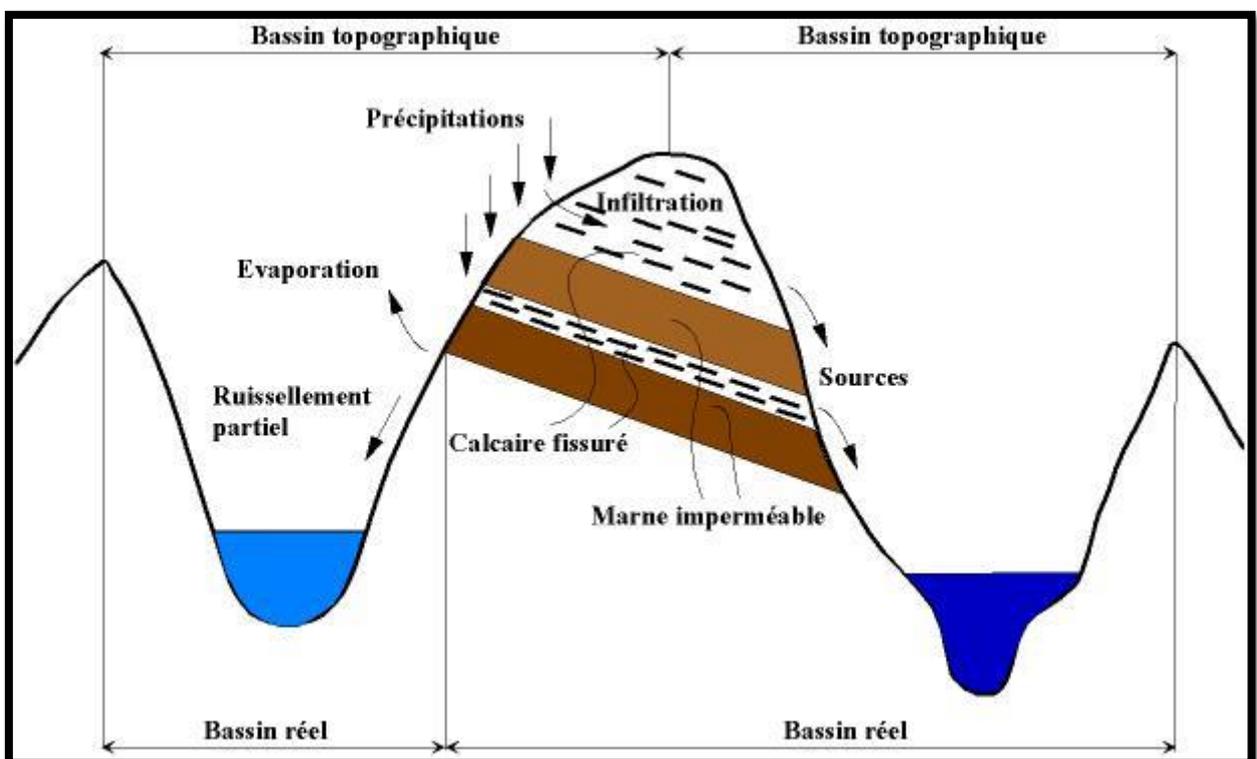


Figure 1 : Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique

Sous l'action de l'énergie solaire, l'eau, dans un mouvement incessant, s'évapore et retombe sous forme de pluie, de neige ou de grêle, s'infiltré ou ruisselle sur les continents ; après un temps de séjour plus ou moins long (stockage) dans les végétaux, les sols, les nappes souterraines, les glaciers et les cours d'eau, elle rejoint l'océan, qui présente une immense surface d'évaporation.

