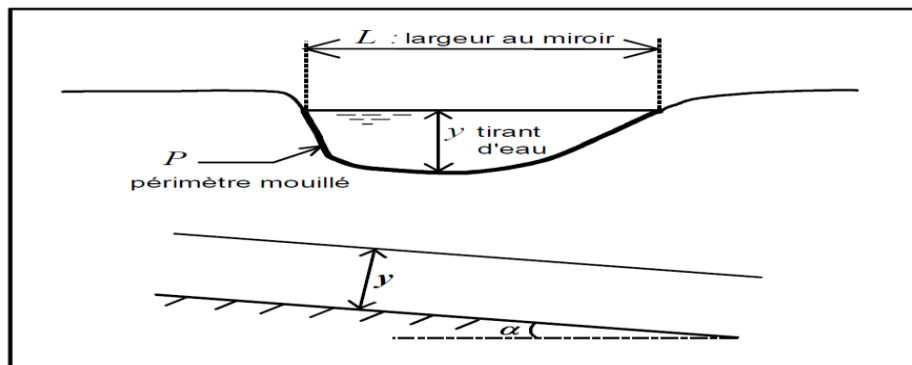


## CHAPITRE VI : ÉCOULEMENT A SURFACE LIBRE ET HYDROLOGIE.

### VI.1- Définitions essentielles : les paramètres géométriques.

Ces paramètres sont relatifs à une section du chenal dans un plan perpendiculaire à son axe, dont la position est définie par une abscisse ( $x$ ). Les paramètres essentiels sont le tirant d'eau ( $y$ ), la section mouillée ( $S$ ), la largeur au miroir ( $L$ ) ou largeur de la section mouillée, le périmètre mouillé ( $P$ ). Ils sont définis sur le schéma de la figure I.1. Bien noter que le périmètre mouillé est la longueur de paroi en contact avec l'eau (berges et fond), mais ne comporte pas le contact eau-atmosphère.



**Figure VI.1 - Tirant d'eau, largeur au miroir et section mouillée.**

Le rayon hydraulique est le rapport entre section mouillée et périmètre mouillé,  $R = S/P$ .

- Pour un canal rectangulaire,  $R = \frac{L \cdot y}{L + 2 \cdot y}$

- Pour un canal infiniment large,  $R = y$ .

La pente du chenal est la pente de son fond, mesurée tout le long de son axe, et comptée positivement si le chenal est descendant. Elle est notée  $i$  ( $i = \sin \alpha$ ). Si  $z$  désigne la cote du fond, alors  $i = -dz/dx$

**VI.2 Type D'écoulement :** Une classification des écoulements peut se faire selon la variation de la profondeur,  $h$  ou  $dh$ , en fonction du temps et de l'espace :  $dh = f(t, x)$ .

#### VI.2.1 Variabilité dans le temps:

Le mouvement est permanent si les vitesses moyennes,  $V$ , et ponctuelles,  $u$ , ainsi que la profondeur,  $h$  ou  $dh$ , restent invariables dans le temps en grandeur et en direction. Par conséquent, le débit est constant :  $Q = V \cdot S$  entre les diverses sections du canal sans apport latéral.

Le mouvement est non permanent si la profondeur,  $dh(t)$ , ainsi que les autres paramètres varient avec le temps. Par conséquent, le débit n'est pas constant. En pratique, l'écoulement dans les canaux est rarement permanent. Néanmoins, les variations temporelles sont souvent suffisamment lentes pour que l'écoulement puisse être considéré comme permanent, du moins dans un intervalle de temps relativement court.

**IV.2.2 Variabilité dans l'espace:** Trois cas sont à envisager :

a) Le mouvement est uniforme si la profondeur,  $dh$ , ainsi que les autres paramètres, restent invariables dans les diverses sections du canal. La ligne de la pente de fond est donc parallèle à la ligne de la surface libre et l'on a  $i = J$ .

b) Le mouvement est non uniforme ou varié si la profondeur,  $dh(x)$ , ainsi que les autres paramètres, changent d'une section à l'autre. La pente de fond diffère alors de celle de la surface libre,  $i \neq J$ .

L'écoulement non uniforme peut être permanent ou non permanent. Lorsque le mouvement est graduellement varié, la profondeur,  $dh(x) = dh$ , ainsi que les autres paramètres, ne changent que très lentement d'une section à l'autre.

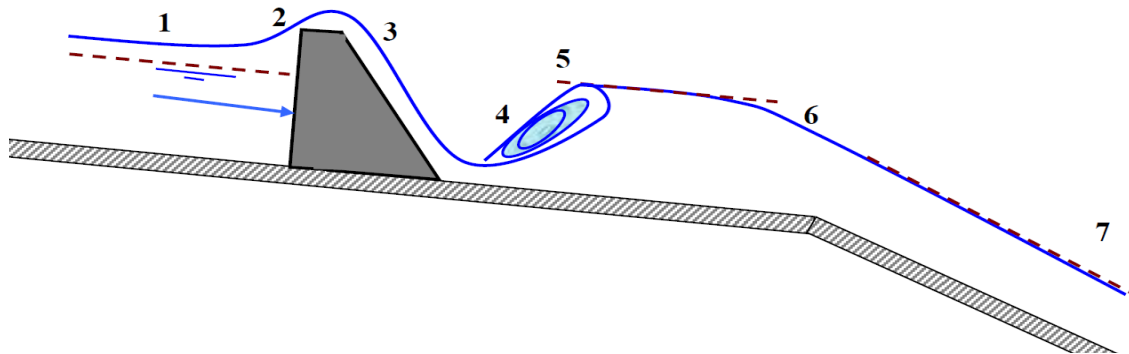


Figure VI.2 - Schéma représentant les différents régimes d'écoulement.

