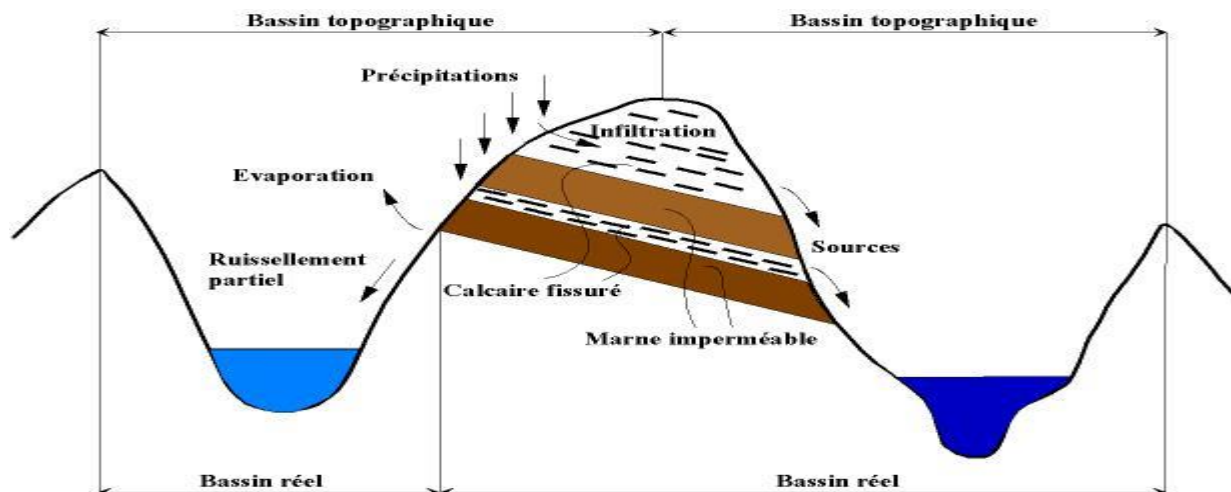


Définition du bassin versant

1. Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets.
2. 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.
3. 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 (voir Fig. 1). Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas **bassin versant réel**.



1. 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

2. Bassin versant hydrogéologique

Dans le cas d'une région au sous-sol perméable, il se peut qu'une partie des eaux tombées à l'intérieur du bassin

topographique s'infiltrer puis sorte souterrainement du bassin (ou qu'à l'inverse des eaux entrent souterrainement dans le

bassin). Dans ce cas, nous serons amenés à ajouter aux considérations topographiques des considérations d'ordre géologique pour déterminer les limites du bassin versant.

Le temps de concentration

Le temps de concentration t_c des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier.

Il est composé de trois termes différents :

- t_h : Temps d'*humectation*. Temps nécessaire à l'imbibition du sol par l'eau qui tombe avant qu'elle ne ruisselle.
- t_r : Temps de *ruissellement* ou *d'écoulement*. Temps qui correspond à la durée d'écoulement de l'eau à la surface ou dans les premiers horizons de sol jusqu'à un système de collecte (cours d'eau naturel, collecteur).
- t_a : Temps d'*acheminement*. Temps mis par l'eau pour se déplacer dans le système de collecte jusqu'à l'exutoire.

Le temps de concentration t_c est donc égal au maximum de la somme de ces trois termes, soit :

$$t_c = \max \left(\sum (t_h + t_r + t_a) \right) \quad (2.1)$$

Théoriquement on estime que t_c est la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement. Pratiquement le temps de concentration peut être déduit de mesures sur le terrain ou s'estimer à l'aide de formules le plus souvent empiriques.

Caractéristique morphométriques

L'utilisation de caractéristiques morphométriques a pour but de condenser en un certain nombre de paramètres chiffrés, la fonction $h = f(x,y)$ à l'intérieur du bassin versant (h altitude, x et y coordonnées d'un point du bassin versant). Nous utiliserons trois types différents de paramètres morphométriques.

2.1 - Caractéristiques de la disposition dans le plan

2.1.1 - Surface A

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques. La surface A d'un bassin s'exprime généralement en km².

