CALCUL DES GLISSEMENTS PLANS

Soit un massif de sol indéfini, susceptible de glisser sur un plan incliné de β sur l'horizontale, soumis à un écoulement parallèle à la direction β. On considère que le substratum est infiniment rigide et imperméable (Fig.1).

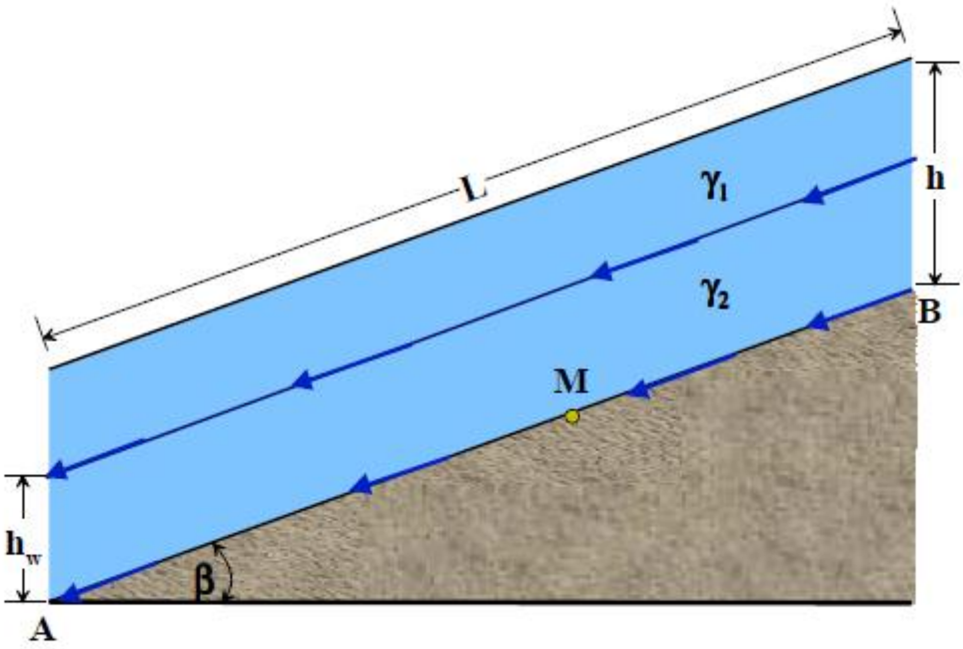

Figure 1. Schéma général du massif de sol et de l'écoulement

Les lignes de courant étant parallèles à la direction β, les équipotentielles qui forment un réseau perpendiculaire avec les lignes de courant sont parfaitement définies. On calcule aisément le gradient i uniforme et la pression constante en un point M quelconque.

Soit deux points A et A' sur la surface libre ($u_A = u_{A'} = 0$) (Fig.2)

$$i = \frac{h_{A'} - h_A}{A'A} \qquad h_A = \frac{u_A}{\gamma_w} + Z_A \qquad h_{A'} = \frac{u_{A'}}{\gamma_w} + Z_{A'}$$

$$\boldsymbol{i = \frac{Z_{A'} - Z_A}{A'A} = \sin\beta}$$

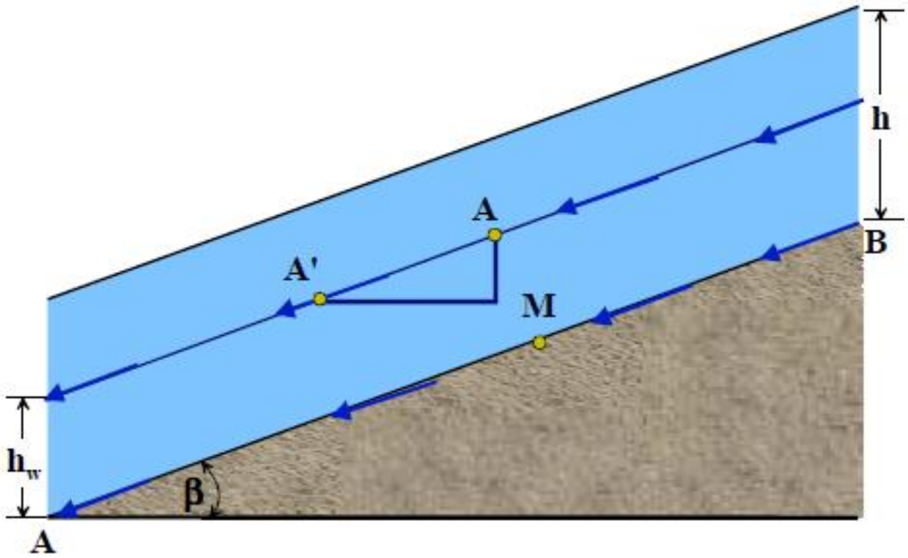

Figure 2. Calcul du gradient

Soit un point *M* à la base du massif de sol. On fait passer par *M* une équipotentielle qui recoupe la surface libre en *P* (Fig.3).