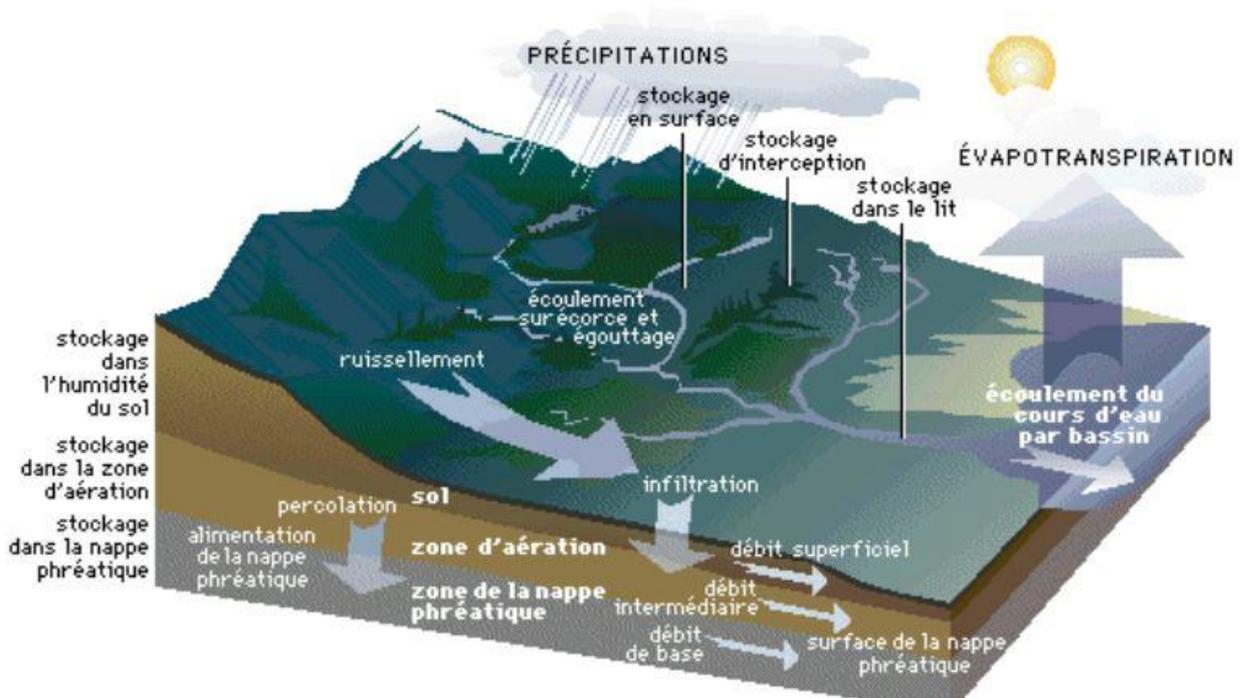


Figure 2 : Cycle de l'eau

I. Définition

C'est la circulation continue et permanente de l'eau dans l'atmosphère, à la surface et dans le sous-sol de la Terre. Le cycle hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais est aussi concomitante. Le cycle hydrologique n'a donc ni commencement ni fin.

II. Mécanisme

Sous l'effet du rayonnement solaire, l'eau évaporée à partir du sol, des océans et des autres surfaces d'eau, entre dans l'atmosphère. L'élévation d'une masse d'air humide permet le refroidissement général nécessaire pour l'amener à saturation et provoquer la condensation de la vapeur d'eau sous forme de gouttelettes constituant les nuages, en présence de noyaux de condensation. Puis la vapeur d'eau, transportée et temporairement emmagasinée dans les nuages, est restituée par le biais des précipitations aux océans et aux continents. Une partie de la pluie qui tombe peut être interceptée par les végétaux puis être partiellement restituée sous forme de vapeur à l'atmosphère.

La pluie non interceptée atteint le sol. Suivant les conditions données, elle peut alors s'évaporer directement du sol, s'écouler en surface jusqu'aux cours d'eau (ruissellement de surface) ou encore s'infiltrer dans le sol. Il peut aussi y avoir emmagasinement temporaire de l'eau infiltrée sous forme d'humidité dans le sol, que peuvent utiliser les plantes. Il peut y avoir percolation vers les zones plus profondes pour contribuer au renouvellement des réserves de la nappe souterraine. Un écoulement à partir de cette dernière peut rejoindre la surface au niveau des sources ou des cours d'eau. L'évaporation à partir du sol, des cours d'eau, et la transpiration des plantes complètent ainsi le cycle.

Le cycle de l'eau est donc sujet à des processus complexes et variés parmi lesquels nous citerons les précipitations, l'évaporation, la transpiration (des végétaux), l'interception, le ruissellement, l'infiltration, la percolation, l'emmagasinement et les écoulements souterrains qui constituent les principaux chapitres de l'hydrologie. Ces divers mécanismes sont rendus possibles par un élément moteur, le soleil, organe vital du cycle hydrologique. Le cycle de l'eau peut être décomposé en quatre processus distincts : stockage, évaporation, précipitation et ruissellement. L'eau peut être stockée temporairement dans le sol, les océans, les lacs et les rivières, ainsi que dans les calottes glaciaires et les glaciers. Elle s'évapore depuis la surface terrestre, se condense en nuages, retombe sous forme de précipitations (pluie ou neige) sur les continents et les océans, puis s'écoule, ruisselle et, à nouveau, est stockée ou s'évapore dans l'atmosphère.

