

Chapitre 10

CONCEPTION D'UN CODE DE TRANSPORT SOLIDE POUR LES COLLECTEURS D'ASSAINISSEMENT

10.1. Principaux et objectifs de la modélisation

L'objectif de notre code <MEDCA> : *Modélisation de l'Evolution de Dépôt en Collecteur d'Assainissement*, est de simuler l'évolution du profil de dépôt ainsi que sa composition dans le temps et dans l'espace. Nous synthétisons les principes de sa conception ci-dessous :

- 1: La configuration réelle de la géométrie des collecteurs influence beaucoup les phénomènes hydrauliques et de transport solide. Il est indispensable de la prendre en compte dans le code;
- 2: L'écoulement dans le collecteur 13 est quasiment permanent et stable (voir figure 1.4-1). Ceci permet de construire notre code selon le schéma <IALLUVIAL>;
- 3: Le transport solide est dominé par le charriage : <MEDCA> est un code de charriage. La suspension est entièrement ignorée. Les solides transportés, quelles que soient leurs tailles, restent toujours dans la couche de charriage à la proximité du fond.
- 4: Les solides dans le dépôt et ceux transportés ont de tailles très variables. Ceci provoque des phénomènes de dépôt spécifiques et particuliers (aggravation granulométrique dans le temps et forte dégradation granulométrique dans l'espace, phénomènes de masquage et de pavage). Afin de les bien simuler, il est indispensable de considérer l'influence de cette granulométrie étendue ainsi que certains traitement spécifiques liés à celle-ci sont exigés;

Et leurs analyses en détail seront développées l'une après l'autre dans les paragraphes suivants.

10.2. Traitement de la configuration géométrique

Comment traiter la configuration géométrique d'une canalisation, autrement dit, comment considérer ses sections transversales et sa configuration longitudinale, ceci est le premier problème fondamental rencontré dans la modélisation de l'hydraulique.

La forme géométrique de la section n'influence pas seulement les paramètres hydrauliques, la distribution hétérogène des contraintes de cisaillement du fond dans le sens transversal (Viswanathan & Leutheusser 1970), mais aussi le transport solide notamment le transport solide par charriage (Ackers et al. 1977, Kleijwegt 1992).

Presque tous les codes classiques font l'hypothèse d'un canal rectangulaire. Ce traitement fausse plus ou moins les résultats et les collecteurs de réseaux d'assainissement étant de petites dimensions par rapport à celles de cours d'eau naturels, l'influence de la géométrie sur le transport solide en collecteur est certainement plus importante qu'en rivière.

De plus, il est également difficile de trouver un code de transport solide qui tienne compte de l'influence des virages. Ceci ne permet pas de reproduire les phénomènes exacts de dépôt, notamment les virages de forte courbure qui peuvent créer des phénomènes vraiment particuliers (voir chapitre 6).

Nous avons donc décidé de considérer la configuration géométrique réelle du collecteur 13 de Marseille. Par contre, la présence des ondulations du lit, ainsi que les problèmes induits par celle-ci (Raudkivi 1964), sont ignorés dans notre étude.

10.3. Evaluation des paramètres hydrodynamiques

L'écoulement par temps sec dans le collecteur 13 est quasiment permanent et stable par période dans la journée (chapitre 2, figure 1.4-1), aussi notre code <MEDCA> traite-il le régime hydraulique comme permanent. Dans ce cas, le modèle de la ligne d'eau, construit au chapitre 5 pour l'étude de la perte d'énergie des écoulements de temps sec du collecteur 13, peut être utilisé pour chaque période quotidienne caractéristique.

Il est à noter que celui-ci peut être obtenu à partir du système du modèle complet de transport solide général (équations {9-2} et {9-3}) par les simplifications suivantes: 1/ L'écoulement est permanent; 2/ La présence des solides transportés n'est pas prise en compte dans l'hydraulique lorsque leur quantité est assez faible.

