

Problématique des inondations et des aménagements :

exemple des complémentarités de l'apport des Ingénieurs du Génie Civil et des BioIngénieurs du Génie Rural

Unité d'Hydrologie et Hydraulique agricole, (Génie Rural), Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (UHAGx) ;
 Contacts : Prof. Mme S. Dautrebande; dautrebande.s@fsagx.ac.be; Tél. : 32(0)81622187; http://www.fsagx.ac.be

Laboratoires de Mécanique des fluides, d'Hydrodynamique Appliquée et des Constructions Hydrauliques de l'Université de Liège (HACH)
 Contacts : Prof. M. Piroton Michel.Piroton@ulg.ac.be; Tél. : +32 (0)4 366 95 36; http://www.ulg.ac.be/hach;

Quelle soit portée par les médias ou les débats sur les changements climatiques, par la question des assurances, ou des réglementations en matière d'aménagement du territoire, la problématique des inondations et de leurs conséquences connaît en Région Wallonne un intérêt "proportionnel" à la récurrence des dommages associés.

Pour rappel, le risque est le produit de l'aléa climatique ou hydrologique et du niveau de vulnérabilité de la zone sensible : schématiquement, plus les pluies sont intenses et la zone sensible urbanisée, plus le risque (de dommages) est important... Sans compter la coûteuse question du démergement ou les risques de rupture de barrage, rappelons que la problématique des inondations concerne non seulement les débordements de cours d'eau mais aussi les effets de ruissellements, ces derniers pouvant en outre être associés à des coulées de boue.

Ceci étant, les ingénieurs du Génie Civil et du Génie Rural ont largement leur place en la matière, notamment à deux niveaux en particulier :

- la détermination des aléas (nature, localisation, récurrence, causes...),
- les aménagements de bassins versants et de cours d'eau à concevoir, dans une optique que l'on souhaite préventive, intégrée et harmonieuse pour l'environnement.

Le risque n'étant jamais nul en zone sensible, revient alors aux spécialistes en aménagement du territoire la tâche