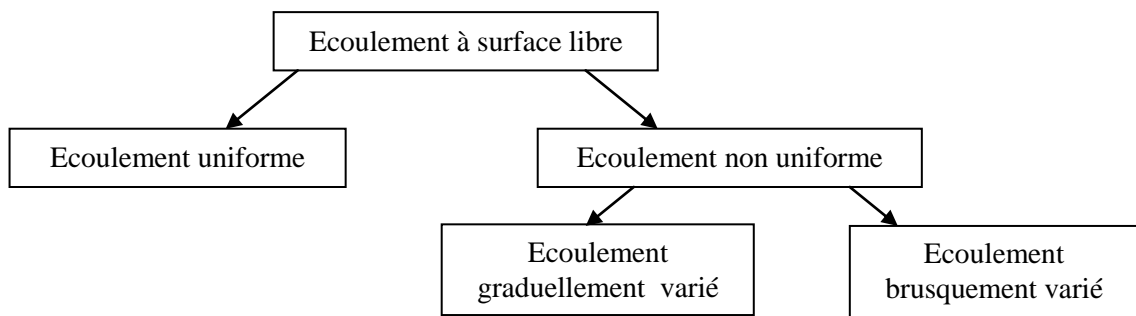
Légende :

- |   |   |
|---|---|
| 1) uniforme fluvial.                              | 2) fluvial graduellement décéléré.                |
| 3) rapidement accéléré (fluvial puis torrentiel). | 4) ressaut.                                       |
| 5) uniforme fluvial.                              | 6) rapidement accéléré (fluvial puis torrentiel). |
| 7) uniforme torrentiel.                           |   |

c) Lorsque le mouvement est rapidement varié, la profondeur  $dh(x)$ , ainsi que les autres paramètres changent brusquement, parfois avec des discontinuités. Cela se manifeste en général au voisinage d'une singularité, telle qu'un déversoir, un rétrécissement, un ressaut hydraulique ou une chute brusque.

### VI.2.3 Différents types d'écoulement:

Les types d'écoulement qu'on rencontre en hydraulique à surface libre peuvent être résumés ainsi :



### VI.2.4 Les régimes d'écoulement:

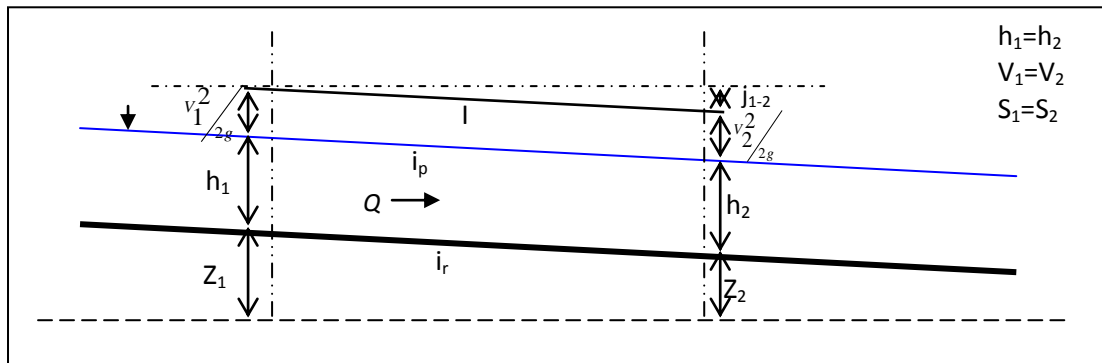
Le nombre de Froude, qui est le rapport entre les forces de gravité et celles d'inertie ou:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}$$

- ✓ écoulement fluvial :  $Fr < 1$
- ✓ écoulement torrentiel :  $Fr > 1$
- ✓ écoulement critique :  $Fr = Fr_{cr} = 1$

**VI.1.2 Régime uniforme:** (Fig. VI.3)

- L'écoulement considéré comme uniforme si la hauteur  $h$  constante le long de l'écoulement.
- La pente de la surface libre égale ( $i_p$ ), égale à la pente du radier ( $i_r$ ), égale à la pente hydraulique ( $I$ ),  $I = i_p = i_r$ .



**Figure VI.3- Ecoulement uniforme dans un canal**

L'écoulement uniforme doit remplir les conditions suivantes:

1. Le débit de l'eau dans le lit est constant.
2. Le canal est prismatique.  
 $S_{mouillé} = \text{constante}$ ,  $P_{mouillé} = \text{constante}$ ,  $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \text{constante}$ ,  $I = i_p = i_r$ ,  $h = \text{constante}$ .
3. La pente du radier est constante.
4. La rugosité du canal est constante le long de l'écoulement.
5. Les lignes de l'écoulement sont parallèles.

**VI.1.2.1 Formules de calcul principales:**

**I- Vitesse moyenne de l'écoulement:**

La formule principale de calcul pour un écoulement à surface libre est celle de Chezy:

$$V = C\sqrt{R.i}$$

Où:  $V$ : vitesse d'écoulement.

$C$ : coefficient de Chezy.

$R$ : rayon hydraulique.

$i$ : la pente du fond du canal (pente du radier)

Pour déterminer  $C$ , on peut utiliser l'une des formules suivantes :

- Formule de Bazin :  $C = \frac{87\sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}}$
- Formule de Kutter :  $C = \frac{100\sqrt{R}}{\eta + \sqrt{R}}$
- Formule de Manning:  $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$

$\gamma, \eta$  Et  $n$  sont des coefficients qui dépendent de la rugosité des parois

$\gamma = 0,16, \eta = 0,2, n = 0,0125 \Rightarrow$  canaux en brique, pierre ou planche.

