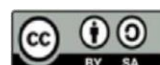


Notes de cours sur les bassins versants

Université Nationale des Sciences, Technologies,
Ingénierie et Mathématiques d'Abomey



PADONOU G Tankpinou
Novembre 2023

Chapitre II : Le Bassin Versant

A Introduction

Les méthodes décrites ci-après s'adressent aux projeteurs. Le choix des paramètres et la prise en compte de leur incertitude, pour une formule donnée, ont été préférés à l'utilisation conjointe de multiples formules souvent disparates. Les paramètres hydro-pluviométriques sont fournis dans un fascicule spécifique afin de permettre une mise à jour régulière. Dans le domaine de l'hydraulique le problème de choix de formules ne se pose pas puisqu'il s'agit d'un domaine dérivé de la mécanique des fluides plus proche des sciences exactes. Sont concernés par ces méthodes majoritairement des bassins de petite taille (jusqu'à quelques dizaines de km²), ou des bassins versants de quelques centaines de km². Contrairement à ces bassins versants dits « courants », certains nécessitent une étude spécifique et ne peuvent être traités par les méthodes proposées ci-après.

A.1 Le bassin versant [BV] ou bassin hydrographique

- c'est l'unité de base pour la détermination du bilan hydrologique. Il est défini comme la surface parcourue par un cours d'eau et ses affluents. Un cours d'eau prend généralement naissance dans une zone à reliefs et draine la surface topographique. Les écoulements convergent vers la section la plus basse du cours d'eau appelée exutoire.
- c'est un système ou surface élémentaire hydrologiquement close : aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire.
- c'est une portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun.

La ligne séparant deux bassins versants adjacents se nomme la ligne de partage des eaux.

Un bassin versant peut se subdiviser en un certain nombre de bassins élémentaires (sous bassins versants ou bassins partiels ou imbriqués) correspondant à la surface d'alimentation des affluents.