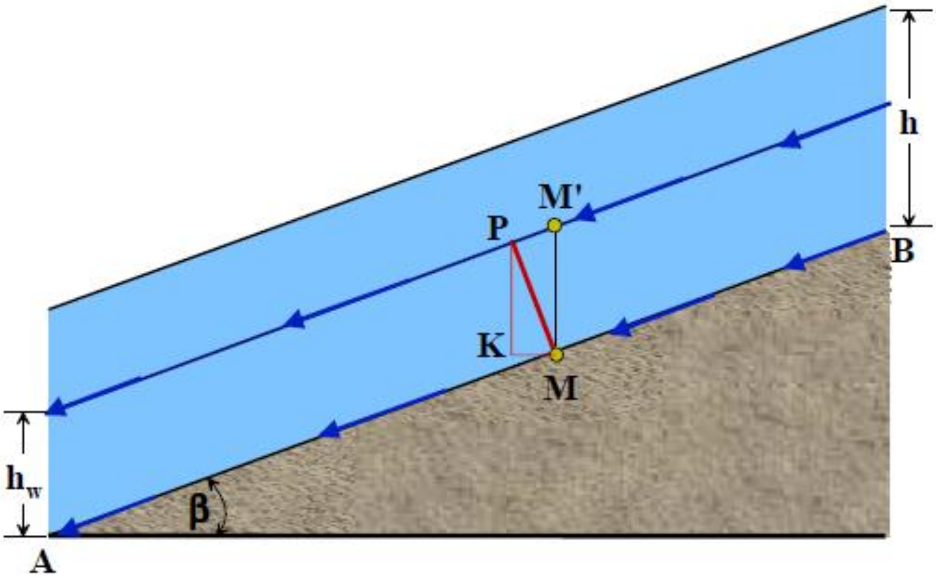

Figure 3. Calcul de u_M

Par définition $h_M = h_P$

$$h_P = \frac{u_P}{\gamma_w} + Z_P = \quad Z_P \quad h_M = \frac{u_M}{\gamma_w} + Z_M = \quad Z_P$$

$$u_M = (Z_P - Z_M) \times \gamma_w \qquad u_M = KP \times \gamma_w$$

Avec $$KP = PM \times \cos\beta = MM' \times \cos^2\beta = h_w \times \cos^2\beta$$

$$\boldsymbol{U_M = h_w \times \gamma_w \times cos^2\beta}$$

En prenant une tranche de terrain d'une longueur L et d'une épaisseur unitaire et en supposant que les actions à chaque extrémité sont égales (pente infinie), on écrit les équations d'équilibre (Fig.4).

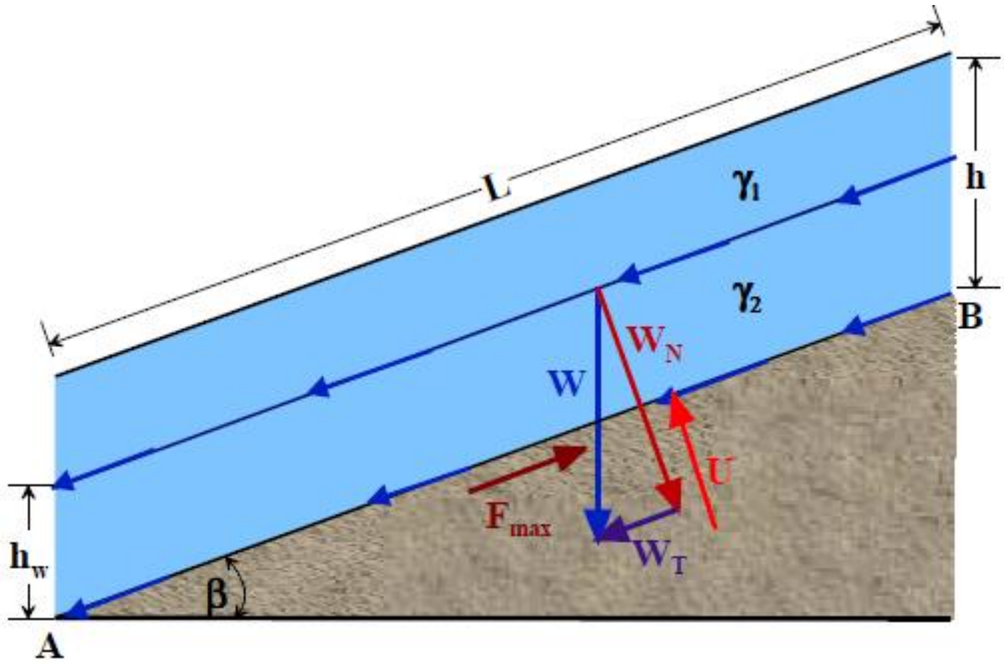

Figure 4. Bilan des forces avec écoulement

Le poids total du massif de sol est égal à :