$\gamma = 1,8, \eta = 1,3, n = 0,0167 \Rightarrow$  canaux en terre.

- Formule de Manning-Strickler:

$$V = C\sqrt{Ri} = \frac{1}{n} R^{1/6} R^{1/2} i^{1/2} = K_s \cdot R^{2/3} i^{1/2}, K_s = \frac{1}{n}$$

$$V = K_s R^{2/3} i^{1/2} \dots\dots\dots VI.5$$

**2. Le débit de l'écoulement :**

$$Q = V \times S, \quad V = C\sqrt{Ri}$$

$$\Rightarrow Q = C.S.\sqrt{Ri} \dots\dots\dots VI.6$$

$$\Rightarrow Q = C.S\sqrt{R}.\sqrt{i} \Rightarrow Q = K.\sqrt{i}, \quad K = \text{module du débit}, K = C.S\sqrt{R}$$

**3. Caractéristiques géométriques d'un canal trapézoïdal et rectangulaire:**

**a/ Section rectangulaire:**

$$S_m = b.h$$

$$P_m = b + 2h$$

$$R = \frac{S_m}{P_m} = \frac{bh}{b + 2h}$$

Si  $b \gg h \Rightarrow R \approx h / R = \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{bh}{b + 2h} = h$

**b/ Section trapézoïdale:**

$$S_m = (b + mh)h, \quad m = \frac{1}{\text{tg } \alpha}$$

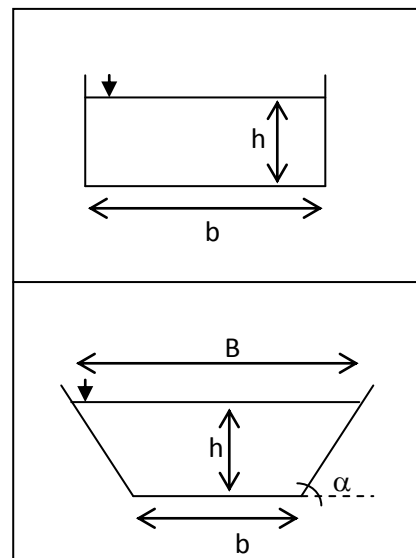


Figure VI.4- Sections des canaux

$$P_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

Si  $b \gg h \Rightarrow R \approx h$

**Remarque:** les sections transversales les plus utilisées sont : trapézoïdale, triangulaire, rectangulaire et semis circulaire.

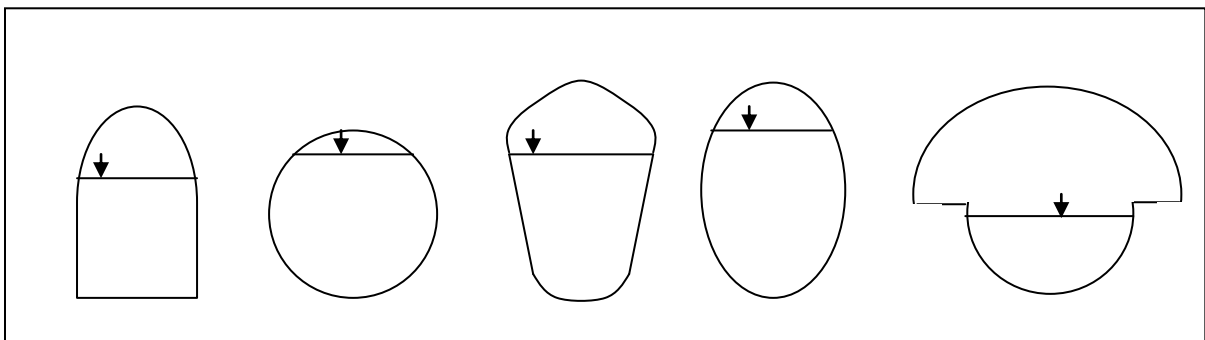
Si la section du canal donne une valeur minimum du périmètre mouillé ( $P_m$ ) et un débit maximum (Q), donc cette section s'appelle: "*Section hydraulique la plus avantageuse*"

$$( S_m = 2h^2, P_m = 4h, R = \frac{S_m}{P_m} = h/2 )$$

### VI.1.2.2 Aqueducs:

L'aqueduc c'est un canal qui transporte l'eau et se compose de tronçons successifs. La pente et la section dans chacune des tronçons sont constantes, donc le régime est uniforme.

On trouve les aqueducs sous différentes formes, parmi elles:



**Figure VI.5- Différents forme d'aqueducs.**

### VI.1.3 Régime non uniforme (permanant varié)

#### VI.1.3.1 Définition:

Lorsque les trajectoires des différents filets liquides s'écoulent dans un canal ne sont pas parallèles entre elle, on a en régime varié (la surface libre et le fond du canal ne sont pas parallèles). Ce type de mouvement se produit dans un canal dans la section transversale variée (comme les cours d'eau naturel).

On peut classer les écoulements variés en deux grandes catégories:

**a/** Les écoulements graduellement variés dans lesquels les paramètres hydrauliques variés très progressivement d'une section à l'autre.

**b/** Les écoulements brusquement variés, caractérisés par une variation plus rapide et parfois discontinue des phénomènes, (Chute, ressaut hydraulique...).