II.1 Les précipitations

Sont dénommées précipitations toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre, ...).

Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. La vapeur d'eau de l'atmosphère se transforme en liquide lorsqu'elle atteint le point de rosée par refroidissement ou augmentation de pression. Pour produire la condensation, il faut également la présence de certains noyaux microscopiques, autour desquels se forment des gouttes d'eau condensées. La source de ces noyaux peut être océanique (chlorides, en particulier NaCl produit par l'évaporation de la mer), continentale (poussière, fumée et autres particules entraînées par des courants d'air ascendants) ou cosmiques (poussières météoriques). Le déclenchement des précipitations est favorisé par la coalescence des gouttes d'eau. L'accroissement de poids leur confère une force de gravité suffisante pour vaincre les courants ascendants et la turbulence de l'air, et atteindre le sol. Enfin, le parcours des gouttes d'eau ou des flocons de neige doit être assez court pour éviter l'évaporation totale de la masse. Les précipitations sont exprimées en intensité (mm/h) ou en lame d'eau précipitée (mm) (rapport de la quantité d'eau précipitée uniformément répartie sur une surface).

II.2 Évaporation et évapotranspiration

L'évaporation est le processus par lequel l'eau se transforme en vapeur d'eau et, sous cette forme gazeuse, entre dans l'atmosphère. Le passage direct de la glace à l'état gazeux s'appelle sublimation. Les végétaux perdent de l'eau par les pores des feuilles (évapotranspiration). Quotidiennement, environ 1 200 km³ d'eau s'évaporent des océans, des surfaces des continents, des plantes, des glaciers et des calottes glaciaires ; une quantité presque identique retombe sous forme de précipitations. Si l'évaporation ne compensait pas l'eau perdue par les précipitations, l'atmosphère deviendrait entièrement sèche en 10 jours. La vitesse d'évaporation croît avec la température, l'intensité du rayonnement solaire, la vitesse du vent, l'importance du couvert végétal et le degré d'humidité du sol. Elle décroît quand l'humidité de l'air croît. Le taux d'évaporation varie de quasiment zéro aux pôles à plus de 4 m par an au niveau du Gulf Stream. La moyenne est de 1 m par an. Avec ce taux d'évaporation, et si précipitations et ruissellement cessaient, le niveau de la mer baisserait d'environ 1 m par an.

II.3 L'interception et les stockages dans les dépressions

La pluie (ou dans certains cas la neige) peut être retenue par la végétation, puis redistribuée en une partie qui parvient au sol et une autre qui s'évapore. La partie n'atteignant jamais le sol forme l'interception. Son importance est difficile à évaluer et souvent marginale sous nos climats, donc souvent négligée dans la pratique. La quantité d'eau susceptible d'être interceptée varie considérablement. Si la végétation offre une grande surface basale ou foliaire, donc un important degré de couverture, la rétention d'eau peut atteindre jusqu'à 30 % de la précipitation totale pour une forêt mixte, 25 % pour les prairies et 15 % pour les cultures.

Le stockage dans les dépressions est, tout comme l'interception, souvent associée aux pertes. On définit l'eau de stockage comme l'eau retenue dans les creux et les dépressions du sol pendant et après une averse.

II.4 L'infiltration et la percolation

L'infiltration désigne le mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol et l'écoulement de cette eau dans le sol et le sous-sol, sous l'action de la gravité et des effets de pression. La percolation représente plutôt l'infiltration profonde dans le sol, en direction de la nappe phréatique. Le taux d'infiltration est donné par la tranche ou le volume d'eau qui s'infiltré par unité de temps (mm/h ou m³/s). La capacité d'infiltration ou l'infiltrabilité est la tranche d'eau maximale qui peut s'infiltrer par unité de temps dans le sol et dans des conditions données. L'infiltration est nécessaire pour renouveler le stock d'eau du sol, alimenter les eaux souterraines et reconstituer les réserves aquifères. De plus, en absorbant une partie des eaux de précipitation, l'infiltration peut réduire les débits de ruissellement.

II.5 Les écoulements [4]

De par la diversité de ses formes, on ne peut plus aujourd'hui parler d'un seul type d'écoulement, mais bien des écoulements. On distingue dans un premier temps deux grands types d'écoulements, à savoir : les écoulements « rapides » et par opposition, les écoulements souterrains qualifiés de « lents » qui représentent la part infiltrée de l'eau de pluie transitant lentement dans les nappes vers les exutoires.

