

MODÉLISATION DES ÉCOULEMENTS HYDROLOGIQUES QUASI-TRIDIMENSIONNELS

Problèmes théoriques et numériques

M. PIROTON

Université de Liège - Laboratoires L.H.C.N.
Institut du Génie Civil
6, Quai Banning - B.4000 Liège - Belgique

1. INTRODUCTION

L'estimation correcte des débits de crue demeure une préoccupation majeure pour nombre de populations de par le monde, par les dégâts effroyables que leur méconnaissance peut occasionner. Dans nos pays industrialisés, des efforts constants sont réalisés, grâce au monitoring d'informations pluviométriques et limnimétriques et à la construction d'aménagements hydrauliques. Dans ces ouvrages, l'évaluation des valeurs de pointe à supporter est fondamentale pour un dimensionnement économique et sécuritaire tandis qu'une prévision fiable de l'amplitude et de la distribution temporelle des débits entrant dans un ensemble est indispensable pour une exploitation efficace, basée sur l'anticipation et respectueuse des populations aval.

Ces quelques aspects montrent l'actualité d'un domaine fondamental de l'hydrologie, l'analyse de la transformation hydrologique par un bassin d'un signal de pluies en un signal de débits à son exutoire.

Renonçant aux approches classiques de modélisation hydrologique qui convertissent, par une fonction mathématique paramétrée, un signal d'entrée en un signal de sortie, nous avons montré qu'il était possible de développer une approche physique du phénomène en examinant l'écoulement à grande échelle de la fine lame d'eau sur le bassin [1]. Tous les avantages potentiels d'un tel type d'approche ont été suggérés quant aux préoccupations actuelles à la fois des concepteurs d'ouvrage mais également des gestionnaires d'installations, grâce à l'interprétation physique inhérente à chaque paramètre utilisé.

Néanmoins, l'analyse se limitait, dans un premier temps, à une approche purement théorique sur des géométries élémentaires, suivie d'une confrontation, sur ces mêmes pentes uniformes, du modèle mathématique suggéré avec des essais physiques. Si elle conduit à asseoir la légitimité de l'hypothèse cinématique en ruissellement hydrologique en fine lame, c'est sans pour autant aborder les nombreuses difficultés, tant théoriques que numériques, qu'un tel choix suppose lorsque son utilisation est généralisée aux hypothèses les plus libérales en matière de données topographiques.

Dans la perspective d'élaborer un modèle numérique quasi-tridimensionnel de ruissellement, nous nous efforcerons de les comprendre puis de les surmonter afin de pouvoir travailler très librement sur n'importe quelle topographie digitalisée en conditions réelles de terrain.

2. SPÉCIFICITÉS DU MODÈLE CINÉMATIQUE PROPOSÉ

Soulignons d'emblée que cette analyse détaillée des processus de genèse des crues se focalise sur le ruissellement qui induit les hydrogrammes latéraux qui se déversent dans le réseau drainant du bassin. Leur propagation par les rus et cours d'eau jusqu'à l'exutoire relève d'une question spécifique qui ne sera pas abordée ici.

Pour mieux appréhender l'origine des difficultés qu'engendre l'adoption de la thèse cinématique en hydrologie et situer la portée exacte de cette approximation en géométrie quelconque, nous commencerons par examiner ce système du seul point de vue de l'hydraulique théorique car force est de constater qu'il implique, par rapport au système complet, certaines spécificités importantes.

La première particularité découle de l'écriture même des équations. En amputant l'équation dynamique générale d'une partie de ses termes, la vitesse s'exprime comme une relation biunivoque de la hauteur d'eau, paramétrée par certaines propriétés du système. Une telle fonction marque un appauvrissement par rapport au comportement classique en hystérésis manifesté par les systèmes complets en hydraulique classique (comportement spécifique en crue et en décrue).

Un autre point sensible concerne l'identification implicite de la pente de surface à la pente de fond. Elle annoncerait de substantielles limitations théoriques vis-à-vis des topographies envisageables dans un contexte plus large qu'une modélisation à grande échelle d'écoulements hydrologiques en très fine lame puisque l'absence de pente exclut tout écoulement et que ni la formation de zones de stockage à surface libre horizontale, ni un quelconque écoulement à contre-pente ne peuvent être reproduits.

Dans la modélisation qui nous occupe, celle du ruissellement sur un terrain, par opposition notamment à l'écoulement suscité dans un réseau drainant de rivières, peu d'hydrologistes songent réellement à contester l'idée de filets fluides globalement orientés selon les droites de plus grande pente alors que cette hypothèse relève des mêmes limitations. Quant à la formation de lacs, elle peut difficilement avoir lieu à l'échelle macroscopique envisagée, à moins de prendre en compte des précipitations si prolongées et intenses qu'elles appartiennent à des phénomènes naturels aussi rares qu'exceptionnels, conditions inattendues de pluviosité en dehors desquelles il serait tout aussi étonnant d'observer un ruissellement à contre-pente !