### VI.1.3.2 Notions principales des théorèmes des écoulements non uniformes :

**\* Théorème de Bernoulli:**

On applique l'équation de Bernoulli entre les sections 1.1 et 2.2 (Figure.VI.6)

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + J_{1-2}$$

On introduit  $\alpha$  pour tenir compte de l'inégale répartition des vitesses dans les sections transversales).

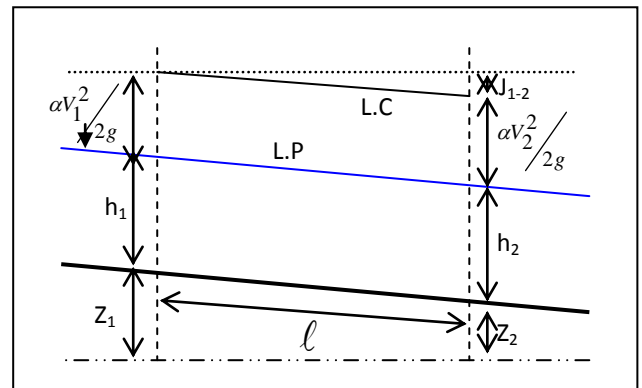


Figure VI.6- Ecoulement non uniforme dans un canal

$$H_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = H_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + \Delta H \Rightarrow dH + d\left(\alpha \frac{V^2}{2g}\right) + d\Delta H = 0 \dots \dots \dots VI.9$$

On divise par  $d\ell$ , on obtient :  $\frac{dH}{d\ell} + \frac{d}{d\ell}\left(\alpha \frac{V^2}{2g}\right) + \frac{d\Delta H}{d\ell} = 0 \dots \dots \dots VI.10$

$i_p = \frac{dH}{d\ell}$  :Pente de la surface libre (pente piézométrique)

$i_p = \frac{d\Delta H}{d\ell}$  :Pente hydraulique qui peut déterminer avec la formule de chezy:  $I = \frac{V^2}{C^2 k}$

$\frac{dH}{d\ell} > 0$ : Signifie que la profondeur croit le long du canal, l'écoulement est divergent retardé,

(on observe des remous)

$\frac{dH}{d\ell} = 0$  : Écoulement normal, ainsi uniforme  $i = I$

$\frac{dH}{d\ell} < 0$ : Représente une dépression, l'écoulement est accéléré convergent.

### VI.1.3.3 Energie spécifique $E_s$ :

Examinons une certaine section d'un canal, cette section est parcourue par un débit  $Q$ , à la

profondeur de remplissage  $h$ , l'énergie spécifique est:  $E_s = h + \frac{V^2}{2g}$

$$E_s = h + \frac{Q^2}{2gS^2}$$

### VI.1.3.4 Profondeur critique:

Supposons que dans l'équation (VI.11), le débit  $Q$  est constant et  $h$  variable, on peut écrire:

$$E_s = f(h) = E_p + E_c$$

Avec :  $E_p$ : énergie potentielle.  $E_p=h$

$$E_c: \text{énergie cinétique. } E_c = \frac{Q^2}{2gS^2}$$

Construons la courbe de variation de  $E_p$ ,  $E_c$ , et  $E_s$

en fonction de  $h$  (Fig. VI.10)

1/ si  $h \rightarrow 0, S \rightarrow 0 \rightarrow E_c \rightarrow \infty$

2/ si  $h \rightarrow \infty, S \rightarrow \infty \rightarrow E_c \rightarrow 0$

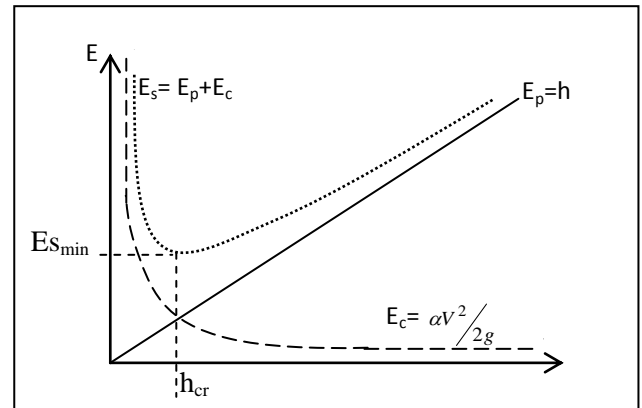


Figure VI.7-  $E=f(h)$

La valeur de la profondeur  $h$  à laquelle l'énergie spécifique devient min s'appelle  $h_{cr}$  (profondeur critique).

Tous les éléments, qui sont en fonction de  $h_{cr}$  jouissant, ( $S_{cr}$ ,  $P_{cr}$  ...)

Puisque  $h_{cr}$  correspond à l'énergie spécifique min donc:

→ **Détermination  $h_{cr}$ :**

\* **Section rectangulaire:**

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{S_{cr}^3}{B} \Rightarrow h_{cr} = 3\sqrt{\frac{Q^2}{gb^2}} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$$

\* **Section triangulaire:**

$$S_{cr} = \frac{1}{2}bh_{cr} \Rightarrow h_{cr} = \sqrt[5]{\frac{2Q^2}{gm^2}}$$

\* **Section trapézoïdale:**

On utilise la formule d'Agroskine:

$$h_{cr} = \left(1 - \frac{Z_r}{3} + 0,105Z_r^2\right)h_{cr1}$$

$$Z_r = \frac{mh_{cr1}}{b}$$

$h_{cr1}$ , c'est la profondeur critique pour une section rectangulaire de largeur  $b$ .

En comparant la hauteur de l'écoulement non uniforme  $h$  avec la  $h_{cr}$  on déduit les types des écoulements suivants: Si  $h > h_{cr} \Rightarrow$  Ecoulement fluvial

$h = h_{cr} \Rightarrow$  Ecoulement critique.