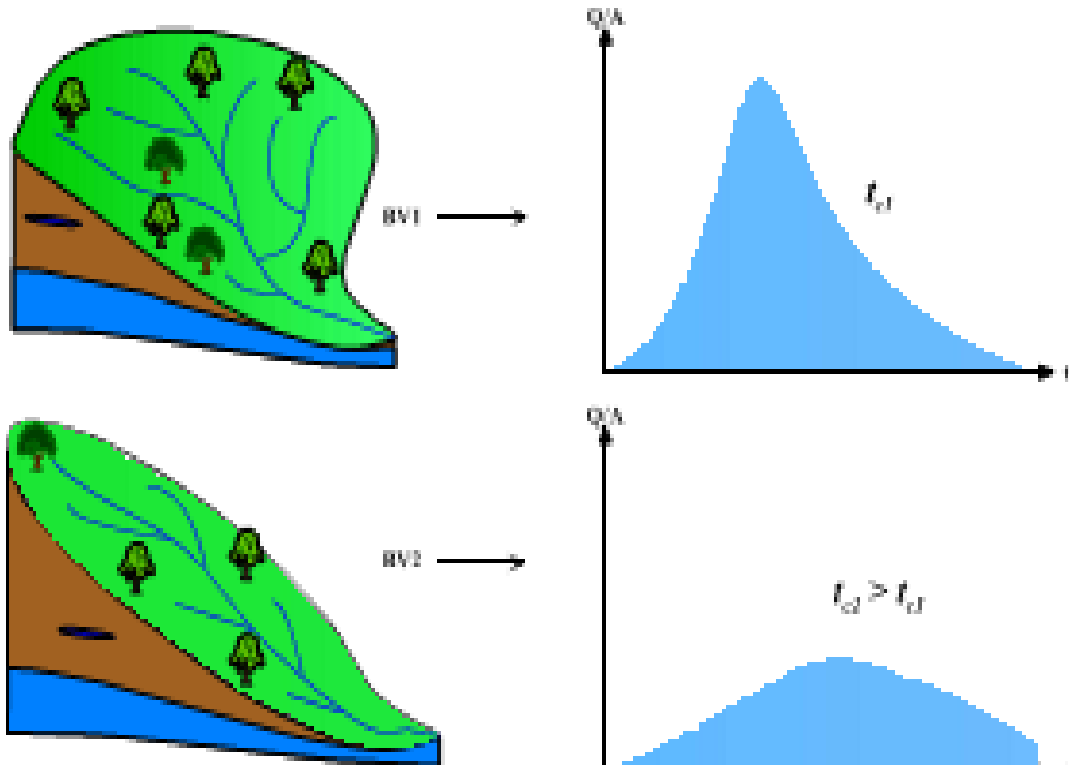
2.1.2 Longueur

On utilise différentes caractéristiques de longueur ; la première et une des plus utilisées est le

"périmètre P du bassin

versant". Le périmètre est curvimétré sur carte cartographique mais, selon l'échelle de la carte,

En revanche, les bassins en forme d'éventail (bv_1), présentant un temps de concentration plus court (t_{c1}), auront les plus forts débits de pointe, comme le montre la figure suivante :



2.1.3 Rectangle équivalent

C'est une notion que nous avons introduite pour pouvoir comparer facilement des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement. On suppose que l'écoulement sur un bassin donné est approximativement le même, à conditions climatiques égales, que sur un rectangle de même superficie, ayant même coefficient de Gravelius et même répartition hypsométrique, étant entendu que la distribution des sols et de la végétation et la densité de drainage sont respectées dans les différentes aires comprises entre les courbes de niveaux. Il s'agit donc d'une transformation purement géométrique dans laquelle le contour du bassin devient un rectangle de même périmètre, les courbes de niveaux des droites parallèles aux petits côtés du rectangle et l'exutoire un des petits côtés du rectangle que nous avons appelé rectangle équivalent.

Soit l et L la largeur et la longueur du rectangle. .

P et A le périmètre et l'aire du bassin versant.