$$\boldsymbol{W = [L \times h_w \times \gamma_2 \times \cos\beta] + [L \times (h - h_w) \times \gamma_1 \times \cos\beta]}$$

Avec : γ_2 : poids volumique du sol saturé dans la nappe

γ_1 : poids volumique du sol au-dessus de la nappe.

Le poids total du sol se décompose en une composante normale totale au plan AB, W_N et une composante tangentielle W_T.

$$W_N = [L \times h_w \times \gamma_2 \times \cos\beta + L \times (h - h_w) \times \gamma_1 \times \cos\beta] \times \cos\beta$$

$$W_T = [L \times h_w \times \gamma_2 \times \cos\beta + L \times (h - h_w) \times \gamma_1 \times \cos\beta] \times \sin\beta$$

La composante normale effective s'obtient en retranchant la résultante de la pression interstitielle *U* (Fig.4).

$$W'_N = W_N - U$$

$$U = h_w \times \gamma_w \times L \times cos^2\beta$$

La résistance de cisaillement maximale est égale, en appliquant la loi de Mohr-Coulomb à : $\tau = \sigma' tg\phi' + C'$

$$F_{max} = W'_N tg\varphi' + (C' \times L)$$

Le coefficient de sécurité *F* est le rapport entre la résistance de cisaillement maximale (mobilisable) et lacomposante tangentielle W_T (mobilisée)

$$F = \frac{W'_N tg\varphi' + (C' \times L)}{W_T}$$

Ce coefficient peut s'exprimer également en contraintes : $\tau_{max} = \sigma' tg\phi' + C'$ avec $\sigma' = \sigma - u$

$$\sigma' = [(h - h_w)\gamma_1 + h_w \times \gamma_2]cos^2\beta - [h_w \times \gamma_w \times cos^2\beta]$$

$$\tau_{mobilisé} = [(h - h_w)\gamma_1 + h_w \times \gamma_2]\sin\beta \times \cos\beta$$

Le coefficient de sécurité est donc égal à :

$$F = \frac{\tau_{max}}{\tau_{mobilisé}} = \frac{\{[(h - h_w)\gamma_1 + h_w \times \gamma_2]cos^2\beta - [h_w \times \gamma_w \times cos^2\beta]\} \times \tan\varphi' + c'}{[(h - h_w)\gamma_1 + h_w \times \gamma_2]\sin\beta \times \cos\beta}$$

Soit en divisant par $cos^2\beta$ le premier terme du numérateur

$$F = \frac{\{[(h - h_w)\gamma_1 + (\gamma_2 - \gamma_w)h_w]\} \times \tan\varphi'}{[(h - h_w)\gamma_1 + h_w \times \gamma_2] \times \tan\beta} + \frac{c'}{[(h - h_w)\gamma_1 + h_w \times \gamma_2]\sin\beta \times \cos\beta}$$

D'une manière générale :

$$\boldsymbol{F = \frac{(\sum \gamma.h - \gamma_w.h_w) \times \tan\varphi'}{\tan\beta \times \sum \gamma.h} + \frac{c'}{\sin\beta \times \cos\beta \times \sum \gamma.h}}$$

Le premier terme représente la part due au frottement, le second la part due à la cohésion.

Cas particuliers :