$h < h_{cr} \Rightarrow$  Ecoulement Torrentiel.

### VI.1.3.5 Paramètre cinétique:

Le terme  $\frac{Q^2 B}{gS^3}$  s'appelle le paramètre cinétique, il est désigné par  $F_r$  et il s'appelle le

nombre de Froude. A partir de ce nombre, on déduit les différents types d'écoulement:

$F_r < 1 \Rightarrow$  Ecoulement fluvial

$F_r = 1 \Rightarrow$  Ecoulement critique

$F_r > 1 \Rightarrow$  Ecoulement torrentiel.

### VI.1.3.6 Equation fondamentale de l'écoulement non uniforme graduellement varié dans un lit prismatique:

Le but est de trouver la relation entre les profondeurs du courant dans les différentes sections. La relation suivante c'est l'équation fondamentale de l'écoulement non uniforme graduellement varié dans le cas d'un canal prismatique, cette équation nous donne la relation entre  $h$  et  $\ell$  (ou la forme de la courbe de remous).

$$\frac{dh}{d\ell} = \frac{i - I}{1 - F_r^2}$$

### VI.1.4. Ecoulement brusquement varié :

Les écoulements rapidement variés se rencontrent soit en cas de changements de géométrie brutaux en plan (convergents, divergents), soit dans le cas d'écoulements dont les lignes de courant deviennent très courbes (en profil).

#### I.5.1- Ressaut hydraulique :

Un ressaut est obtenu lorsqu'un écoulement torrentiel «rencontre» un écoulement fluvial. Le passage se fait avec une forte discontinuité du tirant d'eau, et une importante agitation qui dissipe une grande part de l'énergie acquise dans le tronçon torrentiel. L'observation montre de grands tourbillons, des remous ainsi que de nombreuses bulles d'air entraînées.

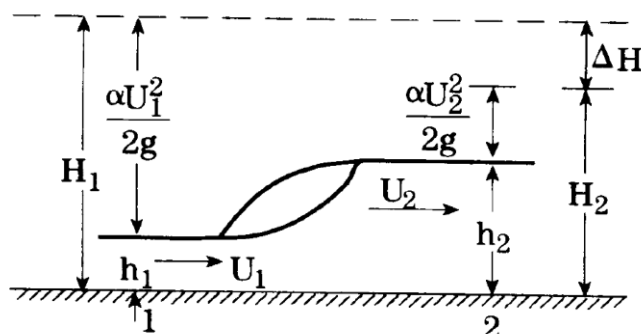


Figure VI.8 - passage torrentiel – fluvial (ressaut hydraulique)



Les hauteurs  $h_1$  et  $h_2$  sont appelées profondeurs conjuguées du ressaut. La distance entre les sections 1 et 2 est appelée longueur du ressaut. La perte de charge est représentée par  $\square H$ .

Les tirants d'eau conjugués.

$$h_2 = -\frac{y_1}{2} + y_1 \frac{\sqrt{1 + 8.F_1^2}}{2} \qquad h_1 = -\frac{y_2}{2} + y_2 \frac{\sqrt{1 + 8.F_2^2}}{2}$$

### VI.5.2- Typologie et longueur du ressaut

D'après Lencastre, sont distingués cinq types de ressaut (figure VI.7).

- Le ressaut ondulé est obtenu pour des nombres de Froude inférieurs à 1,7. Seules quelques légères rides sont observées en surface.
- Le ressaut faible est obtenu pour des nombres de Froude compris entre 1,7 et 2,5. Des petits tourbillons ou rouleaux prennent naissance.
- Le ressaut oscillant apparaît pour des nombres de Froude compris entre 2,5 et 4,5. Des turbulences fortes se produisent non seulement en surface, mais aussi au fond et cela de manière irrégulière. Ces turbulences peuvent se propager loin à l'aval.
- Lorsque le nombre de Froude est compris entre 4,5 et 9, le ressaut est dit établi ou stationnaire. Il est bien localisé et efficace en terme de dissipation de l'énergie.
- Enfin, au-delà d'un nombre de Froude de 9, ce qui ne se rencontre pas en rivière, le ressaut est dit fort. De véritables paquets d'eau sont projetés par intermittence.

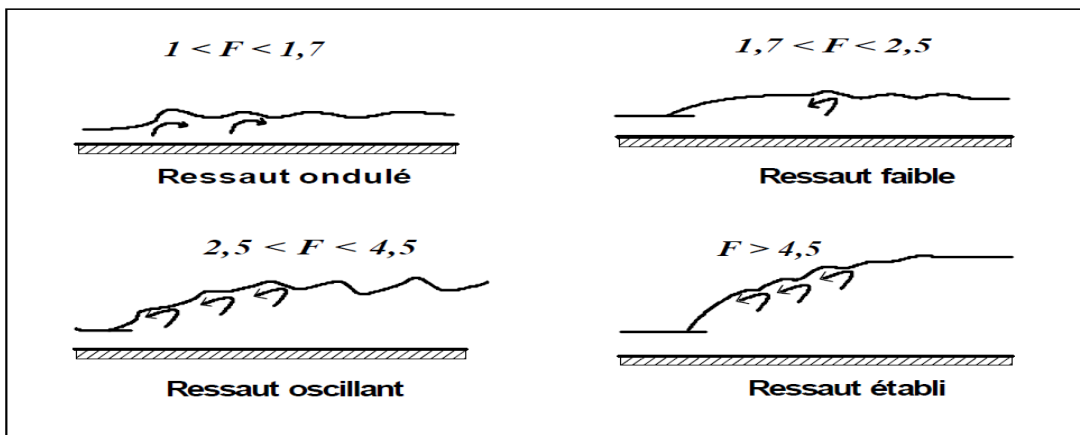


Figure VI.9- typologie des ressauts.