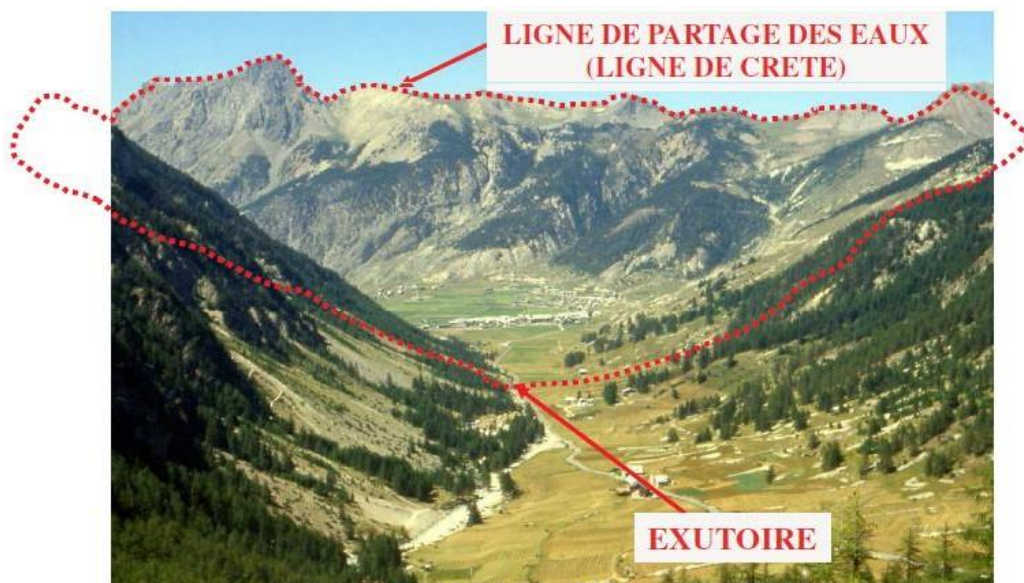


Figure II-1: Bassin Versant

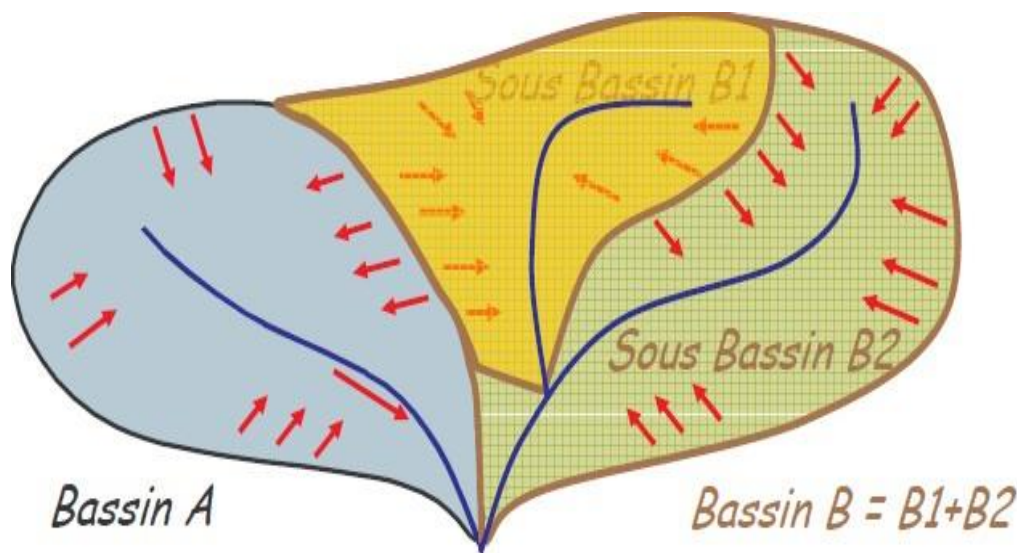


Figure II-2 : Composition de Bassin versant

A.2 Le bassin versant topographique

Si le sous-sol est imperméable, le cheminement de l'eau ne sera déterminé que par la topographie. Le bassin versant sera alors limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente comme le montre la figure ci-jointe.

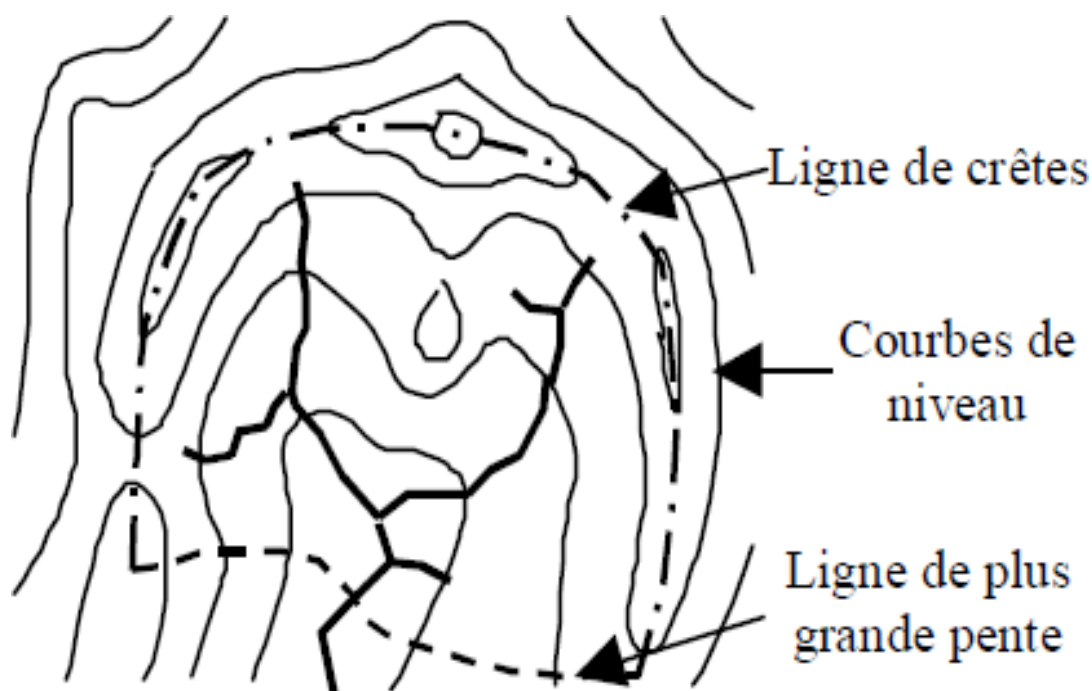


Figure II-3 : lignes de partage

A.3 Le bassin versant réel

Dans une région au sous-sol perméable, il se peut qu'une partie des eaux tombées à l'intérieur du bassin topographique s'infilte puis sorte souterrainement du bassin (ou qu'à l'inverse des eaux entrent souterrainement dans le bassin).