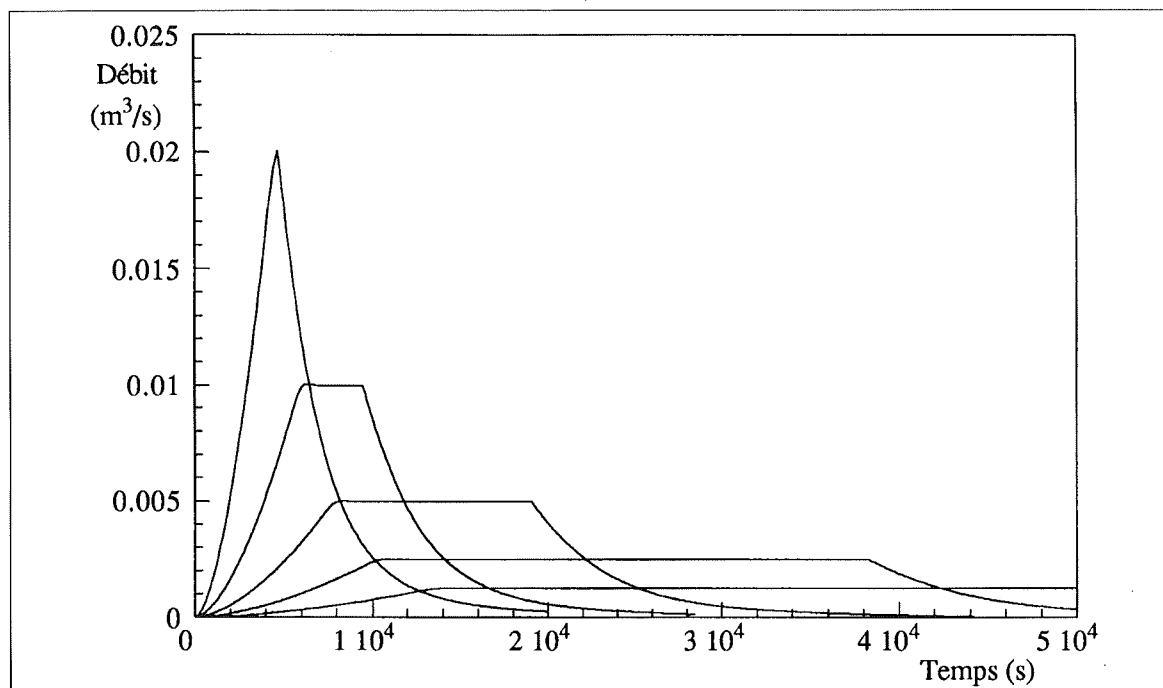


Fig. 1 - Hydrogramme à l'exutoire d'un même plan incliné pour différentes intensités et durées de pluie, et pour un même volume total tombé

Cette importante mise au point souligne d'autant mieux le choix circonstancié d'un tel modèle qui s'identifie complètement aux hypothèses et aux acquis de l'hydrologie classique, dont nous venons de citer quelques aspects marquants.

D'emblée, illustrons une conséquence de cette formulation dépouillée qui conserve la richesse fondamentale des modèles non-linéaires. En visualisant les réponses analytiques d'un même plan incliné pour des pluies dont l'intensité et la durée se combinent pour assurer un égal volume tombé, nous vérifions immédiatement que ce type de modèle réfute des conceptions classiques comme le temps de concentration⁽¹⁾ considéré comme propriété intrinsèque d'un bassin, la présence d'isochrones⁽²⁾ et, plus généralement, les propriétés d'additivité liées à la théorie de l'hydrogramme unitaire. Sans entrer dans la polémique d'une quelconque suprématie d'un type de modèle, il ressort de la littérature que les approches non-linéaires en général et la thèse cinématique en particulier apportent des arguments très positifs, confirmés par l'expérimentation, par rapport aux méthodes linéaires notamment (Amororcho *et al* [2], Hromadka *et al* [3]).

Nous allons établir que les difficultés naissent précisément de cette richesse de représentation en propageant et défor-

mant les signaux de manière complexe pour aboutir, en certaines circonstances, à des discontinuités que ne résolvent pas systématiquement des théories plus affûtées.

3. ETUDE THÉORIQUE DES CHOCS EN ÉCOULEMENT HYDROLOGIQUE

L'étude de l'expression unidimensionnelle générale

$$\frac{\partial h}{\partial t} + a(m+1)h^m \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial t} + c \frac{\partial h}{\partial x} = (r - i) \cos \theta \quad (1)$$

avec :

- a une fonction des caractéristiques topographiques et morphologiques du terrain ainsi que du type d'écoulement au sein de la lame
- c la célérité, dépendante du type d'écoulement au sein de la lame

introduit certains caractères essentiels des ondes hyperboliques avec apparition d'ondes de choc matérialisées par des sauts dans l'écoulement. Celles-ci contrastent avec le caractère trivial de la formulation cinématique linéarisée qui décrit une simple translation, sans déformation, d'un signal à une célérité c_0 .

Envisageons une application unidimensionnelle de ce modèle général sous un angle un peu particulier. Le bassin étudié est soumis à des pluies d'intensité constante. Il se termine à son aval par un plan incliné. Du bassin hydrologique amont, nous ne connaissons que l'hydrogramme qu'il provoque à l'extrémité amont du plan incliné. A cet endroit,

⁽¹⁾ temps de concentration : temps nécessaire à une goutte de pluie tombant sur le point le plus éloigné du bassin, pour parvenir à l'exutoire.

⁽²⁾ ligne isochrone : lieu géométrique de tous les points d'impact des gouttes de pluie qui mettent le même laps de temps pour parvenir à l'exutoire.