### VI.3.1 Les seuils et déversoirs

**Définition :**

Un déversoir est un orifice superficiel ouvert à sa partie supérieure et pratiqué dans une paroi généralement verticale.

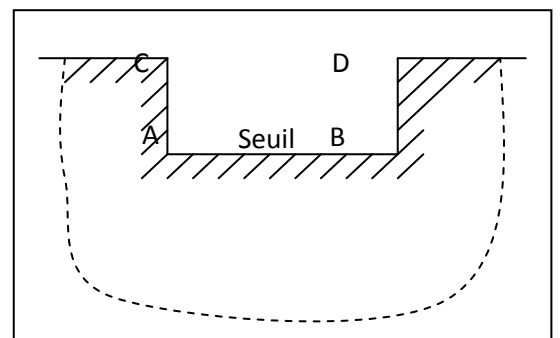
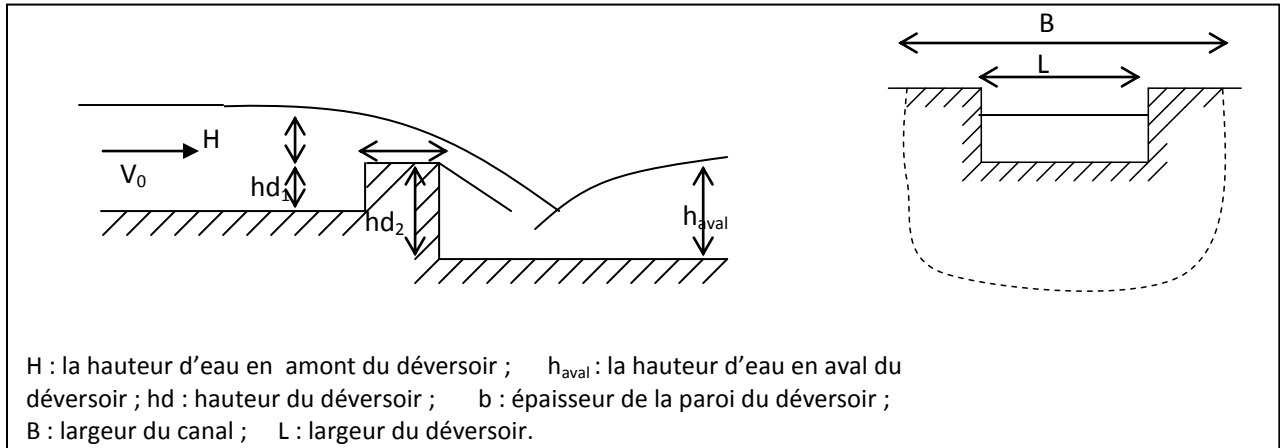


Figure VI.10 : Déversoir rectangulaire  
M<sup>me</sup> Chebbah. L

### ➤ Phénomène

- Le niveau supposé constant à l'amont, s'abaisse sensiblement au dessus du seuil.
- La hauteur  $H$  du niveau constant d'amont au dessus du seuil est la charge.
- A l'aval, la lame déversante ou nappe déversante peut présenter différentes formes, en rapport avec la charge et le niveau d'aval.



**Figure VI.11- Ecoulement au dessus d'un déversoir**

### VI.3.2 Classification des déversoirs:

La classification des déversoirs est basée sur les caractéristiques du déversoir telle que:

- Profil (forme de la paroi)
- Dimension de la section transversale (contraction latérale, forme en élévation).
- Forme de la nappe déversante et la position du niveau aval.
- Forme de la paroi: → Si  $b < 0,5 H \Rightarrow$  déversoir à mince paroi.  
 → Si  $2 H < b < 10 H \Rightarrow$  déversoir à seuil épais.  
 → Si  $0,5 H < b < 2 H \Rightarrow$  déversoir à seuil normal.

### VI.3.3 Equation générale des déversoirs:

Le débit dans le déversoir dépend de la longueur  $L$  du déversoir de la charge  $H$ , de la vitesse d'approche du courant  $V_0$  et de l'accélération de la pesanteur  $g$ .

→ Pour un déversoir dénoyé (Fig. 7.12.a), le débit est donné par la formule suivante :

$$Q = m_0 L \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

Où,  $m_0$  : c'est un coefficient qui tient compte du type de déversoir et qui s'appelle coefficient de déversoir.

$H_0$  : C'est la charge totale :  $H_0 = H + \frac{V_0^2}{2g}$  .

## **VI.2.hydrologie :**

### **VI.2.1 Définition :**

L'hydrologie est l'étude scientifique de l'eau : elle s'intéresse donc à l'eau et tout ce qui s'y rapporte. Le nom vient du grec « hidro » (eau) et « logos » (étude, connaissance).

L'hydrologie au sens large regroupe :

- Hydrologie de surface est la science qui traite essentiellement des problèmes qualitatifs et quantitatifs des écoulements à la surface des continents. Ces problèmes se ramènent généralement à des prévisions (associer à une date une certaine grandeur) ou des prédéterminations (associer à une grandeur une certaine probabilité) de débits ou de volume en un point ou sur une surface. La climatologie, traite la partie aérienne du cycle de l'eau (précipitations, retour à l'atmosphère, transferts, etc.) ;
- Hydrogéologie : est la science qui étudier des eaux du milieu souterrain et l'hydrodynamique des milieux non saturés pour les échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines (infiltration, retour à l'atmosphère à partir des nappes, etc.) ;
- Océanographie : étude des océans ;
- Météorologie : étude de l'atmosphère ;
- Glaciologie : étude des glaciers ;
- Nivologie : étude des neiges ;
- Potamologie : étude rivières ;
- Limnologie : étude des lacs.