Dans ce cas, en plus des considérations topographiques, il faut tenir compte, des considérations d'ordre géologique pour déterminer les limites du bassin versant.

Cette distinction entre bassin topographique et hydrogéologique se justifie surtout pour les petits bassins.

En effet, lorsque la taille du bassin augmente, les apports et les pertes souterraines se compensent. On admet, de plus que le débit des cours d'eau est proportionnel à la surface du bassin. Les échanges souterrains se font, aux frontières et varient donc sensiblement comme le périmètre. Lorsque la taille du bassin augmente, la surface croît plus vite que le périmètre et la valeur relative des échanges souterrains par rapport au débit de surface tend à devenir négligeable.

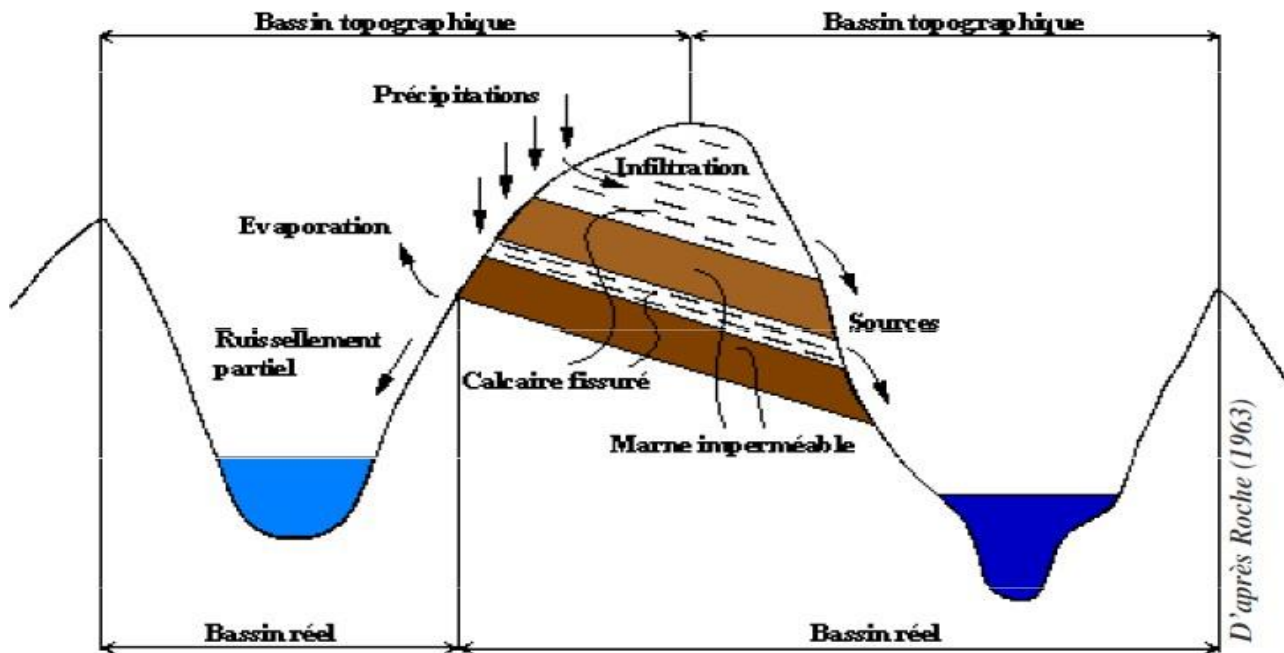


Figure II-4: Différents types de Bassins Versants

A.4 Quelques types de bassins versants

A.4.1 Les bassins versants karstiques

Il existe une grande incertitude sur les contours du bassin versant réel qui peut être très supérieur au bassin versant apparent.