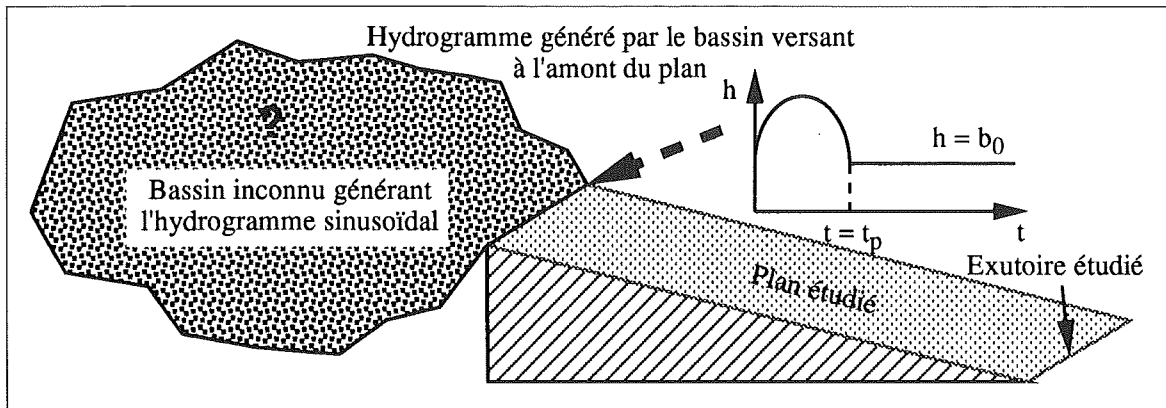


Fig. 2 – Disposition générale du bassin versant étudié

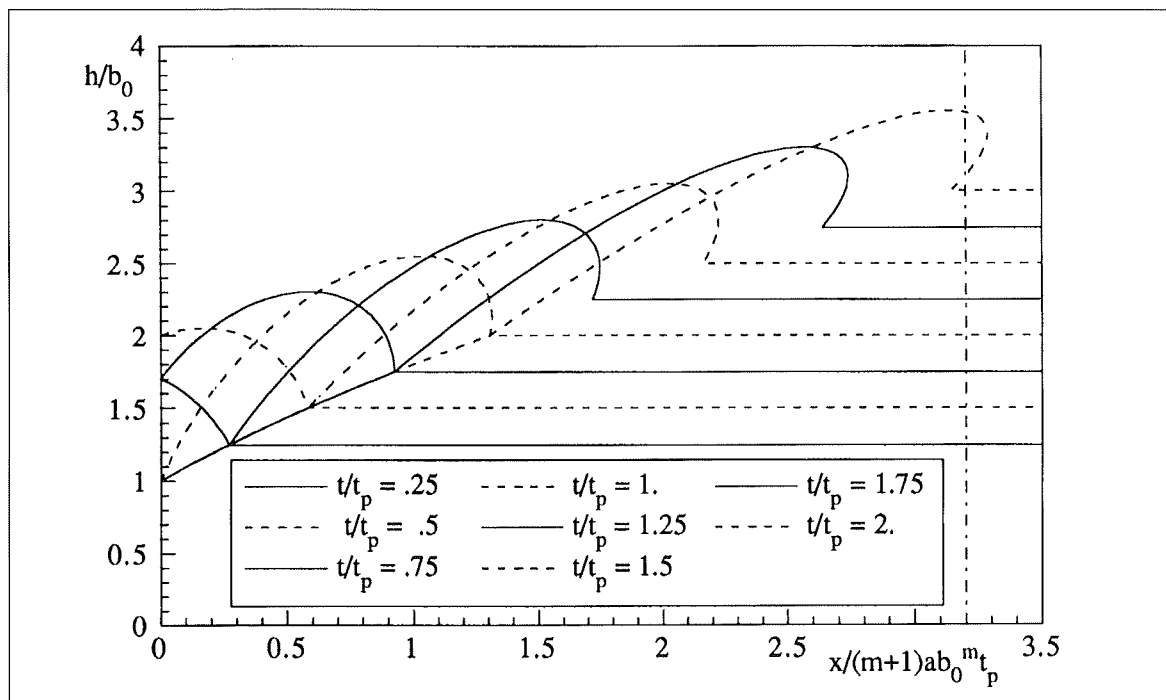


Fig. 3 – Lignes d'eau instantanées en coordonnées adimensionnelles, solutions analytiques de l'exemple choisi en écoulement turbulent

nous savons que l'évolution temporelle de la hauteur d'eau a la forme d'une sinusoïde puis se poursuit par une hauteur constante (figure 2).

Examinons la solution analytique adimensionnelle dans l'hypothèse d'un écoulement turbulent ($m = 2/3$).

Puisque la célérité est une fonction croissante de la hauteur, le profil se déforme jusqu'au moment où la pente de la surface libre devient infinie (figure 3). A partir de là, l'onde adopte un profil déferlant très esthétique mais sans aucune correspondance physique ! Pour s'en convaincre, on se souviendra que la simplification de l'équation dynamique mène à une relation univoque entre hauteur et vitesse. Une solution triple en un point pour la hauteur donnerait autant de débits correspondants !

Cette singularité inspire deux réflexions principales :

- Rappelons d'abord que l'équation de continuité, écrite sous forme différentielle, n'admet pas de discontinuités puisqu'elle suppose implicitement que la fonction hauteur d'eau est dérivable. Or la conservation de volume peut être assurée au travers de discontinuités.