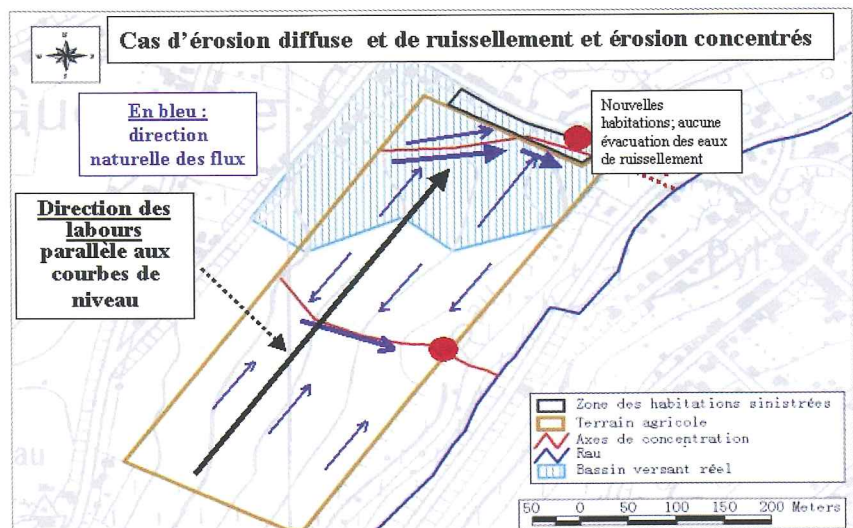


Figure 1 : Ruissellement concentré en provenance d'une partie de parcelle

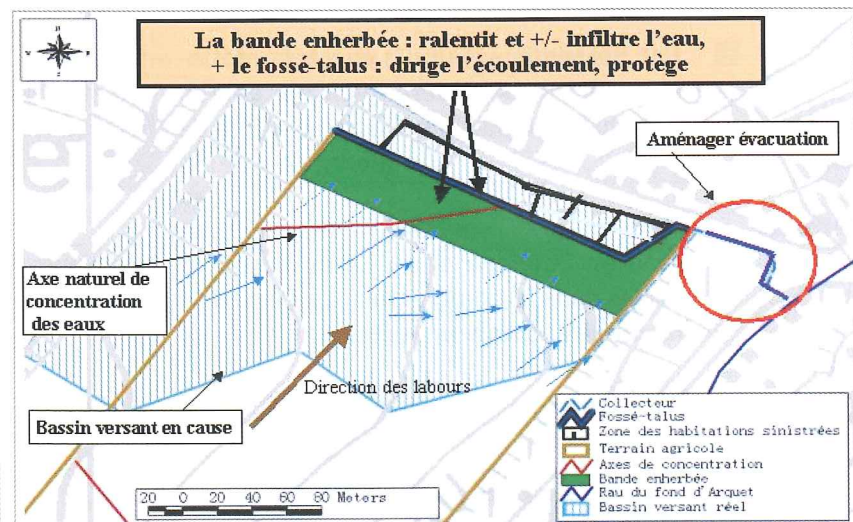
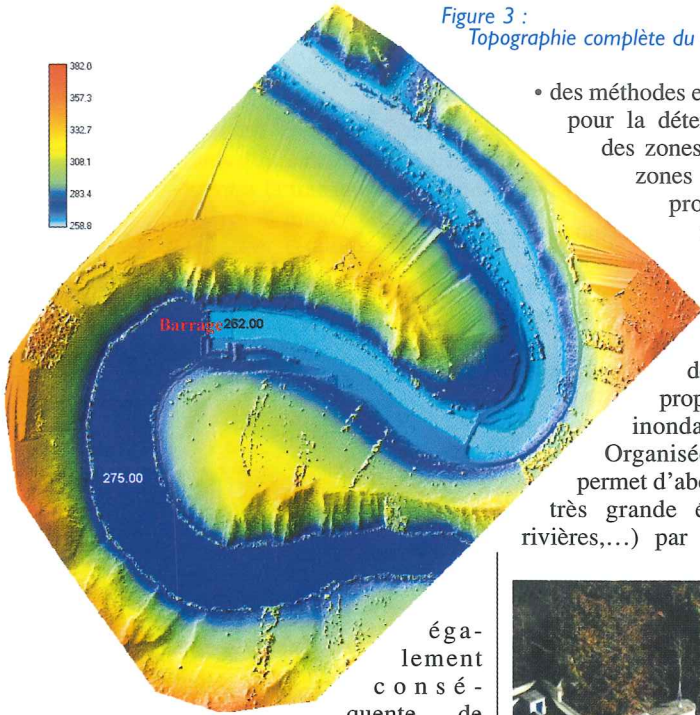


Figure 2. Aménagement d'hydraulique douce combinant bande enherbée, fossé enherbé, talus enherbé (avec ou sans haie) et évacuation des eaux vers le ruisseau.

Figure 3 :
Topographie complète du site étudié



- des méthodes et modèles spécifiques pour la détermination rationnelle des zones inondables et autres zones à risque ou pour les problématiques d'aménagements :
 - la suite WOLF pour l'hydrologie et l'hydrodynamique numérique de la genèse et de la propagation des crues et inondations (HACH). Organisée en modules, elle permet d'aborder des problèmes à très grande échelle (réseaux de rivières,...) par une approche quasi

présents. L'ensemble est intégré dans une interface propriétaire de type GIS permettant un pré- et post-processing des plus maniables.

- la suite de modèles (quantité-qualité) EPICmod à EPICgrid, pour les applications eau-sols-plantes et hydrologiques, y inclus éco- ou agro-hydrologiques, aussi bien à l'échelle de la parcelle ou du parcellaire agricole qu'à l'échelle d'un bassin versant (UHAGx)
- la méthode des courbes enveloppes (UHAGx, 1996 ; financement Contrat-rivière Dyle), en tant qu'approche complémentaire aux modèles hydrauliques type WOLF (confer ci-dessus) pour la détermination des zones inondables,