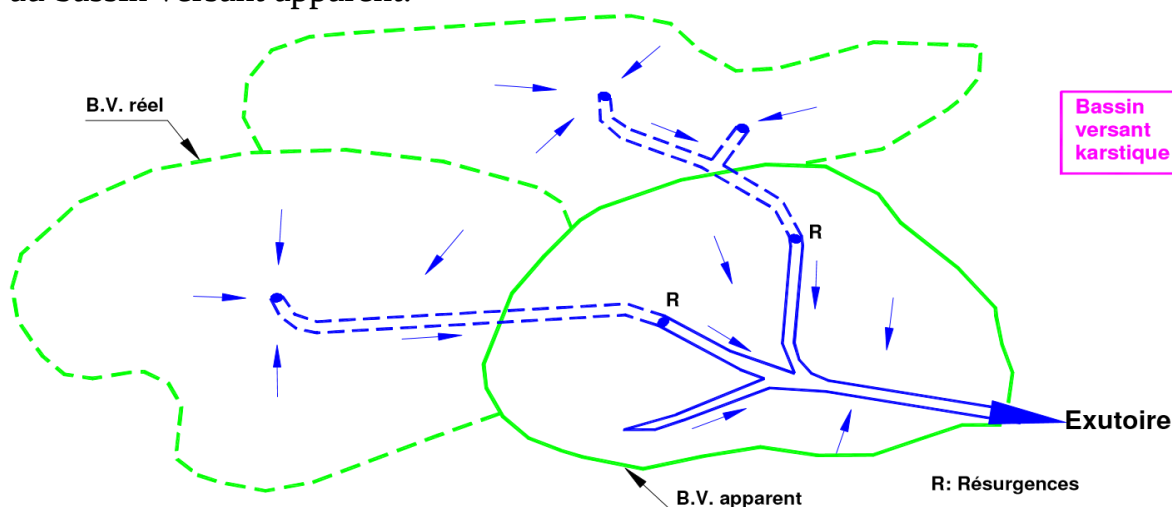


Figure II-5 : Les bassins versants karstiques

Les bassins versants comportant de grandes zones de stockage Naturelles (zones inondables, étangs, lacs artificiels, réservoirs de barrage, etc.) Les débits sont écrêtés par ces zones de stockage. A priori la méthode proposée surestime le débit.

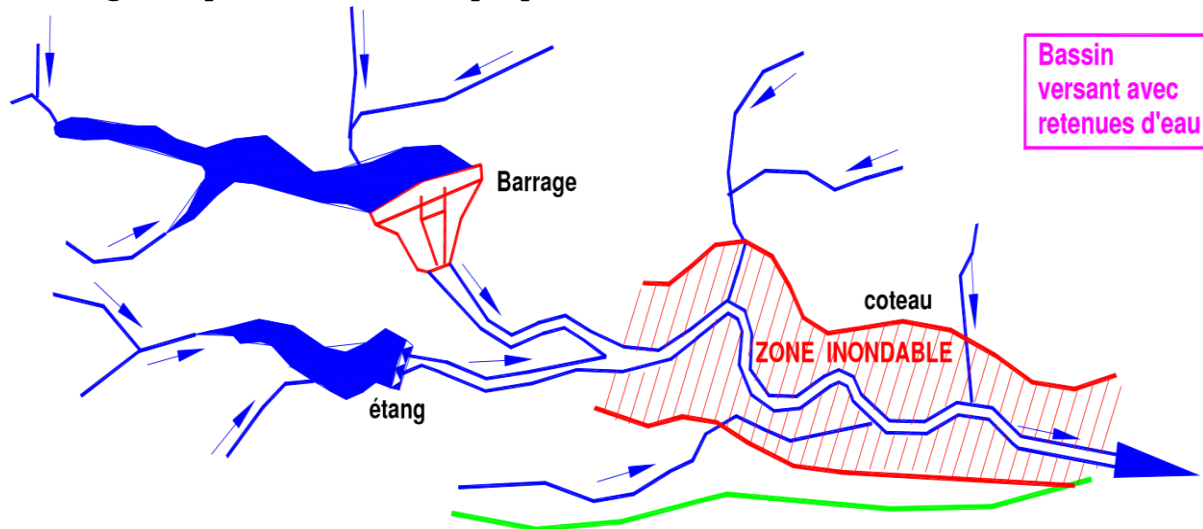


Figure II-6 : bassins versants avec zones inondables

A.4.2 Les bassins versants urbains

Selon l'Instruction Technique Relative à l'Assainissement des Agglomérations un bassin est réputé « urbain » si son taux d'imperméabilisation est inférieur à environ 20 %. Ce taux est le rapport de la totalité des surfaces imperméabilisées à la superficie totale du bassin versant.