Un retour à la formulation originelle de la continuité s'impose pour examiner sous quelle forme elle dégénère pour une solution discontinue. La voie serait ouverte à un élargissement du champ des solutions aux discontinuités, et au remplacement des solutions multiples par une transition brusque qui préserverait la solution.

- Puisque la continuité est une propriété indépendante de l'état d'écoulement, c'est la seconde équation du modèle, liaison explicite entre vitesse et hauteur d'eau

qui doit être reconsidérée dans la mesure où certaines hypothèses, émises lors du choix de l'hypothèse cinématique, sont en contradiction avec les résultats obtenus, telle l'apparition de pentes de surface infinies par rapport à l'hypothèse d'une pente de surface assimilable à la pente de fond.

- Cette seconde relation cesserait ponctuellement d'être une description valable du processus physique avec, par exemple, une pente de surface qui créerait des effets qu'il convient de considérer aux abords des déferlements analytiques.

En conclusion, faut-il déduire que le modèle mathématique est inapproprié ou qu'il existe, du moins localement, une contradiction par rapport aux hypothèses émises ? Un nouvel examen théorique des simplifications s'impose pour déterminer dans quelle mesure les termes éliminés peuvent résoudre les singularités du problème et dégager les comportements qu'auraient les autres modèles possibles, c'est à dire le modèle diffusif ou le système complet.

Nous ne donnerons ici que les conclusions de cette analyse en situant le comportement des divers approximations par rapport à la solution finalement adoptée. Celle-ci consiste à admettre dans la solution des chocs qui vérifient la continuité par la condition suivante :

$$\alpha_1 - U h_1 = \alpha_2 - U h_2 = \alpha' \quad (2)$$

avec

- q désigne le débit par unité de largeur
- h_1, h_2 désignent des profondeurs respectivement à gauche et à droite de la transition
- U la vitesse de déplacement du choc
- q' représente le débit que mesure un observateur qui se déplace avec la discontinuité

tandis que de part et d'autre de ces chocs, le modèle cinématique, qui se confirme être une approximation valable, est maintenu.

Par rapport au modèle diffusif, qui prend en compte la pente réelle de surface libre, cette discontinuité remplace une transition qui serait continue mais concentrée sur un espace si réduit qu'une discontinuité brusque constitue une approximation très raisonnable.

La théorie complète tempère également cette apparition impromptue de chocs en hypothèse cinématique puisqu'elle parvient, dans certaines limites, à maintenir la solution continue. Mais en dehors de cas où nous parlerons de chocs prématurés dus aux simplifications, des discontinuités subsistent, qui font partie intégrale du "paysage classique" de l'hydraulique de surface. Rappelons ici que ces éventuels ressauts instationnaires se produisent à l'échelle d'une lame fluide de faible épaisseur.

Ces conclusions théoriques fondamentales confortent l'hypothèse cinématique dans l'optique d'une modélisation macroscopique du ruissellement sur un bassin dans son

ensemble. Néanmoins, elles impliquent d'introduire ce que nous nommerons des ressauts au sens de la théorie cinématique, conséquence essentielle puisqu'il faut disposer d'une solution composite qui vérifie l'équation différentielle dans ses intervalles continus et satisfait à la condition appropriée de "saut" aux discontinuités.

Celle-ci se définit par la notion de solution faible ou généralisée, dont l'expression en unidimensionnel s'écrit pour l'hydrologie de surface :

$$\iint_S \left(h \frac{\partial b(x,t)}{\partial t} + q(h) \frac{\partial b(x,t)}{\partial x} + b(x,t)(r-i)\cos\theta \right) dxdt - \int_{\partial S} b(x,t) [hd_x - q(h)dt] = 0 \quad (3)$$

avec

- $b(x, t)$ une fonction test différentiable et arbitraire
- S une région arbitraire du plan (x, t) , de contour ∂S
- q le débit par unité de largeur, fonction explicite de la hauteur h

On peut montrer que cette expression réunit effectivement les solutions continues et discontinues du problème initial. Sa forme mathématique suggère immédiatement ces plus larges possibilités pour la fonction h en n'impliquant plus de dérivée de cette inconnue. Elle émerge d'une réflexion parallèle sur les équations et la physique du problème afin de lever l'ambiguïté qui se présente dans la multiplicité des solutions généralisées possibles.

Passons au numérique en testant si sa résolution par les schémas classiques de discrétisation rencontre tous les critères souhaités de précision et de stabilité.

4. MODÉLISATION DES DISCONTINUITÉS EN ÉCOULEMENT HYDROLOGIQUE INSTATIONNAIRE

La facilité de discrétiser les géométries quasi-tridimensionnelles les plus quelconques et de répercuter aisément à la fois l'irrégularité des propriétés morphologiques des terrains ainsi que des précipitations, nous pousse à travailler par éléments finis spatiaux.

Dans ces conditions, l'unidimensionnel constitue un premier champ idéal d'investigation pour mieux circonscrire les comportements intrinsèques du schéma. Combinons des éléments finis classiques avec une discrétisation temporelle par différences finies pour exploiter cette solution faible.

Tandis qu'un excellent comportement émerge de vérifications numériques sur des géométries élémentaires, cette première tentative avec des discrétisations classiques trahit d'importantes déficiences lorsqu'elle est confrontée à des situations impliquant la présence de ressauts, avec perturbation des solutions par des ondes parasites. Ces imprécisions sont d'autant plus flagrantes que les modélisations en l'absence de choc font toujours preuve de stabilité et d'une grande précision.