Nous récrivons le système complet du modèle hydrodynamique de la ligne d'eau ci-dessous (Cf. chapitre 5 pour les significations des paramètres):

Equation de remous :

$$\frac{dh_{(x)}}{dx} = \frac{I_{(x)} - J_{(x)}}{1 - Fr_{(x)}^2} \quad \{5-1\}$$

Equation de Manning-Strickler :

$$Q = \Omega K_{section} R_h^{2/3} J^{1/2} \quad \{5-2\}$$

Equation de combinaison :

$$\frac{P_{section}}{K_{section}^2} = \frac{P_{parois}}{K_{parois}^2} + \frac{P_{lit}}{K_{lit}^2} \quad \{5-4\}$$

Expression du coefficient de Manning-Strickler :

$$K = 23.0 \left(\frac{R_h}{k_s} \right)^{1/6} \quad \{5-18\}$$



10.4. Traitements liés à la granulométrie étendue

Le dépôt présente un phénomène de forte aggravation de la granulométrie dans le temps et de forte dégradation de celle-ci de l'amont vers l'aval du tronçon (figure 2.4-1). Ceci est également vrai pour les solides transportés au sein de l'écoulement. Un seul diamètre représentatif n'est évidemment pas suffisant pour simuler ce phénomène de tri granulométrique, et il convient de prendre en compte l'ensemble de la granulométrie.

<MEDCA> suit le traitement classique de découpage de la courbe granulométrique en plusieurs fractions, en utilisant la même méthode que celle de <CARICHAR> pour calculer le diamètre représentatif de chaque fraction. Soit d_{si_min} et d_{si_max} respectivement le diamètre le plus petit et le plus grand de la fraction i , le diamètre représentatif de la fraction est le diamètre moyen géométrique, donné par:

$$d_{si_rep} = \sqrt{d_{si_min} \cdot d_{si_max}} \quad \{10-1\}$$

Selon l'analyse du paragraphe 9.7, il est difficile de juger si les fractions découpées représentent correctement l'ensemble de la granulométrie. Mais, du moins, le mode de découpage et le nombre de fractions découpées doivent permettre à <MEDCA> de bien reproduire les phénomènes réels, et sont justifiés par les résultats du code.

10.5. Transport solide en cas de saturation – choix des lois de la capacité de transport des solides dans <MEDCA>

Les phénomènes de transport solide dans le collecteur 13 et les résultats de l'analyse de ceux-ci, montrent que le charriage joue un rôle primordial dans la formation de dépôt. Aussi, le code ne s'intéresse-t-il qu'au charriage et néglige-t-il la présence de la suspension.

Dans la littérature, il existe de nombreuses formules qui permet d'évaluer les capacités de transport solide d'un écoulement. L'Annexe B donne une bibliographie de certaines de celles-ci ainsi que les contextes de leur établissement.

Le chapitre 8 montre que deux lois de transport sont nécessaires pour décrire la capacité d'un écoulement. L'une est liée à la composition des solides mobiles, notée $q_{s,k}^{*,mov}$ et l'autre à la composition du dépôt, notée $q_{s,k}^{*,dep}$. Suivant le critère du choix des formules décrit dans le chapitre 8, nous avons retenu la formule d'Ackers-White (équation {10-2} à {10-5}) et la formule de Meyer-Peter (équation {10-6}) modifiée avec condition critique $\tau_{cr} = 0.036$ pour le calcul de $q_{sb,k}^{*,mov}$ (Note: les résultats de calcul présentés dans la quatrième partie ont été obtenus éventuellement avec cette dernière). La formule de Wang (équation {10-8}) a été sélectionnée pour le calcul de la valeur $q_{sb,k}^{*,dep}$. Ces formules sont données ci-dessous:

Loi de transport d'Ackers-White (1973) :

Diamètre adimensionnel:

$$D^* = \left[\frac{g(s-1)}{\nu^2} \right]^{1/3} d_k \quad \{10-2\}$$

Paramètre de mobilité:

$$M = \frac{u_*^n}{\sqrt{g d_k (s-1)}} \left(\frac{U_m}{\sqrt{32 \log(12 R_h / k_{sll})}} \right)^{1-n} \quad \{10-3\}$$

Paramètre de transport:

$$Y_2 = \frac{C_{vs,k}^* \cdot R_h}{s \cdot d_k} \left(\frac{u_*}{U_m} \right)^n = c_f \left(\frac{M}{A} - 1 \right)^m \quad \{10-4\}$$