On a, d'après les définitions ci-dessus :

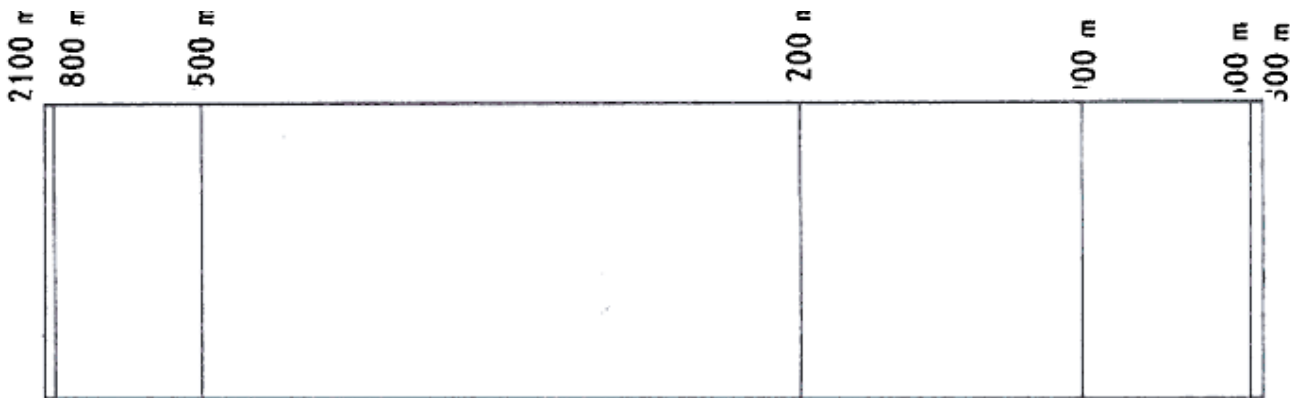
$$K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$2(L + l) = P = \frac{K\sqrt{A}}{0,28}$$

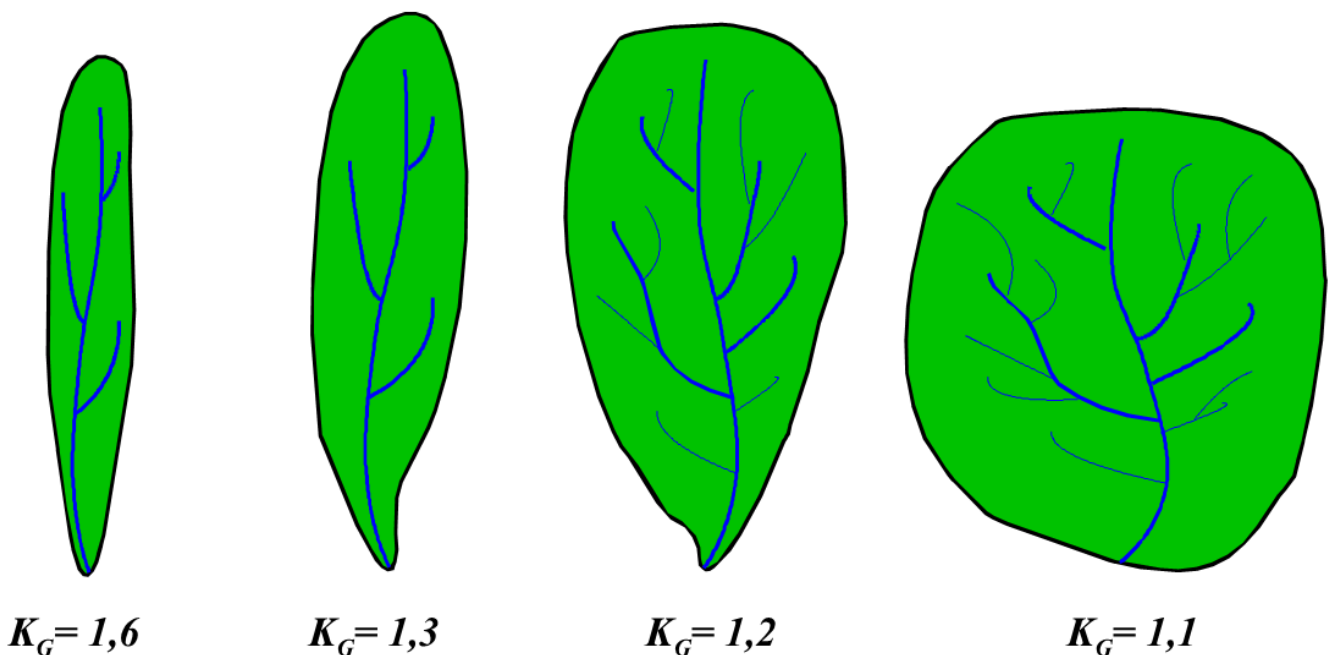
$$Ll = A$$

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K}\right)^2} \right]$$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K}\right)^2} \right]$$