également consécutive de mettre en place des règles et politiques d'urbanisme appropriées. A titre d'exemple, parmi les multiples et nouveaux outils de pointe opérationnels mis au point, et certes en bonne place en comparaison de produits au niveau européen ou international, on citera, en ce qui concerne nos Unité et Laboratoires respectifs :

- les modèles mathématiques intégrés, tel MOHICAN, modèle physiquement basé du cycle hydrologique complet à l'échelle du bassin versant, et en particulier son application relative à la détermination des crues pour l'ensemble du bassin de la Meuse en RW. Il a été développé conjointement par des équipes de l'Université de Liège (Centre Environnement, HACH, Hydrogéologie) et de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (UHAGx) (financement SETHY-MET, RW)

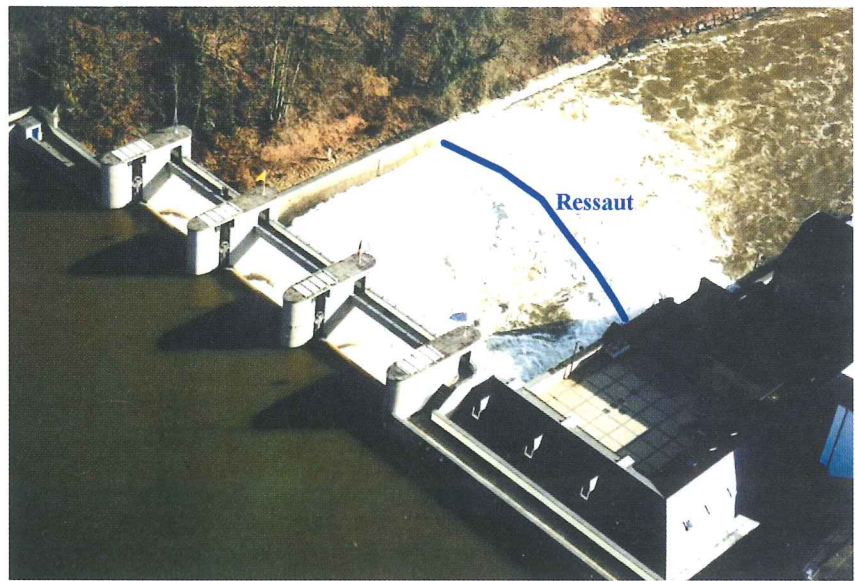
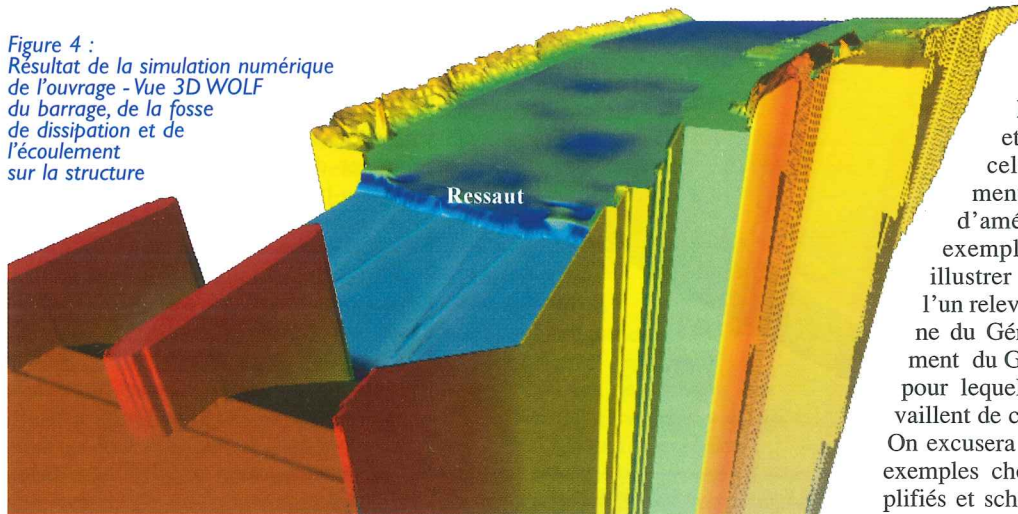