Flux des solides:

$$q_{sb,k}^{*,mov} = C_{vs,k}^* \cdot U_m \cdot H \quad \{10-5\}$$

Où: ρ_f, ρ_s = masse volumique du fluide et du solide (kg/m^3), et avec $s = \rho_s / \rho_f$; ν = viscosité du fluide (m^2/s); d_k = diamètre des solides de la fraction k (m); R_h = rayon hydraulique de l'écoulement (m); U_m = vitesse moyenne de l'écoulement (m/s); $C_{vs,k}^*$ = concentration volumique des solides, moyenne dans la section considérée, que l'écoulement peut maintenir (m^3/m^3); $q_{sb,k}^*$ = flux volumique des solides par unité de largeur ($[m^3/s]/m$); et où A, c_f, m, n sont des coefficients ou des exposants qui sont définis ci-dessous:

Particules grosses

Particules intermédiaires

$$D_* > 60 \Leftrightarrow d_k > 2.5 mm$$

$$\begin{cases} n = 0 \\ A = 0.17 \\ c_f = 0.025 \\ m = 1.5 \end{cases}$$

$$1 < D_* < 60 \Leftrightarrow 0.04 < d_k < 2.5 mm$$

$$\begin{cases} n = 1 - 0.56 \log D_* \\ A = 0.14 + (0.23 / \sqrt{D_*}) \\ \log c_f = 2.86 \log D_* - (\log D_*)^2 - 3.53 \\ m = 1.34 + (9.66 / D_*) \end{cases}$$

Loi de transport de Meyer-Peter (1948) :

$$\frac{q_{sb,k}^*}{\sqrt{(s-1)gd_k^3}} = 8[\tau_b^* - \tau_c^*]^{3/2} \quad \{10-6\}$$

où $q_{sb,k}^*$ = débit volumique des solides à travers la section par unité de largeur ($[m^3/s]/m$); τ_b^* , τ_c^* = intensités adimensionnelles, réelle de l'écoulement, et critique pour la mise en mouvement des particules solides, définies par l'équation {10-7}. Pour les grains uniformes, le code <MEDCA> prend $\tau_c^* = 0.036$, une valeur proposée par Hayashi et Ozaki (1980).

$$\tau^* = \tau / [(\rho_s - \rho_l)gd] \quad \{10-7\}$$

où τ = contrainte de cisaillement de l'écoulement et τ^* = intensité adimensionnelle de l'écoulement correspondante. Si $\tau = \tau_b$, on obtient τ_b^* ; si $\tau = \tau_c$, on obtient τ_c^* .

Loi de transport de Wang (Gludki, Michalik & Barnik 1981) :

$$\frac{q_{sb,k}^*}{\sqrt{(s-1)gd_k^3}} = 8 \cdot (\tau_{b,k}^* - \tau_{c,k}^*)^{3/2} \quad \{10-8\}$$

$$\tau_{c,k}^* = \begin{cases} = \frac{\tau_{c,m}^*}{1.786(d_k/d_m)^{0.947}} & \text{pour } (d_k/d_m) < 0.4 \\ = \frac{\tau_{c,m}^*}{(d_k/d_m)^{0.314}} & \text{pour } (d_k/d_m) > 0.4 \end{cases} \quad \{10-9\}$$

où $q_{sb,k}^*$ = débit volumique des solides pour la fraction k à travers la section par unité de largeur ($[m^3/s]/m$); $\tau_{b,k}^*$, $\tau_{c,k}^*$, $\tau_{c,m}^*$ = respectivement intensités adimensionnelles de l'écoulement, critique correspondant à la fraction des solides k et critique moyenne avec $\tau_{c,m}^* = 0.047$.

Capacité totale de transport des solides d'un écoulement :

Il est à noter que les formules citées ci-dessus sont données pour le calcul du débit des solides de la fraction k en supposant la seule présence de celle-ci. Afin de tenir compte l'influence de diverses fractions sur le débit total des solides transportés par l'écoulement, une pondération est faite de la manière suivante :

Soit N le nombre total des fractions des solides découpées, le débit volumique total des solides à travers la section par unité de largeur est alors:

$$q_{sb}^* = \sum_{k=1}^N \Delta P_k \cdot q_{sb,k}^* \quad \{10-10\}$$

où q_{sb}^* = débit volumique total des solides à travers la section par unité de largeur ($[m^3/s]/m$); ΔP_k = pourcentage occupé par les solides de la fraction k .

10.6. Transport solide hors-saturation – choix des lois de chargement dans <MEDCA>

Une discussion globale sur la loi de chargement ainsi que la nécessité de son utilisation, a déjà été faite dans le paragraphe 9.5.