Cette vérification démontre la nécessité de développer une

méthode spécifique adaptée au traitement de discontinuités puisque ces parasites ondulatoires dans l'hydrogramme à l'exutoire peuvent être plus ravageurs encore sur des géométries plus défavorables et engendrer des écoulements grandement perturbés dans la rivière, par un malencontreux cumul de tous les diagrammes à propager.

Une première solution consiste à localiser ces discontinuités et à les traiter localement. C'est une approche lourde et difficile à gérer, surtout dans la perspective d'une extension de la méthode en tridimensionnel.

Une seconde voie, plus aisément généralisable, a plutôt été investiguée, qui procède par capture numérique des chocs. Ils ne sont plus ni localisés ni pris en compte de façon spécifique mais se trouvent adéquatement "traités" par le schéma spatial et temporel très particulier de la discrétisation utilisée. Le travail "automatique et aveugle" que celle-ci opère sur la solution, par étouffement dosé d'ondes parasites, est particulièrement délicat puisqu'il ne peut coïncider avec un lissage exagéré de la solution.

C'est donc par un travail progressif, d'abord en unidimensionnel, qu'une pondération décentrée spatialement a été mise au point et testée pour mieux appréhender et contrôler tous les processus qui pourraient proliférer, sans pouvoir alors détecter ni leur présence ni leur amplitude relative, dans de futures géométries quasi-tridimensionnelles.

Contrairement à la formulation classique de Galerkin qui exploite des fonctions test b centrées spatialement et identiques aux fonctions d'interpolation, nous recourons à une fonction b combinaison optimisée des fonctions de pondération classiques et de leur dérivée.

Nous n'illustrerons ici que la modélisation, citée en préambule, de l'écoulement sur plan incliné à condition amont de hauteur sinusoidale. Il est particulièrement instructif de vérifier la solution qu'adopte le logiciel en lieu et place des solutions multiples non-physiques présentées à la figure 3 pour une discrétisation spatiale de 97 noeuds également espacés.

Nous examinerons l'évolution des hauteurs d'eau en adoptant une visualisation tridimensionnelle qui synthétise l'instantanéité de tout le processus le long de la surface d'écoulement. La figure 4 exploite ce mode de représentation où les lignes d'eau classiques s'obtiennent par intersection de la surface résultat avec un plan perpendiculaire à l'axe des temps tandis que les évolutions temporelles en un point se lisent sur un plan perpendiculaire à l'axe des abscisses.

On retrouve bien l'imposition sinusoidale de la hauteur d'eau à l'amont du plan tandis que les lignes d'eau instantanées, établies pour un écoulement de Manning, montrent un comportement stable exempt de tout effet parasite et une bonne précision. La comparaison, à la figure 5, de quelques lignes instantanées avec leur correspondant analytique prouve que la transition calculée coupe la solution analytique de façon telle que les volumes soient respectés, comme le veut le choix opéré sur la solution faible à traiter.

Ces figures confirment l'effet sélectif du décentrement spatial qui assure une propagation nette du signal sinusoidal, couplée aux précipitations uniformes, avec déformation et apparition graduelle d'un front raide. L'allure de courbe redevient comparable en qualité à toutes les simulations en l'absence de choc.