Ces processus qui se produisent à des vitesses très différentes, mobilisent des eaux d'âge, d'origine et de cheminement très distincts, et permettent d'expliquer la plupart des comportements hydrologiques rencontrés sur les bassins versants, depuis les crues de « ruissellement pur » jusqu'aux crues où la contribution à l'écoulement final est essentiellement hypodermique ou phréatique.

On peut définir trois types d'écoulements :

II.5.1 L'écoulement de surface

Après interception éventuelle par la végétation, il y a partage de la pluie disponible au niveau de la surface du sol :

- ✚ en eau qui s'infiltré et qui contribue, par un écoulement plus lent à travers les couches de sol, à la recharge de la nappe et au débit de base,
- ✚ et en ruissellement de surface dès que l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration du sol (elle-même variable, entre autres selon l'humidité du sol). Cet écoulement de surface, où l'excès d'eau s'écoule par gravité le long des pentes, forme l'essentiel de l'écoulement rapide de crue.

L'écoulement par dépassement de la capacité d'infiltration du sol (écoulement Hortonien) est considéré comme pertinent pour expliquer la réponse hydrologique des bassins en climats semi-arides ainsi que lors de conditions de fortes intensités pluviométriques.

Il est généralement admis que même des sols naturels présentant une conductivité hydraulique élevée en climats tempérés et humides peuvent avoir une capacité d'infiltration inférieure aux intensités maximales des précipitations enregistrées.

Cependant des crues sont fréquemment observées pour des pluies d'intensité inférieure à la capacité d'infiltration des sols. Dans ce cas, d'autres processus tels que l'écoulement sur des surfaces saturées en eau permettent d'expliquer la formation des écoulements. Des zones de sol peuvent être saturées soit par contribution de l'eau de subsurface restituée par exfiltration (d'une nappe perchée par exemple), soit par contribution directe des précipitations tombant sur ces surfaces saturées.

Il existe ainsi deux modes principaux d'écoulement de surface qui peuvent se combiner :

- ✚ l'écoulement par dépassement de la capacité d'infiltration (écoulement Hortonien),
- ✚ l'écoulement sur surfaces saturées.

II.5.2 L'écoulement de subsurface :

Une partie des précipitations infiltrée chemine quasi horizontalement dans les couches supérieures du sol pour réapparaître à l'air libre, à la rencontre d'un chenal d'écoulement. Cette eau qui peut contribuer rapidement au gonflement de la crue est désignée sous le terme d'écoulement de subsurface (aussi appelé, dans le passé, écoulement hypodermique ou retardé). L'importance de la fraction du débit total qui emprunte la voie subsuperficielle dépend essentiellement de la structure du sol. La présence d'une couche relativement imperméable à faible profondeur favorise ce genre d'écoulement. Les caractéristiques du sol déterminent l'importance de l'écoulement hypodermique qui peut être important. Cet écoulement tend à ralentir le cheminement de l'eau et à allonger la durée de l'hydrogramme.

II.5.3 L'écoulement souterrain :

Lorsque la zone d'aération du sol contient une humidité suffisante pour permettre la percolation profonde de l'eau, une fraction des précipitations atteint la nappe phréatique. L'importance de cet apport dépend de la structure et de la géologie du sous-sol ainsi que du volume d'eau précipité. L'eau va transiter à travers l'aquifère à une vitesse de quelques mètres par jour à quelques millimètres par an avant de rejoindre le cours d'eau.

Cet écoulement, en provenance de la nappe phréatique, est appelé **écoulement de base** ou **écoulement souterrain**. À cause des faibles vitesses de l'eau dans le sous-sol, l'écoulement de base n'intervient que pour une faible part dans l'écoulement de crue. De plus,

il ne peut pas être toujours relié au même événement pluvieux que l'écoulement de surface et provient généralement des pluies antécédentes. L'écoulement de base assure en général le débit des rivières en l'absence de précipitations et soutient les débits d'étiage (l'écoulement souterrain des régions karstiques fait exception à cette règle).