Figure 5 : Photographie aérienne du site lors d'un épisode de crue

bidimensionnelle, mais également des applications plus locales (gestion d'ouvrages, études d'impact,...) en quasi tridimensionnels. De plus, des extensions de transport sédimentaire et de " calage objectif " de paramètres physiques sont

ainsi qu'une méthode de détermination des zones à risques de ruissellement et d'érosion diffus ou concentrés (UHAGx, financement Direction générale de l'Agriculture, RW). La problématique d'aménagement des

Figure 4 :
Résultat de la simulation numérique de l'ouvrage - Vue 3D WOLF du barrage, de la fosse de dissipation et de l'écoulement sur la structure



bassins versants et des cours d'eau est en particulier un champ d'application important pour les Ingénieurs du Génie Civil et du Génie Rural, étant en cela parfaitement complémentaires dans une optique d'aménagement intégré. Trois exemples sont présentés pour illustrer cette complémentarité : l'un relevant typiquement du domaine du Génie Rural, l'autre typiquement du Génie Civil, et un troisième pour lequel les deux spécialités travaillent de concert. On excusera le caractère sommaire des exemples choisis, volontairement simplifiés et schématiques (quoique réels),

notamment pour des raisons de longueur de texte ; ils n'en restent pas moins représentatifs de certaines questions de fond.

Exemple A : Aménagement de type Génie Rural

Une parcelle agricole, pratiquement en tête de bassin versant, avec sillons de culture parallèles aux courbes de niveaux, est incriminée comme étant la cause de problèmes récurrents d'inondations par ruissellements au droit d'un nouveau lotissement (Figure 1).

Il s'agit de rechercher une solution proposant un aménagement intégré d'hydraulique douce, respectant donc les règles hydrauliques tout en s'intégrant harmonieusement au paysage, mais devant rester modeste sur le plan des études et coûts :

- les habitations se situant en fait à l'aval d'un axe naturel de concentration des eaux de ruissellement, il est dès lors indispensable de prévoir une évacuation des eaux vers et y compris l'aval du lotissement, jusqu'au ruisseau;

- tout considéré (type de sol, topographie, occupation du sol, données climatiques), une combinaison bande enherbée - fossé enherbé - talus enherbé (avec ou sans haie) est appropriée (Figure 2), chaque élément ayant une fonction hydraulique respective et le système étant à dimensionner en fonction des apports d'eaux du petit bassin versant:

- la bande enherbée est hydrauliquement rugueuse et a pour fonctions d'une part de ralentir le ruissellement relativement diffus qui la traverse et d'autre part de favoriser une certaine infiltration si le type de sol le permet: il s'agit de lui donner des dimensions adéquates et suffisantes, tout en minimisant au mieux l'emprise sur le terrain;

- le fossé a pour fonction, quant à lui, de conduire l'eau : s'il est enherbé il doit

avoir, pour un débit déterminé à évacuer, une section plus élevée qu'un chenal en béton lisse et peu rugueux - son profil en travers est conditionné également par des vitesses acceptables ;

- le fossé devra être entretenu pour conserver sa capacité d'évacuation, et s'il est décidé de le maintenir en fauche tardive, il sera nécessaire d'en tenir compte dans son dimensionnement (rugosité plus élevée et capacité d'évacuation moindre) ;

- le talus enherbé complète la protection en cas d'événement pluvieux qui dépasserait la pluie de projet, et la haie, si bien positionnée sur le talus, outre sa fonction paysagère, est susceptible de contribuer à le stabiliser moyennant un enracinement correct mais pas trop conséquent;

- l'évacuation aval doit impérativement assurer la continuité de l'écoulement jusqu'au ruisseau.

Exemple B : Aménagement de Génie Civil

La perspective d'une évolution climatique ou la meilleure connaissance de l'hydrologie des sites exploités tendent à pousser à la hausse les paramètres hydrauliques de dimensionnement des structures de régulation.

La vérification des marges sécuritaires, des capacités d'évacuation ou l'optimisation de gestion de ces ouvrages s'imposent dès lors comme des préoccupations reconnues internationalement.