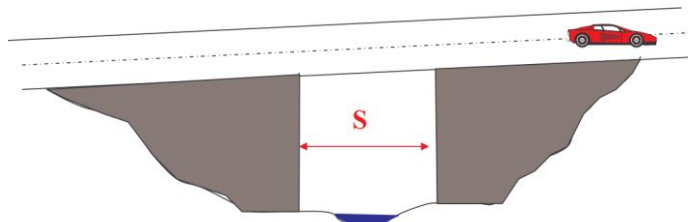
### **VI.2.2 Les objectifs de l'hydrologie de surface :** Il ya 3 grands buts :

- La connaissance et la conceptualisation des phénomènes (ruissellement, évaporation, infiltration,...) dans un environnement évolutif (sécheresse, urbanisation, déforestation,...) ;
- La constitution de bases de données (mesures sur de longues années) : pluie, débit, évaporation ;
- L'attribution d'une valeur (ou d'une fourchette de valeurs) aux paramètres nécessaires pour la conception, le dimensionnement et la gestion d'un ouvrage hydraulique.

### **VI.2.3 Utilisation de l'hydrologie dans le domaine Génie civil :**

L'exécution de travaux de génie civil en interaction avec les eaux de surface ou souterraines nécessite le plus souvent la mise en place d'un rabattement temporaire de la

nappe pour les ouvrages souterrains et de dérivé temporairement les eaux des cours d'eau pour certain travaux de surface. En outre, la présence d'ouvrages de génie civil peut interférer avec les eaux et perturber les écoulements naturels superficiels ou souterrains. Donc l'étude hydrologique est très importante pour les études des ouvrages génie civil, on cite par exemple, les ouvrages de franchissements de cours d'eau (ponts, buses, dalots, tunnels...), ouvrages de protection des talus (endiguements, murs de soutènement, pans.....)

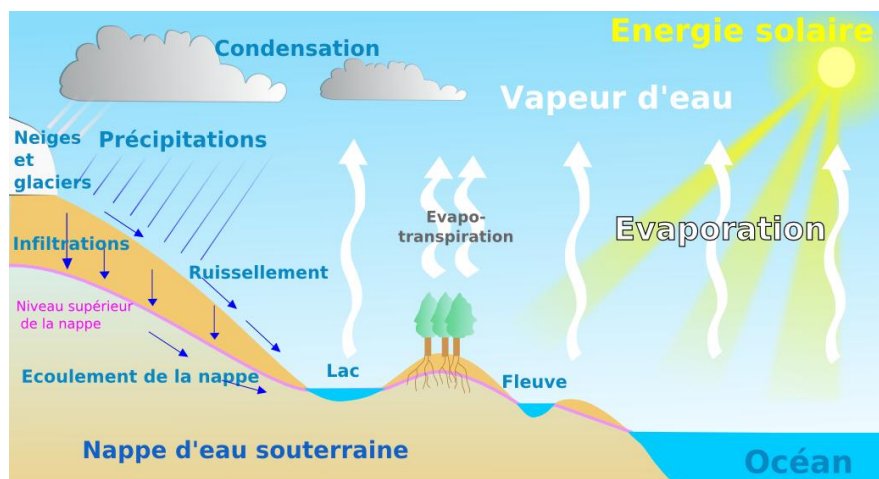


*Figure IV.12- franchissement routier.*

#### VI.2.4 Cycle hydrologique :

Le cycle de l'eau décrit l'existence et le mouvement de l'eau sur, dans et au-dessus de la terre. L'eau de la terre est toujours en mouvement et change toujours d'états, du liquide à la vapeur à la glace et vice versa. Le cycle de l'eau fonctionne depuis des millions d'années.

Le cycle de l'eau englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre (Fig. VI-11). Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais sont aussi concomitants. Le cycle hydrologique n'a donc ni commencement, ni fin.



*Figure VI.13- Cycle de l'eau dans la terre.*

Les paramètres du cycle de l'eau : Les éléments qui composent le cycle de l'eau sont respectivement :

- Les précipitations : eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (pluie, averse) et / ou solide (neige, grêle) ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée,...) ;
- L'évaporation : passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique ;
- L'évapotranspiration : englobe les processus d'évaporation et de transpiration de la végétation ;
- Le ruissellement ou écoulement de surface : mouvement de l'eau sur ou dans les premiers horizons du sol (écoulement de sub-surface), consécutif à une précipitation ;
- Le stockage dans les dépressions : processus au cours duquel l'eau est retenue dans les creux et les dépressions du sol pendant une averse ;
- L'infiltration : mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol ;
- La percolation : mouvement de l'eau en profondeur dans les sols faisant suite à l'infiltration

### VI.2.5 Notion du bassin versant :

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval. Selon la nature des terrains, nous serons amenés à considérer deux définitions.