Nous pensons que la loi de chargement est nécessaire, et applicable dans notre cas où la nouvelle conception de la capacité de transport est considérée. Parce qu'il existe deux capacités de transport, elle doit se composer de deux parties: l'une décrit la variation des flux des solides transportés en cas de sédimentation (*loi de sédimentation*), et l'autre en cas d'érosion (*loi d'érosion*). Ainsi, normalement, chaque partie doit utiliser une formule spécifique qui décrit correctement la variation correspondante.

Dans la littérature, il est difficile de trouver une grande variété de lois de chargement. Une liste des formules existantes est donnée dans l'annexe C. Mais toutes ces formules sont basées sur la conception d'une capacité de transport unique. Les données expérimentales réalisées dans le collecteur 13 n'étant pas suffisantes pour établir des formules spécifiques, nous sommes obligés d'en emprunter dans la liste disponible.

Dans le code <MEDCA>, la formule {10-11}, de type de Daubert et Lebreton (1967) et de Han (cité par INPHEEIIWH 1980), est utilisée pour décrire à la fois la loi de sédimentation ainsi que la loi d'érosion, mais les valeurs de certains coefficients de la formule sont différents selon la capacité de transport.

Loi de chargement utilisée :

$$\frac{dq_{sb}}{dx} = k(q_{sb}^* - q_{sb}) \quad \text{avec} \quad k = \alpha \cdot \frac{w_s}{u_*} \quad \{10-11\}$$

Où α est une constante différente suivant qu'il y ait érosion ($\alpha = \alpha_{ero}$) ou dépôt ($\alpha = \alpha_{dep}$); w_s = vitesse de chute des particules solides transportées (m/s); u_* = vitesse de frottement de l'écoulement (m/s); q_{sb}^* est une des capacités de transport, en cas de dépôt $q_{sb}^* = q_{sb}^{*mov}$, et en cas d'érosion $q_{sb}^* = q_{sb}^{*dep}$.

10.7. Physique des échanges entre les solides mobiles et immobiles et définition de la couche de mélange

Un autre problème de base est lié à la modélisation de la physique des échanges entre les solides mobiles et immobiles.

Dans la réalité, les échanges de solides, de l'état mobile à l'état immobile ou l'inverse, s'effectuent à la surface du lit et sur une très courte durée. Ceci pose un problème dans la modélisation du transport solide car cette dernière est obligée de prendre des pas de temps assez importants. Aussi, les chercheurs définissent une **couche de mélange** (ou "active") qui se trouve juste en-dessous du lit superficiel. Toutes les particules solides dans cette couche (et pas seulement les particules à la surface du lit, ni l'ensemble des particules du lit non plus) participent aux échanges avec les particules mobiles. Cette considération est également nécessaire pour la simulation de l'évolution de la composition granulométrique. En déposition, cette couche mélangée reçoit toutes les particules solides qui viennent d'être déposées. En érosion, elle doit fournir les solides érodés pendant l'intervalle de temps de calcul.

L'introduction de la couche de mélange dans un code de transport solide est indispensable dans le cas d'une granulométrie étendue et particulièrement lors de l'apparition possible du phénomène de masquage (ou du pavage). Elle est la seule qui permet au code de simuler les inter-actions des solides et le phénomène de masquage. De même, la rugosité du fond ainsi que la capacité de transport liée à la composition du dépôt sont évaluées à partir des caractéristiques des solides dans cette couche de mélange. Comment définir l'épaisseur de la couche de mélange E_m est un problème fondamental. Diverses méthodes sont présentées ci-dessous:

Expression constante (utilisée dans IALLUVIAL et CARICHAR) :

$$E_m = \text{Constante} \quad \{10-12\}$$

Expression en fonction des paramètres hydrauliques (utilisée dans CARICHAR) :

$$E_m = c_f H \quad \{10-13\}$$

c_f = coefficient constant de l'ordre de $0.1 \approx 0.2$; H = profondeur d'écoulements (m);

Expression en fonction des compositions granulométriques (utilisée dans CARICHAR) :

$$E_m = \frac{1}{1 - \epsilon_{d\phi}} \frac{d_n}{\sum_{k=n}^N \Delta P_k} \quad \{10-14\}$$

où $\epsilon_{d\phi}$ = porosité du dépôt au fond; d_n = diamètre de la plus petite fraction des solides dont la condition critique pour leur mise en mouvement est supérieure à celle de l'écoulement actuel; N = Numéro de la fraction des solides de tailles les plus grandes; ΔP_k = pourcentage de particules de la fraction granulométrique k dans la couche mélangée.