Le barrage de Nisramont (D. 241 - MET) s'inscrit dans ce contexte, d'autant que son rôle a considérablement évolué depuis sa naissance en tant que batardeau d'un ouvrage plus imposant.

La modélisation numérique permet aujourd'hui une analyse globale de l'ouvrage et de ses aménagements éventuels depuis les évacuateurs de crues (capacité, fonctionnement en conditions extrêmes) jusqu'aux ouvrages avals (coursier, bassin de dissipation, restitution à la rivière) en passant par l'aménagement d'organes d'évacuation complémentaires.

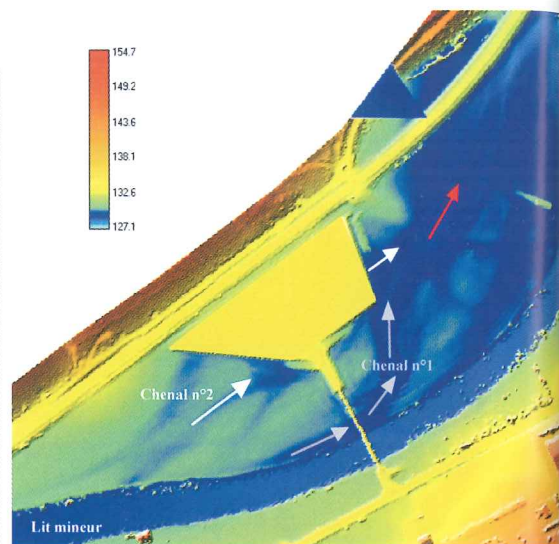


Figure 6 :
Vue aérienne de l'aménagement et des chenaux préférentiels d'écoulement en lit majeur

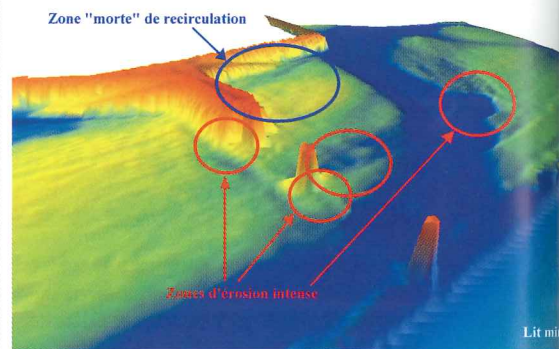


Figure 7 :
Vue 3D de la topographie posant problème

	Section 1	Section 2	Section 3
Débit plaine inondable	20.35%	27.90%	34.43%
Débit mineur	79.65%	72.10%	65.57%

Ces modélisations quasi tridimensionnelles s'appuient sur une description très fine de la topographie (Figure 3) tant du barrage que de la retenue ou de son aval direct. Elles ont pour particularité de simuler d'un seul tenant le complexe retenue-barrage-restitution malgré des changements radicaux de régime d'écoulement.

La fiabilité de ce type d'outil performant d'aide au design et à la gestion est illustrée notamment par comparaison des hauteurs d'eau atteintes mais également par le positionnement correct du ressaut hydraulique, dissipateur principal de l'énergie de l'écoulement en aval de l'évacuateur ainsi que l'illustrent les figures 4 et 5.