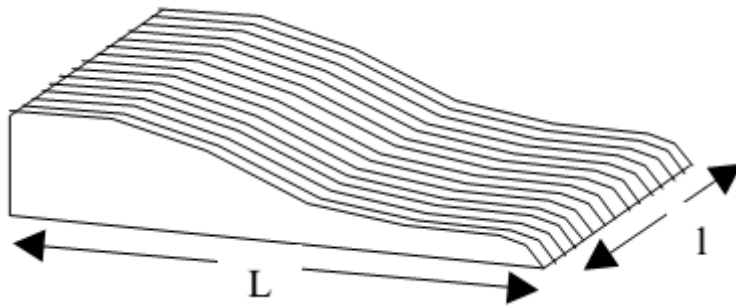
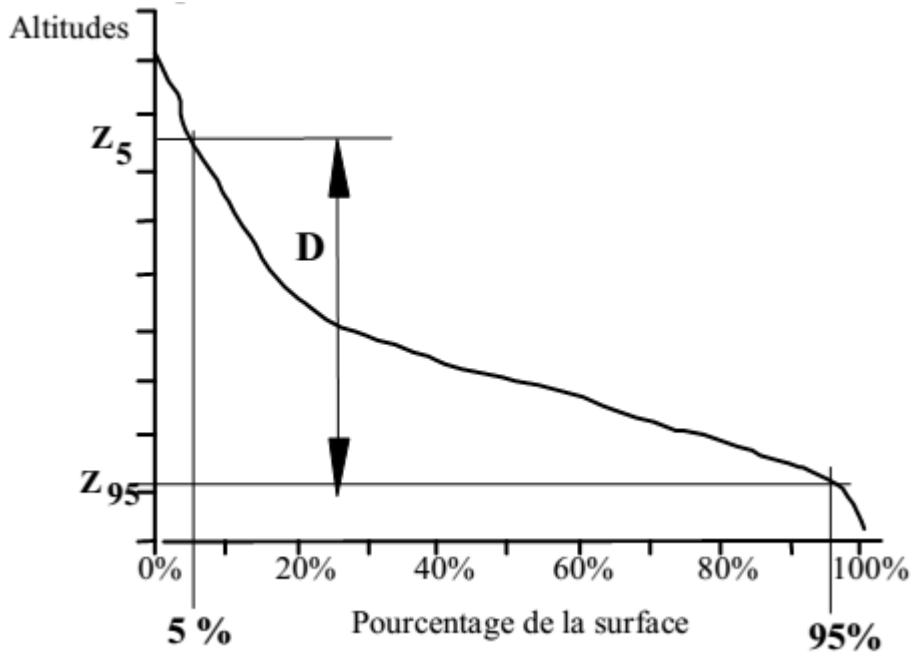


Cet indice se détermine à partir d'une carte topographique en mesurant le périmètre du bassin versant et sa surface. Il est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée, tel qu'illustré par la figure



Caractéristiques des altitudes (hypsométrie)

L'étude statistique permet de tracer la "courbe hypsométrique". Cette courbe donne la surface s (en km² ou en % de la surface totale) où les altitudes sont supérieures à une cote h donnée. Cette courbe est établie en planimétrant pour différentes altitudes les surfaces situées au-dessus de la courbe de niveau correspondante. On définit la "dénivelée D" comme étant la différence de cote entre H5 % et H95 % : $D = H5 \% - H95 \%$



Les indices de pente

La pente moyenne : Si L_c est la longueur totale des courbes de niveau équidistante de D , la pente moyenne I

a pour expression :

$$I = \frac{DL_c}{A}$$

Indice de pente globale I_g : L'indice de Roche étant cependant trop long à évaluer pour des études rapides,

on a proposé un indice encore plus simple : la pente globale...

$$I_g = \frac{D}{l}$$

D étant la dénivelée $h_5\% - h_{95}\%$, définie sur la courbe hypsométrique ou même directement à l'œil sur la carte topographique ; **L** étant la 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 des l'ordre de 25 km² :

| | | |
|----------------|---------------------|-----------------------|
| R ₁ | Relief très faible | $I_g < 0,002$ |
| R ₂ | Relief faible | $0,002 < I_g < 0,005$ |
| R ₃ | Relief assez faible | $0,005 < I_g < 0,01$ |
| R ₄ | Relief modéré | $0,01 < I_g < 0,02$ |
| R ₅ | Relief assez fort | $0,02 < I_g < 0,05$ |
| R ₆ | Relief fort | $0,05 < I_g < 0,1$ |
| R ₇ | Relief très fort | $I_g > 0,1$ |

Dénivelée spécifique **D_s** :

L'indice **I_g** décroît pour un même bassin lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différentes.