Conditions de superficie du bassin versant urbain :

$SBVU \leq 2 \text{ km}^2$: les formules de l'Instruction s'appliquent

$SBVU > 2 \text{ km}^2$: les formules de l'Instruction ne s'appliquent plus.

La méthode rationnelle fournit une première évaluation et ce d'autant plus que le taux d'imperméabilisation sera faible. Dans le cas particulier d'une urbanisation située en aval du bassin versant, une étude spécifique est nécessaire dans tous les cas.

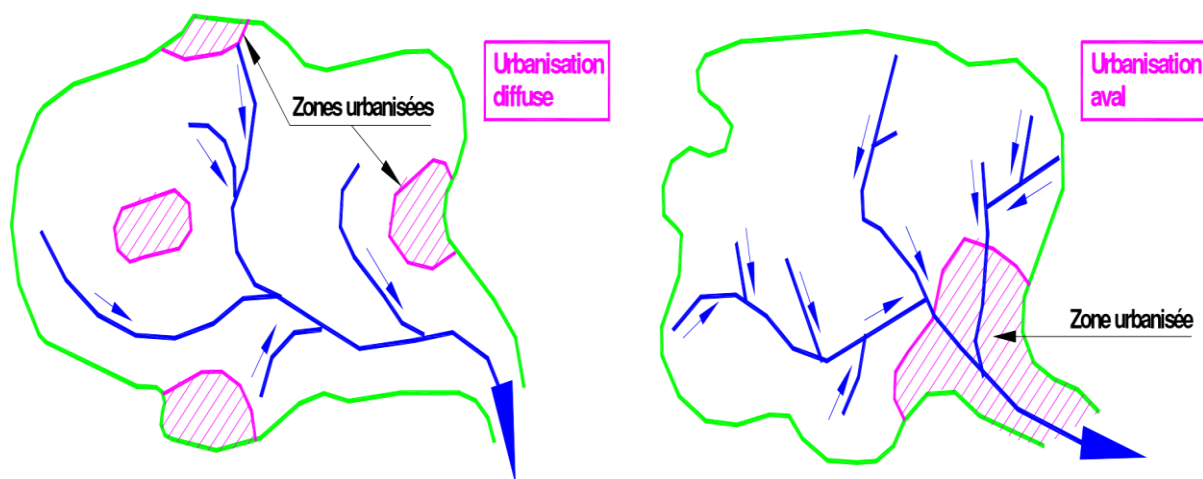


Figure II-7 : bassin urbain

A.4.3 Les bassins versants jaugés

L'existence d'une station de jaugeage, même située assez loin en aval implique la réalisation d'une étude spécifique.