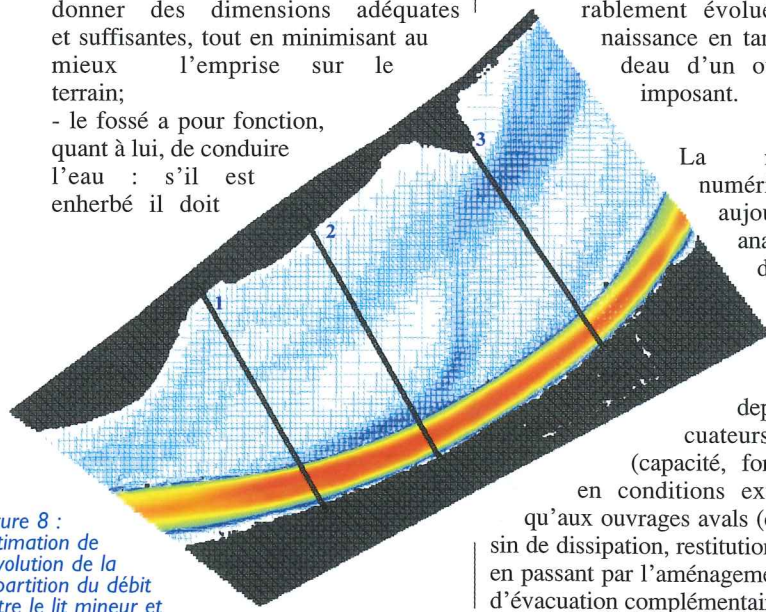
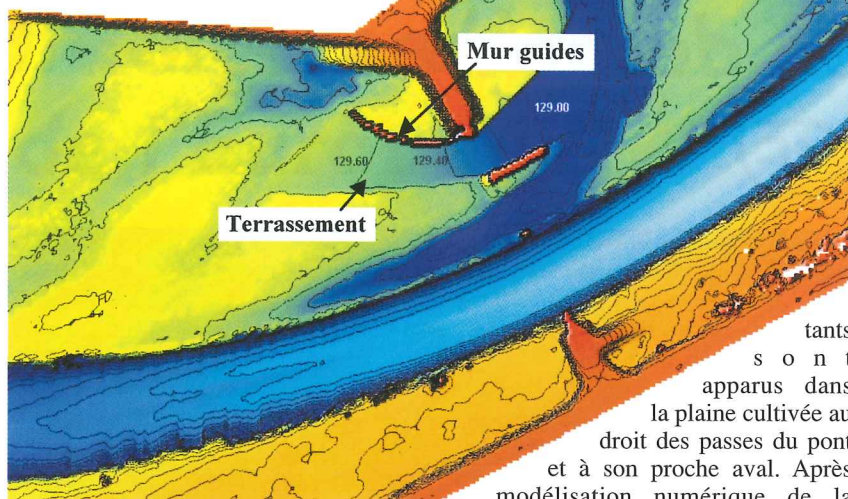


Figure 8 :
Estimation de l'évolution de la répartition du débit entre le lit mineur et la plaine inondable

Exemple C : Génie Civil et Génie Rural

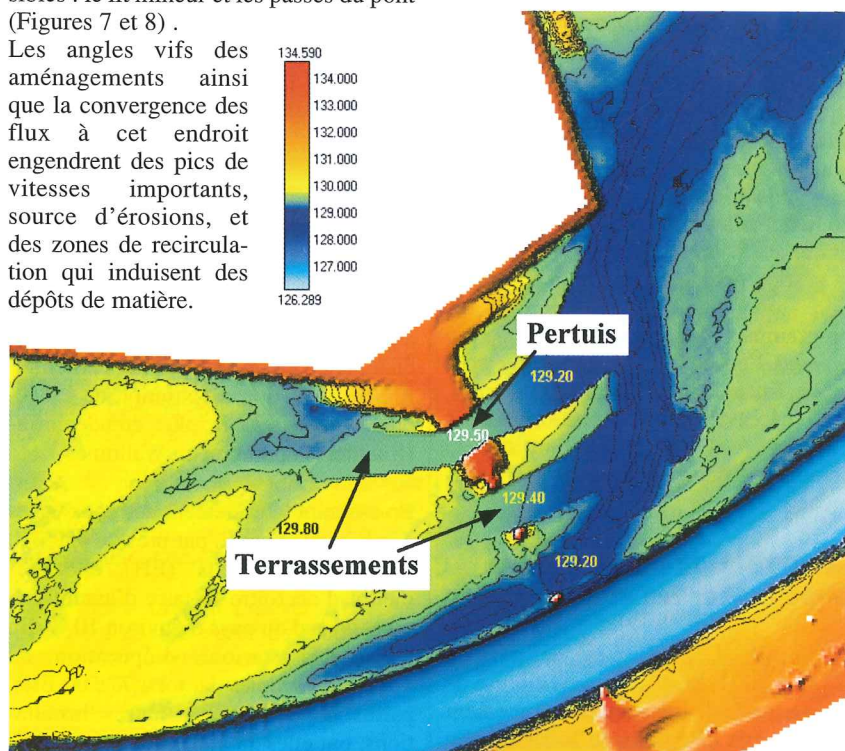
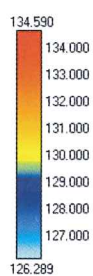
Les lits naturels d'inondation participent souvent activement à la transmission du débit de crue dès qu'ils sont ininterrompus sur des distances suffisantes (quelques centaines de mètres).