1. **Sol frottant, non cohérent, sans nappe (Fig.5)**

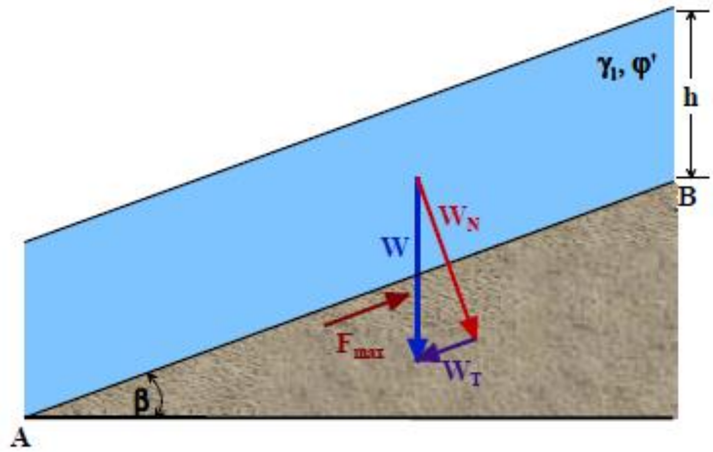

Figure 5. Bilan des forces. Sol sans cohésion, sans écoulement

$h_w = 0$, $C = 0$

$$F = \frac{\tan \varphi'}{\tan \beta}$$

On notera que le coefficient de sécurité est indépendant de la hauteur

Pour $F = 1$ $\beta = \phi'$ (angle de talus naturel)

2. **Sol frottant, non cohérent, nappe affleurantes en écoulement (Fig.6)**

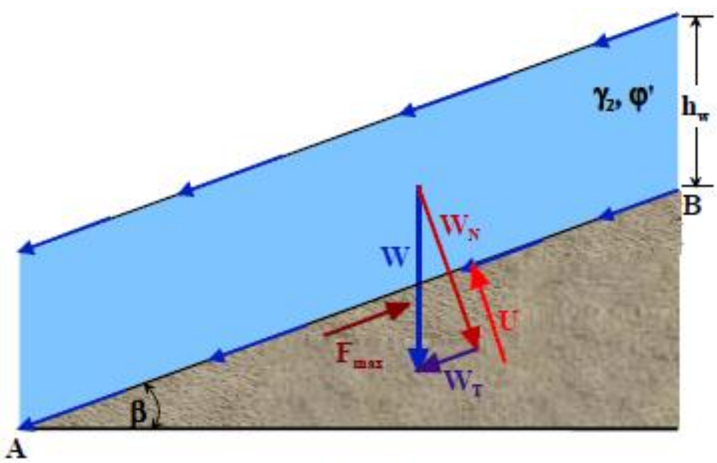

Figure 6. Bilan des forces. Sol sans cohésion, avec écoulement total parallèle à la pente

$h = h_w$, $C' = 0$

$$F = \frac{\gamma_2 - \gamma_w}{\gamma_2} \times \frac{\tan \varphi'}{\tan \beta}$$

Le coefficient de sécurité est également indépendant de la hauteur.

Pour des valeurs courantes de $\gamma_2 = 20\ kN/m^3$, on constate que le coefficient de sécurité est divisé par deux entre le sol sans nappe et le sol avec nappe totale en écoulement. Dans tous les cas le coefficient de sécurité chute rapidement quand la nappe monte.

3. Sol frottant et cohérent, sans nappe (Fig.7)

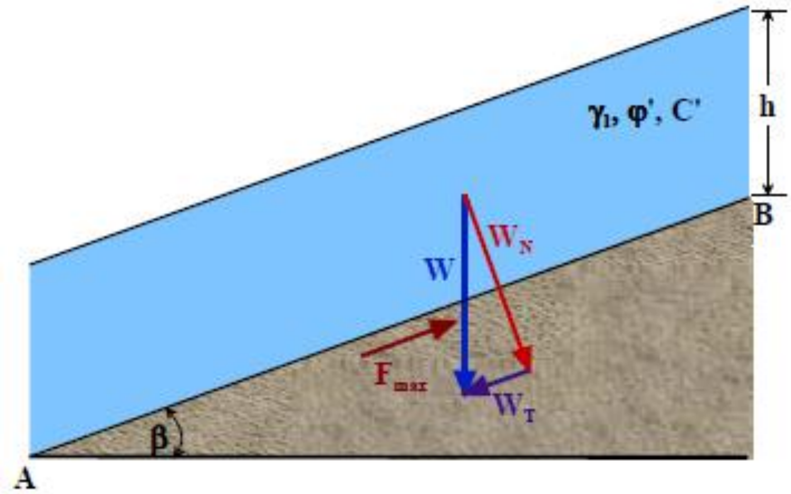

Figure 7. Bilan des forces. Sol avec cohésion sans écoulement

$h_w = 0$

$$F = \frac{\tan \varphi'}{\tan \beta} + \frac{c'}{\gamma_1 \times h \times \sin \beta \times \cos \beta}$$

En posant $N = \frac{c'}{\gamma_{1 \times h}}$: paramètre souvent employé dans les abaques.

$$F = \frac{\tan \varphi'}{\tan \beta} + \frac{2}{\sin 2\beta} \times N$$

Ce coefficient dépend de la hauteur

Le second terme dû à la cohésion indique que plus **la hauteur de sol** du talus sera **faible** et plus **l'influence de la cohésion** sera importante.