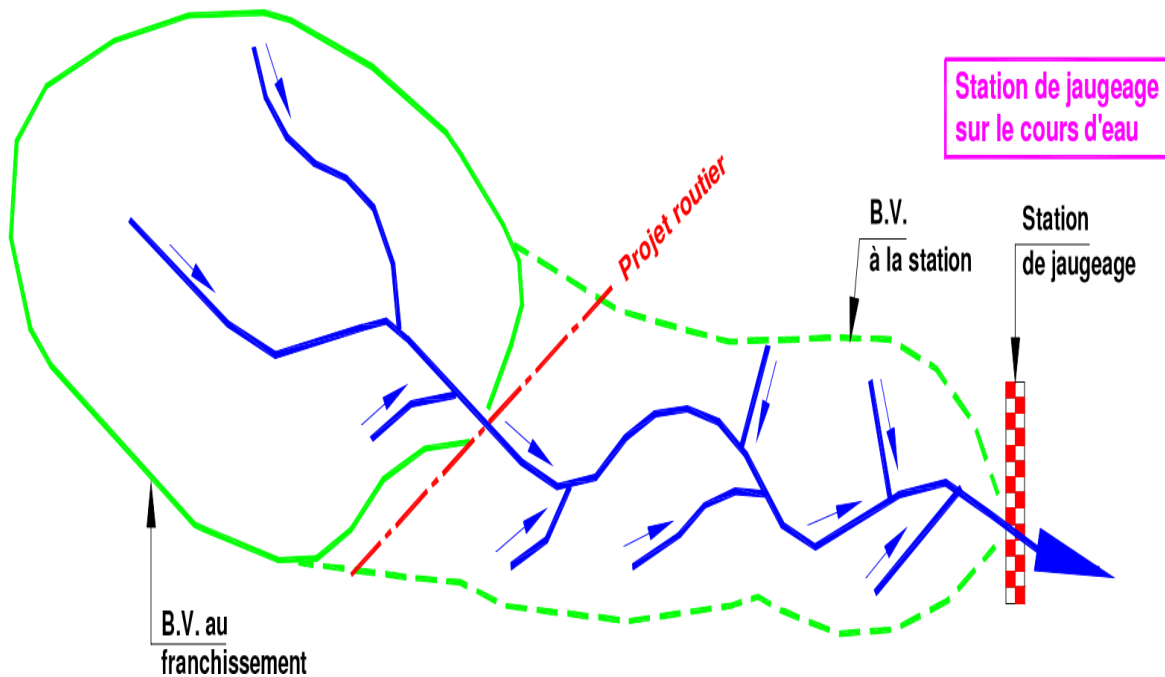


Figure II-8 : Les bassins versants jaugés

Les caractéristiques (la morphologique, l'occupation du sol, la géologie) du bassin versant concerné, déterminent les formules à employer et les valeurs des paramètres à considérer.

A.5 Tracé des limites d'un bassin versant

Chaque bassin versant est séparé des autres bassins voisins par une ligne de partage des eaux. Démarche à suivre pour délimiter un bassin versant :

- repérer l'exutoire ;
- repérer le réseau hydrographique ;
- repérer les points hauts puis les courbes de niveau autour de ces points hauts ;
- tracer la ligne de partage des eaux en suivant les lignes de crête puis en rejoignant l'exutoire par une ligne de plus grande pente perpendiculaire aux courbes de niveau ;
- la limite ne doit jamais couper un cours d'eau (sauf à l'exutoire) ;
- la limite est toujours perpendiculaire aux courbes de niveau.

A.6 Les caractéristiques morphologiques d'un bassin versant

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Le temps de concentration (T_c) qui caractérise en partie la vitesse et l'intensité de la réaction du bassin versant à une sollicitation des précipitations, est influencé par diverses caractéristiques morphologiques du bassin (sa taille ou sa surface ; sa forme ; son élévation ; sa pente et son orientation.)

A ces facteurs s'ajoutent les facteurs, d'ordre purement géométrique ou physique (le type de sol, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique) qui sont aisément estimer à partir de cartes adéquates ou en recourant à des techniques digitales et à des modèles numériques.

A.6.1 La surface

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle constitue l'aire de réception des précipitations qui alimentent un cours d'eau par écoulement. Le débit du cours d'eau à l'exutoire dépend de la surface. Un petit bassin versant réagit très vite à une averse, les eaux se rassemblent rapidement alors qu'un grand bassin versant réagit très lentement à une averse (effet ressenti très lent à l'exutoire). La surface se mesure en km².

A.6.2 Le périmètre

C'est la caractéristique de longueur la plus utilisée. Il est directement mesuré sur la carte topographique ou de manière indirecte en utilisant la longueur du rectangle équivalent.

A.6.3 La forme - l'indice de Gravelius (KG)

La forme du bassin versant a une grande influence sur l'écoulement global et surtout sur l'allure de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée. Cette caractéristique est donnée par l'indice de Gravelius (encore appelé coefficient de compacité) défini comme le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface.

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{éq II-1}$$

P est le périmètre du bassin en km

A la superficie du bassin en Km².

Le bassin est dit :

- allongé lorsque $1,5 < K_G < 1,8$
- forme ramassée lorsque $1,0 < K_G < 1,5$

A.6.4 Le rectangle équivalent

Le bassin versant rectangulaire résulte d'une transformation géométrique du bassin réel avec conservation de la superficie, du périmètre (ou le même coefficient de compacité) et donc par conséquent la même répartition hypsométrique. Les courbes de niveau deviennent des droites parallèles au petit côté du rectangle. La climatologie, la répartition des sols, la couverture végétale et la densité de drainage restent inchangées entre les courbes de niveau.