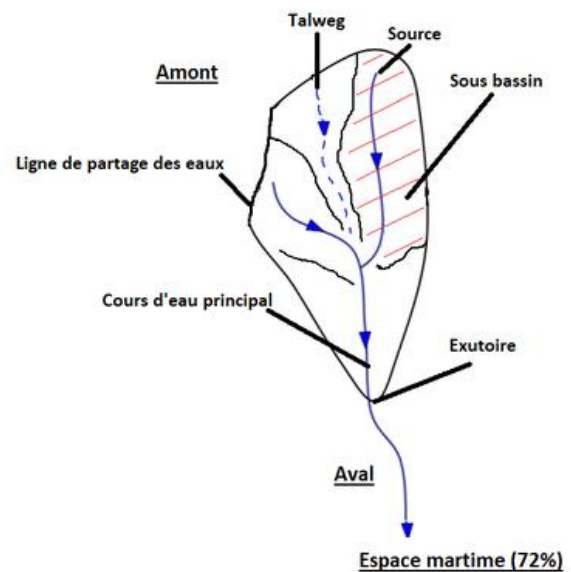


Figure VI.14- Bassin versant

#### VI.2.5.1 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 comme le montre la figure.

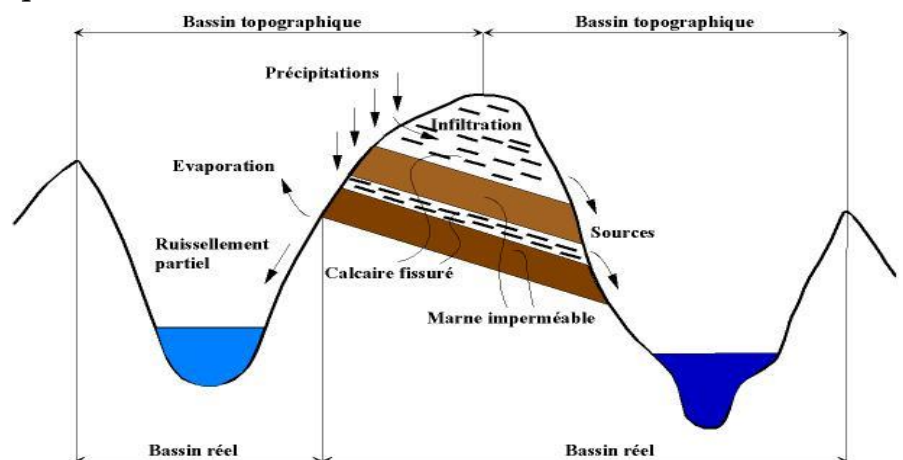
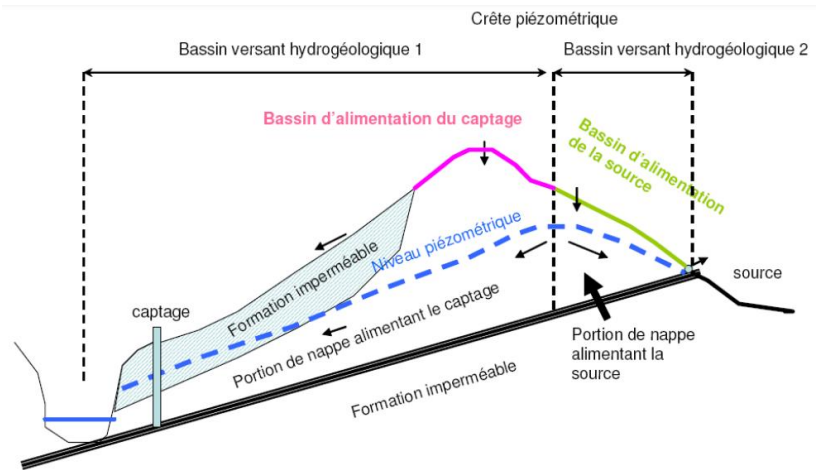


Figure VI.15- Bassin versant topographique

**VI.2.5.2 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'infiltre puis sorte souterrainement du bassin.



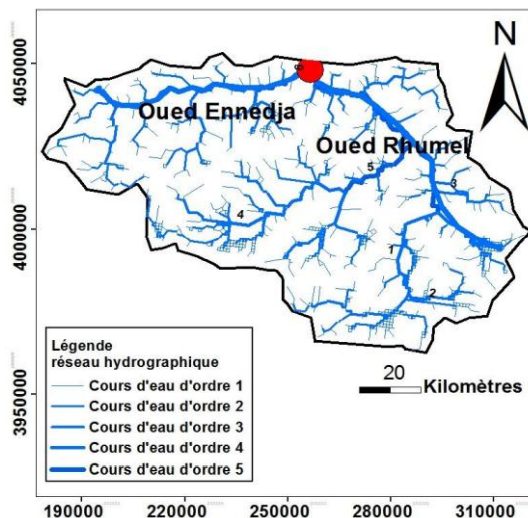
**Figure VI.16- Bassin versant hydrogéologique**

**VI.2.6 Réseau hydrographique**

On désigne par réseau hydrographique un ensemble hiérarchisé et structuré de chenaux qui assurent le drainage superficiel, permanent ou temporaire, d'un bassin versant ou d'une région donnée.

La hiérarchie du réseau hydrographique se manifeste par l'importance croissante de ses éléments, depuis les ramifications originelles de l'amont dépourvues de tributaires (dites d'ordre 1 dans la classification de Horton - Strahler, 1952, jusqu'au collecteur principal. Le numéro d'ordre de celui-ci croît (ordre 2, ordres 3, 4, 5, etc.) avec la taille du bassin, le nombre de tributaires et la densité du drainage.

Le réseau hydrographique est d'autant plus dense que le climat est plus humide, que les pluies sont plus abondantes, les pentes plus fortes, les roches ou formations superficielles moins perméables.



**Figure VI.17- Réseau hydrographique du bassin versant de Beni haroun.**