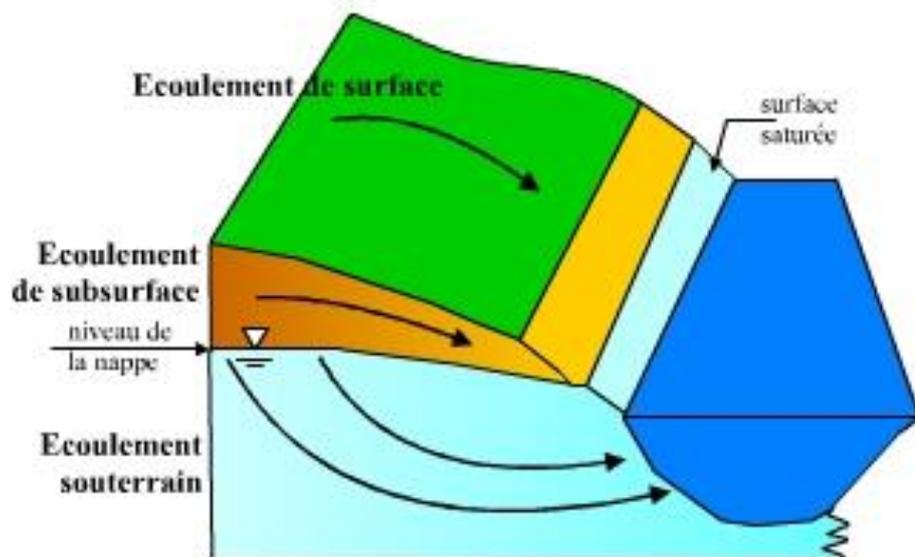


Figure 3: Les différents types d'écoulements

Chapitre III. Régimes hydrologiques [5]

Le régime hydrologique d'un cours d'eau résume l'ensemble de ses caractéristiques hydrologiques et son mode de variation ou mode d'alimentation, c'est-à-dire, la nature et l'origine des hautes eaux (pluviale, nivale ou glaciaire). Il se définit par les variations de son débit (le débit liquide correspond au volume d'eau écoulé en une seconde en un point donné d'un cours d'eau. Il se mesure en m^3/s).

Les variations du débit d'un cours d'eau peuvent être interannuelles, saisonnières, journalières ; elles peuvent consister en des pulsations plus ou moins brutales dans un lit souvent presque à sec.

Chacun de ces critères donne lieu à la définition de plusieurs types de régimes. Mais, la répartition des débits selon les mois de l'année (variation saisonnière du débit) est le plus souvent le seul trait retenu pour une classification complète des régimes, tant les alternances habituelles de hautes et de basses eaux sont apparentes et ont de conséquences pour les utilisateurs.

Plusieurs sont les facteurs des régimes hydrologiques :

- ✚ Les facteurs climatiques : nature, abondance et régime des précipitations, température, évaporation ;
- ✚ Les facteurs morphologiques : volume, altitude et formes du relief, nature des terrains, réserves d'eau souterraine ;
- ✚ et les facteurs biogéographiques : nature et densité du couvert végétal, qui interfèrent, comme dans tout hydro système.

I. Les régimes hydrologiques en fonction de l'apparition et de la fréquence d'évènements hydrologiques extrêmes : crues et étiages

L'un des critères de définition des régimes consiste en l'apparition et la fréquence d'évènements hydrologiques extrêmes, les crues et les étiages, qu'il ne faut pas confondre avec les hautes et les basses eaux saisonnières habituelles, même s'ils en sont parfois l'exacerbation. Ces épisodes, difficiles à prévoir, sont exceptionnels par leurs causes, leurs manifestations, leurs conséquences.

I.1 Les crues

Gonflements majeurs des cours d'eau, les crues peuvent résulter soit de paroxysmes pluviaux, soit d'averses remarquables par leur durée et leur extension (causes).

L'étude des crues est très importante puisqu'elles induisent la plupart du temps de grands changements au niveau de la morphologie du lit des cours d'eau. Elles peuvent être à l'origine de catastrophes naturelles, telles que les inondations. Les crues sont souvent liées à des situations météorologiques exceptionnelles, provoquant de très fortes précipitations ou une la forme du bassin versant influence le déroulement de la crue. Un bassin versant arrondi induira une crue avec une pointe souvent bien marquée alors qu'un bassin plus étroit et allongé induira une crue d'une durée plus importante dont l'amplitude sera cependant plus réduite. La nature géologique, la topographie ainsi que l'affectation des sols jouent également un rôle important sur le déroulement des crues.

I.2 Les étiages

Débits exceptionnellement faibles des cours d'eau, les étiages sont dus à des sécheresses prolongées qu'aggravent des températures élevées. En l'absence de pluie, la seule alimentation étant celle des sources, un appauvrissement des nappes souterraines au cours des années ou des saisons précédentes contribue aussi à la faiblesse des débits, ainsi que les prélèvements d'eau dans les rivières en ces périodes critiques. Les étiages s'établissent lentement. Au-dessous de débits déjà bas, la décroissance semble se faire sur une même rivière à un rythme correspondant aux caractères hydrologiques du bassin et qui apparaît dans la courbe de tarissement.