La définition de l'épaisseur de couche de mélange dépend du cas considéré. Dans le collecteur 13, le transport solide présente globalement un phénomène de sédimentation. L'analyse de son mécanisme et celle de la stabilité du dépôt montrent que l'évolution du dépôt est très douce, et, sauf à la jonction du collecteur 13 avec

celui de Canebière, jamais une forte érosion n'est apparue. Ceci peut être dû au problème de masquage et de pavage. Aussi, une couche mélangée d'une grande épaisseur n'est pas réaliste. Il convient de définir une couche mélangée peu épaisse à condition qu'elle permette de bien simuler les phénomènes de masquage et de pavage. Mais, pour le calcul en érosion, elle doit pouvoir subir la plus forte érosion rencontrée pendant l'intervalle de temps de calcul. Aussi, son épaisseur n'est-elle pas indépendante des pas de temps et d'espace choisis (voir 11.5).

Dans <MEDCA>, deux définitions sont prises en compte à la fois: une valeur constante E_{m_cst} est prise en compte pour E_m . La valeur E_{m_cst} choisie dépend des pas de temps Δt et d'espace Δx , utilisés. Nous en discuterons dans le chapitre suivant.

10.8. Modélisation des phénomènes de masquage et de pavage

10.8.1. Description

L'analyse des phénomènes de transport solide montre que le masquage joue un rôle très important dans la stabilisation du lit. Il est indispensable de le modéliser.

Dans le cas d'une érosion continue, à cause du phénomène de masquage, l'érosion des particules fines devient plus en plus difficile dans le temps, jusqu'au moment où elle s'arrête complètement et où l'épaisseur du lit reste invariable. Le lit est alors pavé. A ce moment, le phénomène de masquage s'identifie à un phénomène de pavage (pour les détails voir, Gessler 1970, INPHEEWH 1980, Chien 1983, Rahuel 1989 et Rahuel & Belleudy 1989, Parker and Sutherland 1990). Lorsque, dans ce cas, le dépôt subit passivement l'érosion de l'écoulement, les phénomènes de masquage et de pavage sont appelés ici "passifs".

Mais dans le collecteur 13, le phénomène de masquage et celui de pavage peuvent devenir "actifs". Les solides entrant présentent toujours une granulométrie très étendue et leurs apports ne sont jamais nuls, et évidemment, des grosses particules solides provenant de l'amont se déposent. Mais ces grosses particules déposées peuvent intercepter des particules fines transportées à proximité du fond. Dans le collecteur 13, même si l'intensité de l'écoulement devient forte, il n'y a pas érosion car le lit est pavé. Par ailleurs, en raison des apports, l'épaisseur de la couche de pavage ne reste pas constante mais s'accroît dans le temps. Ainsi, il y a alternance et coexistence des deux phénomènes, qui sont dits "actifs". Ceci est différent de ce qui se passe en aval d'un barrage en rivière.

Dans la littérature, on ne distingue pas toujours le phénomène de masquage de celui du pavage, ce dernier étant la conséquence finale du premier. On étudie le mécanisme de masquage par la recherche de la condition critique pour la remise en mouvement des particules solides (White & Day, etc), ainsi que pour prédire la composition des solides de la couche "pavée". Ceci est souvent effectué à partir d'une loi de débit des solides transportés (Parker & Sutherland 1989, Tsujimoto & Motohashi 1990). Parce que le flux

des solides transportés ainsi que la taille des solides dans la couche "pavée" sont corrélés avec la contrainte effective de cisaillement du lit, fonction mal déterminée de la contrainte de cisaillement total du lit (Kuhnlu, 1989), les résultats publiés sont très variables. En fait, par raisonnement, pour une condition d'écoulement et une granulométrie initiale de dépôt données, la composition de la couche "pavée" au bout d'un temps infini (autrement dit, la composition limite de la couche "pavée") peut être évaluée. Dans le code <MEDCA>, la théorie de Gessler est appliquée pour cette détermination.