Figures 9a et 9b :
Propositions d'aménagements à effectuer



tants
s o n t
apparus dans
la plaine cultivée au
droit des passes du pont
et à son proche aval. Après
modélisation numérique de la
situation existante grâce aux données
topographiques extrêmement précises (1
point par m_z et Dz de 0,15 m) du
SETHY (DG2-MET), il a été mis en évi-
dence des anciens chenaux préférentiels
(Figure 6) d'écoulement dans le lit
majeur dont un est complètement obs-
trué par la nouvelle construction en rem-
blai. De ce fait, l'écoulement doit se
rediriger vers les seuls exutoires possi-
bles : le lit mineur et les passes du pont
(Figures 7 et 8).

Les angles vifs des
aménagements ainsi
que la convergence des
flux à cet endroit
engendrent des pics de
vitesses importants,
source d'érosions, et
des zones de recircula-
tion qui induisent des
dépôts de matière.



Des améliorations de la situation actuelle peuvent être proposées en mettant en oeuvre différentes dispositions constructives qui améliorent le fonctionnement hydraulique de l'ensemble en s'intégrant discrètement dans le paysage. En maintenant la section transversale globale au droit de l'ouvrage inchangée, la création de murs guides à l'amont et à l'aval assure une convergence graduelle des flux dans l'axe des passes et augmente l'efficacité hydraulique des sections utiles par un guidage harmonieux du champ de débit. Des terrassements adéquats aident encore ce guidage tout en fournissant une section mouillée plus importante. Une solution plus radicale consiste en une récupération partielle des sections de passage par création d'un ou plusieurs pertuis dans le remblai existant (Figures 9a et 9b). La stabilisation de la plaine inondable est ensuite accrue par le choix d'une mise en prairie permanente, permettant d'assurer au mieux des caractéristiques hydrauliques favorables, telles que :

- la modération des efforts tangentiels de fond (limitation de l'érodabilité de surface)
- la modération des vitesses de courant (coefficient de rugosité Manning)
- une cohésion accrue de la couche de sol de surface par le choix d'une composition prairiale comprenant des graminées à enracinement tenace (ray-grass en particulier,...).
- enfin, la durabilité des propriétés précitées par des recommandations d'entretien approprié de l'état de la prairie. ■

Une répartition du débit s'effectue donc naturellement entre les sections en fonction de divers paramètres tels que leur forme, leur rugosité, ...

La construction inopinée de bâtiments ou d'aménagements divers dans ces plaines inondables peut rendre inopérante une partie voire l'entièreté de la section de passage. Cela a pour conséquence de redistribuer complètement les débits entre les deux lits mineur et majeur et d'y modifier fondamentalement les vitesses d'écoulement. Un impact sur les hauteurs d'eau est également à craindre ce qui peut induire des débordements nouveaux dans des zones jusque là protégées. Des érosions importantes de la plaine inondable peuvent également avoir lieu, si celle-ci est en culture ou même en prairie. Elles sont dues notamment aux vitesses locales de fond importantes induites par la section de passage réduite mais également aux courants de recirculation générés par des géométries souvent peu adaptées hydrauliquement. L'exemple suivant illustre parfaitement ce type de problème. Une large plaine inondable a été choisie pour l'implantation d'une structure d'utilité publique ; on a placé celle-ci en surélévation de façon à y éviter tout problème d'inondation lors de crues. Le chemin d'accès est constitué d'une route en remblai complétée d'un pont à deux passes au-dessus du lit mineur de la rivière notamment. Suite à une forte crue, des ravine-ments impor-