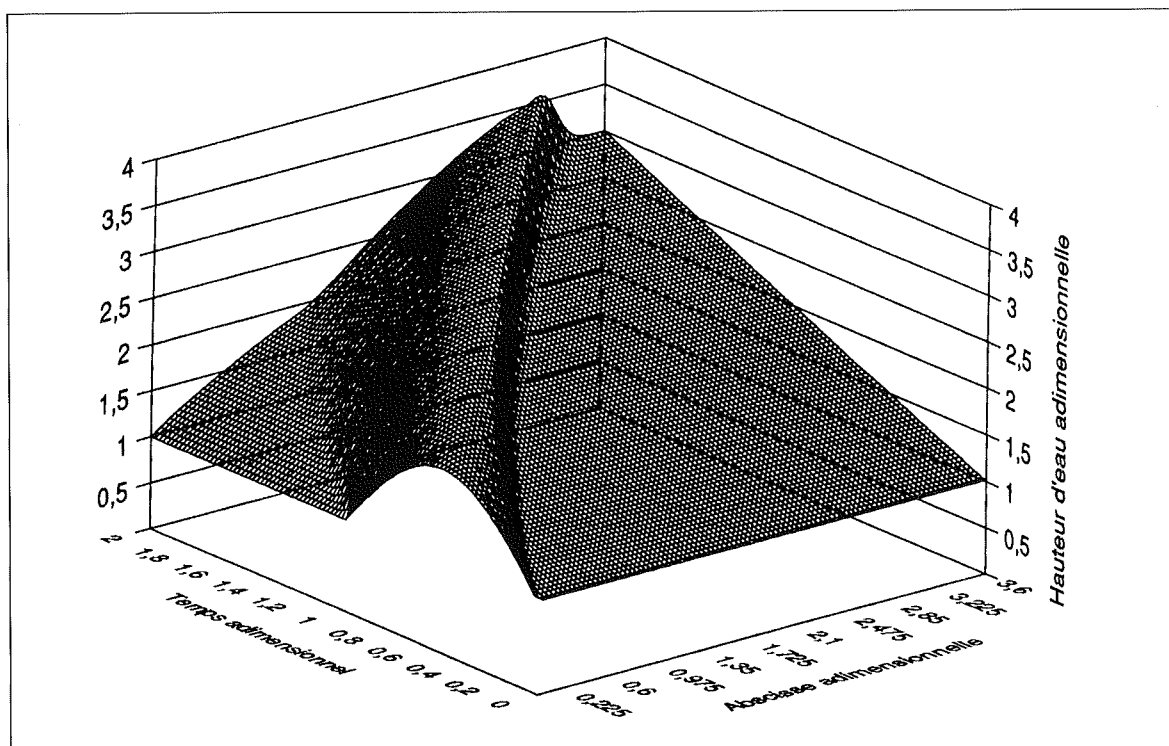


Fig. 4 - Evolution temporelle de la hauteur d'eau sur l'ensemble du plan incliné

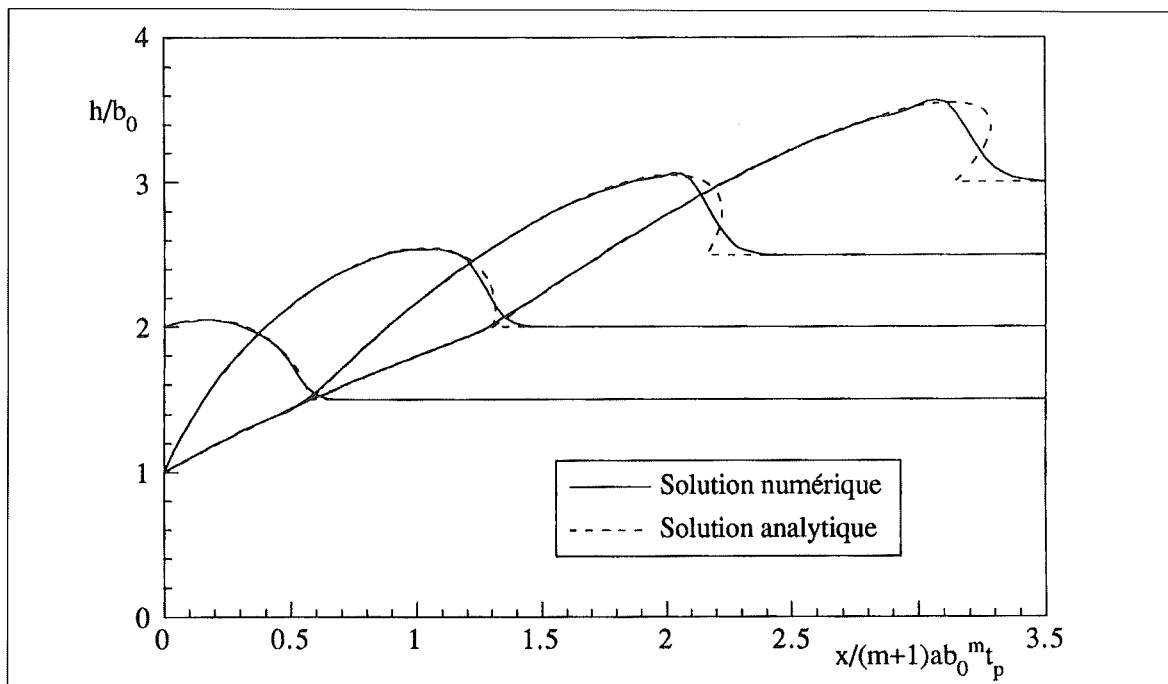


Fig. 5 – Comparaison avec la solution analytique des lignes d'eau instantanées, en coordonnées adimensionnelles, respectivement pour $t/t_p = 0,5, 1, 1,5, 2$

Cette amélioration décisive prouve que les aménagements numériques répondent complètement aux spécificités du problème et qu'ils peuvent être généralisés pour une résolution fiable des équations quasi-tridimensionnelles.

Le logiciel définitif élaboré pour résoudre ce système développe donc l'idée de fonctions de pondération décentrées selon l'orientation locale de trajectoires entièrement fixées par les données topographiques.

S'il est désormais établi qu'à ce stade, plus aucun obstacle n'existe face à des topographies quelconques, le problème des échanges du modèle avec le monde extérieur se pose puisqu'à cause du caractère non-linéaire du modèle, les excès de pluie qui vont s'infiltrer au long de leur parcours à la surface contribuent localement et temporairement à gonfler la lame et à modifier le champ des vitesses. Le modèle doit donc composer avec des signaux de pluies brutes et intégrer explicitement les phénomènes d'infiltration.

Un modèle théorique évolutif gère ces retraits et profite de la discrétisation par éléments finis pour intégrer des variations spatiales de paramètres qui répercutent les hétérogénéités du terrain.

Cette alternance potentielle de couvertures naturelles permet d'envisager que certaines zones sont le siège de ruissellement tandis qu'au même moment, une couverture beaucoup plus perméable absorbe tous les apports. Le bassin versant se définit dès lors comme l'ensemble des surfaces susceptibles d'alimenter le débit à l'exutoire, sans nécessairement faire numériquement partie à tout moment du domaine de calcul. Cette difficulté supplémentaire est gérée au sein du logiciel par l'utilisation

d'éléments de discrétisation potentiellement couvrants-découvrants.

Une ultime application volontairement dépouillée rappelle que la mise en évidence et la quantification des répercussions d'une action sur le bassin constitue un des points forts d'une approche physique.