L'étiage correspond aux plus faibles débits d'un cours d'eau. Comme les crues, il correspond à un phénomène ponctuel et ne doit pas être assimilé aux basses eaux (débits inférieurs au débit annuel moyen). Les étiages ne sont pas d'une grande importance au niveau morphologique.

Par contre, ils influencent les biotopes et peuvent aller jusqu'à interrompre la navigation fluviale. L'alimentation en eau des collectivités peut également poser problème.

II. Classification des régimes en fonction des variations saisonnières des débits :

Une autre classification des régimes des cours d'eau est basée d'une part sur l'allure de la fluctuation saisonnière systématique des débits qu'il présente, et d'autre part sur son mode d'alimentation, c'est-à-dire, la nature et l'origine des hautes eaux (pluviale, nivale ou glaciaire). L'application de ce critère de variation saisonnière du débit, appliqué aux rivières les plus simples, permet de distinguer trois types de régimes :

- **Régime simple ;**
- **Régime mixte :** 2 maxima et 2 minima, par an, correspondant à plusieurs modes d'alimentation ;
- **Régime complexe :** plusieurs extrema et modes d'alimentation.

II.1 Le régime simple

Il est caractérisé par une seule alternance annuelle de hautes et de basses eaux (un maximum et un minimum mensuels au cours de l'année hydrologique) et, en général, traduit la prépondérance d'un seul mode d'alimentation (régime glaciaire, nival ou pluvial). Ce caractère peut cependant cacher la combinaison de plusieurs influences et confère ainsi aux régimes des rivières concernées une simplicité apparente.

II.1.1. Le régime glaciaire

Le régime glaciaire se retrouve en général quand 15 à 20 % du bassin est occupé par des glaciers.

II.1.2. Le régime nival

Le régime nival pur présente sous une forme atténuée certaines caractéristiques du régime glaciaire. Il se subdivise en régime nival de montagne et nival de plaine.

- ❖ Le régime nival de montagne se retrouve dans les zones montagneuses où la majorité des précipitations arrive sous forme de neige.
- ❖ Le régime nival de plaine intéresse les régions continentales et maritimes à faible altitude du nord de l'Europe.
- ❖ Nous pouvons aussi distinguer le régime nival de transition que l'on rencontre sur les bassins versants d'altitude moyenne comprise entre 1200 et 1600 mètres. Il se rapproche davantage d'un type complexe dans ce sens qu'il présente quatre saisons hydrologiques.

II.1.3. Le régime pluvial pur ou océanique

Bien que le régime pluvial appartienne aux régimes simples, il présente des caractéristiques différentes de celles des régimes précédents. Il se distingue par :

- Des hautes eaux (avec un maximum plus ou moins marqué) en hiver et des basses eaux en été. Bien qu'il soit fréquent que les pluies de la saison de basses eaux soient égales ou supérieures à celles de la saison des hautes eaux, les températures étant élevées, l'évaporation est importante).
- Une certaine irrégularité interannuelle ; l'époque du maximum de hautes eaux se déplace sensiblement d'une année à l'autre suivant le « caprice » des pluies.
- Écoulement généralement assez faible

II.1.4. Le régime pluvial tropical

Nous distinguons le régime pluvial tropical dont l'allure des courbes de variation de *cm* ressemble au régime glaciaire. Il présente les caractéristiques suivantes :

- ✚ Sécheresse de la saison froide et abondance des pluies de la saison chaude ; le maximum se place en fin d'été.
- ✚ Une grande variabilité des débits au cours de l'année avec des minimas pouvant atteindre des valeurs très faibles.)
- ✚ Une relative régularité d'une année à l'autre

II.2 Le régime mixte ou complexe originel

Les régimes sont dits complexes quand plusieurs phases hydrologiques se succèdent dans l'année : deux ou trois saisons d'abondance, deux saisons de pénurie, au moins relative. Quand la complexité apparaît dès la source, elle est originelle, comme dans les rivières pyrénéennes ou méditerranéennes de montagne, influencées par la neige, la pluie et l'évaporation.

Il se caractérise par deux maxima et deux minima des coefficients mensuels au cours de l'année hydrologique. Suivant les modes d'alimentation principaux on distingue le régime nivo-glaciaire, glacio-nival, nivo-pluvial, pluvio-nival.

II.2.1. Le régime nivo-glaciaire

Il présente les traits suivants :

- Un seul vrai maximum annuel assez précoce, correspondant à la fonte nivale suivie de la fonte glaciaire.