La dénivelée spécifique **D_s** ne présente pas cet inconvénient : elle dérive de la pente globale **I_g** en la corrigeant de l'effet de surface admis étant inversement proportionnel à **A** :

$$\sqrt{A} : D_s = I_g \sqrt{A} = \frac{D}{L} \sqrt{Ll} = D \sqrt{\frac{l}{L}}$$

La dénivelée spécifique ne dépend donc que de l'hypsométrie ($D = H_5\% - H_{95}\%$) et de la forme du bassin (l/L). Elle donne lieu à une deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M., indépendante des surfaces des bassins :

| | | |
|----------------|---------------------|---------------------------------------|
| R ₁ | Relief très faible | $D_s < 10 \text{ m}$ |
| R ₂ | Relief faible | $10 \text{ m} < D_s < 25 \text{ m}$ |
| R ₃ | Relief assez faible | $25 \text{ m} < D_s < 50 \text{ m}$ |
| R ₄ | Relief modéré | $50 \text{ m} < D_s < 100 \text{ m}$ |
| R ₅ | Relief assez fort | $100 \text{ m} < D_s < 250 \text{ m}$ |
| R ₆ | Relief fort | $250 \text{ m} < D_s < 500 \text{ m}$ |
| R ₇ | Relief très fort | $D_s > 500 \text{ m}$ |

Les Modèles Numériques de Terrain

Depuis les années 1990, la puissance des micros ordinateurs a permis le large développement des Modèles Numériques de Terrain. Sous ce vocable on confond souvent l'ensemble de programme permettant de traiter de la topographie d'une zone (le M.N.T. au sens strict)

le M.N.T. permet de calculer automatiquement tous les paramètres classiques tels que pente, orientation des versants... Il peut également déduire de la topographie et à partir d'un point exutoire donné, retrouver les contours d'un bassin versant, le réseau hydrographique etc.

CARACTERISTIQUES DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

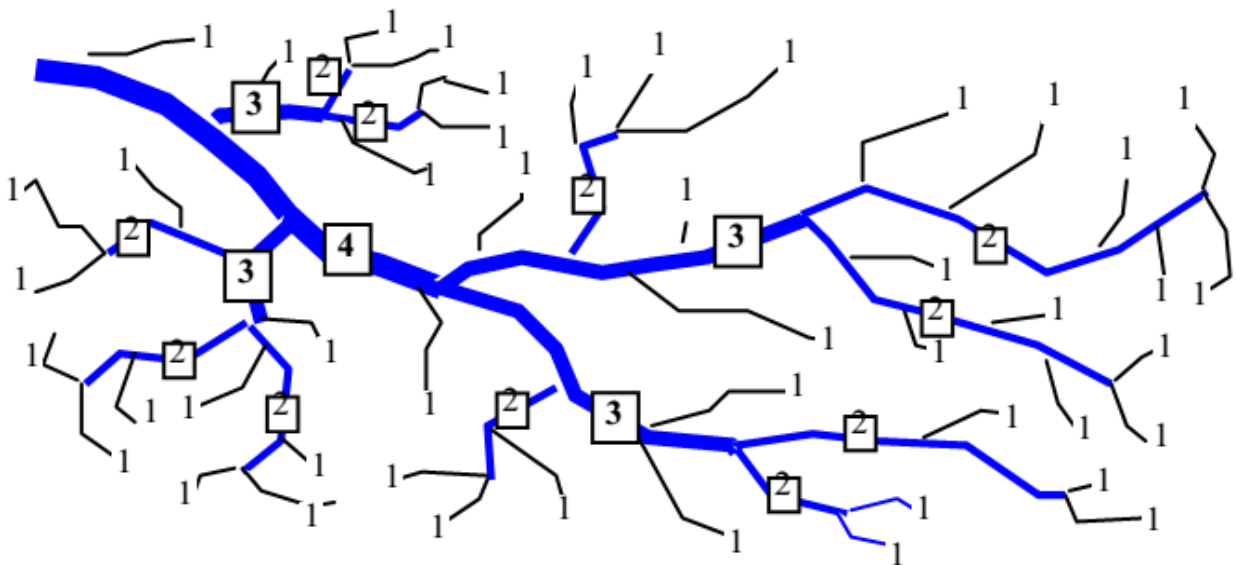
Le réseau hydrographique peut se caractériser par trois éléments : sa hiérarchisation, son développement (nombres et longueurs des cours d'eau) et son profil en long.