Considérons la topographie de la figure 6 qui alimente une retenue en couvrant une superficie totale d'approximativement 34 hectares, pour une dénivellation totale de 110 m. Déterminons, pour une pluie isolée de $15 \cdot 10^{-6}$ m/s durant 1200 s, l'impact sur l'ensemble des débits entrant dans cette retenue d'un recouvrement de la section hachurée par une couverture bitumineuse.

La première simulation, représentative de l'écoulement avant modification, travaille avec des paramètres de rugosité et d'humidité de terrain caractéristiques d'une couverture naturelle. Nous reprenons ensuite la simulation en imposant d'une part l'imperméabilisation sur la surface concernée ainsi qu'une diminution substantielle de son coefficient de frottement pour obtenir, à la figure 7, la comparaison des hydrogrammes déversés.

Outre l'effet prépondérant de l'imperméabilisation, on constate l'influence de la localisation, à l'amont du bassin, de la zone impliquée dans les transformations, qui provoque un déplacement temporel du pic de débit.

Pour peu que l'on dispose de données réalistes sur une caractérisation initiale du bassin, le logiciel laisse une grande latitude dans l'éventail des modifications qui peuvent être modélisées, dans l'optique générale d'une aide à la décision par quantification directe des projets étudiés.

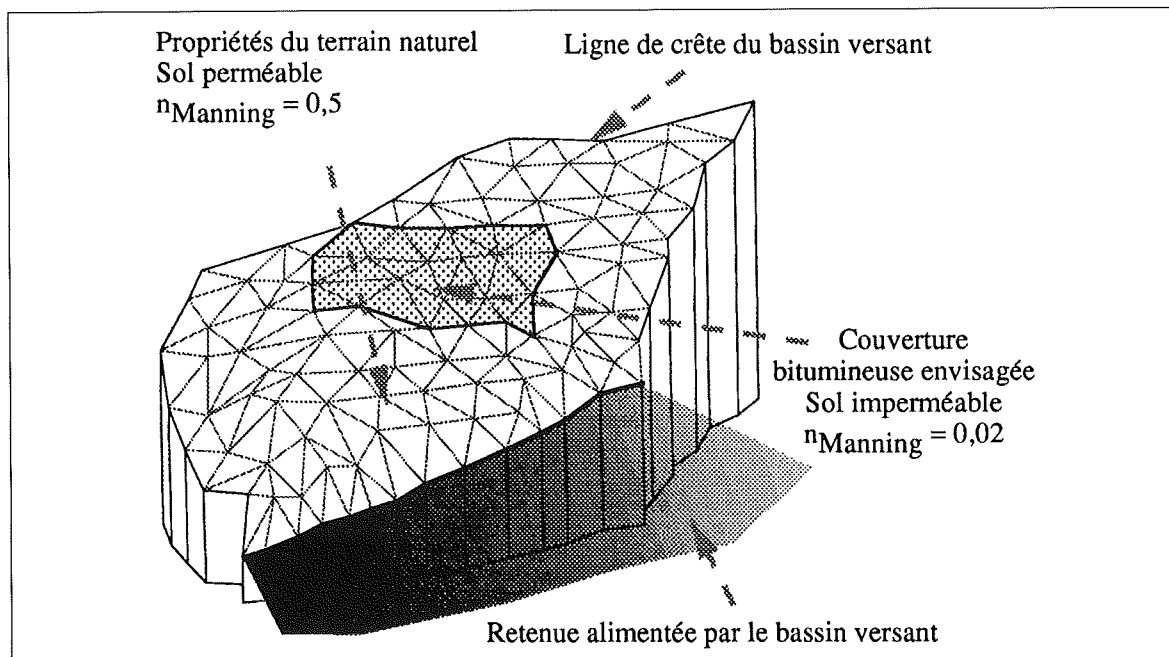


Fig. 6 – Représentation tridimensionnelle de la topographie considérée

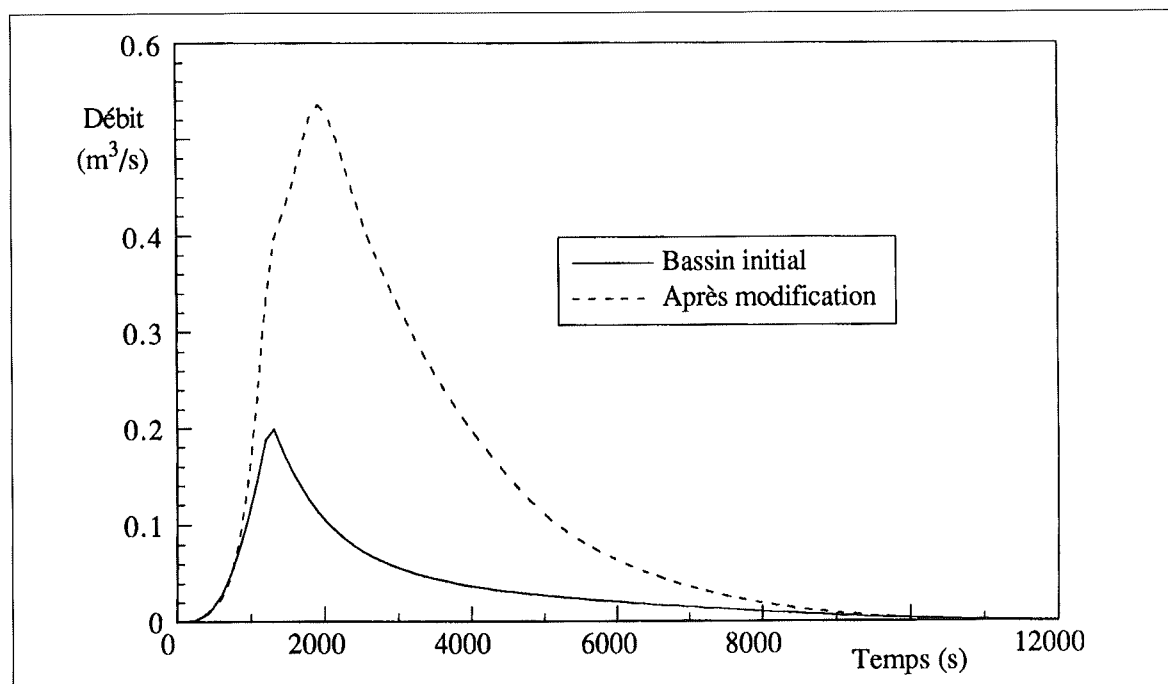


Fig. 7 – Evolution temporelle de la somme des débits normaux aux segments bordant la retenue, déversés avant et après modification

5. CONCLUSION

En étudiant toutes les spécificités d'une approche physique, il apparaît que l'écoulement hydrologique peut être valablement reproduit avec un modèle cinématique pour une étude à grande échelle du ruissellement sur l'ensemble d'un bassin.

Nous avons montré que si ses rares applications se cantonnent dans l'unidimensionnel, avec d'importantes idéalizations dans la topographie, c'est à cause de singularités dans l'écoulement qui, si elles ne sont pas détectées et analysées,

conduisent à des approximations telles que les résultats ne peuvent plus être fiablement interprétés.

Il est nécessaire d'une part d'introduire des discontinuités, de comprendre leur signification avant de proposer une solution généralisée du problème dans la perspective d'étendre son application aux géométries quelconques, pour enfin développer une méthode numérique apte à les gérer efficacement et fiablement. Dans l'optique indispensable de comprendre et de dominer toutes les caractéristiques d'un modèle numérique, soulignons que la modélisation elle-

même du ressaut, perdu dans l'écoulement au sein du bassin, importe intrinsèquement moins que le rôle que sa mauvaise résolution serait susceptible de jouer en faussant la solution à l'exutoire.