- Variations diurnes relativement élevées pendant la saison chaude.
- Grandes variations d'une année à l'autre, mais cependant moindres que pour le régime nival.
- Écoulement important.

II.2.2. Le régime nivo-pluvial

Il se caractérise par :

- Deux maxima nets ; l'un assez prononcé vers avril, -mai à la fonte des neiges, et l'autre en automne (vers novembre) plus modéré.
- Un étiage principal ;
- L'amplitude (rapport entre les coefficients mensuels extrêmes) est comprise entre 2 et 5.
- Variations d'une année à l'autre pouvant être importante.

II.2.3. Le régime pluvio-nival

La tendance pluviale est d'autant plus marquée que le bassin se situe à basse altitude (650 à 750 mètres). Le régime pluvio-nival est caractérisé par :

- Deux maximums nets, mais c'est généralement le maximum pluvial en automne-hiver qui domine ;
- Irrégularité d'une année à l'autre importante ;
- Une amplitude plus ou moins faible.

II.3 Le régime complexe changeant

La plupart des grands fleuves acquièrent un régime complexe changeant dans leur cours inférieur à cause de la diversité des apports successifs.

Le régime complexe est généralement rencontré sur les grands fleuves, dont les affluents, d'amont en aval, influencent de façon très diverse l'écoulement général. Le régime des grands fleuves se présente comme une synthèse de ceux de leurs sous-bassins constitutifs, le plus souvent très variés du point de vue altitude, climat, etc. Habituellement, ces influences diverses tendent à atténuer les débits extrêmes et à accroître la régularité annuelle des débits moyens mensuels, de l'amont vers l'aval.

Chapitre IV. Hydrogramme de crue

I. Généralités

L'hydrogramme est la représentation graphique du débit instantané d'un cours d'eau en fonction du temps à l'exutoire d'un bassin versant. [6]

L'hydrogramme est le graphique de la variation temporelle du débit d'écoulement d'eau, mesurée au sol. Nous utilisons des hydrogrammes pour étudier cette variation soit au point d'un bassin versant (hydrogramme de précipitations), soit à une section d'un cours d'eau (hydrogramme de ruissellement). L'hydrogramme diffère du pluviogramme, car il indique en un point donné la réponse d'écoulement à un épisode pluvieux en intégrant à la fois la capacité locale d'évacuation (pente, rugosité du relief) et la capacité locale d'absorption du sol.

L'hydrogramme est une information fondamentale pour établir les projets d'assainissement, de rétention d'eau (réservoirs, bassins d'écrêtement de crue) ou d'hydroélectricité (capacité des évacuateurs de crue).

II. Description d'un hydrogramme

Nous distinguons, sur un hydrogramme :

- ❖ la partie montante (d'augmentation du débit), dite courbe de concentration. La durée correspondante est appelée temps de montée ;
- ❖ la pointe, ou pic, de l'hydrogramme ;
- ❖ la partie à décroissance rapide, dite courbe de décrue. La durée totale couvrant la concentration et la décrue est appelée temps de base de l'hydrogramme ;
- ❖ la branche finale, à décroissance plus lente, dite courbe de tarissement.

L'hydrogramme est donc une donnée locale, relative à un épisode pluvieux (ou de crue) donné, dont on peut rechercher la période de retour. Il constitue le concept de base en hydrologie.

III. Classification des hydrogrammes

Nous pouvons classer les hydrogrammes de la manière suivante :

- ✚ Hydrogramme naturel (HN) : hydrogramme obtenu directement à partir des débits mesurés d'une rivière ou d'un ruisseau ;
- ✚ Hydrogramme synthétique (HS) : hydrogramme obtenu en utilisant les paramètres du bassin versant et les caractéristiques de l'évènement pluvieux pour simuler un hydrogramme naturel ;
- ✚ Hydrogramme unitaire (HU) : hydrogramme de débit produit par un ruissellement direct d'un pouce ou d'un millimètre, distribué uniformément sur la surface du bassin à un taux uniforme durant une période de courte durée ;
- ✚ Hydrogramme unitaire adimensionnel (HUA) : hydrogramme qui permet de comparer les hydrogrammes unitaires de différents types d'averses. Il est déduit soit d'un hydrogramme d'averse relevé pour une crue, soit d'un hydrogramme unitaire tracé à l'aide des ratios du temps sur le temps de montée et du débit sur le débit de pointe. Il est également appelé « hydrogramme indice ».