Le rectangle équivalent, c'est le rectangle de longueur L et de largeur l qui a la même surface et le même périmètre que le bassin versant: L et l sont en km.

A.6.5 Le relief (l'altitude)

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin.

En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

A.6.5.1 La courbe hypsométrique

C'est la représentation des altitudes en fonction de la répartition de la surface du bassin versant. Elle donne un aperçu de la pente du bassin (du relief). L'on porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée.

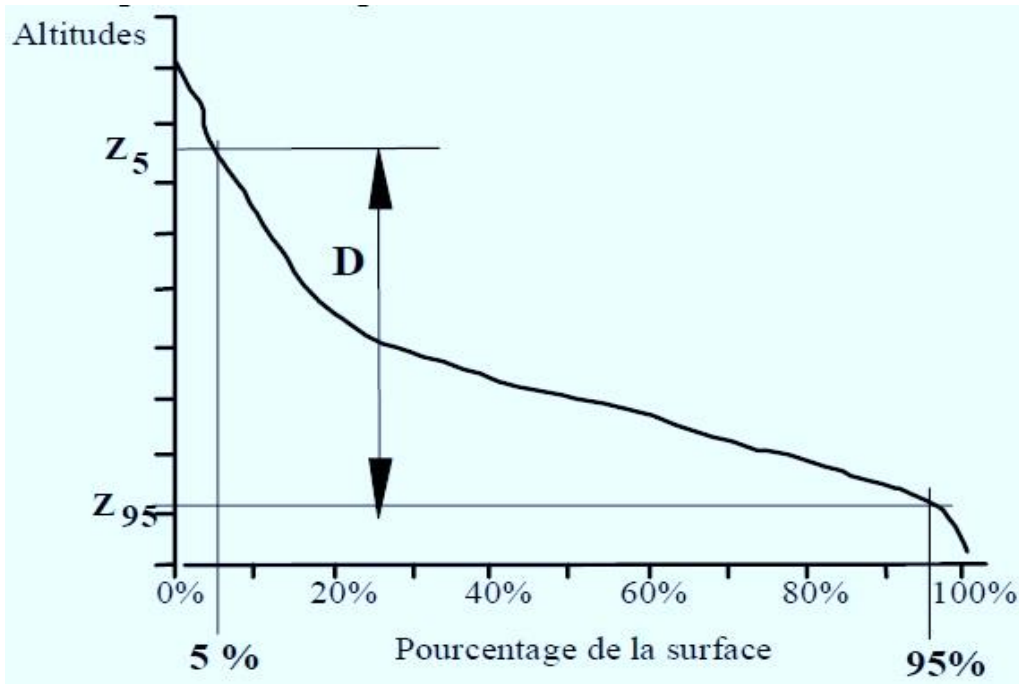


Figure II-9 : courbe hypsométrique

Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine altitude.

A.6.5.2 La dénivelée (D)

On définit la dénivelée comme étant la différence de cote entre H5% et H95% soit :

$$D = H_{5\%} - H_{95\%} \quad \text{éq II-2}$$

A.6.5.3 Les indices de pentes

Leur connaissance est d'une grande importance. Car, plus que la pente des versants est grande plus les eaux ruissellent. Il est évident pour une averse donnée que des crues en montagne soient plus importantes qu'en plaine où les pentes sont beaucoup plus faibles. La pente peut être évaluée par la méthode de :

- la pente moyenne, peu utilisée
- l'indice de pente de Roche, long à évaluer
- l'indice de pente globale, simple à appliquer

A.6.5.4 L'indice de pente globale I_g est donné par la formule :

$$I_g = \frac{D}{L} \quad \text{éq II-3}$$

D : Dénivelée définie sur la courbe hypsométrique entre 5% et 95% ou sur la carte topographique

L: Longueur du rectangle équivalent

Cet indice, très facile à calculer, est des plus utilisés. Il sert de base à une des classifications O.R.S.T.O.M. pour des bassins versants dont la surface est de l'ordre de 25 km².