Grâce à ces réflexions et à une démarche graduelle dans le numérique, les objectifs en matière d'écoulement en fine lame sont complètement rencontrés puisque le logiciel élaboré travaille directement sur une géométrie quelconque avec des propriétés de sol hétérogènes. Il génère des hydrogrammes latéraux qui se déversent, le cas échéant, dans le réseau drainant du bassin dont la propagation est assurée par un code spécifique d'écoulement filaire en réseaux quelconques, basé sur les équations complètes de Saint-Venant.

Pour une efficacité maximale, le code hydrologique est complété d'outils annexes comme une procédure topographique qui détermine automatiquement les zones susceptibles d'influencer l'écoulement ainsi que les lignes de crête du bassin. Enfin, grâce au mailleur automatique développé spécifiquement pour le logiciel et grâce à toutes les procédures complémentaires de rendu graphique tridimensionnel de terrain et d'écoulement, toutes les phases préalables à la modélisation sont complètement automatisées et contrôlées visuellement, au départ de données topographiques minimales constituées d'un nuage tridimensionnel de points

qui englobent le bassin versant a priori inconnu à étudier [4].

Grâce aux avantages inhérents à une signification physique de chaque paramètre de modélisation, nul doute que l'approche hydrologique basée sur la physique de l'écoulement est promise à un bel avenir dans le domaine de l'aide à la gestion au sens large.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] PIROTON M., *A propos de la physique du ruissellement sur bassin versant*, Tribune de l'eau, Vol 48, n° 573, pp 3-10.
- [2] AMOROCHO J. and BRANDSTETTER A., *Determination of non-linear Functional Response Functions in Rainfall-Runoff Processes*, Water Resources Research, Vol 7, n° 5, october 1971, pp 1081-1101.
- [3] HROMADKA II T.V., MCCUEN R.H. and YEN C.C., *Comparison of overland flow hydrograph models*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol 113, HY11, 1987, pp 1422-1440.
- [4] PIROTON M., *Modélisation des discontinuités en écoulement instationnaire à surface libre. Du ruissellement hydrologique en fine lame à la propagation d'ondes consécutives aux ruptures de barrages*, Thèse de doctorat, Université de Liège, 211 figures, 479 pages, Avril 1994.



BON DE COMMANDE

à renvoyer aux Editions CEBEDOC
2, rue Armand Stévant - B-4000 LIEGE (Belgique)
Fax : 32-41 54 03 63

Je passe commande d'un exemplaire de l'ouvrage :

ACTES DU COLLOQUE « LES ATELIERS DE L'EAU & LE LIT MAJEUR »

au prix de 2.480 BEF (Belgique) – 2.560 BEF (Etranger)

NOM :

FONCTION :

ORGANISME :

ADRESSE :

.....TVA :

RÈGLEMENT : sur présentation d'une facture en exemplaire(s)
 par virement au CCP 000-0023511-37
 par transfert bancaire au compte 659-2868301-43
 par chèque