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 :

$$n + n = n + 1 \text{ et } n + m = \max (n,m)$$



Les lois de Horton

Ces "lois" empiriques relient le nombre, la longueur moyenne et l'ordre des cours d'eau. On constate que pour un bassin versant homogène, le "rapport de confluence" R_c , rapport du nombre N_i de cours d'eau d'ordre i au nombre N_{i+1} de cours d'eau d'ordre $i + 1$, est sensiblement constant :

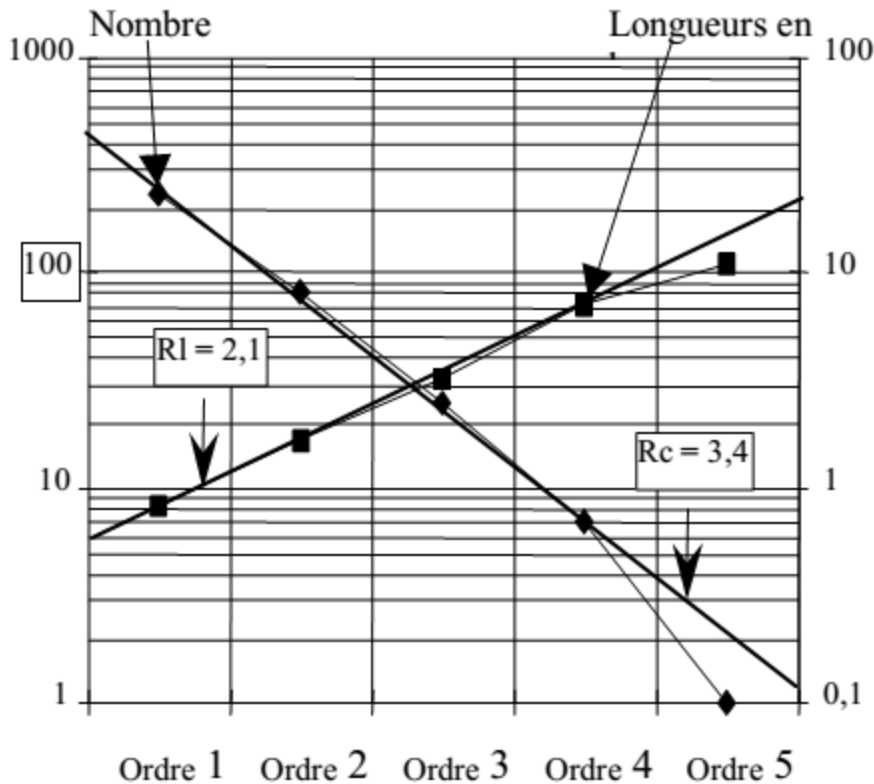
$$R_c \approx \frac{N_i}{N_{i+1}} \approx \text{Cte}$$

Il en est de même du "rapport des longueurs moyennes" :

$$R_l \approx \frac{l_i}{l_{i-1}} \approx \text{Cte}$$

(l_i : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre i).