Les trois paramètres fondamentaux qui définissent entièrement l'hydrogramme sont respectivement :

- ✚ t_m : Temps de montée : correspond à la durée de la partie montante (courbe de crue) ou le temps que prend le débit depuis le début du ruissellement de surface pour atteindre son maximum. Ce temps, qui représente une caractéristique de l'hydrogramme, peut être mesuré lors de précipitations de relativement courte durée provoquant un hydrogramme simple typique ;
- ✚ t_b : Temps de base : correspond à la durée totale de la courbe de montée (t_p) et de la partie à décroissance rapide, dite courbe de décrue. Ce qui est équivalent à l'intervalle de temps que durent les contributions du ruissellement de surface et de l'écoulement hypodermique ;
- ✚ Q_p : Débit de pointe : Débit maximal instantané d'un hydrogramme donné.

La figure 4 illustre ces trois paramètres fondamentaux en lien avec les principales composantes de l'hydrogramme, incluant :

— **Courbe de concentration** : partie d'un hydrogramme correspondant à un débit croissant vers un maximum et s'étendant du point où débute le ruissellement jusqu'au débit maximum, lequel correspond au premier point d'inflexion de l'hydrogramme ;

— **Courbe de décrue** : représente l'apport des zones d'emmagasinement suivant la fin de la pluie excédentaire. Cette partie de l'hydrogramme décrit la diminution naturelle du débit, produite par le drainage de surface.

— **Courbe de tarissement** : représente la décroissance plus lente du débit. Le débit est alors associé à la vidange des nappes d'eau souterraines lorsque le ruissellement de surface a cessé. La phase de tarissement résulte d'une absence de précipitations et elle intervient après la phase de décrue. La décroissance du débit se fait de manière exponentielle de plus en plus lentement.

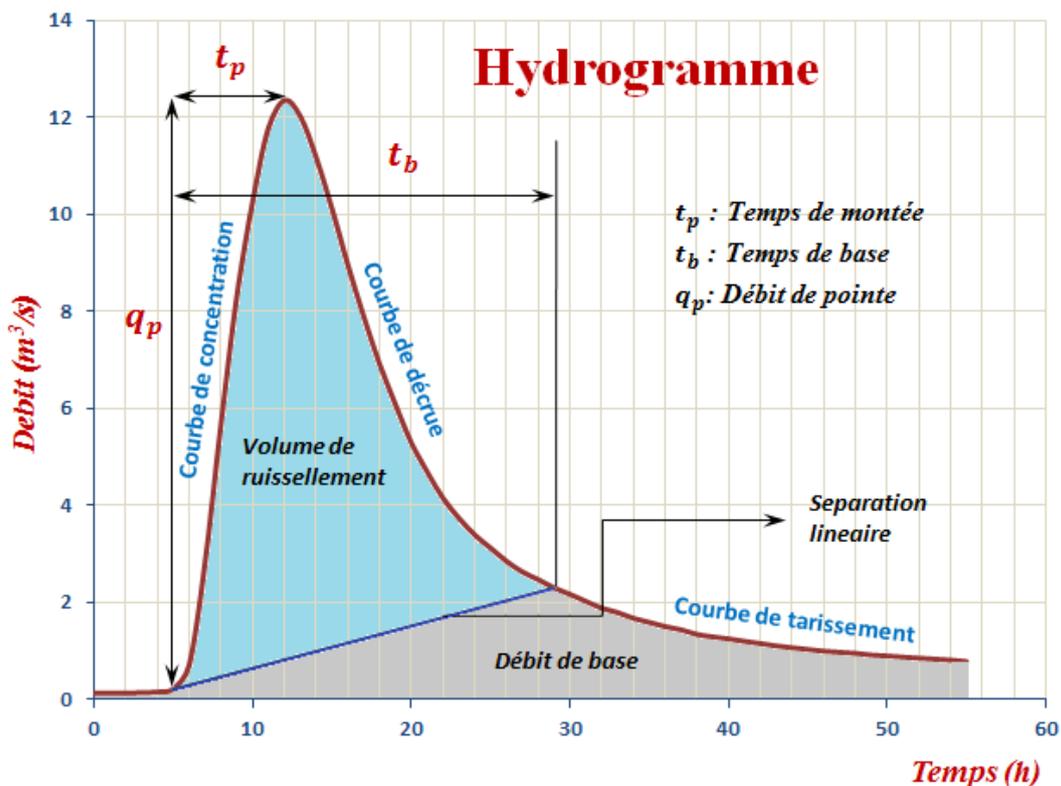


Figure 4 : Composantes de l'hydrogramme de crue