La théorie de Gessler, qui dépend uniquement des conditions critiques d'entraînement des particules solides, fournit un moyen pratique pour la simulation du phénomène de masquage. Pour une condition d'écoulement et une granulométrie initiale de dépôt données, lors de l'apparition de l'érosion, elle prédit la composition limite de dépôt. Plusieurs chercheurs ont montré sa validité pour la prédiction de la stabilité du lit (voir §6.5) ainsi que la composition de la couche "pavée" (Little & Mayer, 1977; Shen & Lu, 1983). En principe, bien qu'elle ait été développée pour l'érosion, donc normalement pour simuler le masquage passif, dans le code <MEDCA>, nous pensons qu'elle est également valable pour simuler le masquage actif et nous l'utilisons.

10.8.2. Conditions d'apparition du phénomène de masquage

Nous nous intéressons tout d'abord aux conditions sous lesquelles le phénomène de pavage (ou bien celui du masquage) peut apparaître. Dans la littérature, il semble que Little et Mayer (1977) soient les seuls qui aient accordé de l'attention à ce problème. Lors de la confirmation de la validité de la théorie de Gessler par leurs résultats d'essais en laboratoire, ils ont de plus constaté que le phénomène de pavage ne peut se produire que dans le cas où la composition granulométrique des solides a un écart-type supérieur à 1.3. Cette condition a été implantée dans le code <MEDCA> afin de tester l'apparition du masquage dans le dépôt et s'il est nécessaire de le prendre en compte avant chaque itération de calcul.

10.8.3. Application de la théorie de Gessler au cas du masquage passif

Il est à noter que la théorie de Gessler repose sur des notions probabilistes. Pour qu'elle s'adapte bien à un code déterministe, elle doit être modifiée avant son application.

Comment <MEDCA> simule-t-il le masquage passif ?

La composition granulométrique des solides à l'origine est celle de la surface dans le lit, autrement dit, celle de la couche de mélange.

Selon la théorie déterministe, les solides qui ont des contraintes critiques de mise en mouvement τ_c supérieures à celle du fond τ_b restent toujours immobiles. Nous redéfinissons alors la probabilité pour qu'une particule solide à la surface du lit continue à rester immobile de la manière suivante :

$$q = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\tau_c}{\tau_b}-1} \exp\left(-\frac{\tau^2}{2\sigma^2}\right) \cdot d\tau & \text{pour } \tau_c \leq \tau_b \\ 1.00 & \text{pour } \tau_c > \tau_b \end{cases} \quad \{10-15\}$$

Ainsi, la granulométrie aggravée et limite de la couche de mélange après une érosion continue est définie par la formule suivante:

$$P_{limit}(d) = \int_{d_{min}}^d p_{limit}(d) dd = \frac{\int_{d_{min}}^d q \cdot p_o(d) \cdot dd}{\int_{d_{min}}^{d_{max}} q \cdot p_o(d) \cdot dd} = \frac{\sum_{k=1}^n q_k \Delta P_{o,k}}{\sum_{k=1}^N q_k \Delta P_{o,k}} \quad \{10-16\}$$

où p_o , p_{limit} = densités de distribution des pourcentages des solides, initiale et limite; q_k = coefficient de stabilité des solides de la fraction k ; $\Delta P_{o,k}$ = pourcentage de poids occupé par les solides de la fraction k . Ainsi, le pourcentage limite de la fraction des solides k est déterminé par l'équation:

$$\Delta P_{limit,k} = \frac{q_k \Delta P_{o,k}}{\sum_{k=1}^N q_k \Delta P_{o,k}} \quad \{10-17\}$$

Le code <MEDCA> utilise la théorie de Gessler pour le contrôle du phénomène de masquage. Ainsi, un pourcentage d'une valeur de $\Delta P_{limit,k}$ doit être affecté à la fraction des solides k de la couche de mélange si le pourcentage calculé pendant un intervalle de temps $\Delta P_{calcul,k}$ est inférieur à $\Delta P_{limit,k}$.

10.8.4. Application de la théorie de Gessler au cas du masquage actif

Pour la simulation du masquage actif, les traitements ci-dessus sont appliqués, mais le seul problème est alors de définir la composition granulométrique initiale des solides. Ceci sera discuté dans le chapitre suivant au paragraphe §11.6.4.

10.9. Continuité des sédiments

Le code ne s'intéresse qu'au charriage et la partie des solides transportés en suspension peut être négligée. L'équation de continuité des sédiments (équation {9-1}) est simplifiée en la forme suivante.