La détermination de R_c et R_l se fait par voie graphique en portant N_i , l_i et i sur un graphique semilogarithmique comme le montre la figure jointe. La pente de la droite moyenne permet de déterminer la raison de la progression géométrique



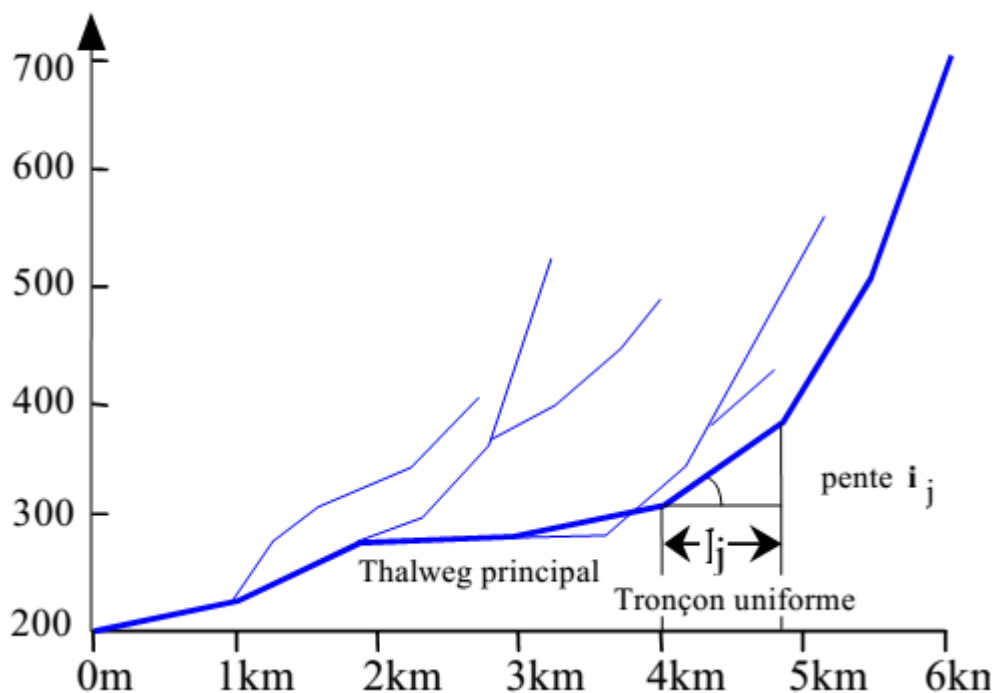
La densité de drainage D_d

Elle se définit par le rapport de la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin versant :

$$D_d = \frac{\sum l_i}{A} (\text{km}^{-1})$$

PROFILS EN LONG

Ces profils sont établis en portant en abscisses les longueurs développées à partir d'un point de référence et en ordonnées les cotes de l'eau dans le cours d'eau principal



Les profils en long permettent d'estimer la pente moyenne du cours d'eau. Cette pente moyenne sert surtout dans l'évaluation des temps de concentration d'un bassin versant,

CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES

La géologie d'un bassin versant est un facteur très important du régime des cours d'eau qui drainent ce bassin. En période de crue, les volumes écoulés seront d'autant plus grands que le bassin sera plus imperméable. En période de basses eaux, les débits seront d'autant plus forts que les nappes sont plus nombreuses et importantes. Enfin, la géologie influe indirectement sur l'évapotranspiration par l'effet thermique dû à la couleur des sols et par le développement de la végétation en fonction des sols

| Classe | Intitulé | Exemple |
|--------|---|--|
| P1 | Perméable à aquifère drainant ou non drainé | Formation gréseuse dont les exutoires sont à l'extérieur du bassin |
| P2 | Perméable à aquifère drainé | Formation gréseuse dont les sources alimentent le réseau |
| P3 | Perméabilité moyenne ou faible | Alternance de marnes et calcaires |
| P4 | Karstique | Formation calcaire, perméabilité de fissures et développement d'un réseau souterrain |
| P5 | Imperméable | Terrain marneux, cristallin, <i>etc.</i> |

LE COUVERT VEGETAL

Le couvert végétal influe beaucoup sur les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface. En effet, l'évapotranspiration par les végétaux est très importante et elle varie selon la nature des végétaux (forêts, cultures, prairies, *etc.*).

Par ailleurs, la végétation joue également un rôle atténuateur important en période de crue : en effet, lorsque la végétation est développée, le ruissellement est retardé et la pointe de crue est atténuée. Par ailleurs, l'écoulement étant plus long, la part d'eau reprise par l'évapotranspiration augmente et le volume de la crue diminue.

CARACTERISTIQUES GLACIOLOGIQUES

Dans certains cas particuliers, le bassin versant peut être envahi en partie par des glaciers ou des manteaux neigeux permanents. Pour caractériser ceci, on utilise bien souvent le pourcentage et la surface occupée par les neiges et les glaciers.