Tableau II-1 : I_g en fonction du relief

Relief très faible	$I_g < 0.002$
Relief faible	$0.002 < I_g < 0.006$
Relief assez faible	$0.006 < I_g < 0.01$
Relief modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
Relief assez fort	$0.02 < I_g < 0.05$
Relief fort	$0.05 < I_g < 0.1$
Relief très fort	$0.1 < I_g$

A.6.5.5 La dénivelée spécifique (D_s)

La dénivelée spécifique (D_s) permet de comparer des bassins de tailles différentes.

$$D_s = I_g \times \sqrt{A} \quad \text{éq II-4}$$

Tableau II-2 : D_s en fonction du relief

Relief très faible	$D_s < 10 \text{ m}$
Relief faible	$10 \text{ m} < D_s < 25 \text{ m}$
Relief assez faible	$25 \text{ m} < D_s < 50 \text{ m}$
Relief modéré	$50 \text{ m} < D_s < 100 \text{ m}$
Relief assez fort	$100 \text{ m} < D_s < 250 \text{ m}$
Relief fort	$250 \text{ m} < D_s < 500 \text{ m}$
Relief très fort	$500 \text{ m} < D_s$

A.6.6 Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est constitué de l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surface vers l'exutoire du bassin versant. La notion de cours d'eau est difficile à donner avec précision, en particulier pour les cours d'eau temporaires.

Le réseau de cours d'eau sera étudié avec plus ou moins de détails selon le support cartographique utilisé. Des thalwegs de très faibles extensions seront observés par photographie aérienne, tandis qu'on ne verra que les cours d'eau pérennes et importants sur une carte au

1/100 000ème.

L'étude du chevelu hydrographique servant surtout à comparer des bassins entre eux, il suffit, dans la plupart des cas, de se fixer une définition du thalweg élémentaire et de l'appliquer pour l'étude de tous les bassins (par exemple : thalwegs = traits bleus temporaires ou pérennes sur carte I.G.N. au 1/50 000ème).

Le réseau hydrographique peut se caractériser par trois éléments : sa hiérarchisation, son développement (nombres et longueurs des cours d'eau) et son profil en long.

Hiérarchisation du réseau

Pour chiffrer la ramification du réseau, chaque cours d'eau reçoit un numéro fonction de son importance. Cette numérotation, appelée ordre du cours d'eau, diffère selon les auteurs. Parmi toutes ces classifications, nous adopterons celle de Strahler:

- tout cours d'eau n'ayant pas d'affluent est dit d'ordre 1,

- au confluent de deux cours d'eau de même ordre n , le cours d'eau résultant est d'ordre $n + 1$,
- un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre, ce qui se résume par :
- $n + n = n + 1$ et $n + m = \max(n, m)$.

Exemple

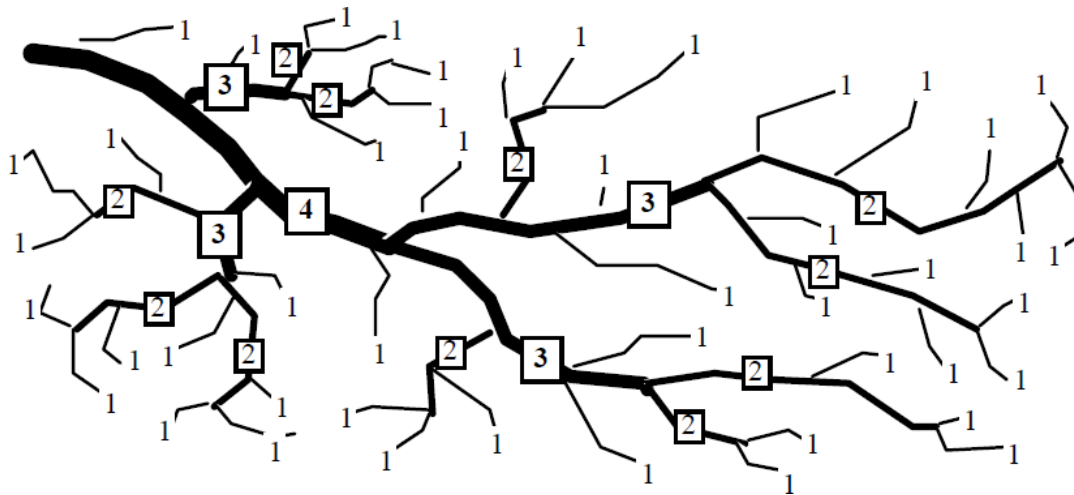


Figure II-10 : Hiérarchisation du réseau